

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N°Réf :.....

**Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila**

**Institut des Sciences et de la Technologie**

**Département des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de  
Master**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Ecologie et environnement**

**Spécialité : Protection des Ecosystèmes**

**Thème :**

**Distribution spatiale de la biodiversité du sol**

**Présenté par :**

- Lekcir Karima
- Simoud Soumia

**Devant le jury :**

**Président :** Melle Kadech Lilia

MCB C.U. Abdelhafid Boussouf-Mila

**Examinatrice :** Mme Djeddi Hamssa

MCB C.U. Abdelhafid Boussouf-Mila

**Promotrice :** Melle Kherief Nacereddine Saliha

MCB C.U. Abdelhafid Boussouf-Mila

**Année Universitaire : 2021/2022**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# Remerciements

*Avant toute chose nous rendons grâce à ALLAH le tout puissant de nous avoir accordé la force et les moyens afin de pouvoir réaliser ce travail.*

*Pour tous les membres au souci performatif qui ont eu à lire et à critiquer ce travail Pour l'affiner et lui donner la possibilité d'être utile et profitable.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à Melle **KEDACHE Lilia** pour sa présence en tant que promotrice et Mme **DJEDDI Hamsa** qui a bien voulu examiner ce présent travail.*

*Nos profonds remerciements à notre encadrante Docteur **KHERIEF NASEREDDINE Saliha** qui nous a proposé le sujet de ce mémoire, sans oublier sa patience, sa disponibilité et son dynamisme et ses conseils qui ont alimenté nos réflexions.*

*C'est avec un grand plaisir que nous remercions tous les responsables et les enseignants du département des Sciences de la Nature et de la Vie et de Protection des écosystèmes, de Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila pour leur dévouement et leur assistance tout au long de nos études universitaires.*

*Nous exprimons toute notre gratitude et nos vifs remerciements à l'ensemble du personnel du laboratoire universitaire 8 de Biologie de pour l'accueil et l'intégration qu'ils nous ont offert.*

*Enfin nous remercions toutes les enseignants qui nous guident durant notre parcours académique.*

# *Dédicace*

*Je tiens à remercier en premier lieu **Allah** qui nous a donnée vie et santé pour le parachèvement de ce modeste travail.*

*Je dédie ce travail à mes plus chers êtres au monde:*

*A mes chers parents **Cherif** et **Salima** pour leur amour, leur tendresse, et pour leur soutien durant toutes les étapes de ma vie, Je vous serai reconnaissante toute ma vie, qu'Allah vous accorde une longue vie et une bonne santé. Que Dieu vous garde.*

*A mes chers et adorables frères **Radwan**, **Abd Nour** et **Zakaria** pour leurs soutiens moraux, et leur encouragement,*

*A mes sœurs :*

***Houda** et **sawsen**, merci pour ton encouragement, ton aide et surtout ta présence dans les moments les plus difficiles.*

*A mon adorable binôme **Soumia** :*

*Avec qui j'ai passé de bonnes années d'études et qui a enduré avec moi toutes les difficultés de ce travail ainsi qu'à toute sa famille.*

*Je dédie ce modeste travail à toute ma famille : loin et près, petit et grand. A tous les autres que je n'ai pas cités mais à qui je pense aussi. Merci à tous de m'aider à devenir meilleur.*

***Karima***

# Dédicace

لكلّ الذين دَعَوني للأعلى من قبل .. أنا التي طالما خَشِيتُ رائحة المغامرة أقتحمها الآن لأجل هؤلاء تحديداً  
خُطوةً لأجلهم في ناصيتها السماء .. أعبُرُ أقصى درجات الممكن لي والمعقول .. والذي لم أجرؤ تسلق قمة  
احتمالاته.

خُطوةً تحدٍ للإرادة ، للخوف ، للعادات وأطر المثل المعلقة على جدران فِكْرِي القديمة .. خُطوةً لهم و  
عطائي الذي سيركض من بعدها الألف ميل بفضل خالقي .. للسعادة التي أتخيلها في أعينهم ، للضحكات  
التي الآن في المنتصف .. للشوق ، للقصة ، لأحداث الحكاية.. للذكرى فيما بعد، للهفة، للذين سيتذكرون  
بعد عام من العام.. أنني كنت هنا .. وتفاصيل البداية ..

إلى مهجتي المترعة بالأمل وقلبي العصامي المؤمن؛

إليكم: أبي، أمي؛

عائلتي: كريمة، بتول، مروة، علي، خضر، يونس، مريومة وكل براعم عائلتنا؛

سيد قلبي؛

أصدقائي: فريال، إيمان، رؤى، كوثر، نور الهدى، عائشة، سناء، هناء، تقوى، حنان، نسمة، هالة، غائبي  
إيمان، فلة، سارة، زميلي وأستاذي بهاء

إلى كل زملائي من دفعة حماية الأنظمة البيئية 2021-2022.

إلى خفيفة الروح التي قاسمتني هذا الدرب، وكانت خير شريك وسند، إلى الجميلة كريمة لقصير.

ثم إلى كل الأرواح الدافئة التي أحاطتني دوما بالدعاء والتلطف.

شيء ما في جِني يَشُحُّ عليّ بعطايا الكلمات، يضعني بين الحروف ساكنةً لأجيد كثيراً سوى هذه الأسطر  
المبللة بحب.

إليكم جميعاً أهدي هذا العمل.

سمية

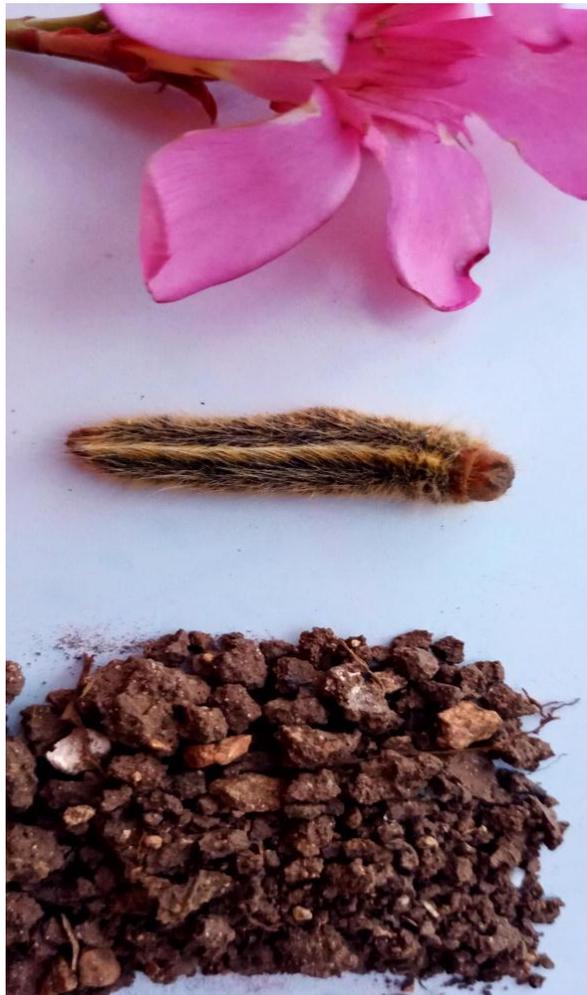
# *Diction :*

*C'est quand le sol se dérobe  
Qu'un bras tendu est salvateur.*

A Hakkari

*L'amour pour toutes les créatures vivantes est  
le plus noble attribut de L'homme*

- Charles Darwin



## المخلص

التربة مصنع طبيعي للحياة، حيث تتكاثر آلاف الكائنات الحية وتتفاعل مع بعضها البعض. تلعب الكائنات الحية في التربة دورًا أساسيًا في هذا النظام البيئي المعقد، تحسن أدائه وتمثل مؤشرًا حيويًا لنوعية التربة. في إطار تجريبي، تهدف دراستنا إلى إجراء جرد لحيوانات التربة في ثلاث محطات، على ضفاف سد بني هارون، وضايف وادي النجا، وموقع عياني في سيدي مروان.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تتأثر أعداد الكائنات الحية في التربة بالتغير المناخي والأرصاء الجوية والخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة، ويمكن أن تقلل بعض التغييرات من تكوين وتوزيع حيوانات التربة، مع مراعاة التخمينات حول التلوث في المنبع والمصب. لتحقيق هذا الهدف، أجرينا تحليلات في المختبر وتم حساب مختلف المؤشرات البيولوجية من أجل تقييم التنوع البيولوجي.

كشفت النتائج عن حيادية عينات التربة الثلاثة تقريبًا من حيث الرقم الهيدروجيني، ونسبة معتبرة من الملوحة في تراب المحطتين 01 و 02. من ناحية أخرى، فإن الثراء النوعي الإجمالي المسجل يساوي 5483 فردًا ينحدرون من 70 نوعًا، الغالبية منها 67٪ موزعة في المحطة 03 (المحطة المحايدة)، 21٪ في المحطة 01 وأقل نسبة 12٪ في المحطة 02. النوع السائد هو النمل، كذلك سجلنا أعلى نسبة من حيث أخذ العينات في الخزجات الميدانية 03 و 04، والموافقة لموسم الربيع.

وهكذا فإن مؤشرات التنوع والتساوي، تشير إلى ثراء مرتفع نسبيًا وانتظام عالٍ للأنواع في المحطات الثلاث. كمقياس شكلي، تمثل الحيوانات الكبيرة الجزء الأكبر (86٪) من حيوانات التربة التي تم جمعها في دراساتنا.

**الكلمات المفتاحية :** التنوع البيولوجي، الكائنات الحية، المؤشر البيولوجي، النوع السائد، التربة

## *Résumé*

Le sol est une usine naturelle de la vie, où se reproduisent des milliers des organismes vivants interagissent entre eux. La pédofaune du sol joue un rôle essentiel au sein de ce complexe écosystème, améliore son fonctionnement et représente un bioindicateur de la qualité du sol. Dans un cadre expérimental, notre étude a pour objectif de faire un inventaire de pédofaune dans trois stations, aux berges du Barrage de Béni Haroun, berges d'Oued Endja et un site témoins à Sidi Mérouan.

Au-delà la population des organismes du sol peut être influencée par le climat et les variabilités météorologiques et les Propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols, de tels changements peuvent réduire la composition et la distribution du pédofaune, en prend compte au débat sur la contamination des berges en amont et en aval. Pour atteindre ce but on a effectué des analyses au laboratoire et calculer des indices biologiques afin d'évaluer la biodiversité.

Les résultats ont révélé, presque une neutralité des trois sols en pH, et une proportion considérable de salinité pour les sols des stations 01 et 02. D'autre part, la richesse spécifique totale qu'on a noté est égale à 5483 individus descendants de 70 espèces, dont la majorité 67% répartie au station 03 (neutre), 21% au station 01 et le plus faible taux 12% au station 02 dont l'espèce dominante est *Messor barbarus*, là où nous avons noté le pourcentage le plus élevé de prélèvement dans les compagnes 03 et 04 concernant la saison du printemps.

Ainsi les indices de Shannon-weaver  $H'$  et d'équitabilité  $E$  indique une richesse relativement importante et une régularité élevée des espèces dans les trois stations. Comme mesure morphométrique, la macrofaune présente la majeure partie (86%) du pédofaune récolté dans notre étude.

**Mots clés :** Biodiversité, pédofaune, indices biologique, espèces dominante, sol.

## *Abstract*

The soil is a natural factory of life, where thousands of living organisms reproduce and interact with each other. The soil pedofauna plays an essential role within this complex ecosystem, improves its functioning and represents a bioindicator of soil quality.

In an experimental framework, our study aims to make an inventory of soil fauna in three stations, on the banks of the Beni Haroun Dam, the banks of Oued Endja, and a control site in Sidi Mérouan. Beyond the population of soil organisms can be influenced by climate and meteorological variability and the physical, chemical and biological properties of soils, such changes can reduce the composition and distribution of soil fauna, taking into account the debates on contamination upstream and downstream banks.

To achieve this goal, analyzes were carried out in the laboratory and biological indices were calculated in order to assess biodiversity. The results revealed almost a neutrality of the three soils in pH, and a considerable proportion of salinity for the soils of stations 01 and 02. On the other hand, the total specific richness that was noted is equal to 5483 individuals descending from 70 species, the majority of which 67% distributed at station 03 (neutral), 21% at station 01 and the lowest rate 12% at station 02 whose dominant species is *Messor barbarus*, where we noted the highest percentage sampling in campaigns 03 and 04 concerning the spring season.

Thus the Shannon-weaver  $H'$  and evenness  $E$  indices indicate a relatively high richness and a high regularity of the species in the three stations. As a morphometric measure, the macrofauna presents the major part (86%) of the soil fauna collected in our study.

**Keywords:** biodiversity, pedofauna, biological indices, dominant species, soil.

# *Sommaire*



## *Liste des abréviations :*

<b>A</b> : Horizon organominérale	<b>m</b> : Mètre
<b>AR%</b> : Abondance relative	<b>ml</b> : Millilitre
<b>B</b> : Horizon illuvial	<b>mm</b> : Millimètre
<b>C</b> : Carbone	<b>Mg<sup>2+</sup></b> : Magnésium
<b>C</b> : Compagne	<b>Mo</b> : Matière organique
<b>C°</b> : Degré Celsius	<b>Mo</b> : Molybdène
<b>C</b> : Matériau parental altéré	<b>N<sub>2</sub></b> : Azote
<b>Ca<sup>2+</sup></b> : Calcium	<b>NH<sub>3</sub></b> : L'ammoniac
<b>CE</b> : Conductivité électrique	<b>NRCS</b> : Natural resources conservation service
<b>CEC</b> : Capacité d'échange cationique	<b>O</b> : Horizon organique
<b>CETIC</b> : Centre des Techniques de l'Information et de la Communication	<b>O<sub>2</sub></b> : Oxygène
<b>CH<sub>4</sub></b> : Méthane	<b>P</b> : Phosphore
<b>cm</b> : Centimètre	<b>P</b> : Précipitation
<b>cm<sup>3</sup></b> : Centimètre cube	<b>pH</b> : Potentiel hydrogène
<b>CO<sub>2</sub></b> : Dioxyde de carbone	<b>RM</b> : Horizon de la roche mère
<b>Da</b> : Densité apparente	<b>S</b> : Richesse spécifique
<b>D.A.R</b> : développement Agricole et Rurale	<b>T</b> : Température
<b>E</b> : Equitabilité	<b>UNEP</b> : United Nations Environment Programme
<b>H'</b> : Diversité de Shannon-Weaver	<b>USDA</b> : département de l'agriculture des Etats-Unis
<b>H</b> : Humidité	<b>USSL</b> : US salinity laboratory
<b>H<sub>+</sub></b> : Ion hydrogène	<b>µm</b> : Micromètre
<b>H' max</b> : Diversité maximale	<b>µS/cm</b> : Micro siemens par centimètre
<b>K<sub>+</sub></b> : Potassium	
<b>Kg</b> : Kilogramme	
<b>Km<sup>2</sup></b> : Kilomètre carré	

## *Liste des tableaux*

N°	Titre	Page
01	Les principaux constituants du sol	12
02	Proposition des indicateurs physiques, chimiques et biologiques des fonctions et de la qualité des sols	19
03	Les différents groupes biologiques de la faune du	27
04	Localisation et descriptions des stations d'étude	45
05	Degré du pH dans les sites d'étude	62
06	Gamme du pH des sols	62
07	Degré de salinité du sol des trois sites d'étude.	64
08	Echelle de salinité du sol	65
09	Nombre des individus des groupes taxonomiques de la microfaune dans les sites d'étude.	66
10	Nombre totale d'individus des espèces de la station des berges du barrage.	67
11	Fréquence des espèces durant les campagnes de prélèvement des berges d'Oued Endja (Site2).	69
12	Nombre des individus totaux des espèces au site témoin (Sidi Merouane).	71
13	Liste des taxons de la pedofaune inventoriés durant la période d'étude de trois sites.	75
14	Le nombre des individus de microfaune.	78
15	Abondance relative des espèces au site 1.	80
16	Abondance relative des espèces du site 02	81
17	Abondance relative des espèces au site 3.	82
18	Variation spatio-temporelle des abondances relatives des sites d'études.	84
19	Abondance des individus dans les sites d'étude.	85
20	Variabilité de (H'), (H'max) et de E dans les sites d'étude (S : Richesse spécifique, H' : Indice de diversité de Shannon-Weaver, H' max : Diversité maximale et E: Equitabilité.	87
21	Nombre des individus selon leur taille.	87
22	Photographie de l'observation microscopique.	89
23	Photographie des espèces faunistique capturées dans différents sites d'étude.	91

## *Liste des figures*

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
01	Profil de sol	04
02	Les principaux facteurs de formation des sols	05
03	Les différents horizons d'un profil de sol	06
04	Sol sableux	08
05	Sol limoneux	09
06	Sol argileux	09
07	Sol humifère	10
08	La complexité externe et interne du sol	11
09	Triangle des textures minérales	13
10	Structure d'un agrégat du sol	14
11	Trois arrangements possibles entre les vides du sol	14
12	La chaîne trophique des sols	21
13	Schéma de l'anthropisation des sols	22
14	Une sélection d'organismes du sol	24
15	La répartition des organismes du sol	26
16	Clés de détermination des animaux du sol	28
17	Taille des organismes du sol, ou diamètre des hyphes des champignons	29
18	Les individus de la microfaune du sol	30
19	Clé simplifiée de la macrofaune du sol	31
20	Situation géographique de la wilaya de Mila	37
21	Variation de la moyenne de précipitation mensuelle dans la région d'étude Mila	38
22	Variation de la moyenne de la température mensuelle dans la région d'étude Mila	39
23	Variation de la moyenne de l'humidité mensuelle dans la région d'étude Mila	40
24	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Mila	41
25	Situation de la région de Mila dans le climagramme d'Emberger	43

26	Localisation des sites d'étude	44
27	Carte représentatif de la localisation des sites d'étude	45
28	Prélèvement et broyage du sol	46
29	Tamissage et préparation des échantillons du sol	47
30	Les échantillons du sol des berges du Barrage Béni Haroun	47
31	Les échantillons du sol des berges d'Oued Endja.	48
32	Les échantillons du sol témoin à Sidi Merouane	48
33	Méthode de pot piège	49
34	Récolte à main de quelques individus du sol	50
35	Le cube de terre utilisé pour l'échantillonnage	51
36	Prélèvement et tri du sol	51
37	La méthode de Berlese-Tullgren	52
38	Le protocole utilisé pour l'observation microscopique	53
39	La conservation des organismes collectés	54
40	Les étapes pour faire les analyses physico-chimiques du sol	55
41	Multiparamètre de type <b>Consort C6010</b> .	56
42	Variations spatio-temporelle du pH dans les différents sites d'étude.	61
43	Variations spatio-temporelle de la CE dans les différents sites d'étude	64
44	Variations spatio-temporelles du nombre d'individus total des espèces selon leur ordre à chaque compagne dans le site des berges du Beni Haroun.	68
45	Variations spatio-temporelles du nombre d'individus total des espèces selon leur ordre à chaque compagne dans le site des berges d'Oued Endja	70
46	Variations temporelles du nombre d'individus par ordre de faune du sol témoin (Site 3).	73
47	Contribution de différentes classes de microfaune à la richesse spécifique totale présente dans un 1 g du sol.	79
48	Contribution spatio-temporelle des abondances relatives aux sites d'étude	84
49	Abondance des individus totaux dans chaque site d'étude.	85
50	Contribution des différents types de la pédofaune à la diversité des sols d'étude.	87

## *Table de matière*

Remerciement.....	/
Dédicace.....	/
الملخص.....	/
Résumé.....	/
Abstract.....	/
Liste des abréviations.....	/
Liste des tableaux .....	/
Liste des figures .....	/
Introduction.....	<b>1</b>

### *Chapitre I : Généralité sur le sol*

I.1. Définition du sol.....	<b>4</b>
I.2. La pédogenèse et les horizons (au sein d'un système pédologique).....	<b>5</b>
I.2.1. Pédogénèse.....	<b>5</b>
I.2.2. Un système pédologique.....	<b>5</b>
I.2.3. Le profil de sol.....	<b>6</b>
I.2.4. Les horizons des sols.....	<b>7</b>
I.3. Les type du sol.....	<b>7</b>
I.3.1. Sols sableux.....	<b>8</b>
I.3.2. Sols limoneux.....	<b>8</b>
I.3.3. Sols argileux.....	<b>9</b>
I.3.4. Sol humifère.....	<b>10</b>
I.4. Constituants du sol.....	<b>10</b>
I.5. Les propriétés du sol.....	<b>12</b>
I.6. Définitions de la qualité d'un sol.....	<b>16</b>

<b>I.6.1. La qualité physique du sol.....</b>	<b>16</b>
<b>I.6.2. La qualité chimique du sol.....</b>	<b>17</b>
<b>I.6.3. La qualité biologique du sol.....</b>	<b>17</b>
<b>I.6.4. Les indicateurs de la qualité du sol.....</b>	<b>18</b>
<b>I.7. Température du sol.....</b>	<b>20</b>
<b>I.8. Atmosphère du sol.....</b>	<b>20</b>
<b>I.9. Réseaux trophique.....</b>	<b>20</b>
<b>I.10. La dégradation du sol.....</b>	<b>21</b>

*Chapitre II : la biodiversité du sol*

<b>II.1. La biodiversité des sols.....</b>	<b>24</b>
<b>II.2. Les organismes du sol.....</b>	<b>24</b>
<b>II.3. La répartition des organismes du sol.....</b>	<b>25</b>
<b>II.4. La diversité du sol.....</b>	<b>26</b>
<b>II.5. Clé de détermination des animaux du sol.....</b>	<b>28</b>
<b>II.6. La faune du sol.....</b>	<b>28</b>
<b>II.6.1 La microfaune.....</b>	<b>29</b>
<b>II.6.2. La mésofaune.....</b>	<b>30</b>
<b>II.6.3. La macrofaune.....</b>	<b>30</b>
<b>II.6.4. La Mégafaune.....</b>	<b>31</b>
<b>II.7. Quelques exemples des organismes de la pédofaune.....</b>	<b>31</b>
<b>II.7.1. Les Nématodes.....</b>	<b>31</b>
<b>II.7.2. Les Rotifères et les Tardigrades.....</b>	<b>32</b>
<b>II.7.3. Les Acariens.....</b>	<b>32</b>
<b>II.7.4. Les Collemboles.....</b>	<b>32</b>
<b>II.7.5. Les vers de terre.....</b>	<b>32</b>
<b>II.7.6. Les Diptères.....</b>	<b>33</b>

<b>II.8. Action de la faune sur le sol.....</b>	<b>33</b>
<b>II.8.1. Action mécanique.....</b>	<b>33</b>
<b>II.8.2. Action chimique.....</b>	<b>33</b>
<b>II.8.3. Action biologique.....</b>	<b>34</b>
<b>II.9. Une biodiversité menacée.....</b>	<b>34</b>
<b>II.10. Réduire les menaces sur la biodiversité des sols.....</b>	<b>34</b>

*Chapitre III : Matériel et méthodes*

<b>III.1. Présentation de la région d'étude.....</b>	<b>37</b>
<b>III.1.1 Situation géographique de la région de Mila.....</b>	<b>37</b>
<b>III.1.2. L'étude climatique.....</b>	<b>38</b>
<b>III.1.2.1. La pluviométrie.....</b>	<b>35</b>
<b>III.1.2.2. La Température.....</b>	<b>39</b>
<b>III.1.2.3. L'humidité.....</b>	<b>40</b>
<b>III.1.3. Synthèse climatique.....</b>	<b>40</b>
<b>III.1.3.1. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN.....</b>	<b>40</b>
<b>III.1.3.2. Climagramme pluviothermique d'Emberger.....</b>	<b>42</b>
<b>III.1.4. Choix, localisation et présentation des sites d'étude.....</b>	<b>43</b>
<b>III.2. Méthodes d'analyse physico-chimiques.....</b>	<b>46</b>
<b>III.2.1. Méthodes de prélèvement et préparation du sol.....</b>	<b>46</b>
<b>III.3. Méthodes d'analyse biologique.....</b>	<b>49</b>
<b>III.3.1. Les méthodes de prélèvement.....</b>	<b>49</b>
<b>III.3.2. La méthode de conservation de la pédofaune.....</b>	<b>53</b>
<b>III.4. Analyse physico-chimiques et biologiques.....</b>	<b>54</b>
<b>III.4.1. Paramètres physico-chimiques.....</b>	<b>54</b>
<b>III.4.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH).....</b>	<b>55</b>
<b>III.4.1.2. La conductivité électrique (CE).....</b>	<b>56</b>

<b>III.4.2. Analyse biologique.....</b>	<b>57</b>
<b>III.4.2.1. Etude qualitative.....</b>	<b>57</b>
<b>III.4.2.2. Etude quantitative.....</b>	<b>57</b>
<b>III.4.2.2.1. Richesse spécifique totale (S).....</b>	<b>57</b>
<b>III.4.2.2.2. Fréquence centésimale (Abondance relative AR %)......</b>	<b>57</b>
<b>III.4.2.2.3. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H').....</b>	<b>58</b>
<b>III.7.2.2.4. L'indice d'équitabilité.....</b>	<b>58</b>

*Chapitre IV : Résultat et Discussions*

<b>IV.1. Les résultats des analyses physico-chimiques.....</b>	<b>61</b>
<b>IV.1.1. Le potentiel hydrogène (pH).....</b>	<b>61</b>
<b>IV.1.2. Conductivité électrique.....</b>	<b>63</b>
<b>IV.2 Résultats des analyses biologiques.....</b>	<b>65</b>
<b>IV.2.1 Variation spatiale microscopique.....</b>	<b>65</b>
<b>IV.2.2 Variation spatiale de la composition faunistique des sols étudiés.....</b>	<b>67</b>
<b>IV.2.3 Diversité de la faune des sols étudiés.....</b>	<b>74</b>
<b>IV.2.4 Abondance de la diversité microscopique du sol.....</b>	<b>78</b>
<b>IV.2.5 La richesse spécifique.....</b>	<b>79</b>
<b>IV.2.5.1 Fréquences centésimales (abondance relative) des espèces.....</b>	<b>79</b>
<b>IV.2.5.2. L'abondance relative par compagne.....</b>	<b>83</b>
<b>IV.2.5.3 L'abondance relative par site.....</b>	<b>85</b>
<b>IV.2.5.4 Indice de diversité et d'équitabilité.....</b>	<b>86</b>
<b>IV.2.5.6 Classification morphométrique des individus.....</b>	<b>87</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>/</b>
<b>Références bibliographique.....</b>	<b>/</b>

# *Introduction*



Un monde merveilleux, complexe et mosaïque, englobe les deux aspects biotique et abiotique et les coordonne entre eux par leur fonctionnement, c'est un système écologique naturel, caché et dynamique où la vie s'explode et se développe.

Le sol, à l'échelle de la planète, est une très mince couche de terre recouvrant les roches émergées. Malgré cela, c'est un système complexe responsable de nombreuses fonctions naturelles, en interaction directe avec les autres compartiments de l'écosphère (**Gobat et al., 2003**). Il est constitué de particules minérales partiellement nutritives, mais aussi de composés organiques, autre source d'aliments. Le sol est aussi fait de vides, dans lesquels circulent l'air et l'eau, et qui sont autant de logements et de chemins adaptés aux besoins des animaux et végétaux. Le « milieu sol », qui varie de quelques centimètres à plusieurs mètres d'épaisseur, est structuré : les couleurs et les mottes, les vides, les pellicules et les nodules, les diverses couches qui se superposent sont autant de formes qui permettent de reconnaître les sols et leur diversité. Ces structures sont spécifiques au sol (**Ruellan, 2010**).

Le sol est non seulement un réservoir d'activités, mais également un réservoir d'êtres vivants. C'est un milieu complexe organisé et hétérogène (**Gobat et al., 2010**). On parle donc du pédofaune qui représente plus de 80% de la biodiversité animale selon les pédologues, et qui répartie généralement dans la partie superficielle et dans les premiers 30 cm du sol à la profondeur. Plusieurs embranchements du règne animal ont d'importants rameaux adaptés à la vie dans les sols. Arbitrairement, on parle souvent, selon la taille des animaux de microfaune, mésofaune, macrofaune et mégafaune (**Bachelier, 1978**).

Les sols sains abritent d'innombrables formes de vie depuis les champignons microscopiques, les bactéries, les algues, les protozoaires et les nématodes, jusqu'aux organismes plus grands comme les collemboles, les fourmis, les lombrics. (**Gobat et al., 2010**). Ces sols s'exprime brièvement la performance exceptionnelle de la biodiversité, dès lors d'après l'Office des Publications Officielles de l'Union Européenne (2010), un sol sain dépend de toutes les formes de vie qui vivent sous terre, cette riche biodiversité apporte des avantages incommensurables à la vie sur terre.

Le biofonctionnement des sols regroupe un ensemble de fonctions assurées par les organismes vivants et qui sont en interaction avec les composantes physiques et chimiques d'un sol, permettant la dynamique de la matière organique et de l'eau, ainsi que le recyclage des nutriments (**Lavelle et Spain, 2001 ; Decaens, 2010**). Ces organismes ont des rôles essentiels pour le maintien de la qualité du sol (**Daily et al., 1997 ; Millenium Ecosystème Assessment , 2005; Wall, 2004**).

Comme nous avons pris ce point en considération, l'objectif de cette étude consiste à analyser les patrons de distribution spatiale de la biodiversité des sols, fait qu'elle est menée pour explorer l'effet de l'habitat sur l'arrangement de la faune du sol et quelles sont les conditions appropriées du sol qui créent la biodiversité.

Ce manuscrit est structuré en 3 parties.

La première partie est une synthèse bibliographique, comporte deux chapitres :

- ✓ Le premier : représente des généralités sur le sol, ces compartiments, son rôle et les menaces environnantes ;
- ✓ Le deuxième : décrit la biodiversité des sols, et donne connaissance au pédofaune, puis expose les menaces néfastes et les moyens de les réduire.

La deuxième partie c'est la partie expérimentale qui comprend le troisième chapitre qui décrit la zone d'étude en donnant un aperçu sur sa situation géographique et sa climatologie et expose l'intégralité des méthodes et techniques utilisées au cours de cette étude, de l'échantillonnage à l'analyse pour atteindre les objectifs visés : préparation des matériels d'échantillonnage, le mode de prélèvement, de conservation et les mesures in situ et au laboratoire.

Dans le dernier chapitre, on expose les résultats obtenus, et synthétise leurs discussions et en fin, on termine par une conclusion.

# *Chapitre I :*

## *Généralité sur le sol*



## I.1. Définition du sol

Le sol est la formation superficielle qui recouvre l'écorce terrestre. Il se forme sous l'effet de l'altération de la roche mère (ou minéraux primaires) soumise à des agressions physico-chimiques, mécaniques, climatiques et biologiques (**Duchaufour, 1997**). Il constitue une composante fondamentale des écosystèmes et représente un patrimoine menacé et difficilement renouvelable (**Chaussod, 1996; Cheverry et Gascuel, 2009**).

Le sol fait partie de la biosphère, dynamique et vivant, c'est le résultat d'une évolution lente au cours de laquelle le climat, le relief et les organismes ont participé à le façonner en altérant la roche mère et en la faisant interagir avec la matière vivante (**Soltner, 1992**).

(**Bruand et al., 2003**), expliquent que les sols sont le support de toutes vies, ils ont des propriétés chimiques et physiques critiques dont dépend leur capacité de fournir les éléments minéraux, l'eau et les autres facteurs nécessaires à une production végétale optimale (Fig.01).



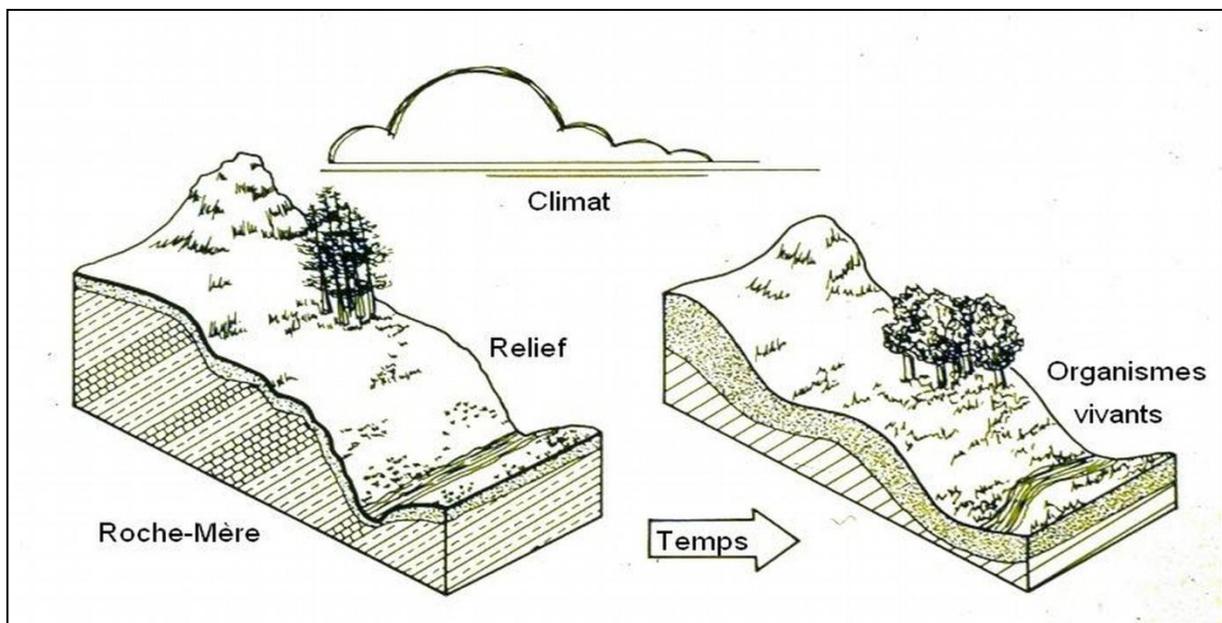
**Figure 01** : Profil de sol ([www.agriculture-de-conservation.com](http://www.agriculture-de-conservation.com)).

## I.2. La pédogenèse et les horizons (au sein d'un système pédologique)

### I.2.1. Pédogénèse

D'après **Delaunois (2013)**, la pédogénèse explique les divers processus de formation des sols. Cette formation est guidée par ce qu'on appelle facteurs pédogénétiques, il s'agit essentiellement du climat, roche-mère, topographie, végétation, temps sans oublier aussi l'effet (positif ou négatif) de l'homme (**Mohamadi et Djoubar, 2021**) (Fig.02).

La pédogénèse, processus de formation et de différenciation des sols est étroitement dépendante des processus physico-chimiques qui contrôlent cette altération (weathering), dont le moteur serait l'action des agents climatiques (altération météorique) (**Camuzard, 2005**).



**Figure 02** : Les principaux facteurs de formation des sols (**USDA- NRCS, 1996**)

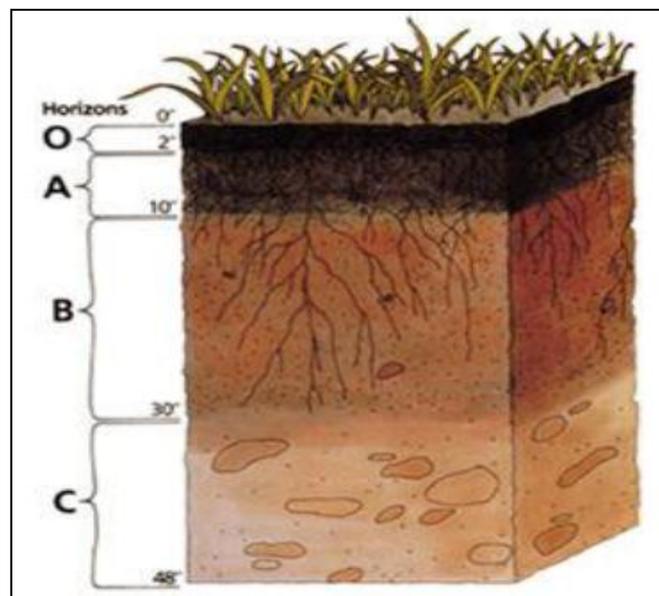
### I.2.2. Un système pédologique

Un système pédologique est donc tout à la fois une réalité et un concept. La réalité, c'est l'ensemble des différents volumes de la couverture pédologique liés par une même dynamique évolutive ; le concept : c'est celui qui permet de décrire et d'analyser à la fois la diversité régionale des différents types de sol et leur dynamique (**Dosso et al., 1998**).

La notion de système pédologique va de pair avec celle de la transformation de la couverture pédologique ; en l'absence de perturbations extérieures (changements tectoniques, climatiques, etc...), la transformation naturelle d'une couverture pédologique est en général celle d'une perte progressive de matière qui conduit en fine à sa disparition. Cette dynamique (pédogenèse appauvrissant) est particulièrement intéressante à connaître en vue de l'utilisation du milieu par l'homme (Dozzo et al., 1998).

### I.2.3. Le profil de sol

C'est l'outil indispensable pour la découverte de la réalité pédologique. Mais cette réalité, morphologique et fonctionnelle, se situe au niveau de la couverture pédologique, dont les profils ne sont que des échantillons. Le difficile travail du pédologue consiste à découvrir un milieu continu caché, à l'aide d'observations discontinues. Mais « Yes, we can », à condition cependant de ne pas se tromper de démarche ni de modèle : l'inventaire mondial des profils verticaux possibles est à peu près terminé ; mais l'inventaire de la réalité, c'est-à-dire des types de couvertures pédologiques, de systèmes pédologiques, est à peine commencé. Il est grand temps de s'y mettre si l'on veut que les sols puissent être sérieusement pris en compte dans les modèles de prévision de l'avenir de la planète, dont ils sont l'un des déterminants majeurs (Ruellan, 2010) (Fig.03).



**Figure 03 : Les différents horizons d'un profil de sol** (<http://www.friendsofsylvania.org/soil.html>).

O : horizon organique, A : horizon organominérale, B : horizon illuvial (enrichi d'éléments des horizons extérieurs, C : matériau parental altéré.

#### I.2.4. Les horizons des sols :

Le sol, appelé «couverture pédologique» dans le Référentiel Pédologique (**Baize et Girard, 1995**) est généralement divisé en plusieurs strates, appelés «horizons». La couverture pédologique résulte de l'action combinée de facteurs climatiques, de l'activité biologique, du relief, de l'eau et du substrat à travers le temps (**Baize et Jabiol, 1995**).

**Selon Mahmoud (2010)**, ces horizons ont des caractéristiques distinctes induites par les processus de formation du sol. Les horizons majeurs sont notés O, A, E, B et C. Chaque sol ne contient pas chaque horizon, c'est fonction de son niveau de développement. L'épaisseur des horizons varie selon les sols. On distingue généralement cinq types d'horizons :

- **Horizon A:** est un horizon de surface, constitué surtout de matières organiques et soumis un fort lessivage qui l'appauvrit en éléments fins et en fer ;
- **Horizon B:** est un horizon enrichi par illuvion en éléments fins et amorphes: argiles, oxydes de fer et d'aluminium, humus. Cet horizon est souvent appelé horizon «structural» ou d'altération différant de la roche mère par son plus fort degré d'altération (présence de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre) (**Feller, 1998**).
- **L'horizon C:** est un horizon correspondant au matériau originel à partir duquel se forment les horizons A et B supérieurs. Il est peu différent de l'horizon RM désignant la roche mère non altérée ;
- **D'après Girard et al. (2005), l'horizon G :** est un horizon de couleur gris verdâtre, caractéristique des sols hydromorphes, riche en fer ferreux, avec des taches de couleur rouille (fer ferrique) se formant au contact de l'oxygène encore présent dans la zone de battance de la nappe phréatique), **alors que Mahmoud (2010), le décrit comme** roche dure sous-jacente.

#### I.3. Les type du sol

D'après Douchaufour (2001), On peut regrouper les sols en quatre grands types :

- ✓ Sol sableux ;
- ✓ Sol limoneux ;
- ✓ Sol argileux ;
- ✓ Sol humifère.

### I.3.1. Sols sableux

Pauvre en matières organiques (horizons jaunes clairs), léger, très filtrant, bien aéré. Les sols sablonneux sont bien drainés et très séchant (nécessité d'irrigation). Ils ne retiennent pas l'eau et les sels minéraux, les plantes ont donc peine à s'y développer. En pente, ils sont très sensibles à l'érosion. Ils ont une faible capacité d'échange anionique et cationique (**Duchaufour, 1984**). Généralement le terme «sable» correspond aux particules ayant une taille variant entre une limite inférieure (20-63 $\mu$ m). Dans le langage courant, on désigne à tort par sable les graviers extraits dans les vallées (**Baize, 2000**) (Fig.04).

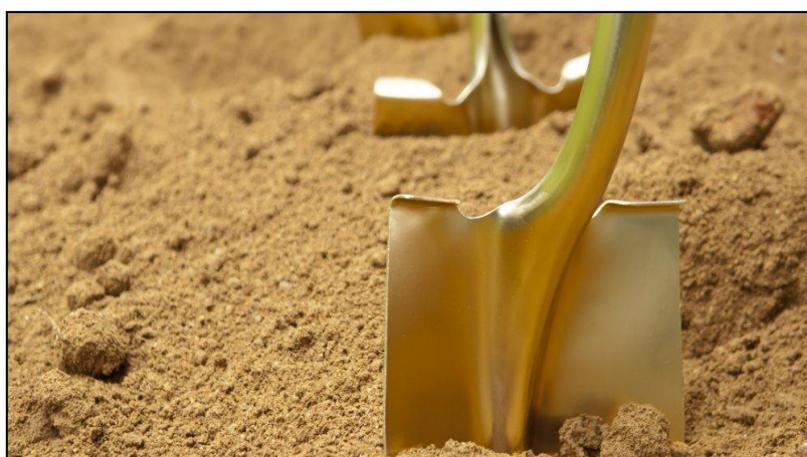


Figure 04 : Sol sableux (<https://www.marieclaire.fr>)

### I.3.2. Sols limoneux

Sol riche, facile à travailler, moyennement aéré, l'excès de limon et l'insuffisance d'argile peuvent provoquer la formation d'une structure massive, accompagné de mauvaises propriétés physiques. Ils retiennent bien l'eau et les sels minéraux mais ils peuvent se compacter très vite après de fortes pluies créant des structures très fragiles qui se désagrègent dans l'eau avec une porosité faible d'où très forte sensibilité à l'érosion (ravines, coulées de boue, ...). Leurs activité biologique est fortement dépendante des conditions d'aération du sol (**Duchaufour, 1984**). Pour la fraction « limon », la gamme de diamètre varie d'une limite inférieure (1-5 $\mu$ m) jusqu'à une limite supérieur (20-63  $\mu$ m) (**Kholladi et Kholladi, 2009**) (Fig.05).



Figure 05 : Sol limoneux (<https://jardinage.ooreka.fr>)

### I.3.3. Sols argileux

Sol chimiquement riche, mais à pauvres propriétés physiques et difficile à travailler ; milieu imperméable et mal aéré, formant obstacle à la pénétration des racines. L'argile peut stocker de très importantes quantité d'eau (gonflement), mais l'assèchement des horizons argileux provoque des retraits et des fentes, pour cette raison les horizons très argileux sont difficiles à travailler (lourds et collants). Ils peuvent être asphyxiants (eau stagnante) et pénaliser l'activité biologique du sol (micro-organismes mais aussi racines des végétaux cultivés). Leur activité biologique est fortement pénalisée par la saturation en eau (horizons gorgés d'eau). La porosité est ainsi très améliorée (respiration biologique, circulation de l'air et de l'eau) (Mahmoud, 2010). Tous les sols ne sont pas que argileux ou limoneux mais plutôt un mélange d'argile, de limon et de sable; seul une analyse granulométrique peut donner les pourcentages exact de ce mélange. La fraction granulométrique de l'argile correspond à une gamme des particules dont le diamètre varie de 1à 5 $\mu$ m (Kholadi et Kholadi, 2009) (Fig.06).



Figure 06 : Sol argileux (<https://www.preventimmo.fr>)

### I.3.4. Sol humifère

Un sol dit humifère est riche en humus. C'est un sol acide, meuble, léger, frais, et qui retient bien l'eau, il est d'ailleurs spongieux lorsqu'il est mouillé. Il est composé de sable, d'argile et d'au moins 10% d'humus, végétaux plus ou moins décomposés, et donc riche en azote. Un sol humifère est très fertile car l'activité microbienne y est intense (<https://www.gammvert.fr>).

Au sens strict, "l'humus" désigne la fraction de Matière Organique du sol qui a subi une transformation plus ou moins transformation rapide d'origine biologique aussi bien que physico-chimique. "Au sens large l'humus " désigne l'ensemble des horizons organiques " (**Yaalon et Berkowicz, 1997**).

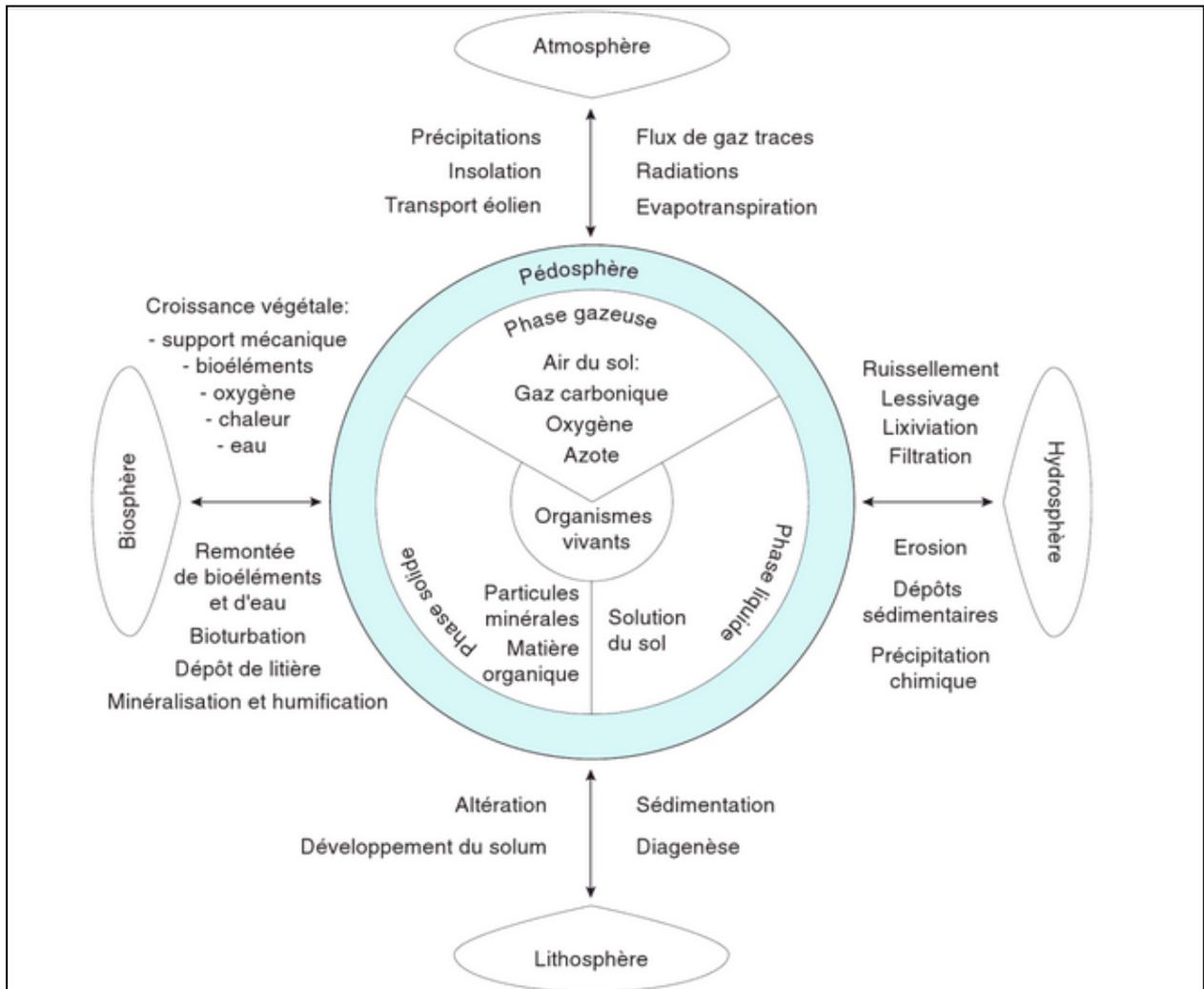
L'humus du sol n'est pas un matériau solide. Au fur et à mesure que la matière organique se décompose, un nouvel humus se forme continuellement et une partie de l'ancien est étant complètement minéralisé. L'équilibre entre les deux processus détermine la quantité d'humus présente dans un sol à un moment donné. (**Nikiforoff, 1938**) (Fig.07).



Figure 07 : Sol humifère (<https://jardinage.ooreka.fr>)

### I.4. Constituants du sol

Le sol est un compartiment complexe, un carrefour dit « multifonctionnel » (**Gobat et al., 2010**), en relation avec la lithosphère, l'hydrosphère, l'atmosphère et la biosphère (**Girard et al., 2011**) (Fig.08).



**Figure 08 : La complexité externe et interne du sol (Gobat et al., 2010)**

Selon **Mebirouk (2014)**, le sol constitue un milieu hétérogène, multiphasique, meuble et d'épaisseur variable. Il est constitué de trois phases dont les proportions, la structure et l'organisation varient d'un sol à un autre :

- ✓ phase solide constituée d'éléments minéraux (sables, limons, argiles, oxydes et hydroxydes métalliques) et d'une fraction organique (organismes vivants, débris végétaux et animaux, humus) (Tab.01) ;
- ✓ phase liquide constituée par l'eau contenue dans le sol dans laquelle sont dissoutes les substances solubles ;
- ✓ phase gazeuse ayant une composition très proche de celle de l'atmosphère terrestre généralement enrichie en CO<sub>2</sub> par l'activité respiratoire des micro-organismes du sol.

Tableau 01 : Les principaux constituants du sol (Soltner, 2005).

	Constituants solide		Constituants liquides (solution)	Constituants gazeux (atmosphère du sol)
	Minéraux	Organiques		
Origine	Désagrégation physique et altération biochimique des roches	Décomposition des êtres vivants	Précipitations, nappes, ruissellement	Air hors sol, matières en décomposition, respiration
Critères de classement	Taille (granulométrie) Qualité (minéralogie)	Etat (vivants, morts) Qualité chimique (originelle, transformée)	Origine (météorique, phréatique) Etat physique (potentiel hydrique) Qualité chimique	Origine (air, organismes) Qualité chimique
Catégories	Selon granulométrie -Squelette (> 2 mm) -Terre fine (< 2 mm)  Selon minéralogie -Quartz -Minéraux silicatés -Min. carbonatés	-Organismes vivants -Organismes morts -Matières organiques héritées: Cellulose, lignine, résines -Matières organiques humifiées: Acides fulviques et humiques, humines	-Eau -Substances dissoutes: glucides, alcools, acides organiques et minéraux, cations et anions	-Gaz de l'air : N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> -Gaz issus de la respiration et de la décomposition des organismes: CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> .

### I.5. Les propriétés du sol

#### ➤ La texture du sol

D'après (Heller *et al.*, 1993; Delaunois *et al.*, 2013), la texture est le diamètre moyen des particules du sol, ou la composition granulométrique. Cette dernière, est la répartition de l'ensemble des particules du sol en classes de tailles allant des pierres et cailloux de diamètre supérieur à 2cm aux particules argileuses qui font moins de 2 microns (Chaude *et al.*, 1999). La texture permet d'apprécier les propriétés d'un sol à partir de la proportion des différentes fractions granulométriques (Rebberge, 1964 et Prevost, 2006) (Fig.09).

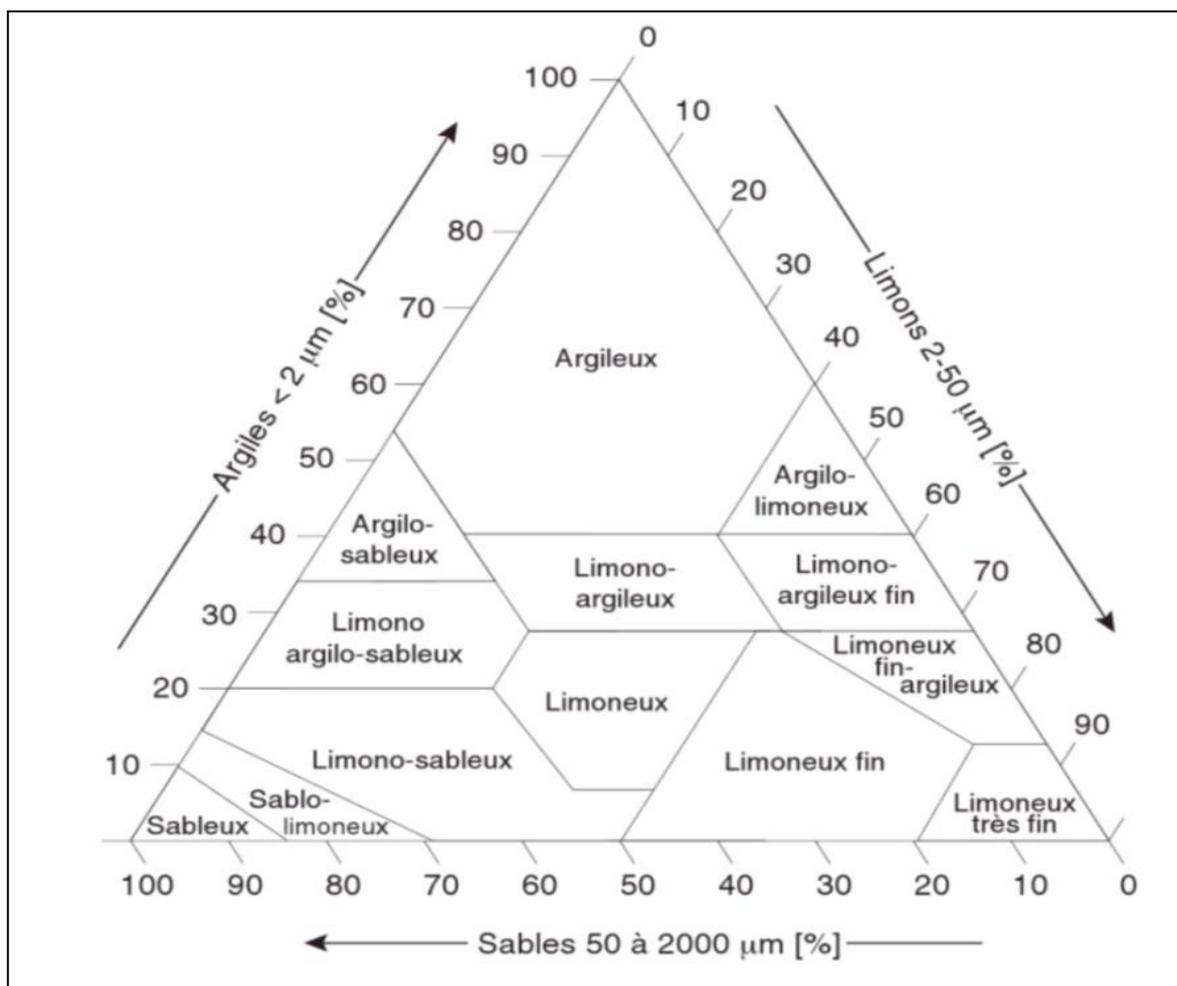


Figure 09 : Triangle des textures minérales (Gobat *et al.*, 2010)

### ➤ La structure du sol

Les constituants organiques et inorganiques des sols sont associés de diverses manières pour constituer des ensembles plus ou moins complexes qui confèrent aux sols ce que l'on appelle sa structure (Calvet, 2003).

La structure du sol représente le mode d'assemblage des particules entre elles. Le sol en place apparaît comme un ensemble d'éléments construits que l'on appelle selon la taille des agrégats, des agglomérats ou des mottes. L'agrégat est l'unité structurale et est formé d'un squelette de grains de sable et de limons reliés entre eux par le complexe argilo-humique. La structure du sol se forme ainsi grâce à la floculation des colloïdes qui se fixent à la surface des éléments grossiers et les reliait (Prevost, 2006) (Fig.10).

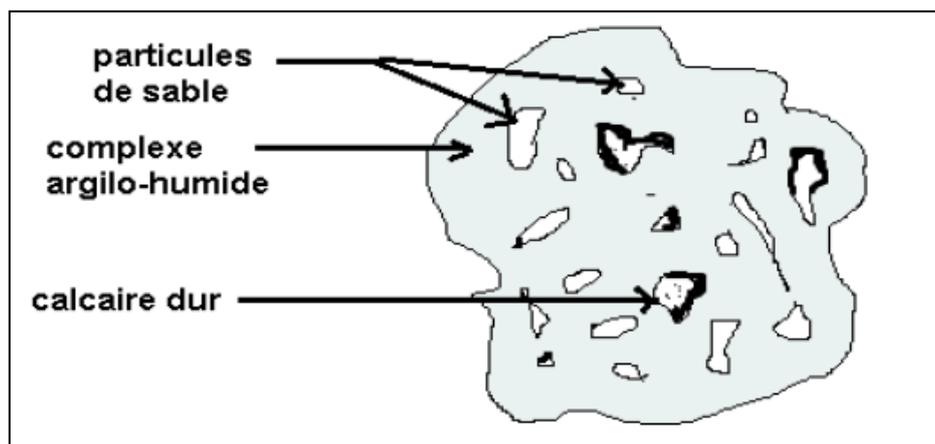


Figure 10 : Structure d'un agrégat du sol (Prevost, 2006).

La stabilité structurale est l'aptitude d'une terre à résister plus ou moins à l'action dégradante des agents extérieurs essentiellement l'eau (Lambert, 1975). Cette stabilité structurale joue un rôle important dans la fertilité des sols car elle influence ses propriétés physiques (aération, circulation de l'eau, perméabilité, érodibilité), chimiques (échanges ioniques, séquestration du carbone) et biologiques (activités des microorganismes, croissance racinaire) (Mrabet *et al.*, 1994).

#### ➤ La porosité du sol

La porosité est un caractère qui peut être important à décrire morphologiquement, en relation avec l'aération et la qualité de l'enracinement (Jamagne, 1967). On appelle porosité le rapport du volume occupé par les pores/volume de terre en place (égale au volume occupé par les pores + volume de la phase solide), elle s'exprime en pourcent. De l'ordre de 80% pour les horizons supérieurs des tourbes par exemple, 60 à 70% pour les horizons grumeleux et 40 à 50% pour un horizon éluvial sableux (Bonin, 2006) (Fig.11).

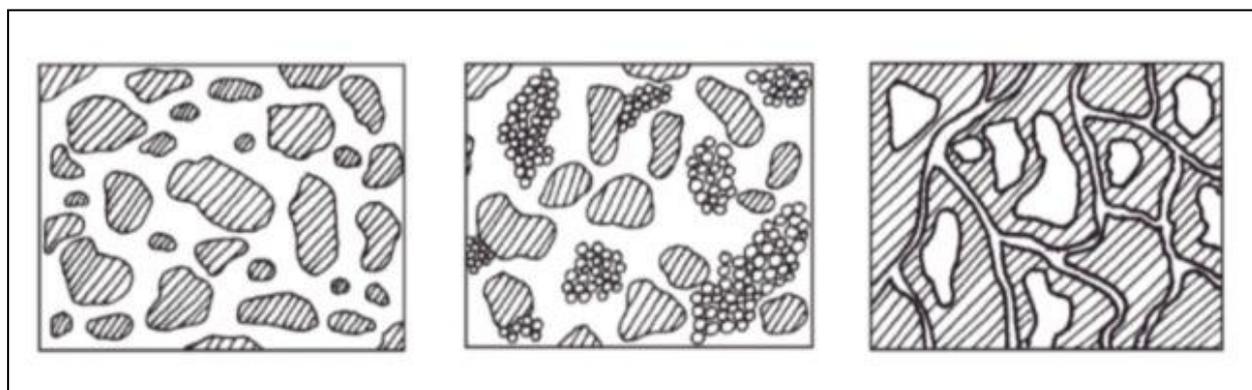


Figure 11 : Trois arrangements possibles entre les vides du sol

➤ **La perméabilité du sol**

La perméabilité d'un sol est d'autant plus élevée que sa macroporosité est plus forte. Plus est formé d'élément arrondis et de même taille, plus il est perméable, que ces éléments soient des grains de sable ou des agrégats. Plus il est formés d'élément de taille différent imbriqués les uns dans les autres, plus il est imperméable (**Soltner, 2000**). La perméabilité est la facilité plus ou moins grande avec laquelle le sol se laisse pénétrer et traverser par l'eau (**Gaucher, 1968**).

➤ **La capacité d'échange cationique (CEC ou T)**

La CEC est une caractéristique très importante à déterminer dans toute étude des sols et en agronomie. Elle est en effet, reliée au comportement des cations et de ce fait est une indication intéressante pour l'étude des processus pédologiques qu'il s'agisse de pédogenèse ou de nutrition minérale des végétaux (**Calvet, 2003**).

D'après **Giasson et Jaouich (2008)**, la capacité d'échange cationique est déterminée par le déplacement des cations échangeables ou par un cation indicateur (utilisé pour la saturation des sites d'échanges).

Les cations qui sont le plus souvent mentionnés dans un rapport d'analyse de sol sont les suivants : le potassium ( $K^+$ ), le magnésium ( $Mg^{2+}$ ) et le calcium ( $Ca^{+2}$ ). Certains rapports indiquent aussi l'hydrogène ( $H^+$ ) et le sodium ( $Na^+$ ). Les cations sont des ions d'éléments nutritifs chargés positivement (**Mohamadi et Djoubar, 2021**).

➤ **Le pH du sol**

Le pH exprime la réaction acide, neutre ou basique d'un corps selon qu'il renferme beaucoup ou peu d'ions  $H^+$  libres en solution. Au niveau du sol, le pH est variable et il influe sur les propriétés du sol. Ces variations sont cependant limitées car si, en chimie, le pH varie de 0 à 14 (7 étant la neutralité), le pH des sols a pour extrêmes 4,5 à 5 pour les sols plus acides et 8 pour les terres très basiques (**Prevost, 2006**). Le pH est fortement influencé par la roche mère, la composition de la litière joue aussi un rôle en particulier à travers son rapport C/N. Souvent l'abondance en  $Ca^{++}$  est corrélée à un pH neutre ou légèrement basique. Le  $Mg^{++}$  lui aussi relève le pH (**Chaude et al., 1999**).

### ➤ La conductivité électrique (CE) des sols

La CE d'une solution de sol est un indice de la teneur en sels solubles dans ce sol. Elle exprime approximativement la concentration des solutés ionisables, cette propriété électrochimique est basée sur le fait que la conductance (inverse de la résistance électrique) d'une solution s'accroît au fur et à mesure que les concentrations en cations et anions porteurs des charges électriques augmentent (**Mathieu et Pielain, 2003**).

La présence d'ion en solutions est à l'origine d'une conductivité électrique ; c'est pourquoi cette propriété est utilisée pour caractériser les sols (**Mohamadi et Djoubar, 2021**). Plus la quantité des sels dissous est grande plus la CE de la pâte saturée est grande généralement, la CE s'exprime en mmhos/cm ou déci siemens/mètre à une température de 25°C (**Calvet, 2003**).

## I.6. Définitions de la qualité d'un sol

La qualité d'un sol est une notion subjective souvent définie par rapport aux intérêts des hommes (**Chaussod, 1996**). Elle recouvre la ou les fonctions d'intérêt «social» que le sol est susceptible de remplir dans la biosphère. Cette notion de qualité des sols ne peut être évaluée ni dans l'absolu, ni par un critère unique. Longtemps, cette notion de qualité des sols a été associée à la productivité (production de biomasse) dans le contexte agricole (**Havlicek et al., 2012**). Puis, avec l'émergence de problèmes environnementaux et l'apparition du concept de développement durable, sa définition a évolué et a notamment désigné « sa capacité à fournir des biens et des services écosystémiques » (**Costanza et al., 1997**).

La qualité du sol est donc étroitement liée à sa capacité à fonctionner suite à l'équilibre entre les composantes et propriétés physiques (ex : la porosité du sol) et chimiques (ex : éléments nutritifs) constituant le biotope, et leurs nombreuses interactions avec la composante «vivante» (la flore et la faune du sol) constituant la biocénose (**Nahrath, 2000; Gobat et al., 2013**).

### I.6.1. La qualité physique du sol

La qualité physique du sol agricole se réfère principalement à la résistance du sol et caractéristiques de transmission et de stockage des fluides dans la zone racinaire des cultures. Un sol agricole de « bonne qualité physique » est un sol suffisamment « résistant » pour maintenir une bonne structure, maintenir les cultures debout et résister à l'érosion et au compactage ; mais aussi suffisamment « faible » pour permettre une croissance racinaire sans restriction et la prolifération de la flore du sol et la faune.

Un sol de bonne qualité physique a également des caractéristiques de transmission et de stockage des fluides qui permettent les bonnes proportions d'eau, de nutriments dissous et d'air pour une performance maximale des cultures et une dégradation minimale de l'environnement (Topp *et al.*, 1997).

La production intensive de grandes cultures peut nuire à la qualité physique des sols agricoles, déclin. La qualité physique réduite du sol est, à son tour, liée à la baisse des performances des cultures et/ou la rentabilité, ainsi que les impacts environnementaux négatifs liés au déplacement hors champ des sols (érosion éolienne/hydrique) et des produits agrochimiques (lixiviation des pesticides/nutriments dans les eaux de surface et souterraines) (Wallace et Terry, 1998).

### I.6.2. La qualité chimique du sol

La dégradation des sols est un problème causé principalement par les changements dans leur utilisation et l'adoption des pratiques de chaque système de production agricole.

L'évaluation des effets de l'agriculture sur le sol indique les paramètres nécessaires pour estimer l'impact environnemental causé par les systèmes de production. Cela implique des processus décisionnels axés sur la conservation, la durabilité et la productivité. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de connaître la qualité du sol en définissant des indicateurs. La qualité du sol peut être définie comme la capacité du sol à fonctionner (Karlen *et al.*, 1997) afin d'être utilisé (Larson et Pierce, 1994).

### I.6.3. La qualité biologique du sol

La qualité biologique des sols fait référence à l'abondance, la diversité et l'activité des organismes vivants qui participent au fonctionnement du sol. Plus précisément, dans une perspective agronomique, on peut considérer que la qualité biologique des sols est formée de quatre composantes principales :

- ✓ La fertilité (capacité d'un sol à répondre aux besoins de la plante, notamment à travers l'activité des nombreux micro-organismes participant aux cycles biogéochimiques ou aux symbioses racinaires) ; l'état sanitaire (au sens large, recouvrant les populations de ravageurs, de pathogènes ou de plantes adventices) ;

- ✓ les externalités (impact environnemental du fonctionnement du sol, au niveau des eaux superficielles ou souterraines ainsi qu'au niveau de l'atmosphère) et la résilience (caractérisant à la fois l'inertie et l'aptitude au retour à l'état initial après une perturbation).

L'appréciation globale de la qualité biologique des sols suppose que l'on soit capable, pour chacune de ces composantes, d'identifier les indicateurs les plus pertinents, de pouvoir effectuer des mesures fiables, et de savoir interpréter les résultats de ces mesures. Même si de nombreux progrès restent à accomplir, tant au niveau conceptuel que méthodologique, il est clair que la qualité biologique des sols cultivés est en fait la résultante d'un ensemble de facteurs environnementaux (type de sol, climat) et anthropiques (systèmes de culture, pratiques culturales) (**Chaussod et al., 1996**).

#### **I.6.4. Les indicateurs de la qualité du sol**

(**Doran et al., 1996**) présentent une liste de propriétés influençant les fonctions écologiques et qualité des sols. Ils citèrent par exemple, la densité apparente, la perméabilité, la capacité de rétention d'un sol, les teneurs totales en carbone et azote organiques, la conductivité, le pH, la biodisponibilité des éléments nutritifs pour les plantes, les mesures de biomasse et d'activité microbienne, etc.

Le tableau en-dessous dresse une liste non exhaustive d'indicateurs physiques, chimiques et biologiques, d'après les travaux de (**Doran et Safley 1997**), (**Karlen et al., 1997**), (**Doran et Zeiss, 2000**). Cette liste présente également la valeur écologique des indicateurs (Tab. 02).

**Tableau 02 :** Proposition d'indicateur physiques, chimiques et biologiques des fonctions et de la qualité des sol (Doran et Safley 1997), (Karlen et al., 1997), (Doran et Zeiss, 2000).

Les types	Indicateurs de l'état du sol	Relations entre l'état du sol et sa fonction ; mesures prioritaires	Valeur écologiquement significative ; Comparaison pour l'évaluation
<b>Physiques</b>	Profondeur du sol, enracinement Infiltration et densité apparente (Da) Capacité de rétention	Rétention et transport de l'eau et des éléments chimiques ; Modélisation de l'utilisation, de l'érosion et de la variabilité des sols Estimation de la productivité potentielle et de l'érosion ; Normalisation de la variabilité des paysages Potentiel de solubilité, de productivité et d'érosivité ; ajustement des mesures en bases volumétrique En relation avec les flux hydrique, le transport et l'érosivité ; Eau utile, Da, texture, Mo	% sables, limons et argile, Sites les moins érodés ou la position topographique cm ou m; Sites non cultivés ou différents localisation dans le paysage min par 2,5 cm d'eau, Mg/cm <sup>3</sup> ; Position topographique % (Mg/cm <sup>3</sup> ), cm d'eau disponible pour 30 cm; Intensité des précipitations
<b>Chimiques</b>	Matière organique (C et N org. Totale) pH Conductivité électrique N, P et K extractibles	Fertilité, stabilité du sol, érosion; Utilisé dans le processus de modélisation et de normalisation des sites Activités biologiques et chimiques ; Essentiel dans les processus de modélisation Activités microbiennes et végétales ; Essentiel dans les processus de modélisation Nutriments phyto-disponibles et potentiels de perte d'azote; Productivité et indicateurs de la qualité environnementale	kg C et N/ha 30 cm; Sol non cultivé ou contrôle initial Comparaison entre des limites max et min d'activités microbiennes et végétales dS/m; Comparaison entre des limites max et min d'activités microbiennes et végétales kg/ha 30 cm; Niveau de suffisance saisonnière pour la croissance des plantes
<b>Biologiques</b>	Biomasse, C et N microbiens N potentiellement minéralisable Respiration, teneur en eau, température	Potentiel de catalyse microbienne du C et du N; Modélisation du danger des apports en Mo Productivité et apport en N; Modélisation Mesure des activités bactériennes ; Estimation des activités en lien avec la biomasse	kg C et N/ha 30 cm ; Relatif au C et N total ou à la production de CO <sub>2</sub> kg N ha 30 cm d <sup>-1</sup> ; Relatif aux teneurs en C et N total kg C/ ha 30 cm d <sup>-1</sup> ; Relatif à la biomasse microbienne

### I.7. Température du sol

La température du sol agit sur les phénomènes physiques tels que la rétention et la circulation des fluides (eau, gaz), mais aussi sur les transformations chimiques (la vitesse des réactions est une fonction de la température). Au niveau biologique, elle agit sur la répartition des espèces, dans le temps et dans l'espace, en fonction de leurs écologies. Elle influence également l'activité générale intervenant dans les relations interspécifiques (ex : compétition). Les effets de la température sont prépondérants dans les premiers centimètres où est rassemblée la majorité des représentants de la pédofaune (**Pesson, 1971**).

Lors de températures « extrêmes » (hautes ou basses), qui peuvent lui être fatales, la faune dispose de plusieurs moyens d'adaptation : régulation thermique (relativement limité chez les invertébrés hétéothermes<sup>5</sup>), un passage en vie ralentie (diapause, hibernation) ou encore la migration vers un milieu favorable (souvent en profondeur) (**D.A.R, Mission, 2005**).

### I.8. Atmosphère du sol

L'air occupe, dans le sol, les pores abandonnés par l'eau lors de son retrait. Sa quantité dépend donc d'une combinaison entre la texture, la structure et le taux d'humidité (**Gobat et al., 2003**). Sa composition est différente de l'atmosphère extérieure. Elle présente des fluctuations saisonnières liées à l'activité biologique (respiration des racines, de la microflore aérobie et de la faune) qui consomme de l'oxygène et rejette du gaz carbonique. La fixation de l'azote et la dénitrification bactérienne modifient également les concentrations en azote. Le drainage des eaux de pluies et les variations de pression atmosphérique aident à la diffusion des gaz dans le sol et aux échanges avec l'atmosphère extérieure.

Ces mouvements sont favorisés par une porosité élevée, et permettent de conserver un milieu favorable à la faune (**D.A.R, Mission, 2005**).

### I.9. Réseaux trophique

Lorsque divers organismes du sol interagissent les uns avec les autres ainsi qu'avec les plantes et les animaux au sein de l'écosystème, ils forment un réseau complexe d'activités écologiques appelé le réseau trophique du sol. La résilience du réseau trophique est inextricablement liée à la biodiversité présente dans le sol ([www.fao.org/soils-2015.org](http://www.fao.org/soils-2015.org)) (Fig.12).

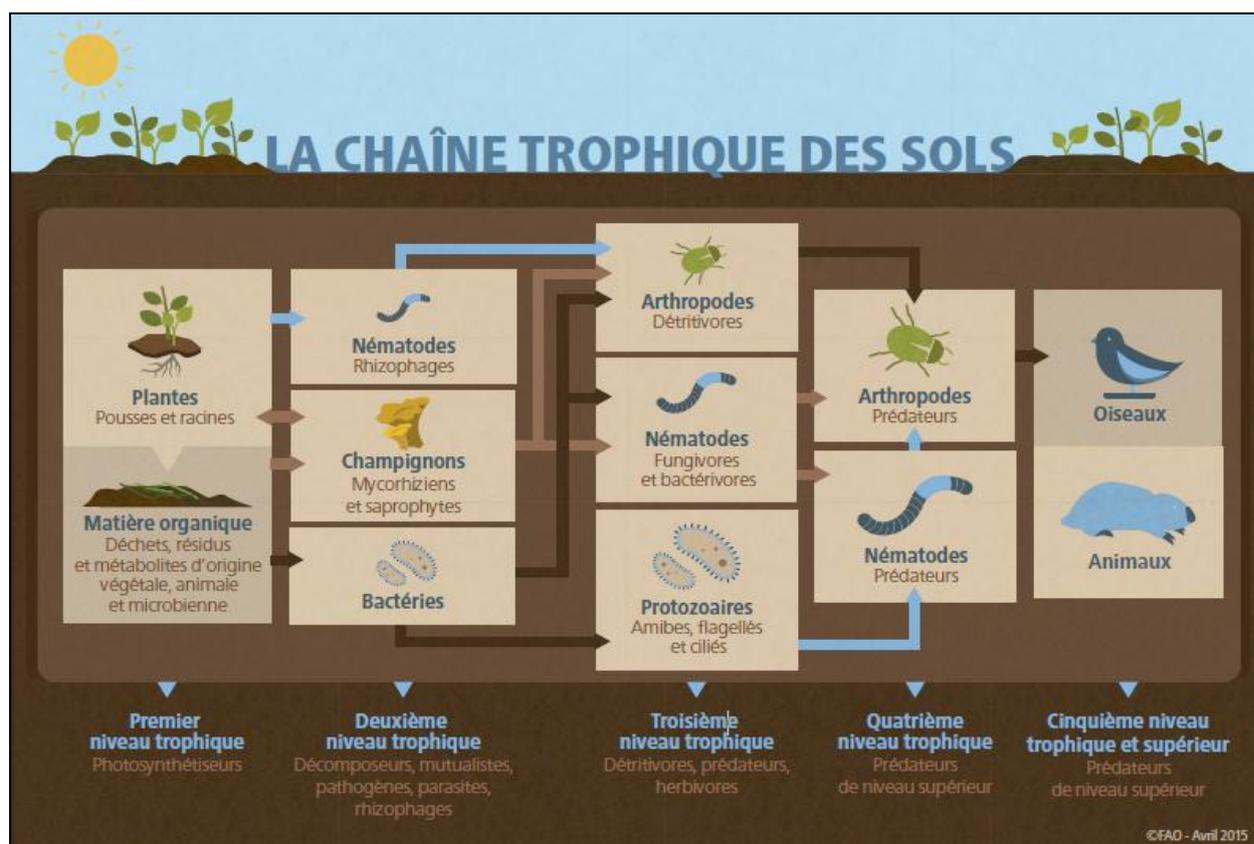


Figure 12 : La chaîne trophique des sols ([www.fao.org/soils-2015.org](http://www.fao.org/soils-2015.org)).

### I.10. La dégradation du sol

La dégradation des sols fait référence à la perte ou à la réduction de la productivité de la terre, qui résulte de divers processus naturels, souvent accélérés par une perturbation anthropique (Lal 1993).

Les principales causes de dégradation des terres sont l'utilisation des terres, le changement climatique, la surpopulation et l'urbanisation. La dégradation des terres entraîne une réduction de la qualité du sol et une diminution du potentiel futur pour la survie des organismes vivants. Il s'agit d'une menace mondiale avec trois catégories distinctes : dégradation naturelle, dégradation anthropique et désertification. La dégradation induite résulte d'une utilisation inappropriée des terres et la gestion et se produit plus rapidement que la dégradation naturelle (Fitzpatrick 2002). La forme de dégradation la plus grave est la désertification, qui se produit dans les zones arides couvrant environ 40% de la surface terrestre mondiale (UNEP, 1992).

La dégradation des sols, telle que définie pour la carte GLASOD, est "un processus qui décrit les phénomènes induits par l'homme qui réduisent la capacité actuelle et/ou future du sol à soutenir la vie humaine" (Oldeman et al., 1991).

D'une manière générale, la dégradation du sol pourrait être décrite comme la détérioration de la qualité du sol, ou en d'autres termes : la perte partielle ou totale d'une ou plusieurs fonctions du sol (Blum, 1988) (Fig.13).

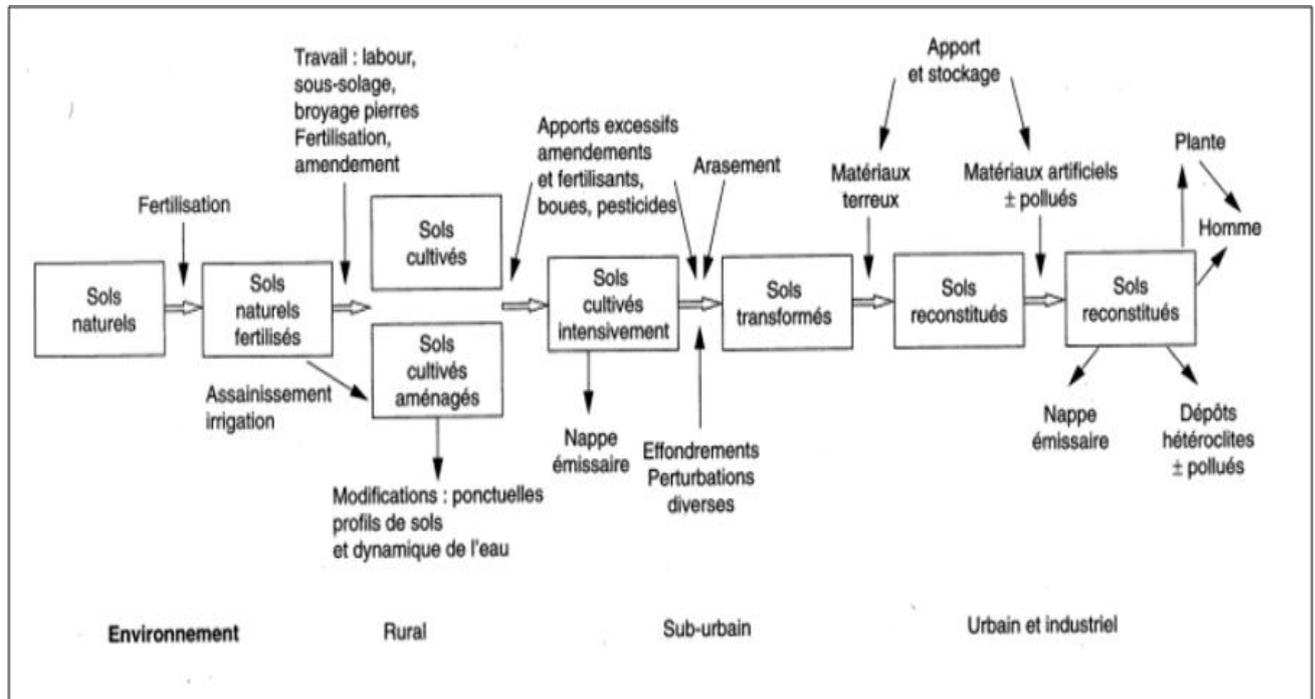


Figure 13 : Schéma de l'anthropisation des sols (Leyval et al., 1999).

*Chapitre II :*  
*La biodiversité du sol*



## II.1. La biodiversité des sols

Le sol représente un des réservoirs les plus importants de biodiversité ; en effet, la diversité biologique des sols correspond plusieurs fois à celle observée au-dessus de la surface du sol (**Heywood, 1995**). Par ailleurs, au-delà de cet aspect quantitatif, il est maintenant reconnu que les organismes du sol (microorganismes comprenant microflore et microfaune, mésofaune et macrofaune) jouent des rôles fondamentaux dans le fonctionnement des écosystèmes, rendant de ce fait un grand nombre de services écosystémiques (**Lavelle et Spain, 2001**). Ainsi contribuent-ils de manière directe ou indirecte à un grand nombre de processus tels que la dynamique de la matière organique (cycle des éléments nutritifs), le recyclage des déchets, la bioremédiation de composés xénobiotiques, la formation et le maintien de la structure, le transfert hydrique et la rétention de l'eau dans les sols, etc. Si certains de ces processus sont très spécifiques (cycle de l'azote), d'autres tels que la dégradation de la matière organique impliquent l'intervention d'un ensemble d'organismes très divers comprenant des bactéries, des champignons, des protozoaires et des invertébrés (**Cluzeau et al., 2009**).

## II.2. Les organismes du sol

Les organismes du sol sont incroyablement diversifiés en forme, couleur, taille et fonction, des procaryotes microscopiques aux mammifères macroscopiques (Fig.14). Le sol représente ainsi un des plus grands réservoirs de biodiversité de notre planète. Toutefois, les difficultés relatives à la description de la biodiversité du sol et l'intérêt bien moindre qui lui a été porté comparé au compartiment aérien font que la majorité des groupes d'organismes du sol sont encore mal connus et que de grandes régions du globe n'ont pas encore été étudiées (**Decaëns, 2010 ; Cameron et al., 2018**). Les estimations de la richesse spécifique des organismes de sol se basent sur des extrapolations donnant une idée très approximative de leur diversité. Par exemple, on estime la richesse spécifique des procaryotes (bactéries et archées) entre 100 et 9000 dans un centimètre cube de sol (**Torsvik et al., 2002**) et entre quelques millions et un milliard au niveau mondial. De plus, seulement environ 1% des bactéries du sol étant cultivables en laboratoire, ces estimations se basent uniquement sur des données moléculaires. La plupart de ces organismes n'ont donc jamais été observés, et on ignore ainsi leur écologie ou leurs traits d'histoire de vie. Les champignons, des microorganismes eucaryotes, représentent environ 100 000 espèces décrites aujourd'hui, et potentiellement 1 à 5 millions d'espèces mondialement (**Hawksworth, 2001 ; Tedersoo et al., 2014**).



**Figure 14 :** Une sélection d'organismes du sol (Tiré de Bardgett et van der Putten, 2014).

a–o, cette sélection inclut des champignons ectomycorhiziens (a) champignon décomposeur (b), bactérie (c), nématode (d), tardigrade (e), collemboles (f), acarien (g), enchytréide (h), iule (i), scolopendre (j), ver de terre (k), fourmis (l), cloporte (m), plathelminthe (n) et taupe (o). Toutes les photos sont issues de l'European Soil Biodiversity Atlas, avec l'aimable autorisation de A. Jones; les crédits photos individuels sont : K. Ritz (b, c) ; H. van Wijnen (d) ; Water bear in moss, Eye of Science/Science Photo Library (e) ; P. Henning Krog (f) ; D. Walter (g) ; J. Rombke (h) ; J. Mourek (i, j) ; D. Cluzeau (k) ; European Soil Biodiversity Atlas, Joint Research Centre (l, n) ; S Taiti (m) ; and H. Atter (o).

### II.3. La répartition des organismes du sol

La répartition des organismes du sol varie également verticalement dans le profil de sol (Fig.15), l'abondance étant maximale dans les 25 premiers centimètres (**Frey, 2015**). Plus en profondeur, les organismes du sol restent présents, y compris la macrofaune lombricienne avec certaines espèces creusant des galeries jusqu'à 2 mètres de profondeur (**Edwards, 2004**). Cette hiérarchisation des facteurs contrôlant la diversité du sol ainsi que la nature extrêmement variable des propriétés physico-chimiques du sol expliquent en grande partie la distribution très hétérogène des organismes du sol à toutes les échelles (**Orgiazzi et al., 2015**). En combinant cette hiérarchisation des facteurs aux conséquences du changement planétaire (réchauffement climatique ou changement d'utilisation des sols) sur ces facteurs, on peut éventuellement créer des outils de prédiction de l'évolution des communautés et de leur richesse face à ces changements (**Edwards, 2004**).

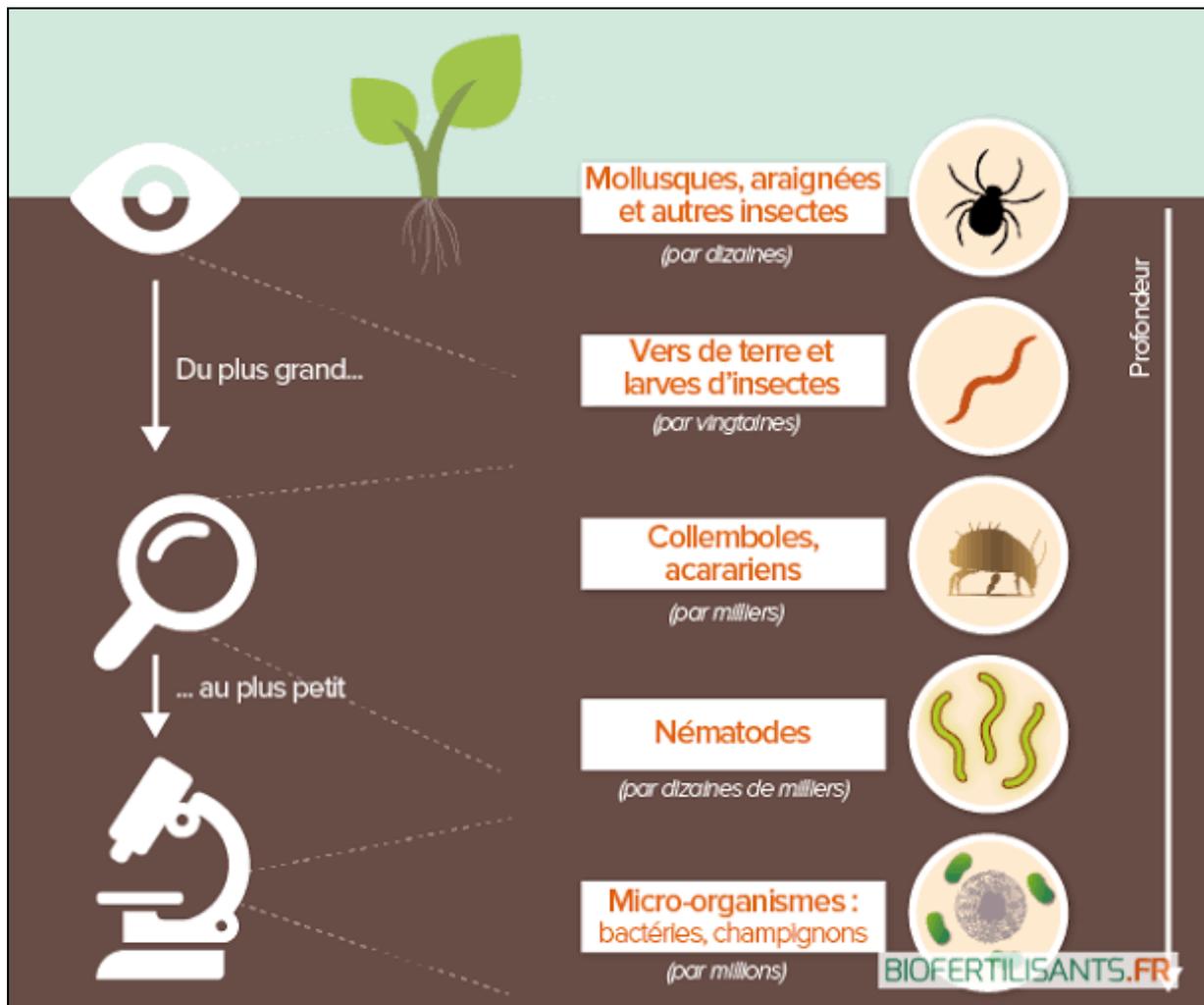


Figure 15 : La répartition des organismes du sol ([www.biofertilisants.fr](http://www.biofertilisants.fr)).

#### II.4. La diversité du sol

La diversité de la faune du sol représente l'ensemble des animaux qui passe toute ou une partie de leur cycle biologique dans le sol (faune endogée) ou sur sa immédiate (faune épigée), ceci incluant la litière (Bachelier, 1978 ; Gobât et al., 1999). Selon (Brown et al., 2002), elle est représentée par de nombreux taxons renfermant plusieurs espèces (Fig.16). La faune des sols peut être utilisée à la fois comme outil de diagnostic de leur fertilité et comme ressource pour améliorer leur fonctionnement (Blanchart et al., 2006 ; Lavelle et al., 2006). De nombreuses espèces ou groupes taxonomiques d'invertébrés sont bénéfiques pour les sols (Tab.03). Les vers de terre, par exemple, en tant qu'«ingénieurs» du sol fournissent des services éco systémiques tels que la décomposition des matières organiques, le recyclage des nutriments et le maintien des propriétés physiques du sol favorables aux plantes (Lavelle et al., 1999).

**Tableau 03 :** Les différents groupes biologiques de la faune du sol (El Alami, 2014).

groupe	Taille	Les représentants du groupe	Mode de vie des différents représentants
Microfaune	$t < 0,2\text{mm}$	Protozoaire Nématodes Rotifères Tardigrades	Vivent dans un film d'eau, et présentent des formes de résistance. Les Protozoaires sont phagotrophes ou prédateurs. Les Nématodes sont dentiphages, prédateurs ou parasites des végétaux. Les Rotifères se nourrissent d'Algues unicellulaires et de bactéries.
Mésafaune	$0,2 < t < 4\text{mm}$	Acariens Collemboles Protoures Diploures Thysanoures Enchytréides Petits insectes et leurs larves	Espèces hygrophiles ou Xérophiles Les Collemboles et les Enchytréides consomment les débris végétaux et le matériel minéral. Les Acariens consomment les cellules et les tissus des feuilles Les Protoures se nourrissent des matières organiques en décomposition Les Diploures vivent dans le sol sous les écorces et dans d'autres lieux humides où ils se nourrissent de matières en décompositions
Macrofaune	$4\text{mm} < t < 80\text{mm}$	Vers de terre Insectes supérieurs Myriapodes Arachnides Mollusques	Les vers de terre consomment les feuilles qu'ils viennent chercher en surface. Ils se distinguent des vers épigés des litières et des vers endogés qui passent leur vie dans les galeries horizontales. Les arachnides : un certain nombre d'araignée sont terricoles. Les Isopodes se nourrissent des débris végétaux. Le mode de vie des insectes est varié (fonction des espèces).
Mégafaune	$80\text{mm} < t < 1,60\text{mm}$	Reptiles Rongeurs Mammifères	Les Serpents se nourrissent de vertébrés, les Lézards se nourrissent des Arthropodes, leurs larves se nourrissent des Lombrics, des petites limaces et même de petites escargots où coquille mince.

## II.5. Clé de détermination des animaux du sol

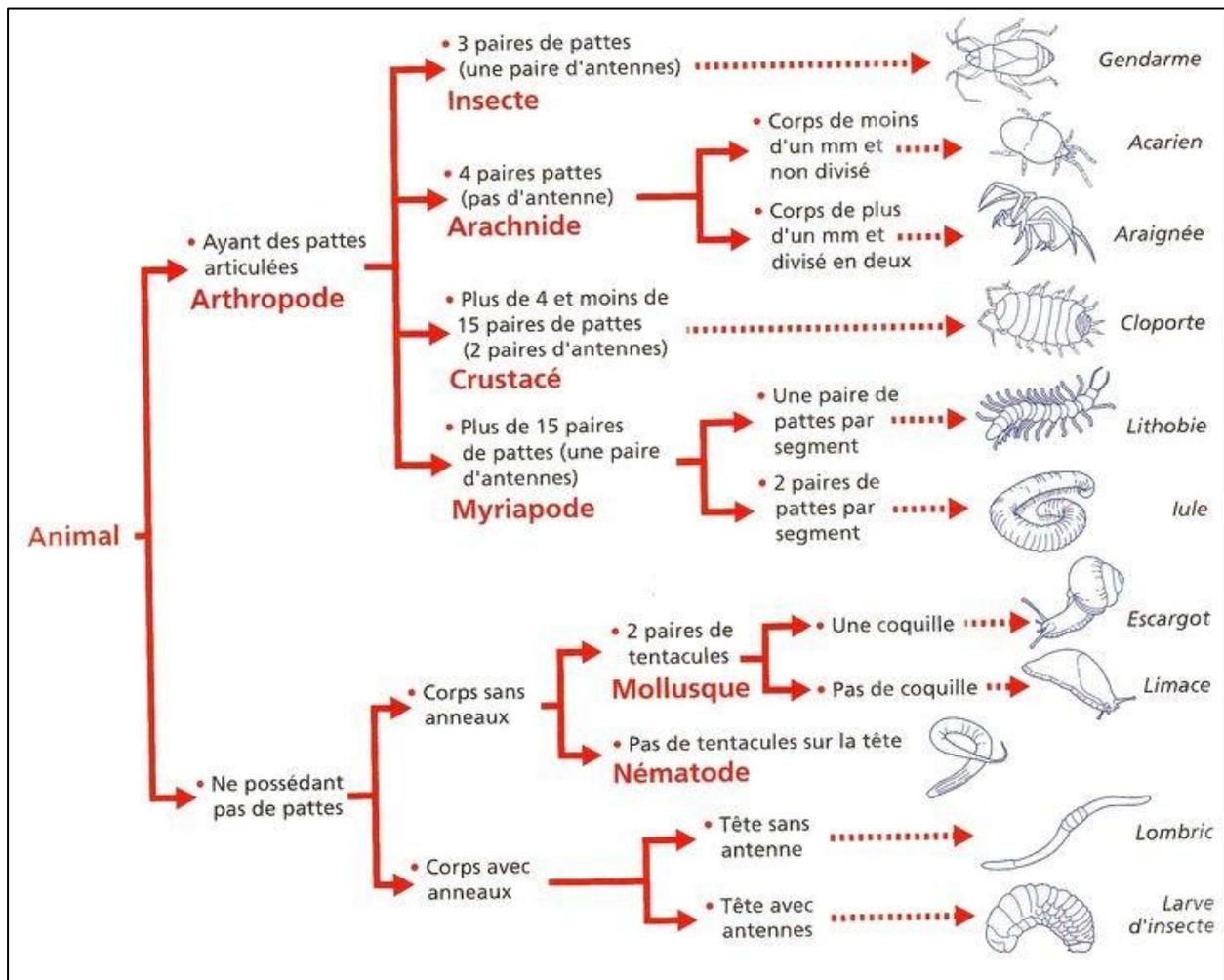


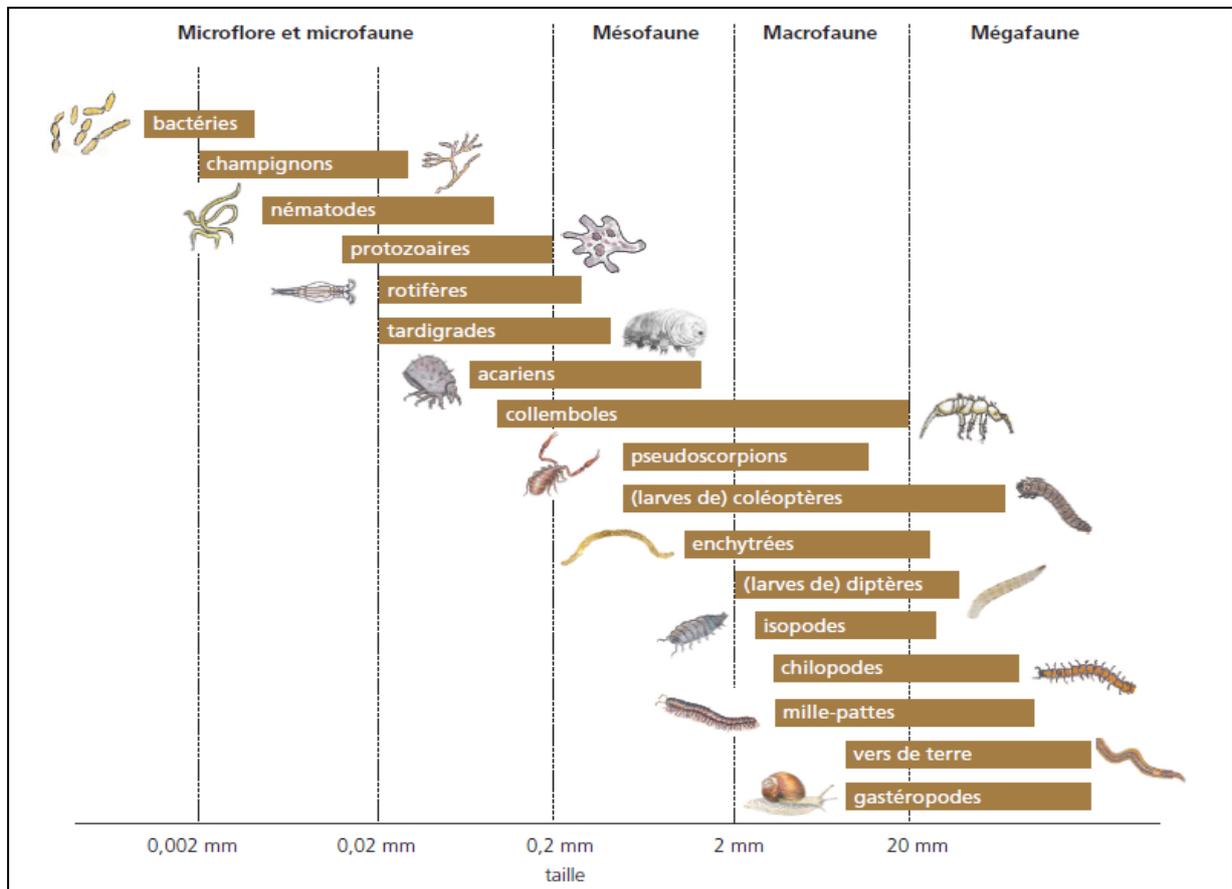
Figure 16 : Clés de détermination des animaux du sol (Bachelier, 1978).

## II.6. La faune du sol

La faune du sol recouvre de nombreux taxons, comprenant eux-mêmes des centaines voire des milliers d'espèces pas toujours bien connues (Decaens *et al.*, 2006; Adl *et al.*, 2013; Gobat *et al.*, 2013).

La faune du sol est répartie habituellement en fonction de la taille (diamètre) des organismes qui la composent en quatre groupes distincts, micro- (0,2 mm), méso- (entre 0,2 et 2 mm), macro- (entre 2 et 80 mm) et mégafaune (> 80 mm) (Lavelle, 1997 ; Gobat *et al.*, 2013) (Fig.17).

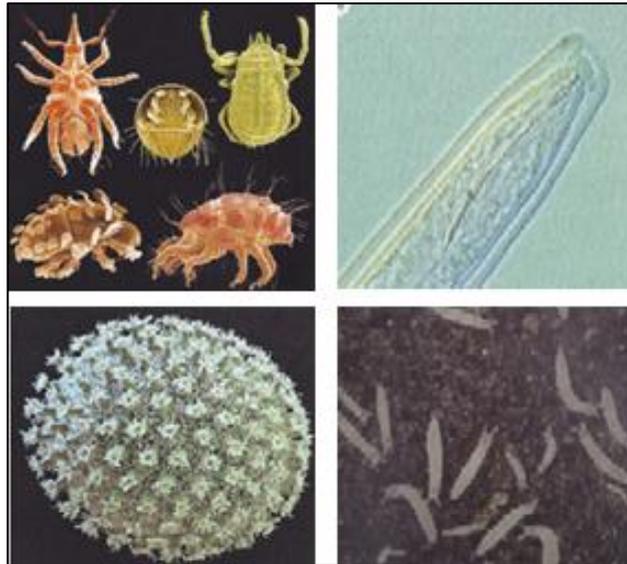
Le regroupement des invertébrés du sol par catégorie de taille est pertinent car il permet de renseigner sur l'échelle spatiale de vie et l'habitat occupé par les organismes au sein du sol. De plus, ce classement permet de donner une information clé sur les différents rôles joués par les organismes, animaux et microbiens, sur le fonctionnement du sol (**European commission, 2010**).



**Figure 17 :** Taille des organismes du sol, ou diamètre des hyphes des champignons (**Briones, 2014**).

### II.6.1 La microfaune

Ce sont des animaux très petits ayant une taille inférieure à 0,2 mm. La microfaune des sols est représentée par des protistes et des nématodes. Les protistes sont des eucaryotes (3-100 microm) qui occupent essentiellement les pores à l'extérieur des microagrégats au contact de l'eau interstitielle et pelliculaire essentiellement dans les horizons organiques supérieurs. Les nématodes (0,2 à 5 mm) sont des métazoaires filiformes qui vivent dans les films d'eau ou sont des parasites des plantes à la surface ou dans les racines (Fig.18) (**Lavelle et Spain, 2001**).



**Figure 18** : Les individus de la microfaune du sol

### II.6.2. La mésofaune

La mésofaune est constituée par des habitants permanents de la litière et des interstices du sol. La mésofaune comprend principalement les arachnides et les insectes comme les Collembolés avec une taille des individus de 0,2 à 4mm. Son rôle principal consiste à décomposer la litière. Les Collembolés sont de petits insectes qui se nourrissent principalement de champignons et de spores de ces derniers. Ils contribuent à décomposer des débris organiques et ils améliorent la structure du sol (Gobat *et al.*, 2010).

### II.6.3. La macrofaune

La macrofaune du sol est composée par des animaux visibles à l'oeil nu d'une longueur de l'ordre de 4 à 80 mm. On y recense des lombrics, des larves d'insectes (en majorité des larves de Diptères et des Coléoptères), des Cloportes, des Myriapodes, des limaces et des escargots, des Araignées ainsi que des insectes divers (Fig.19) (Brown *et al.*, 2002). La macrofaune joue un rôle très important dans la restructuration et le fonctionnement du sol comme : la formation d'agrégat, la formation de galerie, la dégradation des matières organiques. Au sein des agro systèmes, l'impact de la macro faune sur la culture est marqué par l'action des ravageurs, qui causent des dégâts sur la culture, et celle des auxiliaires qui la protègent en limitant les dégâts des ravageurs et/ou en agissant sur le milieu (Lavelle, 1997).

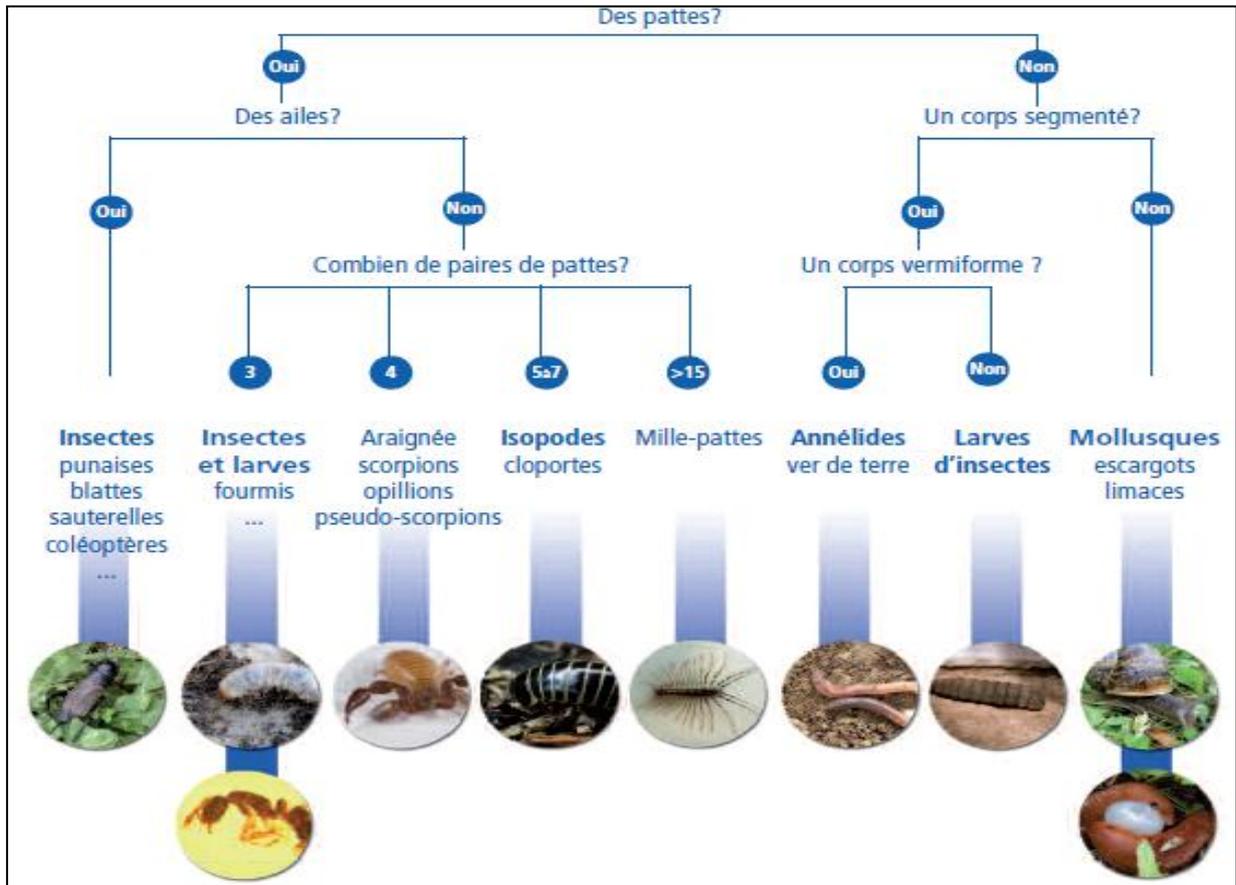


Figure 19 : Clé simplifiée de la macrofaune du sol (Ruiz et al., 2008)

#### II.6.4. La Mégafaune

La mégafaune regroupe des individus mesurant plus de 80 mm. On trouve à la fois dans ce groupe des crustacés, des reptiles, des batraciens, de nombreux insectivores (taupes, Musaraignes) et des rongeurs (rats, campagnols) (Fig.7) (Brussaard, 1998).

#### II.7. Quelques exemples des organismes de la pédofaune

##### II.7.1. Les Nématodes

Némathelminthes (ou vers ronds) à corps filiforme. La classe des Adenophora renferme de très nombreux Nématodes libres (Bachelier, 1978 ; Satanuszek, 2001). Les Nématodes jouent un grand rôle dans le sol; ils sont surtout abondants dans les sols riches en matière organique et qui ont une bonne rétention d'eau (se rencontrent dans les 10 à 20 premiers centimètres).

### II.7.2. Les Rotifères et les Tardigrades

Ce sont des petits animaux de taille inférieure à 1mm, ils existent dans les mousses, les lichens et les litières. Les Rotifères se nourrissent d'Algues unicellulaires et de Bactéries ; leur rôle **semble** être insignifiant. Les Tardigrades sont toujours des espèces muscicoles (**Coineau, 1974 ; Bachelier, 1978**).

### II.7.3. Les Acariens

Sont des Arthropodes appartenant au sous-embranchement des Chélicertes à la classe des Arachnides, ils se caractérisent par une partie postérieure du corps non segmentée largement récurvée à la partie antérieure (Cephalothorax). Ils consomment les débris végétaux (les cellules et les tissus des feuilles). Les Oribates sont parmi les plus typiques, ils ont un corps globuleux sclérifié, brun-clair ou brun-roux (**Coineau, 1974 ; Bayatogokh, 2001**).

### II.7.4. Les Collemboles

Sont des insectes Aptérygotes de tailles moyenne 1 à 10 mm. Leur corps est soit allongé segmenté (Arthropléones) ou globuleux non segmenté (Symphyléones). Les pièces buccales sont broyeuses ou suceuses. Les antennes de 4 à 6 articles. Abdomen de 6 segments sur le 4ème segment d'une furca servant d'appareil saltatoire. Ce sont le plus souvent des phytophages ou des saprophages qui consomment le bois mort et divers débris végétaux, certains sont mycétophages (**Bachelier, 1978 ; Coineau, 1974 ; Ponge, 1983 ; 2000 ; Sadaka, 2000**).

### II.7.5. Les vers de terre

Ce sont les vers annelés (Annelides) se nourrissent essentiellement à partir des débris végétaux qu'ils ingèrent mélangés à la terre. Les vers de surface (comme les *Lumbricus*) qui vivent au milieu des litières en décomposition apparaissent plus pigmentés que ceux qui vivent en profondeur (ex : *Allobophora*) et qui ingèrent les matières minérales.

### II.7.6. Les Diptères

Les larves de diptères forment avec les larves de coléoptères la grande majorité d'insectes du sol. La plupart des larves de diptères se nourrissent de débris végétaux, elles ont une très forte influence sur la décomposition des litières végétales qu'elles peuvent réduire en bouillie et la mélanger avec le sol, certaines peuvent se nourrir des racines, de bois mort en décomposition de Mycélium, de champignons, du fumier, de boulettes fécales ; beaucoup de larves sont carnivores (**Bachelier, 1978 et Satanuszek, 2000**).

### II.8. Action de la faune sur le sol

L'action de la faune sur le sol est de nature différente très variable selon les sols et les groupes fauniques considérés (**Bachelier, 1978**). Trois formes d'action mécanique, chimique et biologique caractérisent les animaux du sol (**Gobat et al., 2010**).

#### II.8.1. Action mécanique

L'action physique des animaux dans le sol est corrélée à leur taille, les microarthropodes ne creusent pas, ils ne font qu'utiliser les pores naturels et les passages ménagers par des plus grosses espèces. Les insectes, myriapodes, les animaux participent au maintien de la porosité du sol c'est un facteur essentiel pour la survie de la pédofaune mais aussi pour le développement du système racinaire de la plante. Parmi les invertébrés du sol, les fourmis déploient une activité particulièrement dans la construction des fourmilières par un mélange de matière organique et minérale (**Deprince, 2003**).

#### II.8.2. Action chimique

La faune influence les caractéristiques chimiques des sols par des voies très variées. L'effet le plus net est la modification de la nourriture durant son passage à travers la chaîne alimentaire (**Gobat et al., 2010**). Les excrétes rejetés par la faune modifient également de manière directe la composition chimique du sol, en effet les matières organiques contenues dans les déjections est plus facilement dégradable que les autres débris végétaux (**Soltner, 2003 ; Deprince, 2003**).

### II.8.3. Action biologique

**Bachelier (1978)**, a montré que la faune a une action marquée sur le sol et ses diverses caractéristiques biologiques. Les effets de la prédation sur la population proie sont importants puisqu'elle met ces dernières en équilibre avec les ressources disponibles comme la nourriture et les abris. Le comportement des organismes de la faune du sol répond aux contraintes imposées dans le sol. L'activité biologique d'un sol est le résultat des interactions entre les différents organismes. Elle se traduit par une variation de l'activité ou de la densité de la communauté. Elle tend à installer un certain équilibre pour un fonctionnement optimal et durable des processus en cours. Parmi eux on notera la compétition, l'effet des prédateurs sur les ravageurs. On notera également le rôle joué par la pédofaune pour la dissémination des spores et bactéries. Cette propagation s'effectue soit par des crottes dispersées dans le sol soit par transport sur le corps des animaux (**Metral, 2007**).

### II.9. Une biodiversité menacée

La biodiversité du sol est directement menacée par les dégradations telles que l'érosion, la diminution des teneurs en matières organiques, les pollutions locales et diffuses, le tassement, l'acidification, l'imperméabilisation et la salinisation des sols. Le changement d'usage des terres (ex: urbanisation, mise en culture, déforestation) est la première cause de baisse de biodiversité car les organismes du sol n'ont généralement pas le temps de se déplacer ou de s'adapter à leur nouvel environnement. Généralement, les prairies naturelles abritent une plus grande diversité d'organismes que les sols agricoles soumis à des pratiques plus intensives. Dans les agglomérations urbaines, la fermeture des sols et le cloisonnement des espaces verts menacent directement le maintien de la biodiversité (**Eglin et al., 2010**).

### II.10. Réduire les menaces sur la biodiversité des sols

D'après **Arwyn et al. (2011)**, la stratégie thématique de l'Union Européenne pour la protection des sols encourage une utilisation durable du sol. Pour minimiser les menaces sur la biodiversité du sol, la stratégie propose :

➤ **Augmenter la teneur en matière organique**

Des apports réguliers de matière organique améliorent la structure du sol, augmentent la capacité de rétention de l'eau et des nutriments, protègent le sol contre l'érosion et le tassement et soutiennent le développement d'une communauté saine d'organismes du sol ;

➤ **Réduire le travail du sol**

La diminution du labour réduit la perte de matière organique et permet la protection de la surface du sol par une couverture végétale. Le labour détruit la structure du sol et les habitats des organismes du sol, tout en augmentant les vitesses de décomposition, la perte de matière organique et la menace d'érosion ;

➤ **Limiter les intrants agro-chimiques**

Les pesticides et les fertilisants chimiques ont des bénéfices mais peuvent endommager les organismes du sol. Même les nutriments provenant de sources organiques peuvent polluer s'ils sont mal appliqués, ou en trop grande quantité. Des approches non chimiques de gestion des nuisibles et des nutriments sont de plus en plus utilisées ;

➤ **Prévenir le tassement du sol**

Le tassement du sol par des passages d'engins répétés, par le poids des machines, ou par le passage d'engins sur un sol mouillé diminue les quantités d'air, d'eau et l'espace disponible pour les racines et les organismes du sol. Comme la remédiation est difficile voire impossible, la prévention est essentielle ;

➤ **Minimiser le risque d'érosion**

Un sol nu est sensible à l'érosion par le vent et l'eau, au dessèchement et à l'encroûtement. La végétation protège le sol, fournit des habitats pour les organismes du sol et peut améliorer la disponibilité en eau. Le sol peut être protégé en laissant les résidus de culture en surface ou en installant des plantes de couverture. En plus de la couverture du sol, les plantes de couverture fournissent de la matière organique additionnelle, un couvert continu et de la nourriture pour les organismes du sol.

# *Chapitre III :*

## *Matériel et méthodes*



### III.1. Présentation de la région d'étude

#### III.1.1 Situation géographique de la région de Mila

La wilaya de Mila est située dans le Nord-Est algérien à 464 m d'altitude elle s'étend sur une superficie de 3480,45 Km<sup>2</sup>, cette dernière est située à 33 Km de la mer méditerranéenne et à une 50 Km au Nord-Ouest de Constantine (**Benmicia, 2015**).

Elle est délimitée au Nord, par les wilayas de Jijel et de Skikda ; à l'Est, par la wilaya de Constantine ; au Sud, par les wilayas de Batna et d'Oum El Bouaghi ; à l'Ouest, par la wilaya de Sétif (Fig.20).

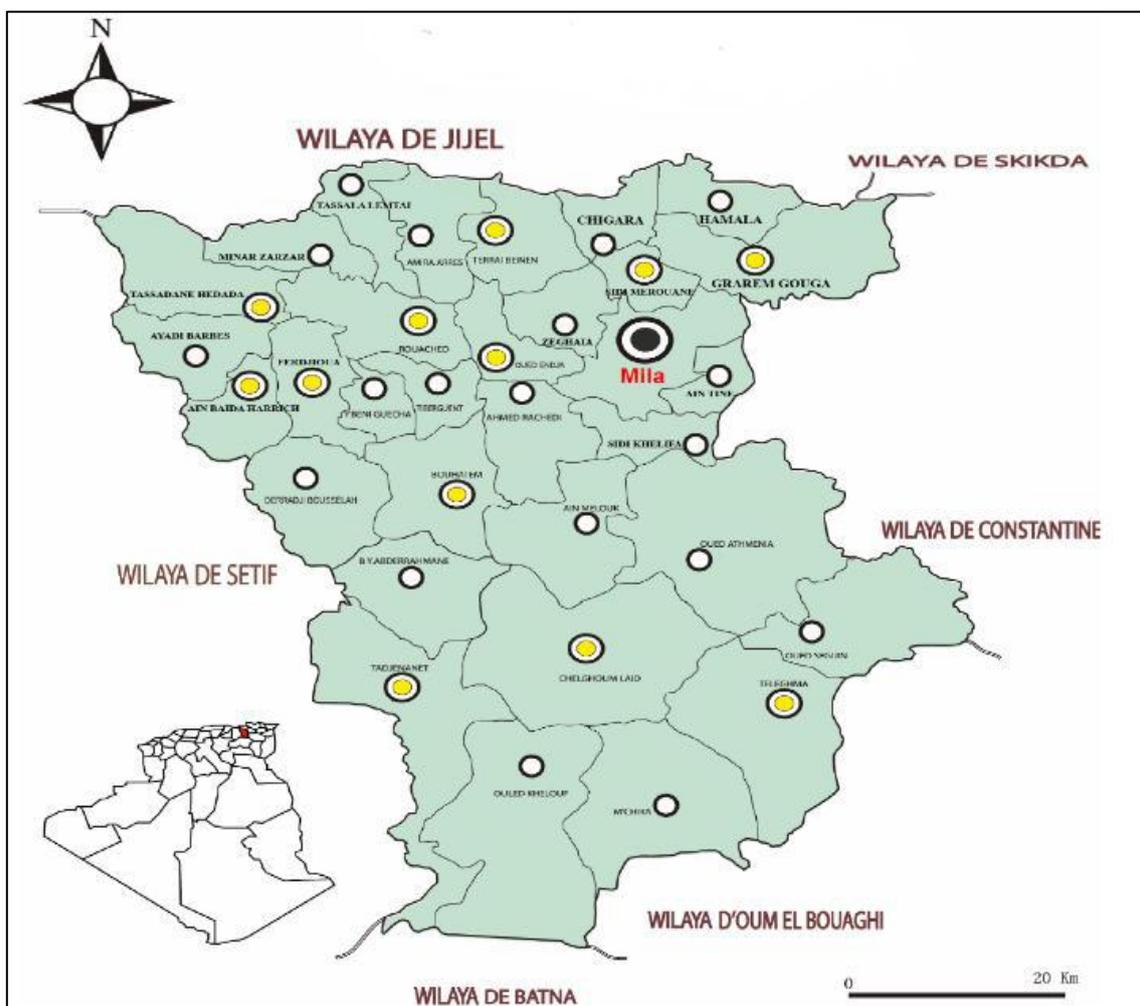


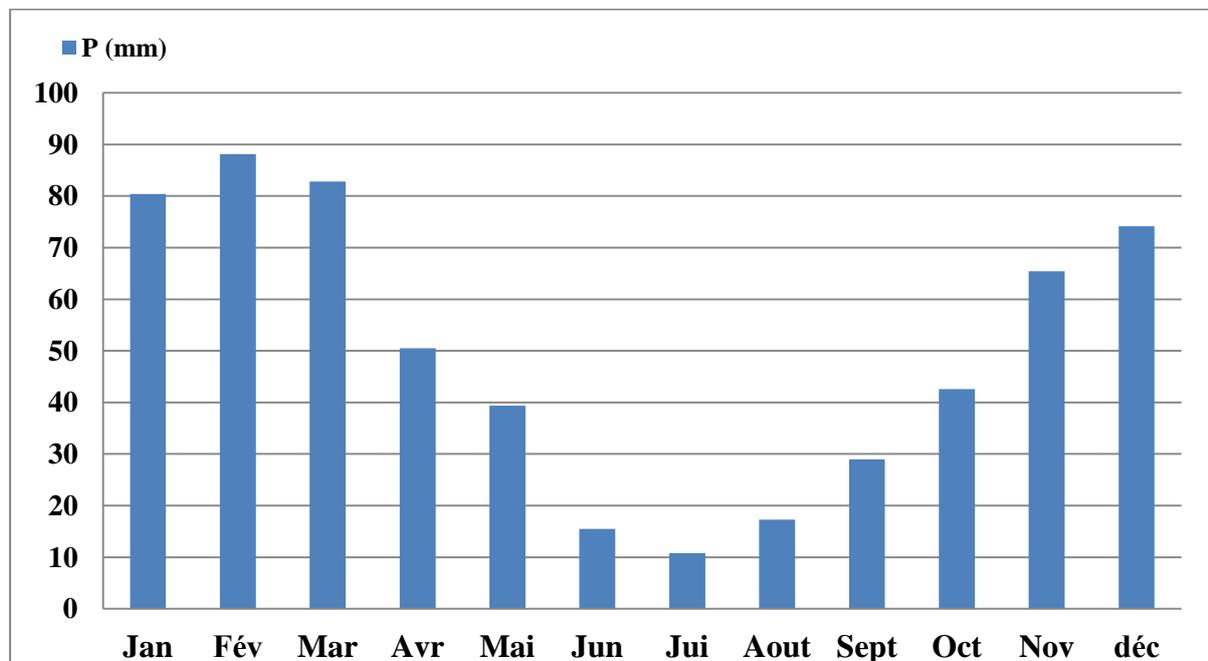
Figure 20 : Situation géographique de la wilaya de Mila (CETIC, 2009)

### III.1.2. L'étude climatique

Le facteur du milieu le plus important est certainement le climat. Il a une influence directe sur la faune et la flore (**Metallaoui, 2010**). La wilaya de Mila est caractérisée par un climat de type méditerranéen, elle est caractérisée par un hiver humide et pluvieux s'étendant de novembre à avril et une période estivale longue chaude et sèche qui se prolonge du mois de Mai au mois d'Octobre avec une variation spatio-saisonnnière. Son régime climatique dépend de deux paramètres principaux : les précipitations et la température (**Boulbair et Soufane, 2011**). Dans le cadre de cette étude, seules les mesures de température, et des précipitations de la station météorologique Ain Tine de la wilaya de Mila ont été prises en considération. Elles portent sur une période de 09 ans (2009-2018), dont cette période est choisie selon la disponibilité des données climatiques.

#### III.1.2.1. La pluviométrie

La pluie est un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et influence directement le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes aquifères. Les précipitations sont également variables et irrégulières d'une année à l'autre (**Berkal et Elouaere, 2014**). Le volume annuel des pluies conditionne la distribution des espèces dans les aires biogéographiques (**Ramade, 1984**).

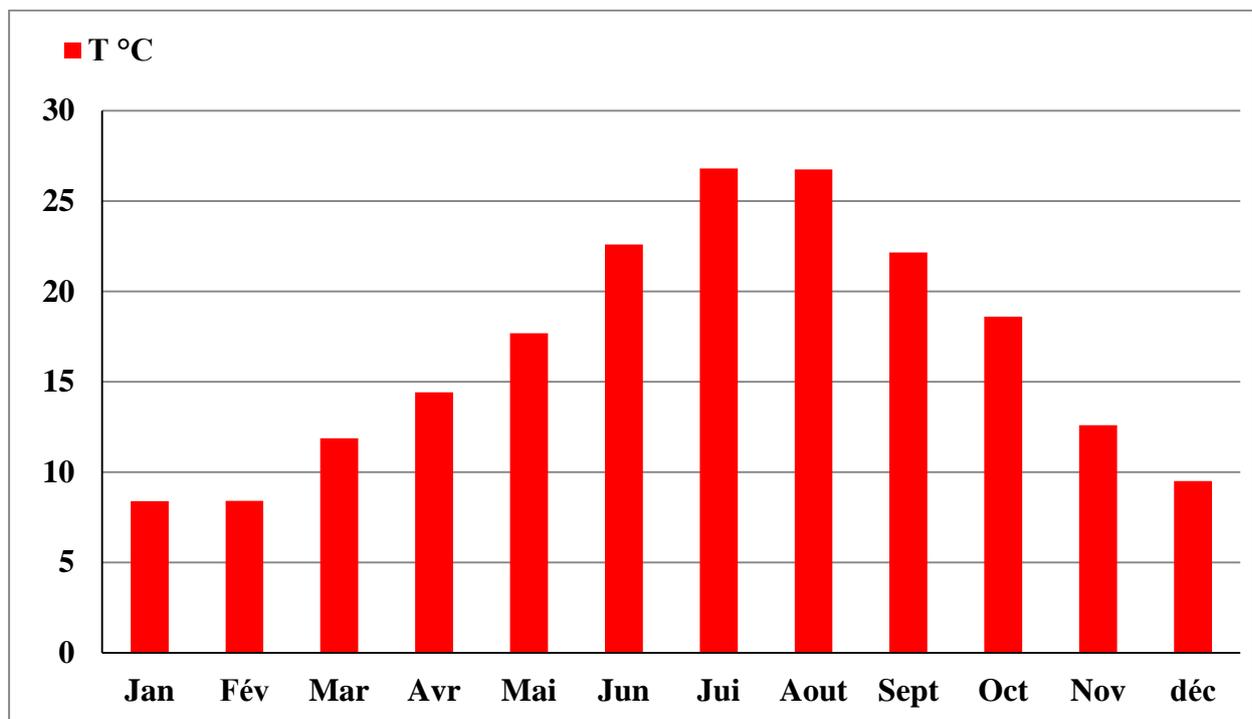


**Figure 21 :** Variation de la moyenne de précipitation mensuelle dans la région d'étude Mila (Station météorologique de Mila, 2009 à 2018).

La région d'étude est l'une des régions les plus arrosées, L'histogramme ci-dessus montre pour la période 2009-2018 une moyenne annuelle des pluies précipitées de 595.84 mm. Le mois de février est le mois le plus abondant en pluie ; il a connu un excédent de 88.1 mm, à l'inverse le mois de juillet a connu un déficit de 10.79 mm c'est le mois le plus sec (Fig.21).

### III.1.2.2. La Température

La température de l'air est l'un des facteurs ayant une influence directe ou indirecte sur les organismes parce que les conditions thermiques affectent d'autres organismes à laquelle un individu est écologiquement lié, bien que ces relations pussent être complexes. Elle agit directement sur la vitesse de réaction des individus, sur leur abondance et leur croissance (Faurie *et al.*, 1980 et Ramade, 1984) et elle explique que les êtres vivants ne peuvent exercer leurs activités que dans une fourchette de températures allant de 0 à 35°C.

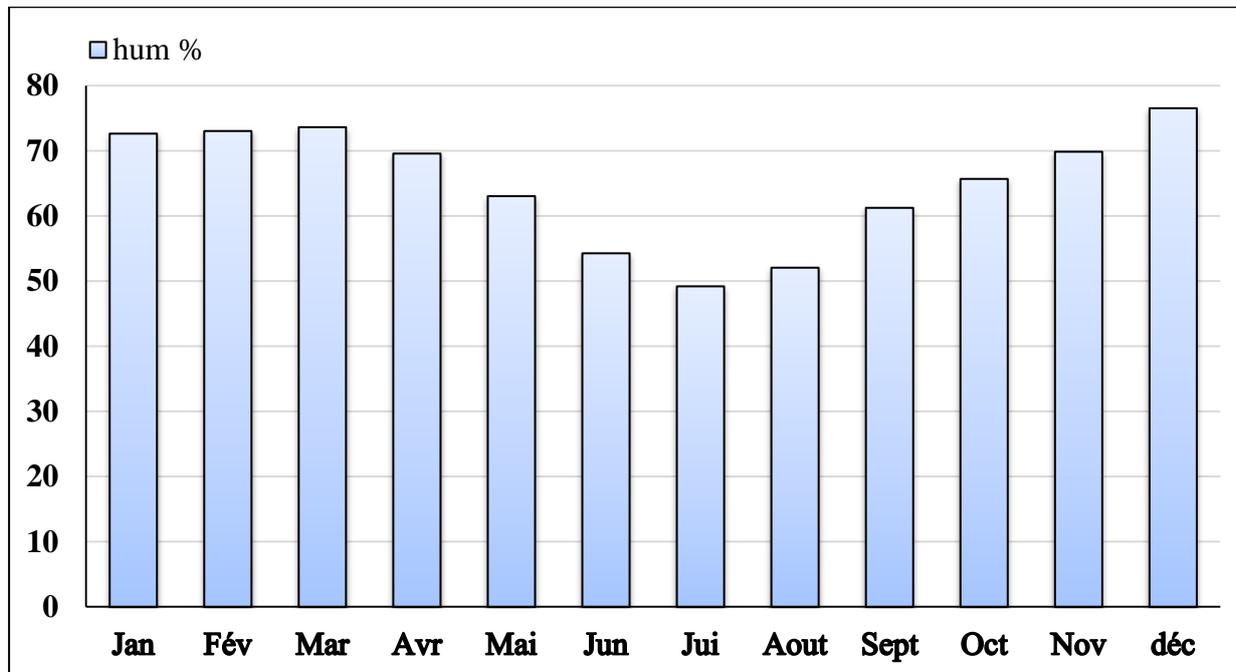


**Figure 22 :** Variation de la moyenne de la température mensuelle dans la région d'étude Mila (Station météorologique de Mila, 2009 - 2018).

D'après l'histogramme qui donne les variations des températures mensuelles moyennes de la région de Mila, nous constatons que la température maximale est enregistrée durant le mois de Juillet où elle atteint 26,80°C, tandis que le mois de Janvier est marqué par des degrés du froid, avec une température minimale de 8,39 °C.

### III.1.2.3. L'humidité

C'est le rapport entre la quantité de vapeur d'eau dans un volume d'air donné et la quantité possible dans le même volume à la même température (Villemeuve, 1974). Elle dépend de plusieurs facteurs climatiques comme la pluviométrie, la température et le vent (Faurie *et al*, 1980).



**Figure 23 :** Variation de la moyenne de l'humidité mensuelle dans la région d'étude Mila (Station météorologique de Mila, 2009 à 2018).

Il s'avère selon le l'histogramme (Fig.23) que le mois qui représente la plus forte humidité est celui de Décembre avec moyenne annuelle 76,56 % et le mois qui représente la plus faible valeur est celui de Juillet avec 49,22%.

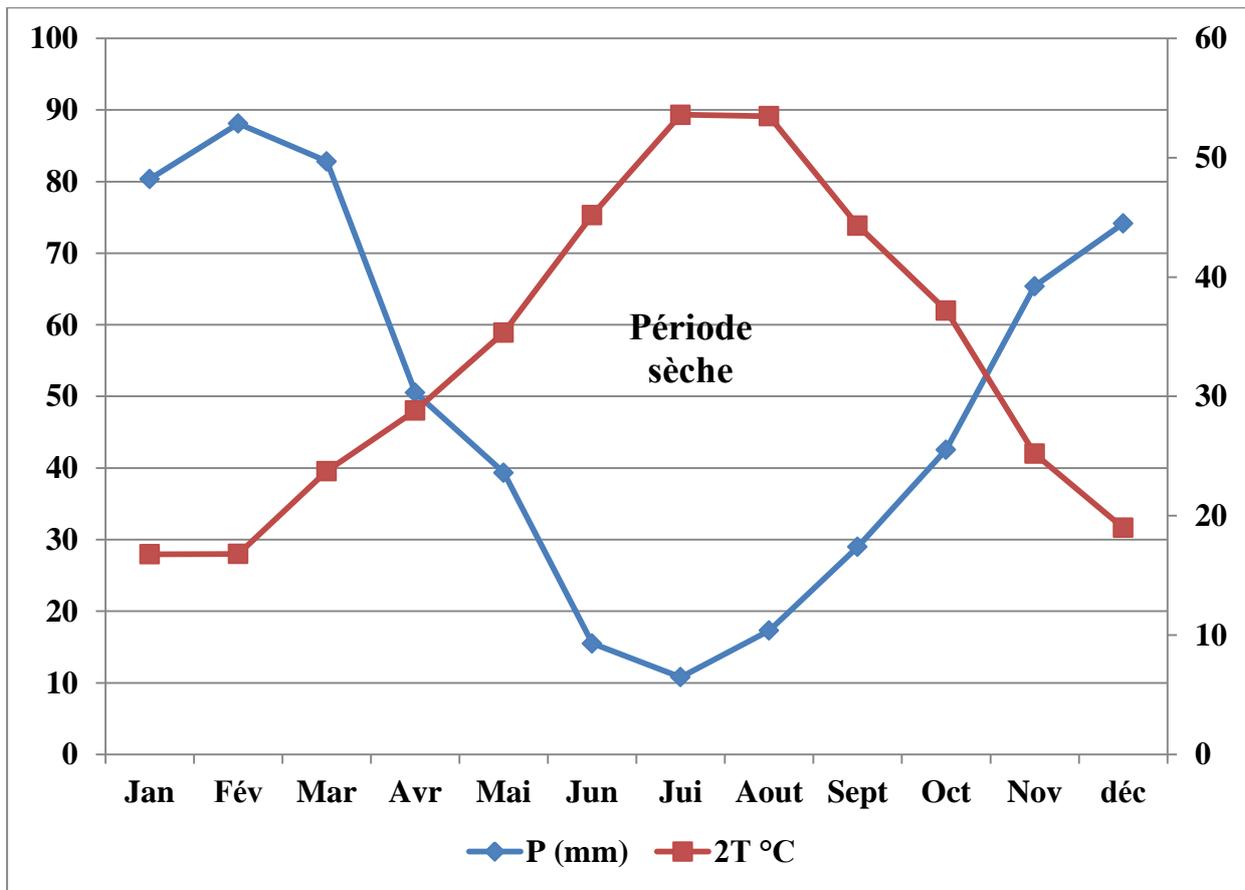
### III.1.3. Synthèse climatique

La combinaison des paramètres climatiques (précipitations et températures) ont permis à plusieurs auteurs de mettre en évidence des indices (Bagnouls et Gaussen, 1957).

#### III.1.3.1. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN permet de déterminer les périodes Sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles (Dajoz, 2003).

D'après **Frontier et al. (2004)**, le diagramme ombrothermique de GAUSSEN est constitué en portant en abscisses les mois et en ordonnées, à la fois, les températures moyennes mensuelles en (°C) et les précipitations mensuelles en (mm). L'échelle adoptée pour les pluies est double de celle adoptée pour les températures dans les unités choisies. Un mois est réputé «sec» si les précipitations sont inférieures à 2 fois la température moyenne, et réputé «humide» dans le cas contraire (**Frontier et al. 2004**). Il est tracé avec deux axes d'ordonnées où les valeurs de la pluviométrie sont portées à une échelle double de celle des températures (**Bagnouls et Gausсен, 1957**).



**Figure 24 :** Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Mila (2009-2018)

L'analyse du diagramme (fig.24) montre, que notre région d'étude est connue par une alternance de deux période la période sèche est d'environ 07 mois. Elle s'étend du mois d'Avril jusqu'à le mois d'Octobre, tandis que la période humide s'étend du mois de Novembre jusqu'au début d'Avril.

### III.1.3.2. Climagramme pluviothermique d'Emberger

Cet indice nous aide à définir les 5 types de climat méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haute montagne (**Emberger, 1955**). Il se base sur le régime des précipitations et des températures et il s'exprime selon la formule suivante :

$$Q = \frac{1000.p}{\left(\frac{M+m}{2}\right) (M-m)}$$

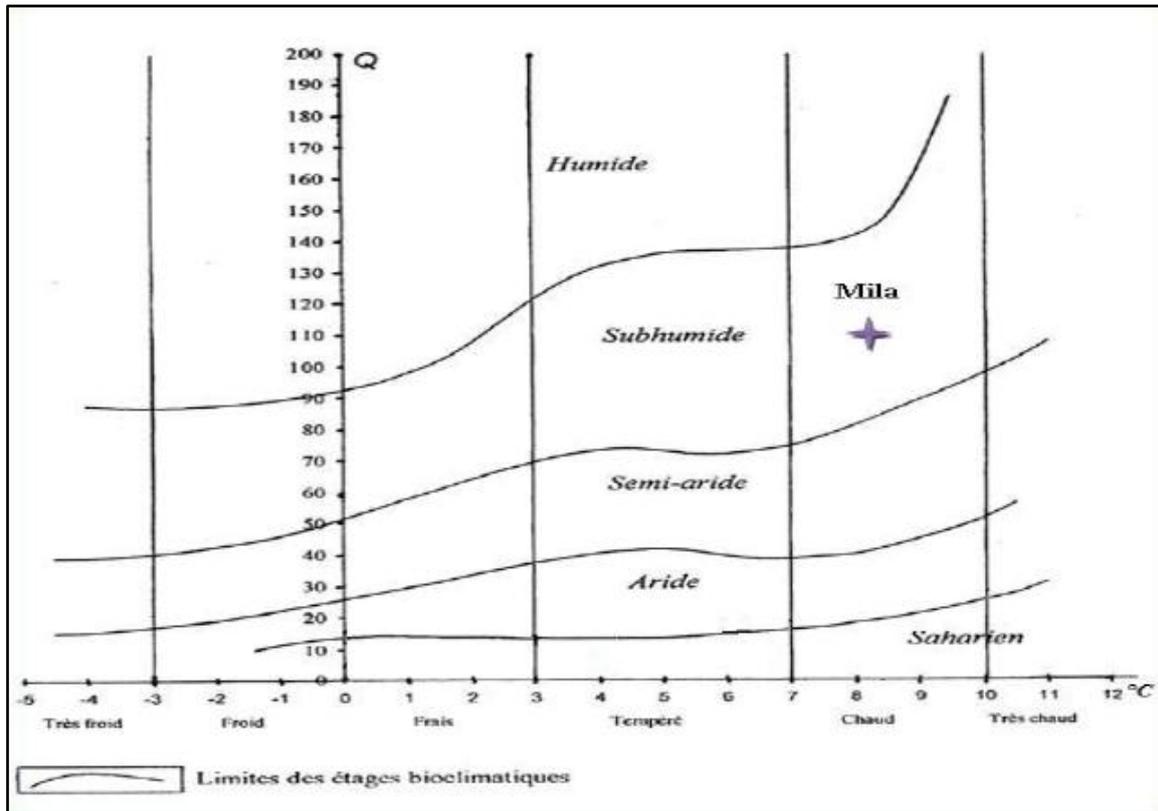
- **Q** = quotient pluviométrique d'Emberger ;
- **P** = Précipitation annuelle moyenne (mm) ;
- **M** = Températures des maxima du mois le plus chaud (°K) ;
- **m** = Températures des minima du mois le plus froid (°K) ;

Les températures sont exprimées en degrés absolus [ $T^{\circ}\text{K} = T^{\circ}\text{C} + 273,15$ ].

Les données météorologiques de la région de Mila pendant la période 2009-2018 montrent que :

- **P** = 596.08 mm
- **M** =  $26.80^{\circ}\text{C} + 273,15 = 299.95 \text{ K}^{\circ}$       Donc : **Q** = 111.42
- **m** =  $8.40^{\circ}\text{C} + 273.15 = 281.55 \text{ K}^{\circ}$

D'après les données climatiques et la valeur de **Q** indice de climagramme d'Emberger on constate que la région de Mila est classé dans l'étage bioclimatique de végétation subhumide à hiver chaud durant la période (2009-2018) (Fig.25).



**Figure 25** : Situation de la région de Mila dans le climagramme d'Emberger (2009-2018).

### III.1.4. Choix, localisation et présentation des sites d'étude

Les sites d'échantillonnage ont été choisis de manière à nous permettre de répondre à l'objectif de notre étude. Après une opération de reconnaissance sur le terrain, trois stations réparties sur des communes de la wilaya de Mila ont été choisies (Fig.26). Elles sont localisées géographiquement selon leurs positions géographiques, comme indiqué en dessous (Tab.4). Les campagnes d'échantillonnage se sont déroulées le mois de février, mars, avril et mai de l'année en cours. Les sites sont répartis, en aval les berges du Barrage Béni Haroun, en amont les berges de Oued Endja et au dernier une zone témoin loin des berges des oueds et du barrage localisée précisément à Sidi Merouane (Fig.27).

Le premier site (les berges de Beni Haroun), ce dernier est l'embouchure des différentes vallées qui sont chargées de différents sédiments et polluants, et qu'il est soumis au mouvement des bateaux de pêche. Tandis que le deuxième site est soumis aux fuites d'une station pétrogel à proximité et une décharge de certaines ordures ménagères. Par conséquent, le choix de ces deux sites est d'étudier l'impact de contamination sur la distribution et biodiversité des organismes du sol dans ceux-ci. Quant au troisième site de Sidi Merouane, il s'agit d'une zone neutre sur un terrain exempt de toute sorte de polluants, il se prête selon notre hypothèse à une bonne représentation de la biodiversité dans le contexte écologique.

- **Site 01 : les berges du Barrage de Béni Haroun**

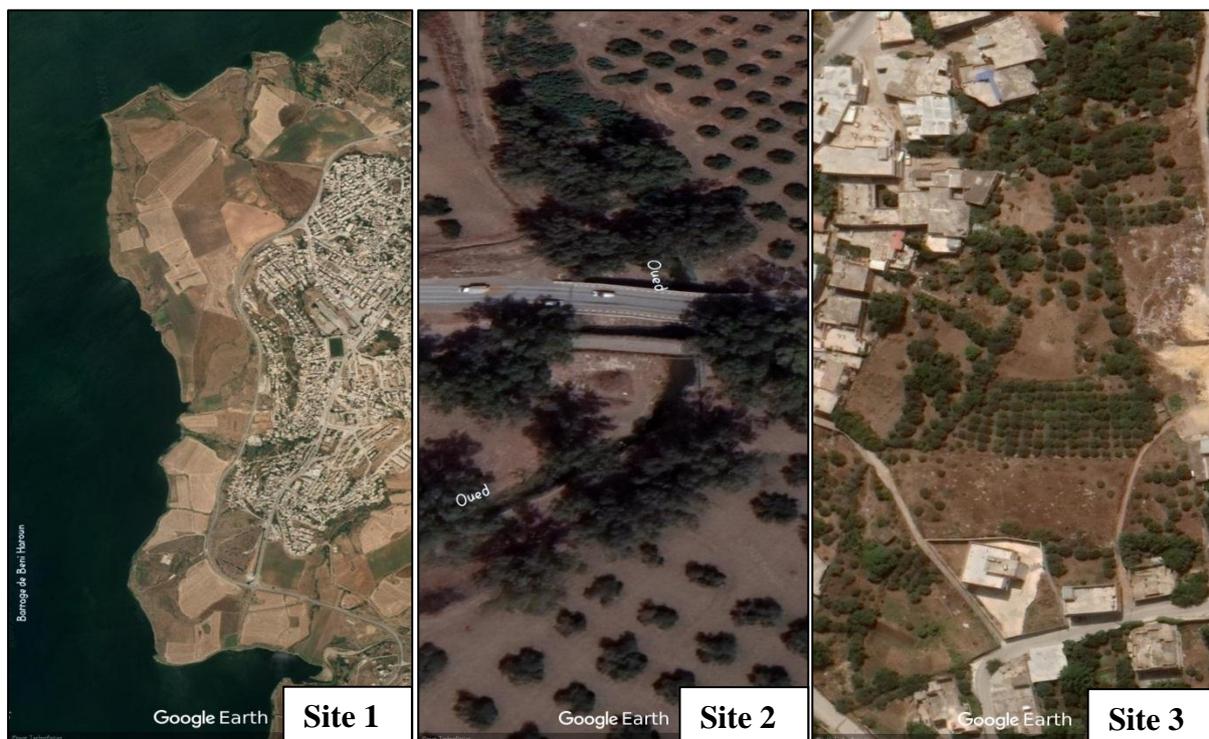
Le Barrage du Béni Haroun est le grand complexe hydraulique en Algérie. Il est situé à l'extrême Nord de la wilaya de Mila dans la commune de Grarem Gouga et au Nord-Est de l'Algérie. Les points de prélèvement sont pris sur les berges du barrage (côté Sud-Est et coté Sud-Ouest).

- **Site 02 : les berges d'Oued Endja**

Oued Endja est situé au centre-Nord de la wilaya de Mila à la commune de Oued Endja (Redjas). Les points de prélèvement sont pris à proximité d'un ruisseau localisé sous la RN79, ce dernier traverse une terre agricole et qui se déverse dans l'oued Endja.

- **Site 03 : terre agricole à Sidi Merouane (site témoin)**

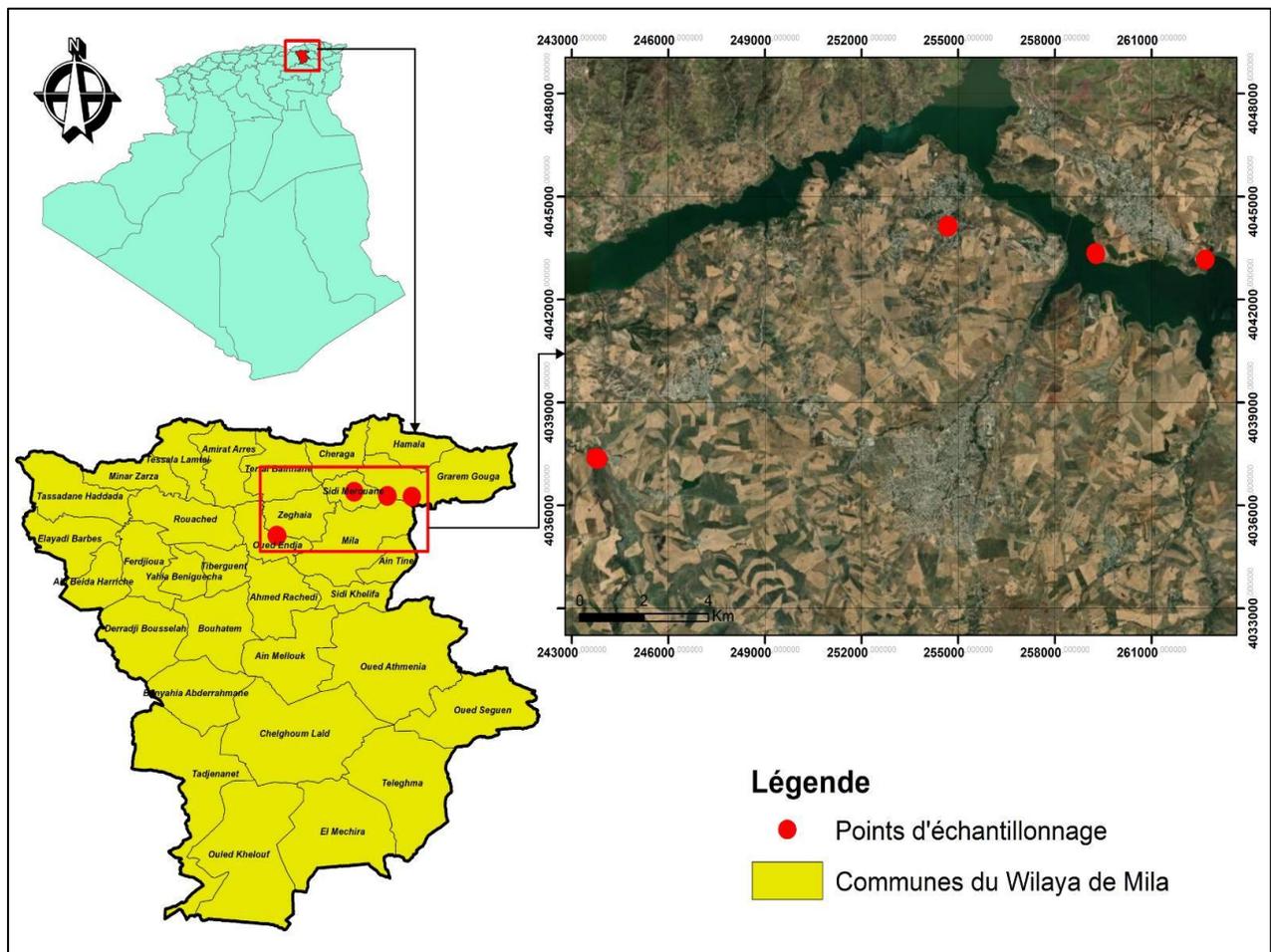
Sidi Merouane est situé au Nord-Est de wilaya de Mila. Elle se trouve sur une zone de reliefs accidentés à forte pente Sud-Nord. Elle est bordée Nord en arc-de-cercle par le Barrage Béni Haroun. Deux points de prélèvement sont pris : un sur 'une terre agricole et l'autre sur terre brute colonisée par des herbes sauvages.



**Figure 26 : localisation des sites d'étude (Google Earth).**

**Tableau 04 :** Localisation et descriptions des stations d'étude

Code de station	Nom de la station	Coordonnées GPS	Altitude (m)
Site 1	Les berges du Barrage de Béni Haroun	N : 36°30'16" E : 6°21'00"	<b>200</b>
Site 2	Les berges d'Oued Endja	N : 36° 26' 50" E : 6° 08' 27"	<b>273</b>
Site 3	Sidi Merouane	N : 36° 30' 39" E : 6° 15' 37"	<b>384</b>



**Figure 27 :** Carte représentatif de la localisation des sites d'étude

## III.2. Méthodes d'analyse physico-chimiques

### III.2.1. Méthodes de prélèvement et préparation du sol

Le prélèvement du sol a été effectué au niveau des mêmes stations que pour l'étude de la pédofaune, au même niveau de profondeur (environ 50 cm) et durant la même période. Au total 30 échantillons du sol ont été prélevés, à savoir 10 échantillons pour chaque sites (Fig.30, 31 et 32).

Les échantillons sont séchés à l'air libre, broyé à l'aide d'un mortier (Fig.28) et tamisé par un tamis (2mm de maille)(Fig.29). Ensuite les échantillons du sol, sont conservés dans des sacs en papier bien étiquetés (date, lieu, N° de bloc). L'ensemble de ces analyses sont effectuées au niveau du laboratoire pédagogique du Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf. L'analyse physico-chimique a fait malheureusement l'objet seulement de deux éléments, qui sont : la détermination du potentiel d'hydrogène et la conductivité électrique du sol.



**Figure 28** : Prélèvement et broyage du sol



Figure 29 : Tamisage et préparation des échantillons du sol.

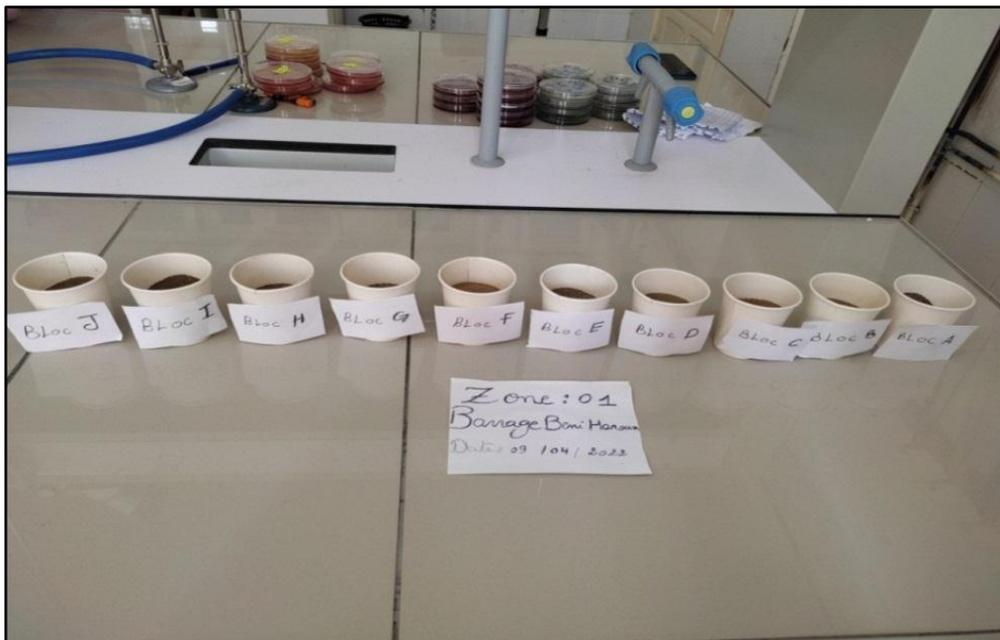
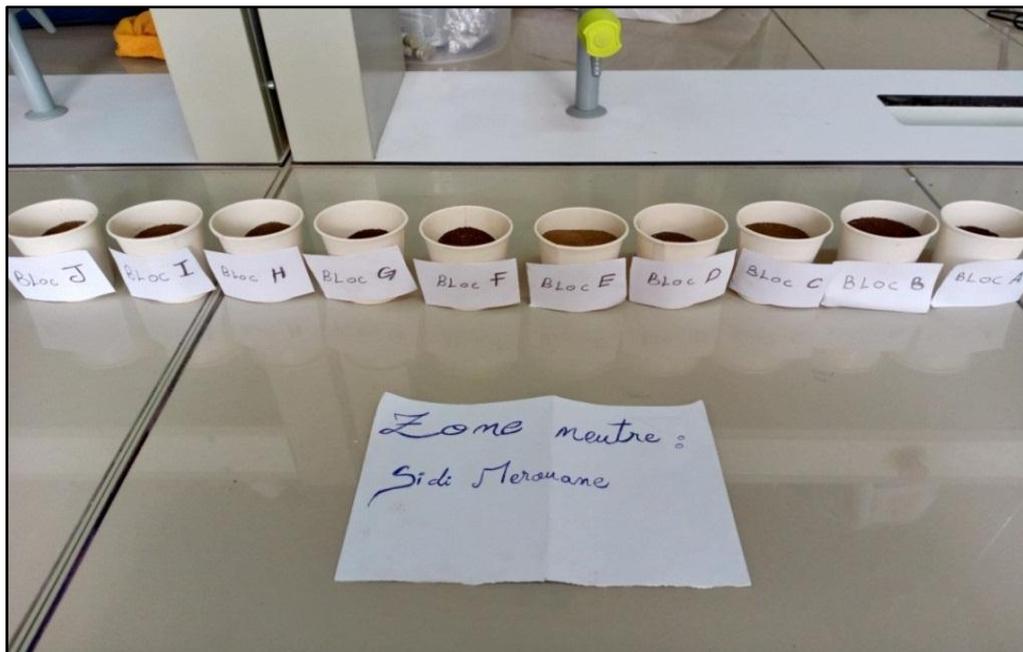


Figure 30 : Les échantillons du sol des berges du Barrage Béni Haroun.



**Figure 31** : Les échantillons du sol des berges d'Oued Endja.



**Figure 32** : Les échantillons du sol témoin à Sidi Merouane.

### III.3. Méthodes d'analyse biologique

#### III.3.1. Les méthodes de prélèvement

La diversité de la pédofaune ne permet pas l'utilisation d'une méthode d'échantillonnage unique pour tous ses représentants. Certaines techniques ne sont utilisables que pour les organismes d'une certaine taille, d'autres sélectionnent des classes écologiques ou taxonomiques (Deprince, 2003). De ce fait, nous avons diversifié les méthodes d'échantillonnage. Les sorties de terrain ont été effectuées régulièrement toutes les deux semaines de la fin de février jusqu'au début de mai dans les trois sites d'études dont les échantillons du sol ont été prélevés selon les divers méthodes de prélèvement.

➤ **Piège Barber (pot piège)**

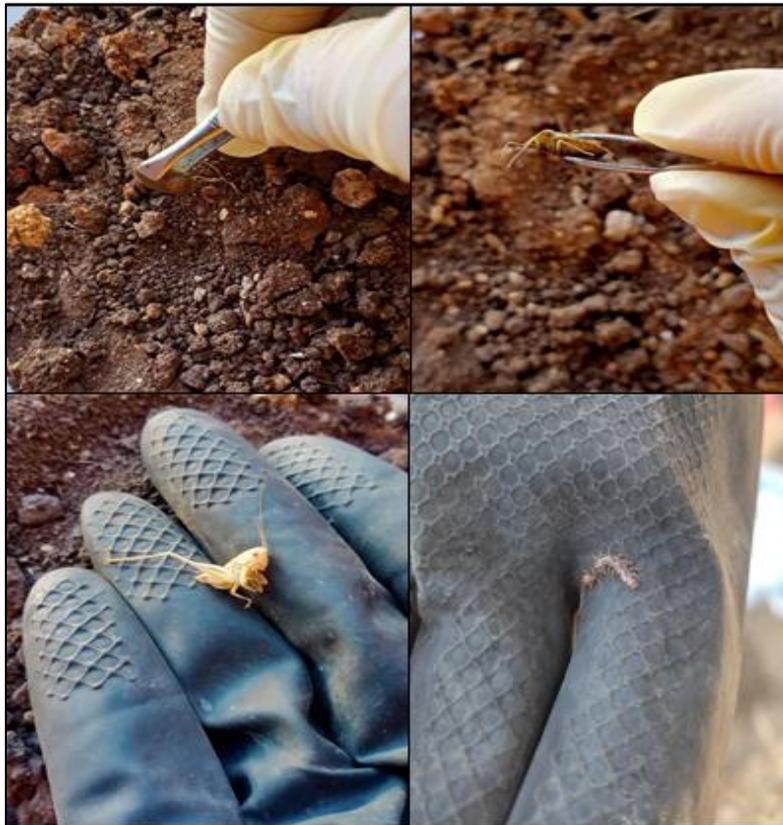
Méthode très facile à utiliser, ce piège est un récipient (pot piège) de diamètre de 6 à 15 cm, planté au fond du sol de façon à former un puits dont les individus vont tomber directement (fig.33). Juste les organismes mobiles vivant à la surface du sol peuvent être étudiés à l'aide de cette méthode. Ces récipients (pot, gobelet ...) sont remplis d'un liquide antigel de voiture et une liquide vaisselle qui sont ajoutés dans le pot. Ces pots doivent être couverts par un carton pour les protéger des effets externes tels que les eaux de pluie. La durée d'installation de pot piège varie entre 1 à 7 jours sur le terrain et peut être changé à chaque fois. Les individus prélevés sont conservés dans l'alcool à 70° pour l'identification.



**Figure 33** : Méthode de pot piège.

➤ **Récolte à main**

Certaines organismes moins mobile du sol de type macrofaune et mésofaune tels que les vers de terre, les escargots, les fourmis, les acariens, les collemboles... peuvent être récoltés manuellement. Ils sont extraits d'un bloc de sol à pelle puis trié par mains et attraper les peuvent voir au surface avec une pincette ou à main (Fig.34).



**Figure 34** : Récolte à main de quelques individus du sol.

➤ **Méthode de cube de terre**

Plusieurs méthodes d'échantillonnage de la faune du sol sont utilisées par les écologistes pour le prélèvement de divers organismes comme les pièges et les carottières ou le versement des spécifiques solutions dans les terrières de certains animaux du sol tels que l'extraction des vers de terre par la solution de moutard. Sur le terrain trois zones de prélèvement sont délimités, au sein de chacune de ces zones, 10 points d'échantillonnage sont déterminés. On compte sur une méthode inspiré de celle de Coineau (1974) en collaboration de TSBF (du programme International Tropical Soil Biology and Fertility) d'Anderson et Ingram (1993).

C'est une méthode aléatoire qui dépend de mettre un cube de terre de dimensions (30 cm \* 30 cm \* 45 cm) pour l'extraction des blocs de terre à l'aide d'une truelle au profond de 30 à 60 cm (0.32). On trie le sol manuellement en portant des gants de jardinage (Fig.35), la macrofaune présente est récoltée puis conservée dans de l'eau formolée à 4% pour fixer la couleur et conserver les tissus et identifiée par la suite jusqu'au niveau taxonomique des espèces. On place le sol trié dans des sachets étiquetés (date, lieu, N° de bloc) bien fermé pour dissuader la mésofaune de s'échapper et empêcher la litière et le sol de se dessécher jusqu'à l'observation microscopique.



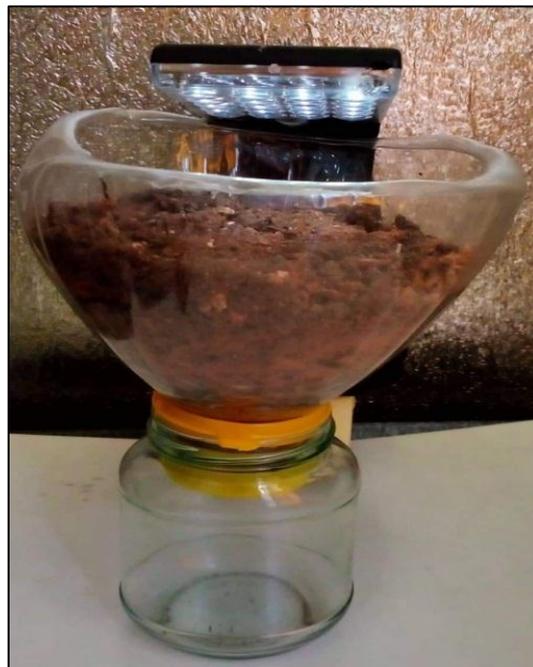
**Figure 35 :** Le cube de terre utilisé pour l'échantillonnage



**Figure 36 :** Prélèvement et tri du sol

➤ **Méthode de Berlese-Tullgren**

Pour l'extraction des méso et macrofaune endogée (larves ou adultes) dans les échantillons de sol prélevés, nous avons utilisé la méthode de Berlese-Tullgren. Son principe consiste à placer un volume connu de terre dans un entonnoir dont le trou de sortie est fermé par un tamis à large mailles. Cet entonnoir est placé sur un récipient contenant de l'alcool à 70% pour la conservation des individus. Et de le soumettre à la chaleur d'une lampe à incandescence pour accélérer la fuite des organismes et laisser agir 48 heures pour récolter toute la faune qui existe dans l'échantillon du sol, migrée vers le bas de l'entonnoir (Gobat *et al.*, 2010) (Fig.37).



**Figure 37** : La méthode de Berlese-Tullgren.

➤ **L'observation au microscopique**

L'utilisation d'un microscope pour évaluer la santé du sol est appelée (microscopie) les lentilles d'un microscope créent une image agrandie d'un échantillon éclairé. Pour les échantillons frais de sol, ce grossissement est d'environ 4 à 100 fois, ce qui nous permet de voir les microorganismes et les petites particules du sol.

Les micro-organismes sont extraits intacts et vivants du sol. Une quantité connue de solution d'extraction ou de l'eau distillée est ajoutée à une quantité spécifique de sol fraîche (utilisée au maximum après 4 heures de prélèvement.) dont le rapport sol/eau est d'environ 1/5. Ce mélange secouer dans tube d'essai d'haut en bas doucement pendant 30 secondes pour le bien mixer, mais sans exploser les hyphes fongiques ou effrayer les protozoaires et les autres individus. Ensuite, des gouttes de l'extrait sont appliquées sur une lame de microscope couverte par une lamelle puis placée sur la platine pour l'observation microscopique (Fig.38).



**Figure 38** : Le protocole utilisé pour l'observation microscopique.

### III.3.2. La méthode de conservation de la pédofaune

La pédofaune échantillonnée visible à l'œil nu est conservée dans des boîtes contenant de l'alcool à 70% pour limiter la croissance de moisissure et préserver les spécimens de décomposition et permettre même l'extraction d'ADN, ce qui nous facilite leur identification dans un travail ultérieur, malheureusement ce n'est pas réalisable pour le moment par manque de moyens. Pour les organismes à corps mou on utilise l'alcool conservateur à 4% puisqu'ils ne résistent pas dans celui de degré de 70% et peuvent être endommagés (Fig.39).



**Figure 39 :** La conservation des organismes collectés

Pour que nos résultats de comptage soient les plus corrects possibles, nous avons tenu à bien respecter les bonnes procédures notamment de prélèvements, de conservation des échantillons avant le passage à l'identification et le comptage.

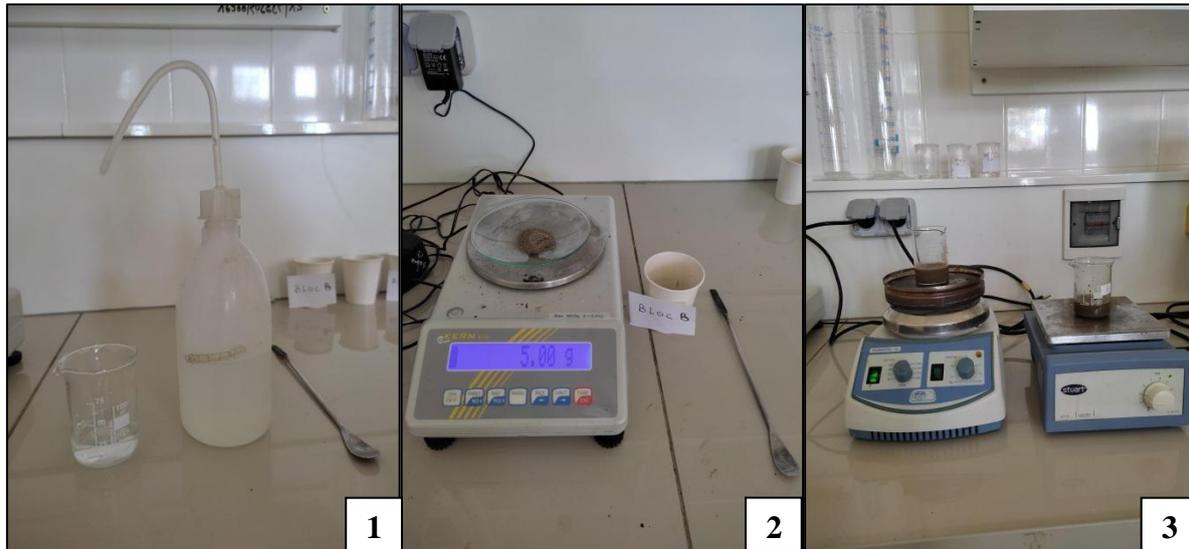
### III.4. Analyse physico-chimiques et biologiques

#### III.4.1. Paramètres physico-chimiques

Afin de mieux interpréter nos résultats, il est essentiel de connaître les facteurs naturels environnementaux qui peuvent influencer la diversité de la faune du sol.

Pour réaliser cette partie de travail, nous avons suivis quelques étapes en utilisant le matériel suivant (Fig.40) :

- 1 : 25 ml d'eau distillé dans un bécher ;
- 2 : pesage d'un échantillon du sol avec la balance électronique ;
- 3 : l'agitation des échantillons à l'aide d'un agitateur magnétique.



**Figure 40** : Les étapes pour faire les analyses physico-chimiques du sol.

#### III.4.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

C'est la mesure de l'acidité d'une suspension de terre dans de l'eau, avec un rapport (terre / eau) normalisé (1/5). Il indique aussi la concentration en ions « H<sup>+</sup> » présente dans l'eau. (Morel, 1986).

Premièrement 5g de sol et 25ml d'eau distillée ont été mis dans un bêcher de 50 ml. Le mélange a été agité par un agitateur magnétique pendant deux heures (ou 30 min) puis laisser la solution reposer (un repos de 24 heures). Après étalonnage, l'électrode a été introduite avec précaution dans la suspension, et le pH a été mesuré à l'aide d'un pH mètre (Fig.41). Ces étapes sont réalisées au laboratoire pour les trois zones d'étude (10 échantillons pour chaque zone). Le pH a été mesuré à l'aide d'un Multiparamètre de type **Consort C6010**,

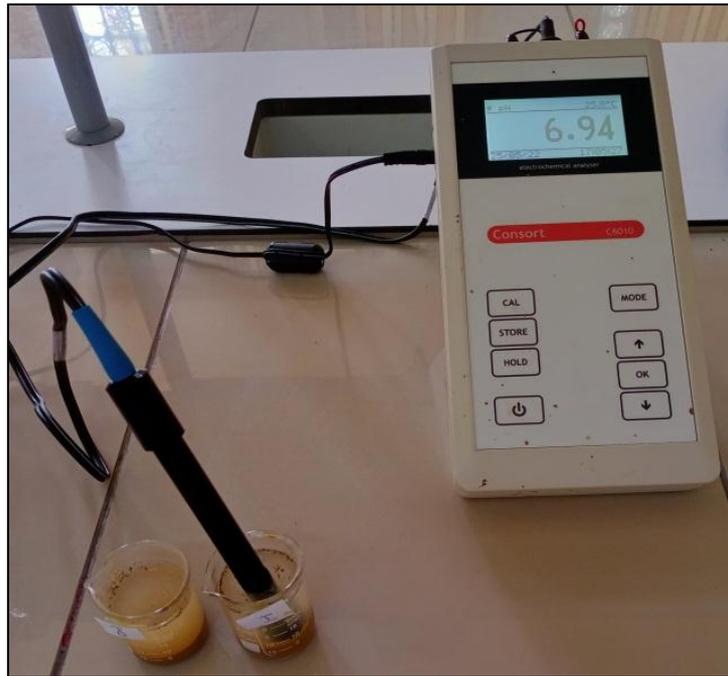


Figure 41 : Multiparamètre de type **Consort C6010**.

#### III.4.1.2. La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique (salinité) est la mesure du degré de la salinité du sol étudié. La détermination de la conductivité électrique se fait sur extrait de sol (rapport sol / eau=1/5) à l'aide d'un conductimètre (**Delaunois, 1976**). Les valeurs sont comparées à une étude de salinité.

On met 5g de sol et 25ml d'eau distillée dans un bêcher de 50 ml. Le mélange s'agite par un agitateur magnétique pendant deux heures (ou 30 min) puis la solution doit être reposé pendant une heure. Après étalonnage la conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductimètre. Ces étapes sont réalisées au laboratoire pour les trois zones d'étude (10 échantillons pour chaque zone). La conductivité électrique est mesurée par le même appareil utilisé pour le pH.

### III.4.2. Analyse biologique

#### III.4.2.1. Etude qualitative

Pour l'établissement de l'inventaire des divers taxons récoltés, nous nous sommes servis de nombreux documents et clés de détermination spécialisés dont ceux de Coleoptera (**Perrier et Delphy, 1932**) des Hymenoptera (**Berland, 1940**), des Orthoptera (**Chopard, 1943**), d'autres espèces (**Olsen, et al., 2000**), (**Dierl et Ring 2020**), (**Bellmann, 2017**), (**Bachelier, 1978**) et des sites internetes :

<https://tice.svt.free.fr>, <https://quelestcetanimal-lagalerie.com>, <https://www.papillon-poitou-charentes.org/-identification-des-chenilles.html> et <https://exterminationprotech.ca>.

#### III.4.2.2. Etude quantitative

##### III.4.2.2.1. Richesse spécifique totale (S)

La richesse spécifique totale est le nombre d'espèces contractées au moins une seule fois au terme de N relevés effectués. Elle permet de déterminer l'importance numérique des espèces présentes. Celles-ci, plus elles sont nombreuses et plus les relations existant entre elles et avec le milieu seront complexes (**Magurran, 2004**). C'est le nombre d'espèces dans un biotope. La richesse spécifique est obtenue par un échantillonnage ou via un recensement comme la région est définie par l'observateur.

##### III.4.2.2.2. Fréquence centésimale (Abondance relative AR %)

Fréquence centésimale (Abondance relative AR %) : La fréquence centésimale (%) est le pourcentage des individus de l'espèce (ni) par rapport au total des individus N toutes espèces comptées (**Faurie et al., 2003**). Elle s'exprime :

$$AR \% = ni / N \times 100$$

ni : Nombre d'individus d'une espèce i.

N : Nombre total des individus toutes espèces comptées.

### III.4.2.2.3. Indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H'$ )

La diversité d'un peuplement exprime le degré de complexité de ce peuplement. Elle s'exprime par un indice qui intègre à la fois, la richesse du peuplement et les abondances spécifiques. Parmi les indices disponibles permettant d'exprimer la structure du peuplement, nous avons retenu celui de **Shannon Weaver (1963)**.

La valeur de  $H'$  représentée en unités binaires d'information ou bits est donnée par la formule suivante :

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_2 (p_i)$$

$p_i$ : est la proportion d'une espèce  $i$  par rapport au nombre total d'espèces dans le milieu d'étude.

$$P_i = N_i / N$$

$n_i$  : effectif de l'espèce  $i$ .

$N$  : effectif total du peuplement.

$H'$  est exprimé en Bit (Binary digit : Unité binaire d'information).

Cet indice mesure le degré de complexité d'un peuplement. Une valeur élevée de cet indice correspond à un peuplement riche en espèces dont la distribution d'abondance est équilibrée. Par contre, une valeur faible de cet indice correspond à un peuplement caractérisé par un petit nombre d'espèces pour un grand nombre d'individus, soit à un peuplement dans lequel il y a une espèce dominante (**Magurran, 1988**).

### III.7.2.2.4. L'indice d'équitabilité

L'indice d'équitabilité ( $E$ ) est la mesure du degré de régularité dans l'abondance relative des effectifs des diverses espèces que renferme un peuplement ou une communauté (**Ramade, 2008**). Cet indice est calculé par le rapport entre la diversité observée ( $H'$ ) et la diversité maximale ( $H'_{\max}$ ) qui est la diversité observée dans le cas théorique où toutes les espèces présentent le même nombre d'individus, représentée par le  $\log_2$  de la richesse totale  $S$  (**Blondel, 1979**).

Cet indice se calcule suivant l'équation :

$$E = H' / H'_{\max} \text{ où } H'_{\max} = \log_2 S$$

**S** : nombre total des espèces recensées. C'est un facteur quantitatif aussi. Il est égal au rapport entre la diversité réelle calculée et la diversité théorique maximum.

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

Cet indice varie de 0 à 1. Lorsqu'il tend vers 0 ( $E < 0,5$ ), cela signifie que la quasi-totalité des effectifs tend à être concentrée sur une seule espèce. Il tend vers le 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (**Barbault, 1981**).

# *Chapitre IV :*

## *Résultat et Discussions*

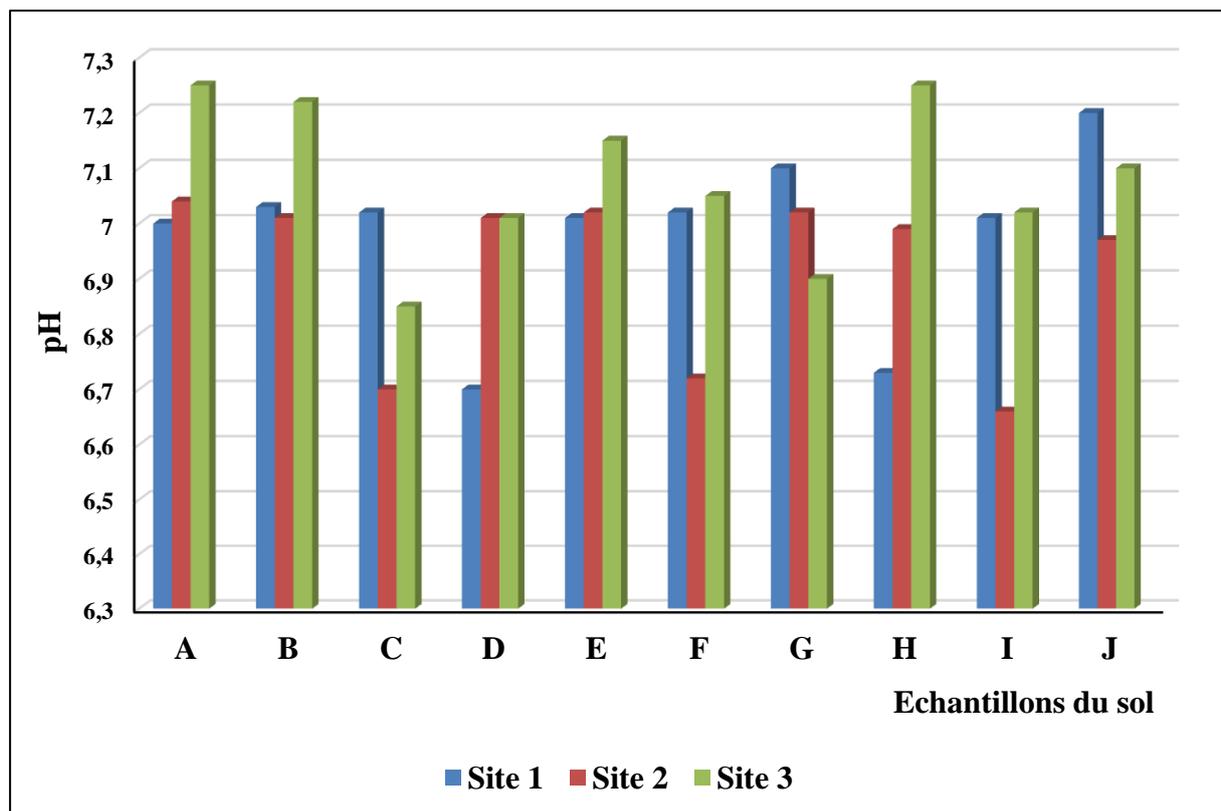


## IV.1. Les résultats des analyses physico-chimiques

Les analyses de potentiel hydrogène (pH) et la conductivité électrique (CE) ont pour but de comprendre la composition chimique du sol donc les nutriments présentes ou le degré de toxicité et ses relation avec les organismes du sol, et par conséquence la qualité et la fertilité du sol.

### IV.1.1. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH du sol est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité du sol, une valeur du pH est en fait une mesure de la concentration en ions hydrogène. Il s'agit d'une échelle (inversée) dans la mesure où un sol très acide a un pH bas et une concentration élevée en ions hydrogène. Par conséquence, à des valeurs de pH élevées (alcalines), la concentration en ions hydrogène est faible.



**Figure 42 :** Variations spatio-temporelle du pH dans les différents sites d'étude.

D'après la figure 42, les résultats montrent que le pH du sol dans le site 1 (Les berges du Barrage de Beni Haroun) varie entre 6.7 et 7.2, dont les blocs D et H indiquent que le pH est faiblement acide, alors que les blocs A, B, C, E, F, G, I et J ont des valeurs de pH neutre (Tab.5).

Dans le site 2 (Berges d'Oued Endja), le pH du sol au niveau des 10 blocs varie entre 6.66 et 7.04, dont les blocs C, F et I, signifient un pH faiblement acide, tandis que les blocs A, B, D, E, G, H et J, signifient un pH neutre. Ce résultat peut être attribué aux diverses pollutions du fait que, les berges d'oued Endja sont considérés comme point de cumulation. A Sidi Merouane (site 3), le pH varie de 6.85 à 7.25 ce qu'indique la neutralité des dix points de prélèvement.

Selon la gamme du pH des sols (**Gauchers, 1981**) (**Tab.6**), le classement des sites en fonction du pH est indiqué dans le tableau ci-dessous. Donc le sol des berges d'oued Endja sont plus acides que les berges du barrage et ces derniers sont plus acides que la station témoin.

**Tableau 05** : Degré du pH dans les sites d'étude.

Les sites d'étude	Degré du pH	
	Neutre	Faiblement acide
Le site N° 01	A B C E F G I J	D H
Le site N° 02	A B D E G H J	C F I
Le site N° 03	Tous les blocs	/

**Tableau 06** : Gamme du pH des sols (**Gauchers, 1981**).

pH	Désignation
3 – 4,5	Extrêmement acides
4,5 – 5	Très fortement acides
5 – 5,5	Très acides
5,5 – 6	Acides
6 – 6,75	Faiblement acides
6,75 – 7,25	Neutres
7,25 – 8,5	Alcalins
8,5	Très alcalins

Le pH du sol affecte la quantité de nutriments et de produits chimiques solubles dans l'eau du sol, et donc la quantité de nutriments disponibles, étant donné que la plupart des nutriments minéraux sont facilement abondants lorsque le pH du sol est proche de la neutralité. Cela se reflète dans les constatations de la zone témoin de Sidi Merouane.

Ces résultats confirment la santé du sol qui s'exprime par la richesse biologique du pédofaune responsable des processus de l'humification et la minéralisation.

D'autre part, un sol faiblement acide (possibilité de développement de niveau d'acidité) peut entraîner un mauvais effet sur la présence des nutriments, et sur la biodiversité de la faune et de la flore. En raison de divers facteurs essentiellement toxicité de l'aluminium (Al), toxicité du manganèse ( $Mg^{+2}$ ), carence en calcium ( $Ca^{+2}$ ) et en magnésium ( $Mg^{+2}$ ), et de faibles niveaux d'éléments nutritifs essentiels tels que le phosphore (p) et le molybdène (Mo), ces facteurs indiquent la possibilité de contamination. Ce qu'est démontré par les résultats de certains blocs dans les berges de Béni Haroun et d'Oued Endja, où se trouve une baisse de biodiversité par rapport à la zone témoin.

#### **IV.1.2. Conductivité électrique**

La conductivité électrique (CE) est une mesure de la salinité du sol. C'est un indicateur de la disponibilité et de la perte des éléments nutritifs, de la texture de sol et de la capacité en eau disponible. La conductivité électrique affecte les rendements des cultures, l'adéquation du sol, la quantité d'eau et de nutriments disponibles pour l'utilisation des plantes et l'activité des microorganismes, qui influencent les processus clés du sol.

En observant la figure 43. Les valeurs de la CE du sol des berges du barrage (Site1), varient entre 204 et 1824 ( $\mu S/cm$ ), dont les blocs A, D, E, H, I et J, montrent un sol non salé, tandis que les blocs C et G sont réfèrent d'un sol légèrement salé, et les deux derniers blocs : B et F indiquent une certaine salinité du sol. Pour les berges de l'oued, les valeurs de la CE varient entre 260 et 1275 ( $\mu S/cm$ ), dont les blocs C, D et F indiquent un sol non salé, et les blocs A, E, G, H, I et J, montrent un sol légèrement salé, alors que le bloc B seulement réfère d'un sol salé. A Sidi Merouane (Site3), les valeurs de la CE varient entre 260 et 560 ( $\mu S/cm$ ), où les blocs A, B, C, E, F, G, H et I réfèrent d'un sol non salé, pendant que les blocs D, J signifient d'un sol légèrement salé.

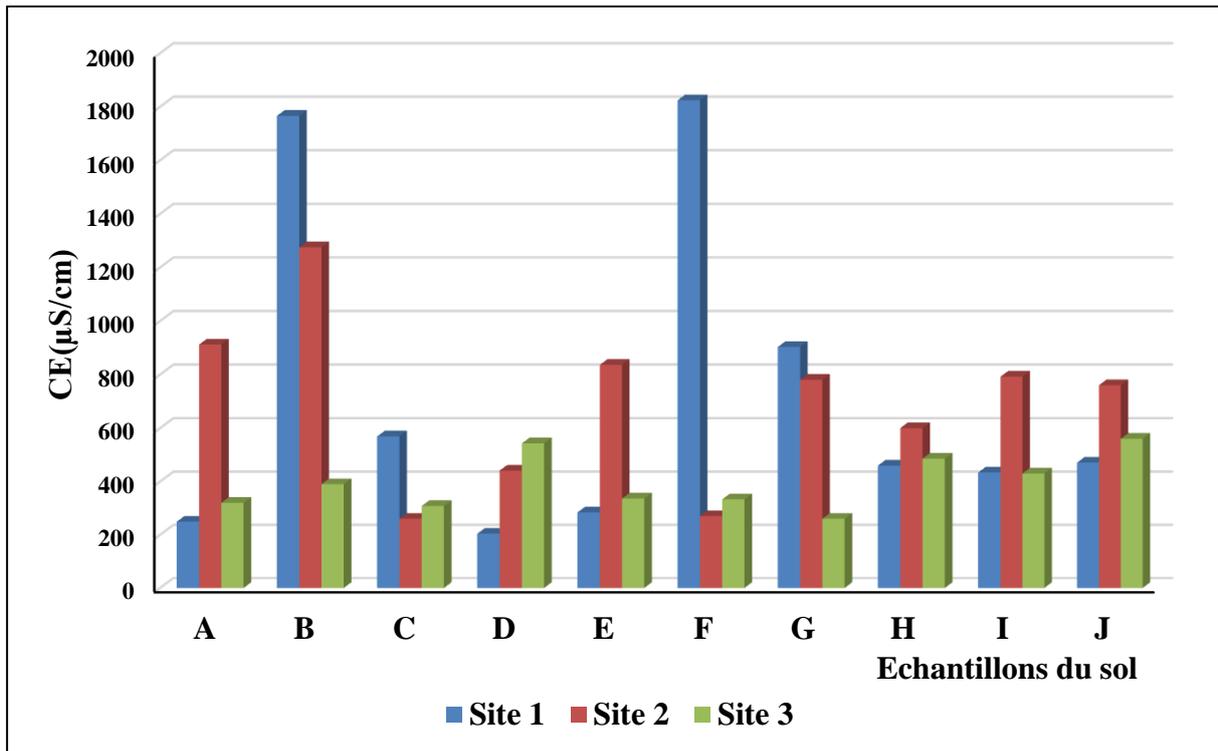


Figure 43 : Variations spatio-temporelle de la CE dans les différents sites d'étude.

Selon l'échelle de salinité du sol (USSS, 1954), l'ensemble des résultats concernant la CE des différents blocs échantillonnés sont portés dans le tableau 7.

Tableau 07 : Degré de salinité du sol des trois sites d'étude.

Les sites d'étude	Degré de salinité		
	Non salé	Légèrement salé	Salé
Site N° 01	A D E H I J	C G	B F
Site N° 02	C D F	A E G H I J	B
Site N° 03	A B C E F G H I	D J	/

**Tableau 08** : Echelle de salinité du sol (USSL, 1954).

Conductivité électrique ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	Salure
0 – 500	Non salé
500 – 1000	Légèrement salé
1000 – 2000	Salé
2000 – 4000	Très salés
Plus de 4000	Extrêmement salé

Les valeurs de la CE excessive enregistrée au niveau des sites 1 et 2 pendant les campagnes de prélèvements peuvent être attribuées aux rejets urbains et industriels des communes limitrophes. D'après Koudenoukpo et al. (2017), les valeurs de la conductivité de l'eau du sol sont en général stables et naturellement influencées par la géologie. En revanche, des changements ponctuels de cette valeur, ou des écarts avec l'état de référence (non perturbé), peuvent être indicateurs d'une augmentation de substances dissoutes, potentiellement polluantes, dans l'eau (une pollution aux métaux ou aux sels de voirie, par exemple), arrivant au sol.

## IV.2 Résultats des analyses biologiques

### IV.2.1 Variation spatiale microscopique

Les organismes interagissent, en tant qu'écosystème complet, les uns avec les autres et avec les plantes pour maintenir et améliorer la santé des sols, et par extension l'état du sol et sa fertilité. Il y'a de nombreux outils pour surveiller le biome microbien du sol afin d'évaluer l'efficacité des pratiques de gestion des sols. L'un de ces outils est le microscope optique - un instrument qui peut grossir un objet des centaines de fois pour rendre visibles même les petites bactéries et les spores de champignons et les autres microorganismes.

Dans chacune des trois zones d'étude, l'observation microscopique montre une richesse spécifique des microorganismes de divers catégories et divers taille, on trouve dans une goutte de solution sol/eau dizaine des groupes des bactéries mobiles, champignon, nématode, protozoaire, les amibes, environ 30 individus ainsi des particules de matière organique et minérale transformées par la microfaune.

**Tableau 09 :** Nombre des individus des groupes taxonomiques de la microfaune dans les sites d'étude.

Groupe taxonomique	Le nombre des individus		
	Site 1	Site 2	Site 3
Nématode	+	+	+
Holotriche paramecie	+	+	+
Vorticella	+	+	+
Amibe	+	+	+
Phytoflagellé	+	+	+
Arcella	+	+	+
Herpetomonas	+	+	+
Bactérie	+	+	+

L'observation microscopique a montré dans les sols frais des stations d'étude la présence des mêmes groupes taxonomiques (Tab.09) où les trois échantillons étaient proches en structure microbienne notée, d'après les observations obtenues au grossissement de \*100, avec la possibilité d'une disparité dans les espèces enregistrées, dont ces résultats nécessitent une plus grande précision, en utilisant des grossissements pouvant atteindre jusqu'au \*400 pour une identification réelle des espèces et genres de microfaune, ce qui n'est disponible dans notre cas.

### IV.2.2 Variation spatiale de la composition faunistique des sols étudiés

La diversité spécifique, qui est une expression du degré de complexité d'une communauté est déterminée par le nombre d'espèces et le nombre total d'individus composant cette communauté faunistique.

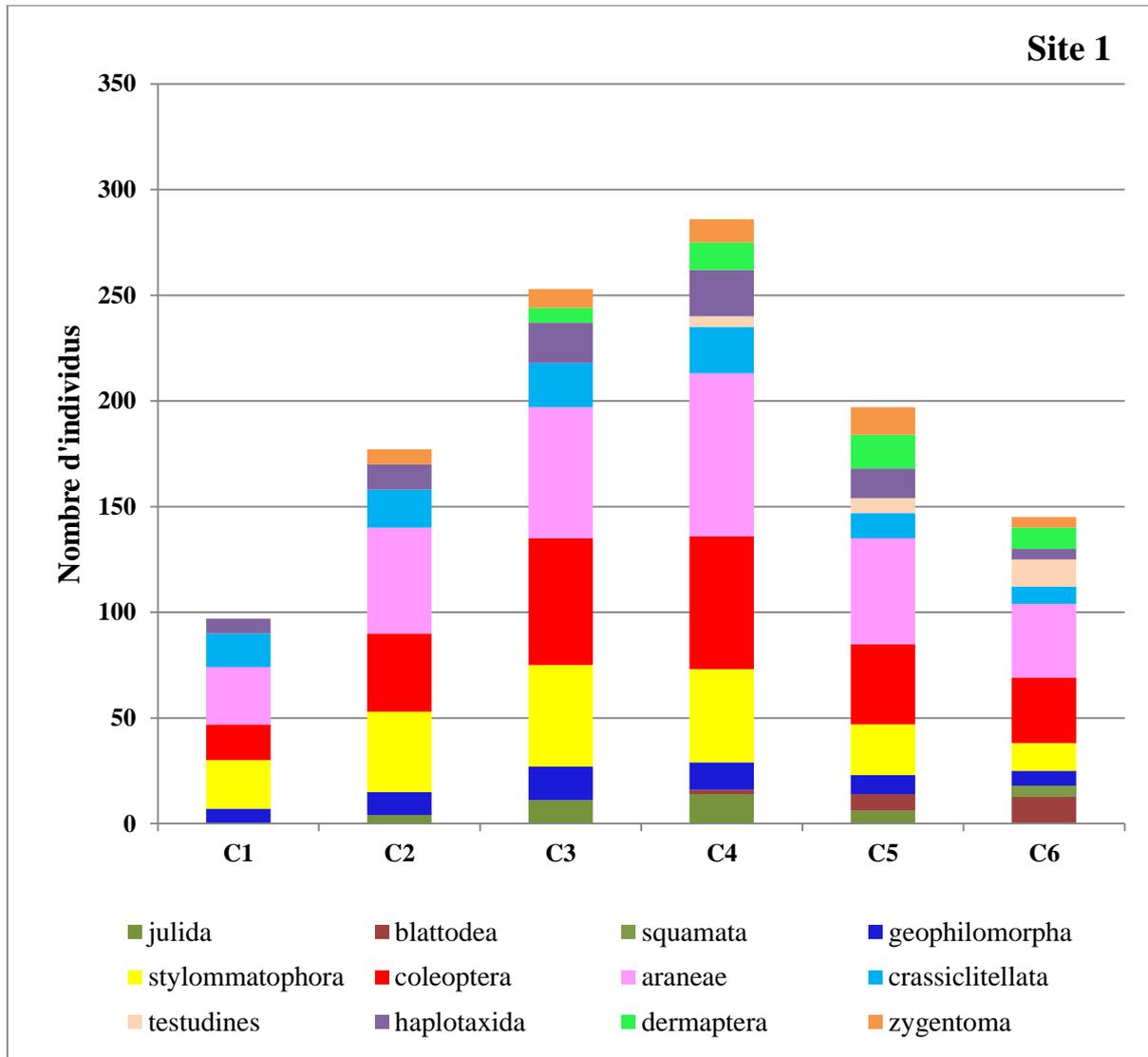
#### ➤ Diversité du sol du site 1

D'après le tableau 10, on constate que l'espèce *Lumbricus castaneus* est la plus abondante avec 97 individus suivi par *Harpalus rufipes* avec 83 individus en descendant *Cernuella virgate* avec 80 individus et à la fin *Eudrilus eugeniae* avec 79 individus. Une autre classe d'espèce est distinguée avec des nombres d'individus moins faibles et assez proches, variés entre 34 à 63 individus et à la fin les espèces qui ont montrées des faibles fréquences arrivant jusqu'à 5 individus.

**Tableau 10 :** Nombre totale d'individus des espèces de la station des berges du barrage.

Les espèces	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Totale
<i>Harpalus rufipes</i>	8	13	20	23	13	6	<b>83</b>
<i>Alopecosa albofasciata</i>	2	7	9	12	8	5	<b>43</b>
<i>Bianiulus guttulatus</i>	0	4	11	14	6	0	<b>35</b>
<i>Blatta orientalis</i>	0	0	0	2	8	13	<b>23</b>
<i>Tarentola mauritanica</i>	0	0	0	0	0	5	<b>5</b>
<i>Geophilus carpophagus</i>	7	11	16	13	9	7	<b>63</b>
<i>Arctosa cinerea</i>	5	12	8	16	5	7	<b>53</b>
<i>Acusta despecta</i>	9	12	15	14	3	0	<b>53</b>
<i>Coccinella septempunctata</i>	0	0	0	7	11	16	<b>34</b>
<i>Velleius dilatatus</i>	0	6	10	8	6	5	<b>35</b>
<i>Forficula auricularia</i>	0	0	7	13	16	10	<b>46</b>
<i>Ambigolimax valentianus</i>	5	9	12	15	10	6	<b>57</b>
<i>Phlegra bresnieri</i>	4	5	8	15	19	12	<b>63</b>
<i>Ocypus olens</i>	3	6	14	15	5	0	<b>43</b>
<i>Protaetia morio</i>	6	12	16	10	3	4	<b>51</b>
<i>Lepisma saccharina</i>	0	7	9	11	13	5	<b>45</b>
<i>Euryopis episinoides</i>	7	10	16	12	5	3	<b>53</b>
<i>Onops pulcher</i>	9	11	13	12	6	2	<b>53</b>
<i>Thomisus onustus</i>	0	5	8	10	7	6	<b>36</b>
<i>Lumbricus castaneus</i>	16	18	21	22	12	8	<b>97</b>
<i>Testudo graeca</i>	0	0	0	5	7	13	<b>25</b>
<i>Cernuella virgate</i>	9	17	21	15	11	7	<b>80</b>
<i>Eudrilus eugeniae</i>	7	12	19	22	14	5	<b>79</b>

Selon la figure 44, au site 01, on estime que l'aboutissement le plus élevé de l'inventaire des individus est enregistré pendant le prélèvement de la campagne 4 (286 individus). La campagne 3 avec un total de 253 individus, la campagne 05 avec 197 individus, la campagne 02 avec 177 individus, la campagne 06 avec 146 individus, alors que, la campagne 01 prend la dernière position avec seulement 97 individus, dont les ordres dominés dans ce site sont : les Araneae, Coleoptera et les Stylommatophora durant les six campagnes.



**Figure 44 :** Variations spatio-temporelles du nombre d'individus par ordre du sol des berges du barrage (Site 1).

➤ **Diversité du sol du site 2**

D'après le tableau 11, on constate que 7 espèces qui ont enregistré un nombre individuel supérieur à 40 et qui sont : *Arctosa cinerea* > *Mitopus morio* et *Eudrilus eugeniae* > *Armadillidium vulgare* > *Chicobolus spinigerus* > *Cernuella virgate* > *Euryopis episinoides*. Le reste des espèces comprennent des nombres d'individus variés entre 21 à 35 individus comme l'indique le tableau ci-dessous.

**Tableau 11** : Fréquence des espèces durant les campagnes de prélèvement des berges d'Oued Endja (Site2).

Les espèces	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Totale
<i>Ummidia nidulans</i>	0	6	8	7	0	0	<b>21</b>
<i>Chicobolus spinigerus</i>	2	7	15	14	8	2	<b>48</b>
<i>Arctosa cinerea</i>	8	15	19	10	6	7	<b>65</b>
<i>Larve de tabanidae</i>	0	0	0	6	13	14	<b>33</b>
<i>Cernuella virgate</i>	3	8	9	13	7	5	<b>45</b>
<i>Mitopus morio</i>	7	11	10	13	8	4	<b>53</b>
<i>Alopecosa fabrili</i>	5	6	8	5	3	4	<b>31</b>
<i>Onops pulcher</i>	0	0	4	6	11	7	<b>28</b>
<i>Loxosceles laeta</i>	0	0	5	8	4	7	<b>24</b>
<i>Euryopis episinoides</i>	3	6	9	12	10	2	<b>42</b>
<i>Lithobius variegatus</i>	0	3	7	8	6	4	<b>28</b>
<i>Steatoda grossa</i>	3	5	9	11	7	0	<b>35</b>
<i>Armadillidium vulgare</i>	6	10	12	15	9	0	<b>52</b>
<i>Hydrochara caraboides</i>	0	0	5	9	11	4	<b>29</b>
<i>Acusta despecta</i>	0	3	5	8	4	1	<b>21</b>
<i>Forficula auricularia</i>	4	5	11	4	7	3	<b>34</b>
<i>Nezara viridula</i>	0	0	3	7	6	5	<b>21</b>
<i>Eudrilus eugeniae</i>	11	13	12	7	8	2	<b>53</b>

Selon la figure 45, 11 Classe d'ordre ont été enregistré dans le site berges d'oued Endja avec une abondance des Araneae durant toute la période d'étude, suivi par les Styломmatophora et les Isopodes. D'après la diversité, la campagne 4 est la plus diversifiée avec 11 ordre et 161 individus suivis par la campagne 3 avec 10 ordre et 151 individus, la campagne 5 avec 11 ordre et 128 individus, la campagne 2 avec 8 ordre et 98 individus, la campagne 6 avec 10 ordre et 71 individus, et la plus faible diversité est enregistrée pendant la campagne 1 avec 52 individus répartis sur 8 ordre.

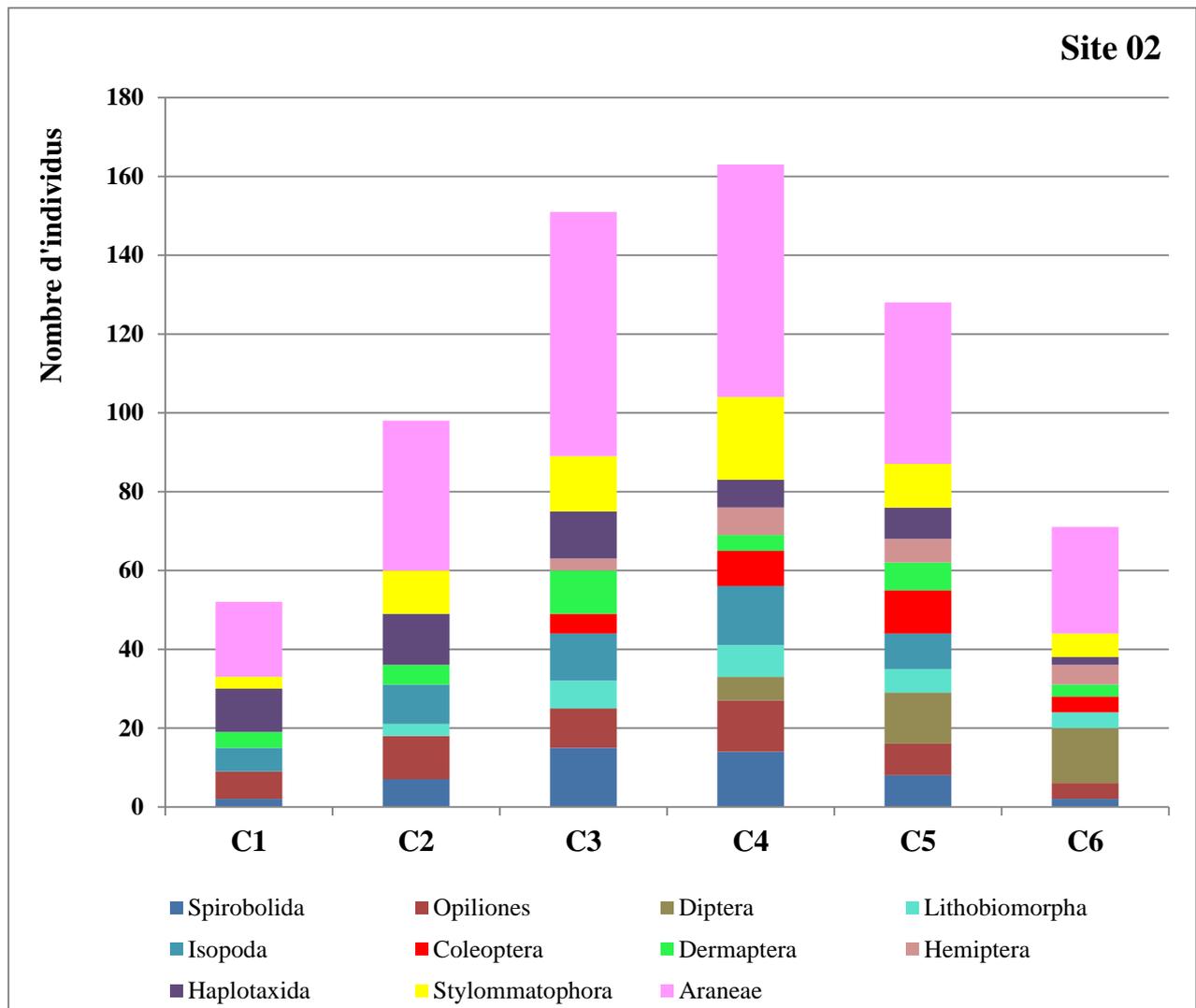


Figure 45 : Variations temporelles du nombre d'individus par ordre du sol des berges d'oued Endja (Site 2).

➤ **Diversité du sol de site 3**

D'après le tableau 12, on observe que 10 espèces qui ont enregistré un nombre d'individu supérieur à 100 : *Messor barbarus* > *Cernuella virgate* > *Messor barbarus* > *Linepethma humile* > *Helix albescens* > *Rumina decollata* > *Helix pomatia* > *Mitopus morio* > *Helix aspersa* > *Theba pisana*. Alors que, 18 espèces avec une fréquence supérieure à 50 et le même nombre d'espèces ont enregistré des fréquences inférieures à 50. Au total l'espèce *Messor barbarus* est la plus abondante avec 659 individus. Suivi par *Cernuella virgate* avec 216 individus et *Linepethma humile* avec 197 individus. Le reste des espèces comprennent des individus entre 1 et 140.

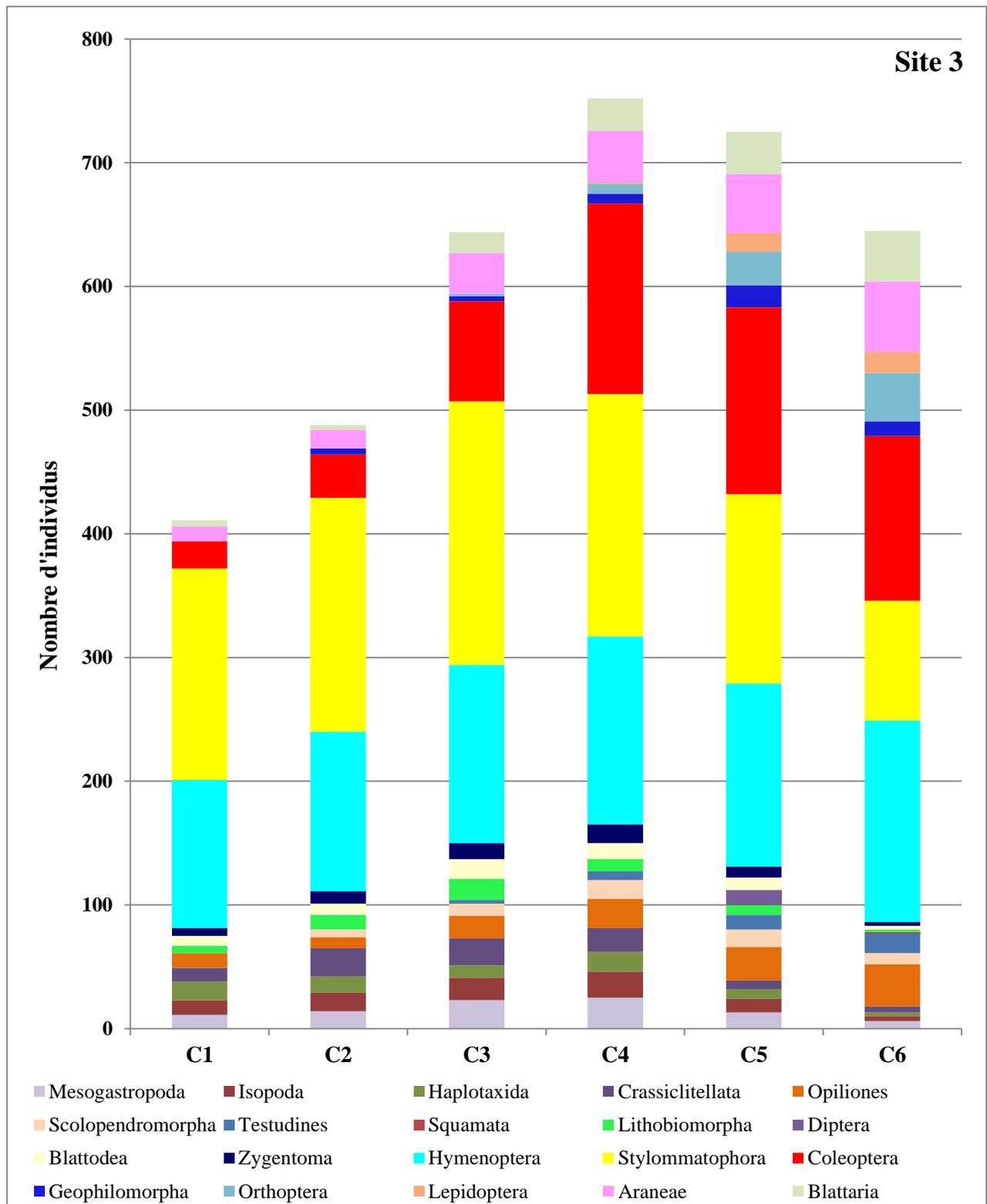
**Tableau 12** : Nombre des individus totaux des espèces au site témoin (Sidi Merouane).

Les espèces	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Totale
<i>Cernuella virgate</i>	33	36	47	41	33	26	<b>216</b>
<i>Pomatias elegans</i>	11	14	23	25	13	6	<b>92</b>
<i>Parasteatoda tepidariorum</i>	0	0	3	6	11	14	<b>34</b>
<i>Larve de Phengaris</i>	0	0	0	0	8	5	<b>13</b>
<i>Pezomachus tartarus</i>	0	0	0	0	6	11	<b>17</b>
<i>Chenille de Lasiocampa quercus</i>	0	0	0	1	7	12	<b>20</b>
<i>Armadillidium vulgare</i>	12	15	18	21	11	4	<b>81</b>
<i>Rhagonycha nigriventris</i>	0	0	5	8	13	9	<b>35</b>
<i>Lachnaia capri</i>	0	0	9	23	14	10	<b>56</b>
<i>Drassodes lapidosus</i>	5	4	9	12	10	4	<b>44</b>
<i>Sitona lineatus</i>	7	9	6	12	16	4	<b>54</b>
<i>Lumbricus terrestris</i>	15	13	10	16	8	3	<b>65</b>
<i>Lumbricus castaneus</i>	11	23	22	19	7	5	<b>87</b>
<i>Ectobius vinzi</i>	0	0	3	9	13	16	<b>41</b>
<i>Stomis pumicatus</i>	3	5	14	18	12	5	<b>57</b>
<i>Henia vesuviana</i>	0	5	4	8	18	12	<b>47</b>
<i>Labidostomis taxicornis</i>	0	0	3	6	9	13	<b>31</b>
<i>Messor barbarus</i>	88	93	102	124	123	129	<b>659</b>
<i>Trichodes umbellatarum</i>	0	0	7	11	15	21	<b>54</b>
<i>Eugryllodes pipiens</i>	0	0	2	3	7	15	<b>27</b>
<i>Mitopus morio</i>	12	9	18	24	27	34	<b>124</b>
<i>Cryptops anomalus</i>	0	6	10	15	14	9	<b>54</b>
<i>Hydrochara caraboides</i>	5	8	11	15	6	9	<b>54</b>
<i>Alopecosa fabrili</i>	0	0	0	3	7	12	<b>22</b>
<i>Larve de Staphylinus) Ocypus(</i>	0	0	4	19	12	5	<b>40</b>
<i>Ambigolimax nyctelius</i>	8	14	9	12	7	3	<b>53</b>
<i>Rumina saharica</i>	17	20	23	21	11	9	<b>101</b>
<i>Eurycotis floridana</i>	8	9	16	13	10	3	<b>59</b>
<i>Ectobius pallidus</i>	5	4	14	17	21	25	<b>86</b>
<i>Ctenolepisma lineatum</i>	6	10	13	15	9	3	<b>56</b>
<i>Larves de Lucilia sericata</i>	0	0	0	0	12	0	<b>12</b>
<i>Helix albescens</i>	21	23	31	33	21	12	<b>141</b>
<i>Helix aspersa</i>	16	18	22	29	24	11	<b>120</b>
<i>Rumina decollata</i>	32	34	25	22	17	10	<b>140</b>
<i>Helix pomatia</i>	21	23	31	19	22	15	<b>131</b>
<i>Protaetia morio</i>	0	5	11	13	9	5	<b>43</b>
<i>Thomisus onustus</i>	0	0	8	12	15	21	<b>56</b>
<i>Amphimallon majale</i>	0	0	0	13	26	31	<b>70</b>
<i>Lithobius variegatus</i>	6	12	17	10	8	2	<b>55</b>

Suite au tableau précédant :

Les espèces	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Totale
<i>Anacridium aegyptium</i>	0	0	0	0	5	3	<b>8</b>
<i>Lampyris noctiluca</i>	7	8	11	16	19	21	<b>82</b>
<i>Theba pisana</i>	23	21	25	19	18	11	<b>117</b>
<i>Steatoda grossa</i>	7	11	13	9	5	6	<b>51</b>
<i>Linepethma humile</i>	32	36	42	28	25	34	<b>197</b>
<i>Antaxius sorrenzensis</i>	0	0	0	5	9	10	<b>24</b>
<i>Testudo graeca</i>	0	0	3	7	12	16	<b>38</b>
<i>Macroprotodon mauritanicus</i>	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>

D'après la figure 46, 20 classes d'ordre ont été enregistré dans le site témoin (Site3). La compagne 4 avec 17 ordre et 752 individus suivi par la compagne 5 avec 19 ordres et 725 individus, la compagne 6 avec 18 ordre et 645 individus, la compagne 3 et 2 avec 15 ordre et respectivement 644 et 488 individus, et à la dernière position la compagne 1 avec 14 ordre et 411 individus. Concernant la dominance, on a enregistré une dominance partagé entre les Hyménoptères, les Stylommatophores, les Coléoptères dans tous les prélèvements.



**Figure 46 :** Variations temporelles du nombre d'individus par ordre de faune du sol témoin (Site 3).

### IV.2.3 Diversité de la faune des sols étudiés

Pendant la période d'étude qui couvre quatre mois (février, mars, avril et mai) de l'année en cours répartis sur 18 campagnes au total. Nous avons obtenus la liste des espèces portée dans le tableau 13. Cet inventaire est réalisé en mettant en œuvre cinq méthodes d'échantillonnage différentes (piège Barber, méthode de cube de terre, méthode de Berlese-Tullgren, récolte à main et méthode microscopique).

L'inventaire des espèces faunistiques des trois stations posait une richesse spécifique par 70 espèces identifiées au total, dont la troisième station est la plus diversifiée en espèces par 47 espèces, suivie par la première station par 23 espèces tandis que la deuxième s'expose en 18 espèces. Étant donné qu'il y a des espèces communes entre les stations: *Eudrilus eugeniae*, *Acusta despecta*, *Arctosa cinerea*, *Euryopis episinoides*, *Onops pulcher*, *Forficula auricularia* entre les stations 1 et 2, *Thomisus onustus*, *Lepisma saccharina*, *Protaetia morio*, *Testudo graeca* sont des espèces communes entre les stations 1 et 3, ainsi *Armadellidium vulgare*, *Cernuella virgata*, *Lithobius variegatus*, *Hydrochara caraboides*, *Mitopus morio*, *Alopecosa fabrili* des espèces communes entre les stations 2 et 3.

Au total, nous avons recueillis et recensés au total 5483 individus appartenant à 24 ordres et 53 familles. L'embranchement d'Arthropode est le mieux représenté en occupant le premier rang avec 18 ordres et 53 espèces. Le nombre total des individus obtenus est plus élevé que celui de (Kaci, 2017) en forêt d'El-Erriche de Bouira qui a recensé 1189 individus appartenant à 7 classes et 14 ordres et 37 familles, et cela est dû probablement aux différentes méthodes d'échantillonnage utilisées ainsi que la fréquence et la durée d'échantillonnage.

Tableau 13 : Liste des taxons de la pedofaune inventoriés durant la période d'étude de trois sites.

Phyllum	Classe	Ordre	Famille	Espèce	Site 1	Site 2	Site 3
Protozoa							
Proetobacteria							
Nematoda							
Annelida	clitellata	Haplotaxida	Lumbricidae	<i>Lumbricus terrestris</i>			+
			Eudrilidae	<i>Eudrilus eugeniae</i>	+	+	
		Crassiclitellata	Lumbricidae	<i>Lumbricus castaneus</i>	+		+
Mollusca	Gastropoda	Mesogastropoda	Pomatiidae	<i>Pomatias elegans</i>			+
		Stylommatophora	Hygromiidae	<i>Cerneuella virgata</i>	+	+	+
			Helicidae	<i>Helix albescens</i>			+
				<i>Helix aspersa</i>			+
				<i>Helix pomatia</i>			+
			<i>Theba pisana</i>			+	
		Limacidae	<i>Ambigolimax valentianus</i>	+			+
			<i>Ambigolimax nyctelius</i>				+
		Subulinidae	<i>Rumina decollata</i>				+
		Camaenidae	<i>Acusta despect</i>	+	+		
Achatinidae	<i>Rumina saharica</i>					+	
Arthropoda	Malacostrada	Isopoda	Armadillidiidae	<i>Armadellidium vulgare</i>		+	+
	Diplopoda	Julida	Blaniulidae	<i>Blaniulus guttulatus</i>	+		
	Diploda	Spirobolida	Spirobolidae	<i>Chicobolus spinigerus</i>		+	
	Chilopoda	Geophilomorpha	Geophilidae	<i>Geophilus carpophagus</i>	+		
			Dignathodontidae	<i>Henia vesuviana</i>			+
		Scolopendromorpha	Cryptopidae	<i>Cryptops anomalous</i>			+
	Lithobiomorpha	Lithobiidae	<i>Lithobius variegatus</i>			+	+
		Arachnida	Opiliones	Phalangiidae	<i>Mitopus morio</i>		+
	Araneae	Lycosidae	<i>Alopecosa fabrili</i>			+	+
<i>Alopecosa albofasciata</i>			+				
<i>Arctosa cinerea</i>			+	+			

		Halonoproctidae	<i>Ummidia nidulans</i>		+	
		Gnaphosidae	<i>Drassodes lapidosus</i>			+
		Theridiidae	<i>Parasteatoda tepidariorum</i>			+
			<i>Euryopsis episinoides</i>	+	+	
			<i>Steatoda grossa</i>		+	+
		Salitricidae	<i>Phlegra bresnieri</i>	+		
		Onopidae	<i>Onops pulcher</i>	+	+	
		Thomosidae	<i>Thomisus onustus</i>	+		+
		Sicariidae	<i>Loxosceles laeta</i>		+	
Insecta	Dermaptera	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i>	+	+	
	Deptera	Tabanidae	<i>LARVE tabanidae</i>		+	
		Calliphoridae	<i>Lucilia sericata</i>			+
	Zygentoma	Lepismatidae	<i>Lepisma saccharina</i>	+		+
			<i>Ctenolepisma lineatum</i>			+
	Hemiptera	Pentatomidae	<i>Nezara viridula</i>		+	
	Blattaria	Blattelidae	<i>Ectobius pallidus</i>			+
			<i>Ectobius vinzi</i>			+
	Lepidoptera	Lasiocampidae	<i>Chenille Lasiocampa quercus</i>			+
		Licaenidae	<i>Larve de Phengaris</i>			+
	Hymenoptera	Formicidae	<i>Messor barbarus</i>			+
			<i>Linepethma humile</i>			+
	Blattodea	Blattidae	<i>Blatta orientalis</i>	+		
			<i>Eurycotis floridana</i>			+
	Orthoptera	Pomphagidae	<i>Pezotmethis tartarus</i>			+
		Acrididae	<i>Anacridium egyptium</i>			+
		Tettigonidae	<i>Antaxius sorrenzensis</i>			+
		Gryllidae	<i>Eugryllodes pipiens</i>			+
	Coleoptera	Carabidae	<i>Harpalus rufipes</i>	+		
			<i>Stomis pumicatus</i>			+
Contharidae		<i>Rhagonycha nigriventris</i>			+	

			Chrysomelidae	<i>Labidostomis taxicornis</i>			+
				<i>Lachnaia capri</i>			+
			Curculionidae	<i>Sitona lineatus</i>			+
			Cleridae	<i>Trichodes umbellatarum</i>			+
			Hydrophilidae	<i>Hydrochara caraboides</i>		+	+
			Staphylinidae	<i>Velleius dilatatus</i>	+		
				<i>Ocypus olens</i>	+		
				Larve staphylinus ocypus			+
			Coccinellidae	<i>Coccinella septempunctata</i>	+		
			Lampiridae	<i>Lampyris noctiluca</i>			+
			Scarabaeidae	<i>Protaetia morio</i>	+		+
				<i>Amphimallon majale</i>			+
			Chrodata	Reptilia	Testudines	Testudinidae	<i>Testudo graeca</i>
Squamata	Phyllodactylidae	<i>Tarentola mauritanica</i>				+	
Colubridae	<i>Macroprotodon mauritanicus</i>					+	
<b>4</b>	<b>9</b>	<b>24</b>	<b>53</b>	<b>70</b>	<b>23</b>	<b>18</b>	<b>47</b>

#### IV.2.4 Abondance de la diversité microscopique du sol

Dans chacune des trois zones d'étude, l'observation microscopique montre une richesse spécifique de la microfaune de divers catégories et tailles, on trouve dans une goutte de solution sol/eau dizaines des bactéries mobiles, nématodes, protozoaire, des amibes, ainsi des particules de matière organique et minérale transformées par les microorganismes.

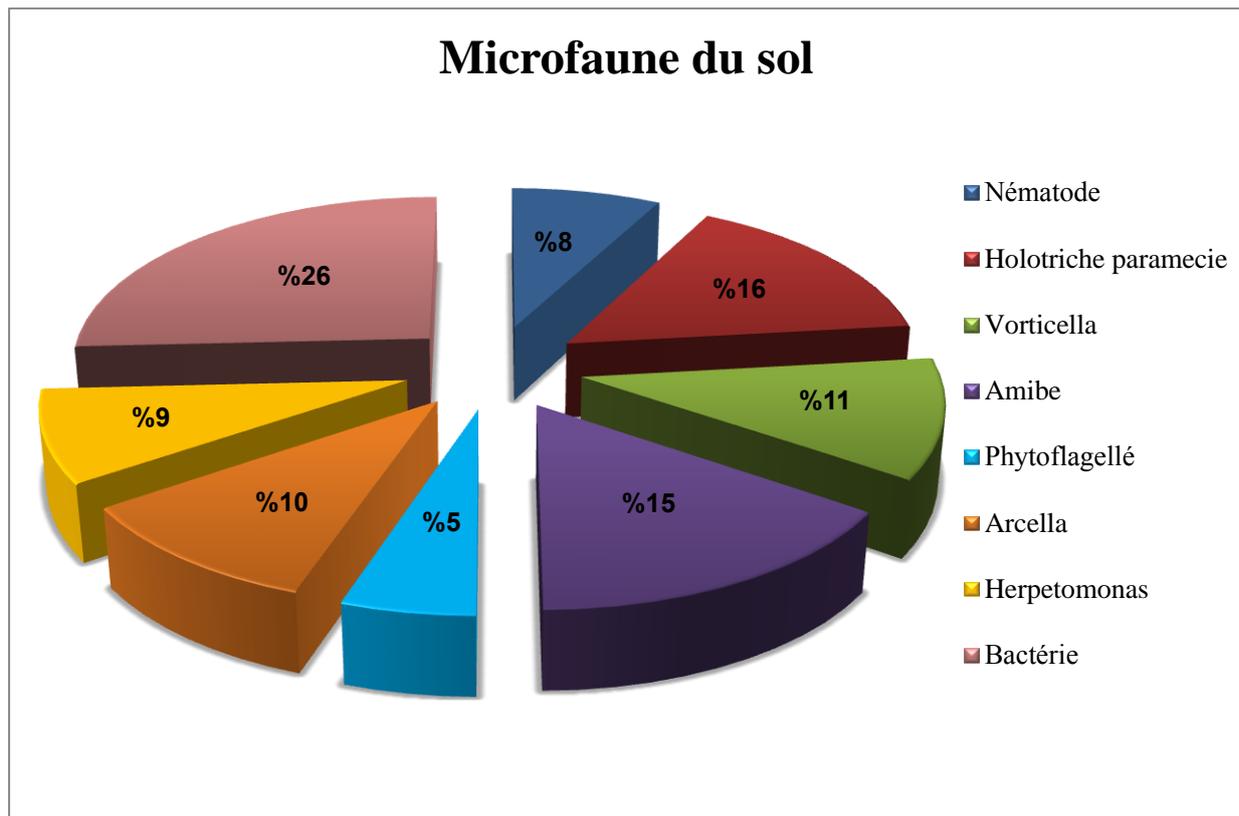
Nous avons utilisé la quantité d'extrait total qu'on a créée et la quantité du sol qu'on a utilisé pour estimer le nombre moyenne de la microfaune présente dans 1 g du sol.

**Tableau 14** : le nombre des individus de microfaune.

Groupe taxonomique	Nombre d'individus	AR%
Nématode	15	8%
Holotriche paramecie	30	15%
Vorticella	22	11%
Amibe	30	15%
Phytoflagellé	10	5%
Arcella	20	10%
Herpetomonas	17	9%
Bactérie	50	26%
<b>Totale</b>	<b>194</b>	<b>100%</b>

Comme résultat approximatif les bactéries présentent la section prédominante (26%) avec 50 individus, suivi par les paramécies (15%) et les amibes (15%) expliqués par 30 individus, survenu par les autre microorganismes mentionnés ci-dessus par des proportions oscille entre 11% et 5% avec des effectifs fluctuent entre 22 et 10 individus.

Ce microbiome du sol fonctionne pour recycler les nutriments, décomposer et incorporer la matière organique appliquée aux sols et agréger ces particules, et de diminuer la contamination des sols anthropisés par la dégradation des polluants et les éléments néfastes. Les organismes interagissent, en tant qu'écosystème complet, les uns avec les autres et avec les plantes pour maintenir et améliorer la santé des sols.



**Figure 47 :** Contribution de différentes classes de microfaune à la richesse spécifique total présente dans un 1 g du sol.

#### IV.2.5 La richesse spécifique

La valeur de la richesse totale (S) obtenue par les différentes méthodes d'échantillonnage dans les trois sites est  $S = 70$  espèces dont au site 1  $S = 23$ , site 2  $S = 18$  et au site 3  $S = 47$ . Nos résultats sont élevés par rapport à ceux signalés par plusieurs auteurs notamment, Debassi et Ferhat (2021) à la région de Bir Rogaa wilaya d'Oum el Bouaghi qui ont trouvé une richesse totale de 28 espèces, quand à Kaci (2017) à la forêt d'El-Erriche de Bouira a noté que la richesse totale est égale à 56 espèces.

##### IV.2.5.1 Fréquences centésimales (abondance relative) des espèces dans les sites d'étude

Dans cette partie nous avons calculé les valeurs de la fréquence centésimale appliquée aux espèces dans chaque site d'étude les résultats sont donnés comme suit :

➤ Pour le site 1 : les résultats sont portés dans le tableau 15.

Au niveau du site des berges du barrage on distingue 23 espèces qui comprennent 1155 individus. L'abondance relative des espèces échantillonnées par les diverses méthodes de prélèvement est notée dans le tableau 16. On constate que l'espèce *Lumbricus castaneus* est la plus abondante avec AR% = 8.4% suivi par *Harpalus rufipes* avec AR% = 7.17%, *Cernuella virgate* avec AR% = 6,93 % et *Eudrilus eugeniae* AR% = 6,84 %. Le reste des espèces présente des valeurs qui fluctuent entre AR% = 0.43% et 5.45 %.

**Tableau 15** : Abondance relative des espèces au site 1.

Les espèces	Nombre d'individus	AR %
<i>Harpalus rufipes</i>	83	7,17 %
<i>Alopecosa albofasciata</i>	43	3,72 %
<i>Blaniulus guttulatus</i>	35	3,03 %
<i>Blatta orientalis</i>	23	1,99 %
<i>Tarentola mauritanica</i>	5	0,43 %
<i>Geophilus carpophagus</i>	63	5,45 %
<i>Arctosa cinerea</i>	53	4,59 %
<i>Acusta despecta</i>	53	4,59 %
<i>Coccinella septempunctata</i>	34	2,94 %
<i>Velleius dilatatus</i>	35	3,03 %
<i>Forficula auricularia</i>	46	3,98 %
<i>Ambigolimax valentianus</i>	57	4,93 %
<i>Phlegra bresnieri</i>	63	5,45 %
<i>Ocypus olens</i>	43	3,72 %
<i>Protaetia morio</i>	51	4,41 %
<i>Lepisma saccharina</i>	45	3,9 %
<i>Euryopis episinoides</i>	53	4,59 %
<i>Onops pulcher</i>	53	4,59 %
<i>Thomisus onustus</i>	36	3,12 %
<i>Lumbricus castaneus</i>	97	8,4 %
<i>Testudo graeca</i>	25	2,16 %
<i>Cernuella virgate</i>	80	6,93 %
<i>Eudrilus eugeniae</i>	79	6,84 %
<b>23 espèces</b>	<b>1155 individus</b>	<b>100%</b>

➤ **Pour le site 2 : les résultats sont portés dans le tableau 16.**

Au niveau du site berges d'Oued Endja on distingue 18 espèces qui comprennent 663 individus. L'abondance relative des espèces échantillonnées par les diverses méthodes de prélèvement est notée dans le tableau. On constate que l'espèce *Arctosa cinerea* est la plus abondante avec AR% = 9.80 %. Le reste des espèces présente des valeurs qui fluctuent entre AR% = 3.17% et 7.99 %.

**Tableau 16 :** L'abondance relative des espèces du site 02

les espèces	Nombre d'individus	AR%
<i>Ummidia nidulans</i>	21	3,17 %
<i>Chicobolus spinigerus</i>	48	7,24 %
<i>Arctosa cinerea</i>	65	9,80 %
<i>Larve de tabanidae</i>	33	4,98 %
<i>Cernuella virgate</i>	45	6,79 %
<i>Mitopus morio</i>	53	7,99 %
<i>Alopecosa fabrili</i>	31	4,67 %
<i>Onops pulcher</i>	28	4,22 %
<i>Loxosceles laeta</i>	24	3,62 %
<i>Euryopis episinoides</i>	42	6,33 %
<i>Lithobius variegatus</i>	28	4,22 %
<i>Steatoda grossa</i>	35	5,28 %
<i>Armadillidium vulgare</i>	52	7,84 %
<i>Hydrochara caraboides</i>	29	4,37 %
<i>Acusta despecta</i>	21	3,17 %
<i>Forficula auricularia</i>	34	5,13 %
<i>Nezara viridula</i>	21	3,17 %
<i>Eudrilus eugeniae</i>	53	7,99 %
<b>18 espèces</b>	<b>663 individus</b>	<b>100 %</b>

➤ **Pour le site 3 : les résultats sont portés dans le tableau 17.**

Au niveau du site témoin, on distingue 47 espèces qui comprennent 3665 individus. L'abondance relative des espèces échantillonnées par les diverses méthodes de prélèvement est notée dans le tableau 18. On constate que l'espèce *Messor barbarus* est la plus abondante avec AR% = 17.98 % (659 individus). Suivi par *Cernuella virgate* avec AR% = 5.9 % (216 individus), puis *Linepethma humile* avec AR% = 5.37% (197 individus). Le reste des espèces présente des valeurs qui fluctuent entre AR% = 0.03% et 3.85%.

Tableau 17 : Abondance relative des espèces au site 3.

Les espèces	Nombre d'individus	AR %
<i>Cerneuella virgate</i>	216	5,9 %
<i>Pomatias elegans</i>	92	2,51 %
<i>Parasteatoda tepidariorum</i>	34	0,93 %
Larve de <i>Phengaris</i>	13	0,35 %
<i>Pezomethis tartarus</i>	17	0,46 %
Chenille de <i>Lasiocampa quercus</i>	20	0,54 %
<i>Armadillidium vulgare</i>	81	2,21 %
<i>Rhagonycha nigriventris</i>	35	0,95 %
<i>Lachnaia capri</i>	56	1,53 %
<i>Drassodes lapidosus</i>	44	1,2 %
<i>Sitona lineatus</i>	54	1,47 %
<i>Lumbricus terrestris</i>	65	1,77 %
<i>Lumbricus castaneus</i>	87	2,37 %
<i>Ectobius vinzi</i>	41	1,12 %
<i>Stomis pumicatus</i>	57	1,55 %
<i>Henia vesuviana</i>	47	1,28 %
<i>Labidostomis taxicornis</i>	31	0,84 %
<i>Messor barbarus</i>	659	17,98 %
<i>Trichodes umbellatarum</i>	54	1,47 %
<i>Eugryllodes pipiens</i>	27	0,74 %
<i>Mitopus morio</i>	124	3,38 %
<i>Cryptops anomalons</i>	54	1,47 %
<i>Hydrochara caraboides</i>	54	1,47 %
<i>Alopecosa fabrili</i>	22	0,60 %
Larve <i>Staphylinus</i>	40	1,09 %
<i>Ambigolimax nyctelius</i>	53	1,45 %
<i>Rumina saharica</i>	101	2,75 %
<i>Eurycotis floridana</i>	59	1,61 %
<i>Ectobius pallidus</i>	86	2,35 %
<i>Ctenolepisma lineatum</i>	56	1,53 %
Larves de <i>Lucilia sericata</i>	12	0,33 %
<i>Helix albescens</i>	141	3,85 %
<i>Helix aspersa</i>	120	3,27 %
<i>Rumina decollata</i>	140	3,82 %
<i>Helix pomatia</i>	131	3,57 %
<i>Protaetia morio</i>	43	1,17 %
<i>Thomisus onustus</i>	56	1,53 %
<i>Amphimallon majale</i>	70	1,91 %
<i>Lithobius variegatus</i>	55	1,50 %
<i>Anacridium aegyptium</i>	8	0,22 %

Suite au tableau précédant :

Les espèces	Nombre d'individus	AR %
<i>Lampyris noctiluca</i>	82	2,24 %
<i>Theba pisana</i>	117	3,19 %
<i>Steatoda grossa</i>	51	1,39 %
<i>Linepethma humile</i>	197	5,37 %
<i>Antaxius sorrenzensis</i>	24	0,65 %
<i>Testudo graeca</i>	38	1,04 %
<i>Macroprotondon mauritanicus</i>	1	0,03 %
<b>47 espèces</b>	<b>3665 individus</b>	<b>100 %</b>

À partir de ces résultats on constate que le site de Sidi Merouane est la plus diversifié en espèces parce qu'il constitue un milieu sain et un sol attirant pour tous les différents types des espèces. Par contre dans les sites 1 et 2, l'effectif des espèces s'abaissent ou il y'a un taux élevé de pollution qui influence la répartition des espèces, ainsi le degré de la salinité du sol est peu élevé.

Concernant l'abondance des espèces on distingue que l'espèce *Messor barbarus* est la plus abondante dans notre étude, cette résultat se rapproche à celle de (Kaci, 2017) à forêt d'El-Erriche Bouira qui a trouvé que l'espèce de *Tapinoma nigerrimum* est le plus abondante avec 690 individus. Par contre Debassi et Ferhat (2021) à Bir Rogaa Oum el Bouaghi qui ont trouvé que l'espèce *Silpha obscura* est le plus abondante avec 80 individus. Cela est dû probablement aux caractéristiques du milieu d'étude ou la période d'échantillonnage qui était favorable pour les activités des organismes.

#### IV.2.5.2. L'abondance relative par compagne

Afin de faire ressortir la période favorable de l'activité biologique de la pédofaune, On a calculé l'abondance relative des individus dans les différents chaque site d'étude à partir de leur distribution à chaque de chaque compagne (Tab.18) (Fig.48).

Tableau 18 : Variation spatio-temorelle des abondances relatives des sites d'études.

Compagnes	Site 1		Site 2		Site 3	
	Effectif total	AR %	Effectif total	AR %	Effectif total	AR %
C 1	97	8,4 %	52	7,8 %	411	11.2%
C 2	177	15,3 %	98	14,8 %	488	13.3%
C 3	253	21,9 %	151	22,8 %	644	17.6
C 4	286	24,8 %	163	24,6 %	752	20.5
C 5	197	17,1 %	128	19,3 %	725	19.8
C 6	145	12,5 %	71	10,7 %	645	17.8
<b>Totale</b>	<b>1155</b>	<b>100%</b>	<b>663</b>	<b>100 %</b>	<b>3665</b>	<b>100%</b>

D'après le tableau ci-dessus, le site témoin enregistre l'effectif le plus élevé 3665individu, suivi par le site des berges du barrage avec 1155 individus et à la fin viens le site des berges d'oued Endja avec les plus faibles effectifs 663 individus, ce résultat peut être attribué aux différents types de pollutions qui affectent au premier lieu les oueds avant d'arrivé au barrage, considéré comme point cumulé de la pollution. Alors que le site témoin est loin des points d'altération.

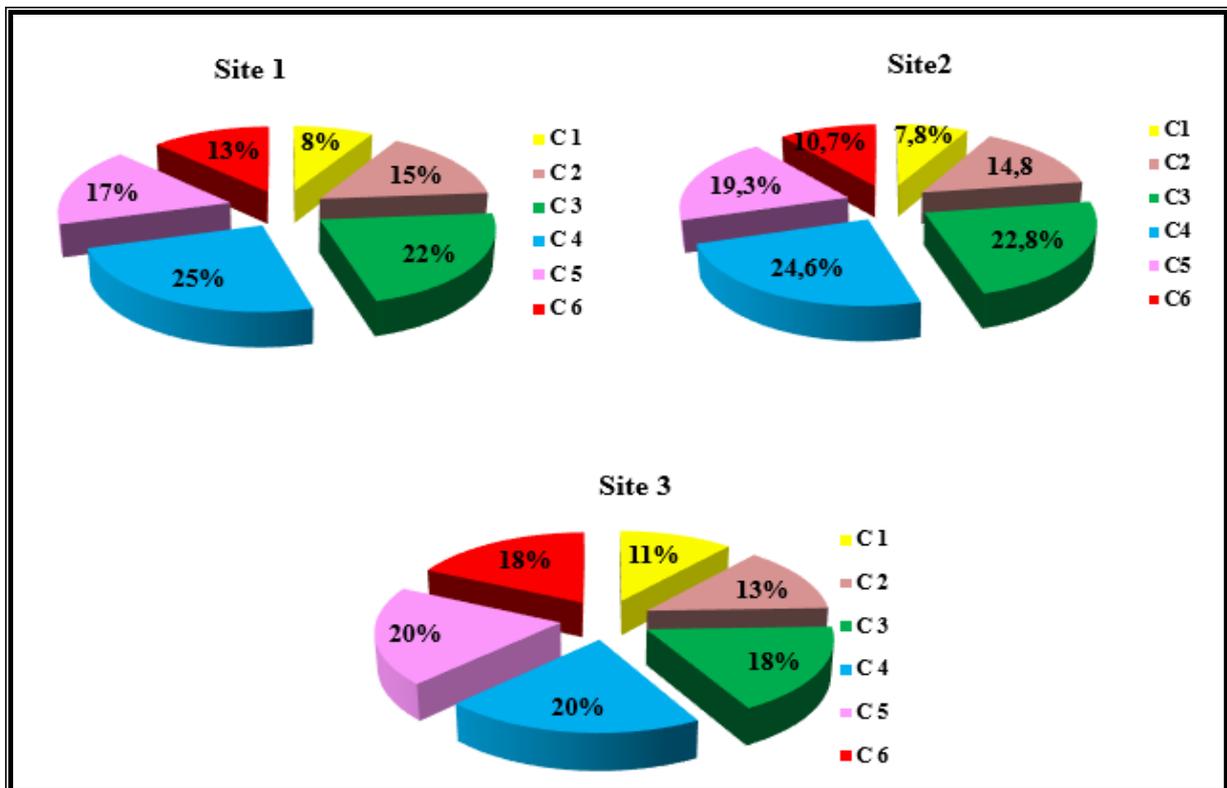


Figure 48 : Contribution spatio-temorelle des abondances relatives aux sites d'étude

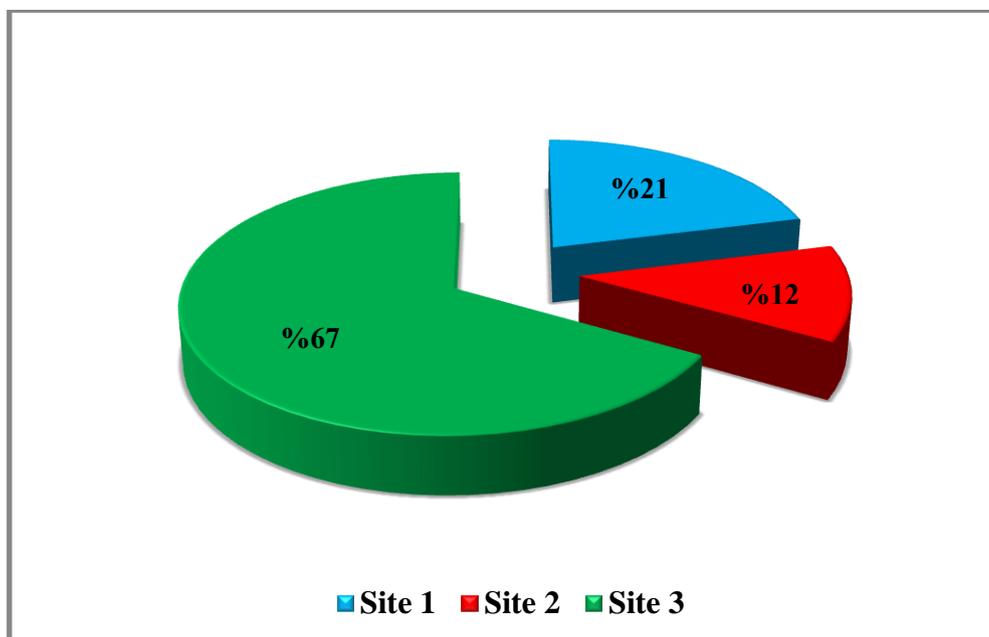
Au niveau de trois sites, l'abondance relative la plus élevée est notée durant la campagne 4, suivie par la campagne 3, qui correspondent aux mois de Mars et Avril, alors que pendant les campagnes 1 et 6, nous avons enregistré l'abondance la plus faible, celles-ci qui correspondent aux mois de février et Mai. Donc, les mois les plus actifs sont ceux où les facteurs du milieu (température, précipitations) sont optimums.

#### IV.2.5.3 L'abondance relative par site

L'abondance des individus entre les stations d'étude est estimée en réalisant la disparité entre les régions et la répartition spatiale de la pédofaune et donc en considérant leur apparence comme un facteur indicatif de la santé du sol.

**Tableau 19** : l'abondance des individus dans les sites d'étude.

Les sites d'étude	Nombre d'individus	L'abondance %
Site 1	1155	21.07%
Site 2	663	12.1%
Site 3	3665	66.84%
<b>Totale</b>	<b>5483</b>	<b>100%</b>



**Figure 49** : Abondance des individus totaux dans chaque site d'étude.

L'abondance la plus élevée est attribuée au site témoin à Sidi Merouane avec 67%, cette proportion est due à la grande richesse biologique qui la distingue (47 espèces et 3665 individus). L'abondance est diminuée aux berges du barrage avec 21%, de sorte qu'on a obtenu 1155 comme effectif total, Tandis que aux berges de Oued Endja on a marqué l'abondance la plus faible (12%) avec 663 individus.

Ces résultats sont influencés par les paramètres physico-chimiques de biotope (pH et CE) où les sols des sites 1 et 2 sont caractérisés par une proportion de salinité et d'acidité qui peut affecter la distribution de la pédofaune, et les conditions climatiques (température, précipitation, humidité..) qui sont instables d'un mois à autre, en effet la saison la plus favorable c'est le printemps qui se distingue par une activité maximale des organismes du sol. Les conditions environnementales dans les berges d'Oued Endja et du Barrage qui connue une contamination probablement liée à la pollution hydrique et terrestre.

#### IV.2.5.4 Indice de diversité et d'équitabilité

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver et la diversité maximale la plus élevée est enregistrée dans le site 03 avec  $H' = 3.42$  bits et  $H'_{max} = 3.85$  bits suivie par celle enregistrée dans le site 01 avec  $H' = 3.04$  bits,  $H'_{max} = 3.13$  bits et la plus faible est enregistrée dans le site 02 avec  $H' = 2.83$  bits,  $H'_{max} = 2.89$  bits. Ces valeurs sont assez fortes traduisant une diversité des espèces. Concernant la diversité de Shannon-Weaver nos résultats sont légèrement élevés à ceux obtenus par (Kaci, 2017) à forêt d'El-Erriche Bouira qui a mentionné des valeurs entre 2.6 et 2.7 bits aussi à ceux de Debassi et Ferhat (2021) à Bir Rogaa Oum el Bouaghi qui ont trouvé des valeurs entre 2.52 et 2.89 bits.

Les valeurs d'équitabilité sont supérieures à 0.5 ( $0.89 < 0.97 < 0.98$ ). Ce qui implique que la régularité est élevée et les effectifs des espèces ont tendance à être en équilibre entre eux (toutes les espèces ont la même abondance). Nos résultats se rapprochent à ceux de Debassi et Ferhat (2021) à Bir Rogaa Oum el Bouaghi qui ont trouvé des valeurs entre 0.8 et 0.9 alors que Kaci (2017) à forêt d'El-Erriche Bouira a trouvé des valeurs entre 0.5 et 0.8.

**Tableau 20** : Variabilité de (H'), (H'max) et de E dans les sites d'étude (S : Richesse spécifique, H' : Indice de diversité de Shannon-Weaver, H' max : Diversité maximale et E: Equitabilité.

	Zone des berges du Barrage	Zone des berges d'Oued Endja	Zone témoin à Sidi Merouane
<b>S</b>	1155	663	3665
<b>H' (bits)</b>	3,04	2,83	3,42
<b>H' max (bits)</b>	3,13	2,89	3,85
<b>E</b>	0,97	0,98	0,89

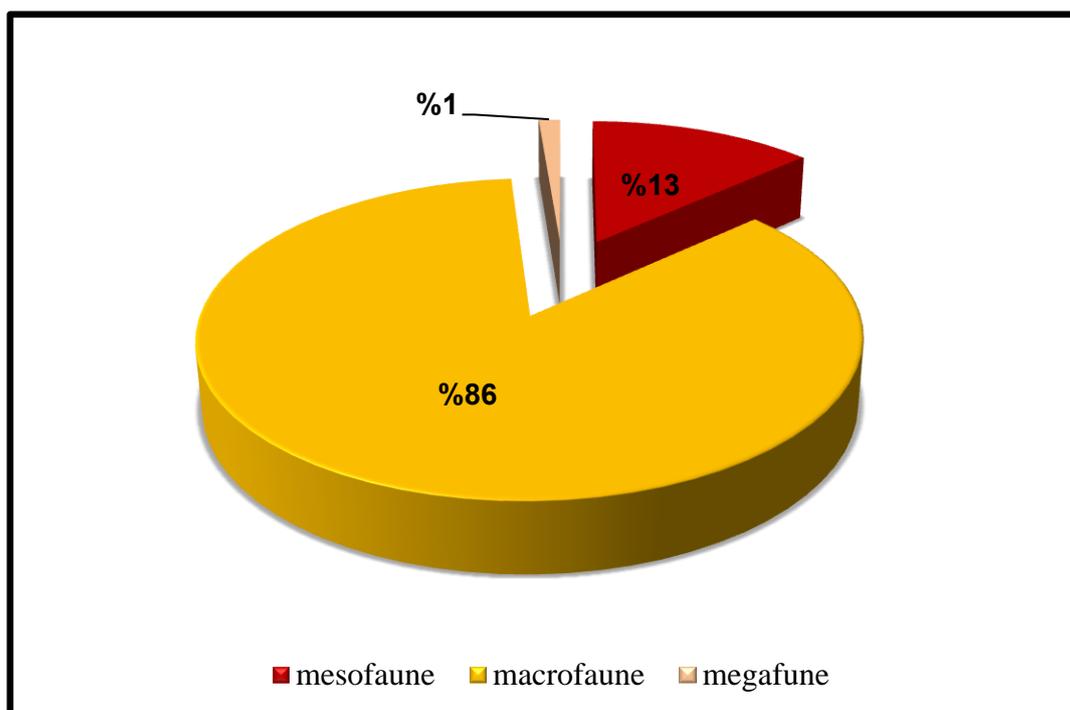
#### IV.2.5.6 Classification morphométrique des individus

Au niveau des trois zones, lors de notre étude, nous avons enregistré la plus grande proportion de macrofaune représentés par 86%, avec 4689 individus répartis en 58 espèces, suivis par la mésofaune avec 13%, où nous avons noté 725 individus répartis en 9 espèces, et le pourcentage le plus faible est lié à la classe de mésofaune avec 1% présentée par 69 individus réparties en 3 espèces.

Les organismes récoltés ont une distribution verticale dans le sol, dont la majorité des individus est distribué dans l'horizon supérieur (environ de 20 cm de profondeur).

**Tableau 21** : Nombre des individus selon leur taille.

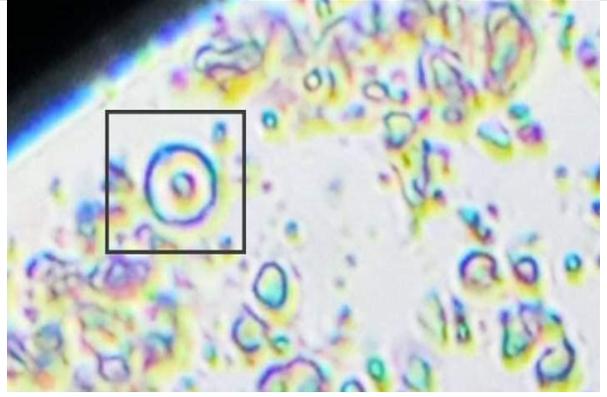
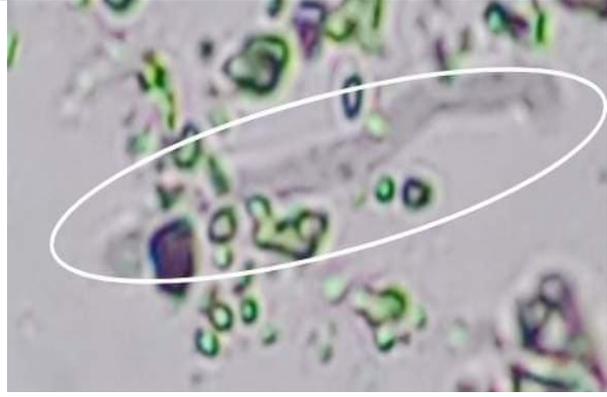
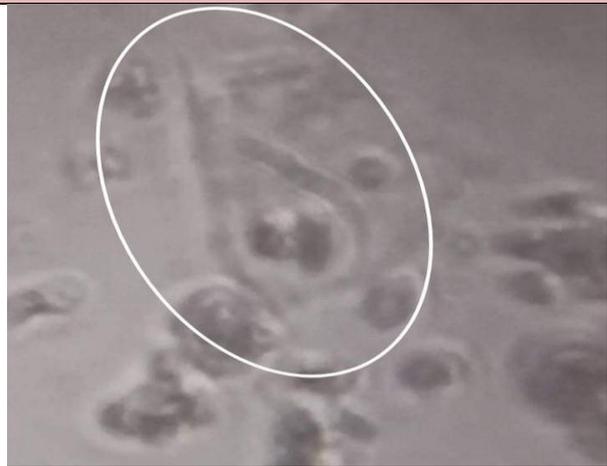
Type de faune	Nombre des individus
Mésofaune	725
Macrofaune	4689
Mégafaune	69
<b>Totale</b>	<b>5483</b>



**Figure 50 :** Contribution des différents types de la pédofaune à la diversité des sols d'étude.

Et à la fin nous exposons dans les tableaux 22 et 23, les photographies des différentes espèces observées lors de cette étude.

Tableau 22 : Photographie de l'observation microscopique.

Les résultats d'observation microscopique	
	
Arcella	Némathode
	
Herpetomonas	Holotriche
	
Les bactéries	Phytoflagellé

Suite au tableau précédant :

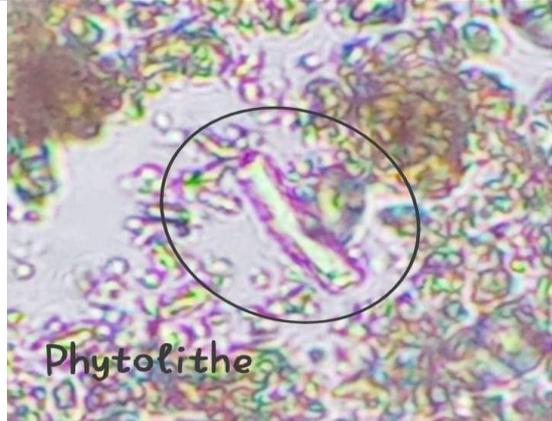
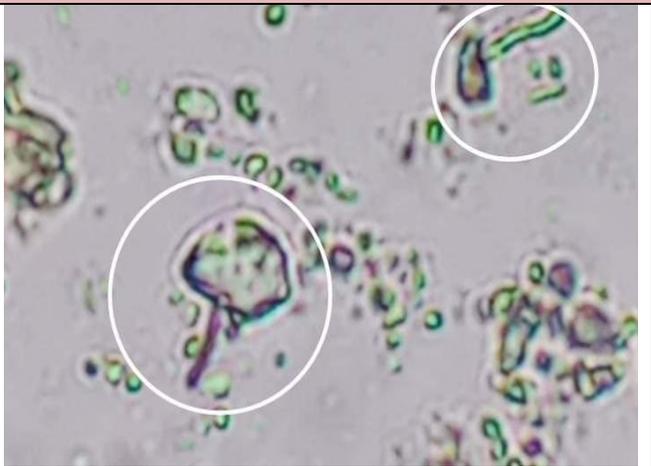
Les résultats d'observation microscopique	
 <p>Phytolithe</p>	
Phytolithe (matière minérale)	Amibe
<p>Amibe</p> <p>Matière minérale</p> <p>Matière organique</p>	
Amibe et matière organique et minérale	Vorticella

Tableau 23 : Photographie des espèces faunistique capturées dans différents sites d'étude.

Liste des espèces capturées		
		
<i>Harpalus rufipes</i>	<i>Alopecosa albofasciata</i>	<i>Ummidia nidulans</i>
		
<i>Blatta orientalis</i>	<i>Arctosa cinerea</i>	<i>Ceruellia virgate</i>
		
<i>Pezotmethis tartarus</i>	<i>Pomatias elegans</i>	<i>Armadillidium vulgare</i>
		
Larve de <i>Phengaris</i>	<i>Rhagonycha nigriventris</i>	<i>Lachnai acapri</i>

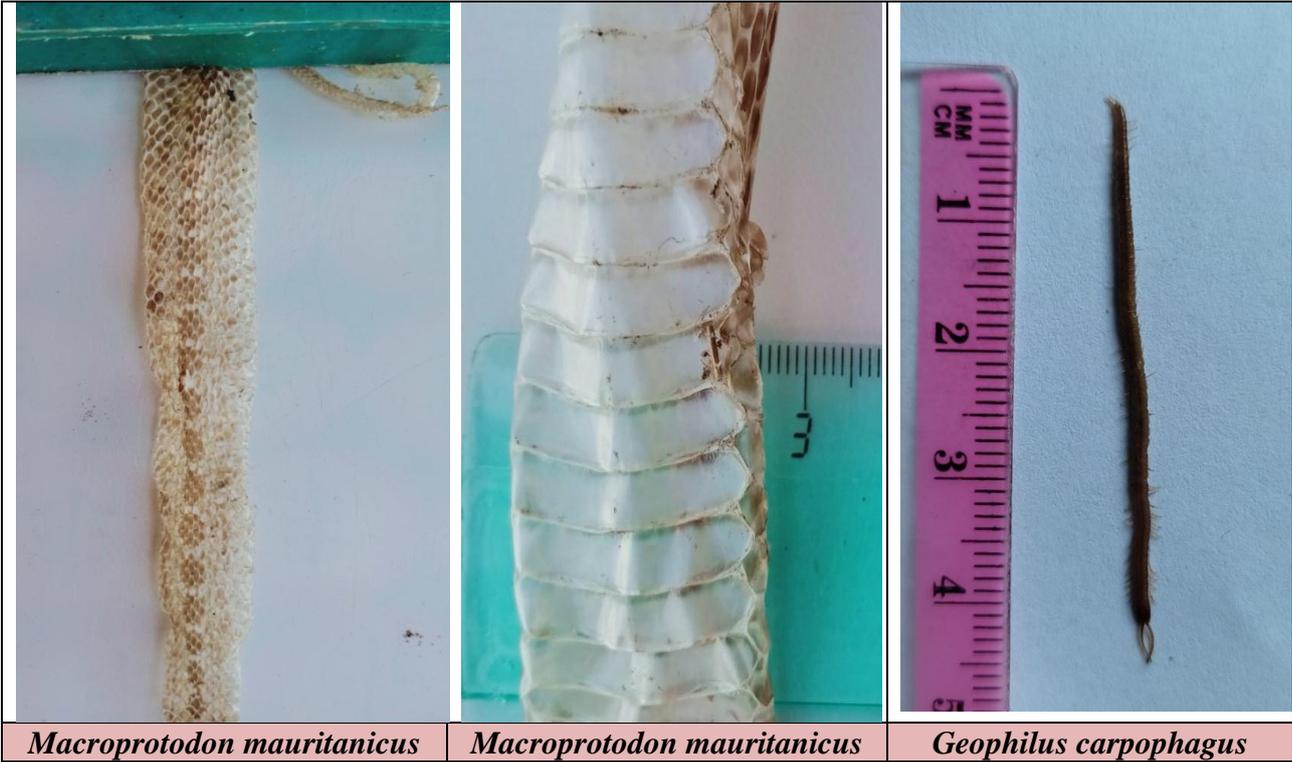
		
<i>Drassodes lapidosus</i>	Larve de <i>Staphylinus</i>	<i>Sitona lineatus</i>
		
<i>Chicobolus spinigerus</i>	Chenille de <i>Lasiocampa</i>	Larve de tabanidae
		
<i>Ectobius vinzi</i>	<i>Stomis pumicatus</i>	<i>Parasteatoda tepidariorum</i>
		
<i>Labidostomis taxicornis</i>	<i>Mitopus morio</i>	<i>Messor barbarus</i>

 <p>A photograph of a centipede, <i>Cryptops anomalus</i>, positioned vertically next to a green ruler. The centipede is brown with many pairs of yellowish legs. The ruler shows markings from 0 to 9 centimeters.</p>	 <p>A photograph of an earthworm, <i>Lumbricus terrestris</i>, on dark soil. The worm is pinkish-brown and curved. A pink ruler is placed vertically to its left, showing markings from 0 to 8 centimeters.</p>	 <p>A photograph of an earthworm, <i>Lumbricus castaneus</i>, on dark soil. The worm is dark brown and curved. A pink ruler is placed vertically to its left, showing markings from 0 to 7 centimeters.</p>
<p><i>Cryptops anomalus</i></p>	<p><i>Lumbricus terrestris</i></p>	<p><i>Lumbricus castaneus</i></p>
 <p>A photograph of a spider, <i>Alopecosa fabrili</i>, on a light surface. The spider is brown and hairy. A green ruler is placed vertically to its right, showing markings from 0 to 2 centimeters.</p>	 <p>A photograph of a lizard, <i>Tarentola mauritanica</i>, on cracked earth. The lizard is grey and black with a striped tail. A pink ruler is placed vertically to its left, showing markings from 0 to 9 centimeters.</p>	 <p>A photograph of a cricket, <i>Eugryllodes pipiens</i>, on a light surface. The cricket is brown and yellow. A green ruler is placed vertically to its left, showing markings from 0 to 3 centimeters.</p>
<p><i>Alopecosa fabrili</i></p>	<p><i>Tarentola mauritanica</i></p>	<p><i>Eugryllodes pipiens</i></p>
 <p>A photograph of an earthworm, <i>Eudrilus eugeniae</i>, on a light surface. The worm is dark brown and curved. A green ruler is placed vertically to its left, showing markings from 0 to 12 centimeters.</p>	 <p>A photograph of an earthworm, <i>Henia vesuviana</i>, on dark soil with dry grass. The worm is dark brown and curved. A pink ruler is placed vertically to its right, showing markings from 0 to 2 centimeters.</p>	 <p>A photograph of an earthworm, <i>Balanus guttulatus</i>, on dark soil. The worm is light brown and curved. A pink ruler is placed vertically to its right, showing markings from 0 to 2 centimeters.</p>
<p><i>Eudrilus eugeniae</i></p>	<p><i>Henia vesuviana</i></p>	<p><i>Balanus guttulatus</i></p>

		
<p><i>Rumina saharica</i></p>	<p><i>Eurycotis floridana</i></p>	<p><i>Ectobius pallidus</i></p>
		
<p><i>Ctenolepisma lineatum</i></p>	<p>Larves de <i>Lucilia sericata</i></p>	<p><i>Helix albescens</i></p>
		
<p><i>Helix aspersa</i></p>	<p><i>Acusta despecta</i></p>	<p><i>Ambigolimax valentianus</i></p>
		
<p><i>Rumina decollata</i></p>	<p><i>Helix pomatia</i></p>	<p><i>Protætia morio</i></p>

		
<i>Coccinella septempunctata</i>	<i>Velleius dilatatus</i>	<i>Forficula auricularia</i>
		
<i>Ocypus olens</i>	<i>Steatoda grossa</i>	<i>Lepisma saccharina</i>
		
<i>Phlegra bresnieri</i>	<i>Amphimallon majale</i>	<i>Helix aspersa</i>
		
<i>Onops pulcher</i>	<i>Thomisus onustus</i>	<i>Loxosceles laeta</i>

		
<p><i>Lithobius variegatus</i></p>	<p><i>Anacridium aegyptium</i></p>	<p><i>Testudo graeca</i></p>
		
<p><i>Lampyris noctiluca</i></p>	<p><i>Theba pisana</i></p>	<p><i>Nezara viridula</i></p>
		
<p><i>Euryopis episinoides</i></p>	<p><i>Antaxius sorrenzensis</i></p>	<p><i>Linepethma humile</i></p>
		
<p><i>Ambigolimax nyctelius</i></p>	<p><i>Hydrochara caraboides</i></p>	<p><i>Trichodes umbellatarum</i></p>



*Macroprotodon mauritanicus*

*Macroprotodon mauritanicus*

*Geophilus carpophagus*

# *Conclusion*



Au cours de ce travail, nous avons étudié la distribution spatiale de la biodiversité du sol au sein de trois sites d'étude. La période d'étude s'est étalée du mois de Février jusqu'au mois de mai 2022. En effet, différentes méthodes d'échantillonnages sont utilisées, celles des pots Barber, de l'appareil de Barlése, de cube de terre, récolte à main et l'observation microscopique, afin de capturer le maximum des espèces de différents types (microfaune, mésofaune, macrofaune et mégafaune).

Ainsi nous avons étudié l'effet du changement du milieu sur la répartition des organismes ; en effet des paramètres physico-chimiques sont effectués pour évaluer la qualité du sol, Nos résultats montrent que le pH des trois sites est généralement neutre, juste quelques points de prélèvement dans les berges du Béni Haroun et d'Oued Endja ont un pH faiblement acide. La conductivité électrique est variée d'un sol à l'autre, dans le site témoin Sidi Merouane le sol est généralement non salé, quant aux berges du barrage et d'Oued Endja le sol est légèrement salé à salé dans quelque points de prélèvements et d'autre points indique la non salinité du sol.

Sur trois sites d'étude, nous avons enregistré au total 5483 individus appartenant à 70 espèces. Le site témoin de Sidi Merouane est le plus diversifié en espèces dont nous avons estimé environ 3665 individus, suivi par les berges du barrage avec 1155 individus, alors que les berges d'Oued Endja n'ont enregistrés que 663 individus. Il est à noter que l'ordre des Hymenoptera est le plus dominant dans tous les sites d'étude, alors que l'espèce la plus dominante est *Messor barbarus* avec 659 individus.

L'indice de Shannon-Weaver appliquées pour les espèces échantillonnées révèle des valeurs de  $H'$  varie entre 2.83 et 3.42 bits. Ces valeurs montrent que les milieux d'étude sont riches en espèces. Les valeur de l'équitabilité appliquée aux espèces échantillonnées pour toute la période d'étude varient entre 0.89 et 0.98 Ce qui implique que les effectifs des espèces échantillonnées ont tendance à être en équilibre entre eux.

Concernant la classification des organismes selon leur taille nous avons enregistré la plus grande proportion de macrofaune représentés par 86%, la mésofaune avec 13% et le pourcentage le plus faible est lié à la classe de mésofaune avec seulement 1%. L'observation microscopique montre une richesse spécifique des microorganismes de divers catégories et divers taille, on trouve dans une goutte de solution sol/eau dizaine des groupes des microfaunes, environ 30 individus ainsi des particules de matière organique et minérale transformées par la microfaune.

On conclut que la répartition des espèces faunistique est surement liée aux paramètres édaphique (pH, conductivité électrique) ainsi aux changements climatique et aux conditions du milieu dont ils vivent. Malgré la forte salinité de certains points de prélèvement dans les berges du Béni Haroun et d'Oued Endja, ainsi que les contaminations anthropiques issues des eaux polluées et des résidus déchargés au sol, nous avons enregistré un nombre important d'organismes, et cela est dû à leur adaptation au milieu dans lequel ils vivent.

# *Références bibliographiques*



**A**

- ❖ **Adl, S.M., Simpson, A.G.B., Lane, C.E., Lukes, J., Bass, D., Bowser, S.S., Brown, M.W., Burki, F., Dunthorn, M., Hampl, V., Heiss, A., Hoppenrath, M., Lara, E., Le Gall, L., Lynn, D., McManus, H., Mitchell, E.A.D., Mozley- Stanridge, S., Parfrey, L.W., Pawlowski, J., Rueckert, S., Shadwick, L., Schoch, C.L., Smirnov, A., Spiegel, F., 2013.** The revised classification of eucaryotes. *The Journal of Eucaryotic Microbiology*, 59(5) : 429-493.
  
- ❖ **Arwyn, J., Luca, M., Alberto O., Martha, B. D., 2011.** La Stratégie Thématique de l'Union Européenne pour la Protection des Sols encourage une utilisation durable du sol.

**B**

- ❖ **Bachelier, G., 1978.** La faune des sols. Son écologie et son action. Initiations Documentations techniques N° 38. O.R.S.T.O.M. Paris. 1<sup>ère</sup> édition. 391 p.
  
- ❖ **Bagnouls, F., et Gaussen, H., 1957.** Les climats biologiques et leurs classifications. *Annales de géographie*. France. Vol. 66. N°355. 193-220 p.
  
- ❖ **Baize, D., 2000.** Guides des analyses en pédologie; 2<sup>ème</sup> édition revue et augmentée. INRA.
  
- ❖ **Baize, D., Jabiol, B., 1995.** Guide pour la description des sols. INRA.
  
- ❖ **Baize, D., Girard, M-C., 1995.** Référentiel Pédologique INRA, Paris. P 335.
  
- ❖ **Barbault, R., 1981.** Ecologie des populations et des peuplements. Ed Masson, Paris. P200
  
- ❖ **Bardgett, R.D., van der Putten, W.H., 2014.** Belowground Biodiversity and Ecosystem Functioning. *Nature* 515 (7528): 505–511.
  
- ❖ **Bayartogtokh, B., 2001.** Tree new soil mites of the genus *Epidamaeus* (Acari, Oribatida, Damaeidae) from Mongolia. *Zoosystema* (France). V. 23 (1), p. 29-49.

- ❖ **Benmicia, N., 2015.** Le tourisme culturel durable et la capacité de charge touristique - le cas du Mila- mémoire pour l'obtention du diplôme de magister en Architecture université d'Aboubakr Belkaid – Tlemcen. p 157.
- ❖ **Berkal, KH., Elouaere, F., 2014.** Inventaire et écologie des oiseaux d'eaux au niveau de barrage de Beni Haroun : saison d'hivernage. Mémoire de Master. Centre universitaire de Mila. 65 p.
- ❖ **Blondel, J., 1979.** Biologie et écologie. Ed. masson, Paris, 173p.
- ❖ **Blum, W.E.H., 1988.** Problems of soil conservation - Nature and Environment No 40, Council of Europe, Stras-bourg.
- ❖ **Bonin, S., 2006.** Cours en pédologie, connaissance des sols-Introduction à la pédologie. 21 p.
- ❖ **Boulbair, N.E., et Soufane, A., 2011.** Evaluation du risque de contamination par les métaux lourds dans l'eau, les sédiments et les poissons du barrage de béni Haroun de la wilaya de Mila. Mémoire du fin d'études. P 22.
- ❖ **Briones, M.J.I., 2014.** Soil fauna and soil functions: a jigsaw puzzle. *Frontiers in Environmental Science* 2: 1–22.
- ❖ **Bruand, A., Cousin, I., Hollis, J et King, D., 2003.** Rôle des propriétés physiques des sols et de leur variabilité spatiale sur les flux d'eau. *Etude et gestion des sols*. Vol., 10, (4), 287-297p.
- ❖ **Brussaard, L., 1998.** Soil fauna, functional groups and ecosystem processes. *Applied Soil Ecology* 9,123 – 135.

## C

- ❖ **Calvet, R., 2003.** Le sol propriétés et fonctions. Tome I; constitution et structure, phénomènes aux interfaces. Ed. Dunod, France Agricole, 455p

- ❖ **Cameron, E.K., Martins, I.S., Lavelle, P., Mathieu, J., Tedersoo, L., Gottschall, F., Guerra, C.A., et al., 2018.** Global Gaps in Soil Biodiversity Data. *Nature Ecology & Evolution* 2 (7): 1042–1043.
  
- ❖ **Camuzard, J.P ., 2005.** le sol un milieu complexe au pouvoir épurateur limité. Endref Paris.
  
- ❖ **CETIC., 2009.** Centre des Techniques de l'Information et de la Communication.
  
- ❖ **Chaude, J et Lecl., RC., 1999.** Ecophysiologie végétale. 283p.
  
- ❖ **Chaussod, R., 1996.** La qualité biologique des sols. Evaluations et implications. Forum « Le sol, un patrimoine menacé ? ». Paris, 24 octobre 1996. Numéro spécial. *Etudes et Gestion des Sols*, 3,4 : 261-278.
  
- ❖ **Chaussod, R., Breuil, MC ., Echairi, A ., Nouaim, R ., Nowak, V., Ranjard, L., 1996.** La qualité biologique des sols : Évaluation et implications p.261.
  
- ❖ **Cheverry, C., et Gascuel, C., 2009.** Sous les pavés, la terre. Connaitre et gérer les sols urbains. *Omniscience, Montreuil*, 485 p.
  
- ❖ **Chossat, P., 2005.** Souvenirs en forme de dictionnaire amoureux. 43p.
  
- ❖ **Clive, EA., 2004.** Earthworm Ecology. CRC Press, 456 p.
  
- ❖ **Cluzeau, D., Pérès, G., Guernion, M., Chaussod, R., Cortet, J., et al., 2009.** Intégration de la biodiversité des sols dans les réseaux de surveillance de la qualité des sols: exemple du programme pilote à l'échelle régionale, le RMQS BioDiv. *Etude et Gestion des Sols*, Association Française pour l'Etude des Sols, , 16 (3-4), pp.187-201.
  
- ❖ **Coineau, Y., 1974.** Introduction à l'étude des microarthropodes du sol. Document pour enseignement pratique de l'écologie. Dept. Zool. IAV Hassan II, Rabat.
  
- ❖ **Costanza, R., Darge, R., et al., 1997.** The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630): 253-260.

- ❖ **Dajoz, R., 2003.** Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 615 p.
- ❖ **Debassi, B., Ferhat, A., 2021.** Contribution à l'Inventaire des Arthropodes Inféodés a la Culture de l'Oignon et de l'Ail dans la Région de Bir Rogaa, Oum El Bouaghi (Nord-Est algérien) mémoire du master Université L'Arbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi. page 49-52
- ❖ **Decaëns, T., 2010.** Macroecological patterns in soil communities. *Global Ecology and Biogeography* 19 (3): 287–302.
- ❖ **Decaens, T., Jimenez, J.J., Gioia, C., Measey, G.J., Lavelle, P., 2006.** The values of soil animals for conservation biology, *Eur. J. Soil Biol.* 42(1):S23-S38.
- ❖ **Delaunois A., 2013.** Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité Chambre d'agriculture du Tarn et INRA de Montpellier. 5-6 pp.
- ❖ **Delaunois, A., 1976.** Travaux pratiques de pédologie générale. pp. 2-86.
- ❖ **Deprince A., 2003.** La faune du sol, diversité, méthode d'étude, fonctions et perspectives – le courrier de l'environnement de l'INRA n 49, pp 123-138. Doc Lavoisier, Paris, 387p.
- ❖ **Doran, JW., Safley, M., 1997.** Defining and assessing soil health and sustainable productivity, In *Biological indicators of soil health.* (eds Pankhurst CE, Doube BM, Gupta WSR), CAB International, NY.pp. 1-28.
- ❖ **Doran, JW., Sarrantonio, M., Liebig, MA., 1996.** Soil health and sustainability. *Advance Agronomy* 56:2-54.
- ❖ **Doran, JW., Zeiss, MR., 2000.** Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology* 15: 3-11.
- ❖ **Douchaufour, P., 2001.** Introduction à la science du sol : sol, végétation, environnement. 6<sup>ème</sup> édition. Dunod.paris.p331.
- ❖ **Douchaufour, P., 1997.** Abrégé de pédologie : Sol, Végétation, Environnement. 5<sup>ème</sup> Ed, MASSON, Paris, 520 p.

- ❖ **Duchaufour, Ph., 1984.** Abrégés de pédologie, paris (FRA) ; Masson Ed. Dunod, Paris. 579 p. Ed. INRA. Paris, 142p.

**E**

- ❖ **Eglin, T., Blanchart, E., Berthelin, J., de Cara, S., Grolleau, G., Lavelle, P., Richaume-Jolion, A., Bardy, M., Bispo, A., 2010.** La vie cachée des sols, MEEDDM, 20pp.
- ❖ **El Alami Idrissi, N., 2014.** La faune du sol: reconnaissance et biologie des principaux groupes 60-65 p.
- ❖ **Eluard, L et Jean, B., 1978.** Manuel d'agriculture générale. Ed, GB BILLIERE. Paris, 33 p.
- ❖ **Emberger, L., 1955.** Une classification biogéographique des climats. Rev. Trac.Bot. Géol.Zool. Scien. Montpellier, France. 343 p.

**F**

- ❖ **Feller, C., 1998.** Un fractionnement granulométrique de la matière organique des sols en 1874. Étude et gestion des sols, **5**, (3): 195-200.
- ❖ **Fitzpatrick, RW., 2002.** Land degradation processes. ACIR Monogr 84:119–129.
- ❖ **Frey, S.D., 2015.**The Spatial Distribution of Soil Biota. In Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry, 4th ed., Academic Press, Elsevier, pp. 223–244.
- ❖ **Frontier, S., Pichod-Viale, D., Leprêtre, A., Davoult, D. et Ch. Luczak., 2004 in Boukhtache., 2010.** Ecosystèmes, Structure, Fonctionnement, Evolution. 3e édition, Ed. DUNOD, Paris, 549 p.

**G**

- ❖ **Gaucher G., 1968-** Traité de pédologie agricole, le sol et ses caractéristiques agronomiques. Pp. 2-97.
- ❖ **Giasson Ph et Jaouich A., 2008.** Les propriétés chimiques du sol. 46p.
- ❖ **Girard M., Walter C., Rémy J., Berthelin J., Morel J., 2005.** Sols et environnements : cours, exercices et études de cas, collection : sciences sup 816 p

- ❖ **Girard, M.-C., Walter, C., Rémy, J.-C., Berthelin, J., Morel, J.-L., 2011.** Sols et environnement-2e édition. Dunod.
- ❖ **Gobat, J.-M., Aragno, M., Matthey, W., 2013.** Le Sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols. Troisième édition revue et augmentée. Presses polytechniques et universitaires romandes, ISBN : p 5-519.

## H

- ❖ **Havlicek, E., 2012.** Soil biodiversity and bioindication: From complex thinking to simple acting. *European Journal of Soil Biology*, 49: 80-84.
- ❖ **Hawksworth, D.L., 2001.** The Magnitude of Fungal Diversity: The 1.5 Million Species Estimate Revisited. *Mycological Research* 105 (12): 1422–32.
- ❖ **Heller, R., Esnault, R et Tance, C., 1993.** *Physiologie végétale*. 5e Ed. MASSON M, Paris. 294p.
- ❖ **Henin, S., 1990.** Sol- agronomie-environnement, Ed, ORSTOM, Paris, 189p.
- ❖ **Heywood, V.H., 1995.** *Global Biodiversity Assessment*. United Nations Environment Programme. Cambridge University Press, Cambridge, pp. xi + 1140.

## J

- ❖ **Jamange, M., 1967.** Bases et technique d'une cartographie des sols, vol: 18, n° Hors-série.

## K

- ❖ **Kaci, H., 2017.** Contribution à l'étude de la faune d'un sol forestier (région de Bouira) mémoire du master université d'Akli Mohand Oulhadj Bouira. Page 28-43.
- ❖ **Karlen, DC, Mausbach, MJ, Doran, JW, Clire, RG, Harris, RF, Schuman, GE., 1997.** Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of American Journal* 61:4-10.
- ❖ **Kholladi, M., kholladi. M.N., (2009).** *Système d'aide à la classification des sols*. Université Mentouri – Constantine.

- ❖ **Koudenoukpo, CZ., Chikou, A., Togouet Zebaze, S.H, Mvondo, N., Hazoume, R.U.S., Houndonougbo, P.K., Mensah, G.A et Laleye, P.A., 2017.** Zooplanctons et Macroinvertébrés aquatiques : vers un assemblage de bioindicateurs pour un meilleur monitoring des écosystèmes aquatiques en région tropicale. *International Journal of Innovation and Applied Studies* , 20 (1) 276-287.

### L

- ❖ **Lal, R., 1993.** Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality, and sustainability. *Soil Tillage Res* 27:1–8
- ❖ **Lambert, J., 1975.** Analyse du sol Alger-1. Ed. I. N. A. EL Harrach, 113p.
- ❖ **Larson, W.E. and Pierce, F.J., 1994.** The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: *Defining soil quality for a sustainable environment*. Soil Science Society America Special Publication No. 35. Eds. J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezedick and B.A. Steward (American Society of Agronomy: Madison, WI) pp. 37–51.
- ❖ **Lavelle, P. et Spain A.V., 2001.** Soil ecology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 654p.
- ❖ **Lavelle, P., Bignell, D., et al., 1997.** Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology* 33(4): 159-193.
- ❖ **Leyval, C., Berthelin, J., Florentin, L., Morel, J.L., Schwartz, C., 1999.** Le point de vue du pédologue: le sol, une ressource négligée en milieu urbain, in: Barles, S., Bresse, D., Guillerme, A., Leyval, C. (Eds.), *Le Sol Urbain*. Collection Villes, Paris, pp. 129–142.

### M

- ❖ **Mahmoud, KH., 2010.** Caractérisation hydrodynamique des sols en vue d'une recherche des conditions de reconstitution de parcelles d'infiltration. Stage de master de recherche en sciences et techniques des environnements urbains (Ecole Centrale de Nantes), p 16-18.
- ❖ **Mathieu, C et Pielain, F., 2003.** Analyse chimique des sols : Méthodes choisies. Ed.

- ❖ **Mebirouk, O., 2014.** Étude du mode de tolérance de *Thymus algeriensis* et *Artemisia herba alba* aux sols métallifères dans la zone minière du Djebel Hamimat (Oum el Bouaghi) présenté pour obtenir le diplôme de magister en écologie et environnement université Mentouri de Constantine 1 p 5-6.
- ❖ **Metallaoui, S., 2010.** Ecologie de l'avifaune aquatique hivernante dans garaet hadj-taher (Numidie occidentale, nord- est de l'Algérie). Thèse de doctorat. Université d'annaba. 170 p.
- ❖ **Mission, D.A.R., 2005.** (Groupe de Travail – GT6), Développement Agricole et Rural.
- ❖ **Mohamadi, A., Djoubar, H., 2021.** Caractérisation des sols de la zone de Magra (M'Sila) Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master Académique ,5-16 p.
- ❖ **Morel, R., 1986.** Les sols cultivés. Lavoisier.1ère édition. Paris. pp. 21-64.
- ❖ **Mrabet R., Lahlou S., LE Bissonnaise Y et Odile D., 1994.** Estimation de la stabilité structurale des sols semi-arides Marocains. Influence des techniques culturales simplifiées. P 405-415.

## N

- ❖ **Nahrath, S., 2000.** Screening historique des regimes institutionnels de la ressource sol (1870-2000). Working paper de l'IDHEAP 5/2000. UER: Politiques publiques et environnement. 131 pp.
- ❖ **Nikiforoff, C-C., 1938.** Soil Organic Matter and Soil Humus p.931.

## O

- ❖ **Oldeman, L.R., R.T.A. Hakkeling and W.G. Sombroek., 1991.** World Map of the Status of Human-induced Soil Degradation: An Explanatory Note, second revised edition. ISRIC/UNEP, Wageningen.
- ❖ **Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J-L., De Deyn, G.B., et al., 2015.** Soil Biodiversity Atlas. Luxembroug, Luwembourg: Publications Office of the E.U.

**P**

- ❖ **Pesson, P., 1971.** La vie dans les sols Aspects nouveaux études expérimentales. Gauthier Villars (Ed), 471p.
- ❖ **Ponge, J.F., 1983.** Les collemboles, indicateurs du type d'humus en milieu forestier. Résultats obtenus au sol de Paris. Acta Ecologica. Gener, 4(4), 359-374.
- ❖ **Prevost, P., 2006.** Les bases de l'agriculture. 3e Ed. TEC – DOC, Lavoisier, 290p.

**R**

- ❖ **Ramade, F., 1984.** Eléments d'écologie fondamentale. Ed. mc. Graw hill, Paris, 397 p.
- ❖ **Ramade, F., 2008.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. DUNOD, Paris, France. 1, 181-182, 145, 546, 647p.
- ❖ **Ramade, F., 2003.** Eléments d'écologie-Ecologie fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 690p.
- ❖ **Rebberge, W., 1964.** Etude géo pédologique-partie générale-géologie, méthodologie.
- ❖ **Ruellan, A., 2010.** Des sols et des hommes. Un lien menacé IRD Editions. Marseille. P 28.
- ❖ **Ruiz, N ., Lavelle, P ., Jimenez , J., 2008.** soil macrofauna field manual.

**S**

- ❖ **Sadaka, L.N., Ponj, J.F., 2000.** Influence du stade de decomposition des feuilles des chênes verts sur la biologie d'Onychivrus sinensis Stach (Collembola : Onychivridae). European Journal of soil biology. V. 36 (2), p. 97-105.
- ❖ **Satanuszek, S., 2001.** Role of epigerc macroarthropod predators in the regulation of abundabce and biomass of saphrophagous nemathod son grass litter of meadow. Polish journal of Ecology (Poland). V. 49 (1), p. 45-57.
- ❖ **Soltner, D., 1992.** Les Bases De La Production Végétale. Tome 1 : Le Sol. Collection Sciences Et Techniques Agricoles, 19è Edition, Sainte Gemmes Sur Loire.

- ❖ **Soltner, D., 2005.** Les bases de la production végétale, tome 1 : le sol et son amélioration, collection : sciences et techniques agricoles. 472
- ❖ **Soltner, D., 2000.** Les bases de production végétale. Le sol – le climat – la plante. Tome I : Le sol et son amélioration. 22e édit. Collection sciences et technique agricole, 472p.
- ❖ **Soltner, D., 2005.** Les bases de la production végétale –le climat-la plante. 21ème Edition Sciences et techniques agricoles. 111 p.

**T**

- ❖ **Tedersoo, L., Bahram, M., Polme, S., Koljalg, U., Yorou, N.S., Wijesundera, R., Ruiz, L.V., et al., 2014.** Global Diversity and Geography of Soil Fungi. *Science* 346: 1078-1088.
- ❖ **Topp, G.C., Reynolds, W.D., Cook, F.J., Kirby, J.M. and Carter, M.R., 1997.** Physical attributes of soil quality. In: *Soil quality for crop production and ecosystem health*. Vol. 25. Eds. E.G. Gregorich and M.R. Carter (Elsevier: Ottawa, ON) pp. 21–58.
- ❖ **Torsvik, V., Øvreås, L., Thingstad, T.F., 2002.** Prokaryotic Diversity--Magnitude, Dynamics, and Controlling Factors. *Science* 296: 1064–1066.

**U**

- ❖ **UNEP., 1992.** World atlas of desertification. United Nations Environment Programme. Edward Arnold,Nairobi/London
- ❖ **USDA-NRCS., 1996.** Properties, classification and manegment of oxisols.
- ❖ **USSL., 1954.** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *US Department of Agriculture* pp. 65-95.

**W**

- ❖ **Wallace, A., Terry, R.E., 1998.** Soil conditioners, soil quality and soil sustainability. In: Wallace, A., Terry, R.E. (Eds.), *Handbook of Soil Conditioners*. Marcel Dekker, New York, NY, pp. 1 – 41.

**Y**

- ❖ **Yaalon, D-H et Berkowicz., S 1997.** History of Soil Science p.36.

*Sites web*

[www.agrculture-de-conservation.com](http://www.agrculture-de-conservation.com)

[www.fao.org/soils-2015.org](http://www.fao.org/soils-2015.org)

<http://www.friendsofsylvania.org/soil.html>

[www.biofertilisants.fr](http://www.biofertilisants.fr)

<https://www.marieclaire.fr>

<https://jardinage.ooreka.fr>

<https://www.preventimmo.fr>

<https://tice.svt.free.fr>

<https://quelestcetanimal-lagalerie.com>

<https://www.papillon-poitou-charentes.org/-identification-des-chenilles.html>

<https://exterminationprotech.ca>

## Thème

### DISTRIBUTION SPATIALE DE LA BIODIVERSITE DU SOL

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Protection des Ecosystèmes

#### Préparé par :

- Lekcir Karima
- Simoud Soumia

#### Devant le jury :

**Président :** Melle Kadech Lilia

MCB C.U. Abelhafid Boussouf-Mila

**Examinatrice :** Mme Djeddi Hamssa

MCB C.U. Abelhafid Boussouf-Mila

**Promotrice :** Melle Kherief Nacereddine Saliha

MCB C.U. Abelhafid Boussouf-Mila

## Résumé

Le sol est une usine naturelle de la vie, où se reproduisent des milliers des organismes vivants interagissent entre eux. La pédofaune du sol joue un rôle essentiel au sein de ce complexe écosystème, améliore son fonctionnement et représente un bioindicateur de la qualité du sol. Dans un cadre expérimental, notre étude a pour objectif de faire un inventaire de pédofaune dans trois stations, aux berges du Barrage de Béni Haroun, berges d'Oued Endja et un site témoins à Sidi Mérouan. Au-delà la population des organismes du sol peut être influencée par le climat et les variabilités météorologiques et les Propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols, de tels changements peuvent réduire la composition et la distribution du pédofaune, en prend compte au débat sur la contamination des berges en amont et en aval. Pour atteindre ce but on a effectué des analyses au laboratoire et calculer des indices biologiques afin d'évaluer la biodiversité. Les résultats ont révélé, presque une neutralité des trois sols en pH, et une proportion considérable de salinité pour les sols des stations 01 et 02. D'autre part, la richesse spécifique totale qu'on a noté est égale à 5483 individus descendants de 70 espèces, dont la majorité 67% répartie au station 03 (neutre), 21% au station 01 et le plus faible taux 12% au station 02 dont l'espèce dominante est Messor barbarus, là où nous avons noté le pourcentage le plus élevé de prélèvement dans les compagnes 03 et 04 concernant la saison du printemps. Ainsi les indices de Shannon-weaver H' et d'équitabilité E indique une richesse relativement importante et une régularité élevée des espèces dans les trois stations. Comme mesure morphométrique, la macrofaune présente la majeure partie (86%) du pédofaune récolté dans notre étude.

**Mots clés :** Biodiversité, pédofaune, indices biologique, espèces dominante, sol.

Année Universitaire : 2021/2022

