

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement
supérieur

et de la recherche scientifique

Université Chadli Bendjedid

El Tarf

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة شاذلي بن جديد

الطارف



جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

Faculté des Sciences de la Nature
et de la Vie

كلية علوم الطبيعة والحياة

Département de Biologie

قسم البيولوجيا



Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche

« Toxicologie fondamentale et appliquée »

THÈME

**Toxicité comparée de deux métaux lourds chez un cas de Myriapode Chilopode
au niveau de la région d'El Taref(Nord Est Algérie)**

Soutenu le : 15/ 06/ 2026

Présenté par :

»Bounasri Aicha «

»Bouksiba Hanane «

Devant le jury composé de :

Dr REKIOUA NAWEL

MCA

présidente

UCBET

Dr BOUKHATEM AMEL

MCB

Examinatrice

UCBET

Dr BOUKACHABIA ALIMA

MCA

Promotrice

UCBET

Année Universitaire 2025_2026

& Remerciment &

Avant tout, nous remercions Dieu le Tout-Puissant qui a illuminé notre chemin et nous a accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour accomplir ce modeste travail, dont la grâce nous a accompagnées à chaque étape de notre parcours universitaire. Louange à Dieu pour ses innombrables bienfaits et pour son soutien dans les moments de fatigue et de difficulté. Sans sa miséricorde et son aide, nous n'aurions jamais pu atteindre cette étape ni réaliser cet accomplissement que nous espérons être un bon début pour notre avenir scientifique et professionnel. Dieu merci.

Nos remerciements vont tout particulièrement à "**Mme Boukachabia Alima**", Docteur au département de Biologie à l'université Chadli Bendjedid d'El Tarf, pour avoir accepté de nous encadrer, pour sa patience, ses précieux conseils, son soutien et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions chaleureusement "**Mme REKIOUA Nawel**", Maître de conférences à l'université Chadli Bendjedid d'El Tarf, qui nous a fait l'honneur de présider ce jury par son aimable présence.

Nous remercions également "**Mme BOUKHATEM Amel**", Maître de conférences à l'université Chadli Bendjedid d'El Tarf, d'avoir accepté de faire partie de ce jury et d'évaluer ce modeste travail.

Enfin, nous remercions toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

& Dédicace &

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui ont été une source de soutien, d'encouragement et de motivation tout au long de mon parcours universitaire.

À mes très chers parents, pour leur amour, leurs sacrifices, leurs prières et leur présence constante à mes côtés. Aucun mot ne pourra exprimer toute ma reconnaissance et mon respect envers eux.

Plus particulièrement à ma chère maman, qui a toujours été mon refuge dans les moments difficiles, celle qui m'a soutenue avec patience, tendresse et courage, et qui a sacrifié énormément pour mon bonheur et ma réussite. Merci pour chaque effort, chaque conseil, chaque prière et chaque larme versée pour me voir réussir. Que Dieu te protège et te garde pour moi.

À mes chers frères "Hamdi ,Midou" et " ma sœur ilham", pour leur soutien, leur affection et les beaux moments partagés ensemble.

Et à ma chère amie "Douaa", qui a toujours été présente à mes côtés par ses encouragements, son écoute et sa gentillesse durant les moments difficiles et les moments de joie.

Et enfin, à moi-même, pour avoir tenu bon malgré les difficultés, pour ma persévérance, ma patience et ma volonté de ne jamais abandonner, même dans les moments les plus difficiles.

À tous ceux que j'aime, je dédie ce travail avec tout mon respect et mon affection.

Aicha

& Dédicace &

Ces quelques lignes me permettent d'exprimer ma gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

À mes chers parents, particulièrement à ma chère mère, pour son amour, son soutien, ses sacrifices et ses prières qui m'ont accompagnée tout au long de mon parcours.

À ma sœur Imane et à mes frères Wahid et Karim, pour leur affection, leur présence et leurs encouragements.

À mes deux grands-mères, maternelle et paternelle, que Dieu ait leur âme. Leur amour et leurs prières resteront à jamais gravés dans mon cœur.

À mon cher grand-père Abd El Hamid, pour sa bienveillance, son soutien et ses précieuses prières.

À mes chères amies Malak, Safoua , Nour, Amani et Roukaya pour leur amitié sincère, leur soutien et les beaux moments partagés.

Enfin, je dédie ce modeste travail à moi-même, pour ma patience, ma persévérance et tous les efforts fournis afin de réaliser ce rêve.

Merci à tous d'avoir été ma force et mon inspiration.

Hanane

Liste de tableau

Tableau	Titre	Page
01	Données climatiques du site d'El Tarf durant les mois d'étude (PC : paramètres climatiques).	30
02	Teneurs totales en Cadmium ($\mu\text{g/g}$ de terre) dans le sol du site (d'El Tarf) durant la saison d'étude ($m \pm s, n=4$).	31
03	Concentration en Cadmium ($\mu\text{g/g}$ de poids sec) dans le corps Scolopendra morsitans. Récoltée à partir du site (El Tarf) durant la saison de récolte ($m \pm s, n=4$)	32
04	Teneurs totales en plomb ($\mu\text{g/g}$ de terre) dans le sol des deux sites (El Tarf) durant la saison d'étude ($m \pm s, n=4$)	33
05	Concentrations en Plomb ($\mu\text{g/g}$ de poids sec) dans le corps de Scolopendra morsitans. Récoltée à partir des deux sites (El Tarf) durant la saison de récolte ($m \pm s, n=4$).	34

Liste de figure

Tableau	Titre	Page
01	Découpage administratif de la wilaya d'El Tarf.	08
02	Localisation du site d'étude (El Tarf).	09
03	Scolopendra morsitans (Avril 2026)	15
04	Evaluation du pH de la zone d'étude.	28
05	Composition granulométrique de la station d'étude.	29
06	Teneurs totales en Cadmium ($\mu\text{g/g}$ de terre) dans le sol du site (El Tarf) durant la saison de récolte ($m \pm s$, $n=4$).	31
07	Concentrations en Cadmium ($\mu\text{g/g}$ de poids sec) dans le corps de <i>Scolopendra morsitans</i> récoltée à partir du site (El Tarf) durant la saison de récolte ($m \pm s$, $n=4$).	32
08	Teneurs totales en Plomb ($\mu\text{g/g}$ de terre) dans le sol du site (El Tarf) durant la saison de récolte ($m \pm s$, $n=4$).	33
09	Teneurs totales en Plomb ($\mu\text{g/g}$ de poids sec) dans le corps de <i>Scolopendra morsitans</i> récolté à partir du site (El Tarf) durant la saison de récolte.	34

Table des matières

& Introduction &	1
& Matériel et Méthodes &	7
2. Matériel et Méthodes.....	8
2.1. Description des sites d'étude	8
2.1.1. Présentation du site d'El Tarf:	8
2.1.2. Description du site d'étude.....	8
2.2 Analyse du sol du site d'étude.....	9
2.2.1. Détermination du pH du sol.....	10
2.2.2. Granulométrie	10
2.2.3. Structure du sol.....	10
2.2.4. Facteurs abiotiques	11
2.2.5. Classification de la faune du sol.....	12
2.6. Rôle de la faune du sol	13
2.3. Récolte du matériel biologique.....	14
2.3.1. Méthode d'échantillonnage	14
2.4. Toxicité environnementale	15
2.4.1. Présentation du matériel biologique.....	15
2.4.1.1. <i>Scolopendra morsitans</i>.....	15
2.4.1.2. Position systématique.....	16
2.4.1.3. Anatomie externe	16
2.4.1.4. Anatomie interne.....	17
2.4.1.5. La reproduction chez les Scolopendres	18
2.4.1.6. Cycle de reproduction.....	20

2.4.1.7. Habitat	21
2.4.1.8. Comportement social et de défense	22
2.5 Description des différents éléments traces métalliques (ETM).....	22
2.5.1 Le plomb	23
2.5.2 Le cadmium	23
2.5.5 Distribution dans l'espace des polluants	23
2.6. Dosage des éléments traces métalliques (ETM).....	24
2.6.1. Dosage des éléments traces métalliques (ETM) dans le sol	24
2.7. Analyse statistique :	26
& Résultats &	27
3. Résultats	28
3.1. Analyse physico-chimique du sol	28
3.1.1. Analyse chimique du (pH) de la station d'échantillonnage	28
3.1.2. Analyse Granulométrique du sol des sites d'échantillonnage.....	28
3.1.3. Etude Climatique	29
3.3. Détermination des teneurs totales en ETM dans le sol et dans l'organisme d'une <i>Scolopendra morsitans</i> récoltée à partir du site d'étude.....	30
3.3.1. Détermination des teneurs totales en Cadmium (µg/g) dans le sol et dans l'organisme de <i>Scolopendra morsitans</i> récoltée à partir du site d'étude.	30
3.3.1.1. Détermination des teneurs totales en Cadmium (µg/g de terre) dans le sol du site d'étude..	30
3.3.1.2. Détermination des Concentrations en Cadmium (µg/g du poids sec) dans l'organisme de <i>Scolopendra morsitans</i> récoltée à partir du site d'étude au cours de la saison de récolte.....	31
3.3.3. Détermination des teneurs totales en Plomb (µg/g) dans le sol et dans l'organisme de <i>Scolopendra morsitans</i> récoltée à partir du site d'étude.	33
3.3.3.1. Détermination des teneurs totales en Plomb (µg/g de terre) dans le sol du site d'étude.....	33

3.3.3.2. Détermination des Concentrations en Plomb ($\mu\text{g/g}$ du poids sec) dans l'organisme de <i>Scolopendra morsitans</i> récolté à partir du site d'étude au cours de la saison de récolte.....	34
<i>& Discussion &</i>	35
<i>& Conclusion et perspectives &</i>	38
6.Résumé	Error! Bookmark not defined.
7.Références bibliographiques	45

& Introduction &

1.introduction

Les écosystèmes naturels constituent des systèmes complexes et dynamiques où interagissent différents éléments biologiques, chimiques et physiques. Ces interactions assurent le maintien de l'équilibre écologique et permettent le bon fonctionnement des milieux naturels. Cependant, cet équilibre peut être perturbé par plusieurs facteurs, notamment les activités humaines qui contribuent à l'introduction de diverses substances polluantes dans l'environnement (Ramade, 2007; Walker *et al.*, 2012).

La prise de conscience et les préoccupations croissantes concernant l'impact de la pollution sur la vie et la santé humaine ont suscité l'intérêt des chercheurs pour caractériser et surveiller la qualité des milieux (Nica *et al.*, 2012). La surveillance de l'environnement est définie comme une série dans le temps de mesures physiques, chimiques et/ou variables biologiques, conçue pour répondre à des questions sur le changement de l'environnement (Lovett *et al.*, 2007).

Le sol est également un écosystème à part entière réunissant une quantité et une variété immense d'organismes vivants; Ces derniers remplissent des fonctions écologiques essentielles. Le sol est caractérisé par différents facteurs microbiologiques, physiques, chimiques et mécaniques, il est donc le support d'une activité biologique intense. Il en résulte que le sol est une ressource essentielle pour les sociétés humaines et les écosystèmes : une ressource économique pour la production alimentaire en étant à la base de 90% de l'alimentation humaine et animale, et comme un support de toute activité humaine. Le sol étant à des pressions de plus en plus importantes (production agricole, développement urbain et industriel, problèmes environnementaux naturels...). En effet, l'activité humaine produit de nombreux polluants de nature différente, qui résultent par conséquent plusieurs types de pollutions: physiques, chimiques, biologiques. La pollution du sol a comme origines principales : les activités agricoles via les engrais, les pesticides et les pratiques et la pollution atmosphérique. En fait, les polluants atmosphériques ne séjournent pas indéfiniment dans l'air. Les précipitations et les mécanismes de dépôt sec des particules les ramènent à la surface du sol.

La qualité d'un sol, (Eijsackers, 1983) peut être défini comme le système des caractéristiques abiotiques et biotiques qui assurent le fonctionnement de l'écosystème du sol. Ces caractéristiques doivent par conséquent, posséder un certain minimum au dessus du quel la qualité d'un sol variera en fonction de la phase de succession et du type d'écosystème du sol. Un sol est considéré pollué lorsque la dégradation de sa qualité par l'apport anthropique d'élément toxique peut porter atteinte à la santé humaine ou/et à l'environnement.

La présence d'un polluant dans le sol n'est pas un danger. Le risque apparaît dès que ce polluant peut être mobilisé et agit sur l'environnement (faune, flore) ou sur l'homme (Dubey et Dwividi, 1988).

La biodiversité s'exprime par la diversité génétique, la diversité des espèces et la diversité des écosystèmes. Son maintien nécessite que les êtres vivants disposent de conditions favorables aux différentes étapes de leur cycle de vie (migration, reproduction, abri, zones de chasse...), et notamment d'habitats naturels adéquats. C'est le lien écologique qui relie entre eux ces différents habitats vitaux pour toutes les espèces. En outre, avec l'urbanisation et l'augmentation du trafic routier, ces habitats et ces corridors tendent à disparaître ou à être perturbés dans leur bon fonctionnement. Résultant un déséquilibre dans ce bon fonctionnement naturel ; la pollution entre en jeu, et en force même.

L'homme à travers ses diverses activités constitue le principal facteur de dégradation de cette biodiversité. Ces activités sont entre autres le défrichement, le prélèvement des ressources biologiques, le surpâturage, les feux de brousse, la pollution, l'exploitation du sol et du sous-sol, l'extension de l'habitat, etc. Cette provocation vers le déluge de la biodiversité naturelle, est accumulée chez s'est invertébrés ; et cette accumulation de matière organique sur une zone bien localisée dans un terrain, est un indice pratiquement certain d'un dépôt de polluant (de quelque nature qu'il soit). Des outils de détection précoce de la pollution peuvent donc être mis au point, impliquant l'observation directe de la forme d'humus sur le terrain et des tests rapides au laboratoire, avant même que des dosages et des manipulations plus lourdes soient effectuées.

La faune du sol constitue l'essentiel de la biomasse et de la biodiversité animale présente dans les écosystèmes terrestres (Wall *et al.*, 1999). Ces organismes possèdent des caractéristiques génétiques uniques et appartenant à des niveaux trophiques différents, et remplissent chacun des fonctions écologiques essentielles (Ghilarov, 1977 ; Giller, 1996). La richesse et l'abondance de la pédofaune sont contrôlées par des facteurs régionaux tels que les conditions climatiques, l'altitude, le type de végétation (Toutaine, 1987 ; Bernier, 1996 ; Grossi et Brun, 1997 ; Materna, 2004), ainsi que par des facteurs locaux tels que le type d'humus, le pH, l'humidité, la constitution chimique du sol et le degré d'anthropisation (Ponge, 1993 ; Paquin et Coderre, 1997 ; Feener et Schupp, 1998 ; Birdet *al.*, 2000 ; Lorangeret *al.*, 2001 ; Kuznetsova, 2002 ; Maguraet *al.*, 2003 ; Scheuet *al.*, 2003 ; Cassagneet *al.*, 2003 ; Ponge *et al.*, 2004).

La faune du sol et sa diversité sont largement reconnus pour leur participation aux processus physiques, chimiques et biologiques impliquée dans le fonctionnement et l'évolution des sols naturels (Barrios, 2007 ; Lavelle *et al.*, 2006). C'est un milieu biologique différencié en horizons d'épaisseur variable où se développe une activité intense des plantes, des animaux et des bactéries qui par leurs actions, agissent sur le sol pour un bon équilibre (Deprince, 2003).

Les éléments métalliques, même essentiels, peuvent devenir toxiques s'ils sont présents en quantités excessives dans le milieu naturel et absorbés massivement par l'organisme. Le seuil de toxicité varie en fonction des éléments et de la physiologie des organismes. Les métaux essentiels peuvent également affecter les performances (croissance, reproduction) d'un organisme en cas de carence (Gimbert, 2006).

Ces éléments métalliques sont des substances naturellement présentes dans la biosphère (roches, minerais, eau). Les métaux essentiels sont indispensables au bon fonctionnement des organismes, certains sont considérés comme majeurs alors que d'autres, les éléments traces, sont présents en quantité beaucoup plus faible dans les organismes (Hopkin, 1989). Les éléments traces métalliques (ETM) sont présents à différents niveaux de la croûte terrestre. Les concentrations moyennes d'ETM rencontrées dans les sols se trouvent dans une gamme allant de moins de 0,01 à plus de 1 500 mg par kg de sol mais peuvent dépasser 50 à 70 g dans les sols métallifères (Alloway, 1995 reporté par Gardea-Torresdey et al., 2005).

Les ETM dans les sols proviennent de différentes sources. Les ETM endogènes sont hérités du matériau parental, redistribués par les processus de pédogénèses et constituent le fond pédogéochimique (Baize, 1997). La concentration naturelle de ces éléments dans les sols varie selon la nature de la roche, sa localisation, son âge et de la nature de l'élément (Gimbert, 2006). Les ETM exogènes peuvent être d'origine naturelle (érosion, émissions volcaniques, feux de forêt) (Garrett, 2000) ou anthropiques (Senesi et al., 1999). Trois principaux types de pollutions anthropiques sont responsables de l'augmentation des flux de métaux :

- La pollution industrielle qui émet dans l'environnement (air, sol, eau) de nombreux ETM provenant principalement des activités métallurgiques telles que le traitement des minerais, l'exploitation minière ou des processus industriels comme le recyclage du plomb des batteries ou la fabrication de peintures. Il faut distinguer les apports diffus d'origine lointaine, des apports ponctuels localisés d'origine proche. Dans les apports diffus sont classés les poussières et aérosols pouvant parcourir des centaines de kilomètres à partir de leur source avant de se déposer (Godin et al., 1985 ; Merian et al., 2004). Les apports localisés résultent de rejets anthropiques liés aux activités industrielles de longue durée sans protection efficace contre la dispersion dans l'environnement (Baize, 1997).
- La pollution liée aux activités agricoles via l'application de produits ou substances destinés à améliorer les propriétés physico-chimiques du sol. Parmi ces apports, il est possible de distinguer : les engrais (Cd dans les engrais phosphatés) (Hamon et al., 1998), les produits phytosanitaires (Cu dans la bouillie bordelaise) (Morgan et Taylor, 2004), les lisiers (Cu, Zn, Cd) (Moore et al., 2006).
- La pollution urbaine qui regroupe des émissions atmosphériques liées au trafic routier et à l'incinération des ordures ménagères (Denison et Silbergeld, 1988) et des rejets solides sous forme des composts et des boues de station d'épuration épandues dans les sols sous la forme des composts et des boues de station d'épuration épandues dans les champs (Robert et Juste, 1999 ; McBride, 1995) .

Les éléments traces métalliques, notamment le plomb (Pb) et le cadmium (Cd), sont caractérisés par leur stabilité chimique, leur non-biodégradabilité et leur capacité de bioaccumulation. Leur origine peut être naturelle, liée à l'altération des roches mères, mais elle est aujourd'hui

majoritairement anthropique, résultant des activités industrielles, du trafic routier, des exploitations minières, de la combustion des combustibles fossiles ainsi que de l'utilisation d'engrais et de pesticides.

La toxicité des métaux lourds ne dépend pas uniquement de leur concentration totale dans le sol, mais également de leur spéciation chimique, de leur mobilité et de leur biodisponibilité, paramètres influencés par le pH, la texture, la teneur en matière organique et la capacité d'échange cationique du sol. Lorsque ces conditions favorisent leur mise en solution, les métaux deviennent disponibles pour les organismes vivants et peuvent s'intégrer aux chaînes trophiques.

Le plomb (Pb) est un métal non essentiel connu pour ses effets neurotoxiques et sa capacité à perturber de nombreux processus physiologiques. Il interfère notamment avec le métabolisme du calcium et la synthèse de l'hémoglobine. Le cadmium (Cd), quant à lui, est reconnu pour sa forte mobilité dans certains sols et pour sa capacité de bioaccumulation, provoquant un stress oxydatif et des altérations enzymatiques même à de faibles concentrations. L'exposition chronique à ces métaux peut entraîner une diminution de la biodiversité du sol et perturber les processus écologiques essentiels.

Dans ce contexte, l'écotoxicologie des sols s'est développée afin d'évaluer les impacts biologiques des contaminants métalliques. L'utilisation d'organismes bioindicateurs constitue une approche pertinente permettant d'apprécier l'état de contamination environnementale à travers l'étude de la bioaccumulation et des réponses physiologiques.

Les myriapodes, et plus particulièrement les chilopodes (centipèdes), représentent un groupe d'organismes édaphiques occupant une position trophique importante au sein des écosystèmes terrestres. Prédateurs actifs vivant en contact étroit avec le sol, ils sont exposés aux contaminants présents dans le substrat ainsi que dans leurs proies. Leur position dans la chaîne alimentaire favorise le transfert trophique des métaux lourds, ce qui en fait des bioindicateurs potentiels de la contamination métallique.

La région d'El Tarf, située au Nord-Est de l'Algérie, présente une diversité écologique importante mais également des pressions anthropiques liées aux activités agricoles et urbaines susceptibles de contribuer à l'apport en métaux lourds. L'évaluation de la qualité des sols dans cette région apparaît donc nécessaire afin d'identifier d'éventuels risques écotoxicologiques.

Malgré l'abondance des travaux consacrés à la contamination métallique des sols, la majorité des études se sont principalement focalisées sur les concentrations environnementales ou sur des organismes modèles classiques. En revanche, les effets comparatifs du plomb (Pb) et du cadmium (Cd) chez les prédateurs édaphiques tels que les myriapodes chilopodes restent encore insuffisamment étudiés.

Le plomb et le cadmium exercent-ils le même niveau d'impact écotoxique sur les myriapodes chilopodes, ou existe-t-il une différence significative de toxicité et de bioaccumulation

Introduction

entre ces deux métaux. Ainsi, la présente étude s'inscrit dans une démarche visant à analyser les propriétés physico-chimiques des sols de la région d'El Tarf, à déterminer les concentrations en plomb (Pb) et en cadmium (Cd) dans le sol ainsi que dans les myriapodes chilopodes, et à évaluer les phénomènes de bioaccumulation. Cette approche permettra de mieux comprendre les mécanismes de transfert des métaux lourds au sein des écosystèmes terrestres et de contribuer à la surveillance environnementale et à la gestion durable des ressources édaphiques face aux pressions anthropiques croissantes.

& Matériel et Méthodes &

Matériel et Méthodes

2. Matériel et Méthodes

2.1. Description des sites d'étude

2.1.1. Présentation du site d'El Tarf:

la ville d'El Tarf est située à 584,57 km de la capitale Alger, à l'extrême Est du pays jusqu'à la frontière algéro-tunisienne. Elle s'étend sur 3 339 km², et d'une population d'un peu plus de 408 414 habitants. La région est richement arrosée, elle reçoit une précipitation comprise d'environ 549.5 mm/an ; le site d'échantillonnage provient des principaux lieux du territoire étudié (El Matroha). Elle est limitée géographiquement :

- Au Nord, par la Méditerranée ;
- Au Sud, par la wilaya de Guelma et la wilaya de Souk-Ahras ;
- À l'Est, par la frontière tunisienne.
- À l'Ouest, par la wilaya d'Annaba



Figure 01 : Découpage administratif de la wilaya d'El Tarf.

2.1.2. Description du site d'étude

Les Myriapodes fréquentent en particulier des milieux humide (sol riche en eau) pour maintenir leur bonne état (souple et flexible) vu le milieu où se refuge. Le choix de la station est

Matériel et Méthodes

réalisé selon le degré d'exposition de celles-ci aux différents polluants mais aussi selon les altitudes des milieux.

La station retenue de la première région, d'El Tarf est:

El Matroha ; dont elle comporte des différents types des sols, entourée de plaine, au-dessus d'une zone marécageuse et sa variation de faune et flore.



Figure 02: Localisation du site d'étude (El Tarf).

2.2 Analyse du sol du site d'étude

Le site d'étude a fait l'objet d'un échantillonnage aléatoire, nous avons prélevé à l'aide d'une tarière Edelman cinq (5) carottes ou colonnes de terre non remaniée à une profondeur de 20cm.

Sur une bâche propre, l'homogénéisation a été réalisée à la main, lors de cette opération nous avons écarté tous les éléments grossiers à savoir les feuilles, les cailloux, les racines et les coquilles d'escargots. Ensuite; chaque échantillon de terre est ensachée, étiquetée, puis transportée au laboratoire. Une fois arrivé au laboratoire les échantillons ont été séchés à l'air libre puis broyés dans un broyeur à 2mm (Mathieu et Pielain, 1998).

Matériel et Méthodes

2.2.1. Détermination du pH du sol

La détermination du pH dans une suspension de sol fournit une estimation de l'acidité d'une solution en équilibre avec le sol. Dans le cas d'une mesure dans l'eau, le pH mesuré peut se rapprocher de celui de la solution du sol.

Dans les méthodes ci-dessous, l'acidité est mesurée dans une suspension de sol à l'aide d'un pH-mètre à électrode combinée. Le rapport sol-solution influencera les résultats du pH du sol mesuré dans l'eau; il est donc important d'utiliser un rapport constant et de le signaler en complément des résultats. Le pH du sol mesuré dans une solution saline est presque indépendant des variations du rapport sol / solution (Conyers and Davey, 1988).

2.2.2. Granulométrie

Elle correspond à la taille des éléments constitutifs du sol. Elle a une influence directe sur l'humidité du sol. On peut distinguer trois types de sols selon la granulométrie :

- Les éléments argileux ont une taille inférieure à $2\mu\text{m}$;
- Les éléments limoneux ont une taille comprise entre $2\mu\text{m}$ et $50\mu\text{m}$;
- Les éléments sableux ont une taille comprise entre $50\mu\text{m}$ et 2mm .

Par exemple, les vers préfèrent un milieu sans obstacle, facile à ingérer et avec des particules capable de retenir l'humidité ce qui correspond aux sols limoneux. Les caractéristiques abiotiques sont les premiers facteurs qui permettent de filtrer l'implantation des différentes espèces sur un milieu. Ce sont ensuite les facteurs biotiques qui permettent l'organisation des espèces entre elles.

2.2.3. Structure du sol

La structure du sol découle essentiellement de la distribution granulométrique de ses éléments solides et de l'existence de forces de nature électrostatique dues aux sites chargés des minéraux argileux et de l'humus (Musy & Soutter, 1991).

La structure du sol est l'agencement dans l'espace de ses constituants. Elle est déterminée par la forme des agrégats - les plus petits éléments indivisibles du sol. Ci-contre, les principales structures des sols.

Matériel et Méthodes

La structuration naturelle des sols est liée à leur texture. Un sol argileux aura notamment une structure angulaire, avec formation de lamelles. Par contre, une structure grumeleuse (fréquente sous prairie) est plutôt liée à l'activité biologique.

2.2.4. Facteurs abiotiques

La température : La température du sol constitue une donnée essentielle pour l'étude de divers projets de construction; elle est indispensable par exemple pour la conception des pistes d'aéroport et des routes, la détermination de la profondeur à laquelle les canalisations d'alimentation en eau des bâtiments peuvent être installées sans risque de gel, l'excavation des fondations et la conception et la construction des sous-sols des bâtiments. Comme la conservation de l'énergie se révèle de plus en plus nécessaire, les données sur la température du sol sont un aspect important du calcul des besoins énergétiques, par exemple pour déterminer les pertes de chaleur dans les sous-sols ainsi que pour examiner la possibilité d'utilisation du sol comme source pour les pompes à chaleur. Il incombe donc aux ingénieurs et aux architectes qui doivent faire face à ces problèmes de connaître les facteurs déterminant les températures du sol et de savoir comment ces températures varient selon la saison et la profondeur du sol.

La réserve en eau du sol se définit comme le volume d'eau contenu dans le sol à un instant donné. Cependant toute l'eau du sol n'est pas utilisable par la végétation, soit parce que les racines ne colonisent pas tout le volume de sol, soit parce que l'eau est trop fortement retenue par le sol pour être extraite par les racines (Brédan *et al*, 2007) .

La teneur en CO₂ de l'atmosphère du sol : Des expériences de laboratoire ont montré que dans l'atmosphère du sol la teneur en oxygène devient généralement nulle et la teneur en CO₂ voisine de 20 % bien au-dessus du plan d'eau de la nappe phréatique, et ce d'autant plus que la structure du sol est plus fine, le sol plus profond et la diffusion des gaz plus limitée. On constate alors que, Les animaux des couches superficielles résistent moins bien au CO₂ que les organismes endogés.

La porosité : La première conséquence de la structure du sol est que ce dernier est un milieu discontinué plus ou moins poreux sous l'effet de l'eau, du trajet des racines et de la flore du sol. Le sol subit des changements de la structure et forme des vides ou des espaces lacunaires

Matériel et Méthodes

qui varient dans la taille et la longueur selon l'architecture des sols. Ses fissurations donnent ce qu'on appelle (la porosité du sol).

Cependant la porosité d'après est le volume des espaces lacunaires qui sont remplis d'eau et d'air par rapport au volume total de la terre. Elle est exprimée en pourcentage (Ollier et Poiree, 1981).

Autres facteurs: il existe cependant d'autres facteurs: la dispersion de la faune du sol que l'on se contente de citer: le degré d'acidité ou pH, le potentiel d'oxydo-réduction, la quantité de litières, la salinité des terres et la lumière.

2.2.5. Classification de la faune du sol

Au sens étymologique du terme, la biodiversité évoque la diversité du vivant. Selon le site du ministère de l'écologie et du développement durable, il s'agit, plus précisément de "l'ensemble des milieux naturels et des formes de vie, ainsi que toutes les relations et les interactions qui existent, d'une part, entre les organismes vivants eux-mêmes, et, d'autre part, entre ces organismes et leurs milieux de vie". Elle se retrouve à différents niveaux : celui des écosystèmes (prairies, forêts, océans, etc..), des espèces (on estime que seulement un cinquième des espèces d'organismes pluricellulaires ont été identifiées) et enfin au niveau génétique.

La biodiversité est donc présente à toutes les échelles de taille, de temps et d'espace. Elle est le résultat d'une lente évolution s'étalant sur des milliards d'années, influencée par l'Homme et divers processus naturels. Bien qu'étant très riche, la biodiversité des sols reste une des composantes les moins bien connues de la biodiversité.

Groupe d'invertébrés : Le terme "invertébré" désigne des individus ne possédant pas de squelette interne. Il s'agit d'un terme aujourd'hui désuet qui s'utilise dans le langage courant mais plus en taxonomie. Les invertébrés regroupent la majorité de la diversité animale en termes d'espèces. On peut classer la pédofaune de différentes manières :

Classification morphométrique :

Cette classification regroupe les individus selon leur taille.

On distingue trois catégories :

Matériel et Méthodes

- la microfaune (individus $< 0.2\text{mm}$)
- la mésofaune (individus entre 2mm et 4mm)
- la macrofaune (individus entre 4 mm et 80 mm)

Cette classification est cependant peu précise car certains taxons ont des représentants dans plusieurs catégories à la fois. Il arrive également qu'au cours de leur développement certains individus passent d'une catégorie à une autre.

2.6. Rôle de la faune du sol

Le sol peut être décrit selon un profil spécifique composé d'horizons. Ceux-ci se distinguent les uns des autres par leur profondeur, leur aspect, leurs propriétés physico-chimiques et leur texture. Les organismes qu'ils abritent y réalisent diverses actions qui influent sur la qualité du sol. Des horizons de surface aux horizons profonds, on peut décrire les services rendus par cette faune du sol.

Formation de l'humus : Elle se fait par dégradation de la matière organique à la surface du sol (résidus de cultures, végétaux, exsudats, déjections, organismes morts...). Ce processus est opéré par les insectes détritivores ou fragmenteurs et d'autres invertébrés saprophytes qui, à l'aide de leurs enzymes, accélèrent considérablement le processus de dégradation de cette matière organique.

Complexe argilo-humique : L'association de la matière humique et minérale, assurée entre autre par les invertébrés fouisseurs tels que les vers de terre, forme un complexe argilo-humique composant les agrégats du sol. De taille, composition et stabilité variables, ils assurent, entre autre, une bonne structure du sol et empêchent le lessivage lors de fortes pluies.

Création de galeries : Au cours de leur progression dans les horizons du sol, les galeries formées par les vers de terre et insectes tels que les fourmis sont autant de chemins que trouvent les racines des plantes, les gaz et l'eau. Cette aération naturelle du sol permet la présence, à certains horizons, d'organismes aérobies, l'hydratation des racines mais aussi leur progression profonde pour accéder aux minéraux dont la plante a besoin.

Circulation verticale de l'azote : La circulation des vers de terre dans des horizons profonds permet d'y apporter de l'azote afin qu'il soit assimilé par les systèmes racinaires puis incorporé

Matériel et Méthodes

dans la matière organique de la plante. Cet apport d'azote en profondeur se fait, entre autre, par les excréments des vers dont l'urée est riche en ammoniac (NH_4^+). Celui-ci est ensuite nitrifié par voie bactérienne en nitrite (NO_2) puis nitrate (NO_3^-) qui est la forme assimilable par les végétaux. Les vers de terre rejettent entre 40 et 100 tonnes de déjections par hectare et par an. Le flux d'azote qu'ils assurent entre les horizons de surface et ceux de profondeur est donc significatif.

Auxiliaires de culture et lutte biologique : Les auxiliaires de culture sont des organismes vivants (le plus souvent des insectes) rendant un service biologique tel que la régulation naturelle de populations de ravageurs. Les ravageurs causent différents types de dégâts sur les plantes :

- Des dégâts directs, par spoliation (ils se nourrissent de leur hôte) ou par intoxication (injection dans la plante de salive qui provoque la destruction, la déformation ou la décoloration des tissus)
- Des dégâts indirects, tels que la transmission de virus, de champignons ou des brûlures dues à des piqûres ou des excréments.

Tous ces organismes, aux rôles très variés, interagissent entre eux et avec leur environnement selon un équilibre parfois fragile. L'homme l'endommage fortement en ayant, par exemple, recours aux intrants chimiques (désherbants et autres pesticides) ainsi qu'en supprimant les habitats naturels de nombreux invertébrés. Les écosystèmes sont sensibles et ont des besoins spécifiques présentés dans la seconde partie.

2.3. Récolte du matériel biologique

2.3.1. Méthode d'échantillonnage

La récolte a été effectuée dans la période de la saison de printemps reconnu chez les Myriapodes ; qui s'étale du mois de décembre jusqu'à mars. Au niveau du site, nous avons sélectionné et tracer une parcelle de 100 m^2 pour obtenir le maximum d'espèce afin de les différencier et reconnaître l'espèce la plus abondante sur le territoire présenté. La méthode qu'on a utilisé a été à l'aide d'une récolte on utilisant une pince souple, cherchant sous les pierres et les troncs d'arbres où se refuge la majorité des espèces voulu. La méthode à donner son fruit et notre récolte a été effectuée avec une obtention très varié de myriapodes. Après cette récolte, notre but est de retrouver l'espèce que notre travail va se baser, et c'est *Scolopendra moritans*.

2.4. Toxicité environnementale

2.4.1. Présentation du matériel biologique

2.4.1.1. *Scolopendra morsitans*

La scolopendre est une espèce de centipède qui se trouve dans les régions tropicales et d'autres régions chaudes, y compris le Mexique, l'Amérique centrale, les Caraïbes, une grande partie de l'Afrique, Madagascar, l'Afrique du Sud et l'Asie de l'Est et en Australie.

Scolopendra morsitans est identifiée selon les caractéristiques morphologiques suivantes, à savoir la couleur et l'aspect du corps, le nombre de métamères, le nombre de paires de pattes, le nombre des articles antennaires, le nombre de dents et ocelles.



Figure 03: *Scolopendra morsitans* (Avril 2026)

Matériel et Méthodes

2.4.1.2. Position systématique

Règne :	Animal
Embranchement :	Arthropode
Sous embranchement :	Arthropodes trachéens
Classe :	Myriapodes
Super ordre :	Opisthogonéates
Ordre :	Chilopodes
Sous ordre :	Scolopendromorphes
Famille :	Scolopendridae
Genre :	<i>Scolopendra</i> .
Espèce :	<i>morsitans</i> (Linnaeus, 1758).

2.4.1.3. Anatomie externe

Scolopendra morsitans est une des arthropodes carnassier, parfois venimeux. Son corps composé de 21 segments munis chacun d'une paire de pattes ; ayant un corps bombé reconnaissable par leur corps aplati. Elles mordent (avec souvent une douleur aigue) et peuvent être à l'origine d'une réaction allergique plus ou moins grave.

La taille de la Scolopendre et la longueur, varie d'une zone à une autre et d'un milieu à un autre d'après le sol et l'alimentation qui se présente dans cet milieu ; elle peut atteindre une longueur de 15 cm (10 cm en moyenne). La couleur aussi varie d'une région à l'autre ; les derniers segments vers l'arrière sont d'ordinaire plus foncés et donne l'air qu'elle est tigré. Mais pour les différencier des autres espèces, il faut examiner leurs parties génitales.

La tête : elle possède des antennes qui sert à connaître et sentir tout mouvement qui l'entoure à l'aide des yeux qui sont situés derrière ses antennes. La Scolopendre possède sur sa tête des tenailles, qui sont des pattes se courbant sous sa tête et qui peuvent injecter du poison à ses proies. Le venin contient de l'acétylcholine, de l'histamine et de la sérotonine (médiators de la douleur).

Matériel et Méthodes

Les scolopendres ne piquent pas réellement, mais secrètent une toxine irritante qui provoque des brûlures et des démangeaisons de la peau.

Le tronc : composé de (21 à 23) segments recouverts de plaques sur leur partie dorsale, chaque segment porte une paire de courtes pattes robustes terminées par des fortes griffes; celles de la dernière paire, plus longues et plus grosses que les autres, sont épineuses (Anonyme, 1971), pas d'aiguillons aux articles (Brölemann, 1930). Naissant avec 7 paires de pattes, ils acquerront d'autres nouvelles (21 à 23) au cours de treize mues successives. Au cours de l'évolution, la première paire de pattes se déforme en crochets ou forcipules. Les membres forcipulaires se rattachent au coxosternum, pièce ventrale du segment forcipulaire en arrière de la tête. Les membres sont constitués de quatre articles (fémorroïdes, tibia, métatarse et le tarse porteur de la griffe forcipulaire) et la glande à venin est située dans le fémorroïde (Iorio, 2004).

2.4.1.4. Anatomie interne

Appareil respiratoire : L'alimentation en oxygène des différents organes est assurée par des trachées. Ce sont des invaginations tégumentaires tubulaires dont les plus fines ramifications courent à la surface de chaque organe.

Elles s'ouvrent à l'extérieur par des stigmates qui présentent souvent des dispositifs d'occlusion. Ces derniers permettent d'éviter l'évaporation de l'eau présente dans le corps lorsque les échanges gazeux avec l'extérieur n'ont pas lieu (Beaumont, 2004).

Appareil digestif : Le tube digestif des scolopendres est composé de 3 parties : l'œsophage, l'intestin moyen et l'intestin postérieur. L'œsophage est rectiligne et d'origine ectodermique. Sa taille et sa texture varient d'une espèce à l'autre. Par exemple, il est très long et spacieux chez le genre *Cryptops*. L'intestin moyen ou mésentéron, d'origine endodermique est cylindrique. Il est muni d'une tunique sécrétoire et d'une tunique musculaire. L'intestin postérieur ou proctodeum est souvent infléchi en S.

Appareil circulatoire : L'appareil circulatoire de la scolopendre est composé d'un vaisseau dorsal et d'un vaisseau ventral. Le vaisseau dorsal est divisé en 21 chambres (une par segment pédifère). Le vaisseau ventral est situé au-dessus de la chaîne nerveuse, d'où son nom de vaisseau supraneural. Le cœur tubulaire dorsal est relié par une ou plusieurs paires de commissures au

Matériel et Méthodes

vaisseau supraneural. Ces deux vaisseaux, les commissures, le vaisseau supraneural et les artères latéro-dorsales du cœur alimentent les organes en sang (Lewis, 1981).

Appareil excrétoire : Les organes excréteurs sont les tubes de Malpighi. Ce sont des tubes grêles qui baignent dans l'hémolymph. Ils débouchent entre les intestins moyen et postérieur. Ces tubes extraient et concentrent l'acide urique à partir de l'hémolymph. Et ces excréta sont ensuite déversés dans l'intestin, puis éliminés par les fèces (Lewis, 1981).

A partir du quatrième segment se trouvent des organes particuliers : les corpuscules de Kowalewsky.

Ce sont des organes d'excrétion et de formation des lymphocytes. Il peut y en avoir 3 à 6 par segment.

Système nerveux : Il est constitué, comme chez tous les Arthropodes, d'un cerveau divisé en trois parties et d'une chaîne ventrale de ganglions. Les trois parties sont les suivantes :

- Le protocérébron
- Le deutocérébron
- Le tritocérébron

Le protocérébron est une petite masse céphalique, dorsale, légèrement bilobée d'où part la paire de nerfs optiques.

Le deutocérébron réunit les ganglions qui innervent les antennes.

Le tritocérébron fait suite au deutocérébron. Ses deux lobes sont réunis par une commissure supra-oesophagienne.

2.4.1.5. La reproduction chez les Scolopendres

La reproduction de *Scolopendra morsitans* se fait par l'intermédiaire d'un spermatophore, que le mâle dépose sur une toile qu'il tisse au sol. La reproduction est interne mais indirecte ; la fécondation se fait par l'intermédiaire d'un spermatophore, après une phase de formation du couple observable en février-mars, parfois à l'automne.

Matériel et Méthodes

Le comportement reproducteur des mille- pattes est insuffisamment connue (Demange, 1981; Iorio, 1981; Bonato et Minelli, 2002).

Les individus mâles et femelles communiquent principalement à l'aide de leurs antennes, en se touchant, le mâle se dirige tout d'abord vers la femelle, puis commence à la scruter à l'aide de ses antennes au niveau de la tête et des segments antérieurs. La femelle fait rapidement de même. Cette exploration réciproque peut durer plus de trente minutes. Elle est parfois entrecoupée de courtes pauses ou déambulation. Puis le mâle, suivi par la femelle, effectue quelques déplacements avant de finalement se diriger avec elle sous une cachette (un bout d'écorce mis dans le bac de stabulation).

Sous leur abri, les partenaires finissent par se trouver tête-bêche et se palpent alors, entre autres attouchements antennaires, les segments terminaux en étant quasiment accolés. De nombreuses pauses entrecoupent aussi ce long moment. Le couple formé peut ensuite rester des heures, voire des jours, au même endroit (Iorio, 2002). La transmission du spermatophore entre les deux sexes est difficile à observer selon (Demange, 1981).

Le mâle tisse une petite toile très simple à même le sol, grâce à ses segments génitaux pourvus d'une glande séricigène rudimentaire. Le spermatophore qu'il y dépose est une simple gouttelette de sperme protégée par une mince enveloppe. Avant son émission, la femelle sera montée sur le dos du mâle et se saisira du spermatophore par ses gonopodes dès la sortie des voies génitales mâles. Elle tiendra ainsi une heure avant de rejeter l'enveloppe vide. Les restes de la toile filée par le mâle, qui s'étend sur environ 1 cm², qu'on peut repérer à la loupe binoculaire, sont le témoin d'une fécondation réalisée. Après l'accouplement, la femelle s'enfonce plus profondément dans le sol pour y construire une cavité, puis elle dépose ses œufs et enroule son corps autour de ceux-ci. Elle débarrasse en permanence des spores de champignons, et elle continue ensuite de prendre soin des jeunes jusqu'à ce qu'ils aient terminé leur troisième mue. (Anonyme, 1998).

Scolopendra morsitans, passe par 13 stades séparés par des mues (Après l'éclosion). Le développement des Scolopendromorphes est dit hémianamorphe. L'individu naît avec un nombre de pattes inférieur à l'adulte et grandit tout en acquérant progressivement, au fil des exuviations, de nouveaux segments, pattes et ébauches pédifères. Ces stades sont nommés :

Matériel et Méthodes

Larve : c'est la partie anomorphe du développement. Dans une seconde phase dite épimorphe durant laquelle la segmentation est achevée (l'animal dispose de ses (21-23) paires de pattes fonctionnelles), la croissance se poursuit, la maturation sexuelle s'effectue. Chez ces espèces, la mue est souvent précédé par une longue période de jeûne et d'isolement l'animal se cache sous une pierre ou sous une écorce pendant plusieurs jours et a remblayé l'accès à son repaire. Il s'immobilise totalement avant de s'extirper de sa vieille cuticule par la tête, en soulevant sa région céphalique et en détachant ses forcipules et pièces buccales de leur ancien tégument. La capsule céphalique se fend au niveau du sillon frontal (ligne ecdysiale). Le tiers antérieur de la tête ainsi découpée va basculer en avant; les antennes sont dirigées sous le corps et l'animal peut alors émerger. Comme chez les insectes, la mue est suivie d'une période de récupération; elle est de quelques jours chez nos espèces qui recommencent ensuite à s'alimenter avec voracité.

phase Anamorphique (larvaire) : caractérisée par le nombre incomplet de pattes qui sont bien formées, la larve est de petite taille et de couleur pâle, et le système trachéen est fonctionnel. Chez *S.morsitans*, cinq (05) stades ont été dénombrés: un stade fœtal et quatre (04) stades larvaires.

Phase Epimorphique (post-larvaire) : Elle marque un développement progressif de la région génitales, et l'augmentation du nombre d'ocelles, des segments antennaires et des pores sur le coxa de la quatrième et dernière patte. On cite alors, sept (07) stades épimorphiques qui sont respectivement: le stade agénitalis, le stade immature, le stade prémature, le stade pseudo mature I, le stade mature II, le stade mature junior et le stade mature senior.

Distinction sexuelle : chez *Scolopendra morsitans*, les sexes sont séparés, les glandes génitales sont situées entre le cœur et le tube digestif, un seul ovaire et un seul testicule qui s'étendent sur toute la longueur du tronc. La distinction sexuelle est réalisée après avoir anesthésié les centipèdes adultes, avec l'éther, grâce à une loupe binoculaire. Chez les Scolopendres, celle-ci se fait après dissection car il n'y pas de caractères sexuelles primaires, cette caractéristique est cependant fondamentale chez les Scolopendromorphes.

2.4.1.6. Cycle de reproduction

La reproduction sexuée est la norme chez les myriapodes (seule une espèce de diplopode se multiplie par parthénogenèse : la femelle pond des œufs qui se développent sans être fécondés). Cependant, la rencontre entre gamètes mâles et femelles se fait par différents moyens suivant les

Matériel et Méthodes

espèces. En effet, seuls les diplopodes pratiquent un accouplement direct. Dans les autres classes, les mâles fabriquent une capsule contenant les spermatozoïdes : le spermatophore. Ce spermatophore peut ensuite être transmis à la femelle directement (par exemple, dans le groupe des lithobies, la femelle vient récupérer le spermatophore sur le dos du mâle) ou laissé sur une toile tissée par le mâle parfois même directement sur le sol (c'est le cas dans le groupe des scutigères), la femelle venant le récupérer ensuite. Chez les symphyles, la femelle garde le spermatophore dans sa cavité buccale et féconde elle-même ses œufs lors de la ponte. La période de reproduction se déroule au printemps et à l'automne. La ponte a lieu quelques semaines après la fécondation et la femelle continue souvent de veiller sur ses œufs jusqu'à leur éclosion (en moyenne un mois après la ponte).

Selon les espèces, les jeunes mille-pattes vont subir des mues plus ou moins importantes pour atteindre le stade adulte.

2.4.1.7. Habitat

Les scolopendres sont lucifuges et hygrophiles. Elles ont un grand besoin de contact avec un objet ferme. On parle de thigmotropisme. (Demange, 1981).

Elles sont retrouvées sous les pierres, les écorces d'arbres morts, les vieux troncs, les mousses ou dans la terre elle-même (Geoffroy et Mauriès, 2015).

Elles utilisent leurs corps pour creuser des loges dans le sol où elles peuvent se tenir pendant plusieurs jours à l'abri de la lumière. Malgré leur préférence pour les milieux humides et sombres, les scolopendres ont une grande capacité d'adaptation à des terrains moins propices à leur développement :

- C'est au contraire dans les terrains argileux, secs et élevés que *Scolopendra scopoliana* établit son domicile de prédilection. (Soulié, 1885).

- Certaines espèces sont halophiles c'est-à-dire qu'elles vivent au bord de la mer dans les galets et se laissent recouvrir par la marée. C'est le cas de *Hydroshendyla submarina* (Grassé, 1963).

Matériel et Méthodes

Cependant, elles ne peuvent pas survivre s'il y a un taux d'humidité insuffisant voire inexistant. Dans ces conditions, elles se déshydratent par évaporation au niveau des téguments et des orifices naturels (anus, stigmates, bouche).

2.4.1.8. Comportement social et de défense

La scolopendre est dotée de glandes à venin, localisées juste en dessous de ses mâchoires. D'ordre général, si elle vient à piquer un humain, la blessure est superficielle, car notre peau est trop épaisse pour elle. Néanmoins, certaines personnes réactives pourront ressentir une douleur comparable à celle d'une piqûre d'abeille.

En effet, la scolopendre peut décider de mordre dès qu'elle s'estime en danger, car elle est d'un naturel craintif et l'attaque fait partie de son système de défense. En cas de morsure, il est recommandé de laver abondamment la zone à l'eau, avec un peu de savon. Appliquez ensuite un antiseptique local comme la chlorhexidine.

Chez les animaux, elle ne présente pas de danger spécifique pour les chiens et les chats, même si la vigilance reste primordiale. La scolopendre a malheureusement tendance à rechercher les endroits les plus humides et les plus chauds, c'est pour cette raison qu'elle s'installe souvent dans des endroits tranquilles pour se réfugier dans le calme.

2.5 Description des différents éléments traces métalliques (ETM)

Les éléments traces métalliques sont généralement définis comme des métaux lourds. Cependant, la classification en métaux lourds est souvent discutée car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement « lourds » (par exemple le zinc), tandis que certains éléments toxiques ne sont pas des métaux (c'est le cas de l'arsenic qui est un métalloïde⁴). Ce terme générique désigne donc indistinctement des métaux et métalloïdes réputés toxiques. Pour ces différentes raisons, l'appellation « éléments traces métalliques » -ETM- ou par extension « éléments traces » est préférable à celle de métaux lourds.

Les substances inorganiques ont une place importante parmi les substances chimiques naturellement présentes dans les sols et les roches. Le développement de nos sociétés industrielles est très lié à la découverte et à l'utilisation de métaux. Ainsi, la consommation de métaux a augmenté de 300 % dans les cinquantes dernières années et les relargages anthropogéniques

Matériel et Méthodes

d'éléments métalliques tels que Pb, Hg, Zn, Cd, Cu et Cr ont été multipliés par trois, depuis le début de l'ère industrielle.

2.5.1 Le plomb

Le plomb est concentré dans les gisements de sulfures où il est communément rencontré sous forme de galène (PbS(s)). Il peut être également rencontré sous la forme d'anglésite ($\text{PbSO}_4\text{(s)}$) et de cérusite ($\text{PbCO}_3\text{(s)}$). La concentration moyenne en plomb de la croûte terrestre serait de l'ordre de 13 à 16 mg/kg. Le plomb soluble ajouté au sol réagit avec des argiles, phosphates, sulfates, carbonates, hydroxydes et la matière organique, si bien que la concentration du plomb en phase aqueuse est fortement diminuée. Pour des pH supérieurs à 6, le plomb est soit adsorbé à la surface des argiles soit sous forme de carbonate de plomb. A cause de son caractère basique, cet élément ne s'hydrolyse qu'à des pH neutres ou alcalins. La chimie aqueuse de ce métal est principalement contrôlée par les espèces carbonatées et hydrolysées.

2.5.2 Le cadmium

Le cadmium serait présent dans toutes les roches, mais de façon prépondérante dans les roches sédimentaires et plus particulièrement dans celles riches en carbone, sulfures et phosphates (Baize, 1997). Le cadmium est un élément chalcophile, associé généralement au zinc. Les deux éléments ayant des structures ioniques et une électronégativité proches. Le cadmium peut se présenter sous forme de sulfures de zinc (ZnS(s)) (sphalérite ou blende et wurtzite) et de carbonates tel que la smithsonite (ZnCO_3). Il peut également se trouver dans des gisements de sulfures où il est présent sous la forme de greenockite (CdS(s)). Le cadmium peut être adsorbé à la surface de la plupart des minéraux argileux, des carbonates ou des hydroxydes de fer ou de manganèse. Dans les eaux souterraines, selon la composition de l'eau il peut aussi précipiter en tant que carbonate de cadmium (CdCO_3) ou d'hydroxyde de cadmium. Des études ont montré que les mécanismes d'adsorption peuvent être considérés comme le plus important processus de rétention du cadmium dans les sols (Dudley et al., 1988, 1991).

2.5.5 Distribution dans l'espace des polluants

Les concentrations montrent de grandes variations dans l'espace par rapport aux sources d'émission, le plus souvent avec de grands coefficients de variation mais il existe des zones de transition (Frassen *et al.*, 1997). Il est donc difficile de caractériser sur de grandes surfaces la

Matériel et Méthodes

variabilité des teneurs sur une zone contaminée par les retombées atmosphériques bien que les études montrent que la distribution de la pollution du sol autour des usines dépend de la distance et de la direction des vents dominants (Godin *et al.*, 1985; Meshalkina *et al.*, 1996).

2.6. Dosage des éléments traces métalliques (ETM)

2.6.1. Dosage des éléments traces métalliques (ETM) dans le sol

L'analyse des ETM dans le sol mis en solution totale par attaque acide permet une mise en solution totale de nombreux éléments : aluminium (Al), baryum (Ba), Cadmium (Cd), cobalt (Co), cuivre (Cu), fer (Fe), plomb (Pb), Zinc (Zn).etc. Cependant, comme les sols de nos stations d'étude contiennent généralement moins de 4% de carbone organique, la calcination des échantillons est remplacée par un prétraitement à l'acide nitrique.

Le dosage des ETM est réalisé sur des échantillons des sols prélevé en automne et provenant de la station de El Tarf. Les étapes expérimentales successives sont les suivantes :

Tous les échantillons sont broyés dans un creuset en agate puis tamisés à 250 μ m.

À partir de ces échantillons, peser 0,250g $\pm$ 0,5mg dans un bécher et ajouter 5ml d'acide nitrique. Tous les béchers sont placés dans un bain de sable réglé à 160°C pendant 30min.

Les résidus sont ensuite transférés dans des capsules en verre et y ajouter 5ml d'acide fluorhydrique et 1,5ml d'acide perchlorique,

Procéder au chauffage dans un bain de sable jusqu'à l'obtention d'un résidu sec, puis ajouter à chaque résidu 1ml d'acide chlorhydrique et quelques ml d'eau déminéralisée et chauffer de nouveau dans un bain de sable pour une dissolution à chaud du résidu sec.

Transférer les solutions par la suite dans des fioles jaugées de 50ml et ajuster au volume avec de l'eau déminéralisée. Le témoin est préparé avec les mêmes réactifs mais sans la prise d'essai.

Après réglage du spectrophotomètre d'absorption atomique, on passe successivement les solutions étalons, les solutions d'essais et le témoin ; puis procéder au dosage des éléments en utilisant les longueurs d'onde spécifiques suivantes : Zn : 213,9nm ; Cu : 324,8nm ; Cd : 228,8nm ; Pb : 283,30nm.

Matériel et Méthodes

Après lecture, tracer les courbes d'étalonnage où l'axe des X étant l'absorbance et l'axe des Y la concentration en ETM (Afnor, 1996).

Le dosage des ETM est réalisé sur des échantillons des sols prélevé en automne et provenant de la station de Skikda et El Tarf. Les étapes expérimentales successives sont les suivantes :

- . Tous les échantillons sont broyés dans un creuset en agate puis tamisés à 250 μ m.
- . À partir de ces échantillons, peser 0,250g $\pm$ 0,5mg dans un bécher et ajouter 5ml d'acide nitrique. Tous les béchers sont placés dans un bain de sable réglé à 160°C pendant 30min.
- . Les résidus sont ensuite transférés dans des capsules en verre et y ajouter 5ml d'acide fluorhydrique et 1,5ml d'acide perchlorique,
- . Procéder au chauffage dans un bain de sable jusqu'à l'obtention d'un résidu sec, puis ajouter à chaque résidu 1ml d'acide chlorhydrique et quelques ml d'eau déminéralisée et chauffer de nouveau dans un bain de sable pour une dissolution à chaud du résidu sec.
- . Transférer les solutions par la suite dans des fioles jaugées de 50ml et ajuster au volume avec de l'eau déminéralisée. Le témoin est préparé avec les mêmes réactifs mais sans la prise d'essai.
- . Après réglage du spectrophotomètre d'absorption atomique, on passe successivement les solutions étalons, les solutions d'essais et le témoin ; puis procéder au dosage des éléments en utilisant les longueurs d'onde spécifiques suivantes : Cd : 228,8nm ; Pb : 283,30nm.
- . Après lecture, tracer les courbes d'étalonnage où l'axe des X étant l'absorbance et l'axe des Y la concentration en ETM (Afnor, 1996).

La formule utilisée pour déterminer les teneurs totales en ETM dans les organismes est la suivante :

$$T (\mu\text{g.g}^{-1}) = \frac{(C - C_1) \times 50}{S} = (C - C_1) \times V$$

T : Teneur totale en ETM ($\mu\text{g.g}^{-1}$).

C : Concentration de l'élément trace métallique déterminée par la courbe d'étalonnage ($\mu\text{g.ml}^{-1}$).

C1 : Concentration du témoin déterminée par la courbe d'étalonnage ($\mu\text{g.mL}^{-1}$).

S : Poids de la prise d'essai en g (0,5g).

V : Volume d'extraction en mL (25mL).

2.7. Analyse statistique :

Les résultats obtenus sont représentés par la moyenne suivie par l'écart type des échantillons biologiques.

& Résultats &
.....

Résultats

3. Résultats

3.1. Analyse physico-chimique du sol

3.1.1. Analyse chimique du (pH) de la station d'échantillonnage

D'après les résultats obtenus, On constate que la station se caractérisent par un pH très alcalin ; 8,55 d'El Tarf, (Figure).

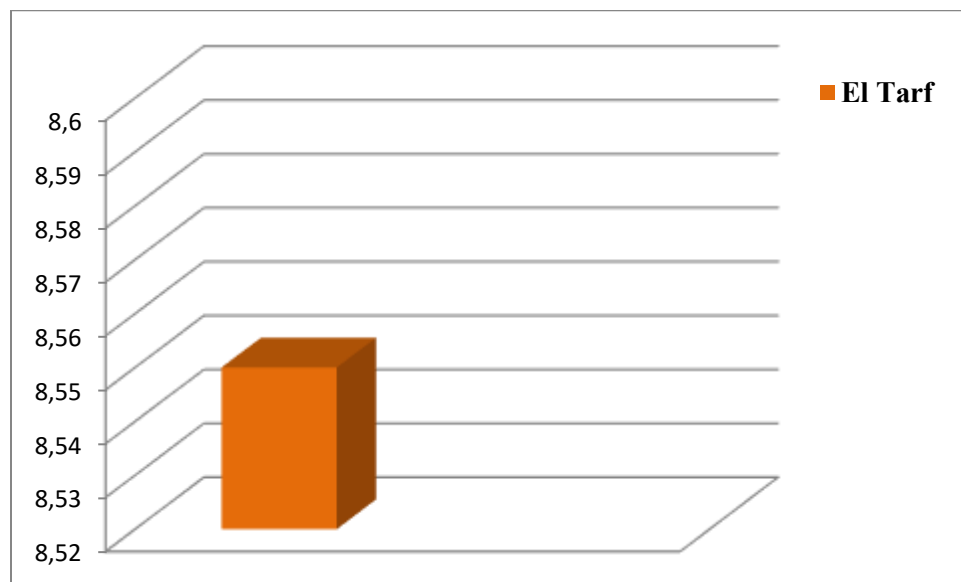


Figure 04 : Evaluation du pH de la zone d'étude.

3.1.2. Analyse Granulométrique du sol des sites d'échantillonnage

Les résultats de l'analyse granulométrique exposés dans le graphique, montrent une composition granulométrique du sol différente dans la station d'échantillonnage d'El Tarf.

En matière d'argile, la composition du sol de la station d'El Tarf est de 24%, granulométrique du sol.

En revanche, nous avons enregistré un taux de limon seulement 32% dans la station d'El Tarf.

Par ailleurs; Le taux de sable est de 44% à El Tarf, (Figure).

Résultats

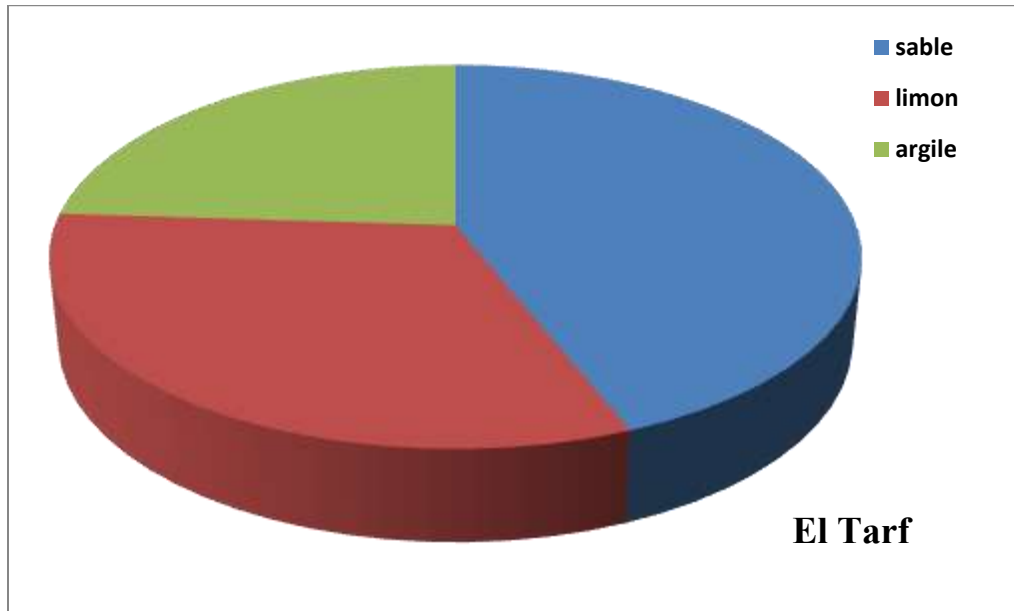


Figure 05: Composition granulométrique de la station d'étude.

3.1.3. Etude Climatique

D'après les données du Tableau de la région d'El Tarf, 28°C est la température moyenne qui caractérise le mois le plus chaud de la période d'étude, soit le mois de mai; alors que seulement 16 °C est enregistré en janvier et donc considéré comme le mois le plus froid.

La moyenne des précipitations de la zone d'El Tarf est de 49,84mm, cependant le mois le plus pluvieux est le mois de janvier avec 65 mm, alors que le mois le plus sec est celui de mai avec seulement 36 mm (Tableau).

L'hygrométrie de la zone d'El Tarf est comprise entre 46,47 % et 67,4% (Tableau).

Résultats

Tableau 01 : Données climatiques du site d'El Tarf durant Les mois d'étude (PC : paramètres climatiques).

PC \ Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
T (°C)	16	17	19	22	28
P (mm)	65	64	59	57	36
H (%)	46,47	63,8	67,4	67,1	61,1

3.3. Détermination des teneurs totales en ETM dans le sol et dans l'organisme d'une *Scolopendra morsitans* récoltée à partir du site d'étude.

La caractérisation des teneurs totales en métaux lourds suivants (Cd, Pb) mis en solution par attaque acide, d'abord dans le sol du site d'El Tarf sur une profondeur de 0 à 30cm, puis dans le corps de l'espèce *Scolopendra morsitans* récoltée à partir du même site.

3.3.1. Détermination des teneurs totales en Cadmium ($\mu\text{g/g}$) dans le sol et dans l'organisme de *Scolopendra morsitans* récoltée à partir du site d'étude.

3.3.1.1. Détermination des teneurs totales en Cadmium ($\mu\text{g/g}$ de terre) dans le sol du site d'étude.

La détermination des teneurs totales en Cadmium ($\mu\text{g/g}$ de terre) dans le sol du site d'étude (El Tarf) au cours de la saison d'étude révèle que les teneurs totales en Cd ont élevées enregistrées au niveau la région d'El Tarf (Tableau).

Résultats

Tableau 02 : Teneurs totales en Cadmium ($\mu\text{g/g}$ de terre) dans le sol du site (El Tarf) durant la saison d'étude ($m \pm s$, $n=4$).

Site	El Tarf
Concentration du Cadmium $\mu\text{g/g}$	$0,16 \pm 0,02$

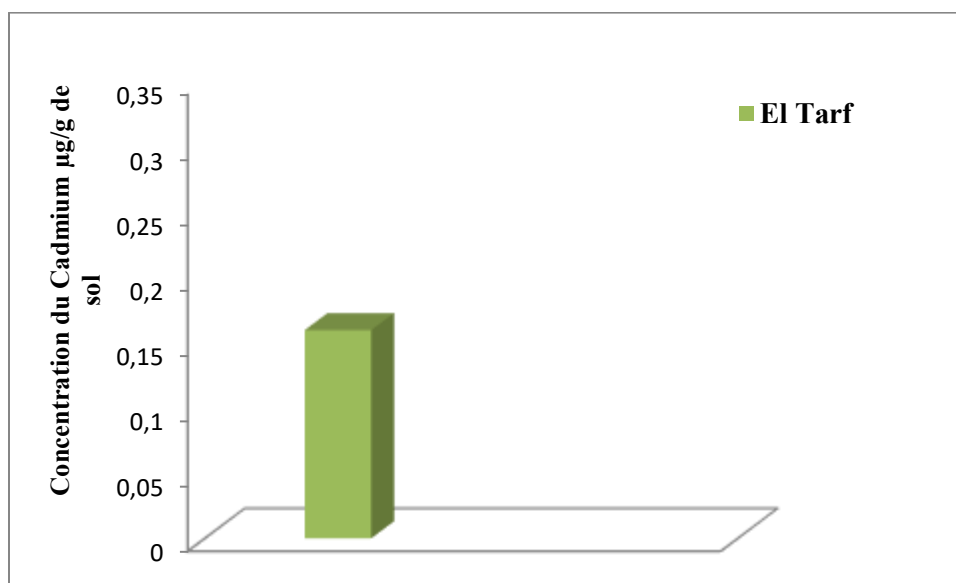


Figure 06 : Teneurs totales en Cadmium ($\mu\text{g/g}$ de terre) dans le sol du site (El Tarf) durant la saison de récolte ($m \pm s$, $n=4$).

3.3.1.2. Détermination des Concentrations en Cadmium ($\mu\text{g/g}$ du poids sec) dans l'organisme de *Scolopendra morsitans* récoltée à partir du site d'étude au cours de la saison de récolte.

Les concentrations de Cd sont enregistrées dans le corps de notre espèce au niveau du site d'El Tarf est nettement faible (Tableau).

Résultats

Tableau 03 : Concentrations en Cadmium ($\mu\text{g/g}$ de poids sec) dans le corps de *Scolopendra morsitans*. Récoltée à partir du site (El Tarf) durant la saison de récolte ($m \pm s$, $n=4$).

Site	El Tarf
Concentration du Cadmium $\mu\text{g/g}$ de poids sec	$6,79 \pm 0,12$

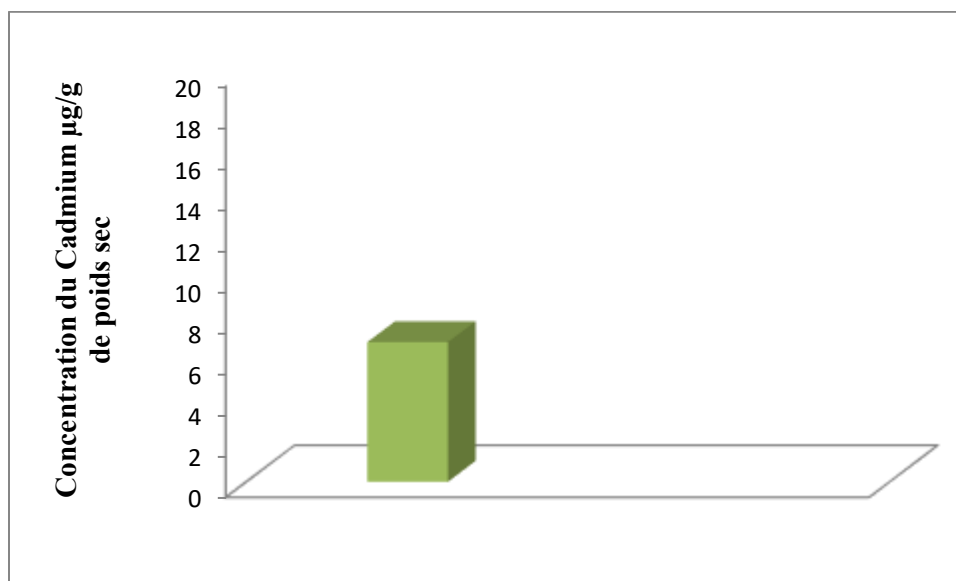


Figure 07 : Concentrations en Cadmium ($\mu\text{g/g}$ de poids sec) dans le corps de *Scolopendra morsitans* récoltée à partir du site (El Tarf) durant la saison de récolte ($m \pm s$, $n=4$).

Résultats

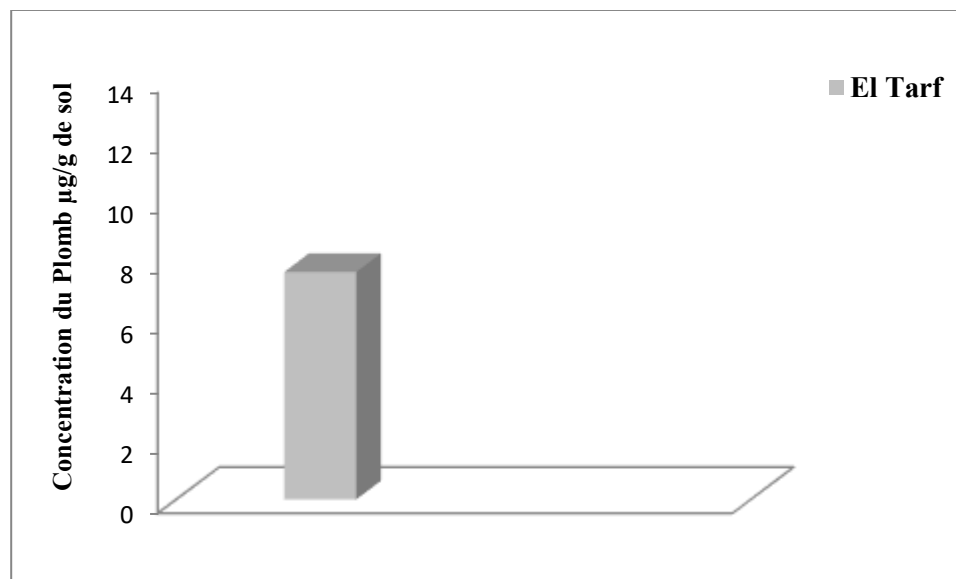
3.3.3. Détermination des teneurs totales en Plomb ($\mu\text{g/g}$) dans le sol et dans l'organisme de *Scolopendra morsitans* récoltée à partir du site d'étude.

3.3.3.1. Détermination des teneurs totales en Plomb ($\mu\text{g/g}$ de terre) dans le sol du site d'étude.

L'attaque acide a permis de mettre en solution des teneurs totales en Plomb comprises $7,6 \pm 2,26 \mu\text{g/g}$ de terre au niveau d'El Tarf (Tableau).

Tableau 04 : Teneurs totales en Plomb ($\mu\text{g/g}$ de terre) dans le sol du site (El Tarf) durant la saison d'étude ($m \pm s$, $n=4$).

Site	El Tarf
Concentration du Plomb $\mu\text{g/g}$	$7,6 \pm 2,26$



Résultats

Figure 08 : Teneurs totales en Plomb ($\mu\text{g/g}$ de terre) dans le sol du site (El Tarf) durant la saison de récolte ($m \pm s$, $n=4$).

3.3.3.2. Détermination des Concentrations en Plomb ($\mu\text{g/g}$ du poids sec) dans l'organisme de *Scolopendra morsitans* récolté à partir du site d'étude au cours de la saison de récolte.

L'analyse des concentrations en Plomb ($\mu\text{g/g}$ de poids sec) dans le corps de *Scolopendra morsitans* récoltée durant la saison de récolte à El Tarf montre un total de $94,43 \pm 4,08 \mu\text{g/g}$ de poids sec (Tableau).

Tableau 05 : Concentrations en Plomb ($\mu\text{g/g}$ de poids sec) dans le corps de *Scolopendra morsitans*. Récoltée à partir du site (El Tarf) durant la saison de récolte ($m \pm s$, $n=4$).

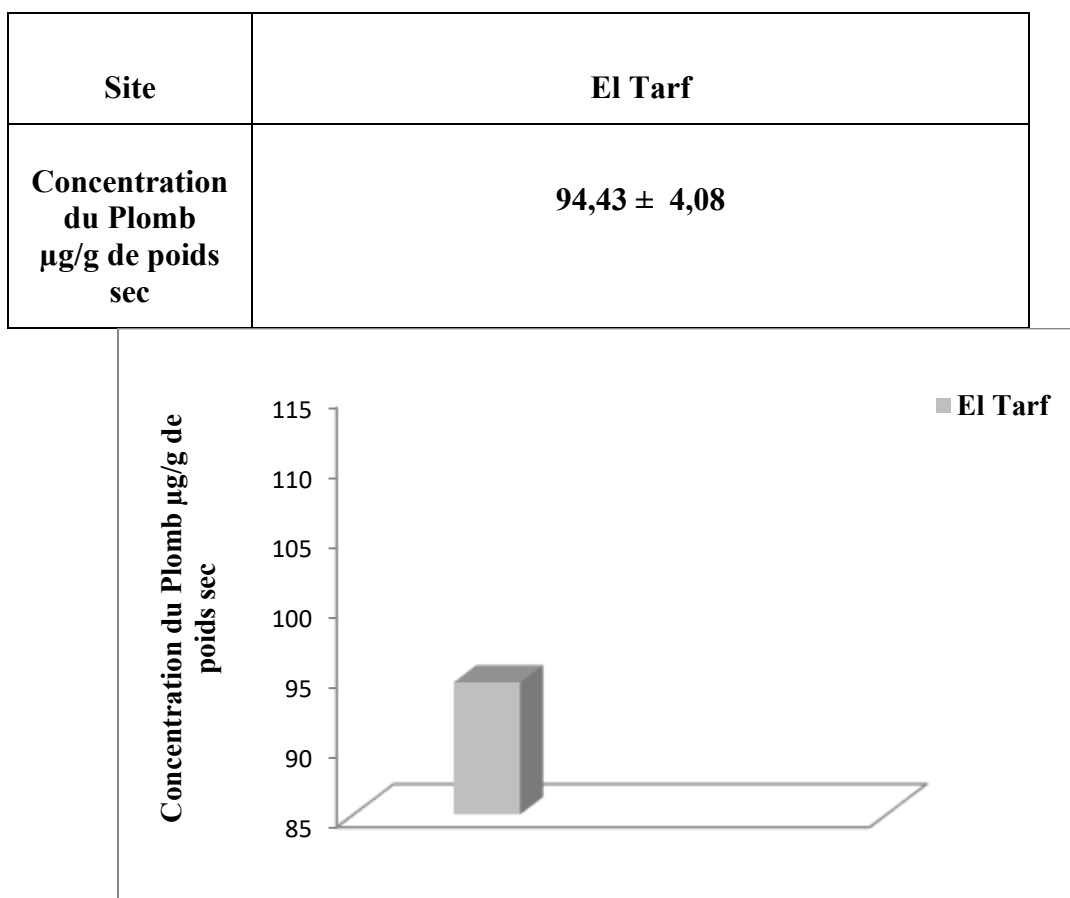


Figure 09: Teneurs totales en Plomb ($\mu\text{g/g}$ de poids sec) dans le corps de *Scolopendra morsitans* récolté à partir du site (El Tarf) durant la saison de récolte.

& Discussion &

Discussion

4. Discussion

Les éléments métalliques sont sous différentes formes, toujours présents au sein de l'environnement. A l'état de traces, ils sont nécessaires voire indispensables aux êtres vivants. A concentration élevée, en revanche, ils présentent une toxicité plus au moins grave. La présence de métaux dans l'environnement résulte de causes naturelles et des activités humaines. Ils posent un problème réel, car ils s'accumulent et ne sont pas biodégradables. (Kontas, 2007; Dong *et al.* 2011 ; Chandrasekaran *et al.* 2015).

La présence de métaux constitue un stress majeur susceptible de perturber les grandes fonctions physiologiques des animaux (Labrot *et al.*, 1996; Brulle, 2008). Les invertébrés du sol sont considérés comme de bons indicateurs de la qualité du sol (Lokke et Van Gestel, 1998; Greig-Smith *et al.*, 1992) et certains d'entre eux, particulièrement les vers de terre, présentent un intérêt particulier, car ils peuvent être exposés aux contaminants par différentes voies (phase aqueuse, phase vapeur et ingestion de la phase solide). Certaines espèces sont ubiquistes (qui se trouve partout) et représentatives de la faune indigène tout en étant faciles à élever au laboratoire. Ces organismes considérés comme prioritaires en écotoxicologie (Spurgeon *et al.*, 2003a) sont souvent fortement affectés par la pollution métallique. Par conséquent, l'exposition métallique de certains Annélides Oligochètes pourrait engendrer des modifications exploitables permettant de dresser un état des lieux et de mesurer les risques provoqués par la présence de métaux polluants dans le sol (Brulle *et al.*, 2007).

Notre étude a été basée sur la relation entre les éléments traces métalliques à savoir le Plomb, le cadmium, dans le sol et dans le corps de notre espèce par un biais mathématique après la quantification de ces ETM dans le sol et dans le corps de l'espèce représentée par *Scolopendra morsitans*.

Les résultats obtenus montrent que le sol de la région d'El Tarf présente un caractère fortement alcalin. Ce pH alcalin influence fortement le comportement des éléments traces métalliques (ETM) dans le sol, notamment leur mobilité et leur biodisponibilité. En effet, plusieurs auteurs rapportent que dans les sols alcalins, les métaux lourds ont tendance à être adsorbés sur les particules argileuses et la matière organique, réduisant ainsi leur mobilité dans la solution du sol mais favorisant parfois leur rétention à long terme.

L'analyse granulométrique révèle une dominance de la fraction sableuse suivie du limon et de l'argile. Cette texture sablo-limoneuse influence directement la dynamique des métaux lourds. Les sols riches en sable possèdent généralement une faible capacité de fixation comparativement aux sols fortement argileux, alors que la présence du limon et de l'argile améliore l'adsorption des contaminants métalliques grâce à leur surface spécifique élevée et leur pouvoir d'échange ionique.

Discussion

Ainsi, la texture du sol étudié peut expliquer en partie le maintien et la disponibilité des métaux dans l'environnement édaphique.

Concernant le cadmium, les teneurs totales enregistrées dans le sol d'El Tarf restent relativement faibles. Toutefois, malgré cette faible concentration édaphique, *Scolopendra morsitans* présente une concentration corporelle relativement élevée. Cette différence entre les concentrations du sol et celles retrouvées dans l'organisme traduit une bioaccumulation effective du cadmium. Plusieurs études écotoxicologiques ont montré que le Cd possède une forte biodisponibilité et une grande mobilité biologique, facilitant son transfert trophique vers les invertébrés du sol. Selon Dudley *et al.*, (1988 ; 1991). Les mécanismes d'adsorption constituent le principal facteur de rétention du Cd dans les sols, mais cela n'empêche pas son assimilation par les organismes vivants lorsque les conditions environnementales sont favorables.

Les résultats relatifs au plomb montrent des teneurs plus élevées dans le sol. Cette présence peut être attribuée à diverses sources anthropiques telles que les activités agricoles, les dépôts atmosphériques ou le trafic routier. Le plomb est reconnu pour sa forte affinité avec les fractions argileuses, carbonatées et organiques du sol, ce qui limite généralement sa mobilité mais favorise sa persistance environnementale.

L'élément le plus marquant de cette étude demeure la concentration élevée du plomb dans le corps de *Scolopendra morsitans*, valeur largement supérieure à celle enregistrée pour le cadmium. Cette observation met en évidence une importante capacité de bioaccumulation du Pb chez cette espèce. Bien que le plomb soit considéré comme moins mobile que le cadmium dans le sol, sa persistance environnementale et son transfert progressif à travers la chaîne trophique peuvent expliquer cette forte accumulation biologique.

La comparaison des deux métaux étudiés met ainsi en évidence des comportements écotoxicologiques différents. Le cadmium est généralement décrit comme plus mobile et plus biodisponible, avec une toxicité élevée même à faibles concentrations, alors que le plomb, malgré une mobilité plus réduite, présente dans cette étude une accumulation biologique beaucoup plus importante. Cette différence souligne que la toxicité environnementale des métaux ne dépend pas uniquement de leur concentration dans le sol, mais aussi de leur comportement géochimique, des caractéristiques physico-chimiques du milieu et de la biologie de l'organisme étudié.

Ces résultats concordent avec plusieurs travaux rapportant que les invertébrés du sol constituent d'excellents bioindicateurs de contamination métallique. En raison de son mode de vie fouisseur, de son contact permanent avec le sol et de son régime alimentaire prédateur, *Scolopendra morsitans* est particulièrement exposée aux contaminants métalliques présents dans son environnement

& Conclusion et perspectives &

5.Conclusion et Perspectives

Les Myriapodes sont considérés comme une faune édaphique bénéfique qui compte au sein des saprophages et des prédateurs. Les saprophages représentés par l'ordre des Diplopodes et les prédateurs par les Chilopodes, ces derniers se trouvent en fin de la chaîne trophique, et sont par là même des ennemis naturels d'un certain nombre de phytophages potentiellement nuisibles pour les cultures.

Concernant le dosage des métaux lourds (Pb, Cd) a été effectué aussi bien au niveau du sol de la région d'étude que sur le corps entier de notre espèce étudiée *Scolopendra morsitans* (Myriapode, Chilopode).

Cette étude a mis en évidence l'évaluation des teneurs totales des éléments traces métalliques (Cd et Pb) dans le sol et leur bioaccumulation dans le corps d'une espèce Myriapoda, Chilopoda (*Scolopendra morsitans*) récoltée au niveau du site d'El Tarf considéré comme site de référence non exposé à plusieurs sources de pollution.

Le diagnostic du niveau de contamination du site, par les éléments traces métalliques (ETM) révèle que les teneurs totales en ETM dans la zone d'étude sont supérieures aux normes de rigueur, ainsi; les résultats montrent une forte corrélation entre les teneurs totales en Cd, et Pb dans le corps de notre espèce et les concentrations totales de ces éléments dans le sol.

-A l'avenir, il serait intéressant d'analyser et de doser les éléments traces métalliques dans la chair de notre espèce *Scolopendra morsitans* et d'évaluer les effets secondaires de ces éléments sur la physiologie, la reproduction et le développement de l'espèce.

Le dosage d'autres traces métalliques de la pollution comme (la métallothionéine) et d'autres enzymes de détoxifications (GPx, SOD et TBAR) seront envisagés afin d'obtenir des informations complémentaires sur l'action de ces éléments traces métalliques.

-Etendre les sites d'échantillonnage dans les zones semi-arides et arides dans le contexte de la biosurveillance de ces milieux.

& Résumé &

Résumé

6.Résumé

Les activités anthropiques peuvent entraîner des changements dans les caractéristiques physico-chimiques des sols, et affecter son évolution morphologique et biologique. Les Myriapodes sont considérés comme une faune édaphique bénéfique qui compte en son sein des saprophages et des prédateurs. Les prédateurs qui sont ces Chilopodes, ces derniers se trouvent en fin de la chaîne trophique, et sont par là même des ennemis naturels d'un certain nombre de phytophages potentiellement nuisibles pour les cultures. un axe a été considéré dans cette étude.

La partie étudiée a comme objectif le diagnostic de la contamination et la mise en évidence du type de relation entre les teneurs totales des éléments traces métalliques (Cd et Pb) dans le sol et dans le corps de notre espèce *Scolopendra morsitans* récoltée au niveau du site d'El Tarf, durant la saison de récolte (Automne) Les teneurs totales des ETM confirment la pollution du site d'El Tarf.

L'ensemble des résultats indique une pollution du sol de la zone d'étude par les métaux lourds et une accumulation massive des traces métalliques par le corps de notre espèce *Scolopendra morsitans* de deux métaux étudiés et dosés notamment le cadmium, le plomb à la région El Tarf .

Mots clés : Myriapodes, Chilopodes, Nord-Est Algérien, Pollution terrestre, Métaux lourds.

6.Summary

Anthropogenic activities can lead to changes in the physicochemical characteristics of soils and affect their morphological and biological development. Myriapods are considered beneficial soil fauna, including both saprophagous and predatory species. The predators, namely chilopods (centipedes), occupy the end of the trophic chain and therefore act as natural enemies of several phytophagous organisms that may be harmful to crops. This aspect was considered in the present study.

The objective of the studied section was to assess contamination and to determine the nature of the relationship between the total concentrations of trace metals (Cd and Pb) in the soil and in the body of our species, *Scolopendra morsitans*, collected from the El Tarf site during the sampling season (autumn). The total concentrations of trace metal elements (TMEs) confirmed the pollution of the El Tarf site.

The overall results indicate soil contamination of the study area by heavy metals and a significant accumulation of metallic trace elements in the body of *Scolopendra morsitans*. This accumulation particularly concerns the two studied and quantified metals, cadmium and lead, in the El Tarf region.

Keywords: Myriapods, Chilopods, Northeastern Algeria, Soil Pollution, Heavy Metals.

ملخص.6

يمكن للأنشطة البشرية أن تحدث تغييرات في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، وأن تؤثر في تطورها المورفولوجي والبيولوجي. وتعدّ عديد الأرجل (Myriapodes) من الكائنات الأرضية النافعة التي تضم في صفوفها كائنات مترمة تتغذى على المواد العضوية المتحللة، وأخرى مفترسة. وتمثل الحريشيات (Chilopodes) الفئة المفترسة، حيث تحتل نهاية السلسلة الغذائية، ولذلك تُعتبر أعداءً طبيعيين لعدد من الكائنات النباتية التغذية التي قد تكون ضارة بالمحاصيل الزراعية. وقد تم اعتماد هذا المحور في الدراسة الحالية.

يهدف الجزء المدروس إلى تشخيص مستوى التلوث وإبراز نوع العلاقة بين التراكيز الكلية للعناصر النزرة المعدنية الثقيلة (الكاديوم Cd والرصاص Pb) في التربة وفي جسم النوع Scolopendra morsitans الذي جُمع من موقع الطارف خلال موسم الجمع (الخريف). وقد أكدت التراكيز الكلية لهذه العناصر المعدنية النزرة وجود تلوث في موقع الطارف.

وتشير مجمل النتائج إلى تلوث تربة منطقة الدراسة بالمعادن الثقيلة، وإلى تراكم كبير للعناصر المعدنية النزرة في جسم النوع Scolopendra morsitans، وخاصة المعدنين المدروسين والمقاسين، وهما الكاديوم والرصاص، في منطقة الطارف.

الكلمات المفتاحية: عديد الأرجل، الحريشيات، شمال شرق الجزائر، التلوث الأرضي، المعادن الثقيلة

& Références bibliographiques &

Références bibliographiques

7. Références bibliographiques

_ A _

Afnor, 1996. Qualité du sol. Recueil de normes françaises. Tome 1 : Protection des sols, méthodes d'analyse. Paris, Association Française de Normalisation (AFNOR).

Alloway, B. J., 1995. Heavy Metals in Soils. 2nd Edition, Blackie Academic & Professional, London. Reporté par : Gardea-Torresdey, J. L., Peralta-Videa, J. R., de la Rosa, G., & Parsons, J. G., 2005. Phytoremediation of heavy metals and study of the molecular mechanisms of metal accumulation. Coordination Chemistry Reviews, 249(17-18): 1797-1810.

Anonyme., 1971.

Anonyme., 1998. Distribution, morphology and life history of the millipede *Ommatoiulus morelliti* (Diplopoda: Iulidae) in Portugal and comparisons with Australian population. Aust. J. Zool, 32: 811-22.

_ B _

Baize., 1997. Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France). INRA Editions, Paris, 408p.

Barrios., 2007. Soil biota, ecosystem services and land productivity. Ecol Econ 64: 269-285. December 2007; Ecological Economics 64(2):269-285.

Beaumont., 2004. Biologie animale. Les cordés, anatomie comparée des vertébrés.

Bernier., 1996.

Bird., Coulson, R.N., & Crossley, J.R., 2000. Impacts of silvicultural practices on soil and litter arthropod diversity in a Texas pine plantation. Forest Ecol. Manag, 131:65–80.

Bonato, L., & Minelli, A., 2002. Parental care in Scolopendromorph centipedes: new observations on *Scolopendra cingulata* Latreille, 1789, and a review of the literature. Zoologischer Anzeiger - A Journal of Comparative Zoology, 241(3): 245-255.

Brédan, A., et al., 2007. Évaluation de la réserve utile en eau des sols. Étude et Gestion des Sols, 14(2): 115-128.

Brölemann, H. W., 1930. Éléments d'une faune des myriapodes de France : Chilopodes. Imprimerie de la Faculté des Sciences, Toulouse, 405 p.

Références bibliographiques

Brulle, F., Morgan, A. J., Cocquerelle, C., & Vandenbulcke, F., 2007. Development of a microcosm approach to assess heavy metal toxicity in *Eisenia fetida* using molecular biomarkers. *Ecotoxicology*, 16(3): 343-354.

Brulle.,2008.

_ C _

Cassagne, N., Gers, C. & Gauquelin, T., 2003. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands (France). *Biol. Fertil. Soils*, 37: 355–361.

Chaker., 2013.

Chandrasekaran., Han-Gyol Yi., Nathaniel J., Blanco, John E., McGeary and W. Todd Maddox., 2015. *Journal of Neuroscience*, 35 (20) 7808-7812; DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4706-14> .

Conyers MK., Davey BG., 1988. Observation on some routine methods for soil pH determination. *Soil Sci* 145:29-36.

_ D _

Demange, J. M., 1981. Les Mille-pattes Myriapodes. Généralités, Morphologie, Ecologie, Ethologie. Détermination des Espèces de France. Éditions Boubée, Paris, 281 p.

Demange., 1981. Louis., 1981. Les Mille-pattes Myriapodes. Généralités, Morphologie, Ecologie, Ethologie. Détermination des Espèces de France. Editions Boubée, Paris: 281 pp.

Denison et Silbergeld., 1988. Risks of municipal solid waste incineration: an environmental perspective. *Risk analysis*, 8: 343-355.

Deprince., 2003. La faune du sol, diversité, méthodes d'étude, fonction et perspectives. *Le Courrier De L'Environnement de l'INRA*, 49 :456-468 .

Dong JH, Yu M, Bian ZF, Wang Y, Di C., 2011. Geostatistical analyses of heavy metal distribution in reclaimed mine land in Xuzhou, China. *Environ Earth Sci* 62:127–37.

Dubey et Dwividi., 1988. Projective value of somatic Inkb lot – séries II in casestammering. *Journal of personality and clinical studies*. 8, 173-176.

Dudley, L. M., McLean, J. E., & Furrer, B., 1988. Heavy metal adsorption by soil components. *Journal of Environmental Quality*, 17(4): 634-638.

Références bibliographiques

Dudley, L. M., McLean, J. E., Shariatpanahi, M., & Jurinak, J. J., 1991. Sorption of cadmium and lead by soils as affected by pH and organic matter. *Soil Science Society of America Journal*, 55(6): 1591-1597.

_ E _

Eijsackers., 1983. Soil fauna and soil microflora as possible indicators of soil pollution. *Environmental Monitoring and Assessment*. 3, 307-316.

_ F _

Feener et Schupp., 1998. Effects of treefall gaps on patchiness and species richness of neotropical ant assemblages. *Oecologia*, 116: 191- 201.

Fransen, K., et al., 1997. Spatial variability of heavy metals in soil around industrial emission sources. *Environmental Pollution*, 95(2): 185-194.

_ G _

Garrett, R.R., 2000. Natural sources of metals to the environment. *Human. Ecol. Risk. Assess*, 6: 945-963.

Geoffroy, J. J., & Mauriès, J. P., 2015. Synopsis des grandes lignes du statut des Myriapodes (Diplopoda, Chilopoda) de France. *Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris*.

Ghilarov, M.S., 1977. Why so many species and so many individuals can coexist in the soil. *Ecol. Bull*, 25: 593–597.

Giller., 1996. The diversity of soil communities, the poor man's tropical rain forest. *Biod. Conserv*, 5: 135-168.

Gimbert., 2006. Cinétique de transfert de polluants métalliques du sol à l'escargot. Thèse de doctorat, université de franche comté, France.192 p.

Godin, M., Feinbert, M.H., et Ducauze, C.J., 1985. Modeling of soil contamination by air -borne lead and cadmium around several emission sources. *Environmental Pollution*, 10: 97- 114.

Grassé, 1963. Zoologie des invertébrés, Masson science, édition Dunode : 214-220.

Greig-Smith P.W., Becker H., Edwards P.J., 1992. Heimbach F. *Ecotoxicology of Earthworms*, Intercept Ltd., 269 p.

Grossi et Brun., 1997.

Références bibliographiques

Giller., 1996. The diversity of soil communities, the poor man's tropical rain forest. *Biod. Conserv*, 5: 135-168.

_ H _

Hamon, R.E., McLaughlin, M.J., Naidu, R., et Correll, A., 1998. Long- term changes in cadmium bioavailability in soil. *Environmental Sciences and Technology*, 32: 3699-3703.

Hopkin., 1989. *Ecophysiology of metals in terrestrial invertebrates*. Elsevier Applied science, NY, USA, 366 p.

_ I _

Iorio, E., 2002. Observation du comportement et de la reproduction de *Lithobius forficatus* (Linné, 1758) (Chilopoda, Lithobiomorpha, Lithobiidae, Lithobiinae). *Le Bulletin de Phyllie*.

Iorio, E., 2004. Les appareils venimeux des Chilopodes (Myriapoda) : mécanismes et pathologies. *Le Bulletin de Phyllie*, 20 :23-33.

_ K _

Kontas A., 2007. Trace metals (Cu, Mn, Ni, Zn, Fe) contamination in marine sediment and zooplankton samples from Izmir Bay (Aegean Sea, Turkey). *Water Air Soil Pollut* 188:323–333. <https://doi.org/10.1007/s1715> .

Kuznetsova., 2002. Classification of collembolan communities in the east European taiga. *Proceedings of the Xth international Colloquium on Apterygota, Ceské Budeřjovice 2000: Apterygota at the Beginning of the Third Millennium*. *Pedobiologia*, 46: 373-384.

_ L _

Labrot F., Ribera D., Saint-Denis M., et Narbonne J.F., 1996. In vitro and in vivo studies of potential biomarkers of lead and uranium contamination: lipid peroxydayion, acetylcholinesterase and glutathione peroxydase activities in three non-mammalian species. *Biomarkers*.Vol 1, 21-28.

Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F. , Margerie, P., Mora, P. & Rossi, J.P., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *Europ. J.*

Lewis., 1981. The life history and ecology of littoral centipede *Strigamia maritime* (Scolioplanes) (Leach). *Proceedings of the zoological Society of London*, 137: 221-247

Linnaeus., 1758. Citation, original classification and taxonomic changes.

Références bibliographiques

Lokke, H., Van Gestel C.A.M., 1998. Handbook of Soil Invertebrate Toxicity Tests, John

Loranger, G., Bandyopadhyaya, I., Razaka, B. & Ponge, J.F., 2001. Does soil acidity explain altitudinal sequences in collembolan communities. *Soil Biol. Biochem*, 33: 381-393.

Lovett, GM; Tear, TH; Evers, DC; Findlay, SEG; Cosby, BJ; Dunscomb, JK; Driscoll, CT; Weathers, KC., 2007. Effects of air pollution on ecosystems and biological diversity in the Eastern United States. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1162:99-135.

_ M _

Magura, T., TO' thmeré , & Belek, Z., 2003. Diversity and composition of carabids during a forestry cycle. *Biod. Conserv*, 12: 73–85.

Materna.,2004 .

Meshalkina, J. L., Stein, A., & Dmitriev, J. A., 1996. Spatial patterns of heavy metals in soils around a coal-fired power station. *Journal of Environmental Quality*, 25(6): 1332-1341.

Mathieu et Pieltain., 1998. Analyse physique du sol, Méthodes choisies. Eddition Lavoisier, TECetDOC.380p.

McBride., 1995. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective? *Journal of Environmental Quality*, 24: 5-18.

Merian, E., Anke, M., Ihnat, M., et Stoeppler, M., 2004. Metals and their compounds in the environment. Occurrence, analysis and biological relevance. 2nd Edition, VCH Publishers, Weinheim, New York, USA, 1806pp.

Moore, P.A., Joern, B.C., Edwards, D.R., Wood, C.W., & Daniel, T.C., 2006. Effects of manure amendments on environmental and production problems. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan, USA.759-776.

Morgan et Taylor., 2004. Copper Accumulation in Vineyard Soils in New Zealand. *Environnemental Sciences*, 1: 139-167.

Musy et Soutter., 1991. PUR presses polytechniques. 335p.

_ N _

Nica et al., 2012.

_ O _

Références bibliographiques

Ollier., Poiree., 1981. Formats and Editions of Irrigation : Les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages.

_ P _

Paquin et Coderre., 1997. Changes in soil macroarthropod communities in relation to forest maturation through three successional stages in the Canadian boreal forest. *Oecologia*, 112 : 104-111

Ponge., 1993. Biocenoses of Collembola in Atlantic temperate grass-woodland ecosystems. *Pedobiologia*, 37: 223–244.

Ponge, J.F., Gillet, S., Dubs, F., Fedoroff, E., Haese, L., Sousa, J.P., Lavelle, P., 2004. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. *Soil Biology and Biochemistry*, 35 : 813-826.

_ R _

Ramade., 2007. Introduction à l'écotoxicologie. Editions Tec & Doc. Lavoisier, Paris.

Robert et Juste., 1999. Enjeux environnementaux et industriels – Dynamique des éléments traces dans l'écosystème sol. In: Spéciation des métaux dans le sol. Les Cahiers du Club Crin, Paris, 15-37.

_ S _

Scheu, S., Albers, D., Alpei, J., Bury, R., Klages, U., Migge, S., Platner, C. & Salamon, J.A., 2003. The soil fauna community in pure and mixed stands of beech and spruce of different ages : trophic structure and structuring forces. *Oikos*, 101: 225–238.

Senesi, G.S., Baldassare, G., Senesi, N., & Radina, B., 1999. Trace element inputs into soils by anthropogenic activities and implication for human health. *Chemosphere*, 39: 343-377.

Soulier., 1885. Mechanisms of organophosphate resistance in insects. Departement of entomology, 202 Plant industry Bldg, University of Nebraska. Lincoln NE, USA. pp. 269-291.

Spurgeon, D. J., Hopkin, S. P., & Jones, D.T., 2003. Effects of cadmium, copper, lead and zinc on growth, reproduction and survival of the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny): (Lumbricidae). *Revue Suisse Zoologie*. 89: 881-889.

_ T _

Références bibliographiques

Toutant., 1987. Insect acetylcholinesterase : Catalytic properties, tissue distribution andmolécular forms.Prog.Neurobiol. 32, 719-734.

_ W _

Walker, C. H., Sibly, R. M., Hopkin, S. P., & Peakall, D. B., 2012. Principles of Ecotoxicology. 4th Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 386 p.

Wall, D.H., & Moore, J.C., 1999. Interactions underground. Soil biodiversity, mutualism, and ecosystem processes, BioScience, 49: 109-117.