

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biologie



Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du diplôme de Master En Ecologie et Environnement

Spécialité : Biodiversité et Environnement

Thème

Etude des effets des hydrocarbures sur les invertébrés du sol d'une station-service à Fréha par deux méthodes d'échantillonnage « Pots Barber et Extraction »

Présenté par :

M^{elle} DJEMAM Kenza

M^{elle} L'HOCINE Lydia

Devant le jury composé de :

Présidente : M^{me} SAHMOUN.F.

M.A.A U.M.M.T.O.

Promotrice : M^{me} SADOUDI-ALI AHMED D.

Professeur U.M.M.T.O.

Co-promoteur: M^r DIB D.

Doctorant U.M.M.T.O.

Examinatrice : M^{me} LAMRI T.

M.A.A U.M.M.T.O.

2018/2019

Remerciements

En tout premier lieu, nous remercions le bon Dieu, tout puissant, de nous avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre cher professeur et encadreur Madame **SADOUDI-ALI AHMED DJ.**, Professeur au département de biologie de l'UMMTO pour son suivi et pour son énorme soutien, qu'elle n'a cessé de nous prodiguer tout au long de la période du travail. Faire notre travail sous sa direction était un grand honneur et un immense bonheur. La liberté qu'elle nous a accordée et les responsabilités qu'elle nous a confiées ont beaucoup contribué à notre autonomie de travail. Ainsi que*

*Notre Co-promoteur Monsieur **DIB DJ.**, Doctorant, pour le temps qu'il nous a consacré et pour les précieuses informations qu'il nous a prodiguées avec intérêt et compréhension. Ses conseils et ses encouragements ont permis à ce travail d'aboutir. Ses capacités scientifiques et ses compétences étaient notre grand-support.*

*Nos remerciements vont aussi aux membres du jury : Madame **LAMRI T** et Madame **SAHMOUN F** .pour l'intérêt qu'elles ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

Nous tenons à remercier l'ensemble du personnel de la station-service du Fréha pour leur accueil chaleureux, l'aide et l'assistance dont nous avons eu besoin.

Nous voudrions aussi témoigner notre reconnaissance et exprimer toute notre gratitude à nos enseignants qui ont participé pour une grande part à notre formation.

A fin de n'oublier personne, nos vifs remerciements s'adressent à tous ceux qui nous ont aidés à la réalisation de ce modeste mémoire.



Dédicaces

Je dédie ce travail à

À mes chers parents, qui m'ont soutenu et encouragée durant ces années d'études, qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance

À mes chers frères, sœurs ; mes belles sœurs, mes neveux et mes nièces qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail, ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

À ma famille et mes proches

À ma binôme Lydia et toute sa famille

À tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus du succès et à toute la promotion biodiversité et environnement2019.

À tous ceux que j'aime.

Kenza



Dédicaces

Je dédie ce travail à

À mes très chers parents qui ont éclairé mon chemin et que je remercie infiniment pour leur encouragement et soutien, que dieu tout puissant me les garde.

À ma chère sœur Razika que j'aime beaucoup et son mari.

À mes chers frères Nouredine et Karim et leur famille.

À mes très chers anges : Moumouh, Yasmin, Amin, Anis, Aris

À mon très cher mari Djamel.

À ma famille et mes proches.

À toute ma belle-famille.

À ma binôme Kenza et toute sa famille

À mes amis (es) et à toute la promotion biodiversité et environnement2019.

À tous ceux que j'aime et je respecte.

Lydia

Liste des figures

Figure 01 : Classification simplifié de la faune du sol	05
Figure 02. Structure moléculaire de base des principaux hydrocarbures pétroliers	10
Figure 03: Méthode d'échantillonnage par Extraction	12
Figure 04 : Des pots Barber	13
Figure 05 : Situation géographique de la commune de Fréha dans la wilaya de Tizi- Ouzou..	14
Figure 06 : Localisation du site d'études au niveau de la station-service de Fréha	16
Figure 07 : Matériel utilisé sur le terrain	18
Figure 08 : Matériel utilisé au laboratoire	19
Figure 09 : Schéma de la méthode d'échantillonnage effectuée.....	20
Figure 10 : Nombre d'individus de chaque ordre en fonction des transects	24
Figure 11: Nombre d'individus de chaque ordre en fonction des strates.....	25
Figure 12 : Nombre d'individus dans chaque strate en fonction des transects.	26
Figure 13 : Nombre d'individus de chaque ordre en fonction des transects.....	30
Figure 14 : Nombre d'individus par ordre en fonction des strates.....	31
Figure 15 : Nombre d'individus dans chaque strate en fonctions des transects	32
Figure 16 : Nombres d'ordre pour chaque méthode d'échantillonnage.....	36
Figure 17 : Nombre d'individus par ordre pour chaque méthode d'échantillonnage	36
Figure 18 : Haplotaxida	39
Figure 19 : Isopode	39
Figure 21: Diplopode	39
Figure 22 : Aranea	39

Figure 23 : Hymenoptera	39
Figure 24 : Coleoptera	40
Figure 25: Diptera	40
Figure 26: Entomobryomorpha	40
Figure 27 :Stylomatophora	40

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principaux constituants du sol	03
Tableau2 : Les résultats des différentes analyses physico-chimiques des sols de la station-service de fréha.....	17
Tableau 03 : Résultats de l'indice de Shannon-Weaver (H'), le nombre d'ordre(NO), abondance(N) et l'indice d'équitabilité(J') pour la méthode des Pots Barber	27
Tableau 04 : Analyse de la variance à un facteur et les groupes homogènes selon le test de NEWMAN et KEULS (Pots Barber).....	27
Tableau 05 : Analyse de la variance à un facteur pour l'indice de Shannon-Weaver (Pots Barber).....	28
Tableau 06 : Analyse de la variance pour l'indice d'équitabilité (Pots Barber)	29
Tableau 07 : Analyse de la variance pour le nombre d'ordre (Pots Barber).....	29
Tableau 08 : Résultats de l'indice de Shannon-Weaver (H'), le nombre d'ordre(NO), l'abondance (N) et l'indice d'équitabilité(J') pour la méthode d'extraction.....	33
Tableau 09 : Analyse de l'ANOVA à un facteur pour l'abondance (extraction)	33
Tableau 10 : Analyse de la variance à un facteur pour l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') (extraction).....	34
Tableau 11 : Analyse de test de l'ANOVA à un facteur pour l'indice d'équitabilité (extraction)	35
Tableau 12 : Analyse de de la variance à un facteur pour le nombre d'ordre (extraction).....	35
Tableau 13 : Analyse de test de l'ANOVA à un facteur pour la comparaison des deux méthodes et le test de Newman et keuls pour les groupes homogène.....	37
Tableau 14 : Analyse de la variance à un facteur pour la comparaison de nombre d'individus par ordre pour les deux méthodes et le test de Newman et keuls pour les groupes homogène.	38

Liste des abréviations

A : argile

C : carbone total

CE : conductivité électrique

CT : calcaire total

HR : humidité résiduelle

L : limon

M : méthode

MO : matière organique

pH : potentiel d'Hydrogène

S : sable

S1 : strate 1

S2 : strate 2

S3 : strate 3

S4 : strate 4

T1 : transect 1

T2 : transect 2

T3 : transect 3

T4 : transect 4

Sommaire

Introduction générale	01
------------------------------------	----

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

1. Sol et organismes vivants	03
1.1. Définition.....	03
1.2. Sol et ses constituants	03
1.3. Organismes vivants du sol.....	04
1.4. Faune du sol.....	04
1.4.1. Classification de la faune du sol.....	04
1.4.1.1. Selon la taille	04
1.4.1.2. Selon le groupe systématique.....	05
2. Pollution du sol par les produits pétroliers	08
2.1. Définition.....	08
2.1.1. Sol pollué.....	08
2.1.2. Produits pétroliers et hydrocarbures	08
2.2. Produits pétroliers source de pollution du sol	10
2.2.1. Cas des stations-service.....	11
3. Effets des produits pétroliers sur la faune invertébrée du sol	11
4. Revue des méthodes d'échantillonnages de la faune	12

Chapitre 2 : Milieu d'études

Présentation de la région d'étude	14
1. Situation géographique et administrative	14
2. Relief et pente	15
3. Climat	15
4. Végétation	15
5. Description du site d'étude	16

6. Composition physico-chimique du sol	16
--	----

Chapitre 3 : Matériel et Méthode

1. Choix du site.....	18
2. Matériel d'échantillonnage.....	18
2.1. Matériel utilisé sur le terrain	19
2.2. Matériel utilisé au laboratoire.....	20
3. Méthode d'échantillonnage	20
3.1. Dispositif expérimental	21
3.1.1. Méthode par Extraction.....	21
3.1.2. Pots Barber	21
4. Analyse statistique des résultats	21
5. Indice écologique	22
5.1. Indice de Shannon-Weaver	22
5.2. Indice d'équitabilité de Pielou.....	22
5.3. Abondance totale	23
5.4. Nombre d'ordre	23

Chapitre 4 : Résultats et discussion

I. Résultats de l'échantillonnage par la méthode des pots Barber	24
1. Le nombre d'individus en fonction des transects	24
2. Le nombre d'individus en fonction des strates	26
3. Nombre d'individus des strates en fonctions des transects.....	26
4. Indice écologique et Résultats des analyses statistiques.....	27
II. Résultats de l'échantillonnage par la méthode d'extraction	30
1. Le nombre d'individus en fonction des transects.....	30
2. Le nombre d'individus en fonction des strates.....	31

3. Nombre d'individus des strates en fonctions des tansects	32
4. Indice écologique et résultats des analyses statistiques	32
III. Comparaison entre les deux méthodes	36
IV. Quelques groupes d'ordres récoltés.....	39
Discussion des résultats.....	41
Conclusion et perspectives.....	43
Références bibliographiques	
Annexe	

Introduction

Introduction générale

Introduction générale

Le sol est une ressource limitée et considérée non renouvelable. Il n'est pas isolé, il fait partie de l'écosystème avec lequel il est en constante interaction contribuant à son bon fonctionnement (Bernard *et al.*, 1995).

L'ensemble des processus fonctionnels de l'écosystème terrestre est influencé par l'activité de la faune du sol. Ces animaux jouent un rôle important dans la décomposition et la fragmentation de la matière organique et dans le recyclage de la matière (Coineau, 1997).

Le sol est très riche en groupe faunistique où chaque groupe d'invertébrés compte plusieurs milliers de représentant. Les plus nombreux sont les protozoaires, les nématodes, les oligochètes et les microarthropodes qui regroupent essentiellement les acariens (Bachelier, 1979).

L'exploitation humaine des gisements de pétroles n'a cessé d'augmenter depuis le début du siècle. Le transport et l'utilisation de cette source d'énergie entraînent des risques de pollution de l'environnement pouvant influencer l'équilibre écologique et parfois entraîner la destruction des écosystèmes (Lecompte, 1998).

Le phénomène de pollution par les hydrocarbures a une importance de plus en plus grande sur le plan environnemental, sanitaire et économique. Cette pollution peut avoir un impact soit direct ou indirect sur la santé humaine et l'équilibre des écosystèmes. La qualité des sols peut également en être altérée (Mbonigaba *et al.*, 2009).

Les effets dévastateurs de l'industrialisation pétrolière et leur impact ont été évalués sur l'environnement. En effet, de nombreux dégâts réels ont été constatés lors d'accidents, de rejets ou de déversements volontaires, pouvant entraîner des catastrophes écologiques irréversibles (Soltani, 2004).

Les stations-services représentent une source importante de pollution par les hydrocarbures, due notamment au déversement d'hydrocarbures lors du remplissage des stocks de la station ou de la distribution des carburants (Durandea, 2006 ; Carnicer, 2007).

Dans le but d'évaluer l'effet des hydrocarbures sur la faune invertébrée du sol, nous avons entrepris un travail sur le terrain au niveau de la station-service de Fréha par l'utilisation de deux méthodes d'échantillonnage qui sont la méthode d'extraction et la méthode des pots Barber et nous avons effectué par la suite un travail au laboratoire afin de quantifier les individus et de les classer dans différents groupes.

Introduction générale

Notre travail comporte quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur le sol, la pollution des sols par les hydrocarbures et les produits pétroliers, ainsi qu'une revue des méthodes d'échantillonnage.
- Le deuxième chapitre consiste à la présentation du milieu d'étude et la composition physico-chimique du terrain.
- Le troisième chapitre met en évidence le matériel et les méthodes appliquées dans ce travail.
- Dans le quatrième chapitre, nous avons interprété et discuté les résultats obtenus.

Le mémoire s'achève par une conclusion générale suivie de quelques perspectives.

Chapitre I

Synthèse

bibliographique

1. Sol et organismes vivants

1.1. Définition

Le sol est un ensemble organisé (en différents horizons) et évolutif, où la vie est présente, et dont le matériau est la terre. Il est le lieu de transferts de flux : eau, air, énergie et vie (Michel-Claude *et al.*, 2011). Le sol joue un rôle irremplaçable à la surface du globe. Il n'est pourtant qu'une très mince pellicule à l'interface de la lithosphère et de l'atmosphère (Gobat, 2010).

1.2. Sol et ses constituants

Le sol est un milieu poreux constitué de trois phases, solide, liquide et gazeuse, dont les proportions varient au cours du temps (Metral, 2007). Ses constituants essentiels sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Principaux constituants du sol (Soltner, 2005).

	Constituants solides		Constituants liquides	Constituants gazeux
	Minéraux	Organique		
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), état physique (potentiel hydrique), qualité chimique	Origine (air organismes) qualité chimique
Catégories	Selon granulométrie -Squelette (>2mm) -Terre fine (<2mm) Selon minéralogie -Quartz -Minéraux silicates -Minéraux carbonatés	-Organismes vivants -Organismes morts -Matières organiques héritées (cellulose lignine résines) -Matières organiques humifiées (acides fulviques et humiques, humines)	-Eau -Substance dissoutes (glucide, alcool, acide organique) et minéraux, cation et anions	Gaz de l'air N ₂ , C ₂ , CO ₂ Gaz issus de la respiration et de la décomposition des organismes : CO ₂ , H ₂ , CH ₄ , NH ₄

1.3. Organismes vivants du sol

Les organismes vivants du sol sont très diversifiés et abondants. On estime le nombre d'espèces à environ 30000 pour les bactéries, 1500000 pour les champignons, 60000 pour les algues, 10000 pour les protozoaires, 500000 pour les nématodes et 3000 pour les vers de terre (Pankhurst, 1998). Ces organismes sont de puissants agents de la pédogenèse et participent

aussi aux différentes fonctions du sol. Leur abondance et leur nature dépendent du type de sol, de la végétation, du climat et des diverses actions anthropiques qui ont une influence sur leur croissance et leur activité (Calvet, 2013).

1.4. Faune du sol

Appelée aussi « pédofaune », elle comprend un grand nombre d'organismes aux caractéristiques morphologiques et physiologiques très variées. Tous ces organismes vivent dans l'espace poreux du sol où leur localisation dépend de leur taille (Calvet, 2013)

1.4.1. Classification de la faune du sol

1.4.1.1. Selon la taille

1.4.1.1.1. Microfaune (taille < 0,2mm)

Ces organismes sont présents en très grand nombre dans le sol. Ce sont principalement des protozoaires et des nématodes (Calvet, 2013).

1.4.1.1.2. Méso faune (0,2mm < taille < 4mm)

Elle comprend des microarthropodes : acariens, collembolés. A cela s'ajoutent des nématodes de grande taille et des enchytraïdes (Calvet, 2013).

1.4.1.1.3. Macrofaune (4mm < taille < 80mm)

Elle est elle aussi constituée d'une très grande variété d'organismes tels que des vers, des insectes, des myriapodes, des mollusques et des araignées (Calvet, 2013)

1.4.1.1.4. Mégafaune (taille > 80mm)

Ce sont des animaux de grande taille (vertébrés, reptiles, amphibiens) qui utilisent le sol comme habitat (Calvet, 2013).

1.4.1.2. Selon le groupe systématique

Selon le groupe systématique la faune du sol est classée comme suite :

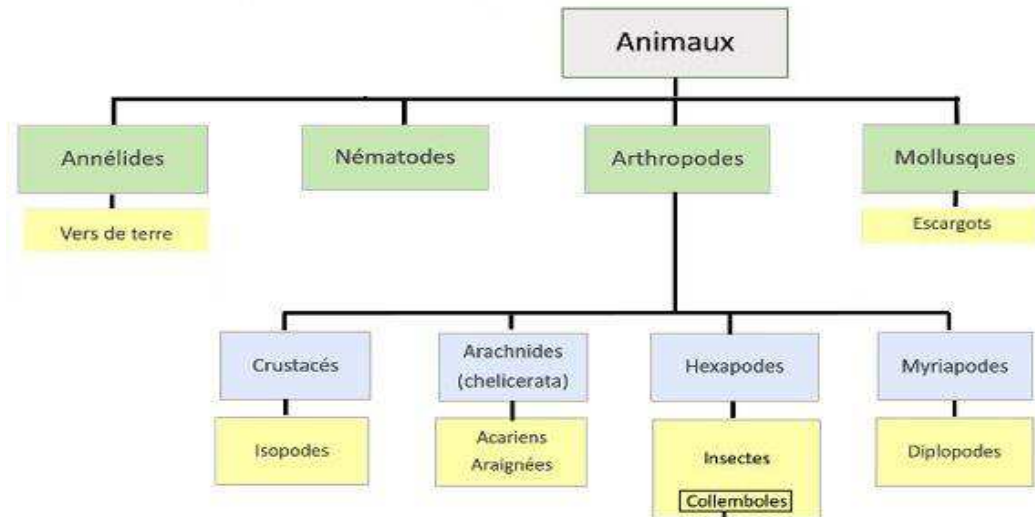


Figure 01 : Classification simplifié de la faune du sol (Garcelon ,2018)

1.4.1.2.1. Annélides

Le corps du ver de terre est mou, sa peau est humide et un peu visqueuse. Il a la forme d'un cylindre rose effilé aux deux bouts qui atteint, chez les plus grands, 30cm de long et 9mm de diamètre. Il est composé d'un grand nombre d'anneaux. Ils sont des agents d'humification (Bachelier, 1978).

1.4.1.2.2. Nématodes

Ce sont de petits vers ronds de taille variant entre 0.5 et 2 mm de long. Ils sont nombreux dans le sol (Massenet, 2010).

1.4.1.2.3. Arthropode

1.4.1.2.3.1. Crustacés

• Isopodes

Ce sont des crustacés supérieurs appartenant à l'embranchement des arthropodes et à la sous classe des Malacostracées. Ils se nourrissent essentiellement de matières organiques d'origine végétale, et favorisent les processus naturels d'humification (Bachelier, 1978).

1.4.1.2.3.2. Myriapodes

Ces animaux vivent dans des endroits sombres, humides et cachés sous les pierres, et les feuilles. Ils se nourrissent surtout de végétaux en décomposition, mais ils endommagent parfois les cultures. Ils mangent parfois de petits cadavres d'insectes ou de petits vers (Massenet, 2010).

- **Chilopodes**

Les Chilopodes vivent sous les pierres, les écorces, les vieux troncs, les mousses, ou dans la terre-même. Ils sont de couleur fauve, de 5 à 9 cm de longueur. Ils sont tous des prédateurs qui se nourrissent, pendant la nuit, d'autres invertébrés du sol (Massenet, 2010).

- **Diplopodes**

Très diversifiés, ils possèdent un corps cylindrique robuste et plein de pattes. Certaines espèces se regroupent parfois en masses de millions d'individus (Massenet, 2010).

1.4.1.2.3.3. Arachnides

Ils appartiennent à l'embranchement des arthropodes et au sous-embranchement des chélicérates. La classe des arachnides comporte 11 ordres. Parmi ces derniers nous avons :

- **Acariens**

Ils sont de taille généralement minuscule dont certains sont microscopiques et ne mesurent que quelques dizaines de micromètres. Les plus grands ne dépassant pas 2cm, le corps est particulièrement compact pour un arthropode. Les oribates sont un groupe d'acariens surtout abondant dans le sol. Ils consomment des débris végétaux qu'ils fragmentent en petits éléments et facilitent ainsi le rôle des bactéries dans la formation de l'humus (Alvarez et al., 2002).

- **Araignées ou Aranéides**

Ce sont des arthropodes prédateurs de la classe des arachnides. Elles sont dotées de huit pattes, les aranéides et les opilions évoluent en surface du sol, ce sont des prédateurs généralistes, efficaces contre les ravageurs des cultures (Gobat et al., 2010).

1.4.1.2.3.4. Hexapode

Les hexapodes sont des arthropodes pourvus d'une paire d'antennes, d'une paire de mandibules et de trois paires de pattes. Sur 33 ordres, superordres et classe, cinq sont

spécialement importants dans le fonctionnement du sol : collemboles, isoptères (termites), coléoptères, diptères et hyménoptères (ex. fourmis) (Gobat, 2010).

- **Insectes**

La classe des insectes représente le groupe le plus important du règne animal. Par la diversité des formes et par l'étendue des habitats ; ils sont des animaux extrêmement anciens (Massenet, 2010).

- **Termites**

Les termites sont des insectes primitifs de couleur blanchâtre et de petite taille (5 à 8 mm de longueur pour une largeur de l'ordre du mm). Elles constituent l'ordre des Isoptères. (Bachelier, 1978).

- **Fourmis**

Ce sont des insectes sociaux formant des colonies, appelées fourmilières, parfois extrêmement complexes et contenant de quelques dizaines à plusieurs millions d'individus (Gobat et al., 2010).

- **Coléoptères**

Ces insectes à cuticule souvent épaisse et résistante sont pourvus d'une paire d'ailes coriaces. Les pièces buccales sont en grande majorité broyeuses, avec les mandibules bien développées. Les coléoptères comprenant probablement plus d'un million d'espèces dans le monde (Gobat, 2010).

- **Diptères**

Les adultes n'ont qu'une seule paire d'ailes, la seconde étant transformée en balanciers. Les pièces buccales sont suceuses, parfois piqueuses. Le nombre d'espèces est d'environ 125000 dans le monde (Gobat, 2010).

- **Collemboles**

Les collemboles sont certainement, après les acariens, les arthropodes les plus nombreux du sol. On peut en trouver de 10000 à 200000 individus par m². De nombreuses espèces vivent, en effet, groupées en colonies (Bachelier, 1978).

1.4.1.2.4. Mollusques

Un certain nombre de gastropodes pulmonés vivent dans les litières forestières ou dans les anfractuosités du sol, toujours en milieu humide (ex escargot) (Massenet, 2010).

2-Pollution du sol par les produits pétroliers

2.1. Définitions de la pollution

C'est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou une partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers les ressources agricoles, les eaux et autre produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède, les possibilités récréatives du milieu ou encore en enlaidissant la nature (Ramade, 2012).

2.1.1. Sol pollué

Un sol pollué est une zone non-saturée comprise entre la surface du sol et le niveau de la nappe phréatique qui, du fait de négligences, défaut de conception ou de maintenance, non-respect de la législation à la suite d'activités diverses, conduit à l'apparition de dommages et risques immédiats ou différés pour les usagers ou pour l'environnement (Ricour et Lallemand-Barrès, 1994).

2.2. Produits pétroliers et hydrocarbures

2.2.1. Produits pétroliers

Ils désignent un produit commercialisé issu du raffinage de pétrole brut, constitué par un mélange d'hydrocarbures plus au moins complexe (Bocard, 2006). La modification de la formule chimique du pétrole aboutit, essentiellement, à des produits lourds (fuel-oil, bitume), des distillats (gasoil) et des produits légers (essence) (Begbeg, 2008).

2.2.1.1. Essence

C'est un mélange d'environ 230 hydrocarbures différents. Les essences sont composées de cinq classes principales d'hydrocarbures : les n-alcanes, les iso-alcanes, les cycloalcanes, les alcènes et les aromatiques (Saada *et al.*, 2005).

2.2.1.2. Kérosène

Il est obtenu à partir de la distillation fractionnée du pétrole entre 150 et 275°C. Résultant en un mélange d'hydrocarbures de 12 à 15 atomes. Le kérosène est un liquide blanc ou légèrement jaune qui présente une légère odeur de pétrole (Colombono *et al.*,2014).

2.2.1.3. Lubrifiants

Sont utilisés pour réduire les frottements et ainsi limiter l'usure des pièces des moteurs et machines. Les lubrifiants sont des élaborés à partir d'huile produites dans les raffineries. Ces huiles sont, ensuite, retraitées puis des additifs sont ajoutés afin d'en améliorer les propriétés (Colombono *et al.*,2014).

2.2.1.4. Gasoil

C'est un ensemble de 2000 à 4000 hydrocarbures différents. Le nombre d'atomes de carbone qui le compose varie entre 11 et 25. Il est plus lourd que l'essence et contient moins de produits volatils. Il est essentiellement composé de n-alcanes et ne contient pas d'alcanes (Saada *et al.*, 2005).

2.2.1.5. Gaz de pétrole liquéfié (GPL)

Le GPL est produit à partir du pétrole brut ou par purification du gaz naturel. Les deux principaux hydrocarbures qui composent le GPL sont le butane C₄H₁₀ et le propane C₃H₈ (Colombono *et al.*,2014).

2.2.1.6. Fioul domestique

Il est issu du raffinage du pétrole. Il possède les mêmes caractéristiques que le gasoil. Un colorant est ajouté au fioul domestique pour le différencier du carburant diesel (Colombono *et al.*,2014).

2.2.2. Hydrocarbures

Ce sont des composés organiques ne contenant que du carbone et de l'hydrogène. Ils sont associés en molécules d'une très grande diversité, de la plus simple, le méthane, constituant principal du gaz naturel, aux plus complexes et mal connues qu'on trouve dans les fractions lourdes des pétroles bruts et dans les schistes bitumineux (Bocard,2006).

2.2.2.1. Classement des hydrocarbures

Les hydrocarbures constituent la part la plus importante d'un brut pétrolier. Ils représentent entre 65 et 95% de la plupart des pétroles bruts. Ces hydrocarbures peuvent être classés en quatre familles principales qui sont présentes en proportions variables selon l'origine : les hydrocarbures saturés (30% à 70 %), les hydrocarbures aromatiques et polyaromatiques (20% à 40%), les composés polaires (5% à 25%) et les asphaltées (0 % à 10%) (Bouderhem, 2011).

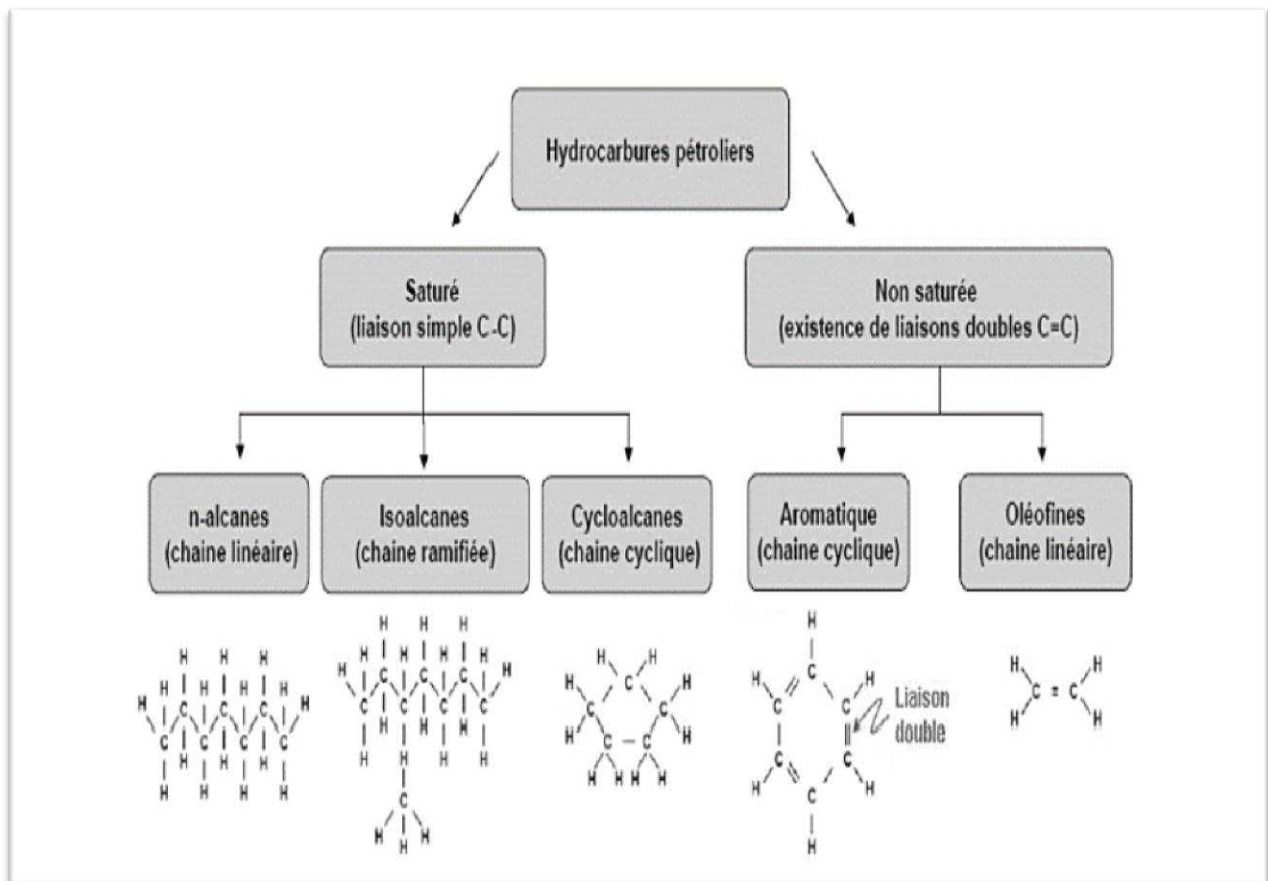


Figure 2. Structure moléculaire de base des principaux hydrocarbures pétroliers (Colombano *et al*, 2008 in CEAEQ, 2015).

2.3. Produits pétroliers source de pollution du sol

La majorité des sources de pollution des sols par les hydrocarbures sont d'origine anthropique. La principale source anthropique est la production d'énergie et les activités de l'industrie chimique (Ramade ,1992).

Les hydrocarbures s'accumulent dans l'environnement lors de l'utilisation du pétrole et de ses dérivés (gasoils, kérosène...), de la combustion incomplète ou la pyrolyse de matières organiques (combustibles fossiles) (Bertrand *et al.*,2011).

Les produits pétroliers, notamment dans les stations-services, sont parmi les principales sources de pollutions du sol à cause des déversements des hydrocarbures lors du remplissage des cuves de stockage de la station ou de la distribution de carburant ou encore lors d'une fuite dans les réservoirs de stockage ou dans les canalisations (Colin, 2000 ; Ademe, 2006).

2.3.1. Cas des stations-services

Ce type d'activités représente une source potentielle de nuisance (trafic, bruit, pollution du sol et des eaux) pour le voisinage direct, mais aussi pour l'environnement en général. Mais la contamination des sols par les carburants constitue un des risques majeurs engendrés par cette activité. Les accidents se produisant dans les stations-services conduisent, le plus souvent, à des pollutions du sol ou du sous-sol et de façon moins fréquente à des explosions et des incendies (Piedrafita *et al.*, 2007).

Le phénomène de pollution des sols et du sous-sol provenant des stations –services se décline en deux catégories : d'un côté, la pollution accidentelle due au déversement d'hydrocarbures lors du remplissage des stockages des stations et, de l'autre côté, lors de la distribution des carburants (Piedrafita *et al.*, 2007).

3. Effets des produits pétroliers sur la faune du sol

Le comportement des animaux du sol aux polluants varie selon la nature de ces derniers (polluants organiques labiles ou persistants, métaux lourds) et les voies d'exposition (via l'atmosphère du sol, les ressources trophiques, ou par contact direct). De manière générale, la première réaction d'un organisme mobile est de fuir le polluant dès lors qu'il a été détecté dans son environnement (sauf paralysie ou mort immédiate). La fuite peut se faire à courte distance (en s'enfonçant dans le sol par exemple) ou bien en recherchant des zones non ou moins polluées (refuges) au hasard de ses déplacements). Les sols pollués se caractérisent

par un appauvrissement de leurs réseaux trophiques lié à la perte de biodiversité. Chaque fonction (par exemple la décomposition de la matière organique) étant assurée par un ensemble d'organismes cohabitant dans le même volume de sol. Les organismes ont tous des seuils de tolérance aux polluants. Lorsque l'espèce la moins sensible au polluant disparaît, c'est la fonction qui disparaît. On observe donc des « à-coups » dans la répartition spatiale des fonctions essentielles du sol telles que la décomposition de la matière organique ou son enfouissement au sein de la matrice minérale. Même lorsque le degré de pollution varie selon un gradient (par exemple dans le cône de pollution d'une raffinerie), on observe sur le terrain des limites bien tranchées en ce qui concerne la forme d'humus et, par contre-coup, la disponibilité des nutriments et la végétation. Une 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) (Ponge, 2010).

4. Les méthodes d'échantillonnage de la faune du sol

4.1. Méthode d'extraction

La méthode consiste à trier, à la main, tous les macro-invertébrés (supérieurs à 2 mm ou visibles à l'œil nu) compris dans un bloc de sol de 25 cm de côté et 20 cm de profondeur. Tous les organismes récoltés sont conservés dans l'alcool à 70% avant d'être triés, identifiés, pesés et comptés (Blanchart, 2019). La macrofaune de la litière à la surface du sol peut être triée de la même façon. La méthode est représentée dans la figure ci-dessous.



Figure 3: Méthode d'échantillonnage par Extraction (Blanchart, 2019)

4.2. Pots Barber

Le pot Barber est un récipient à parois lisses enfoncé dans le sol et dont l'ouverture affleure au niveau du sol. Le fond du pot peut être rempli d'un liquide pour différentes raisons : éviter que les animaux ne s'échappent ou conserver les animaux piégés si le récipient reste longtemps en place (Blanchart, 2019). Les animaux qui tombent dans le pot sont récoltés après une période de 48 heures, conservés dans de l'alcool à 70° en attendant d'être identifiés.



Figure 4 : Des pots Barber (Blanchart, 2019)

Chapitre II

Milieu d'étude

Présentation de la région d'étude

La description de la commune s'appuie sur le rapport du PDAU de la commune de Fréha de l'année 2011.

1. Situation géographique et administrative

La commune de Fréha est située à 30 km de Tizi-Ouzou et à 130 km d'Alger. Elle est distante de 11 km d'Azazga. Elle est accessible à partir des routes nationales n°12 et n°73. C'est une commune située à proximité de la bande côtière à 20 km de la mer (commune d'Azeffoun).

Le territoire de la commune de Fréha s'étend sur une superficie de 68,55 km². Il est situé, en partie, sur le bassin versant Sud de la chaîne côtière. L'altitude moyenne de la commune est de 350 m.

La figure ci-dessous représente la localisation de la région d'étude.

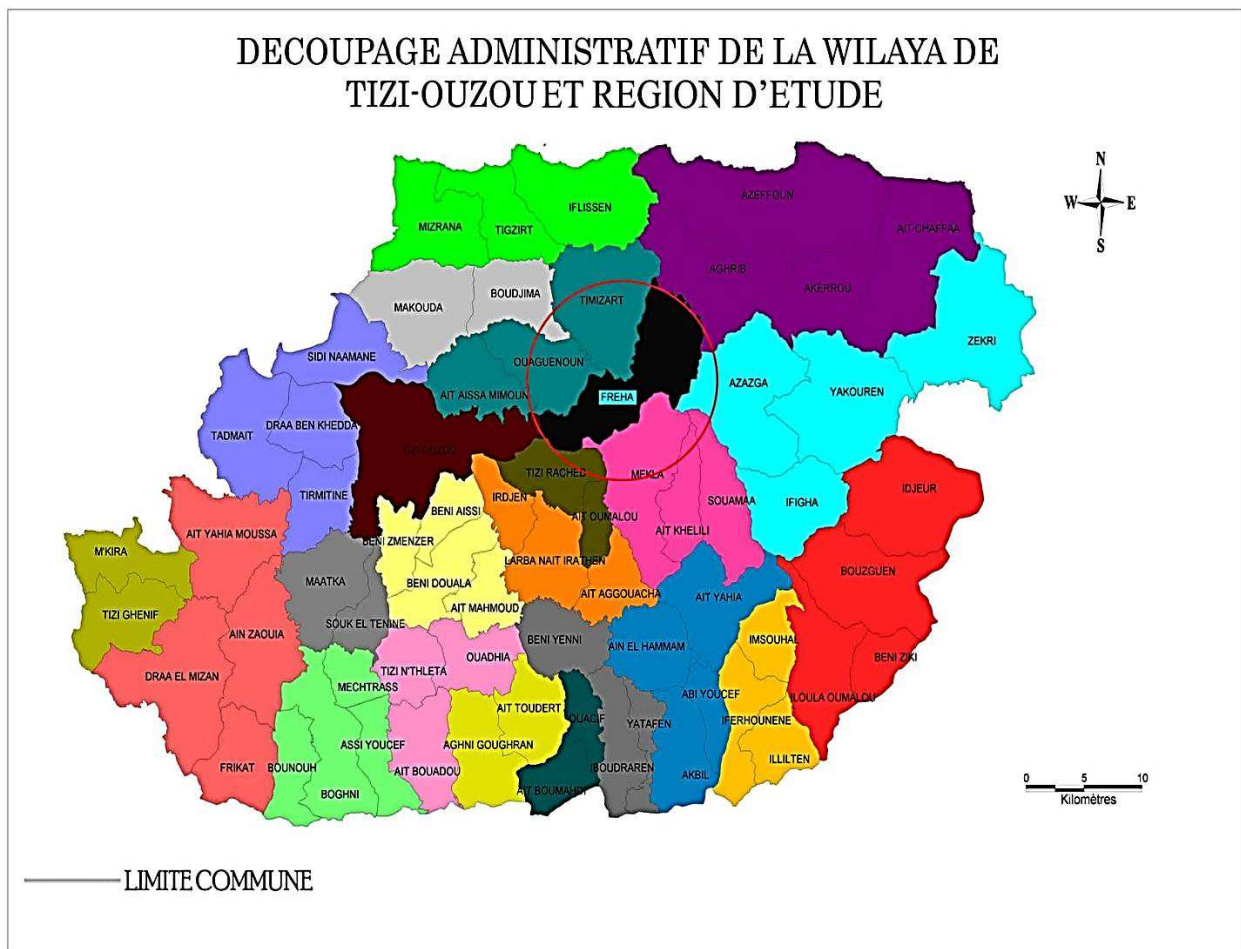


Figure 5 : Situation géographique de la commune de Fréha dans la wilaya de Tizi- Ouzou (Dib et Leham, 2012).

2. Relief et pente

Le territoire de la commune présente une géographie à double aspect à savoir :

- Les plaines : Elles représentent 73% du territoire de la commune, situées sur la vallée de l'oued Sebaou. Elles sont réputées d'être des terres agricoles à haut rendement .C'est en considération de cet aspect dont le but est de promouvoir l'agriculture que le territoire a été érigé en commune à vocation essentiellement agricole.

- Les montagnes (Collines) : Elles représentent 27% du territoire de la commune ; sur lesquelles la plupart des villages sont implantés.

-La topographie de la commune alterne entre un relief de colline avec une altitude moyenne de 350 mètres et une topographie de plaines le long de l'Oued Sebaou et de l'Oued Diss.

-La commune de Fréha compte, sur son territoire, des oueds et cours d'eaux dont les principaux sont :

- L'Oued Sebaou : Il constitue la limite Sud de la commune.

-L'Oued Diss : C'est un cours d'eau de moindre importance qui couvre l'agglomération de Fréha et se déverse dans l'Oued Sebaou dont il constitue un affluent notable.

3. Climat

Le climat de la commune est méditerranéen de type continental avec des hivers très froids et des étés très chauds.

- Température en hiver : inférieure à 10°C

- Température en été : supérieure à 35°C

La pluviométrie est concentrée généralement sur la période hivernale. Les précipitations au niveau de la commune sont de l'ordre de 850 mm / an, ce qui est proche de la moyenne de la Wilaya.

4. Végétation

Fréha est principalement une région agricole caractérisée par des formations herbacées dominées par les graminées mais aussi par les cultures fruitières telles que le figuier, le poirier, l'oranger et la vigne, des cultures maraichères telles que la pomme de terre, le haricot vert et la pastèque ainsi que des cultures céréalières et fourragères (Nemer, 2014).

5. Description du site d'étude

Le site d'étude est représenté par la station-service de Fréha qui est située au niveau de la commune de Fréha. Elle se situe à une altitude de 124 mètres. Le site d'étude au niveau de la station de Fréha présente une pente d'environ 5 %. La station-service se situe à proximité de champs agricoles (culture fourragère et agrumes notamment) (Figure 6).



Figure 6 : Localisation du site d'études au niveau de la station-service de Fréha (Google earth, 2017).

6. Composition physico-chimique du sol

Selon l'étude de Sediri et Aumar (2018) sur les propriétés physico-chimique des sols de quelque station-service de la Kabylie, voici quelques caractéristiques physico-chimiques de notre site d'étude (Fréha) :

6.1. Composition granulométrique

La texture du sol de toutes les strates (S2, S3, S4) de site d'étude est limono-sableuse sauf la première strate (S1) qui est sablo-limoneuse.

6.2. PH

Le pH des sols des quatre strates est moyennement alcalin (de 7.7 à 8.2).

6.3. Humidité

Les taux d'humidité sont plus élevés dans les strates polluées.

6.4. Carbone

Les teneurs élevées en carbone sont probablement dues aux apports de cet élément par les hydrocarbures présents dans les rejets des stations-services.

6.5. Hydrocarbure

Les teneurs en hydrocarbures totaux, indiquent un gradient de pollution en partant du point de rejet (strate 1) vers la strate 4 où il n'y a plus de pollution.

Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau

Tableau 02 : Les résultats des différentes analyses physico-chimiques des sols de la station-service de fréha (Sediri et Aumar ,2018)

Strates	PH	A %	L %	S %	CT %	CE	C %	MO %	HR %
S1T1	7.9	2.95	13.15	83.9	20.16	0.48	1.53	2.64	0.95
S2T1	8.2	5.95	31.9	62.15	1.88	0.41	1.38	2.38	2.16
S2T2	8	12.5	24.36	63.06	1.88	0.4	1.2	2.06	2.18
S3T1	7.7	5.35	31.81	62.83	1.41	0.47	0.84	1.45	2.59
S3T2	7.9	5	31.62	63.37	1.41	0.25	0.92	1.58	1.99
S4T1	7.9	9.5	26.68	63.82	0.94	0.23	0.69	1.19	1.48
S4S2	7.9	4.1	41.93	53.97	1.41	0.42	0.3	0.52	1.82

Chapitre III

Matériel et Méthodes

Dans le but d'évaluer les effets des hydrocarbures sur les invertébrés du sol par l'utilisation de deux méthodes d'échantillonnage (pots Barber et extraction) .Pour cela des récoltes ont été réalisé au niveau de la station-service de Friha dont l'identification de ces derniers est effectuée au niveau de laboratoire de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

1. Choix du site

Le choix du site s'explique par :

- Présence d'un sol pollué par des produits pétroliers
- Présence d'un gradient de pollution et de végétation
- Accessibilité au terrain, pour la réalisation de nos prélèvements.
- Accord du gérant de la station-service

2. Matériel d'échantillonnage

2.1. Matériel utilisé sur le terrain

La figure ci-dessous représente le matériel utilisé au niveau de la station (figure 7)



Figure 7 : Matériel utilisé sur le terrain

Nous avons utilisé le matériel suivant :

- Quadras de 20 de centimètres de côté et de 20 centimètres d'épaisseur pour délimiter la surface de prélèvement ;
- Une pioche pour creuser le sol ;
- Une truelle ;

- Des bavettes ;
- Des gants ;
- Des pinces entomologiques ;
- Une règle graduée ;
- Des pots Barber ;
- Du sel ;
- Eau ;
- Détergent liquide ;
- Une bassine en plastique pour trier le sol ;
- Des flacons en plastique ;
- Alcool à 70° ;
- Des étiquettes ;
- Marqueur ;
- Appareil photo.

2.2. Matériels utilisés au laboratoire

La figure ci-dessous représente le matériel utilisé au niveau de laboratoire (figure 8)

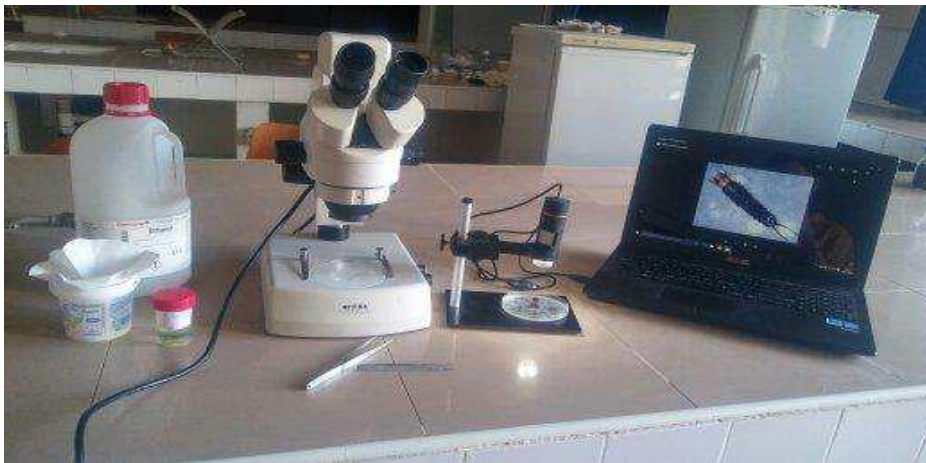


Figure 8 : Matériel utilisé au laboratoire

Le matériel utilisé est le suivant :

- Des pinces entomologiques ;
- Des boites de Pétri ;
- Bavettes ;
- Alcools à 70° ;

- Appareil photo ;
- Loupe binoculaire ;
- Loupe de grossissement numérique.

3. Méthode d'échantillonnage

3.1. Dispositif expérimental

D'après l'étude effectuée par Aumar et Sediri (2018), il est supposé l'existence d'un gradient de contamination au sein du site d'étude. La contamination diminuant en s'éloignant du point de rejet près de la station-service. La constatation de l'existence du gradient de pollution s'est faite comme suite :

- Par observation visuelle
- Par observation de la végétation et constatation de l'existence d'un gradient de végétation supposé liée aux gradients de pollution
- L'existence d'un gradient de pollution rapportée, sur le même site par Sediri et Aumar (2018).

Nous avons effectué une étude allant de Avril jusqu'à Mai.

Nous avons utilisé l'échantillonnage par transects. Deux transects ont été délimités en partant du point de rejet. Par la suite quatre strates par transect ont été délimitées en rapport avec le gradient de pollution (figure 9).

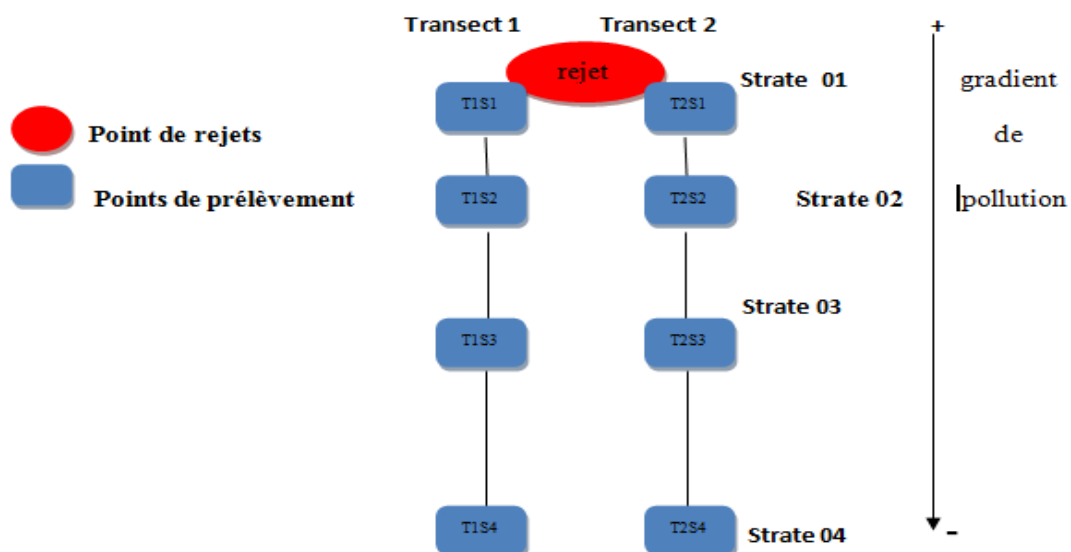


Figure 9 : Schéma de la méthode d'échantillonnage effectuée (Original, 2019).

3.1.1. Méthode par extraction

Pour la réalisation de cette méthode nous avons suivi 03 étapes :

Etape 1 : La surface à échantillonner est délimitée par un cadre métallique de 20x20 cm de côté. La litière est enlevée et triée manuellement sur place. La végétation est coupée pour que la surface du sol soit aussi propre que possible afin de faciliter le repérage. Les organismes du sol visibles à l'œil nu sont récupérés et mis dans un flacon rempli d'alcool à 70°.

Etape 2 : Un bloc de sol est prélevé en creusant à une profondeur de 20cm. Le sol est émietté et étalé dans une bassine en plastique. Tous les invertébrés visibles à l'œil nu sont prélevés et conservés dans un flacon rempli d'alcool à 70°.

Etape 3 : Identification des individus au laboratoire à l'aide d'une clé d'identification (annexe 16 et 17) et comptage du nombre d'individus présents dans les différents groupes.

3.1.2. Pots Barber

Nous avons utilisé, pour la récolte des invertébrés du sol, 8 récipients en plastique d'environ 17 cm de hauteur et 9 cm de diamètre. Les récipients sont remplis à 1/3 d'eau de leur capacité avec du sel pour tuer les organismes et un détergent pour rendre la surface du récipient glissante. Après 48h le contenu des pièges est récupéré et est transporté au laboratoire dans des flacons remplis d'alcool à 70°. Après chaque prélèvement, l'eau des récipients est renouvelée. Quatre récoltes en tout ont eu lieu.

4. Analyse statistique des résultats

Pour la représentation graphique des données (tableaux et graphes), nous avons utilisé le logiciel de calcul « EXCEL ».

Pour savoir s'il y a présence ou absence d'un effet « facteur » sur les invertébrés du sol, nous avons utilisé l'analyse de la variance (ANOVA) sur le logiciel « Statistica 7.1 » et sur le logiciel « STAT BOX ».

D'une manière tout à fait générale, l'ANOVA a pour premier objectif de comparer des ensembles de plus de deux moyennes en identifiant les sources de variation qui peuvent expliquer les différences existantes entre elles (Dagnelie, 2006).

Nous avons effectué une analyse de la variance à un facteur (strates). Dans le cas où un facteur a un effet, nous avons effectué le test de NEWMAN et KEULS pour faire sortir les groupes homogènes.

L'analyse des résultats a été faite par la lecture de la P-value, qui sert à accepter ou à rejeter l'hypothèse nulle H_0 , au seuil de 1%, 5% et 1‰ (Dagnelie, 1975).

1. Indices écologiques

1.1. Indice de Shannon-Weaver

La diversité d'un peuplement informe sur la façon dont les individus sont repartis entre les diverses espèces. L'indice de Shannon-Weaver tient compte du nombre d'espèces présentes dans le milieu et de l'abondance de chacune d'entre elles.

$$H' = - \sum_{i=1}^R p_i \ln p_i$$

H' : indice de biodiversité de Shannon

i : une espèce du milieu d'étude

S : richesse spécifique

P_i : Proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu), qui se calcule de la façon suivante : $P_i = n_i/N$ où n_i est le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total (les individus de toutes les espèces).

Cet indice permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu d'étude. Cet indice varie toujours de 0 à $\ln S$.

1.2. Indice d'équitabilité de Pielou

Il fait référence à la composition en nombre d'individus de chaque espèce dans un environnement. Mathématiquement, il est défini comme un indice de diversité, une mesure de la biodiversité qui quantifie le degré d'égalité numérique de la communauté. L'équitabilité d'une communauté peut être représentée par l'indice de Pielou.

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

$H'_{\max} = \ln S$

S : Nombre total d'espèces

J' : est compris entre 0 et 1. Moins les communautés sont équitables (et la présence d'une espèce dominante), moins la valeur de J' est élevé. Et vice versa.

5.3. Abondance totale

Elle correspond au nombre d'individus d'une espèce donnée dans chaque strate.

5.4. Nombre d'ordre

Le nombre total des ordres retrouvé dans chaque strate a été comptabilisé.

Chapitre IV

Résultats

et discussion

I. Résultats de l'échantillonnage par la méthode des pots Barber

1. Le nombre d'individus en fonction des transects

La figure ci-dessous représente le nombre d'individus en fonction des transects.

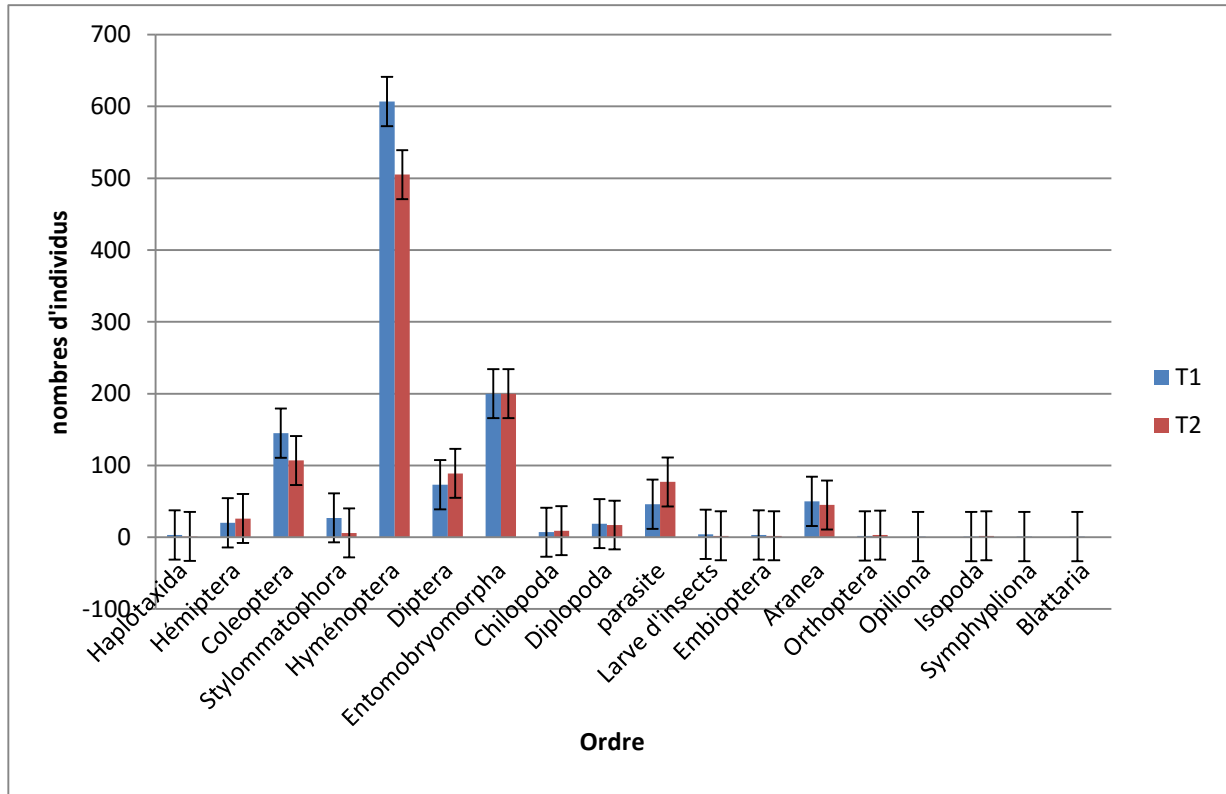


Figure 10 : Nombre d'individus de chaque ordre en fonction des transects

D'après la figure (10), nous remarquons que Les Coleoptera, Stylomatophora, Aranea, Diplopoda, les larves d'insectes et les Embioptera sont dominants au niveau de T1 alors que les Hémiptera, Chilopoda, Crthoptera et les Isopoda sont dominants au niveau de T2 avec des valeurs faibles.

Les Hyménoptera sont les plus abondants, ils sont légèrement plus élevés au niveau de T1 (607 individus), contre 505 individus au niveau de T2.

L'ordre des Entomobryomorpha est présent avec une valeur de 200 individus dans les deux transects.

L'ordre de Coleoptera est légèrement élevé au niveau de T1 avec une valeur de 145 individus, contre 107 individus au niveau de T2.

Les Diptera présentent une valeur de 73 individus pour T1 et 89 individus pour T2.

Les parasites sont légèrement plus élevés au niveau de T2 avec une valeur de 77 individus, et une valeur d'environ 46 au niveau de T1.

L'ordre Aranea présente des valeurs assez proches, 50 individus au niveau de T1, et 45 individus au niveau de T2.

Les autres groupes présentent des valeurs très faibles que ça soit dans T1 ou T2.

Nous remarquons que les deux transects présentent des valeurs assez similaires pour tous les groupes.

2. Le nombre d'individus en fonction des strates

La figure ci-dessous représente le nombre d'individus en fonction des strates.

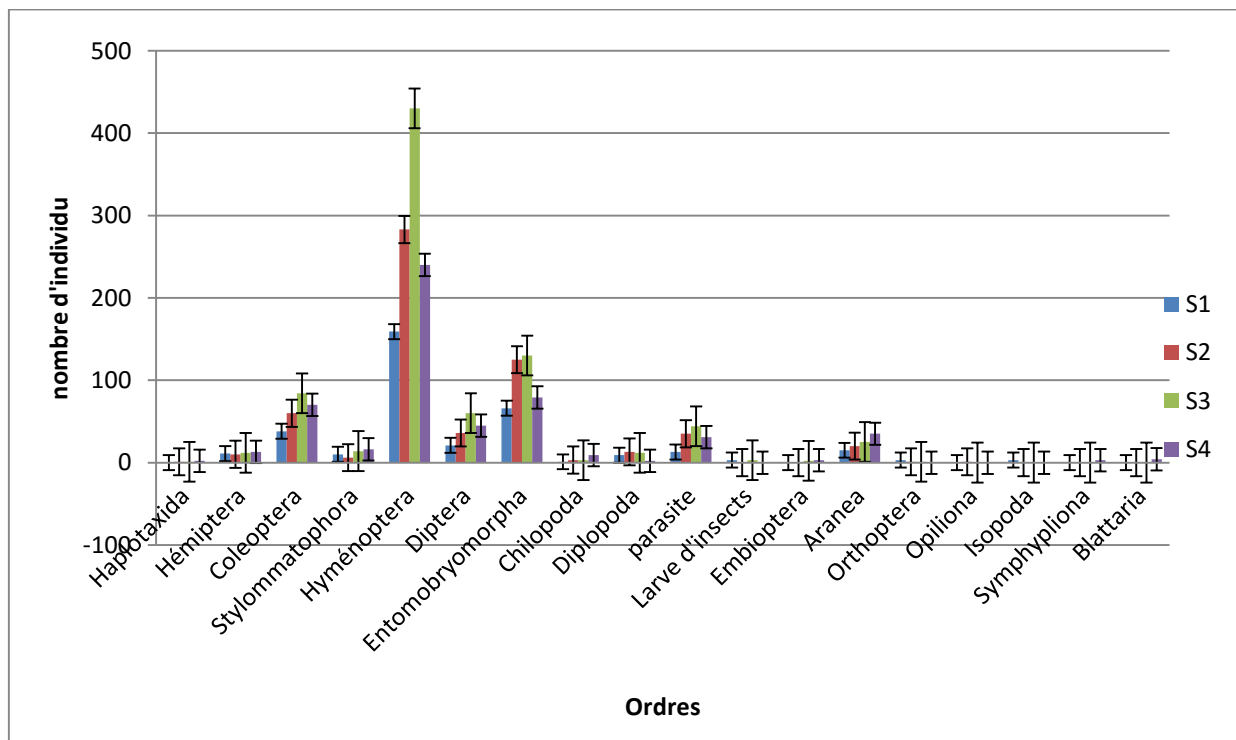


Figure 11: Nombre d'individus de chaque ordre en fonction des strates

A partir de figure (11), on voit que les invertébrés sont repartis en 18 ordres.

Nous notons, la dominance de l'ordre des Hyménoptera au niveau de la strate 3 avec 430 individus. Par contre, le nombre d'individus est moins important au niveau des autres strates S2, S4 avec respectivement 283 et 240 individus. Le nombre d'individus le plus faible est enregistré au niveau de la strate S1 la plus proche de la source de pollution de l'ordre de 159 individus.

Nous remarquons que la strate S3 présente des valeurs élevées pour certains ordres. C'est le cas des Hymenoptera (430 individus), les Entomobryomorpha (130 individus) et les coléoptères (84 individus).

Par contre dans la strate S1, nous constatons des valeurs assez faibles, 159 individus pour les Hymenoptera, 21 individus pour les Diptera et 38 individus pour les Coleoptera.

Nous notons une absence de quelques ordres, tel que celui des Embioptera au niveau des strates S4 et de S2 et les Opiliona au niveau des strates S1, S3 et S4.

3. Nombre d'individus par strates en fonction des transects

Le nombre d'individus par strates en fonction des transects est représenté dans la figure ci-dessous.

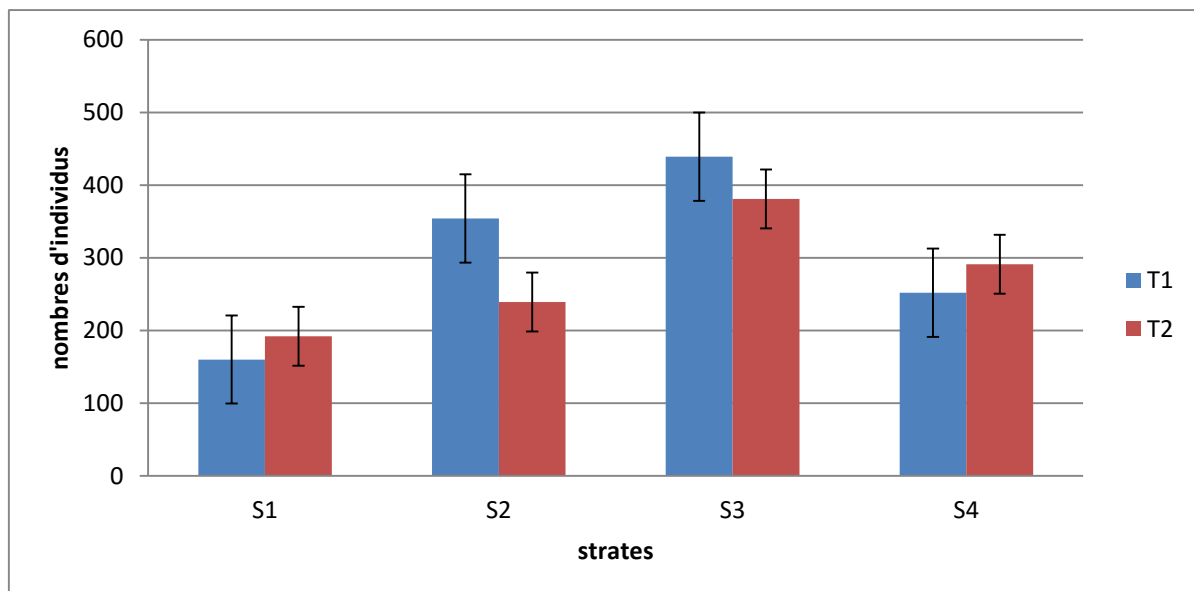


Figure 12 : Nombre d'individus dans chaque strate en fonction des transects.

Nous notons qu'au niveau de T1, le nombre d'individu est plus élevé dans les strates S2 et S3. Alors qu'au niveau de T2 le nombre d'individus est plus élevé dans les strates S3 et S4.

Nous constatons que le nombre d'individus est généralement plus élevé au niveau des deux strates S3 et S4, et dans chaque transect, la strate 1 présente toujours le nombre d'individus le plus faible.

4. Indice écologique et résultats des analyses statistiques

Le comptage et l'identification des ordres constituant la faune du sol nous ont permis de calculer l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H'), l'équitabilité (J'), l'abondance (N) et le nombre d'ordre (NO) retrouvé dans chaque strates .

Les résultats de l'indice de Shannon (H'), et l'indice d'équitabilité (J'), l'abondance (N) et le nombre d'ordre (NO) sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 03 : Résultats de l'indice de Shannon-Weaver, le nombre d'ordre, l'abondance et l'indice d'équitabilité

zones	H'	NO	Ln-NO	$J = H'/Ln-NO$	N
T1S1	1,73165188	12	2,48490665	0,69686798	160
T2S1	1,79673291	13	2,56494936	0,7004945	192
T1S2	1,58018622	13	2,56494936	0,61606917	355
T2S2	1,64854994	10	2,30258509	0,71595614	239
T1S3	1,4678649	12	2,48490665	0,59071229	439
T2S3	1,66681626	13	2,56494936	0,64984373	382
T1S4	1,85509579	14	2,63905733	0,7029388	256
T2S4	1,75107758	12	2,48490665	0,70468546	293

➤ **Abondance**

Le tableau (03) montre que les valeurs de l'abondance est représenté au niveau de la strates S3 avec des valeurs de 439 et 382 individus pour T1, T2 respectivement.

Les résultats de test de l'ANOVA à un facteur pour l'abondance et les groupes homogène sont représentés dans le tableau 04 :

Tableau 04 : Analyse de la variance à un facteur et les groupes homogènes selon le test de NEWMAN et KEULS.

Pots Barber	Facteur	Type	Groupe Homogène	Analyse de la variance				
				SCE	DDL	CM	Test F	PROBA
Abondance	Strates	S1	A	55639,4	3	18546,5	7,7386	0,03846
		S4	AB					
		S2	AB					
		S3	B					

Les résultats obtenus par l'analyse de la variance à un seul facteur montrent qu'il existe une différence significative entre les strates. (P= 0.038460).

Le test de Newman et Keuls concernant le nombre d'individus pour le facteur strate a donné 3 groupes homogènes.

- 1^{er} groupe : représenté par la première strate (S1) avec un taux moyen de 176 individus, cette valeur représente l'abondance la plus faible.

- 2^{eme} groupe : représenté par la deuxième strate, avec un taux moyen de 297 individus, et la quatrième strate (S4) avec un taux moyen de 274.

- 3^{eme} groupe : représenté par la troisième strate (S3) avec un taux moyen de 410,5 individus, c'est l'abondance la plus élevée.

➤ **L'indice de Shannon-Weaver H'**

Les résultats du tableau (03) montrent que la valeur la plus élevée de l'indice de Shannon-Weaver est représenté au niveau de la zone T1S4 avec une valeur de 1.856. L'indice de Shannon-Weaver montre qu'il existe une plus grande diversité biologique au niveau de la strate S4.

Les résultats de l'analyse de la variance à un facteur sont représentés dans le tableau ci-dessous tableau (05):

Tableau 05: Analyse de la variance à un facteur pour l'indice de Shannon-Weaver

Pots Barber	Facteur	Type	Groupe Homogène	Analyse de la variance				
				SCE	DDL	CM	Test F	PROBA
Indice de Shannon-Weaver (H')	Strates	S1	/	0,07806	3	0,02602	3,51	0,128324
		S2						
		S3						
		S4						

Les résultats obtenus par le test de l'ANOVA pour l'indice Shannon-Weaver montrent l'absence d'une différence significative entre les strates (P=0.128324).

➤ **L'indice d'équitabilité J'**

Le tableau(03) montre que les valeurs d'équitabilité sont toutes assez proches et tournent autour de 0,60 et 0,70, donc on peut dire que la répartition des individus entre les

différentes zones présente une équitabilité moins importante, ce qui serait dû à la présence de certains ordres dominant (comme les Hymenopteres).

Le tableau ci-dessous (tableau06) représente l’analyse de la variance pour l’indice d’équitabilité :

Tableau 06: Analyse de la variance pour l’indice d’équitabilité

pots Barber	Facteur	Type	Groupe Homogène	Analyse de la variance				
				SCE	DDL	CM	Test F	PROBA
Indice de d’équitabilité (J’)	Strates	S1	/	0,00887	3	0,002957	1,753	0,294494
		S2						
		S3						
		S4						

Les résultats obtenus par le test de l’ANOVA pour l’équitabilité à un seul facteur montrent l’absence d’une différence significative entre les strates (P=0.294494).

➤ **Le nombre d’ordre NO**

Les résultats du tableau (03) montrent que la valeur la plus élevé de nombre d’ordre est représenté au niveau de la zone T1S4 avec une valeur de 14.

Le tableau ci-dessous (tableau07) représente l’analyse de la variance pour le nombre d’ordre :

Tableau 07: Analyse de la variance pour le nombre d’ordre

pot Barber	Facteur	Type	Groupe Homogène	Analyse de la variance				
				SCE	DDL	CM	Test F	PROBA
Nombre d’ordres NO	Strates	S1	/	2,375	3	0,792	0,4822	0,747681
		S2						
		S3						
		S4						

Les résultats obtenus par le test de l’ANOVA à un seul facteur montrent une absence d’une différence significative entre le nombre d’ordre et le facteur strate (P=0.747681).

II. Résultats de l'échantillonnage par la méthode d'extraction

1. Nombre d'individus par ordre en fonction des transects

La figure ci-dessous représente le nombre d'individus en fonction des transects.

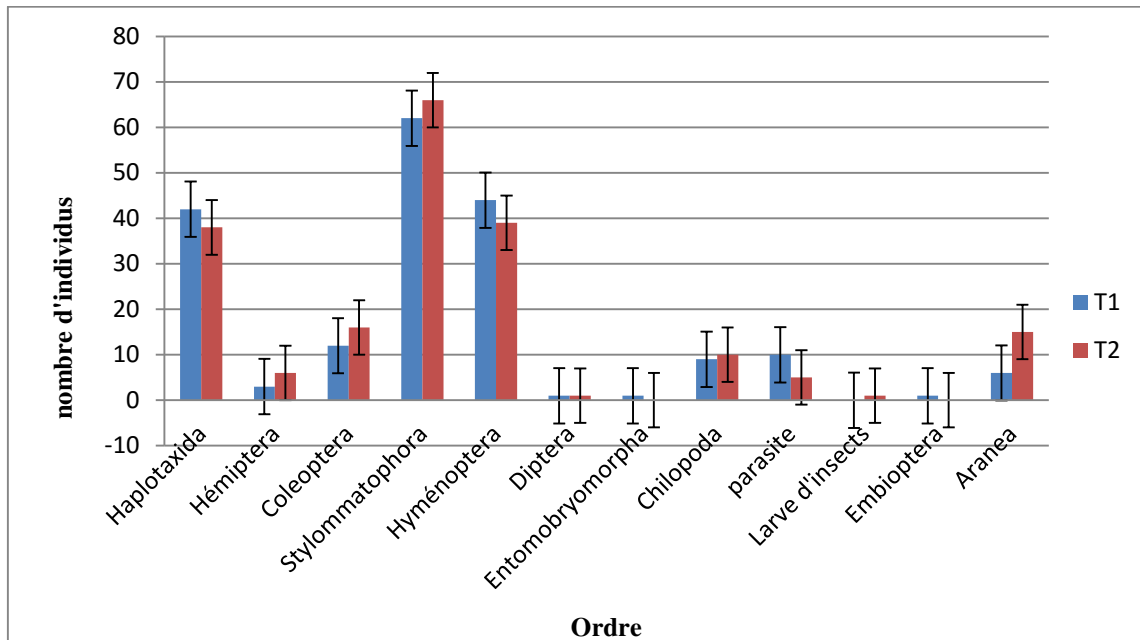


Figure 13 : Nombre d'individus de chaque ordre en fonction des transects

D'après la figure (13), le nombre d'individus le plus élevé est observé pour l'ordre des Stylomatophora, avec 66 individus pour T2 et 62 individus pour T1. Il est suivi par l'ordre des Hyménoptera et les Haptotaxida avec 39 et 38 individus respectivement pour T2, et 44 et 42 individus respectivement pour T1.

Les Coleoptera, les Aranea, les Chilopoda, les Hémiptera et les Parasitiformes, sont présents avec des valeurs inférieures à 16 individus et une absence totale de l'ordre des Entomobryomorpha et l'ordre des Embioptera au niveau de T2 et de larves d'insectes au niveau de T1.

Nous remarquons que les deux transects présentent des valeurs assez similaires pour tous les groupes.

2. Nombre d'individus par ordre en fonction des strates

La figure ci-dessous représente le nombre d'individus par ordre en fonction des strates

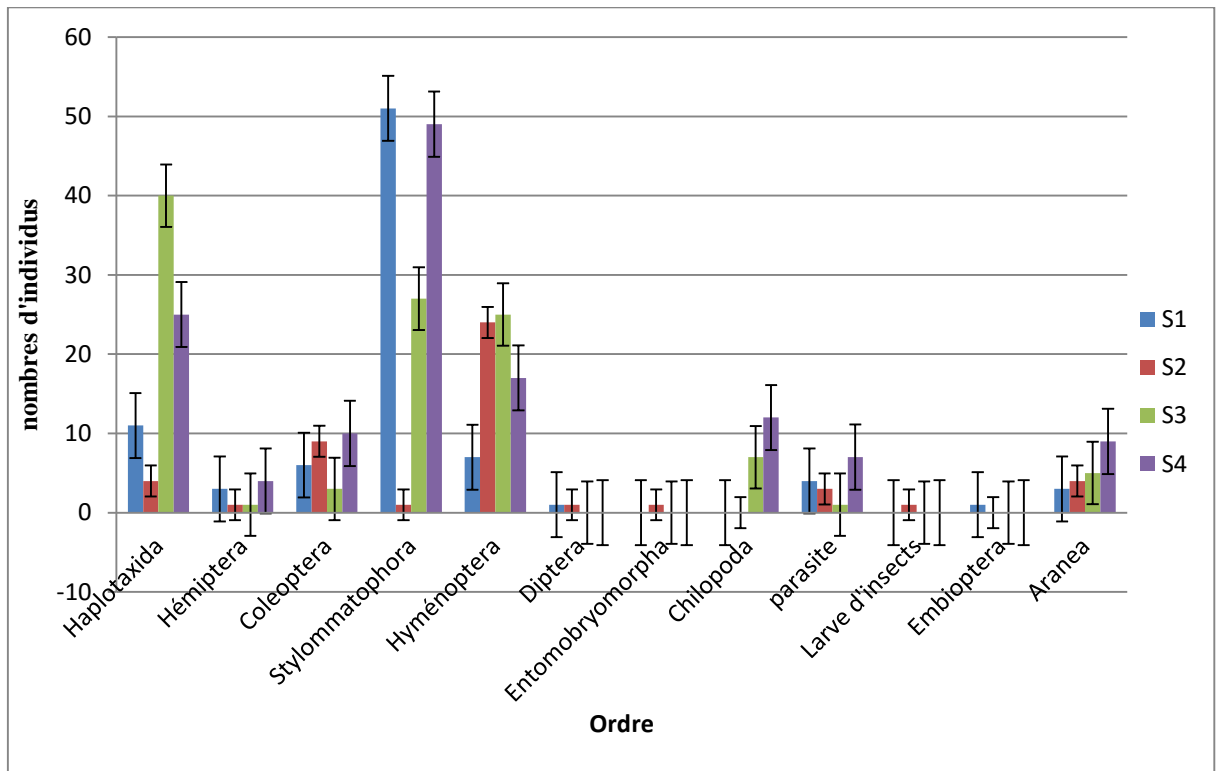


Figure 14 : Nombre d'individus par ordre en fonction des strates

A partir de la figure (14), on voit que les invertébrés sont repartis en 12 ordres

Nous avons remarqué que l'ordre des Stynomatophora est celui qui a présenté le nombre d'individus le plus élevé dans toutes les strates. En effet, nous avons dénombrés 51 individus dans la strate S1, 49 individus dans la strate S4, dans la strate S3 et 01 individu dans la strate S2.

Pour les Haplotaxida le nombre maximal d'individus est représenté au niveau de la strate 3, suivi par la strate 4, puis la première et la deuxième strate.

Pour les Hymenoptera nous remarquons que le nombre minimal des individus est représenté au niveau de la première strate avec une valeur de 7 individus et le nombre maximal au niveau de la troisième strate.

Pour les Aranea, il y a une augmentation des individus de la première strate jusqu'à la quatrième strate.

3. Nombre d'individus par strates en fonctions des transects

La figure ci-dessous représente le nombre d'individus par strates en fonction des transects

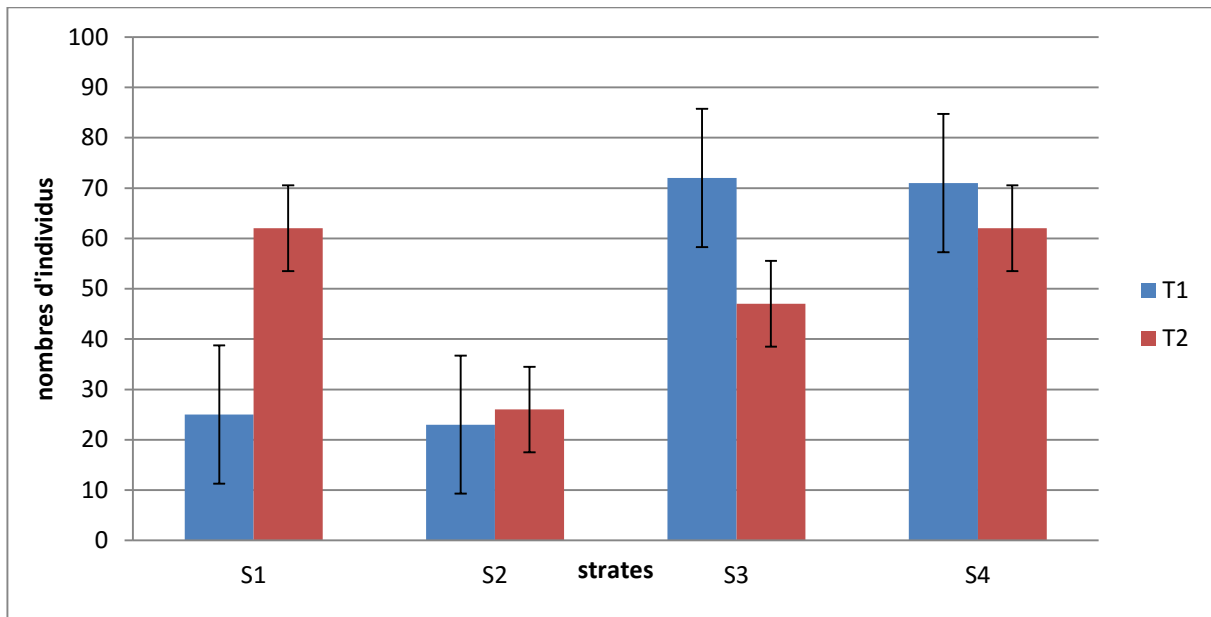


Figure 15 : Nombre d'individus dans chaque strate en fonctions des transects

D'après la figure(15), nous remarquons que le nombre d'individus est plus élevé au niveau des strates S3 et S4, comparé aux strates S1 et S2. Cependant, dans la strate S1 du transect 2, nous avons un nombre d'individus très élevée. Pour le transect 1, il y'a une différenciation très nette, d'un côté les deux strates S1 et S2 et d'un autre côté S3 et S4. Pour le transect 2, nous enregistrons un effectif important au niveau de la strate S1.

4. Indices écologiques et résultats des analyses statistiques

Le comptage et l'identification des ordres constituant la faune du sol nous ont permis de calculer l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H'), le nombre d'ordres (NO), l'équitabilité (J') et l'abondance (Tableau 08).

Tableau 08 : Résultats de l'indice de Shannon-Weaver, le nombre d'ordre, l'abondance et l'indice d'équitabilité

zones	H'	NO	Ln-NO	J =H'/Ln-NO	N
T1S1	1,4820166	7	1,94591015	0,76160587	25
T2S1	1,28193051	8	2,07944154	0,71269933	62
T1S2	1,28104948	7	1,94591015	0,65832921	23
T2S2	1,70547802	7	1,94591015	0,95184541	26
T1S3	1,4572102	7	1,79175947	0,8132845	72
T2S3	1,41615169	6	1,79175947	0,85215679	47
T1S4	1,52686	8	2,07944154	0,73426445	71
T2S4	1,93152289	8	2,07944154	0,92886616	62

➤ **Abondance**

D'après le tableau (08) on remarque que La zone T1S3 et T1S4 sont les plus riches en nombres d'individus avec successivement 72 et 71 individus.

Les résultats de l'analyse de la variance pour l'abondance sont représentés dans le tableau ci-dessous (tableau09) :

Tableau 09 : Analyse de l'ANOVA à un facteur pour l'abondance

Extraction	Facteur	Type	Groupe Homogène	Analyse de la variance				
				SCE	DDL	CM	Test F	PROBA
Abondance	Strates	S1	/	2092	3	697,33	2,6769	0,182636
		S2						
		S3						
		S4						

Les résultats obtenus par l'analyse de la variance à un seul facteur montrent qu'il n'existe pas une différence significative entre l'abondance des différentes strates

(P= 0.182636).

➤ **L'indice de Shannon-Weaver H'**

D'après ce tableau (08) nous constatons que les valeurs de l'indice de Shannon-Weaver sont assez proches les unes des autres, on remarque que la valeur la plus élevée est celle de la zone T2S4.

Les résultats de l'analyse de la variance pour l'indice de Shannon-Weaver sont représentés dans le tableau ci-dessous (tableau10):

Tableau 10: Analyse de la variance à un facteur pour l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H')

Extraction	Facteur	Type	Groupe Homogène	Analyse de la variance				
				SCE	DDL	CM	Test F	PROBA
Indices de Shannon-Weaver (H')	Strates	S1	/	0,14018	3	0,04673	0,9694	0,489618
		S2						
		S3						
		S4						

D'après les résultats obtenus par l'analyse de la variance pour le test de Shannon-Weaver, il y'a pas une différence significative pour le facteur strate (P=0.489618).

➤ **L'indice d'équitabilité (J')**

D'après le tableau (08) les valeurs d'équitabilité sont assez différentes les unes des autres. Les valeurs les plus faibles sont au niveau de la strate 1 et de la strate 2 (transect 1), et les plus élevés, au niveau de la strate 4 et 3.

Les résultats de test de l'ANOVA pour l'indice d'équitabilité sont représentés dans le tableau ci-dessous (tableau11) :

Tableau 11: Analyse de test de l'ANOVA à un facteur pour l'indice d'équitabilité

Extraction	Facteur	Type	Groupe Homogène	Analyse de la variance				
				SCE	DDL	CM	Test F	PROBA
Indice d'équitabilité (J')	Strates	S1	/	0,012064	3	0,004021	0,2515	0,857017
		S2						
		S3						
		S4						

D'après les résultats obtenus par l'analyse de la variance pour le test d'équitabilité, il y'a pas une différence significative pour le facteur strate (P=0.857017).

➤ **Le nombre d'ordre (NO)**

Le tableau (08) montre que T2S4 représente les zones la plus riche en nombre d'ordre.

Les résultats de l'analyse de la variance pour le nombre d'ordre sont représentés dans le tableau ci-dessous (tableau12) :

Tableau 12 : Analyse de de la variance à un facteur pour le nombre d'ordre.

Extraction	Facteur	Type	Groupe Homogène	Analyse de la variance				
				SCE	DDL	CM	Test F	PROBA
Le nombre d'ordre NO	Strates	S1	/	2,5	3	0,8333	3,333	0,137598
		S2						
		S3						
		S4						

D'après les résultats obtenus par l'analyse de la variance pour le nombre d'ordre, il y'a pas une différence significative pour le facteur strate (P=0.137598).

III. Comparaison entre les deux méthodes

➤ La figure ci-dessous représente le nombre d'ordre des deux méthodes.

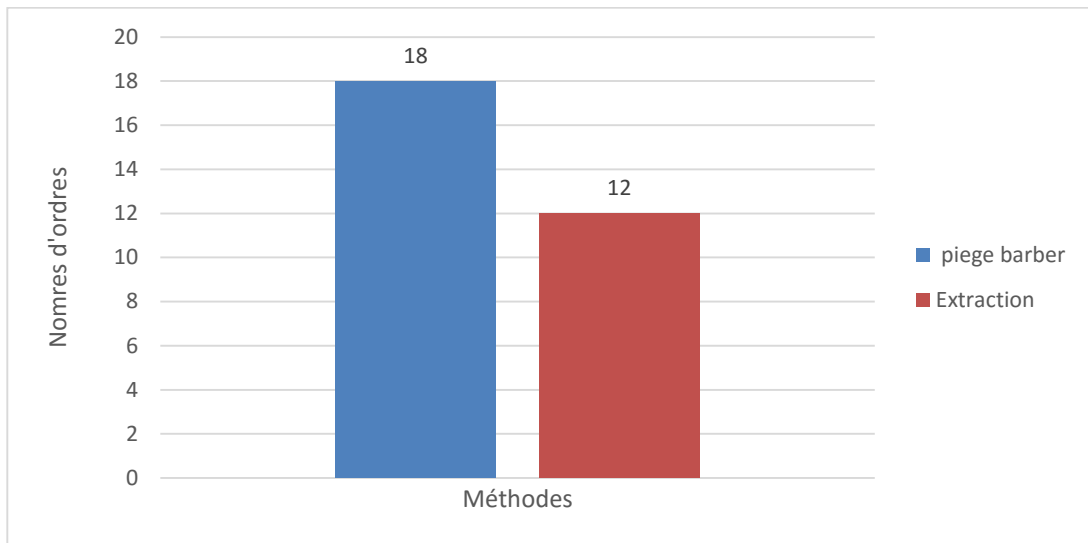


Figure 16 : Nombres d'ordre pour chaque méthode d'échantillonnage

D'après la figure (16), nous remarquons que le nombre d'ordre est plus élevé au niveau de la méthode des pots Barber (18 ordres) par apport à la méthode par extraction (12 ordres).

➤ La figure ci-dessous représente le nombre d'individus par ordre pour chaque méthode.

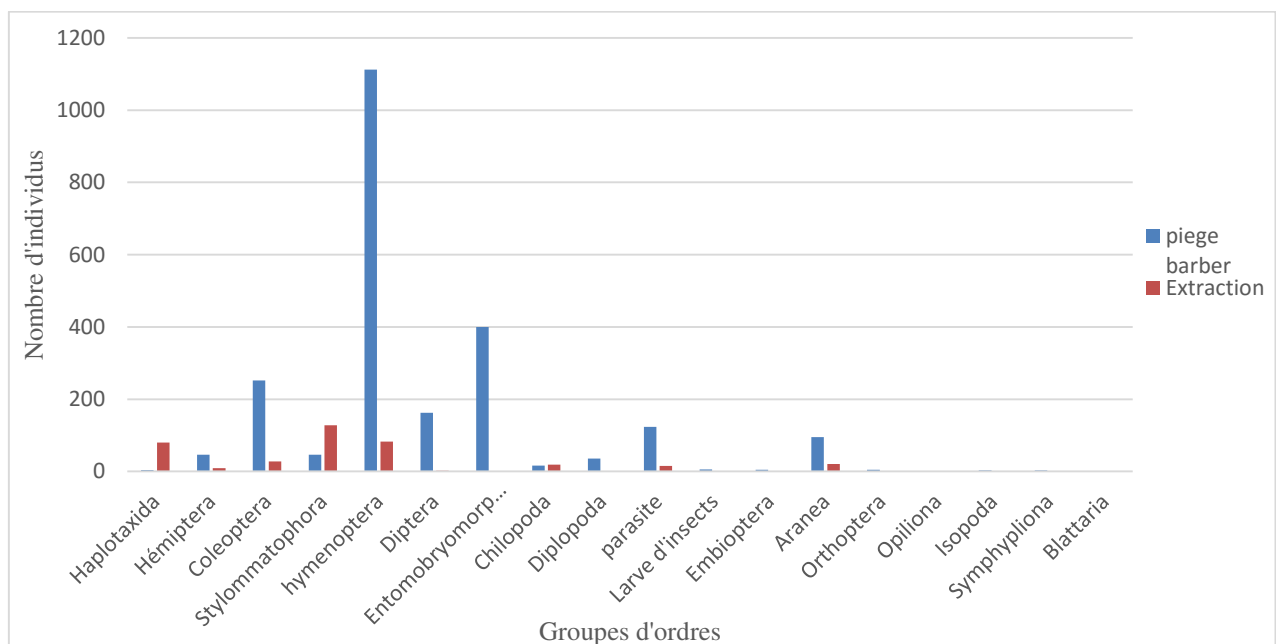


Figure 17 : Nombre d'individus par ordre pour chaque méthode d'échantillonnage

A partir de la figure (17), nous remarquons que le nombre d'individus des Hymenoptera, Entomobryomorpha, Coleoptera, Diptera, Parasitifforme, Aranea, Hemiptera et les Diplopoda est plus élevé par l'utilisation des pots Barber alors que le nombre des Haplotaxida et des Stylomatophora est plus élevé par la méthode d'extraction.

❖ **Résultats de l'analyse statistique :**

➤ **Nombres d'ordre pour chaque méthode d'échantillonnage**

Les résultats de l'analyse de la variance pour la comparaison de nombre d'ordre des deux méthodes sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 13: Analyse de test de l'ANOVA à un facteur pour la comparaison des deux méthodes et le test de Newman et keuls pour les groupes homogène

Méthodes	Groupe Homogène	Analyse de la variance				
		SCE	DDL	CM	Test F	PROBA
M2	A	232324	1	232324	47.6269	0.000007
M1	B					

Les résultats obtenus par l'analyse de la variance à un seul facteur montrent qu'il existe une différence significative entre les deux méthodes (P= 0.000007).

Le test de Newman et Keuls concernant le nombre d'individus pour le facteur Méthode a donné 2 groupes homogènes.

-1^{er} groupe : représenté par la deuxième méthode (M2), avec un taux moyen de 48.5000, cette valeur représente l'abondance la moins élevée.

-2^{eme} groupe: représenté par la première méthode (M1), avec un taux moyen de 289.500, cette valeur représente l'abondance la plus élevée.

➤ **Nombre d'individus par ordre pour chaque méthode d'échantillonnage**

Les résultats de l'analyse statistique pour la comparaison de nombre d'individus par ordre pour chaque les deux méthodes sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 14 : Analyse de la variance à un facteur pour la comparaison de nombre d'individus par ordre pour les deux méthodes et le test de Newman et keuls pour les groupes homogène

Méthodes	Groupe Homogène	Analyse de la variance				
		SCE	DDL	CM	Test F	PROBA
M2	A	105.063	1	105.063	109.972	0
M1	B					

Les résultats obtenus par l'analyse de la variance à un seul facteur montrent qu'il existe une différence significative entre les deux méthodes ($P= 0$).

Le test de Newman et Keuls concernant le nombre d'individus par ordre pour le facteur Méthode a donné 2 groupes homogènes.

-1^{er} groupe : représenté par la deuxième méthode (M2), avec un taux moyen de 7.25000, cette valeur représente l'abondance la moins élevé

-2^{eme} groupe: représenté par la première méthode (M1), avec un taux moyen de 289.500, cette valeur représente l'abondance la plus élevé.

IV. Quelques groupes d'ordres récoltés

A l'aide d'une loupe de grossissement numérique nous avons pu identifier quelques ordres récoltés (Figure 18 à 27).



Figure 18 : Haplotaxida (Original, 2019)



Figure 19 : Isopode (Original, 2019)



Figure 20 : Chilopode (Original, 2019)



Figure 21: Diplopede (Original, 2019)



Figure 22 : Aranea (Original, 2019)



Figure 23 : Hymenoptera (Original, 2019)



Figure 24 : Coleoptera(Original, 2019)



Figure 25: Diptera (Original, 2019)



Figure 26 : Entomobryomorpha
(Original, 2019)



Figure 27 :Stylomatophora (Original,2019)

Discussion des résultats

La station d'étude a fait l'objet d'une investigation dans le but d'étudier l'impact de la pollution par les hydrocarbures sur les invertébrés du sol par l'utilisation de deux méthodes d'échantillonnage (pots Barber et la méthode d'extraction).

Tous les invertébrés récoltés et identifiés dans ce travail appartiennent à 18 Ordres pour la méthode des pots Barber (Haplotaxida, Hemiptera, Coleoptera, Styломmatophora, Hymenoptera, Diptera, Entomobryomorpha, Chilopoda, Diplopoda, Parasite, Larve d'insectes, Embioptera, Aranea, Orthoptera, Opiliona, Isopoda, Symphypliona et Blattaria) et 12 ordres pour la méthode d'extraction (Haplotaxida, Hemiptera, Coléoptera, Embioptera, Aranea, Hymenoptera, Diptera, Entomobryomorpha, Chilopoda, Parasitifforme, Larve d'insectes, Styломmatophora). cela est dû au fait que la méthode des pots barber est répéter 4 fois dont le contenu des pots est récupéré après 48h, par contre la méthode d'extraction est effectuée 1 fois et instantanément.

Il a été observé dans cette étude, que l'ordre des Hymenoptera a présenté une abondance très importante (méthode des pots Barber). D'après nos résultats, l'ordre des Isopodes est dominant dans la strate S1 qui est considérée comme la zone la plus polluée (S1). Faulkner et Lochmiller (2000) ont démontré que les Isopodes et les Hymenoptera peuvent tirer bénéfice des niveaux élevés de contamination.

Les Hemiptera et les Coleoptera sont plus importants au niveau de la quatrième strate (la zone non polluée), ce qui serait dû à la présence de la végétation (végétation plus importante dans les strates non polluées et moins polluées) puisque ces deux groupes sont des phytophages.

La présence des Aranea dans les mêmes strates est expliquée en outre par le fait que cet ordre est prédateur des deux ordres précédents. Chenchouni *et al.* (2015) ont démontré que certains groupes d'invertébrés, comme les Coleoptera et les insectes phytophages, ont une relation très intime avec la structure de la végétation et la diversité en espèces végétales.

Les Styломmatophora sont omniprésents dans toutes les strates avec une abondance différente. Ils sont considérés comme des bio-indicateurs de la pollution et aussi des bio-accumulateurs (Oehlmann et Schulte-Oehlmann, 2003).

Les Haplotaxida pour la méthode d'extraction sont moins présents dans les deux premières strates (sol pollué). Ils sont utilisés comme des bio indicateurs de la qualité des sols.

Les contaminants des sols ont des effets sub-létaux sur la reproduction des vers de terre ce qui provoque la diminution de leurs nombres. Eom et al.(2007) ont testé la toxicité de quelques échantillons de sol provenant d'un ancien site de cokerie pollué par des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sur des vers de terre et des collemboles. Les résultats ont indiqué de sévères effets sur la survie et la reproduction de ces deux espèces.

Les Diplopoda et les Chilopoda sont absents dans les premières strates, potentiellement à cause d'une sensibilité à la pollution. Les ordres Blattaria, Opilliona et les Orthoptera ont été observés avec des valeurs très faibles dans toutes les strates ce qui serait donc dû à d'autres paramètres que la pollution.

Les pots Barber nous ont permis de capturer un plus grand nombre d'individus répartis sur une plus grande variété d'ordres comparée à la méthode d'extraction. Les deux méthodes peuvent être complémentaires pour étudier les effets de la pollution sur la faune.

La méthode d'extraction a permis, par exemple, l'inventaire des vers de terre. Cela est dû au fait que cette méthode prend en considération les individus qui vivent dans le sol par contre la méthode des pots Barber ne prend en considération que les individus qui vivent à la surface du sol.

L'indice de diversité de Shannon Weaver appliqué aux individus récoltés par les deux méthodes est plus élevé dans les strates 4, démontrant une plus grande diversité spécifique dans ces strates-là. Ceci est applicable aussi pour l'équitabilité, démontrant que dans les strates polluées les valeurs sont toutes plus en moins proche de 1, montrent un certain équilibre dans les répartitions des effectifs.

Cette étude a démontré qu'il existe une certaine différenciation entre les communautés d'invertébrés vivants dans les sols polluées par des produits pétroliers et dans les sols non pollués. D'une manière générale la zone la plus polluée est celle qui présente le moins de diversité et d'abondance. De plus, certains ordres sont influencés négativement par la pollution, alors que d'autres sont indifférents par rapport à cette pollution.

Conclusion

Conclusion

Ce travail a été conduit dans le but de déterminer les effets des rejets des hydrocarbures sur les invertébrés du sol, selon un gradient de pollution, et ceci par l'utilisation de deux méthodes d'échantillonnage qui sont la méthode des pots Barber et la méthode d'extraction.

Les récoltes des invertébrés ont été effectuées au niveau de la station-service de Fréha. En délimitant 4 strates, à différentes distances du point de rejet, et ceci sur deux transects.

Cette étude nous a permis de recenser 18 ordres d'invertébrés par la méthode des pots Barber contre 12 ordres par la méthode d'extraction. La biodiversité des invertébrés est quantitativement plus considérable au niveau des strates 3 et 4 (zones non polluées, et peu polluées) qu'au niveau des strates 1 et 2 (zones plus polluées).

Les zones non polluées montrent une abondance plus marquée pour l'ordre de Hymenoptera, Coleoptera, Diptera, les Parasitiformes, les Aranea, les Chilopoda, les Hemiptera, les Haplotaxida, les Entomobryomorpha par rapport aux zones polluées qui montrent une faible abondance de ces ordres en raison de leur sensibilité aux contaminants. L'ordre des Stylomatophora est représenté dans les deux zones (polluée et non polluée). Cela pourrait être due au fait que ces derniers résistent aux contaminants.

Nous constatons donc que suite à la pollution du site par les rejets de la station-service, il y'a une certaine différenciation des communautés d'invertébrés, entre les parties les plus polluées du site et les parties les moins et les non polluées du site.

Nous constatons que la pollution apportée par les rejets des hydrocarbures par la station-service a des effets négatifs sur la biodiversité du sol. Il est donc souhaitable que les stations-services cessent de rejeter des polluants dans l'environnement.

Il est souhaitable aussi pour les futures recherches qui viendront compléter ce travail tel que l'identification des espèces, exploiter d'autres station-service et rechercher de bio marqueur.

De ce fait, il serait aussi très intéressant, d'introduire des méthodes de quantification des hydrocarbures moins onéreuses. Ces méthodes existent, et leur mise en place est très facile et permettent même de quantifier les teneurs en hydrocarbures sur le site même de l'étude.

*Références
bibliographiques*

1. **ADEME., 2006.** Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, France. [Http://www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)
2. **AUMAR N., SEDIRRI D., 2018.** Etude des propriétés physico-chimiques des sols de quelques stations-services de la Kabylie. Mémoire master en biodiversité et environnement. Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 54p.
3. **ALVAREZ G., CHAUSSOD R., CLUSEAU D., GODDEN B., LEMARIE CIL, METZGER L., NICOLARDOT B., PARAT J. ET SALDUCCI X., 2002.** Activités biologiques et fertilité des sols : Intérêts et limites des méthodes analytiques disponibles. JTAB. Paris. 27p
4. **BACHELIER G., 1978.** La faune du sol son écologie et son action. Ed. O.R.S.T.O.M, 335p.
5. **BACHELIER G., 1979.** La faune des sols ; son écologie et son action. Edition O.R.S.T.O.M. 391p.
6. **BEGBEG A., 2008.** Importance des considérations environnementales dans l'étude des performances des additifs utilisée dans les fluides de forage. Thèse de traitement des effluents industriels, Faculté de Science Ingénieur. Université de Boumerdes. 64-69p.
7. **BERTNARD J.C., CAUMETTE P. et LEBARON P., 1995.** Ecologie microbienne : Microbiologie des milieux naturels. Ed. Presse universitaire l'Adour. 1002p.
8. **BOCARD C., 2006.** Marées noires et sols pollués par les hydrocarbures. Enjeux environnementaux et traitement des pollutions. Edition technique, Paris. 292p.
9. **BOUDERHEM A., 2011.** Utilisation des souches bactériennes telluriques autochtones dans la bio détection et la bio remédiation des sols pollués par les hydrocarbures. Mémoire de magister, Université Kasdi Merbah-Ouargla . 91p.
10. **CARNICER M V. , 2007 .** la pollution ponctuelle des sols : le cas de station-service dans la région de Bruxelles-Capitale. Mémoire de fin d'étude. Université libre de Bruxelles, Belgique. 153p.
11. **CALVET R., 2013 .** Le sol propriétés et fonctions constituants les structures, phénomène aux interfaces tome 1. Édition France agricole, 455p.
12. **CHENCHOUNI H, MENASRIA T, NEFFAR S, CHAFAA S, BRADAI L, CHAIBI R, MEKAHLIA MN, BENDJOURI D, BACHIR AS. 2015.** Spatiotemporal diversity, structure and trophic guilds of insect assemblages in a semi-arid Sabkha ecosystem. PeerJ. 3:860p.

13. **COINEAU Y., 1997.** Introduction à l'étude des microarthropodes du sol et de ses annexes ; documents pour l'enseignement pratique de l'écologie, DOIN, Paris, 117p.
14. **COLIN F., 2000.** Pollution localisée des sols et des sous-sols par les hydrocarbures et les solvants chlorés. Rapport n°44.Edition. Tec &Doc. Paris. 417p.
15. **COLOMBANO S., SAADA A., VICTOIRE E., GUERIN V., ZORNIG C., AMALRIC L., BLESSING M. 2014.** Nature des produits pétroliers et origine du vieillissement. BRGM, 141p.
16. **DAGNELI P. (1975).** Statistique théorique et appliquée.
17. **DAGNELIE P. (2006).** Statistique théorique et appliquée. 2eme édition.
18. **DIB D., LEHAM Y., 2012.** Application d'un SIG à la cartographie des décharges communales de quelques communes de la wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire d'ingénieur en écologie et environnement. Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.51p.
19. **DURANDEAU J.P., 2006.** Chimie organique. Edition Hachette, objectif PCEM. Paris. 27p.
20. **EOM IC, RAST C, VEBER AM, VASSEUR P. 2007.** Ecotoxicity of a polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH)-contaminated soil. Ecotoxicology and Environmental Safety. 67:190–205.
21. **FAULKNER BC, LOCHMILLER RL. 2000.** Increased abundance of terrestrial isopod populations in terrestrial ecosystems contaminated with petrochemical wastes. Arch Environ Contam Toxicol. 39:86–90.
22. **FATTAL P., 2008.** Pollution des cotes par les hydrocarbures. Collection « Espace et Territoires ». Presses universitaires de Rennes.498p.
23. **GARCELON.PH., 2018.**Les Collomboles . <http://www.colomboles.fr/>
24. **GOBAT J.M., ARAGONO M. et MATTYHE W., 2010.** Le sol vivant. Bases de pédologie-biologie des sols.3ème édition revue et augmentée. 817p.
25. **LEFEBVRE.G., 1987.** Chimie des hydrocarbures, édition Technip, Paris : 9-60.
26. **LECOMTE P., 1998.** Les sites pollués, traitement des sols et des eaux souterraines 2^{ème} édition Lavoisier TEC & DOC. 204p.
27. **MASSENET J.Y. 2010.** Constituant du sol chapitre 3 les constituants solides du sol en ligne <http://www.jymassenenetforet.fr/cours/pedologie/PED05.pdf>

28. MBONIGABA M.J.J., NZEYIMANA I., BUCAGU C. ET CULOT M., 2009. **Caracterisation** physique, chimique et microbiologique de trois sols acides tropicaux de Rwanda sous jachères naturelles et contraintes à leur productivité, *Biotechnol.Agron.Soc.Environ*.4 :545-558.
29. METRAL R. 2007. Etude de la diversité de la pédofaune dans les systèmes agro forestiers, programme CAS DAR Agroforesterie 65p.
30. MICHEL C.G., CHRISTIAN S. et BERNARD J. 2011. Etude des sols. Dunod, Paris. P6
31. OEHLMANN J, SCHULTE-OEHLMANN U. 2003. Chapter 17 Molluscs as bioindicators. *Trace Metals and other Contaminants in the Environment*. 6:577–635.
32. PDAU. (2011). Commune de Fréha, 72p.
33. PONGE J.F., 2010. Impact des polluants du sol sur la biodiversité animale du sol. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00477469>
34. PIEDRAFITA C. et VICTORIA M. 2007. La pollution ponctuelle des sols : Le cas des stations-services dans la région de Bruxelles-Capitale. Mémoire de fin d'étude IGEAT France. 154p
35. RAMADE F., 1992. Précis d'écologie. Edition. Masson. Paris. 300p.
36. RAMADE F., 2012. Elément d'écologie. Ecologie appliquée : Action de l'homme sur la biosphère. 7eme édition. Duand, Paris, 2005, 2012.
37. RICOUR, J., LALLEMAND-BARRES, A., 1994. Sites pollués et déchets. BRGM, p 12
38. SAADA A., NOWAK C. et COQUEREAU N., 2005. Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures. Rapport BRGM/RP.53739.FR.110p.
39. SOLTNER D., 2005. Les bases de la production végétale -le climat-la plante. 21ème édition science et technique agricoles, 111p.
40. SOLTANI M., 2004. Distribution lipidique et voies métaboliques chez quatre bactéries Gram-négatives hydrocarbonoclastes. Variation en fonction de carbone. Thèse de Doctorat d'Université Paris. 284p.

Annexes

Annexes

Annexe 01 : Le nombre d'individus pour chaque ordre dans chaque transect et chaque strate par la méthode des pots Barber

Ordre	T1S1	T2S1	T1S2	T2S2	T1S3	T2S3	T1S4	T2S4
Haplotaxida	0	0	1	0	0	1	2	0
Hemiptera	3	8	3	7	5	7	9	4
Coleoptera	16	22	40	20	52	32	37	33
Stylommatophora	6	4	4	2	7	7	10	6
Hymenoptera	75	84	182	101	240	190	110	130
Diptera	13	8	20	16	21	39	19	26
Entomobryomorpha	28	38	62	63	80	50	30	49
Chilopoda	0	1	2	1	1	2	4	5
Diplopoda	4	5	8	5	6	6	1	1
Parasitiphorme	4	9	20	15	11	33	11	20
Larve d'insects	2	1	0	0	2	1	0	0
Embioptera	0	0	0	0	2	0	1	2
Aranea	7	8	11	9	12	13	20	15
Orthoptera	1	2	1	0	0	1	0	0
Opiliona	0	0	1	0	0	0	0	0
Isopoda	1	2	0	0	0	0	0	0
Symphypliona	0	0	0	0	0	0	1	2
Blattaria	0	0	0	0	0	0	1	0

Annexe 02 : Le nombre d'individus pour chaque ordre dans chaque transect et chaque strate par la méthode d'Extraction

Ordre	T1S1	T2S1	T1S2	T2S2	T1S3	T2S3	T1S4	T2S4
Haplotaxida	3	8	1	3	28	12	10	15
Hemiptera	2	1	0	1	0	1	1	3
Coleoptera	2	4	3	6	1	2	6	4
Stylommatophora	12	39	0	1	13	14	37	12
Hymenoptera	2	5	14	10	20	15	8	9
Diptera	0	1	1	0	0	0	0	0
Entomobryomorpha	0	0	1	0	0	0	0	0
Chilopoda	0	0	0	0	7	0	2	10
parasite	3	1	2	1	1	0	4	3
Larve d'insects	0	0	0	1	0	0	0	0
Embioptera	1	0	0	0	0	0	0	0
Aranea	0	3	1	3	2	3	3	6

Annexes

Annexe03. Analyse de la variance de l'abondance à un facteur par la méthode des Pots Barber

Effet	Tests Univariés de Significativité pour abondances (Feuille de données) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	669903,1	1	669903,1	279,5194	0,000075
strats	55639,4	3	18546,5	7,7386	0,038460
Erreur	9586,5	4	2396,6		

Annexe 04. Les groupes homogènes selon le test de NEWMAN et KEULS pour l'abondance par la méthode des Pots Barber.

Cellule N°	Test de Newman-Keuls ; variable abondances (Feuille de données) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = 2396,6, dl = 4,0000			
	strats	abondances Moyenne	1	2
1	S1	176,0000	****	
4	S4	274,0000	****	****
2	S2	297,0000	****	****
3	S3	410,5000		****

Annexe 05. Analyse de la variance de l'indice de Shannon-Wever (H') par la méthode des Pots Barber

Effet	Tests Univariés de Significativité pour H' (Feuille de données) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	22,77442	1	22,77442	3071,887	0,000001
strats	0,07806	3	0,02602	3,510	0,128324
Erreur	0,02966	4	0,00741		

Annexes

Annexe 06. Analyse de la variance de l'indice d'équitabilité à un facteur par la méthode des Pots Barber

Tests Univariés de Significativité pour J' (Feuille de données 1)					
Paramétrisation sigma-restreinte					
Décomposition efficace de l'hypothèse					
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	3,614780	1	3,614780	2143,658	0,000001
strats	0,008870	3	0,002957	1,753	0,294494
Erreur	0,006745	4	0,001686		

Annexe 07. Analyse de la variance de Nombre d'Ordre à un facteur par la méthode des pots Barber

Tests Univariés de Significativité pour NO (Feuille de données 1)					
Paramétrisation sigma-restreinte					
Décomposition efficace de l'hypothèse					
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	1225,125	1	1225,125	653,4000	0,000014
strats	2,375	3	0,792	0,4222	0,747681
Erreur	7,500	4	1,875		

Annexe08. Analyse de la variance de l'abondance à un facteur : type, strates par la méthode d'Extraction

Tests Univariés de Significativité pour Ab (Feuille de données 1)					
Paramétrisation sigma-restreinte					
Décomposition efficace de l'hypothèse					
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	18818,00	1	18818,00	72,23800	0,001051
St	2092,00	3	697,33	2,67690	0,182636
Erreur	1042,00	4	260,50		

Annexes

Annexe 09. Analyse de la variance de l'indice de Shannon-Wever (H') à un facteur par la méthode d'Extraction

Tests Univariés de Significativité pour H' (Feuille de données)						
Paramétrisation sigma-restreinte						
Décomposition efficace de l'hypothèse						
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	
ord. origine	18,24750	1	18,24750	378,5672	0,000041	
St	0,14018	3	0,04673	0,9694	0,489618	
Erreur	0,19281	4	0,04820			

Annexe 10. Analyse de la variance de l'indice d'équitabilité à un facteur par la méthode d'Extraction

Tests Univariés de Significativité pour J' (Feuille de données1)						
Paramétrisation sigma-restreinte						
Décomposition efficace de l'hypothèse						
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	
ord. origine	5,140904	1	5,140904	321,4962	0,000057	
St	0,012064	3	0,004021	0,2515	0,857017	
Erreur	0,063962	4	0,015991			

Annexe 11. Analyse de la variance de Nombre d'Ordre à un facteur par la méthode d'Extraction

Tests Univariés de Significativité pour NO (Feuille de donnée)						
Paramétrisation sigma-restreinte						
Décomposition efficace de l'hypothèse						
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	
ord. origine	420,5000	1	420,5000	1682,000	0,000002	
St	2,5000	3	0,8333	3,333	0,137598	
Erreur	1,0000	4	0,2500			

Annexes

Annexe 12 : Analyse de la variance de l'abondance à un facteur pour la comparaison des deux méthodes.

	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	456976.0	1	456976.0	93.68102	0.000000
METH	232324.0	1	232324.0	47.62690	0.000007
Erreur	68292.0	14	4878.0		

Annexe 13 : Les groupes homogènes selon le test de NEWMAN et KEULS pour l'abondance pour la comparaison des deux méthodes.

METH	AB Moyenne	1	2
M2	48.5000	****	
M1	289.5000		****

Annexe 14 : Analyse de la variance à un facteur pour la comparaison de nombre d'individus par ordre pour les deux méthodes

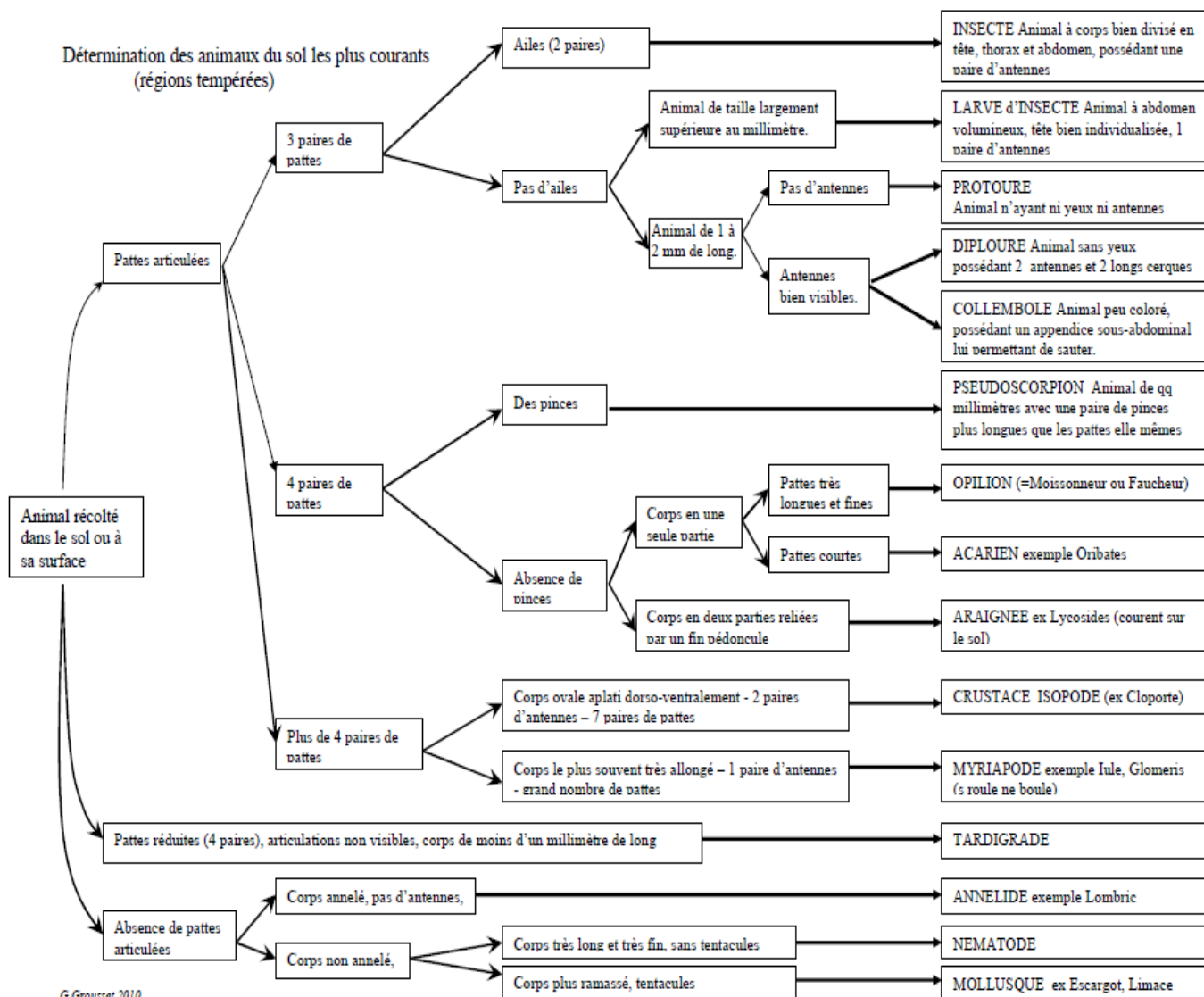
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	1540.563	1	1540.563	1612.551	0.000000
METH	105.063	1	105.063	109.972	0.000000
Erreur	13.375	14	0.955		

Annexe 15 : Les groupes homogènes selon le test de NEWMAN et KEULS pour la comparaison de nombre d'individus par ordre pour les deux méthodes

METH	GRD Moyenne	1	2
M2	7.25000	****	
M1	12.37500		****

Annexes

Annexe 16 : clé d'identification simplifiée de différents groupes d'invertébrés



Annexe 17 : Copyright Microcox 2001-2006. www.microcox.net - site personnel d'initiation à l'entomologie (PDF).

Résumé

Cette étude a eu comme objectif l'investigation des effets des rejets des stations-services sur les invertébrés du sol.

L'extraction des invertébrés contenue dans le sol a été réalisée par l'utilisation de deux méthodes d'échantillonnages "Piège Barber et méthode d'extraction".

18 ordres ont été récoltés par les pièges Barber et 12 ordres par la méthode d'extraction.

D'une manière générale, l'abondance des invertébrés diminue au fur et à mesure que le degré de pollution augmente et il ressort que les milieux pollués sont moins riches en invertébrés que les milieux non pollués.

Mots clés : Invertébrés, Piège Barber, méthode d'extraction, hydrocarbures, stations-services

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of the rejects of gas-stations on soil invertebrates.

The extraction of invertebrates from the soil was realized by the use of two sampling methods "Barber pots and extraction method".

18 orders were collected by the Barber pots and 12 orders by the extraction method.

Invertebrate abundance generally decreases as the level of pollution increases, and polluted zones show less invertebrate richness than unpolluted zones.

Key words: Invertebrates, Barber pots, Extraction Method, Hydrocarbons, Gas-Stations.