

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomique
Département de biologie animale et végétale

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de master en Ecologie et environnement

Spécialité : Biodiversité et environnement

Effet de la pollution par les déchets ménagers et assimilés (DMA) sur les paramètres physico-chimiques, la faune et la flore du sol d'une décharge contrôlée (CET de Oued Falli) et d'une décharge sauvage réaménagée (Draa El Mizan).

Réalisé par : Mme KEBIR Amel

Mme OTMANI Lynda

Devant le jury composé de :

Présidente : Mme CHOUAKI S

M.C.B à l'UMMTO

Promotrice : Mme SADOUDI-ALI AHMED D

Professeur à l'U.M.M.T.O

Co-promotrice : Mme MATMER R

Doctorante à l'U.M.M.T.O

Examineur : Mme ALI-AHMED S

M.A.A à l'UMMTO

Promotion : 2020 /2021

Remerciements

En tout premier lieu, nous remercions le bon Dieu, le tout Puissant, de nous avoir donné la force et le courage pour dépasser toutes les difficultés.

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre cher professeur et encadreur Madame **SAADOUDI-ALI-AHMED DJAMILA**, professeur au département de biologie à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour son suivi, son aide et sa disponibilité. Faire notre travail sous sa direction était un grand honneur et un immense bonheur. La liberté et les responsabilités qu'elle nous a accordées ont beaucoup contribué à notre autonomie dans le travail.*

*Nous vifs remerciements vont également à notre Co-promotrice Madame **MATMER RIMA.**, Doctorante au département de biologie de l'UMMTO, pour le temps qu'elle nous a consacrée, ses conseils, ses informations et surtout ses encouragements.*

*Nos remerciements vont aussi aux membres du jury (**Mme CHOUAKI S**) qui ont accepté de présider le jury et (**ALI AHMED S**) d'examiner notre travail.*

*Nous tenons à exprimer nos remerciements à tout le personnel du CET de Oued Falli et particulièrement Madame **BOULTACHE** pour leur accueil et leur disponibilité, et pour toutes les informations qu'ils nous ont fourni.*

*Nous tenons à exprimer également notre sincère et profond remerciement à Madame **OULTAF LYNDA** et Monsieur **SADOU SID - ALI**, Doctorants au département biologie de l'UMMTO, pour leur soutien, leur disponibilité et leurs informations scientifiques. Nous remercions aussi **Mme SMAIL** et **Mr ASLA** professeurs à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour leur soutien lors de l'identification et même **Mme ABROUS H** ingénieur du labo PSEMRVC qui nous a beaucoup aidés.*

*Nous voudrions aussi témoigner notre reconnaissance et exprimer toute notre gratitude à nos enseignants qui ont participé pour une grande part à notre formation notamment **Mme ALI AHMED C** qui nous a vraiment aidé dans l'étude statistique.*

*Nous remercions tous ceux qui nous avons aidé de près ou de loin, pour mener à terme ce modeste travail notamment **Mr MATMER, FARID, SYLIA** et **CELIA**.*

Nous remercions aussi toute la promotion de biodiversité et l'environnement 2020/2021.

Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A mon cher grand-père MOUHAMMED rebbi irehmou, pour ses encouragements, son soutien, ses conseils qui m'ont aidé à tracer mon chemin dans la vie.

A ma très chère maman, qui me donne toujours l'espoir et l'esprit de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A mon très cher papa, pour son soutien, son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

A ma chère grand-mère OUARDIA pour ses souhaits, ses encouragements et surtout pour son amour.

A mon cher fiancé, pour son soutien, ses encouragements, son amour et surtout son aide durant la période d'échantillonnage.

A mon cher petit frère GHANOU et mes adorables sœurs ANISSA et DOUNIA.

A ma chère tante HOURIA et son mari MOUMOUH et mes cousins et cousines ABDOU, AMINE, IMENE et SARAH.

A mon adorable tante SOUSOU.

A ma meilleure amie, mon intime ma chère binôme LYNDA et sa famille.

A mes amies Djoudjou, Célia, Sylia.

A tous ce que j'aime et je respecte.

Amel

Dédicace

Avec l'aide de Dieu je dédie ce modeste travail :

D'abord à mes chers parents qui m'ont aidé à tracer mon chemin dans ce monde et leurs sacrifices pour mon bien, que dieu les protège et les garde pour nous ;

A mes deux chères grands-mères SADIA et SADIA qui ont tant souhaité me voir réussir dans ma vie. Que dieu les garde dans nos cœurs et les bénisse dans leurs paradis ;

A mes très chers frères MERZOUK et LYES que dieu les conduise vers le bonheur ;

A ma très chère et belle sœur KENZA que je trouve toujours à mes côtés que dieu la protège et l'aide à réussir dans ses études et dans sa vie ;

A mon très cher Fiancé, pour son soutien, ses encouragements, son amour et surtout son aide durant la période d'échantillonnage ;

A mon cher oncle Ahmed et Meziane et leur encouragements ;

A ma chère cousine CYLIA ;

A mes amies Celia et Cylia ;

A ma meilleure et ma très belle amie AMEL que je trouve toujours à mes côtés. Que dieu la garde pour moi et garde notre amitiés jusqu'au Bout ; et à toute sa famille ;

A tous ceux que j'aime et je respecte.

Lynda

Liste des tableaux

Tableau 01 : principaux constituants du sol.....	3
Tableau 02 : Classification de la faune du sol en fonction de la taille.....	6
Tableau 03 : Composition moyenne d'une décharge.....	10
Tableau 04 : Comparaison entre la décharge sauvage et le CET.....	10
Tableau 05 : Matériel utilisé sur le terrain et au laboratoire.....	16
Tableau 06 : Protocoles de quelques analyses physicochimiques du sol.....	19
Tableau 07 : Abondance totale des espèces végétales de la décharge contrôlée (CET).....	24
Tableau 08 : Abondance totale des espèces végétales de la décharge sauvage réaménagée de DEM.....	25
Tableau 09 : Résultats des analyses physicochimiques des sols de la décharge contrôlée du CET.....	33
Tableau 10 : Résultats des analyses physicochimiques des sols de la décharge sauvage réaménagée de DEM.....	33
Tableau 11 : Abondance des ordres identifiés dans la décharge contrôlée (CET).....	35
Tableau 12 : Abondance des ordres identifiés dans la décharge sauvage réaménagée de DEM.....	36

Listes de figures

Figure 01: Classification des arthropodes.....	7
Figure 02: Classification et caractérisation des déchets industriels.....	12
Figure 03: Vue satellite du centre d'enfouissement technique de Oued Falli.....	13
Figure 04: Situation géographique de la commune de Draa El Mizane dans la wilaya de Tizi-Ouzou	14
Figure 05: Schéma représentatif de la méthode d'échantillonnage au niveau du CET de Oued Falli Tizi-Ouzou.....	17
Figure 06: Schéma représentatif de la méthode d'échantillonnage au niveau de la décharge sauvage réaménagée de Draa El Mizane.....	17
Figure 07: Echantillonnage de la flore.....	18
Figure 08: Echantillonnage du sol pour les analyses physicochimiques.....	19
Figure 09: Quadra de 25*25 cm de côté et de 10 cm d'épaisseur enfoncé dans le sol.....	20
Figure 10: Appareil de Berlèse Tullgren simplifié.....	21
Figure 11: Abondance totale de la flore récoltée au niveau de la décharge contrôlée du CET.....	26
Figure 12: Abondance totale de la flore récoltée au niveau de la décharge sauvage réaménagée de DEM.....	27
Figure 13: Nombre d'espèce de la flore recensée au niveau de la décharge contrôlée (CET).....	27
Figure 14: Nombre d'espèce de la flore recensée au niveau de la décharge sauvage réaménagée de DEM.....	28
Figure 15: Valeurs de l'indice de Shannon-Weaver dans la décharge contrôlée du CET.....	28
Figure 16: Valeurs de l'indice de Shannon-Weaver dans la décharge sauvage réaménagée de DEM.....	29
Figure 17: Valeurs de l'indice d'équitabilité dans la décharge contrôlée du CET.....	29
Figure 18: Valeurs de l'indice d'équitabilité dans la décharge sauvage réaménagée de DEM.....	30

Figure 19: Distribution des groupes floristiques de la décharge contrôlée (CET) sur un plan factoriel F1*F2.....	31
Figure 20: Distribution des groupes floristiques de la décharge sauvage réaménagée de DEM sur un plan factoriel F1*F2.....	32
Figure 21: ACP représentative de la distribution des caractères édaphique dans la décharge contrôlée du CET.....	34
Figure 22: ACP représentative de la distribution des caractères édaphique dans la décharge sauvage réaménagée de DEM.....	34
Figure 23: Abondance totale de différents ordres de la pédofaune recensée au niveau de la décharge contrôlée (CET).....	37
Figure 24: Abondance totale des différents ordres de la pédofaune recensée au niveau de la décharge sauvage réaménagée de DEM.....	38
Figure 25: Nombre d'ordre de pédofaune au niveau de la décharge contrôlée (CET).....	38
Figure 26: Nombre d'ordre de pédofaune au niveau de la décharge sauvage réaménagée de DEM.....	39
Figure 27: Valeurs de l'indice de Shannon-Weaver dans la décharge contrôlée du CET.....	39
Figure 28: Valeurs de l'indice de Shannon-Weaver dans la décharge sauvage réaménagée de DEM.....	40
Figure 29: Valeurs d'équitabilité enregistrées au sein de la décharge contrôlée du CET.....	40
Figure 30: Valeurs d'équitabilité enregistrées au sein de la décharge sauvage réaménagée de DEM.....	41
Figure 31: Distribution des groupes faunistiques de la décharge contrôlée du CET sur le plan factoriel F1*F2.....	42
Figure 32: Distribution des groupes faunistiques de la décharge sauvage réaménagée de DEM sur le plan factoriel F1*F2.....	43

Liste d'abréviation

CEC : Capacité d'échange cationique

CAH : Complexe argilo-humique

ETM : Eléments traces métalliques

CET : Centre d'enfouissement technique

DMS : Déchets ménagers spéciaux

DBO : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

DSM : Manuel diagnostique et statistique

DIB : Déchets industriels banals

DIS : Déchets industriels spéciaux

PCT : Pro calcitonine

DEM : Draa El Mizan

DBK : Draa Ben Khedda

N° : Numéro

T : Température

P : Précipitation

N : Nord

E : Est

INRF : Institut National de la Recherche Forestière

CE : Conductivité électrique

Max : Maximale

S : Richesse totale

Table des matières

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Généralités sur le sol

I.1. Origine et constituants du sol.....	3
I.2. Quelques propriétés physico-chimiques du sol.....	4
I.2.1. Texture.....	4
I.2.2. Structure.....	4
I.2.3. Porosité.....	4
I.2.4. pH.....	4
I.2.5. Pouvoir tampon des sols.....	4
I.2.6. Capacité d'échange cationique (CEC).....	5
I.2.7. Complexe argilo-humique.....	5
I.3. Biologie du sol.....	5
I.4. Faune du sol.....	5
I.4.1. Classification de la faune du sol.....	5
I.4.2. Rôle de la faune du sol.....	7
I.5. Flore.....	8
I.5.1. Rôle de la flore.....	8
I.6. Pollution du sol.....	8
I.6.1. Effets de la pollution du sol sur la faune, la flore et les propriétés physicochimiques.....	8
II. Généralités sur les décharges	
II.1. Différents types de décharges.....	9
II.2. Rejets d'une décharge.....	9
II.2.1. Biogaz.....	9
II.2.2. Lixiviats.....	9
II.3. Différence entre décharge sauvage et CET.....	10
III. Généralités sur les déchets	
III.1. Classification des déchets.....	11

Chapitre II : Matériels et méthodes

I. Présentation générale des stations d'étude.	
I.1. Centre d'enfouissement technique d'Oued Falli.....	13
I.1.1. Création	13
I.1.2.Situation géographique de la station d'étude.....	14
I.1.3.Caractéristiques climatologiques.....	14
I.1.4. Caractéristiques du sol.....	14
I.2. Décharge sauvage de Draa El Mizane.....	15
I.2.1.Situation géographique.....	15
I.2.2.Caractéristiques climatologiques.....	15
I.2.3.Feu naturel ou criminel.....	15
I.2.4.Type du sol.....	15
II. Matériel et méthodes.....	15
II.1.Matériel.....	16
II.2. Méthode d'échantillonnage.....	16
II.2.1.Condition de l'échantillonnage.....	16
II.2.2.Dispositif expérimental.....	16
II.2.3.Méthode d'échantillonnage.....	18
II.2.3.1.Echantillonnage de la flore.....	18
II.2.3.2.Analyses du sol.....	18
II.2.3.3.Echantillonnage de la faune	
II.2.3.3.1.Méthode d'extraction.....	20
II.2.3.3.2.Tri et dénombrement	21
II.2.3.3.3.Determination	21
II.2.4.Analyses écologiques.....	21
II.2.4.1. Abondance totale.....	21
II.2.4.2.Richesse spécifique.....	22
II.2.4.3.Indice de Shannon-Weaver (H').....	22
II.2.4.4.Indice d'équitabilité.....	22

II.2.5. Analyse statistique.....	23
II.2.5.1. Analyse en composantes principales (ACP).....	23
II.2.5.2. Analyse factorielle des correspondances (AFC).....	23

Chapitre IV : Résultats et discussion

I. Résultats.....	24
I.1. Résultats de l'analyse de la flore.....	24
I.1.1.Composition floristique globale.....	24
I.1.2. Analyse écologique de la flore.....	26
I.1.2.1. Abondance totale.....	26
I.1.2.2. Richesse spécifique (S).....	27
I.1.2.3. Indice de Shannon-Weaver (H').....	28
I.1.2.4. Indice d'équitabilité (J').....	29
I.1.3. Résultat statistique de la flore.....	30
I.2. Résultats des analyses physico-chimiques.....	32
I.2.1. Résultats de l'analyse statistique des paramètres physico-chimiques.....	33
I.3. Résultats de l'analyse de la faune du sol.....	34
I.3.1.Composition faunistique globale.....	34
I.3.2.1. Résultats des analyses écologiques de la faune.....	37
I.3.2.1. Abondance totale.....	37
I.3.2.2. Nombre d'ordres.....	38
I.3.2.3. Indice de Shannon-Weaver (H').....	39
I.3.2.4. Indice d'équitabilité (J').....	40
I.3.3. Résultats de l'analyse statistique de la faune.....	41
II. Discussion.....	44
Conclusion	47

Références bibliographiques

Annexes

Introduction générale

Introduction

Le sol est le réservoir de la biosphère le plus important parmi les quatre ressources naturelles renouvelables sur lesquelles se fonde l'activité humaine de production. C'est une couche qui contient plusieurs mètres de matière organique et inorganique, accumulée au-dessus de la roche et capable de porter une végétation (Koller, 2004). Il est considéré comme un compartiment essentiel de l'écosystème, un contrôleur et un révélateur de nombreux processus écologiques par ses caractères physiques, chimiques et biologiques. Par son organisation et son fonctionnement, le sol est un système écologique, auquel s'appliquent les propriétés habituelles des systèmes, en particulier ceux liés aux organismes vivants (Gobat, 2003).

Pendant de nombreuses années, la planète (surtout le sol) a été considérée comme un destinataire habituel pour les déchets domestiques, industriels et agricoles pouvant constituer un risque pour l'homme et l'environnement en entraînant des perturbations au niveau des compartiments fondamentaux biotiques et abiotiques. Les déchets sont, à la fois, un risque et une ressource. Éliminés sans précautions, ils risquent de dégrader les paysages et de polluer l'environnement et surtout d'exposer l'homme à des nuisances et des dangers très graves (Desack, 2001).

Le sol, pollué par des déchets possédant des substances dangereuses pour l'alimentation humaine, peut devenir inapte aux végétaux consommables qui auraient, eux mêmes, absorbés ces substances (Desack, 2001). La pollution des sols se manifeste par un appauvrissement des réseaux trophiques, lié à la perte de la biodiversité. En effet, lorsqu'une espèce sensible à la pollution disparaît, le fonctionnement du sol disparaît (Gillet et Ponge, 2002).

En Algérie, la quantité de déchets ménagers a connu une augmentation remarquable au cours des dernières années, en raison d'une croissance démographique suivie par une urbanisation mal maîtrisée (And, 2012). Malgré la construction de plusieurs Centres d'Enfouissement Techniques depuis 2002, il existe encore, en Algérie, des décharges sauvages fonctionnelles implantées n'importe où sans aucune étude d'impact sur l'environnement (Tahraoui et al., 2012).

L'objectif de ce travail est de réaliser une étude sur l'effet de la pollution du sol par les déchets sur ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Pour ce faire, nous avons choisi deux décharges, la première est une décharge contrôlée (CET de Oued Falli) de Tizi-Ouzou, et la deuxième est une décharge sauvage réaménagée localisée à Draa El Mizan au niveau de laquelle aucune étude n'a été réalisée.

Nous avons organisé notre travail en chapitres dont le premier englobe des généralités sur le sol, les décharges, les déchets, la faune et la flore. Le deuxième fait référence à la situation géographique et aux caractéristiques climatiques des régions d'étude ainsi que protocole d'échantillonnage et les différentes méthodes de traitement des données. Le dernier

Introduction générale

chapitre inclus une présentation des résultats obtenus et leur discussion. Nous clôturons ce travail avec une conclusion générale.

Chapitre I
Synthèse
bibliographique

I. Généralités sur le sol

Le sol est le produit de l'altération des roches mères par l'action de l'eau, de l'air et des êtres vivants (Imtiaz et al., 2016). Il permet la vie des plantes, des animaux et des humains sur terre (Osman, 2013).

I.1. Origine et constituants du sol

Le sol est un véritable écotone entre deux systèmes écologiques adjacents, il possède à la fois des constituants et des propriétés des deux systèmes (GOBAT et al., 2003). Le tableau 1 résume l'origine et les principaux constituants du sol (Soltner, 2005).

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

	Constituants solides		Constituants liquides (solution du sol)	Constituants gazeux (atmosphère du sol)
	Minéraux	Organiques		
Origine	Désagrégation physique et altération biochimique des roches.	Décomposition des être vivants.	Précipitations, nappes, ruissellement.	Air hors sol, matières en décomposition, respiration.
Critères de classement	Taille (granulométrie). Qualité (minéralogie).	Etat (vivant, mort). Qualité chimique (originelle, transformée).	Origine (météorique, phréatique). Etat physique (potentiel hydrique). Qualité chimique.	Origine (air, organismes). Qualité chimique.
Catégories	.Selon la granulométrie : -Le squelette (>2mm). - Terre fine (<2mm). .Selon la minéralogie : -Quartz -Minéraux silicatés. -Minéraux carbonatés	.Organismes vivants .Organismes morts .Matière organique héritée : cellulose, lignine, résine. .Matières organiques humifiées : acides fulviques et humiques, humines.	.Eau .Substances dissoutes : Glucides, Alcools, -Acides -Organiques -Minéraux -Cations, Anions.	Gaz de l'air : N ₂ , O ₂ , CO ₂ Gaz issu de la respiration et de la décomposition des organismes : CO ₂ , H ₂ , CH ₄ , NH ₃ .

I.2. Quelques propriétés physico-chimiques du sol

Les constituants du sol interagissent entre eux pour lui conférer ses propriétés, ses proportions et ses variations spatio-temporelles. La vitesse des flux qui les relient influencent le fonctionnement du système (Gobat et al., 2003).

I.2.1. Texture

La texture d'un sol s'établit selon la proportion de particules de sable, de limon et d'argile dont il est constitué. Ces particules sont classées en fonction de leur diamètre ; les particules de sable sont les plus grosses et les particules d'argile sont les plus fines (Ponge et Robert, 1996).

I.2.2. Structure

La structure du sol désigne la taille et la disposition des particules qui le composent. Elle en détermine la porosité, c'est-à-dire la présence d'air entre les particules (Deprince, 2003).

I.2.3. Porosité

Selon Gobat et al. (2003), la porosité renseigne sur la capacité hydrique ou atmosphérique d'un sol. Elle représente des lacunes qui sont occupées soit par l'eau, soit par l'air.

I.2.4. pH

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est un coefficient qui caractérise l'acidité ou la basicité d'un sol. Il détermine la concentration en ions H^+ dans la solution du sol (Delaune et al., 1991).

I.2.5. Pouvoir tampon des sols

C'est la capacité du sol à réduire ses variations de pH en cas d'apport d'acides ou de bases. Ce pouvoir est plus élevé quand la capacité d'échange cationique et la teneur en matière organique du sol sont importantes (Gobat et al., 2003).

I.2.6. Capacité d'échange cationique (CEC)

La conductivité électrique d'un sol est une mesure de la quantité d'ions présents et qui pourraient se dissoudre en présence d'eau. Elle permet de déterminer le degré de la salinité d'un sol. En général, les sels minéraux d'un sol sont de bons conducteurs électriques (Montoroi, 1997).

I.2.7. Complexe argilo-humique

Le complexe argilo-humique (CAH) est une association de colloïdes (composés humiques et argiles) chargés négativement et d'ions minéraux chargés positivement (cations) liant l'humus et l'argile entre eux. C'est un complexe adsorbant qui a la propriété de retenir des cations présents dans le sol par les interactions électrostatiques (Boruta et al., 2016).

I.3. Biologie du sol

Gobat et al. (2010) soulignent que les sols sains abritent d'innombrables formes de vie depuis les champignons microscopiques, les bactéries, les algues, les protozoaires et les nématodes jusqu'aux créatures plus grandes comme les collemboles et les lombrics. Ces organismes contribuent directement à la santé et à la vigueur des plantes ainsi qu'au fonctionnement de l'écosystème terrestre.

I.4. Faune du sol

La faune du sol représente l'ensemble des animaux qui passent une partie importante de leur cycle biologique dans le sol (Bachelier, 1978). Selon Deprince (2003), la faune du sol représente plus de 80% de la biodiversité animale. La couverture pédologique présente une diversité d'habitat. Cette dernière exerce des contraintes sur les stratégies adaptatives des différents taxons et offre ainsi des niches trophiques multiples (Girard et al., 2005).

I.4.1. Classification de la faune du sol

❖ Classement en fonction de la taille

Le tableau 2 résume trois classes de la faune du sol selon la taille des organismes.

Tableau 2 : Classification de la faune du sol en fonction de la taille (Villain, 1997).

La microfaune	La mésofaune	La macrofaune
Comprend les organismes de taille inférieure à 0,2 mm comme les amibes.	Regroupe les organismes de taille comprise entre 0,2 et 4mm tels que les nématodes, les acariens, les collemboles, etc.	Correspond aux organismes de taille comprise entre 4 et 80 mm tels que les insectes.

❖ **Classement en fonction des groupes taxonomiques (systématique)**

- **Protozoaires (protistes)** : sont des organismes unicellulaires appartenant au règne des protistes. Ils possèdent un vrai noyau entouré par une membrane (Gobat et al., 2003).
- **Nématodes (Némathelminthes)** : sont les premiers organismes pluricellulaires. Ils sont très abondants sur le globe (Bachelier, 1978).
- **Annélide** : est un embranchement groupant les vers annelés et renfermant environ 9000 espèces avec trois classes principales qui sont les polychètes, les oligochètes et les achètes ou hirudinées (Edwards et Bolhen, 1996 in Morin, 2002).
- **Gastéropodes** : sont des organismes à corps mou appartenant à l'embranchement des mollusques. Ils sont bien représentés dans les sols par les escargots et les limaces (Bachelier, 1963).
- **Arthropodes**

L'embranchement des arthropodes englobe la grande diversité taxonomique dans le sol. La figure 1 représente les différentes classes de cet embranchement.

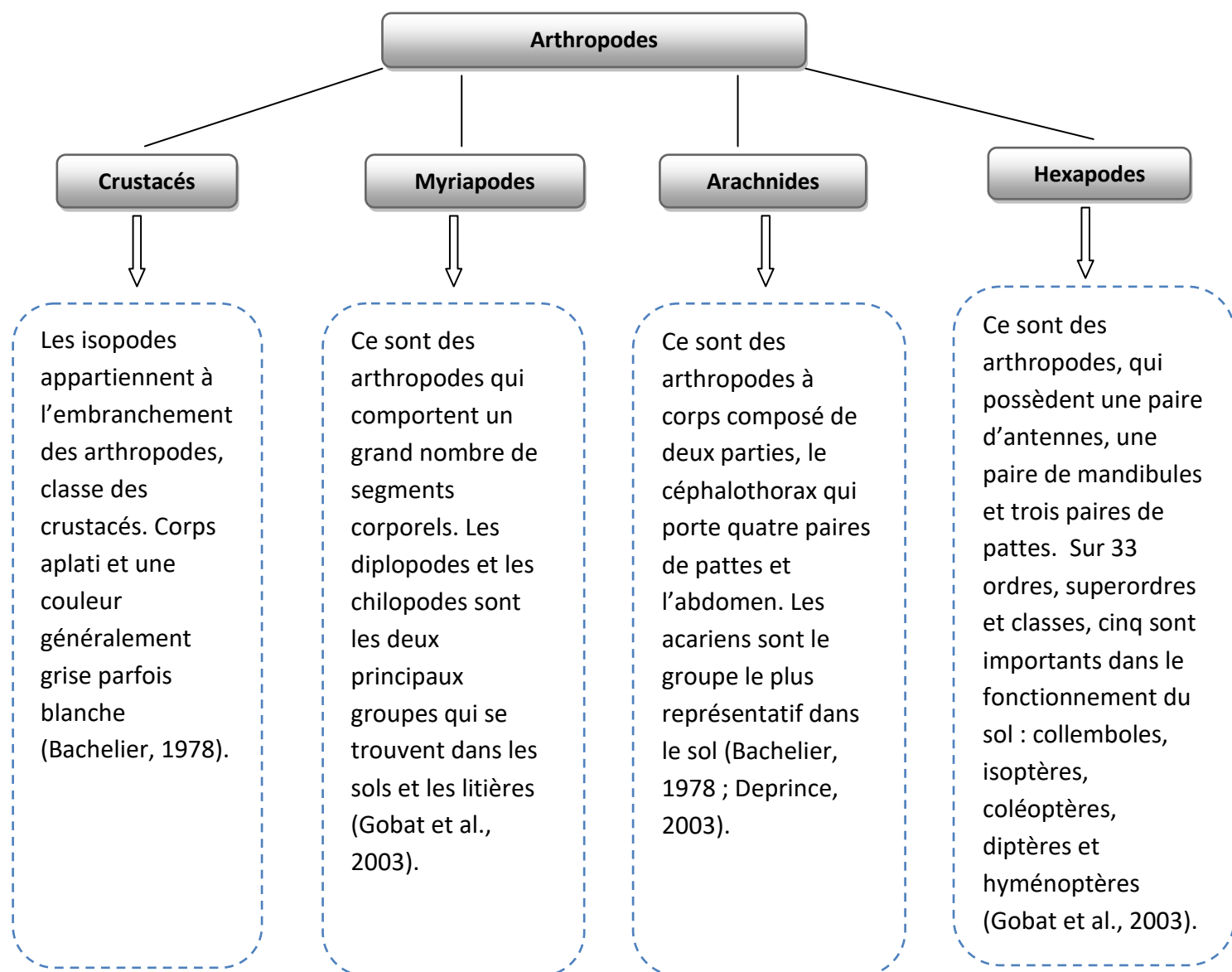


Figure 1 : Classification des arthropodes.

I.4.2. Rôle de la faune du sol

Selon Gobat et al. (2003), le sol abrite une faune très abondante et ses actions vitales sont essentielles à sa formation. Elle participe à la dégradation de la matière organique, en la mélangeant à la matière minérale facilitant sa dégradation par les micro-organismes. L'action de la faune est l'homologue de la désagrégation des roches. Elle exerce également une action sur les propriétés physiques du sol, par exemple les vers de terre contribuent à la dissémination des micro-organismes, soit en les transportant, soit en les incorporant à la matière minérale qu'ils ingèrent (Villain, 1997).

I.5. Flore

La flore est l'ensemble des espèces végétales présentes dans un espace géographique ou un écosystème déterminé (Gaudefroy et Mouillefarine, 1872).

I.5.1. Rôle de la flore

La flore, comme la faune, provoquent une altération biochimique des minéraux. Elle participe à la structuration du sol et à la dégradation des polluants (Gresselin et al., 2015).

I.6. Pollution du sol

La pollution est largement synonyme de la dégradation de la qualité des sols. Elle est définie comme le phénomène qui fait que le sol contienne une concentration anormale de composés chimiques potentiellement dangereux (métaux lourds, hydrocarbures, solvants halogénés, etc.) pour l'environnement et la santé des êtres vivants (Huamain et al., 1999).

I.6.1. Effets de la pollution du sol sur la faune, la flore et les propriétés physico-chimiques

Le sol est le lieu d'accumulation des apports anthropiques passés et présents en éléments non biodégradables comme les ETM. La dégradation de la qualité des sols peut être définie comme la diminution ou la disparition de sa capacité à remplir une ou plusieurs de ses fonctions (Slatni, 2014).

Un sol pollué devient, une source possible de diffusion de polluants dans l'environnement, via l'eau, les envols de poussières ou via une re-concentration. Le transfert de polluants sur la chaîne trophique; conduisant à la perte de la biodiversité (Lei et al., 2016).

Selon Leklercq et al. (2013), la forte concentration des polluants dans les sols altère les propriétés des sols ; cela entraîne une diminution de la biodiversité, modifie les assemblages des communautés et engendre des dysfonctionnements des sols. Par ailleurs, les productions végétales obtenues sur les sols contaminés ont des teneurs en polluants souvent excédentaires par rapport aux teneurs agricoles habituelles. Elles sont, de ce fait, souvent non conformes à la réglementation en vigueur qui définit les teneurs réglementaires des contaminants dans les denrées alimentaires à destination de la consommation humaine ou animale.

II. Généralités sur les décharges

Une décharge est définie comme un très vaste réacteur biochimique où se trouve un mélange de millions de composés chimiques, organiques et minéraux. Ils interagissent les uns avec les autres sous l'influence d'agents naturels (pluie et microorganismes) (Desachy, 2001).

II.1. Différents Types de décharges

Selon leurs fonctionnements, on distingue :

- **Décharges sauvages (non contrôlées) :** sont des décharges brutes, communales, incluant des déchets ménagers et assimilés. Elles sont exploitées directement par une collectivité ou laissées à la disposition de ses administrés, alors qu'elles ne bénéficient d'aucune autorisation d'exploitation au titre de la législation pour la protection de l'environnement (Kreith, 1994).
- **Décharge contrôlée (CET) :** est la décharge, qui est dotée d'un système de collecte des effluents et des couches de protection et respectant un certain nombre de règles permettant de supprimer les nuisances (Ricour et Lallemand-Barres, 1994).
- **Déchèteries :** sont des lieux où les particuliers peuvent déposer leurs déchets non collectés tels que les déchets inertes, déchets verts, déchets ménagers spéciaux (DMS). Les déchets triés par catégories, sont déposés dans des bacs spécifiques (Damien, 2004).

II.2. Rejets d'une décharge

L'évolution des déchets en décharge et leur interaction avec le milieu extérieur conduisent à l'émulsion de flux de polluants essentiellement à travers l'émergence de lixiviat (Thonarth et al., 1997).

II.2.1. Biogaz

Le biogaz est un mélange gazeux composé essentiellement de méthane, de dioxyde de carbone et d'autres produits avec des proportions plus faibles tels que l'oxygène, l'azote, la vapeur d'eau, les composés organiques volatils et les mercaptans (Chiriatic, 2004) (Tableau 3).

Tableau 3: Composition moyenne d'une décharge (Bliefert et Peraud, 2004).

Composés	Formule	Teneur volumique
Méthane	CH ₄	60%
Dioxyde du carbone	CO ₂	38%
Azote	N ₂	0.45%
Oxygène + Argon	O ₂ +Ar	0.13%
Ethane	C ₂ H ₆	0.01%
Sulfure de dihydrogène	H ₂ S	60 pm

II.2.2. Lixiviat

Le lixiviat est le liquide qui provient de l'infiltration de l'eau (eaux de pluie, eaux de ruissèlement, eaux souterraines) à travers les déchets stockés en décharge en se chargeant bactériologiquement et chimiquement de substances minérales et organiques. C'est le jus des poubelles (El-Fadel et al., 1997). Sa composition varie fortement selon le type de déchet enfoui, ils sont généralement caractérisés par les paramètres comme le pH, la conductivité, la DBO, la DCO et leurs contenus en métaux.

II.3. Différence entre décharge sauvage et CET

Selon la responsable de l'administration du CET Mme Boultache (Communication personnelle, 2021), il existe des différences entre la décharge sauvage et le CET; elles sont résumées dans le tableau 4.

Tableau 4: Comparaison entre la décharge sauvage et le CET.

Décharge sauvage	CET
La décharge brute ne dispose d'aucune barrière permettant de protéger les populations.	Le CET est bien clôturé et situé sur un terrain isolé des populations.
Les déchets sont mélangés et ne peuvent être valorisés.	Les déchets d'un CET sont triés (papier, verre, plastique, métal.....). Une grande partie peut être recyclée et valorisée.
Les déchets sont rejetés dans la nature sans subir aucun traitement.	Les déchets subissent des traitements spécifiques pour chaque type.
La décharge sauvage dégrade les terres agricoles.	Le CET revalorise la terre en permettant le développement d'une végétation après sa fermeture.

Risque d'incendie à cause des biogaz.	Les biogaz sont valorisés en sources d'énergie.
Les eaux de surface transportant les métaux et les substances dangereuses peuvent s'enfoncer dans les profondeurs et contaminer les nappes phréatiques.	Le CET possède une géomembrane permettant d'éviter tout risque de contamination du sous-sol et des nappes phréatiques.
Aucun avantage financier.	Création d'emploi et gain financier.

III. Généralités sur les déchets

Le législateur, par la loi du 15 juillet 1975, définit le déchet comme « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériaux, produit ou, plus généralement, tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon ». Cette loi limite la définition aux déchets présentant « des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune » (Damien, 2004).

III.1. Classification des déchets

❖ Selon leurs sources

Nous présentons la classification de Koller (2004) :

- **Déchets ménagers et assimilés**

Tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités humaines (les activités domestiques des ménages, des commerces, des artisans, des bureaux, des industriels...).

- **Déchets agricoles et d'activités agricoles**

Tous les déchets issus de l'élevage, des cultures et de l'industrie agro-alimentaire sont des déchets agricoles.

- **Déchets industriels**

Les déchets industriels sont produits par les activités industrielles. Ils sont classés selon leurs caractères plus ou moins polluants en trois grandes catégories (Figure 2).

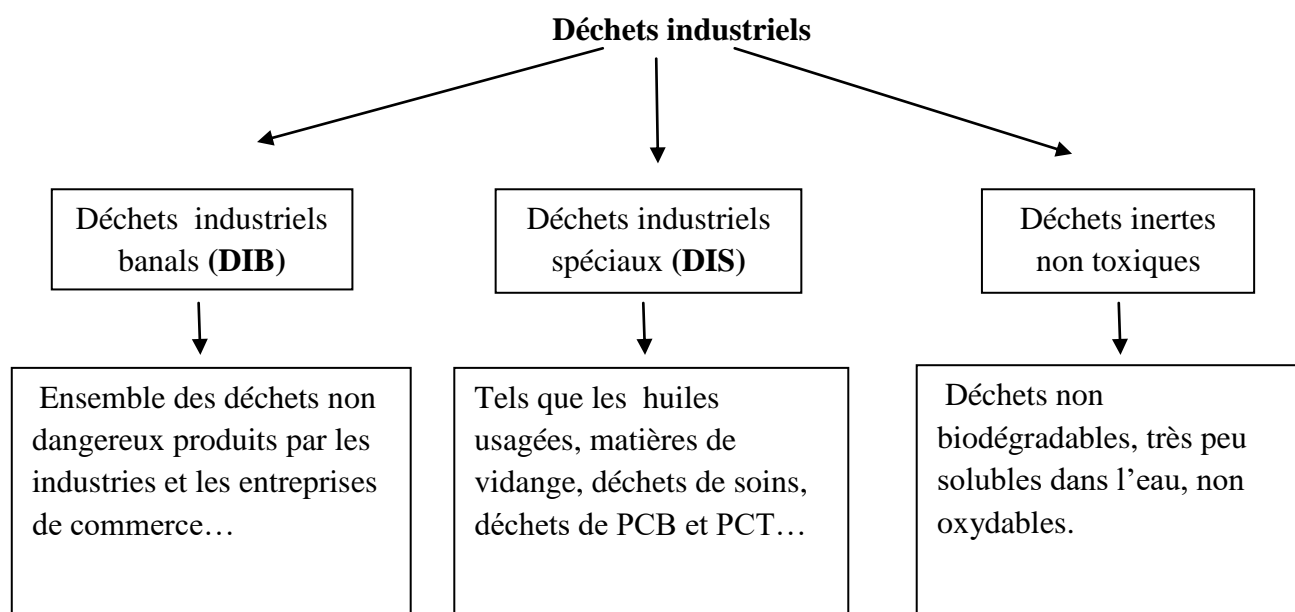


Figure 2 : Classification et caractérisation des déchets industriels.

❖ **Selon leur potentiel polluants et leur toxicité**

D'après Desachy (2001), trois grandes catégories de déchets sont distinguées selon leur toxicité:

- ✓ Les déchets dangereux des ménages.
- ✓ Les déchets des activités de soin et assimilés à risque ;
- ✓ Les déchets industriels dangereux qui regroupent tous les autres déchets dangereux de l'industrie ou de l'agriculture, du commerce et de l'artisanat, des services, des administrations et toutes les autres activités.

Chapitre II

Matériels et Méthodes

Dans ce chapitre nous allons nous intéresser à la situation géographique des régions d'étude (CET de Oued Falli et la décharge sauvage de DEM) ainsi que le matériel et les méthodes adoptées sur le terrain et au laboratoire de pathologie des écosystèmes du département de biologie et de l'INRF de Bâinem. Ensuite, nous passerons en revue les techniques d'exploitation des résultats par des indices écologiques et des méthodes statistiques.

I. Présentation générale des stations d'étude

I.1. Centre d'enfouissement technique de Oued Falli

I.1.1. Création

Le CET de Oued Falli a été créé le 08 novembre 2008 par arrêté interministériel. Sa création est dans le cadre du programme national de la gestion des déchets municipaux (PROGDEM) adopté par l'état (Lamraoui Tassadi, 2015).

I.1.2. Situation géographique de la station d'étude

Le centre d'enfouissement technique d'oued falli est localisé à la limite communale séparant DBK et Tirmatine. Le site est localisé au sud-ouest du centre de la ville de Tizi-Ouzou, au lieu dit Tadjouint. Il s'étend sur une superficie de 20ha selon le rapport des domaines. Selon le plan cadastral, le site occupe la section 11 de DBK qui englobe pratiquement les îlots n°16, 4,5 et 6 (Belkacem et Guechoud, 2016). Ils sont délimités :

- ✓ A l'est par l'îlot n°16, section 11 du plan cadastral.
- ✓ A l'ouest par l'îlot n°4, section 11 du plan cadastral.
- ✓ Au nord, par une piste agricole.
- ✓ Au sud par l'îlot n°5, section 11 du plan cadastral (Figure 3).



Figure 3: Vue satellite du Centre d'enfouissement technique de Oued Falli (Google earth, 2021).

I.1.3. Caractéristiques climatologiques

Le climat de la région est de type méditerranéen, tempéré, assez frais et pluvieux en hiver, chaud et sec en été.

La station météorologique de l'ONM de Boukhalfa enregistre régulièrement les paramètres climatologiques ; Ses coordonnées sont :

- ✓ Latitude Nord 36°42.
- ✓ Longitude 4°03.
- ✓ Altitude 188m.

I.1.4. Caractéristiques du sol

On trouve des formations calcaires surtout dans la partie sud de la région qui présente une richesse pour l'industrie, des granulats et roches massives ; tandis que les formations marneuses et argileuses occupent toutes la centrale de la wilaya, allant de la dépression de Draa Ben Khedda, Tizi-Ouzou jusqu'à Freha-Azazga (Belkacem et Guechoud, 2016).

I.2. Décharge sauvage de Draa El Mizan

I.2.1. Situation géographique

La région d'étude est située à 42 km au sud-ouest de Tizi-ouzou et à 110 km au sud-ouest d'Alger, dans la région de la grande kabylie. Elle est limitée au Nord par la région d'Ait Yahia Moussa, à l'est par Ain Zaouia, au sud par Aomar (région de la wilaya de Bouira) et à l'ouest par Tizi Ghenif. La figure 04 représente la localisation de la région d'étude.



Figure 4: Situation géographique de la commune de Draa El Mizan dans la wilaya de Tizi-Ouzou (Googel Earth, 2021).

I.2.2. Caractéristiques climatologiques

Le climat de la région de Draa El Mizan est un climat à la fois méditerranéen tempéré et montagnard, avec deux saisons, un hiver froid et humide et un été chaud et sec (Hammouche et Ait Aider, 2020).

Ses coordonnées géographiques sont :

- ✓ Latitude : 36°32'10''N.
- ✓ Longitude : 3°50'00''E.
- ✓ Altitude : 300 m.

I.2.3. Feu naturel ou criminel

Au cours des dernières décennies, le feu dû à la foudre ou allumé par l'homme contribue chaque année, dans la montagne de Draa El Mizan, à la destruction des forêts et à l'appauvrissement de la faune, en particulier l'entomofaune terrestre. Le feu est un agent perturbateur qui interrompt ou change l'évolution des communautés végétales et animales.

I.2.4. Type du sol

L'aspect pédologique influe sur la répartition de la faune dans les différents types de sols. Khidas (1997), signale que le long de la zone côtière jusqu'à l'extrémité orientale de la grande Kabylie, un très large effleurement s'étend, formé principalement d'argiles schisteuses dans lesquelles s'intercalent surtout des grès quartzeux ou quartzites (Hammouche et Ait Aider, 2020).

II. Matériel et Méthodes**II.1. Matériel**

Le tableau 5 représente le matériel utilisé sur le terrain et au laboratoire.

Tableau 5 : Matériel utilisé sur le terrain et au laboratoire.

Matériel utilisé sur le terrain	Matériel utilisé au laboratoire
<ul style="list-style-type: none"> -Quadra en bois, de 50×50 cm pour le prélèvement de la végétation. -Quadra en fer, de 25cm de côté et de 10cm d'épaisseur pour délimiter la surface de prélèvement. -Pioche en fer pour creuser le sol. -Une truelle. -Une règle en plastique graduée. -De grands sacs en plastique pour transporter les échantillons. -Des bassines pour mélanger le sol. -Un appareil photo. -Des étiquettes. -Un marqueur pour marquer les échantillons. 	<ul style="list-style-type: none"> -Des gants. -Des bavettes. -Des flacons en plastique. -Des épindorffes. -Des pinces entomologiques. -Ethanol à 75% pour fixer les individus récoltés. -Tamis à 2mm de diamètre. -Une balance. -Appareil de Berlèse modifié. -Loupe binoculaire.

II.2. Méthode d'échantillonnage

II.2.1. Condition de l'échantillonnage

Pour avoir des échantillons représentatifs, les prélèvements ont été faits durant des journées sèches pour éviter les creux d'eau émanant des précipitations qui risquent de fausser les résultats.

Les prélèvements du sol au niveau de la décharge contrôlée (Centre d'enfouissement technique d'Oued Falli) de Tizi Ouzou et les prélèvements du sol au niveau de la décharge brute (décharge sauvage) de Draa El Mizane, ont été faits durant le mois d'avril 2021.

II.2.2. Dispositif expérimental

L'échantillonnage du sol est réalisé sur un transect avec trois échantillons pour chaque décharge selon le gradient de pollution. Nous avons effectué trois prélèvements au niveau de chaque décharge (Figures 5 et 6).

L'objectif de cette étude est de démontrer l'impact de la pollution du sol sur la faune, la flore et les propriétés physico-chimiques du sol.

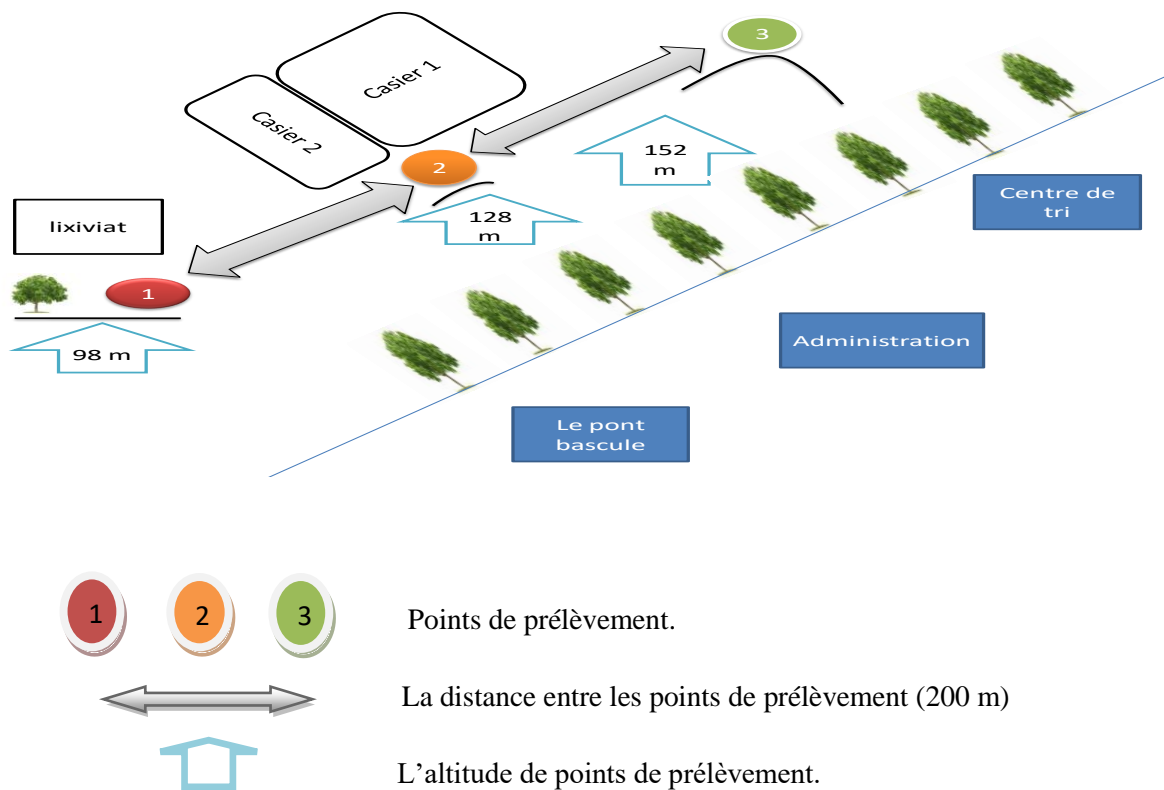


Figure 5: Schéma représentatif de la méthode d'échantillonnage au niveau du CET d'Oued Falli Tizi Ouzou (Originale, 2021).

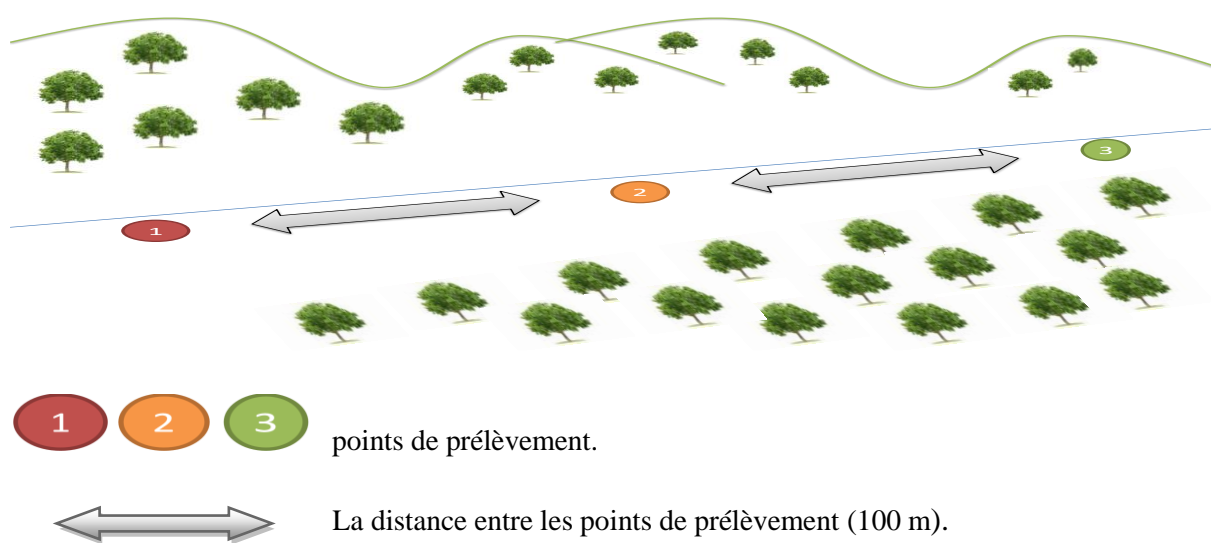


Figure 6: Schéma représentatif de la méthode d'échantillonnage au niveau de la décharge sauvage réaménagée de Draa El Mizan.

II.2.3. Méthode d'échantillonnage

II.2.3.1. Echantillonnage de la flore

La récolte de la flore consiste à utiliser un quadra en bois de 50*50 cm et de ramasser toutes les espèces végétales délimitées par ce dernier, puis les dénombrer et les étiqueter sur le terrain avant de les transporter dans des bouteilles remplies d'eau afin de garder leurs structures morphologiques (Figure 7).

L'identification réalisée est confirmés par Mr Asla et Mme Smail, enseignants chercheurs à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.



Figure 7 : Echantillonnage de la flore (Originale, 2021).

II.2.3.2. Analyses du sol

Dans le but de réaliser l'analyse pédologique, nous avons procédé au prélèvement du sol au niveau des stations d'étude (CET d'Oued Falli et la décharge réaménagée de DEM) à une profondeur de 20 cm (Figure 9). Le sol prélevé est étalé sur du papier pour le sécher à l'air libre, puis broyé avant de le tamiser à travers un tamis à maille de 2 mm de diamètre.

Une fois ces étapes achevées, nous avons procédé aux différentes analyses physico-chimiques. Celles-ci sont réalisées au laboratoire de l'Institut National de la Recherche Forestière (INRF) de BAINEM. Les analyses réalisées concernent le pH, le calcaire total, la conductivité électrique et la matière organique.



Figure 8 : Echantillonnage du sol pour les analyses physico-chimiques (Originale, 2021).

Le tableau 6 résume le protocole de quelques analyses physico-chimiques du sol.

Tableau 6 : Protocoles de quelques analyses physico-chimiques du sol.

Analyse physico-chimique	Protocole expérimental
pH	La méthode de mesure du pH consiste à mélanger le sol avec de l'eau distillée (20g /50ml) et procéder à une agitation de la solution puis à une lecture avec un pH-mètre.
CE	Pour déterminer la CE d'un sol, nous mélangeons du sol sec avec de l'eau distillée (20g/100ml). Après agitation, la solution est filtrée et la mesure de la CE se fait par un conductimètre sur le filtrat obtenu.
Humidité hygroscopique	Peser 10g du sol puis les mettre à l'étuve à 105°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant, généralement après 24h.
Calcaire total (%)	Le dosage de CaCO ₃ total (%) est réalisé par la méthode volumétrique à l'aide d'un calcimètre de Bernard, en décomposant les carbonates de calcium par l'acide chlorhydrique et en mesurant le volume du CO ₂ dégagé.
Carbone total	Le carbone organique est déterminé par la méthode de Anne (méthode à chaud). Cette dernière consiste à oxyder le carbone par une solution de bichromate de potassium. Le dosage est réalisé sur la quantité de bichromate qui ne réagit pas au sulfate ferreux. Ce dosage permet donc de calculer la quantité de bichromate neutralisé par le carbone organique.

Azote total	La détermination de l'azote total par la méthode de Kjeldahl s'effectue par la minéralisation de l'échantillon en milieu acide (la matière organique azotée se retrouve sous la forme de sel d'ammonium). Après la distillation de l'ammonium en ammoniac en milieu alcalin, nous effectuons le dosage du NH_4OH (l'ammoniac) condensé.
--------------------	---

II.2.3.3. Echantillonnage de la faune

L'échantillonnage a été réalisé le long d'un transect comprenant trois échantillons avec trois niveaux de prélèvements successifs (de 0 à 10 cm, 10 à 20 cm et de 20 à 30 cm de profondeur). Une fois la litière enlevée, le quadra est enfoncé dans le point de prélèvement puis le sol est récupéré (figure 10). Chaque échantillon doit être étiqueté et transporté au laboratoire dans des sacs en plastique.



Figure 9: Quadra de 25*25cm de côté et de 10cm d'épaisseur enfoncé dans le sol (Originale, 2021).

II.2.3.3.1. Méthodes d'extraction

Au laboratoire, l'extraction de la pédofaune est faite à l'aide de l'extracteur de Berlese-Tullgren (Figure 11). Celui-ci dispose d'un entonnoir placé sur un support stable et un panier de grillage dont le diamètre des mailles est de 1 mm. Ce dernier reçoit l'échantillon du sol qui est chauffé par une ampoule électrique placée au-dessus. Cette méthode permet de récolter les microarthropodes (Acaries, collemboles, et autres larves de petits insectes...). Les petits organismes s'enfoncent dans le prélèvement, traversent le tamis et glissent sur les pentes de l'entonnoir qui les conduisent à un flacon collecteur, rempli à moitié d'alcool à 75% que nous avons placé sous l'entonnoir.



Figure 10 : Appareil de Berlèse Tullgren simplifié (Originale, 2021)

II.2.3.3.2.Tri et dénombrement

Les individus extraits d'un échantillon sont mis dans une boîte de Pétri pour entamer le tri et séparer chaque groupe faunistique tout seul, à l'aide d'une pince. La pédofaune visible à l'œil nu est facilement reconnaissable, alors que les microarthropodes sont reconnus à la loupe binoculaire au grossissement suffisant pour pouvoir les différencier en collemboles, acariens, araignées, pseudo-scorpions, en larves et adultes pour les petits insectes. Une fois la séparation faite, nous procédons au comptage des individus de chaque échantillon.

II.2.3.3.3.Détermination (Identification)

C'est une étape de classement, de rassemblement et de dénombrement des individus de chaque groupe faunistique.

Notre identification est orientée par des clés d'identification et des outils de détermination basés sur les caractères morphologiques du corps parmi lesquelles, nous citons :

- ✓ La clé de détermination de Molinatti, Urgelli et Charron, mise en forme par Marciniak.
- ✓ La clé des ordres et familles des collemboles selon Jordana et Arbea, 1989 traduite de l'espagnol par Hamra-Kroua (2005).

II.2.4. Analyses écologiques

II.2.4.1. Abondance totale

Elle représente le rapport du nombre d'individus du taxon considéré sur le nombre total des individus. Elle est exprimée par la formule suivante :

$$P_i = n_i / N$$

Pi : nombre d'individus de l'espèce i.

ni : nombre d'individus du taxon.

N : nombre totale des individus.

II.2.4.2. Richesse spécifique

Elle représente le nombre de taxons présents dans chaque prélèvement. C'est l'un des paramètres fondamentaux qui caractérise un peuplement (Ramade, 1994).

II.2.4.3. Indice de Shannon-Weaver (H')

Selon Dajoz (1985), H' permet d'évaluer la diversité faunistique d'un milieu donné et de comparer les faunes de différents milieux malgré la variation du nombre d'individus récoltés. Il est exprimé en bits par la formule suivante:

$$H' = -\sum (P_i \log_2 P_i)$$

- ✓ I : espèce du milieu d'étude.
- ✓ Pi : proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces dans le milieu d'étude. Elle se calcule par la formule suivante:

$$P_i = n_i / N$$

Une communauté est d'autant plus diversifiée que l'indice de Shannon Weaver (H') sera plus grand.

II.2.4.4. Indice d'équitabilité

L'indice d'équitabilité est le rapport entre la diversité observée H' et la diversité maximale H' max (Blondel, 1979). Il est donné par la formule suivante:

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

- ✓ H' max = $\log_2 S$, où S est la richesse totale.

II.2.5. Analyse statistique

Afin d'évaluer l'impact de la pollution par les déchets sur la biodiversité (flore et pédofaune) et les paramètres physico-chimiques du sol, nous avons opté pour des analyses statistiques appropriés à notre thème d'étude, réalisé par le logiciel «R».

II.2.5.1. Analyse en composantes principales (ACP)

Proposé par Robert en 1989, c'est une méthode essentiellement descriptive des données quantitative, qui permet de représenter, sous forme graphique, le maximum d'informations contenues dans un tableau de données.

L'utilisation de cette méthode permet de mettre en évidence l'impact de la pollution sur les paramètres physico-chimiques.

II.2.5.2. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

Méthode répandue en Ecologie et utilisée pour traiter des données qualitatives nombreuses (Bonin et Tatoni, 1990).

Elle nous permet de montrer l'influence de la pollution sur les groupes faunistiques et floristiques étudiés dans les régions d'étude appropriées en mettant en évidence les espèces dominantes de chaque groupe.

Chapitre III

Résultats et discussion

I. Résultats

I.1. Résultats de l'analyse de la flore

I.1.1. Composition floristique globale

L'inventaire floristique que nous avons effectué dans la décharge contrôlée (CET) et la décharge sauvage réaménagée de DEM est représenté dans les tableaux 7 et 8.

❖ Dans la décharge contrôlée (CET) (D1)

Le tableau 07 représente une liste globale de l'ensemble des espèces végétales recensées dans la décharge contrôlée (CET) pour chaque point d'échantillonnage (E1, E2, E3). Ceci nous a permis de récolter au total 9 espèces dont *Avena sterilis* est l'espèce la mieux représentée dans le site d'étude.

Tableau 07: Abondance totale des espèces végétales de la décharge contrôlée (CET).

Espèce	D1E1	D1E2	D1E3	
<i>Sonchus asper</i>	3	0	1	
<i>Anagalis arvensis</i>	0	1	7	
<i>Avena sterilis</i>	20	36	56	E1 : Echantillon 1 (le plus proche de la source de pollution).
<i>Anethum graveolens</i>	9	0	11	
<i>Bartsia trixago</i>	0	0	11	E2 : Echantillon 2.
<i>Hedysarum flexuosum</i>	0	0	15	E3 : Echantillon 3 (loin de la source de pollution).
<i>Sinapis arvensis</i>	11	10	7	
<i>Cerinth major</i>	0	10	0	
<i>Silybum marianum</i>	5	0	0	
Abondance totale	48	57	108	
Nombre d'espèce	5	4	7	

Au cours de notre échantillonnage au niveau du CET, nous avons récolté un effectif total de 213 individus. Nous notons une différence remarquable dans la répartition des divers groupes floristiques recensés dans le CET entre les zones d'échantillonnage (E1, E2, E3) (Tableau 7).

Nous signalons la dominance de *Avena sterilis* dans les trois zones d'échantillonnage (E1=20 individus, E2=36 individus, E3=56 individus), suivie par *Sinapis arvensis* (E1=11 individus, E2=10individus, E3=7 individus).

Anethum graveolens apparait dans les deux zones d'échantillonnage (E1=9 individus, E3=11 individus), suivie par *Sonchus asper* (E1= 3individus et E3=1 individus).

D'autres espèces telles que *Anagalis arvensis*, *Bartsia trixago*, *Hedysarum flexuosum* et *Cerithe major*, sont totalement absentes au niveau de la zone d'échantillonnage E1 la plus proche du lixiviat (source de pollution). Par contre *Silybum marianum* est la seule espèce présente dans la zone d'échantillonnage E1 (la plus polluée).

❖ Dans la décharge sauvage réaménagée de DEM (D2)

Le tableau 8 représente une liste globale de l'ensemble des groupes floristiques recensés dans la décharge sauvage réaménagée de DEM pour chaque zone d'échantillonnage (E1, E2, E3) suivant un gradient de pollution. Ceci nous a permis de récolter 11 espèces dont *Sinapis arvensis* est la mieux représentée dans les 3 zones d'échantillonnage.

Tableau 8: Abondance totale des espèces végétales de la décharge sauvage réaménagée de DEM.

Espèce	D2E1	D2E2	D2E3	
<i>Anagalis arvensis</i>	0	0	10	
<i>Bartsia trixago</i>	0	0	3	
<i>Sinapis arvensis</i>	2	4	3	
<i>Silybum marianum</i>	7	0	0	E1 : premier échantillon (proche de la source de pollution).
<i>Plantago lanceolata</i>	0	0	4	
<i>Coleostephus myconis</i>	0	0	8	E2 : Deuxième échantillon.
<i>Tripleurospermum perforatum</i>	0	2	2	E3 : troisième échantillon (loin de la source de pollution).
<i>Trifolium repens</i>	0	0	15	
<i>Linum companulatum</i>	0	3	16	
<i>Galactites domestica</i>	7	7	0	
<i>Erodium cicutarum</i>	0	10	0	
Abondance totale	16	26	61	
Nombre d'espèce	3	5	8	

D'après le tableau 8, nous observons une différence remarquable dans la répartition de la diversité végétale recensée dans la décharge sauvage réaménagée de DEM entre les zones d'échantillonnage (E1, E2, E3) selon un gradient de pollution.

Nous remarquons la dominance de *Sinapis arvensis* dans les trois zones d'échantillonnage (E1=2 individus, E2=4 individus, E3=3 individus).

D'autres espèces telles que *Linum companulatum*, *Trifolium repens*, *Anagalis arvensis*, *Coleostephus myconis*, *Plantago lanceolata*, *Bartsia trixago* et *Tripleurospermum perforatum*, sont des espèces totalement absentes au niveau de la première zone d'échantillonnage (E1). Par ailleurs, *Galactites domestica* et *Silybum marianum* sont absentes au niveau de la zone d'échantillonnage E3 (échantillon du sol le moins pollué).

I.1.2. Analyse écologique de la flore

I.1.2.1. Abondance totale

L'abondance totale qui représente le nombre total d'espèces de plantes inventoriées dans la décharge contrôlée du CET (D1E1, D1E2, D1E3) et celle de la décharge sauvage réaménagée de DEM (D2E1, D2E2, D2E3) est mentionnée dans les figures 11 et 12.

❖ Dans la décharge contrôlée (CET) (D1)

A partir de la figure 11, nous notons qu'au niveau de l'échantillon D1E3 (le moins pollué du CET), le nombre d'individus est très élevé avec une valeur de 108 individus par rapport aux échantillons D1E2 et D1E1 où le nombre d'individus est presque similaire avec 57 individus au niveau de D1E2 et 48 individus au niveau de l'échantillon D1E1, le plus pollué.

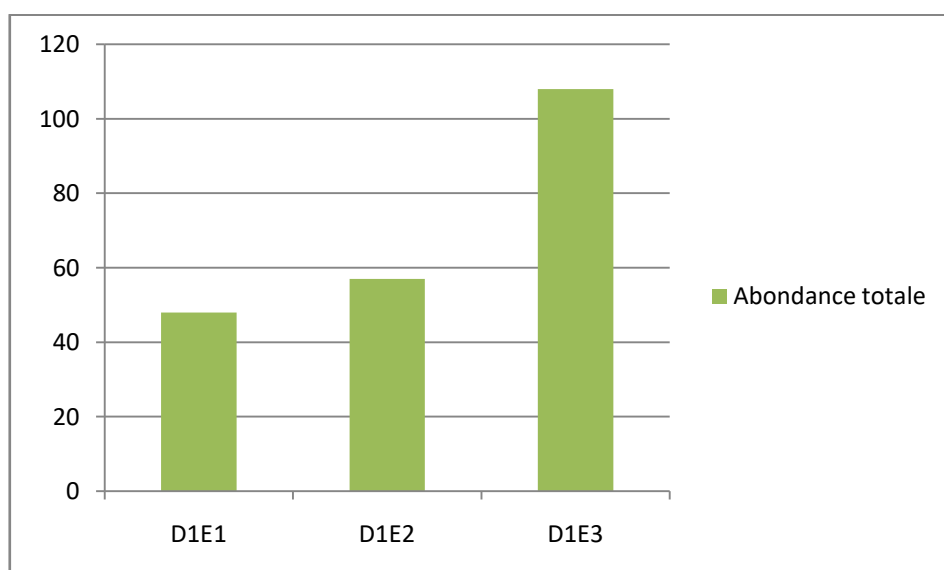


Figure 11 : Abondance totale de la flore récoltée au niveau de la décharge contrôlée du CET.

❖ Dans la décharge réaménagée de DEM (D2)

D'après la figure 12, nous remarquons que le nombre d'individus est très important au niveau de l'échantillon D2E3 de la décharge de DEM avec une valeur de 61 individus. L'échantillon D2E1 est celui qui renferme le moins d'individus (16 individus).

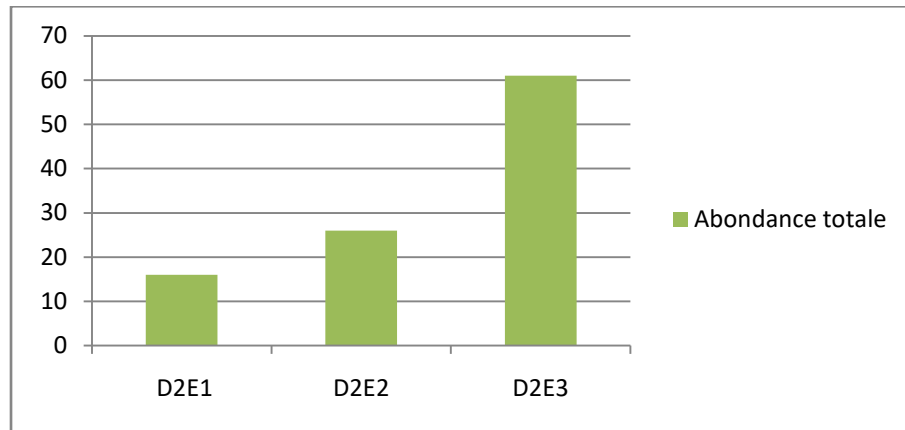


Figure 12: Abondance totale de la flore récoltée au niveau de la décharge sauvage réaménagée de DEM.

I.1.2.2. Richesse Spécifique (S)

❖ Dans la décharge contrôlée (CET) (D1)

A partir de la figure 13, nous signalons que le nombre d'espèces le plus important est enregistré au sein de l'échantillon D1E3 le moins pollué, avec 7 espèces. Les échantillons D1E1 et D1E2 présentent un nombre d'espèce faible et assez proche qui est de 4 espèces au niveau de D1E2 et 5 espèces au niveau de D1E1. Nous remarquons que le nombre d'espèces diminue au fur et à mesure qu'on s'approche de la source de pollution.

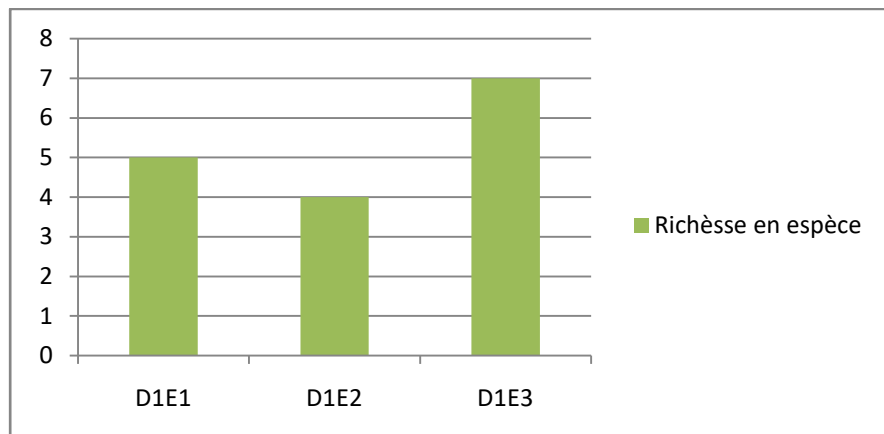


Figure 13 : Nombre d'espèce de la flore recensée au niveau de la décharge contrôlée (CET).

❖ Dans la décharge réaménagée de DEM (D2)

D'après la figure 14, nous remarquons que le nombre d'espèces est très élevé au niveau de l'échantillon D2E3 (le moins pollué) avec 8 espèces. Par contre, les échantillons D2E1 et D2E2 présentent une faible richesse en espèce estimée à 3 espèces au sein de l'échantillon D2E1 et 5 espèces au niveau de l'échantillon D2E2.

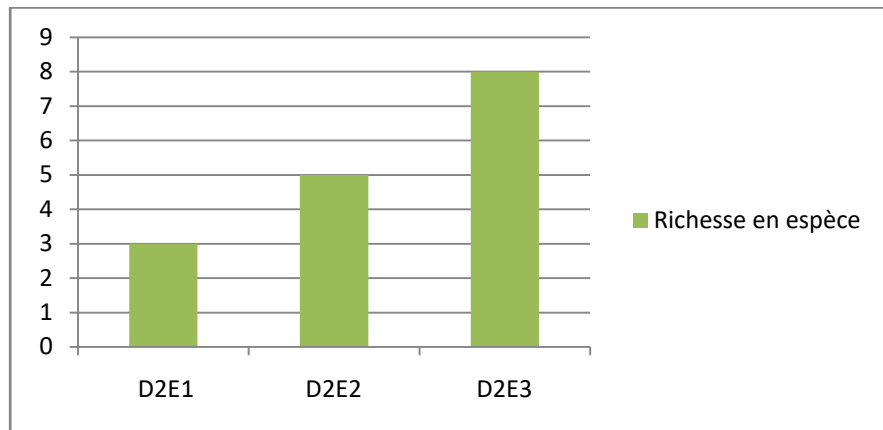


Figure 14 : Nombre d'espèce de la flore recensée au niveau de la décharge sauvage réaménagée de DEM.

I.1.2.3. Indice de Shannon-Weaver (H')

❖ Dans la décharge contrôlée (CET) (D1)

Il ressort de la figure 15 que l'indice de Shannon (H') est variable, avec un maximum de 2.13 au niveau de D1E3 et un minimum de 1.4 au niveau de D1E2. Les valeurs les plus élevées de cet indice de diversité sont enregistrés au niveau de la zone moins polluées.

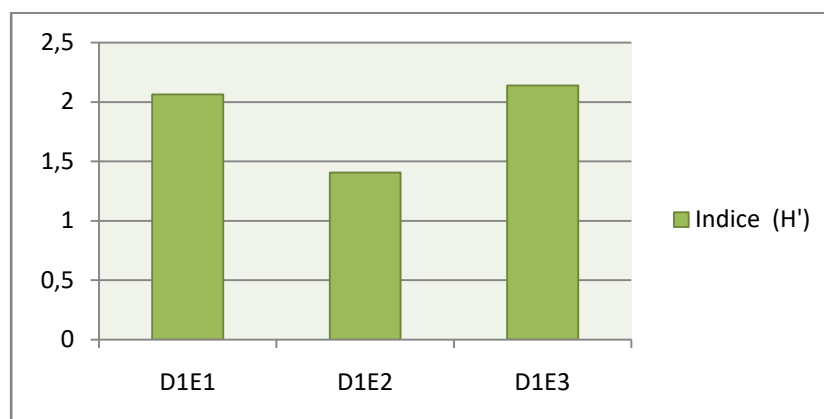


Figure 15 : Valeurs de l'indice de Shannon-Weaver dans la décharge contrôlée du CET.

❖ Dans la décharge réaménagée de DEM (D2)

D'après la figure 16, nous signalons que la valeur maximale de l'indice de Shannon (H') est enregistrée au sein de D2E3 avec une valeur de 2.67 et la valeur minimale est celle de D2E1 de l'ordre de 1.42.

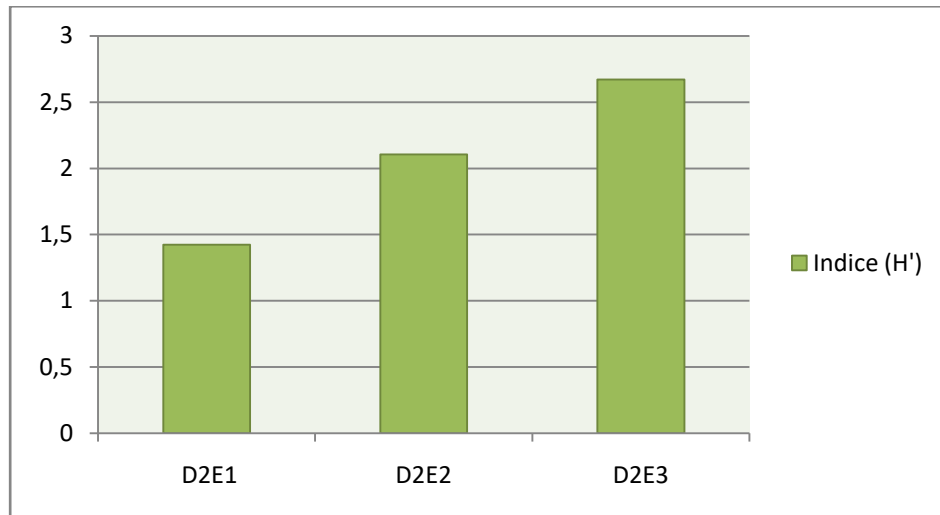


Figure 16 : Valeurs de l'indice de Shannon-Weaver dans la décharge sauvage réaménagée de DEM.

I.1.2.4. Indice d'équitabilité (J')**❖ Dans la décharge contrôlée (CET) (D1)**

A partir de la figure 17, nous constatons que les valeurs de l'indice d'équitabilité tendent toutes vers 1 ($D1E1=0.885$, $D1E2=0.701$, $D1E3=0.759$).

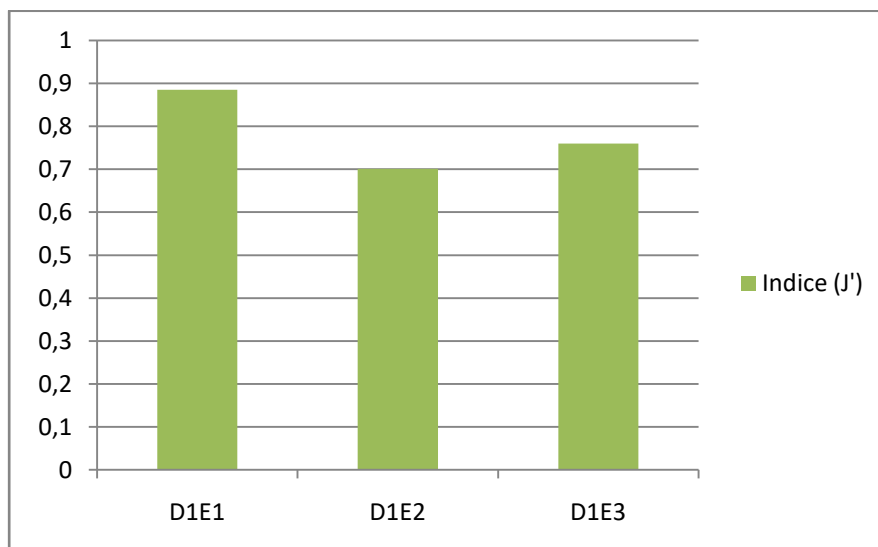


Figure 17 : Valeurs de l'indice d'équitabilité dans la décharge contrôlée du CET.

❖ Dans la décharge réaménagée de DEM (D2)

Il en est de même pour cette décharge ; les valeurs de l'indice d'équitabilité enregistrées tendent toutes vers 1 (D2E1=0.894, D2E2=0.904, D2E3=0.887) (Figure 21).

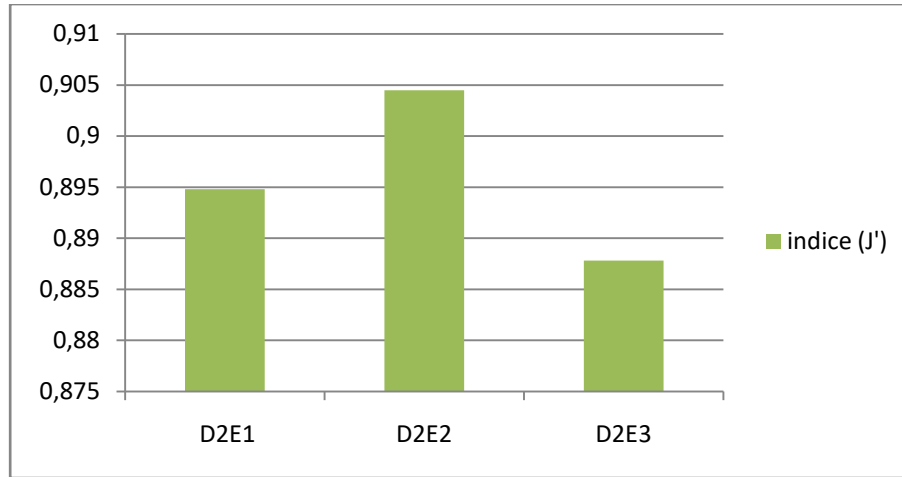


Figure 18: Valeurs de l'indice d'équitabilité dans la décharge sauvage réaménagée de DEM.

I.1.3. Résultat statistique de la flore

❖ Dans la décharge contrôlée (CET) (D1)

Dans l'AFC de la Figure 19, trois groupes sont à distinguer:

- ✓ L'échantillon D1E1 révèle la dominance de *Sinapis arvensis*, *Silybum marianum*, *Sonchus asper*, *Anethum graveolens*.
- ✓ L'échantillon D1E2 est caractérisé par la dominance de *Cerintho major*.
- ✓ L'échantillon D1E3 est caractérisé par la dominance des espèces *Avena sterilis*, *Hedysarum flexuosem*, *Bartsia trixago* et *Anagalis arvensis*.

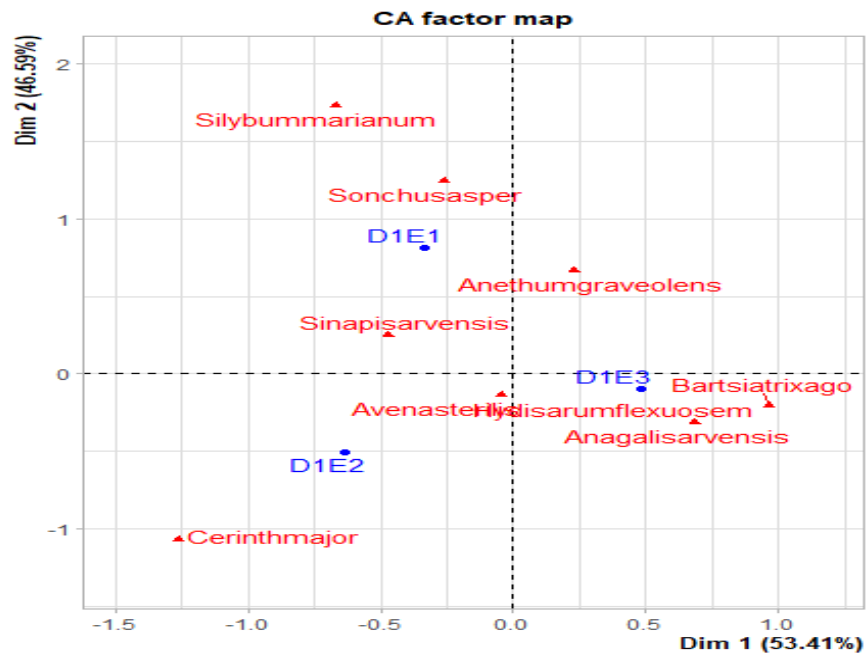


Figure 19 : Distribution des groupes floristiques de la décharge contrôlée (CET) sur un plan factoriel F1*F2.

❖ **Dans la décharge réaménagée de DEM (D2)**

Selon la figure 20, nous distinguons trois groupes :

- ✓ L'échantillon D2E1 est caractérisé par la dominance des espèces *Silybum marianum* et *Galactites domestica*.
- ✓ L'échantillon D2E2 est caractérisé par la dominance des espèces *Erodium cicutarium*, *Sinapis arvensis* et *Tripleurospermum perforatum*.
- ✓ L'échantillon D2E3 se caractérise par la dominance des espèces *Anagalis arvensis*, *Coleostephus myconis*, *Plantago lanceolata*, *Trifolium repens* et *Bartsia trixago*.

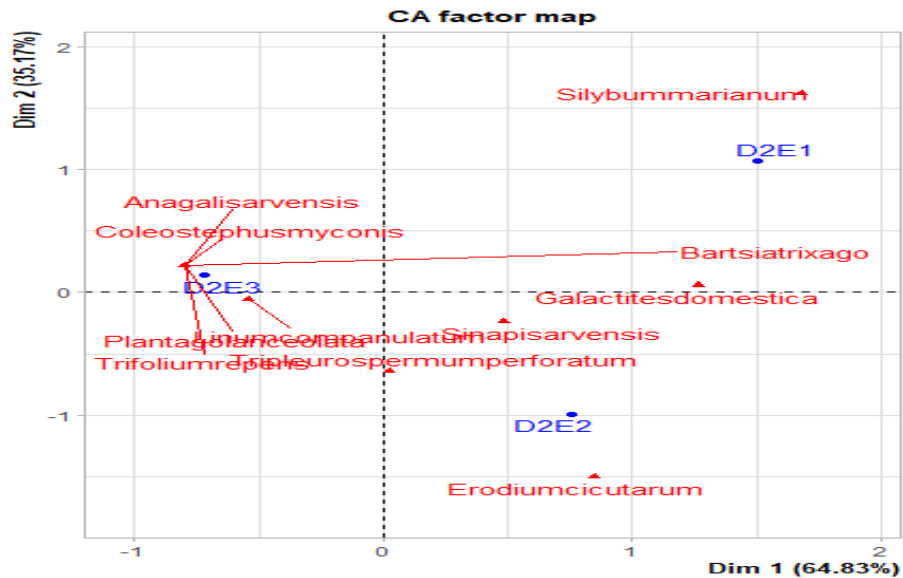


Figure 20: Distribution des groupes floristiques de la décharge sauvage réaménagée de DEM sur un plan factoriel F1*F2.

I.2. Résultats des analyses physico-chimiques

Lors du prélèvement des échantillons du sol (E1, E2, E3) des deux décharges, nous observons quelques caractéristiques telles que :

- La couleur des échantillons du sol varie selon le gradient de pollution avec une couleur marron dans l'échantillon E3 (moins pollué) et noire au niveau de l'échantillon E1 (le plus pollué) dans les deux décharges.

Les résultats des analyses physico-chimiques des deux décharges sont illustrés dans les tableaux 9 et 10.

❖ Dans la décharge contrôlée (CET) (D1)

Le tableau 9 représente les résultats des analyses physicochimiques de la décharge contrôlée du CET. Nous constatons que les échantillons du sol les moins pollués de cette décharge sont faiblement salés avec un pH alcalin. L'échantillon D1E2 a un taux très élevé en calcaire. L'humidité, quant à elle, est plus élevée dans les échantillons de sols les plus proches de la source de pollution (D1E1=7,603). Cependant, le taux de la matière organique est variable d'un échantillon à l'autre, et les taux les plus élevés sont enregistrés au niveau des sols les plus pollués. Nous notons également une valeur très élevée du Carbone total enregistrée au sein de D1E1. Il en est de même pour le rapport C/N qui présente la valeur la plus importante de 13% au niveau de l'échantillon D1E1.

Tableau 9 : Résultats des analyses physico-chimiques des sols de la décharge contrôlée du CET.

Echantillons du CET	N%	C%	C/N	Humidité%	CE dsm/cm	CaCO ₃ %	pH
D1E1	0,21	2,69	13	7,603	0,51	15,11	7,95
D1E2	0,35	1,73	5	2,836	0,73	18,32	7,8
D1E3	0,28	1,81	6	4,076	0,14	15,57	8,16

❖ Dans la décharge réaménagée de DEM (D2)

Le tableau 10 représente les valeurs physicochimiques de la décharge sauvage de DEM. Le pH du sol de cette décharge est alcalin. L'échantillon de sol D2E3 est faiblement salé avec une CE de l'ordre 0.06 dsm/cm et un très faible taux du calcaire. Cependant, le taux d'humidité et de la matière organique sont élevés au niveau de l'échantillon D2E1.

Tableau 10 : Résultats des analyses physico-chimiques des sols de la décharge sauvage réaménagée de DEM.

Echantillons de DEM	N%	C%	C/N	Humidité%	CE dsm/cm	CaCO ₃ %	pH
D2E1	0,25	1,50	6	1,887	2,12	11,45	7,6
D2E2	0,35	1,15	3	1,39	2,56	1,37	7,91
D2E3	0,18	0,69	4	1,658	0,06	0,00	7,79

I.2.1. Résultats de l'analyse statistique des paramètres physico-chimiques.

❖ Dans la décharge contrôlée du CET (D1)

Selon la figure 21, nous distinguons que :

- ✓ L'échantillon E3 est celui qui renferme les quantités les plus faibles en matière organique, pH, rapport C/N et Carbone total.
- ✓ E2 est le plus riche en calcaire, l'azote et la conductivité électrique.
- ✓ E1 est celui qui renferme les quantités les plus élevées en MO, C, C/N, humidité.

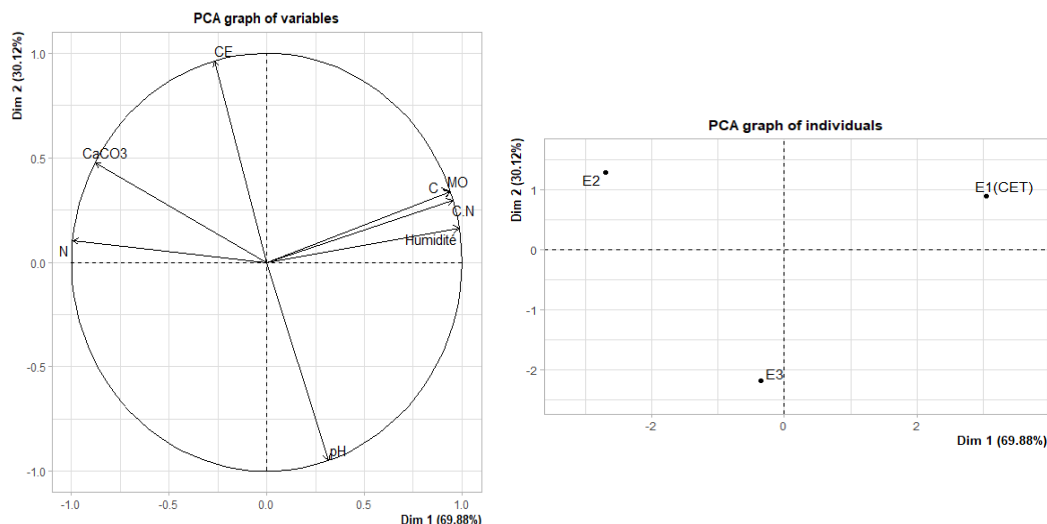


Figure 21: ACP représentative de la distribution des caractères édaphique dans la décharge contrôlé du CET.

❖ Dans la décharge réaménagée de DEM (D2)

Selon la figure 22, l'échantillon E1 est celui qui renferme les quantités les plus élevées en matière organique, en calcaire, en humidité, en C /N, en Azote, en carbone total et en conductivité électrique.

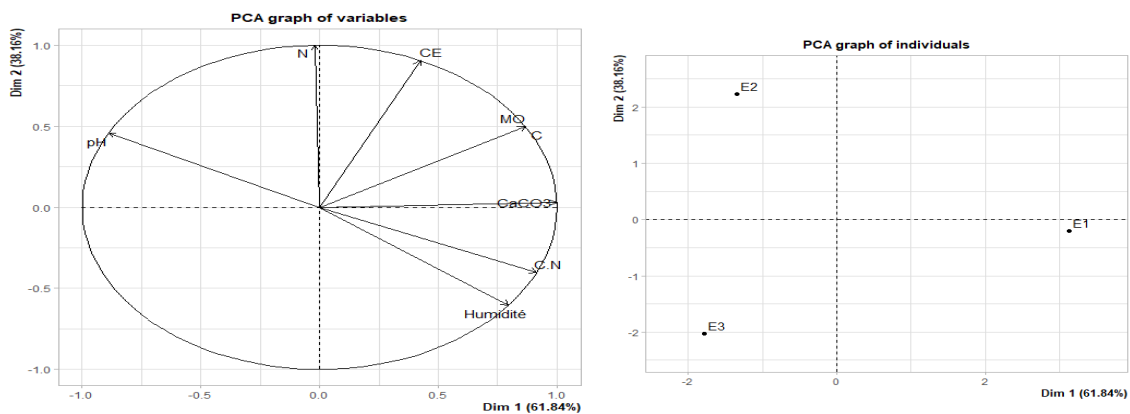


Figure 22 : ACP représentative de la distribution des caractères édaphique dans la décharge sauvage de DEM.

I.3. Résultats de l'analyse de la faune du sol

I.3.1. Composition faunistique globale

Les résultats de l'échantillonnage révèlent la présence d'un total de 23 ordres (tableau 11 et 12).

❖ Dans la décharge contrôlée du CET (D1)

Le tableau 11 représente une liste globale de l'ensemble des ordres de la pédofaune recensés dans la décharge contrôlée du CET. Les individus récoltés se répartissent sur 23 ordres. L'ordre des Hyménoptères de la classe des insectes est le mieux représenté dans cette décharge suivi par l'ordre des Oribatida de la classe des acariens.

Tableau 11 : Abondance des ordres identifiés dans la décharge contrôlée (CET).

Ordres	D1E1P1	D1E1P2	D1E1P3	D1E2P1	D1E2P2	D1E2P3	D1E3P1	D1E3P2	D1E3P3
Entomobryomorpe	0	0	0	8	2	0	0	0	0
Poduomorpe	1	0	0	7	8	4	2	0	1
Symphyle	1	0	0	3	2	2	1	1	2
Géophylomorpe	0	1	0	4	3	7	5	1	0
Scolopendromorpe	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Lithobiomo	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Pauropode	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Gasteropode	0	0	0	1	1	0	0	0	1
Hyménoptère	28	27	61	4	2	3	5	5	16
Coléoptère	1	1	1	4	6	5	0	1	1
Dermaptère	1	0	0	1	0	1	0	2	2
Diptère	0	1	0	1	0	1	0	0	1
Lepidoptère	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Mesostigmata	1	0	0	2	5	10	2	3	1
Ixodida	0	0	8	0	0	0	1	2	0
Oribatida	0	0	0	62	28	62	9	0	1
Endeostigmata	0	0	0	0	0	5	0	4	0
Astigmata	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Holothyrida	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Arachnide	0	0	0	1	3	3	1	0	2
Pseudoscorpion	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Dicellurata	0	0	0	3	1	2	1	1	3
Rhabtura	0	0	0	2	0	1	0	0	0
Abondance totale	33	30	70	103	62	110	29	20	33
Nombre d'ordre	6	4	3	14	12	15	11	9	13

D1E1P1 : Décharge1, Echantillon1, Profondeur1.

D'après le tableau 11, nous notons une différence marquée dans la répartition des divers groupes de pédofaune recensés dans la décharge contrôlée (CET). Nous signalons la dominance des Hyménoptères dans les trois zones d'échantillonnage et nous remarquons que la profondeur 3 est

marquée par un nombre d'individus plus élevé. L'ordre des Oribatida est important au niveau de la zone d'échantillonnage D1E2.

D'autres ordres tels que Entomobriomorphe, Scolopendromorphe, Pseudoscorpion, Astigmata, Rhabtura sont totalement absents au niveau de l'échantillon D1E3. Nous remarquons aussi que les Gastéropodes apparaissent au niveau de l'échantillon D1E2 puisque cette zone est riche en calcaire.

Les ordres Lithobiomorphes, Pauropodes, Lepidoptères et Holothyridas sont enregistrés uniquement au niveau de l'échantillon D1E3.

❖ Dans la décharge réaménagée de DEM (D2)

Le tableau 12 représente une liste globale de l'ensemble des ordres de la pédofaune recensés dans la décharge sauvage réaménagée de DEM. Les individus récoltés dans cette décharge se répartissent sur 17 ordres. L'ordre des Coléoptère est le mieux représenté suivi de celui des Hyménoptères qui appartiennent à la classe des insectes.

Tableau 12: Abondance des ordres identifiés dans la décharge sauvage réaménagée de DEM.

Ordres	D2E1P1	D2E1P2	D2E1P3	D2E2P1	D2E2P2	D2E2P3	D2E3P1	D2E3P2	D2E3P3
Entomobryomorphe	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Poduomorphe	3	0	1	1	1	0	0	0	1
Géophylomorphe	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Hyménoptère	1	1	0	0	1	2	13	12	4
Coléoptère	3	3	0	8	2	48	2	0	0
Dermaptère	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Diptère	0	0	0	0	1	2	2	4	3
Lepidoptère	0	0	0	0	1	1	0	1	0
Mesostigmata	0	0	0	1	7	0	0	0	1
Ixodida	1	0	0	0	0	3	0	0	0
Oribatida	2	0	0	1	0	1	2	0	2
Endeostigmata	1	0	1	0	0	1	2	2	0
Astigmata	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Holothyrida	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Arachnide	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Dicellurata	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Rhabtura	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Abondance totale	17	4	3	13	15	60	22	20	14
Nombre d'ordre	9	2	3	6	8	9	6	5	8

D2E1P1 : Décharge2, Echantillon1, Profondeur1.

D'après le tableau 12, nous remarquons une différence dans la répartition des divers groupes de pédofaune recensés dans la décharge sauvage réaménagée de DEM. Nous signalons la dominance des Hyménoptères suivi par l'ordre des coléoptères au niveau des trois zones d'échantillonnage.

Les ordres Entomobriomorpha, Géophylomorpha, Ixodida, Astigmata, Holothyrida et Rhabdura sont totalement absents au niveau de l'échantillon D2E3 (Le moins pollué) et les Arachnides sont présents uniquement au niveau de cette dernière.

I.3.2. Résultat des analyses écologiques de la faune

I.3.2.1. Abondance totale

❖ Dans la décharge contrôlée (CET) (D1)

A partir de la figure 23, nous constatons que l'abondance totale est très importante au niveau de la troisième profondeur pour chaque échantillon et elle est plus élevée dans l'échantillon D1E2 puisque ce dernier est prélevé juste à côté du deuxième casier dans le CET.

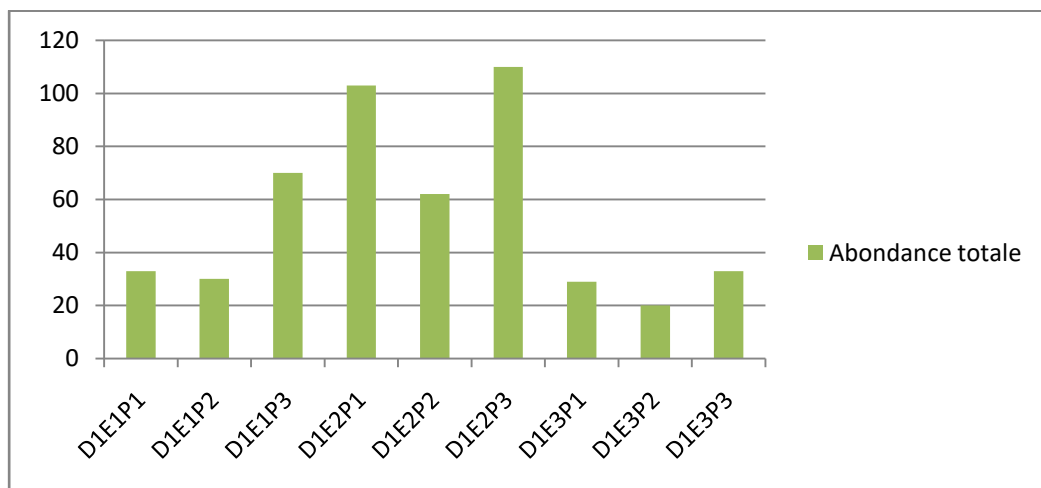


Figure 23: Abondance totale des différents ordres de la pédofaune recensée au niveau de la décharge contrôlée du CET.

❖ Dans la décharge réaménagée de DEM (D2)

D'après la figure 24, nous notons un nombre d'individus très élevé au niveau de l'échantillon D2E2P3 (60 individus) et un très faible nombre d'individus au niveau de l'échantillon D2E1P3 (3 individus).

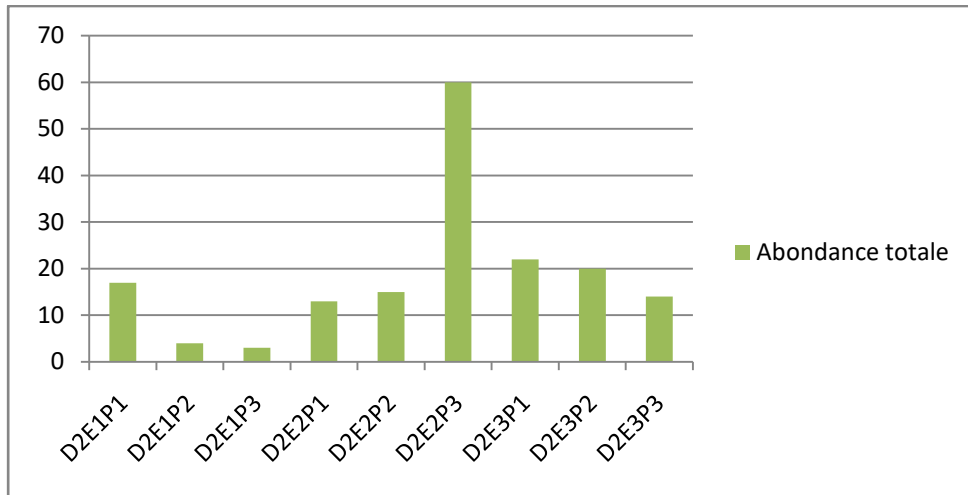


Figure 24: Abondance totale des différents ordres de la pédofaune au niveau de la décharge sauvage réaménagée de DEM.

I.3.2.2. Nombre d’ordres

❖ **Dans la décharge contrôlée (CET) (D1)**

A partir de la figure 25, nous constatons que le nombre d’ordres le plus important est enregistré au sein de l’échantillon D1E2P3 avec 15 ordres. Suivie par les échantillons D1E3P1 et D1E1P3 qui renferment 14 ordres chacun. L’échantillon qui est faiblement diversifié est celui de D1E1P3.

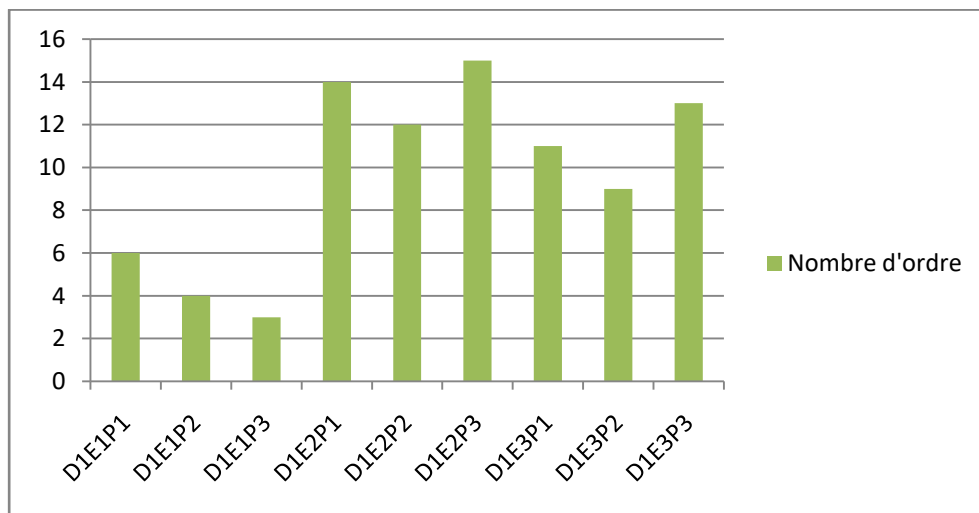


Figure 25 : Nombre d’ordres de pédofaune au niveau de la décharge contrôlée (CET).

❖ **Dans la décharge réaménagée de DEM (D2)**

Selon la figure 26, nous signalons que le nombre d’ordres le plus important est enregistré au niveau des échantillons D2E1P1 et D2E2P3 estimé à 9 ordres. Suivies par les échantillons D2E3P3 et

D2E2P2 qui sont similaires 8 ordres chacun. L'échantillon qui est faiblement diversifié est D2E1P2 représenté par seulement 2 ordres.

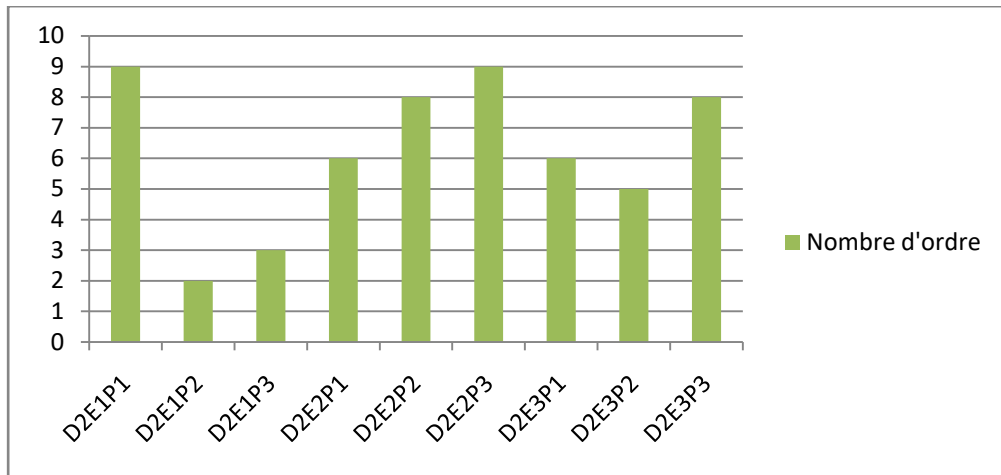


Figure 26 : Nombre d'ordres de pédofaune au niveau de la décharge sauvage réaménagée de DEM.

I.3.2.3. Indices de Shannon-Weaver (H')

❖ Dans la décharge contrôlée (CET) (D1)

Il ressort de la figure 27, que l'indice de Shannon (H') est variable selon les profondeurs et le gradient de pollution. Nous constatons que les valeurs maximales de cet indice sont enregistrées au sein des échantillons E3 (D1E3P1=2.945, D1E3P2=2.913, D1E3P3=2.787) et les plus faibles valeurs sont enregistrées aux seins des échantillons E1 (D1E1P1=0.968, D1E1P2=0.312, D1E1P3=0.620). Nous remarquons que les valeurs de cet indice sont élevées au niveau des premières profondeurs.

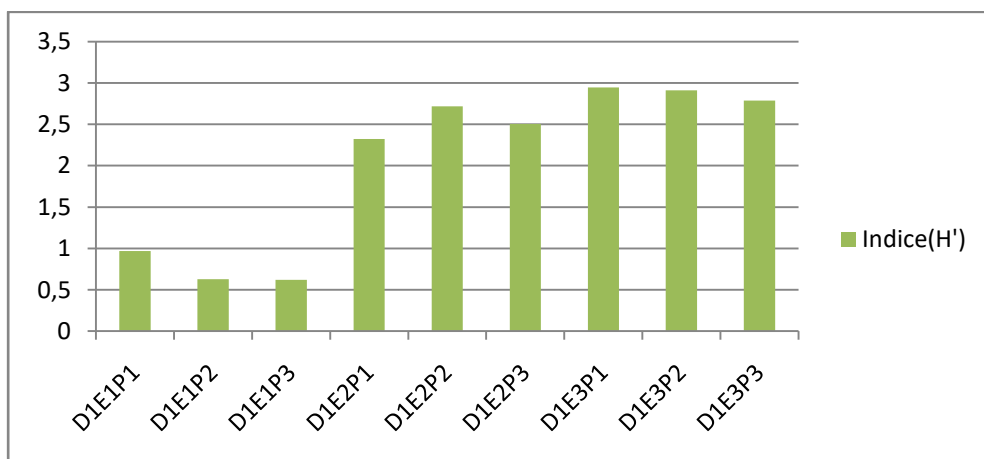


Figure 27: Valeurs de l'indice de Shannon-Weaver dans la décharge contrôlée du CET.

❖ Dans la décharge réaménagée de DEM (D2)

D’après la figure 28, les valeurs de l’indice de Shannon (H') enregistrées au sein de la zone non polluée E3 sont assez élevées ($D2E3P1=1.915$, $D2E3P2=1.676$, $D2E3P3=2.762$).

Au niveau de la zone polluée, cet indice est faible au sein de l’échantillon $D2E1P2$ ($H'=0.813$) et au niveau de $D2E1P3$ ($H'=1.59$), ce qui n’est pas le cas au niveau de $D2E1P1$ qui présente un indice de diversité plus important ($H'=3.023$).

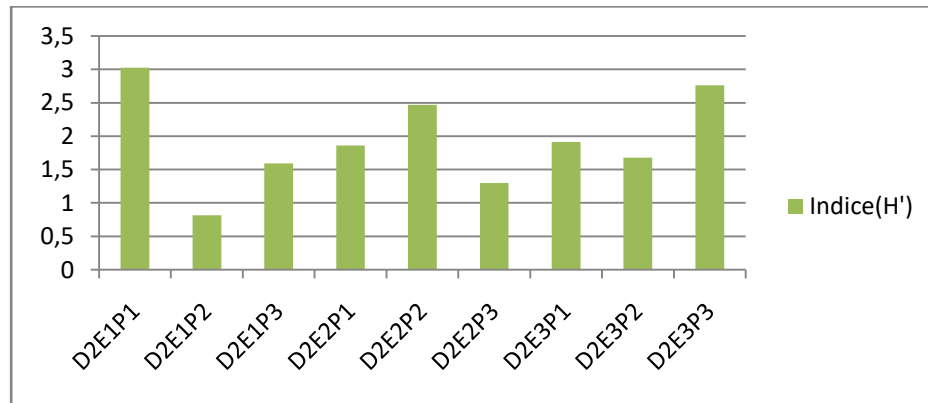


Figure 28: Valeurs de l’indice de Shannon-Weaver dans la décharge sauvage réaménagée de DEM.

I.3.2.4. Indice d’équitabilité

❖ Dans la décharge contrôlée (CET) (D1)

A partir de la figure 29, nous notons que les valeurs de l’indice d’équitabilité enregistrées au niveau des zones non polluées ($D1E3P1=0.848$, $D1E3P2=0.916$, $D1E3P3=0.750$) tendent vers 1. Au niveau de la zone polluée ($D1E1$), nous remarquons que cet indice tend, plutôt, vers 0. Surtout au niveau de $D1E1P2$ ($J'=0.313$).

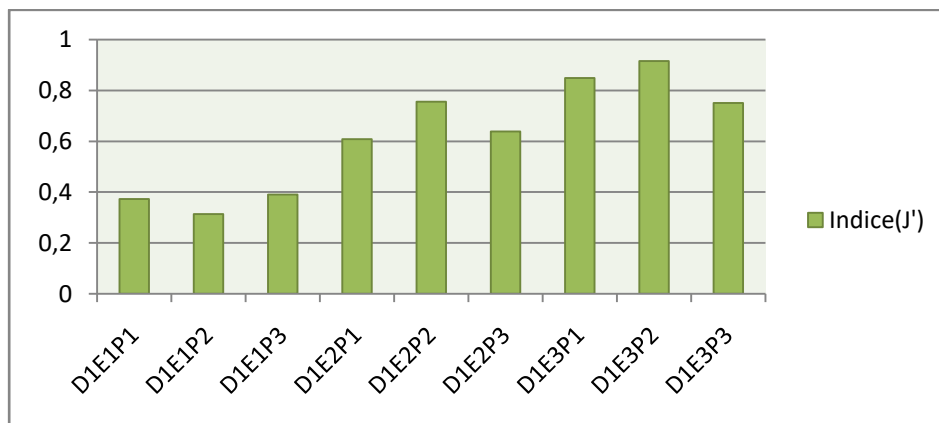


Figure 29: Valeurs d’équitabilité enregistrées au sein de la décharge contrôlée du CET.

❖ Dans la décharge réaménagée de DEM (D2)

Il ressort de la figure 30 que les valeurs de l'indice d'équitabilité tendent également vers 1 pour tous les échantillons à l'exception de D2E2P3 ($J'=0.407$).

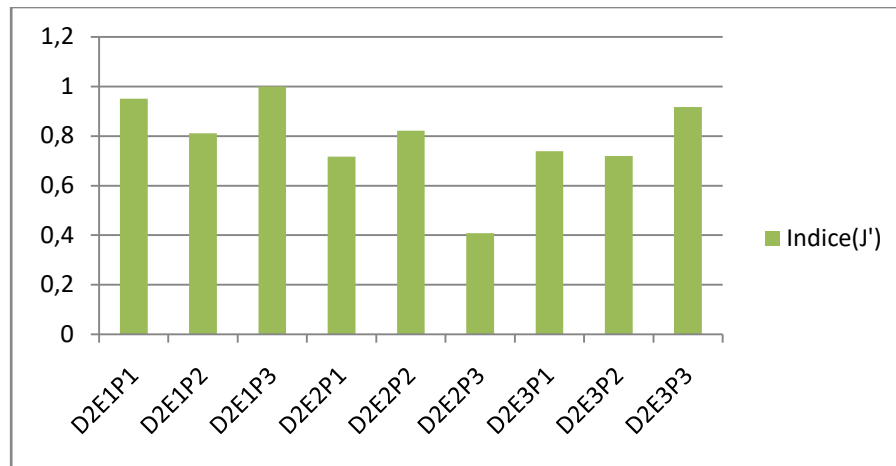


Figure 30: Valeurs d'équitabilité enregistrées au sein de la décharge sauvage réaménagée de DEM.

I.3.3. Résultats de l'analyse statistique de la pédofaune

❖ Dans la décharge contrôlée (CET) (D1)

Dans l'AFC de la figure 31, nous distinguons quatre groupes :

- ✓ Groupe 1 renferme les échantillons D1E2P1, D1E2P2, D1E3P1 qui sont caractérisés par la dominance des Entomobryomorphes, Pseudoscorpions, Rhabtura, Poduomorphes, Lithobiomorphes, Géophylomorphes, Diptères, Oribatida, Holothyrida, Coléoptères et Pauropodes.
- ✓ Groupe 2 englobe les échantillons D1E1P1, D1E1P2, D1E1P3 qui sont caractérisés par la dominance des Hyménoptères.
- ✓ Groupe 3 contient l'échantillon D1E3P2 qui est caractérisé par la dominance des Dermaptères.
- ✓ Groupe 4 englobe l'échantillon D1E3P3 qui est caractérisé par la présence des Pauropodes et les Lépidoptères.

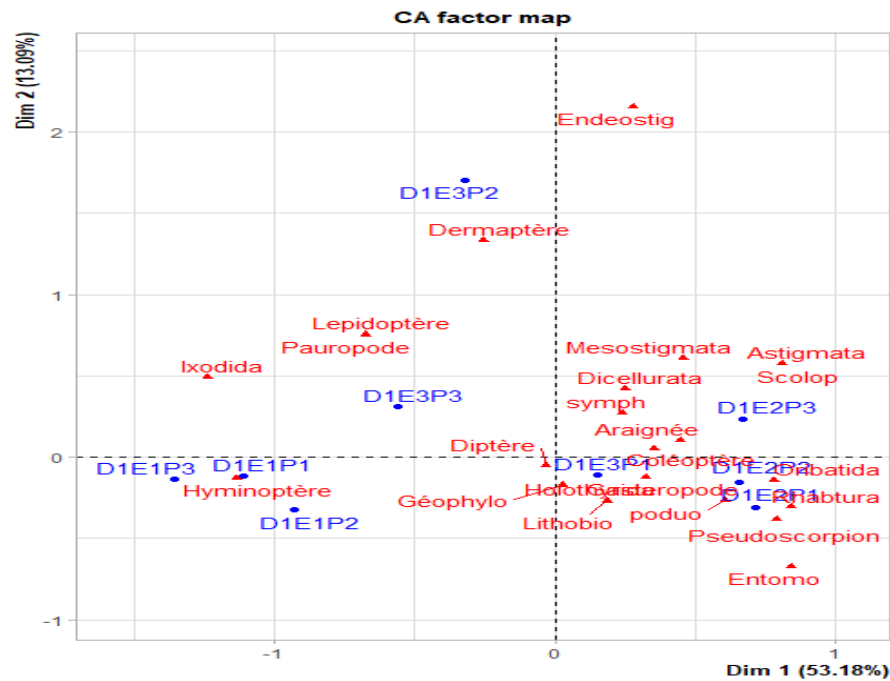


Figure 31: Distribution des groupes faunistiques de la décharge contrôlé du CET sur un plan factoriel F1*F2.

❖ Dans la décharge réaménagée de DEM (D2)

Dans l'AFC de la figure 32, nous distinguons quatre groupes :

- ✓ Groupe 1 auquel appartient l'échantillon D2E1P1 qui renferme les Entomobryomorphes, Rhabtura, Holothyrida, Oribatida et Ixodida.
- ✓ Groupe 2 dans lequel se retrouve l'échantillon D2E1P3 qui est caractérisé par les Poduomorphes.
- ✓ Groupe 3 qui englobe les échantillons D2E3P1, D2E3P2, D2E3P3, D2E1P2, D2E2P1, D2E2P2 caractérisés par les Dermaptères, Arachnides, Hyménoptères, Diptères, Dicellurata, Lepidoptères, Mesostigmata.
- ✓ Groupe 4 dans lequel se positionne l'échantillon D2E2P3 qui est caractérisé par les Coléoptères, Astigmata et les Ixodida.

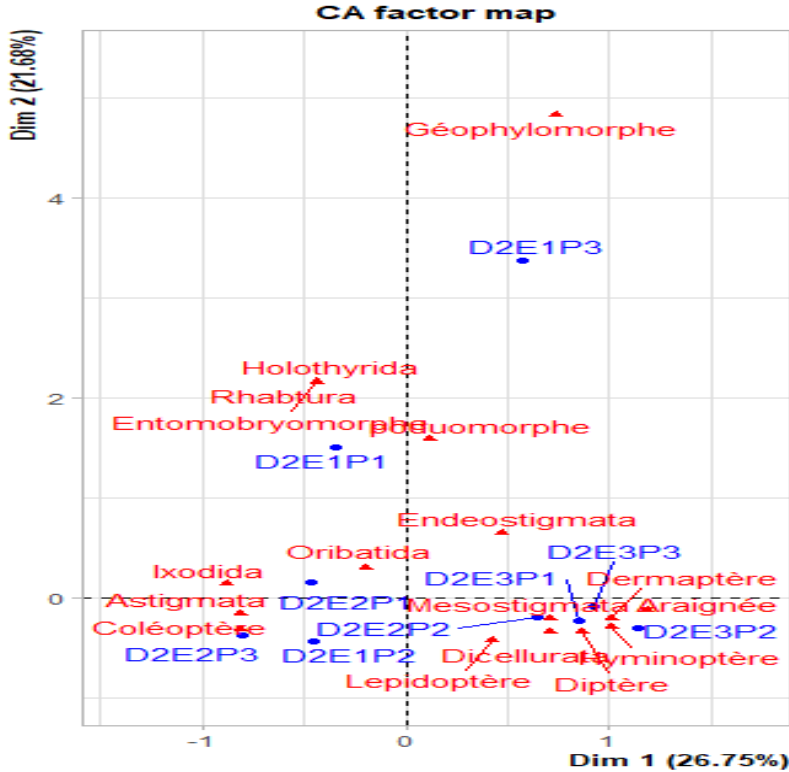


Figure 32 : Distribution des groupes faunistiques de la décharge sauvage de DEM sur un plan*factoriel F1*F2.

II. Discussion

L'inventaire de la biodiversité est généralement basé sur la structure et la composition des communautés. Selon Cluseau et *al.* (1999), la diversité de la pédofaune a un rôle majeur dans le fonctionnement des sols et des écosystèmes surtout la dégradation de la matière organique. Cela est bien confirmé par Lavelle (1997) qui a montré que les différents groupes d'organismes du sol exercent une influence sur les propriétés et les processus physiques, chimiques et biologiques du sol.

Les résultats d'échantillonnage des deux décharges étudiées révèlent une diversité floristique de 9 espèces au niveau de la décharge contrôlée du CET avec la dominance de l'espèce *Avena sterilis*. Au niveau de la décharge sauvage réaménagée de Draa El Mizan, nous avons inventorié 11 espèces avec la dominance de *Sinapis arvensis*. Par ailleurs *Silybum marianum* est apparait sauf au niveau des zones polluées au sein des deux décharges étudiées. D'après Myers et *al.* (2000), les zones de climat méditerranéen sont considérées comme des hots spots (point chaud) de biodiversité qui se caractérisent, à la fois, par des niveaux exceptionnels d'endémisme végétal et par des niveaux critiques de perte d'habitats. Selon Achour et *al.* (2010), les stations d'altitude comme (DEM) se caractérisent par des précipitations abondantes pendant l'hiver et le printemps, ce qui fait d'elles un facteur important agissant sur les animaux et les végétaux le long de leurs stades de développement.

L'inventaire de la faune au niveau de la décharge contrôlée du CET, reflète une diversité biologique représentée par 23 ordres répartis sur 8 classes dont l'ordre des Hyménoptères de la classe des insectes est le mieux représenté. Au sein de la décharge sauvage de DEM, la diversité biologique inventoriée est représentée par 17 ordres répartis sur 6 classes et l'ordre des Hyménoptères est le mieux représenté suivi par celui de Coléoptères. L'apparition de ces groupes faunistiques dans les zones polluées des deux décharges suggère leurs tolérances à la pollution et l'adaptation facile aux conditions du milieu. Cette hypothèse confirme les constatations de Deprince (2003). Boussad et Doumandji (2004) ont mentionné que les insectes prédominaient et occupaient le premier rang à Oued Smar.

D'après les résultats obtenus de l'échantillonnage de la faune, nous constatons que la décharge contrôlée du CET possède une diversité animale très importante de 23 ordres répartis sur 8 classes en comparaison à celle de la décharge sauvage qui présente une diversité de 17 ordres et 6 classes. Ceci serait dû à la présence d'une deuxième perturbation représentée par les incendies causés par les villageois de Draa El Mizan. Cette dernière a des effets néfastes sur la répartition de la pédofaune. Par ailleurs, la diversité floristique est plus élevée au sein de la décharge sauvage par rapport à celle du CET puisque le couvert végétal est plus important en altitude.

Selon Bachelier (1978) et Gobat et *al.* (2003), la distribution de la pédofaune dépend de la nature physico-chimique et de la profondeur du sol, de la variation des facteurs climatiques du milieu, du rythme saisonnier ainsi que du régime alimentaire de la population animale considérée.

Les Coléoptères sont présents avec un très faible effectif au niveau des zones polluées (échantillons du sol proches de la source de pollution) des deux décharges. Ceci serait dû à l'absence de la végétation au niveau de ces zones, puisque les Coléoptères sont des phytophages. La même constatation a été faite par Chenchouni et *al.* (2015), qui ont démontré que certains groupes d'invertébrés comme les coléoptères ont une relation intime avec la diversité végétale.

Les collemboles et les acariens ont une répartition assez importante dans les zones polluées au niveau des deux décharges vu qu'au niveau des sols pollués le taux d'humidité est élevé par rapport aux sols moins pollués. Bachelier (1978) et Davec (1996) soulignent que les collemboles et les acariens affectionnent les milieux humides et supportent mal la sécheresse.

La présence des Gastéropodes au niveau des échantillons E2 et E3 de la décharge contrôlée serait due à leur forte adaptation à l'humidité et à la disponibilité du calcaire. Selon Bachelier (1978) et Cortet et *al.* (1999), les Gastéropodes sont abondants dans les litières humides et les milieux riches en calcaire. Ces invertébrés sont des indicateurs biologiques de la pollution.

L'ACP réalisée, répartit les échantillons des deux décharges en fonction des caractères édaphiques où les zones les plus polluées des deux décharges étudiées renferment des quantités importantes en MO. Cette accumulation est un indice d'un dépôt de polluant de n'importe quelle nature (Ponge, 2010).

Le pH des sols des deux décharge étudiées est alcalin, il favorise la survie de la pédofaune telle que les Coléoptères, les Hyménoptères, les Acariens, etc. Cependant, de nombreux animaux ne peuvent vivre qu'entre certaines limites de pH, d'autres au contraire sont très tolérants aux variations d'acidité du milieu. Selon Kuhnelt (1969), certains Coléoptères recherchent des sols acides de pH 3 à 5, alors que d'autres recherchent des milieux neutres ou alcalins de pH 6 à 8.

D'une manière générale, les sols pollués se caractérisent par un appauvrissement de leurs réseaux trophiques, lié à la disparition d'espèces (Ponge, 2010). Ces perturbations affectent directement les paramètres physico-chimiques et indirectement la perte de biodiversité (Sala et *al.*, 2000).

Il ressort de cette étude que la biodiversité recensée est affectée par la pollution par les déchets. Cette dernière est plus accentuée au niveau de la décharge sauvage du fait qu'elle subit une accumulation anarchique des polluants, ce qui provoque une modification des processus biologiques ainsi que la stabilité des écosystèmes (Balvanera *et al.*, 2006).

Conclusion générale

Ce travail a pour problématique la détermination de l'impact de la pollution du sol par les déchets sur la faune, la flore et les paramètres physicochimiques. L'objectif global est de déterminer l'effet des déchets sur la biodiversité des sols au niveau de deux décharges dont l'une est contrôlée (CET de Tizi-Ouzou) et l'autre sauvage réaménagée située à Draa El Mizan, suivant un transect de trois points de prélèvements selon un gradient de pollution.

Notre étude nous a permis de récolter 9 espèces végétales au sein de la décharge contrôlée du CET et 11 espèces au niveau de la décharge sauvage réaménagée de DEM. La diversité floristique est plus importante au niveau de la décharge sauvage réaménagée en raison de sa localisation en altitude (montagne).

Par l'utilisation de la méthode d'extraction, nous avons pu inventories 23 ordres au niveau de la décharge contrôlée du CET et 17 ordres au sein de la décharge sauvage réaménagée de DEM. Cette différenciation de la richesse serait due aux perturbations créées par ces différentes décharges. La diversité faunistique varie d'un échantillon à l'autre au niveau des deux décharges sachant que les échantillons D1E3, D2E3 possèdent une biodiversité plus importante en comparaison avec les échantillons D1E1 et D2E1 puisque ces derniers sont proches de la source de pollution. A ce niveau, nous signalons la présence de quelques ordres tolérant tels que les Hyménoptères, les Coléoptère et les Oribatida.

Les différentes proportions d'individus des groupes faunistiques et floristiques au niveau des deux décharges (contrôlée du CET et sauvage réaménagée de DEM) permet de dégager les conclusions suivantes :

- ✓ Les prélèvements effectués selon le gradient de pollution suivant un transect, présentent une richesse et une abondance importantes au niveau des sols prélevés loin de la source de pollution, contrairement à ceux effectués au sein des zones proches de la source de pollution (basse altitude) où nous n'avons rencontré que les espèces végétales et animales qui ont pu tolérer la pollution.
- ✓ Nous constatons que la pollution du sol apportée par les déchets a des effets néfastes sur la biodiversité et le fonctionnement des sols.

Nous signalons que cette étude, n'est qu'une initiation à l'inventaire de la flore et de la pédofaune qui sont peu étudiées. Par conséquent, il serait souhaitable et très intéressant de poursuivre l'étude en identifiant les individus jusqu'au rang spécifique et en s'intéressant à la taxonomie, la biogéographie et l'écologie des espèces dans le contexte naturel de chaque groupe.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

A

1. **ACHOUR A., BEHAMRA M., 2010.** Aperçu sur la faune arthropodologique des palmeraies d'El-Kantara. *Courier du savoir* 10 :93-101.

B

2. **BACHELIER G., 1978.** La faune des sols son écologie et son action. Edition O.R.S.T.O.M. 391P.
3. **BACHELIER G., 1963.** La vie animale dans les sols. Ed.O.R.S.T.O.M, Paris, France.278, 279P.
4. **BARRIOS E., 2007.** Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics* 64(64) : 269-295.
5. **BELKACEM Y., GUECHOU D., 2016.** Impact environnemental de la décharge communale d'Ath Yanni et le centre d'enfouissement technique de Oued Falli (Tizi-Ouzou, Algérie) : Analyse de certains métaux lourds. Mémoire de master. Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques. Université Mouloud Mammerie de Tizi-Ouzou. P 26-29.
6. **BLIEFERT C. et PERAUD R., 2004.** Chimie de l'environnement : air, eau, sol et déchets. Ed. Boueck, 477p.
7. **BLONDEL J., 1979.** Biogéographie et écologie. Ed. MASSON, Paris, 173P.
8. **BONIN G. et TATONI T., 1990-** Réflexions sur l'apport de l'analyse factorielle des correspondances dans l'étude des communautés végétales et leur environnement. *Ecologia Mediterranea*, 16 :403-414.
9. **BORUTA B., LEMANOWICZ J., BARTKOWIAL A., 2016.** Variation in biological and physicochemical parameter of the soil affected by uncontrolled landfill sites. *Environmental earth science*, DOI/ 10.1007/s 12665-015-4955-9.
10. **BOUSSAD F.et DOUMANDJI S., 2004 :** la diversité faunistique dans une parcelle de *Vicia faba*(Fabacées) à l'institut technique des grandes cultures d'oued Smar. Journée protec.vég. Dép. Zool. Agro for Inst. Nati. Agro. El Harrach, P.19.

C

11. **CHENCHOUNI H., MENASRIA T., NEFFAR S., CHAFAA S., BRADAL L., CHAIBI R., MEKAHLIA M., BENDJOU DI D., BACHIR AS., 2015.** Spatiotemporal diversity, Structure and trophic guilds of insect assemblages in a semi-arid Sabkha ecosystem. *Peer J*.3 : 860P.
12. **CHIRIAC R., 2004.** Caractérisation des émissions de composés organiques volatils issus des centres de stockage des déchets ménagers et assimilés et de leur dispersion dans l'environnement. Thèse de doctorat, INSA de Lyon, 273p.
13. **CLUSEAU D., CANNAVACCIUOLO M. et PERES G., 1999 :** Indicateurs microbiologiques des sols : les lombriciens-méthode d'échantillonnage dans les

agrosystèmes en zone tempérée. In Douzième colloque viticole et œnologique Ed. ITV Paris : 25-35.

- 14. CORTET J., GOMOT D., VAUFLERY A., POINSOT B., GOMOT L., TEXIER C., CLUZEAU D., 1999.** The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. *European journal of soil biology*. Vol. 35, issue 3 : 115-134.

D

- 15. DAJOZ R., 1985.** Dynamique des populations. Edition Dunod, Paris, p 134-155.
- 16. DAMIEN A., 2004.** Guide du traitement des déchets réglementation et choix des procédés. 6^{ème} Edition. 461p.
- 17. DAVET P., 1996.** La vie microbienne du sol et production végétale. Ed. I.N.R.A.Paris 367P.
- 18. DELAUNE M., REIFFSTECK M., FELLER C., 1991.** L'analyse granulométrique des sols et sédiments à l'aide du microgranulomètre «Sedigraph 5000 ET». Comparaison avec la méthode pipette Robinson. Cahiers ORSTOM, série pédologie, 26, (2), 183-189.
- 19. DEPRINCE A., 2003.** La faune du sol, diversité, méthodes d'étude, fonctions des sols : le sol vivant. Deuxième Edition PPUR Edition Lausanne.569p.
- 20. DESACHY C., 2001.** Les déchets : sensibilisation à une gestion écologique. Ed. TEC & DOC. Paris. 70p.

E

- 21. EL FADEL M., FINDIKALIS A., LECKIE J., 1997.** Environmental impacts of solid waste land filling. *Journal of Environmental Management*, 50, 1-25.

G

- 22. GAUDEFROY M. et MOUILLEFARINE M., 1872 :** La florule obsidionale des environs de Paris en 1872. *Bulletin de la société botanique de France*, 19(8), 266-277.
- 23. GILET S. et PONGE J., 2002.** Humus forms and metal pollution in soil. *European Journal of Soil Science* 53, 529-539.
- 24. GIRARD J., WALTER C., REMY J., BERTHELIN J., MOREL J., 2005.** Sol et environnement, Edition Campus DUNOD, Paris, 816p.
- 25. GOBAT J., ARAGNO M., MATTHEY W., 2003.** Le sol vivant. Edition 3. 817p.
- 26. GOBAT J., ARAGNO M., MATTHEY W., 2010.** Le sol vivant. Bases de pédologie-biologie des sols. Troisième édition revue et augmentée. 817p.
- 27. GRESSELIN F., HERICHER S., LE GOUEE P., 2015 :** « Les sols nourrissent l'humanité », Profil environnemental régional de Basse-Normandie, Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, France. 45P.

H

- 28. HAMMOUCHE A. et AIT AIDER C., 2020.** Effet des déchets ménagers sur la pédofaune. Cas d'une décharge sauvage au niveau du village Iberkarene dans la commune de Bouzeguene. Mémoire de master. Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques. Université Mouloud Mammerie de Tizi-Ouzou. P17.

- 29. HUAMAIN C., CHUNRONG Z., COMG and T., YONG GUAN Z., 1999.** HEAVY Metal pollution in soils in china : statut and countermeasures. *Ambio*, 28, 130-134.

I

- 30. IMTIAZ M., MUJAWARA L., SHAHRAZADE T., ISMAIL I., OVER M., 2016.** Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. *Microbiological Research*, 183, 26-41.

K

- 31. KHIDAS K., 1997.** Distributions et normes de sélection de l'habitat chez les Mammifères terrestres de la Kabylie de Djurdjura. Thèse Doctorat Etat Sci. Natu. Univ Mouloud Mammerie, Tizi-Ouzou, 235p.
- 32. KOLLER E., 2005.** Traitement des pollutions industrielles. Eau. Air. Déchets. Sols. Boues/ Série environnement et sécurité. Deuxième édition. 553/569.
- 33. KREITH F., 1994.** Hand book of solid waste management. *Biocycle journal of composting and organics recycling*. 39 : 80.
- 34. KUHNELT W., 1969.** Ecologie générale. Masson éd. Paris, 360p.

L

- 35. LAMRAOUI T., 2015.** Evaluation du mode de traitement des déchets au niveau du centre d'enfouissement technique d'Oued Falli, Mémoire de master. Université Mouloud Mammerie de Tizi-Ouzou. P17.
- 36. LAVELLE P., 1997.** Faunal activities and soil processes : adaptive strategies that determine ecosystem function, *advances in ecological research*, 27 : 93-132.
- 37. LAVELLE P., 2003.** Earthworms activities and the soil system. *Biology and fertility of soils*. P 412-251.
- 38. LAVELLE P., DECAENS T., AUBERT M., BAROT S., BLOUIN M., BUREAU F., MARGERIE P., MORA P., 2006.** Soil invertebrates and ecosystem services. *European journal of soil biology*. 4253-515.
- 39. LEI C., GUOBO W., YUCEN Z., ZHENYAO S., 2016.** Evaluating the impacts of soil data on hydrological and nonpoint source pollution prediction. *Science of the total environment*, 564, 19-28.
- 40. LEKLERCQ R., SANTORUFO L., PERNIN C., DEMYUNCK S., LOUVEL B., GRUMIAUX F., DOUAY F., LEPRETRE A., 2013.** Le mulch de miscanthus peut-il présenter un intérêt pour la pédofaune dans un contexte dégradé et contaminé par les éléments traces métalliques. P 1-4.

M

- 41. MARCO C., MASSIMILIANO L., GENGYUAN L., SERGIO V., THEODORE AE., 2018.** Aerosol pollution, including eroded soils, intensifies cloud growth, precipitation, and soil erosion : A review, *journal of cleaner production*, 189, 135-144.
- 42. MARTIN A., 2006.** Expertises des centres d'enfouissement techniques de déchets urbains dans les PED contributions à l'élaboration d'un guide méthodologique et à sa validation

expérimentale sur sites. Thèse de doctorat discipline chimie et microbiologie de l'eau. Université Limoges. 206p.

- 43. MONTOROI J., 1997.** Conductivité électrique de la solution du sol et l'extrait aqueux du sol. Etude et gestion des sols, 4, 279-289.
- 44. MYERS N., Mittermeier R., MITTERMEIER C., DA FONSECA G. et KENT J., 2000 :** "Biodiversity hotspots for conservation priorities, Nature 403 : 853-858.

O

- 45. OSMAN K., 2013.** Soils: Principles, properties and Management. Springer Science Business Media Dordrecht, DOI 10.1007/978-94-007-5663-2.

P

- 46. PONGE et ROBERT, 1996 :** Impact des polluants du sol sur la biodiversité animale du sol, Hal Edition : 1-3.

R

- 47. RAMADE F., 1994 :** Elément d'écologie fondamentale. Edition science internationale, Paris, 517p.
- 48. RICOUR J. et LALLEMAND-BARRES A., 1994.** Sites pollués et déchets. Ed BRGM Orléans. 128P.
- 49. ROBERT P., 1996 :** Le sol : interface dans l'environnement, ressources pour le développement. 3 ème cycle de recherche, science de l'environnement, Edition Masson, Paris, 241p.

S

- 50. SALA O., STUART CHAPIN J., ARMESTO E, JAMINE B., RODOLFO D., ELISABETH H., LAURA F., ROBERT B., JACKSON A, RIK L ., DAVID M., HAROLD A., MARTIN N., LEROY P ., MARTIN T., BRIAN H., MARILYN W., DIANA H., 2000 :** Global biodiversity scenarios, science vol. 287, DOI : 10.1126.5459 : 1770-1774.
- 51. SLATNI I., 2014.** Etude de la destruction ou la perturbation des espèces végétales par la pollution. Mémoire de magister. Faculté des sciences et technologie. Université de Med Cherif Messadia. P243.
- 52. SOLTNER D., 2005.** Les grandes productions végétale/ Collection Science et techniques agricoles. Vingtième édition. 472P.

V

- 53. VILLAIN M., 1997.** La production végétale : la composante de la production. Ed. Tec et Doc, 247p.

Annexes

Annexes

Annexe 1 : Résultats des indices écologiques de la flore au sein de la décharge contrôlée du CET.

Echantillons du CET	N	S	H'	J'
D1E1	48	5	2.062	0.885
D1E2	57	4	1.406	0.701
D1E3	108	7	2.139	0.759

Annexe 2 : Résultats des indices écologiques de la flore au sein de la décharge sauvage réaménagée de DEM.

Echantillons de DEM	N	S	H'	J'
D2E1	16	3	1.422	0.894
D2E2	26	5	2.106	0.904
D2E3	61	8	2.672	0.887

Annexe 3 : Résultats des analyses physico-chimiques du sol de la décharge contrôlée du CET.

Echantillons du CET	N%	C%	MO%	C/N%	Humidité%	CE dsm/cm	CaCO ₃ %	pH
D1E1	0.21	2.69	4.63	13	7.603	0.51	15.11	7.95
D1E2	0.35	1.73	2.98	5	2.836	0.73	18.32	7.8
D1E3	0.28	1.81	3.11	6	4.076	0.14	15.57	8.16

Annexe 4 : Résultats des analyses physico-chimiques du sol de la décharge sauvage réaménagée de DEM.

Echantillons de DEM	N%	C%	MO%	C/N%	Humidité%	CE dsm/cm	CaCO ₃ %	pH
D2E1	0.25	1.50	2.58	6	1.887	2.12	11.45	7.6
D2E2	0.35	1.15	1.98	3	1.39	2.56	1.37	7.91
D2E3	0.18	0.69	1.19	4	1.658	0.06	0.00	7.79

Annexes

Annexe 5 : Résultats des indices écologiques de la faune au niveau de la décharge contrôlée du CET.

Echantillon du CET	N	S	H'	J'
D1E1P1	33	6	0.967	0.373
D1E1P2	30	4	0.629	0.313
D1E1P3	70	3	0.620	0.390
D1E2P1	103	14	2.321	0.607
D1E2P2	62	12	2.717	0.755
D1E2P3	110	15	2.503	0.638
D1E3P1	29	11	2.945	0.848
D1E3P2	20	9	2.913	0.916
D1E3P3	33	13	2.787	0.750

Annexe 6 : Résultats des indices écologiques de la faune au niveau de la décharge sauvage réaménagée de DEM.

Echantillon de DEM	N	S	H'	J'
D2E1P1	17	9	3.023	0.950
D2E1P2	4	2	0.813	0.811
D2E1P3	3	3	1.59	1
D2E2P1	13	6	1.860	0.717
D2E2P2	15	8	2.471	0.821
D2E2P3	60	9	1.297	0.407
D2E3P1	22	6	1.915	0.738
D2E3P2	20	5	1.676	0.719
D2E3P3	14	8	2.762	0.917

Résumé

Le présent travail a été mené pour estimer le degré d'impact de la pollution par les déchets sur la pédofaune, la flore et les paramètres édaphiques au niveau de la décharge contrôlée du CET d'Oued Falli et la décharge sauvage réaménagée de Draa El Mizan de la wilaya de Tizi-Ouzou. L'échantillonnage du sol est réalisé en avril 2021 selon un transect avec trois points de prélèvements pour chaque décharge selon un gradient de pollution.

Nous avons opté pour un inventaire de la flore, en premier. La flore recensée est scindée en 9 espèces dans la décharge contrôlée du CET et une diversité de 11 espèces au sein de la décharge sauvage réaménagée de DEM. En deuxième partie et dans le but de réaliser l'analyse pédologique, nous avons procédé à trois prélèvements du sol à une profondeur de 20 cm pour chaque décharge. Les résultats pédologiques montrent que le taux de la MO et de l'humidité sont élevés au niveau des zones polluées dans les deux décharges.

En troisième partie, nous avons opté pour un inventaire de la pédofaune suivant un transect de trois échantillons avec trois niveaux de prélèvements successifs (de 0 à 10, de 10 à 20 et de 20 à 30 cm de profondeur). Nous avons utilisé un quadra de 25 cm de côté et de 10 cm d'épaisseur. L'extraction de la faune est réalisée par l'extracteur de Berlese-Tullgren et les spécimens recueillis sont triés, identifiés puis dénombrés. La faune recensée est scindée en 23 ordres au niveau de la décharge contrôlée du CET et 17 ordres au niveau de la décharge sauvage réaménagée de DEM.

Mots clés : sol, pédofaune, flore, déchets, décharge, pollution, biodiversité.

Abstract

The present work was carried out to estimate the degree of impact of waste pollution on the soil fauna, flora and edaphic parameters at the controlled landfill of the CET of Oued Falli and the rehabilitated wild landfill of Draa El Mizan in the wilaya of Tizi-Ouzou. Soil sampling was carried out on a transect with three samples for each landfill according to pollution gradient. For this purpose, samples were taken during the month of April 2021.

We opted for an inventory of the flora first. The flora surveyed is divided into 9 species of the CET and a diversity of 11 species in the rehabilitated wild landfill of DEM. In the second part and in order to carry out the soil analysis, three soil samples were taken at a depth of 20 cm for each landfill. The soil results show that the OM and moisture content are high in the polluted areas of both landfills.

In the third part, we opted for an inventory of the soil fauna following a transect of three samples with three successive levels of sampling. We used a quadrat of 25 cm sides and 10 cm thickness. The extraction of the fauna is carried out by the Berlese-Tullgren extractor and the specimens collected are sorted, identified and counted. The collected fauna was divided into 23 orders at the CET controlled landfill and 17 orders at the DEM wild landfill.

Key words : Soil, soil fauna, flora, waste, landfill, pollution, biodiversity.