



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



Université Abbes Laghrou Khenchela
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département Ecologie et Environnement

Mémoire

De fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master en Ecologie et Environnement
Option : Protection des Ecosystèmes

Thème

Contribution à l'étude des agents de bioturbation dans différents agroécosystèmes

Présenté par

Benzaim Amira

Meziani Imene

Devant le jury

OUANES M.	MAA.	Univ. ABBES Laghrou Khenchela	Présidente
ABABSA N.	MCA.	Univ. ABBES Laghrou Khenchela	Encadrant
MEZHOUD A.	MAA.	Univ. ABBES Laghrou Khenchela	Examinatrice

2018/2019

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ceux qui m'ont toujours tenu et Sacrifié leurs bons moments pour que je réussisse dans ma vie A celle qui a sacrifié sa noble existence pour que je sois, ce que je Suis aujourd'hui, qui est la plus chère du monde

Ma mère.

A celui qui a sacrifié sa vie pour mon bonheur en mon bien Etre

Mon père.

Mon père. Pour son aide et son encouragement qui m'a compagne sur terrain

Au cours de la réalisation de ce projet.

A mon Binome ;iman Meziani

A mes chère frères Abd elmouin , Abd rahim

Mes chères cousine : Noor, imen , kouka , houda, manel, picho , loula

A mes très chère Amis Miya,Amira, Maliha, Ikram, Nessrin . A Tous Mes collègues de la promotion 2018-2019

A Tous ceux qui j'aime. A Tous ceux qui portent dans mon coeur.

AMIRA

Remerciment

En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude. Nous n'arrivons pas à trouver de mots suffisamment forts pour exprimer la reconnaissance que nous avons à l'égard de notre promoteur M ABABSA .N, que ce soit sur le plan professionnel ou personnel. Pour faite découvrir ce sujet que nous adorons et qui devient sans cesse plus complexe au fur et à mesure qu'on avance. Vous êtes une enseignante exceptionnelle, Appris tellement au cours de notre formation, allant de la bonne manipulation. Merci aux membres du jury, les enseignants M OUANES M et M MEZHOUD A, d'avoir accepté de juger notre travail. Convaincue que votre savoir nous permettra d'avancer encore plus loin dans ce sujet

Mes très vifs remerciements vont aussi à **madame kelil** pour m'aidé durant ce travaille

Dédicace

À mes adorables parents, ma mère et mon père *que j'aime beaucoup et que dieu les garde.*

À ma belle sœur ikram.

À mon frère bien-aimé aymen.

À toute ma famille.

A tous ceux que j'aime

Iman

Introduction

Le sol est une entité unique qui découle d'interactions physiques, chimiques et biologiques entre les matériaux parents et l'atmosphère (**Coleman et al., 2004**). Le sol fournit plusieurs services écosystémiques. Ces derniers reposent sur le fonctionnement biologique des sols assuré par la myriade d'organismes, microbiens, végétaux, animaux, qui les habitent et représentent un réservoir unique de biodiversité (**Briat et Job, 2016**). Les organismes de sol et particulièrement la pédofaune jouent un rôle primordial dans l'évolution des sols ; structuration de sol, création de la porosité et l'aération du sol, dégradation de la matière organique et déplacement de la matière ou bioturbation... Cette dernière activité de bioturbation permet la circulation des quantités importantes de sol entre les horizons ce qui permet la remontée en surface des horizons riches en matières minérales et l'enfouissement des horizons organiques superficiels riches en matières organiques non dégradées ainsi les déjections produites par la faune (surtout les vers lombrics) soit à la surface ou en profondeur du sol participent également d'une manière indirecte au déplacement de la matière et l'enrichissement de la composition chimique du sol. La bioturbation des vers de terre, processus biologique qui influe fortement sur la dynamique de la structure du sol, suscite un intérêt croissant avec le développement de l'agriculture sans travail du sol (**Piron et al., 2016**).

En effet la pédofaune constitue en elle-même une réserve importante d'éléments qui redevient mobilisable à sa mort, les cadavres des macrofaunes fournissent des apports beaucoup plus élevés que les micro et mésofaune (**CAS DAR, 2007**).

L'objectif de ce travail est d'évaluer la biodiversité de cette pédofaune considérée comme agents de bioturbation de sol dans trois agroécosystèmes différents à savoir une parcelle cultivée en arbres fruitiers, une deuxième parcelle considérée comme jachère non travaillée et la troisième cultivée en céréaliculture.

Ce mémoire est constitué de trois parties entièrement dédiées à l'étude et l'évaluation de l'abondance et la biodiversité des agents de bioturbation, en plus d'une introduction et d'une conclusion.

La partie I est une synthèse bibliographique composée de deux chapitres : le premier portant sur le concept de la bioturbation, le deuxième chapitre est consacré à la notion de l'écosystème.

La partie II est consacrée à la présentation des périmètres d'étude et le matériel et méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail.

La partie III présente les résultats obtenus de cette étude.

I. La Bioturbation

1. Définition

Le terme « bioturbation » est fréquemment utilisé pour décrire la manière dont les organismes vivants affectent le substrat dans lequel ils vivent (Kristensen et al., 2012). C'est un terme très utilisé pour exprimer le phénomène de déplacement des matières par voie biologique dans le sol et les sédiments. Richter (1936) (cité par Taylor et Goldring, 1993), définit ce processus comme « toutes sortes de déplacements dans les sédiments et les sols produits par l'activité d'organismes et de plantes ». Roland (2013), indique que la bioturbation c'est une forme de déplacement de particules par la faune du sol, principalement les vers de terre (Fig.1) mais aussi les fourmis, les termites, certaines larves d'insectes, sans oublier les taupes ou les sangliers. Le mode de bioturbation est principalement lié à l'éthologie des espèces, en particulier à leur mode de nutrition (Rhoads, 1974). Pour les sédiments, Cécille (2014) a signalé que la bioturbation inclut le remaniement sédimentaire et la ventilation qui induisent respectivement le déplacement des particules et des solutés, induits par l'activité des organismes. Gobat et al. (2003) personnalisent la bioturbation à cinq actions principales sur le sol : (i) un ameublissement mécanique, (ii) une oxygénation des parties profondes, (iii) une redistribution de la matière organique, (iiii) une remontée en surface d'élément enfouis, (iiiiii) une neutralisation du pH du sol.

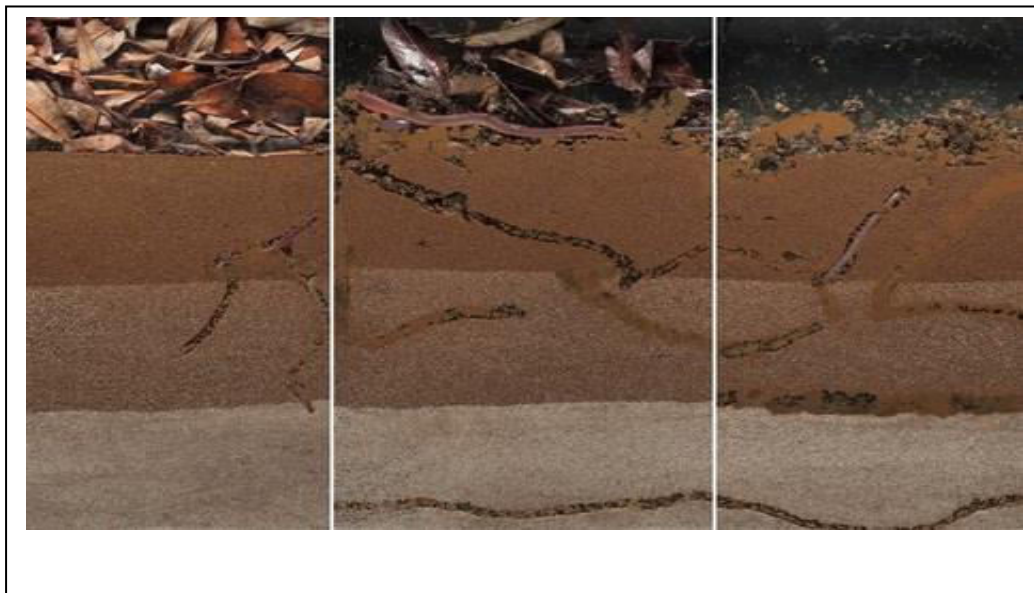


Figure 1. Exemple sur la bioturbation dans le sol (https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQNFHr6l-YIfjHFr1s16c7k_zd2XKor-0oDmRUYa2VJFoHmk6NgsQ)

2. Les agents de la bioturbation et leurs rôles

Gobat et al. (2004), indiquent que les organismes les plus perturbateurs pour les sols des régions à climat tempéré continental sont surtout les **vers de terre**, les **vertébrés**, les **fourmis**, et les **invertébrés**. Alors que **Meysman et al. (2006)** incluant les **microbes**, les **plantes à racines**, et les **animaux tunneliers**. **Lavelle et Spain, (2006)** ajoutent les **termites** dans les climats tropicaux.

2.1. La faune du sol

a) Les vers de terre

Darwin a été le premier à attirer l'attention sur les effets bénéfiques des vers de terre dans le sol (**Browen et al., 2004**). Plusieurs auteurs les considèrent comme des ingénieurs de l'écosystème. Les lombriciens ou vers de terre (Annélides, Oligochètes) constituent le composant dominant de la faune des sols tempérés (**Bouché, 1972 et 1977 ; Lavelle, 1981**). La principale activité des populations lombriciennes se résume dans la production de rejets déposés à la surface des sols sous forme de turricules ou au sein même des sols sous la forme d'agrégats organo-minéraux (**Blouin et al., 2013**). L'activité lombricienne de bioturbation entraîne des changements à différentes échelles de la porosité (**Ababsa, 2016**). **Bachelier (1978)**, révèle qu'elle s'accroît grandement de 30- 40% à 60-70%. Cette activité contribue à la distribution de la litière (**Frouz et al., 2007**), au mélange de profil du sol (**Frouz, 2008**) et à la distribution de la matière organique dans le sol (**Frouz et al., 2007**).

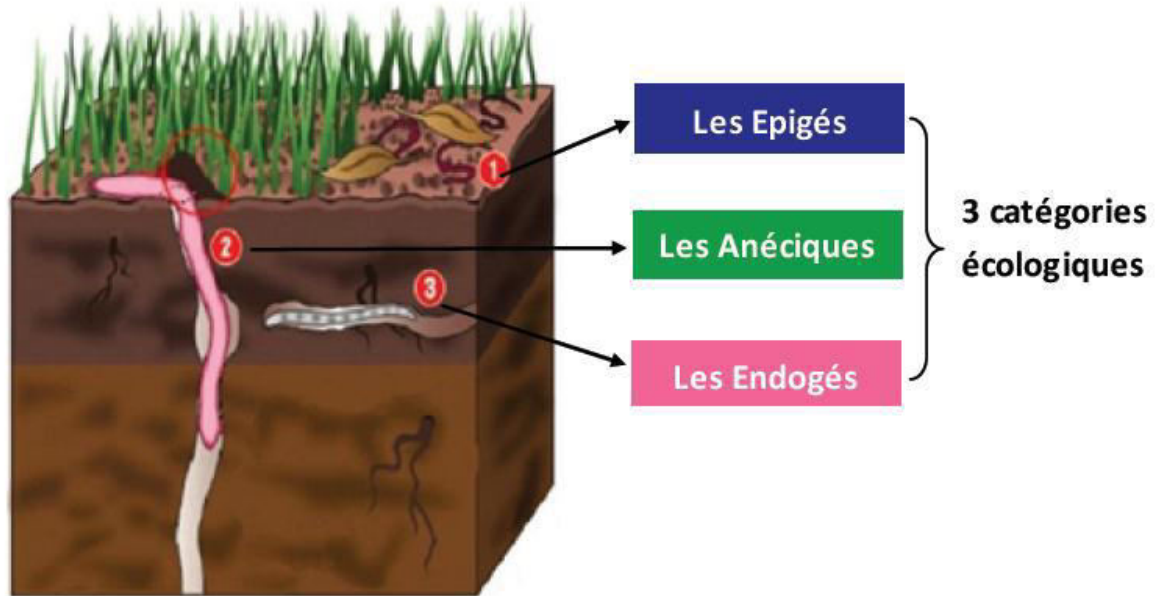
Bouché (1977) les a classés en trois catégories écologiques différentes à savoir les épigés, les endogés et les anéciques.

Les épigés vers de petite taille (10 à 30 mm) et vivent entre les couches de litière ce qui constitue un environnement relativement rude puisqu'ils sont soumis à la sécheresse, aux températures extrêmes, aux facteurs anthropiques et à la prédation (**Bouché, 1977**) (**Fig.2**).

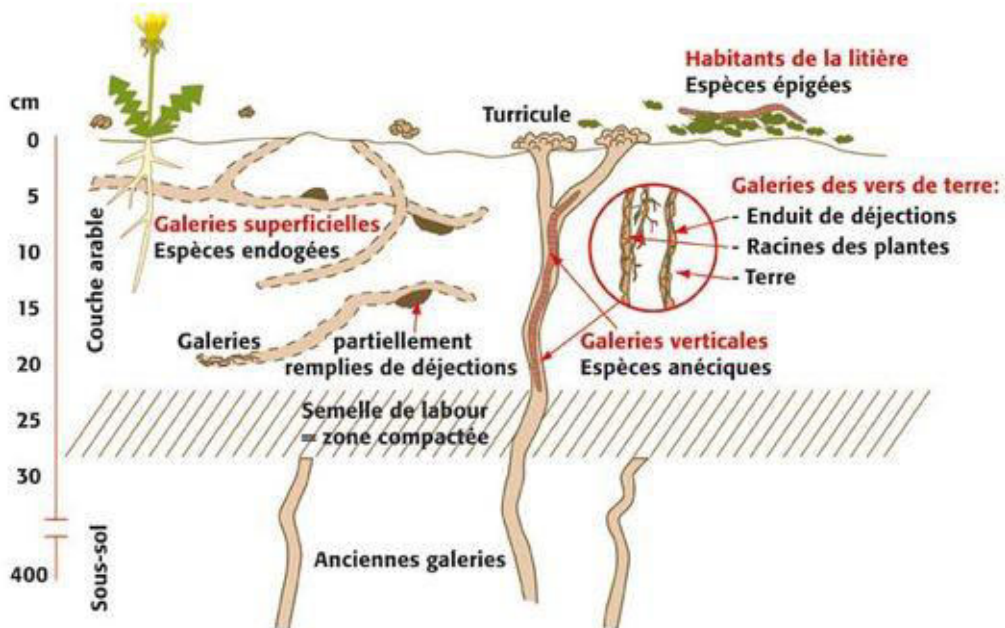
Les endogés sont des espèces de taille variable entre 1 et 20 cm. Ils sont très peu colorés à apigmentés (gris, rose ou vert). Ils vivent essentiellement dans les trente premiers centimètres du sol. Ils creusent des galeries temporaires horizontales à subhorizontales (**Bouché, 1977**).

Les anéciques vers de taille moyenne mais certaines espèces peuvent atteindre des tailles géantes (10 à 110 cm). Ils se nourrissent de la litière présente à la surface du sol qu'ils mélangent avec du sol et vivent dans des galeries verticales à sub-verticales qu'ils créent dans le sol (**Bouché, 1977**).

D'après **Milau (2016)**, ces espèces se caractérisent par une forte musculature et une grande activité fouisseuse au cours de l'ingestion de sol et de l'enfouissement de la matière organique.



(A) (Source OPVT—OSUR/Univ.Rennes).



(B) (Source : <http://www.bioactualites.ch/fr/sol-sain-plantes-saines/biodiversite/ver-de-terre.html>)

Figure 2. (A et B). Les zones où vivent les trois catégories écologiques de vers de terre.

b) Les termites

Les termites représentent un agent très important dans le processus de bioturbation et la plupart jouent un rôle capital d'ingénieurs du sol sous les tropiques, en transformant la matière organique et en générant une forte bioturbation (**Braumann, 2000**). Les plus spectaculaires d'entre eux construisent des nids, beaucoup sont mycophages (**Gobat et al., 2010**). Ils bâtissent leurs nids, souvent très complexes, avec du sol mêlé de salive, et y installent des meules de matériel végétal où se produit la croissance des champignons qui leur servent d'aliment (**Gobat et al., 2010**). Une fois abandonnés, les nids subissent une érosion rapide qui les fait retourner au sol (**Gobat et al., 2010**). Cette alternance de construction / érosion des nids constitue une bioturbation très importante dans les sols tropicaux (**Beare et al., 1995**). **Fall et al. (2007)**, estiment que 10% des sols africains sont soumis à ce phénomène. Les propriétés physiques chimiques et biologiques de sol sont fortement influencées par l'effet des termites, de leur mode de nutrition et des types de nids qu'ils construisent (**Gobat et al., 2010**).

c) Les vertébrés et invertébrés de sol

Pour les vertébrés, seul un petit nombre de vertébrés influencent de manière significative le fonctionnement des sols (**Métral, 2008**). Les campagnols et les taupes peuvent avoir un impact considérable par bioturbation, à une échelle plus locale, les fousseurs peuvent remuer de grande quantité de terre (lapin, blaireaux), d'autres mammifères n'appartenant pas à la pédofaune peuvent modifier la surface du sol (piétinement, labourage), et peuvent causer des dégâts importants dans les cultures (**Métral, 2008**).

La faune du sol peut se classer suivant différents critères ; la taille, l'habitat, le régime alimentaire, le temps passé dans le sol, la profondeur à laquelle elle se trouve. Selon la taille, on distingue trois catégories de faune du sol (**Lavelle et al, 1990**) :

- La microfaune : taille inférieure à 0.2 mm
- La mésofaune : Taille comprise entre 0.2 mm et 2 mm
- La macrofaune : Taille supérieure à 2 mm

C'est cette dernière catégorie qui joue un rôle important sur la bioturbation et il s'agit particulièrement aux invertébrés de cette catégorie vivant dans la litière ou dans le sol. (**Lavelle et al., 1981**).

Les invertébrés du sol comptent aussi, parfois en abondance, des larves de coléoptères rhizophages, des arthropodes consommateurs de litière ainsi que leur cortège de prédateurs (Salman, 2019).

La macrofaune épigée semble être d'autant plus croissante que la proportion de ligneux dans la végétation augmente pendant que l'abondance des termites diminue (Lavelle et al, 1990). On y trouve ainsi une grande diversité de tailles et de formes, allant des protozoaires, les plus petits organismes animaux, aux lombrics qui comptent parmi les plus gros individus (Tab. 1) (Salman, 2019).

Tableau 1. Invertébrés du sol, tailles, abondances (dans une prairie tempérée) (Sandrine, 2019).

	Invertébrés	Taille	Abondance	Régime alimentaire
Macrofaune	Lombricidés	L : 4 à 80 mm ø : 2 à 20 mm	100 à 1000 ind./m ²	Carnivorie
	Diplopedes			Saprophagie
	Chilopodes			Microphagie moins répandue
	Aranéides			
	Isopodes			
	Gastéropodes			
	Larves de Coléoptères			
	Larves de Diptères			
	Autres insectes			
	Mésafaune			
Collemboles				
Enchytréides				
Protoures				
Microfaune	Protozoaires	4 à 200 µm	de l'ordre de 1 000 000 ind./m ²	Microphagie dominante
	Rotifères			
	Nématodes			
	Tardigrades			

Ces invertébrés ont développé des stratégies de résistance au dessèchement en période sèche tels que la vie ralentie, le rôle majeur de la faune du sol est de contribuer à la décomposition et à la minéralisation de la matière organique, assurant ainsi la circulation des nutriments (azote, phosphore, potassium, etc...) et leur disponibilité pour le développement des plantes à la surface (Salman, 2019).

2.2. Les racines des plantes

Gobat et al. (2010) considèrent l'**arbre renversé**, agent de bioturbation. Certains arbres à racines superficielles, comme les épicéas, remontent très ponctuellement de grandes quantités de terre quand ils sont couchés par le vent ; leur appareil racinaire se redresse alors à la verticale, entraînant temporairement des paquets de terre à plusieurs mètres au-dessus du sol (**Gobat et al., 2010**). Ceci est d'ailleurs indispensable au maintien de la fertilité des sols et à la régénération de certaines forêts de la côte pacifique américaine (**Paton et al., 1995**).

La racine permet au végétal, sans être immobile, de rester ancré sur son substrat, le sol. Puis, la racine assure l'alimentation de la plante en eau et en sels minéraux puisés dans le sol, la plante ne pouvant pas, par définition, se déplacer comme un animal, les racines sont là pour aller au-devant de la nourriture, dans un environnement donné (**Pelosi, 2010**). Le même auteur indique que la racine a aussi d'autres fonctions comme le stockage et la mise en réserve de nourriture et même parfois aussi le lieu de synthèse de nouvelles molécules.

On pourrait imaginer que la plante, de part cette immobilité, subit son environnement, c'est vrai mais seulement en partie car la racine est aussi capable de piloter son environnement proche (composé, notamment, des organismes du sol, faune et flore, micro et macro-organismes, trois acteurs entrent ainsi en relation : les racines, le sol et les organismes qui y vivent) en sa faveur (**Pelosi, 2010**).

Killham (1994), a confirmé que les mouvements issus de la croissance des racines sont également source de bioturbation. En effet, alors que la racine pénètre dans le sol, celui-ci voit son propre volume déplacé et compressé par le sol alentour (**Killham, 1994**). Une zone de vide peut être formée autour de la racine, permettant le passage de l'eau, de nutriments ou de microorganismes (**Gobat et al., 2010**).

2.3. Les bactéries et les champignons

Les bactéries et les champignons de sol ont des capacités variées à minéraliser la matière organique et libérer ainsi des éléments minéraux qui pourront être utilisés par les plantes ou partir vers l'atmosphère (N_2 , N_2O , CH_4) ou dans les eaux de drainage (NO_3) (**Blanchart, 2010**). Le même auteur ajoute que certains champignons ont développé des associations très fortes avec des racines : les mycorhizes, qui facilitent le développement des plantes en les aidant à acquérir leurs nutriments.

Les micro-organismes sont tout aussi importants pour la productivité des plantes ; ce sont les organismes vivant dans le sol les plus abondants, et ils participent activement au cycle des éléments nutritifs et des matières organiques, à la fertilité des sols et à la régénération des sols, à et la santé et la production des plantes (FAO, 2000), plus de 90% des plantes dans le monde développent des associations symbiotiques avec au moins un type de mycorhizes. Il s'agit d'un champignon qui opère comme une extension naturelle du système d'enracinement de la plante (FAO, 2000). Cette association augmente la capacité de la plante à absorber des éléments nutritifs, elle la protège des organismes pathogènes, et augmente sa défense aux polluants et aux conditions défavorables du sol, telles que la déficience en eau, un faible pH et la température élevée du sol (FAO, 2000).

3. Les facteurs qui influencent sur les agents de bioturbation

La qualité et la quantité de la matière organique du sol (Curry, 1998) ainsi que le type de sol, le pH et les conditions climatiques sont des facteurs du milieu qui gouvernent fortement la présence des communautés lombriciennes dans les différents biotopes (Whalen et Parmelee, 1999). Eventuellement, La température et la teneur en eau du sol sont les variables environnementales clés qui influencent la croissance, la survie, la fécondité et l'activité des lombriciens (Sims et Gerard, 1999).

3.1. La température et l'humidité

L'eau demeure un facteur primordial pour la faune du sol ; son insuffisance, aussi bien que son excès peuvent être néfastes aux animaux (Bachelier, 1978). La température, l'humidité du sol sont les facteurs clés qui régulent l'abondance et l'activité des vers en milieu naturel (Sims et Gerard, 1999) et les populations lombriciennes répondent relativement rapidement à des variations de ces facteurs du milieu (Pelosi, 2008).

Le froid ralentit les activités des animaux et le gel contribue à la mort de nombre d'entre eux (ce qui, pour les parasites des végétaux, est fort utile), mais son action sur la faune des sols est peut-être surestimée, en dehors du fait qu'il existe des faunes d'été et des faunes d'hiver (Bachelier, 1978). La température influence notablement la rapidité de développement des vers de terre, ainsi que leur activité. Les vers de terre sont généralement tués si la température descend pendant quelques heures en dessous de leur point de congélation (Bachelier, 1978). La production des cocons par les lombrics devient quatre fois plus importante quand la température s'élève de 6C° à 16C°. Les cocons sont résistants aux conditions défavorables comme la sécheresse ou une modification de la température (Edwards et Bohlen, 1996).

L'activité de fouissage devient plus importante avec l'élévation de la température, le dessèchement du sol provoque la déshydratation du cocon, ce qui peut retarder le développement embryonnaire (**Gerard, 1967**).

3.2. Le pH du sol

Les vers de terre peuvent survivre dans une plage de **pH** allant de 5 à 9 (**Edwards, 1998**). D'après **Georg (2004)**, des chercheurs de Nouvelle-Écosse ont découvert que la plage de 7,5 à 8,0 était la meilleure, les vers sont généralement absents dans des sols très acides ($\text{pH} < 3.5$) et sont peu nombreux dans les sols à $\text{pH} < 4.5$ (**Curry, 1998**). Il existe un pH optimal pour chaque espèce (**Edwards et Bohlen, 1996**). La majorité des espèces de régions tempérées se trouvent dans des sols à pH compris entre 5.0 et 7.4 (**Satchell, 1967**).

3.3. La porosité du sol

De la porosité dépend dans le sol la circulation de l'eau, de l'air et de la faune par exemple un sol très compact, à faible porosité, s'oppose aux migrations verticales d'animaux sensibles aux variations de température et d'humidité, et en interdit ainsi l'existence (**Bachelier, 1978**). Le même auteur ajoute qu'il a été, par exemple, observé que les Doryphores (*Leptinotarsa decemlineata*), dans les sols lourds et humides, hibernent plus près de la surface que dans les limons sableux et les terres brunes. L'activité lombricienne affecte la porosité des sols, cette modification de la porosité va avoir une influence au niveau de la croissance des plantes en modifiant les échanges gazeux, la résistance à la pénétration racinaire, la composition biotique de la rhizosphère mais surtout l'infiltration et la rétention de l'eau (**Shipitalo et Le Bayon, 2004**). La création de galeries dans le sol, par les vers de terre, va fortement influencer la porosité de ce dernier ; un ver de terre creuse une galerie et modifie donc la porosité en créant de la macroporosité (**Peres, 2003 ; Pfiffner, 2013**).

Les pores ainsi formés seront remplis avec de l'eau ou de l'air et vont servir d'habitat à de nombreux organismes tel que des bactéries, des protozoaires ou encore des nématodes dans la phase aqueuse et des champignons, racines et microarthropodes dans la phase gazeuse (**Brown et al., 2000**). En plus d'influencer les habitats de ces organismes, la porosité du sol va également influencer la capacité de rétention de l'eau par le sol (**Gobat et al., 2010**). Les galeries stables et verticales des anéciques améliorent particulièrement nettement l'absorption, le stockage, l'infiltration et le drainage de l'eau dans le sol, ce qui contribue fortement à empêcher le ruissellement et l'érosion. On trouve dans les sols non labourés jusqu'à 150 tubes au m^2 , ce qui représente 900 mètres de galeries par m^2 sur 1 mètre de profondeur, ces galeries

verticales stabilisées par le mucus excrété par les vers de terre peuvent atteindre 3 mètres de profondeur dans les sols profonds, et même 6 mètres dans les terres noires, leur puissante musculature permet aux vers de terre anéciques de traverser les zones du sol faiblement compactées et d'améliorer ainsi l'écoulement vertical de l'eau (**Pfiffner, 2013**).

3.4. Le calcaire total

Pour leurs besoins physiologiques, de nombreux vers de terre préfèrent des milieux relativement riches en calcium (**Bedran, 2017**). Ces besoins seraient justifiés par le fonctionnement des glandes de Morren, qui sécrètent des carbonates de calcium sous forme de petites concrétions de calcaire, expulsées dans le tube digestif (**Bachelier, 1978**).

3.5. La matière organique.

D'après **Bedran (2017)**, les populations lombriciennes se nourrissent de la matière organique plus ou moins décomposée, à la surface ou dans le sol, dont la qualité, la quantité et la localisation sont des facteurs importants pour les vers de terre et dépendent surtout, des plantes cultivée (**Bedran, 2017**).

Lofs-Holmin (1983) a rapporté que la qualité et la quantité des résidus de culture retournés dans le sol sont essentielles pour le développement et la croissance des vers de terre.

L'effet négatif d'une diminution de la ressource trophique est souvent rapporté par **Edwards (2004)**.

La matière organique de sol (MOS) assure plusieurs fonctions et services écosystémiques et elle forme avec les argiles le « complexe argilo-humique » qui, grâce à ses charges de surface négatives, adsorbe une part des actions de la solution du sol (e.g. ions calcium, potassium, magnésium, sodium, etc...) (**Chenu et Barre, 2015**). Cette propriété, désignée, capacité d'échange cationique (CEC) contribue au stockage et à la mise à disposition ultérieure d'éléments nutritifs pour les plantes, la CEC permet en outre de lutter contre les pertes en éléments nutritifs par lixiviation, la MOS constitue également la source principale d'énergie et d'éléments nutritifs pour les organismes du sol (**Chenu et Barre, 2015**). Les organismes du sol (notamment les microorganismes) minéralisent la MOS et libèrent des ions et des molécules sous une forme soluble et assimilable pour bon nombre d'autres organismes comme les plantes (**Chenu et Barre, 2015**).

La MOS permet de ce fait le maintien de l'activité biologique du sol ainsi que la productivité des écosystèmes, une autre fonction assurée par la MOS est celle de l'amélioration des

propriétés physiques du sol en favorisant l'agrégation des particules du sol (**Chenu et Barre, 2015**).

3.6. La structure du sol

La distribution des vers de terre s'appuie en partie sur la texture du sol, tandis que leurs activités modifient leurs environnements, notamment la structure du sol (**Bedran, 2017**). Des expériences ont montré que l'introduction des lombriciens dans les sols dégradés (isolément ou en combinaison avec les plantes), augmente la porosité et la stabilité de la structure (**Zhang et Schrader, 1993**). La bioturbation est maintenant reconnue comme un processus important pour le fonctionnement du sol dans les systèmes de culture sans labour et à labour réduit. (**Piron et al., 2006**).

4. Bioturbation et évolution de la matière organique

a) L'alimentation et les rejets

Les vers de terre sont omnivores car, s'ils se nourrissent principalement des fragments de matériel végétal plus ou moins dégradés et incorporés dans le sol, ils ingèrent également des microorganismes vivants, des champignons, de la micro- et de la mésofaune vivante ou morte (**Pelosi, 2008**). On distingue deux régimes alimentaires chez les vers de terre : d'une part, les détritivores, qui se nourrissent de litière végétale et de racines mortes situés à la surface ou dans les horizons de surface, riches en matières organiques : principalement des anéciques et des épigés, et d'autre part, les vers de terre géophages qui ingèrent de grandes quantités de sol au niveau des horizons plus profonds (**Pelosi, 2008**). Ce sont essentiellement des endogés (**Edwards et Bohlen, 1996 ; Sims et Gerard, 1999**). La production journalière de rejets varie fortement entre espèces (**Pelosi, 2008**). En régions tempérées, la quantité journalière de sol qui transite dans le tube digestif d'un ver varie entre 0.08 et 0.50 g de sol sec/g ver pour les anéciques et entre 0.07 et 0.80 g de sol sec/g ver pour les épigés (**Pelosi, 2008**). Les vers endogés tropicaux excrètent quant à eux entre 1 et 7 g/jour pour les adultes et jusqu'à 35 g/jour pour les juvéniles (**Lavelle et Spain, 2001**). Les matières organiques (mortes ou vivantes) ingérées par les lombriciens sont dégradées et mélangées à la fraction minérale du sol durant le transit intestinal (**Pelosi, 2008**).

b) La création de middens

Certaines espèces comme de vers anéciques forment des amas au niveau de l'orifice de leur galerie, à la surface du sol (**Pelosi, 2008**). Ces structures, appelées middens (**Hamilton et**

Sillman, 1989) sont constitués de débris organiques plus ou moins enfouis à l'entrée des galeries et mélangés avec des turricules déposés à la surface. Les conditions de température et d'humidité régnant au sein de ces petits monticules entraînent un développement des activités microbiennes qui utilisent le substrat des composés facilement assimilables contenus dans les déjections des lombriciens et les fragments organiques (**Cluzeau et al., 2005**). Ces fragments organiques, partiellement dégradés, sont ensuite consommés par le ver occupant la galerie et progressivement enfouis au sein du profil (**Pelosi, 2008**).

II. Ecosystème

1. Définition

A l'origine, le concept d'écosystème a été forgé par Tansley (1935), dans le champ des sciences du vivant. Il a été alors défini comme « unité écologique de base constitué du milieu et des organismes qui y vivent », il désigné alors un ensemble formé par l'association d'un biotope (environnement biologique, géologique...), et de la biocénose (communauté d'êtres vivants), qui interagissent pour assurer son équilibre (**Delatour, 2015**).

Un *écosystème* est une unité écologique formée d'un biotope, ensemble de paramètres abiotiques (facteurs physico-chimiques), et d'une biocénose, ensemble des organismes qui y vivent, ainsi que des interactions établies entre les êtres vivants et avec leur milieu. Les écosystèmes, comme de nombreux systèmes étudiés dans la nature et la société, sont des systèmes ouverts, c'est-à-dire en relation avec leur environnement (**Goudard, 2007**).






Un écosystème inclut donc : le biotope, facteurs physico-chimiques du milieu (par exemple les paramètres abiotiques du sol et du climat : structure physique, température, intensité lumineuse, humidité, teneur en éléments chimiques et la biocénose, ensemble des êtres vivants, les relations entre les êtres vivants interactions biotiques les relations entre les êtres vivants et leur biotope, les relations entre l'écosystème et son environnement (**Goudard, 2007**).

Un écosystème se caractérise par une certaine stabilité, un équilibre que les interactions entre les organismes permettent de conserver **et** ceux-ci vivent en symbiose, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent pas vivre les uns sans les autres, par exemple dans l'océan, les requins se nourrissent de phoques qui, eux, consomment des harengs qui mangent du zooplancton (**Anonymes, 2018**). Si une espèce disparaît, c'est tout l'écosystème qui est en danger puisque la chaîne alimentaire est rompue. Si nous pouvons évoquer une certaine stabilité, l'écosystème est tout sauf statique (**Anonymes, 2018**). L'écosystème n'est pas statique, mais au contraire il est dynamique, en évolution perpétuelle (**Anonymes, 2018**). Dans tout système naturel, il est possible de distinguer deux grandes composantes un ensemble de conditions physiques et chimiques, relativement homogènes sur une aire géographique donnée, à un instant (les conditions climatiques, par exemple, variant bien évidemment selon les heures de la journée et des saisons), qui constitue le biotope un certain nombre d'êtres vivants peuplant ce biotope Bactéries, Champignons, végétaux, animaux que nous dénommerons biocénose, pour

l'écologie, l'unité de base de cet ensemble est constituée par la population, celle-ci étant définie comme l'ensemble des organismes appartenant à la même espèce (Anonymes, 2018).

Les écosystèmes se déclinent en plusieurs types (Tab. 2), nous nous intéressons dans notre étude qu'aux écosystèmes terrestres.

Tableau 2. Exemples de classement des différents types d'écosystèmes à partir du biotope.

Biotope	Écosystème	Exemple
Forêts tempérées, forêts humides, forêts tropicales	Écosystèmes forestiers	
Prairies, cultures, steppes et savanes	Agroécosystèmes	
Océans et mers	Écosystèmes océaniques	
Rivières et fleuves	Écosystèmes lotiques	
Lacs et étangs	Écosystème lentiques	

Source : <http://www.teteamodeler.com/ecologie/biologie/ecosysteme/classement.asp>

2. Ecosystème terrestres

Le propre des écosystèmes terrestres est d'être formé par des espèces animales, végétales en interaction avec leur milieu physique et chimique, c'est une notion en apparence simple mais, pour plusieurs raisons, assez difficile à préciser et à quantifier (**Mbongo, SD**).

2.1. Les différents écosystèmes terrestres

Il existe plusieurs types d'écosystèmes terrestres. On peut citer par exemple : les écosystèmes forestiers, les savanes, les steppes, les écosystèmes agricoles, les écosystèmes naturels...

D'après (**Elodie, 2017**), **les écosystèmes forestiers** sont des arrangements tridimensionnels complexes basés sur une organisation horizontale et verticale de peuplements d'arbres qui, le plus souvent, n'appartiennent ni à la même espèce ni à la même génération, cette organisation s'étage entre le sol et la surface de la canopée qui représente une fine couche de végétation, ondulant de proche en proche, et qui sépare d'un côté le sous-bois ombragé et tamponné, et de l'autre le milieu extérieur soumis à un fort ensoleillement.

La savane est un type d'écosystème d'étendue herbeuse, de fourrés et boisements ouverts, en plaines basses, piémonts et plaines de montagnes, dans lequel se développent des relations particulières intra-spécifiques et interspécifiques, soumises à la dynamique climatique de l'habitat. Les recherches de **Cole (1986)** et la synthèse de **Bourlière (1983)** sur les écosystèmes des savanes, sont les apports significatifs dans ce domaine. Tous deux ont réalisé des études sur les relations écologiques qui existent dans ces écosystèmes (**Rafael, 2009**).

Selon **Maniere et Chamignon (1986)**, (**cité par Merouane, 2014**), le terme **steppe** évoque d'immenses étendues arides couvertes d'une végétation basse et clairsemée. **La steppe est un écosystème** caractérisé par une formation végétale hétérogène discontinue plus au moins dense, composée de plantes herbacées et arbustives xérophiiles de hauteur limitée, et par des sols généralement maigres à faible taux en matière organique (**Merouane, 2014**).

L'écosystème agricole est un écosystème humanisé et cultivé que l'on peut nommer aussi agrosystème, une vision raisonnée des relations de l'homme avec les autres espèces vivantes et de sa place dans la biosphère doit s'établir pour se projeter dans une vision optimiste de l'évolution de l'espèce humaine en harmonie avec ses environnements agricoles et urbains (**Hauttfeuille, 2017**). Du point de vue des écologues comme de celui des agronomes, le terme écosystème agricole désigne le système sol-plante de la parcelle, incluant les êtres vivants qui

y circulent (animaux d'élevage au pâturage, biodiversité animale sauvage), et les éléments semi-naturels (haies, arbres isolés, mares, bords de parcelle...), du point de vue géographique, les écosystèmes agricoles correspondent à l'ensemble des parcelles cultivées ou en herbe exploitées majoritairement pour l'agriculture, l'agriculteur agit sur cet écosystème au moyen de pratiques dans le but principal de produire de la biomasse, les écosystèmes fournissent quatre types de services au monde (INRA, 2017). La parcelle cultivée constitue un agroécosystème, c'est-à-dire un écosystème géré par l'activité agricole.



Figure 3. Exemples sur des écosystèmes agricoles (région El Mahmel)

Matériel et Méthodes

I. Présentation des périmètres d'étude

Pour quantifier la biodiversité des agents de bioturbation de sol dans différents agroécosystèmes, nous avons choisi trois sites situant à la région des Aurès, deux sites appartenant à la wilaya de Khenchela, répartis sur deux communes à vocation agricole, il s'agit d'une parcelle à la commune **d'El Mahmel (k)** cultivée en arbres fruitiers et une parcelle située à la commune **d'El Hamma (h)** considérée comme jachère. Alors que le troisième site est situé à la commune de **Foum El-Toub (ft)** (daïra d'Ichemoule) ; wilaya de Batna à la limitrophe de la wilaya de Khenchela ; c'est une parcelle cultivée en céréaliculture (**Fig. 4**).

Le climat de la région est de type semi-aride avec un Hiver froid et des saisons sèches à orages brutaux en Eté.

II. Méthodes d'étude de la faune du sol

Pour l'échantillonnage des agents de bioturbations nous avons utilisé deux méthodes :

- **Le piège de Barber** qui sert à l'échantillonnage des biocénoses d'invertébrés qui se déplacent à la surface de sol, comme les arthropodes de moyenne et de grande taille (**Benkhelil, 1991**). Elle consiste à installer des pots avec abris remplies à moitié par de l'eau avec quelques gouttes d'huile et deux pincées de sel de table. Dans chaque site huit pièges ont été installés durant une semaine et séparés par des intervalles d'environ de cinq mètres et après une semaine, le contenu de chaque piège est collecté dans un flacon libellé contenant de liquide du **Pampel** pour la conservation. Toute la faune collectée a été identifiée au niveau de laboratoire en utilisant des guides d'identification.

- La deuxième méthode de collecte de la faune est **le tri manuel** qui consiste à prélever des monolithes des sols de 25*25*30 cm et à trier manuellement le sol afin d'y collecter la macrofaune (individus dont le diamètre est supérieur à 2 mm). Ces monolithes ont été séparés en deux parties : 0-5cm et 5-30 cm de profondeur (**Fig. 5**), dans lesquelles ont été récupérés les macroinvertébrés. Les prélèvements ont été effectués en décembre et en avril dans les trois sites. Dans chaque parcelle, sept monolithes ont été prélevés à cinq mètre d'intervalle, le long d'une ligne diagonale dont la direction a été choisie au hasard (**Fig. 5**). Permettant ainsi d'obtenir un échantillonnage le plus exhaustif possible de la macrofaune présente, du point de

vue de la diversité. Pour éviter tout effet bordure, l'ensemble des prélèvements a été effectué à l'intérieur des parcelles, à 1m au moins des bordures, Une bêche a été utilisé pour faciliter le

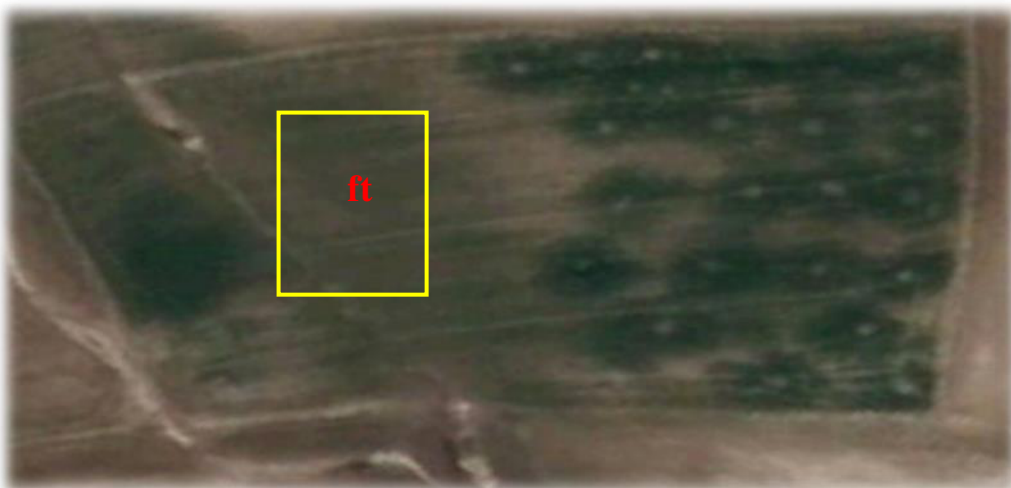
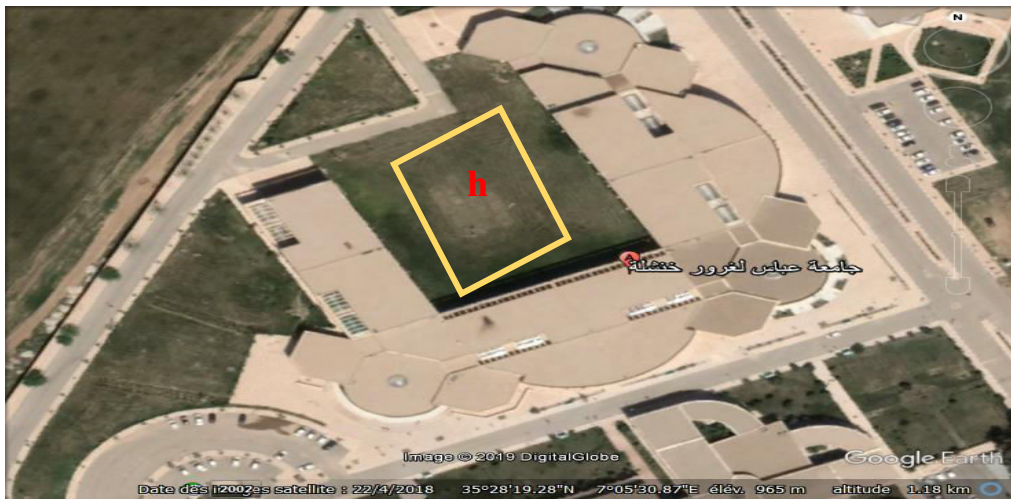


Figure 4. Vue satellitaire des trois sites de haut en bas : El Mahmel (k), El Hamma (h) et Foum El Toub (ft)

travail ; un tri manuel a été réalisé sur le volume de chaque strate de bloc de sol (0-5cm et 5-30cm). Nous avons collecté tous les invertébrés visibles à l'œil nu puis on les a conservés dans une solution **Pampel**. Puis ces invertébrés sont nettoyés et identifiés et classés en unités taxonomiques (ordre et / espèce) au laboratoire.

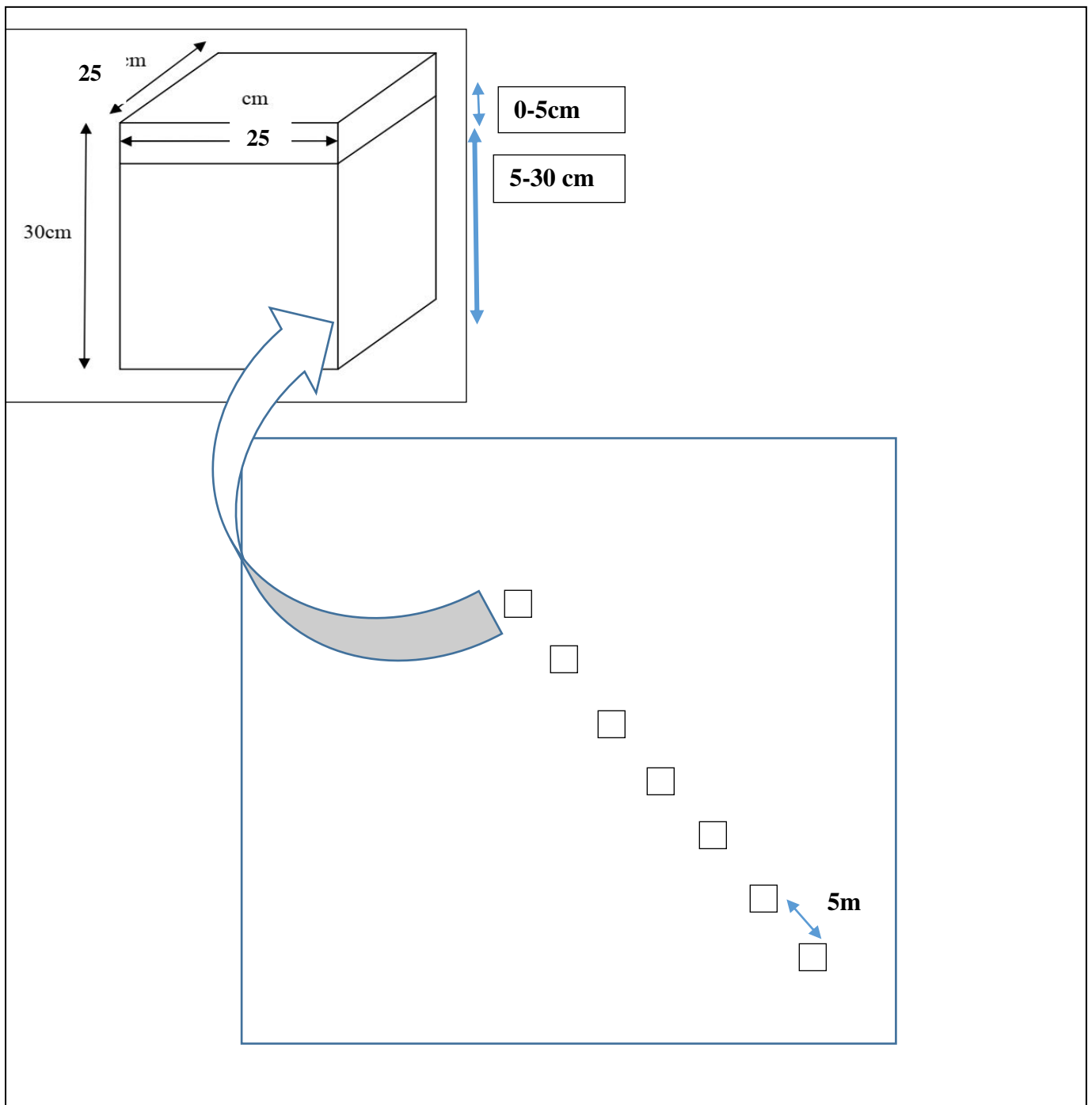


Figure 5. Schéma de la méthode de prélèvement de la pédofaune pour le tri manuel et un monolithe prélevé, avec horizons délimités.

La figure (6) représente les deux méthodes de prélèvement de la pédofaune ainsi que quelques individus collectés.





Figure 6. Présentation de monolithes et pièges de Babar et quelques pédofaune collectés.

III. Méthodes d'analyse des paramètres pédologiques

En parallèle de l'extraction de la pédofaune par le tri manuel des monolithes de chaque profondeur (**0-5 cm et 5-30 cm**), nous avons prélevé dans chaque profondeur une quantité de sol de 250 à 500 g pour effectuer les analyses physico-chimiques de sol.

Après prélèvement, les échantillons de sol sont séchés à l'air libre puis tamisés à un tamis de 2mm de diamètre pour déterminer quelques caractéristiques physico-chimiques de sol.

La densité apparente a été mesurée par la méthode des cylindres métalliques, sur la couche superficielle seulement, pour calculer la porosité sur la base de densité réelle égale à $2,6 \text{ g/cm}^3$.

La teneur en eau est mesurée par séchage d'un volume du sol à l'étuve à 105C° , puis nous avons appliqué la relation suivante $\text{TE}\% = ((\text{PH}-\text{PS}) / \text{PS}) * 100$.

La granulométrie a été analysée par la méthode approximative de sédimentation (test de Bocal).

Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre dans une solution de sol de 1 / 2.5, agitée pendant 30 minutes.

La conductivité électrique (CE) a été mesuré à l'aide d'un conductimètre dans une solution de sol de 1 / 5, agitée pendant 30 minutes.

Le calcaire total a été mesuré à l'aide d'un **calcimètre de Birbard**.

La matière organique (MO) a été estimée par le dosage de l'un de ses constituants : le carbone organique en utilisant la méthode de **Walkly et black** qui se base sur l'oxydation à froid du carbone par le bichromate de potassium en milieu acide. La matière organique est calculée selon la relation suivante : $MO\% = 1.75 * C\%$.

Pour la matière organique nous avons réalisé trois répétitions pour chaque échantillon et nous avons calculé la MO par la moyenne des trois répétitions.

La figure (7) représente quelques étapes des analyses physicochimiques réalisés au niveau des laboratoires de la faculté.



Figure 7. Quelques étapes des analyses physicochimiques de sol réalisés A) Dosage de MO. B) Cylindre pour la mesure de la Da. C) Mesure de la granulométrie. D) Mesure là CE. E) Mesure du pH. F et G) Mesure du calcaire totale su sol

Conclusion

Ce travail a été entrepris dans l'objectif d'évaluer la biodiversité de la pédofaune considérée comme agents de bioturbation de sol. Il a pour cadre naturel trois agroécosystèmes différents à savoir une parcelle cultivée en arbre fruitier, une deuxième parcelle considérée comme jachère non travaillée et la troisième cultivée en céréaliculture.

Deux volés ont été traités dans cette investigation : les caractéristiques physico-chimiques des sols et la pédofaune bioturbatrice. Dans deux saisons et trois sites.

Pour caractériser les sols, nous avons mesuré quelques paramètres à savoir : la teneur en eau, la porosité, la granulométrie, le pH, la CE, le Calcaire et la matière organique. Les résultats ont montré que les sols ont un pH neutre à alcalin. La conductivité électrique est généralement faible pour les trois sites, mais plus faible pour le site (ft). La teneur en eau est plus élevée pour le site (k), la porosité est plus élevée pour les deux sites (k) et (h) et plus faibles pour le site (ft). La texture du sol des différents échantillons prélevés des site (k) et (ft) est limino-sableuse, par contre la texture du sol du site (h) est argilo-sableuse en hiver, alors que la texture est presque limino-sableuse pour les trois sites (k), (h) et (ft) au printemps. Le pourcentage du calcaire est plus élevé dans les deux sites (k) et (h) en hiver. Le taux de matière organique est plus élevé dans le site (k).

Pour l'échantillonnage des agents de bioturbations nous avons utilisé deux méthodes : **les pièges de Barber** et la méthode de **tri manuel** toujours dans les deux saisons hiver et printemps et pour les trois sites qui représentent trois agroécosystèmes différents.

Au total nous avons récolté 302 individus avec une grande variation entre les trois sites : el hamma (64 individus) > fou el toub (114 individus) > el mahmel (123 individus). Notre inventaire englobe un total de 31 espèces réparties sur deux embranchements et trois classes et 24 familles. La classe insecte est la plus dominante avec neuf ordres et dix-sept familles. C'est le site (k) considéré le plus riche en matière organique qui a enregistré la plus grande biodiversité de la pédofaune. Ce qui indique que l'agroécosystèmes des arbres fruitiers à augmenter la richesse de sol en matière organique et cette dernière à influencer sur l'abondance et la biodiversité des agents de bioturbation.

Pour confirmer ces résultats il est préférable d'étaler la période de travail sur toute l'année.

Résumé

La bioturbation est une activité très importante qui assure le déplacement des matières dans le sol. L'objectif de ce travail est d'évaluer la biodiversité des agents de bioturbation de sol. Il a pour cadre naturel trois agrosystèmes différents à savoir une parcelle cultivée en arbre fruitier., une deuxième parcelle considérée comme jachère non travaillée et la troisième cultivée en céréaliculture.

Pour cela nous avons réalisé une caractérisation physico-chimique des sols et inventorié la pédofaune bioturbatrice, dans deux saisons et trois sites.

Au total nous avons récolté 302 individus avec une grande variation entre les trois sites : (h) (64 individus), (ft) (114 individus) > (k) (123 individus). Notre inventaire englobe un total de 31 espèces réparties sur deux embranchements et trois classes.

Le site (k) cultivé en arbres fruitier est le plus riche en matière des agents de bioturbation et même en matière organique

Mots clés : agent de bioturbation, sol, agroécosystèmes, caractéristiques physicochimiques des sols

الملخص

حركية المادة في التربة هو نشاط مهم للغاية تضمنه الحيوانات الصغيرة التي تعيش داخل التربة. الهدف من هذا العمل هو تقييم التنوع البيولوجي للحيوانات الصغيرة التي تعيش داخل التربة وتضمن حركية المادة داخلها.

انجزت هذه الدراسة في ثلاثة أنظمة زراعية مختلفة، وهي حقل مزروع بأشجار الفاكهة، وأرض غير مزروعة، وحقل حبوب.

لهذا الغرض، قمنا بتنفيذ توصيف فيزيائي-كيميائي للتربة وقمنا أيضا بجرد حيوانات التربة في موسمين وثلاثة مواقع.

في المجموع قمنا بإحصاء 302 حشرة مع اختلاف كبير بين المواقع الثلاثة. مقسمة على 31 نوع، شعبتين و3 أقسام.

الحقل المزروع بالأشجار المثمرة كان الأكثر غننا بالمادة العضوية والتنوع الحيوي.

الكلمات المفتاحية: الحيوانات الصغيرة التي تعيش داخل التربة، التربة، النظم الايكولوجية الزراعية، الخصائص الفيزيائية الكيميائية للتربة.

Résultats et discussion

I. Les propriétés hydro physiques et chimiques de sol

I.1. La teneur en eau

La teneur en eau représente le pourcentage d'eau dans le sol. Concernant la première saison (Hiver), pour le site d'El Hamma (h), les valeurs de la teneur en eau varient entre 3.65 % et 16.45 % ce qui indique des valeurs de très faibles à faibles de l'humidité du sol, pour les deux autres sites nous n'avons pas réalisé la mesure de ce paramètre (**Fig. 8**).

Concernant la seconde saison de printemps, les valeurs de la teneur en eau varient entre 23.95 % et 39.26 % dans le site d'El Mahmel (k) cela indique une bonne humidité du sol, alors que pour les deux autres sites (h) et Foum El Toub (ft), l'humidité est considérée comme faible où les valeurs de la TE varient entre 9.92 % et 18.59 % et entre 9 % et 20.88 pour le site (h) et (ft) respectivement (**Fig. 8**).

L'humidité du sol a une influence sur les variations de température en fonction de la profondeur et du temps et pour la pédofaune, l'eau est un facteur primordial, l'excès comme l'insuffisance lui est néfaste et en fonction de son affinité envers l'eau, on distingue la faune hydrobionte, la faune hygrobionte et la faune xérophile qui supporte la sécheresse (**CAS DAR, 2007**).

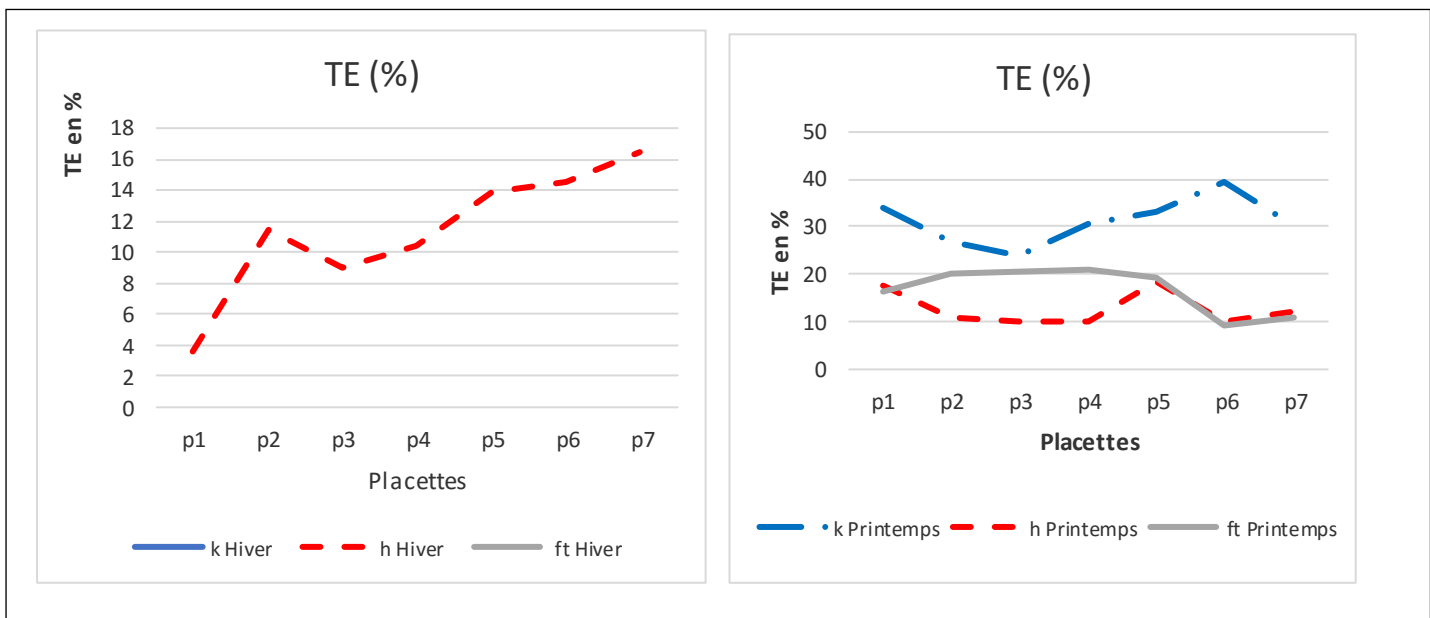


Figure 8. Variation de la teneur en eau (TE en %) dans les sites étudiés et dans les deux saisons d'étude.

I.2. La porosité

La porosité est un paramètre très sensible à la faune du sol. Les valeurs de la porosité calculées à partir de la densité apparente représentée sur la **figure (9)** révèlent une variation importante dans l'espace.

La plage des variations varie entre 0.45 % et 0.33 % dans le site (h) en hiver ;

Alors que pour la seconde saison de printemps, les valeurs varient entre 0.31 % et 0.62 % pour le site (k) cela indique un sol de légèrement aéré à très bien aéré. Alors que pour le site (h), les valeurs de la porosité varient entre 0.37 % et 0.47 % cela indique que le sol de ce site possède une porosité moyenne à bonne, par contre le troisième site (ft), les valeurs de la porosité sont très faibles ce qui indique un sol compacté (les valeurs varient entre 0.14 % et 0.26 % (**Fig. 9**).

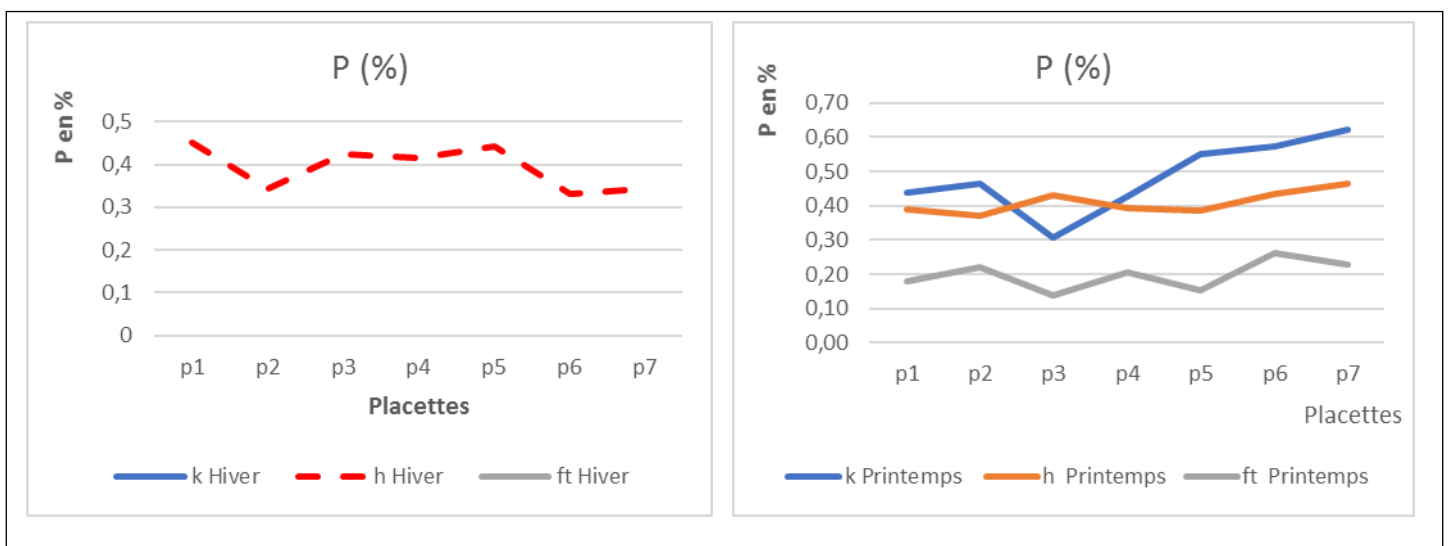


Figure 9. Variation de la porosité (P en %) dans les sites étudiés et dans les deux saisons d'étude.

I.3. La granulométrie

En utilisant le graphique triangulaire connue sous le nom de triangle de texture, illustré dans la figure (10), nous avons déterminé la classification de la texture du sol.

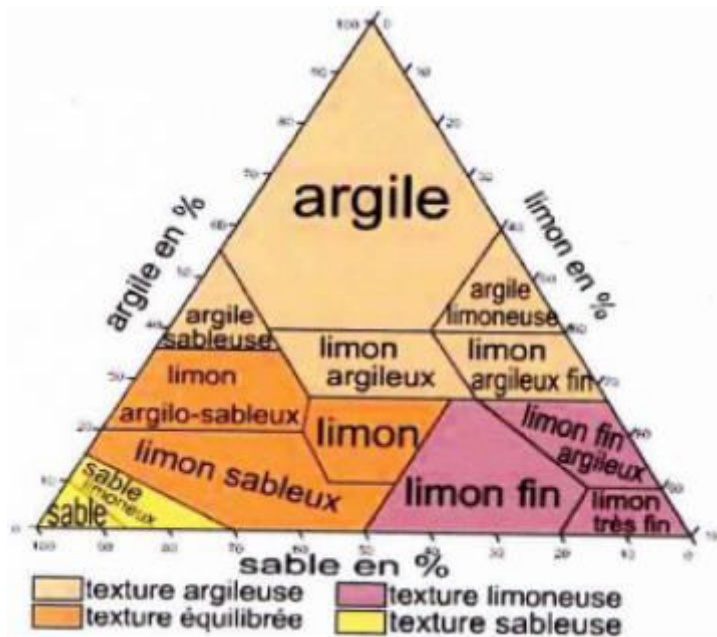


Figure 10. Triangle de texture (Duchaufour, 1997)

a) Hiver

Selon les résultats de l'analyse granulométrique qui figurent dans le tableau (3), nous déduisons que la texture du sol des différents échantillons prélevés des site (k) et (ft) est limino-sableuse, par contre la texture du sol de site (h) est argilo-sableuse.

Tableau 3. Résultats de l'analyse granulométrique pour les échantillons prélevés en hiver pour les trois sites

Hiver		k			H			f t		
		S	L	A	S	L	A	S	L	A
1	0-5 cm	55,5	25,29	18,51	32,89	13,15	65,78	18,6	57,14	24,26
	5-30 cm	48,38	38,7	12,9	41,66	11,11	47,22	25	37,5	37,5
2	0-5 cm	37,03	55,15	7,4	38,7	16,12	45,16	55,55	33,33	11,11
	5-30 cm	62,5	25	12,5	50	26,66	23,33	20	64	16
3	0-5 cm	68,18	18,18	13,63	36,06	1,63	62,29	57,14	28,57	14,28
	5-30 cm	38,46	30,76	30,76	36,66	0	63,33	51	37,5	11,5
4	0-5 cm	62,5	20,83	16,66	40,67	23,72	47,45	51	37,5	11,5
	5-30 cm	61,9	23,8	14,2	40	13,33	46,66	51	37,5	11,5
5	0-5 cm	57,69	23,07	19,23	58,62	24,13	17,24	57,14	28,57	14,28
	5-30 cm	57,14	23,8	19,04	29,41	23,52	47,05	57,14	28,57	14,28
6	0-5 cm	65,21	21,73	13,04	32,25	41,93	25,8	50	25	25
	5-30 cm	68,18	22,72	9,09	26,31	21,05	52,63	20	50	30
7	0-5 cm	41,66	41,66	16,66	20	16,66	63,33	45	43,5	11,5
	5-30 cm	50	36,36	13,63	27,77	38,88	33,33	50	37,5	12,5

b) Printemps

Concernent les résultats de l'analyse granulométrique de la seconde saison de printemps la texture est presque limino-sableuse pour les trois sites (k),(h),(ft) (**Tab. 4**).

Tableau 4. Résultats de l'analyse granulométrique pour les échantillons prélevés au printemps pour les trois sites

Printemps		K			H			Ft		
		S	L	A	S	L	A	S	L	A
1	0-5 cm	35.71	35.71	28.57	43.47	26.08	30.33	35.71	50	14.28
	5-30 cm	57.14	33.33	9.52	41.76	29.41	29.41	33.33	40	26.66
2	0-5 cm	40	40	20	60	24	16	55.55	5.55	38.88
	5-30 cm	71.42	21.42	7.14	50	20	30	52.62	21.05	26.31
3	0-5 cm	55.55	27.77	16.66	50	30	20	7.33	60	30.66
	5-30 cm	66.66	26.66	6.66	4.5	45.45	50	33.33	37.5	31.25
4	0-5 cm	41.66	41.66	16.66	50	15	35	66.66	20	13.33
	5-30 cm	33.33	60	6.66	60	6.66	33.33	37.03	40.74	22.28
5	0-5 cm	41.66	50	8.33	41.66	37.5	20.83	52.94	17.64	29.41
	5-30 cm	55	35	10	52.63	31.57	15.78	50	30	20
6	0-5 cm	63.63	18.18	18.18	50	18.75	31.25	58.82	5.88	35.29
	5-30 cm	65	15	20	41.66	41.66	16.6	31.2	31.25	37.5
7	0-5 cm	57.41	23.8	19.04	66.6	26.66	6.66	47.36	26.31	26.31
	5-30 cm	50	30	20	52.65	21.05	26.31	69.23	7.69	23.07

I.4. Le pH

Le pH, abréviation de "potentiel hydrogène" est un indice de la concentration des ions hydrogène (**Chelakh, 2018**).

Pour l'hiver, les valeurs de pH des trois types de sol ne présentent pas des différences remarquables et la plage de variation est comprise entre 7.5 et 8.14 de site (k) et 7.5 et 8.11 pour le site (h) et 7.7 et 8 pour le site (ft) (**Fig. 11**). Ces résultats indiquent que les sols des trois sites étudiés varient de légèrement alcalin à alcalin.

Alors que pour les échantillons prélevés dans la seconde saison de printemps les valeurs de pH indiquent que les sols varient de neutre à alcalin où les valeurs varient entre 7.03 et 8.13 pour le site (k) entre 6.96 et 8.13 pour le site (h) et entre 7.11 et 7.92 pour le site (ft) (**Fig. 11**).

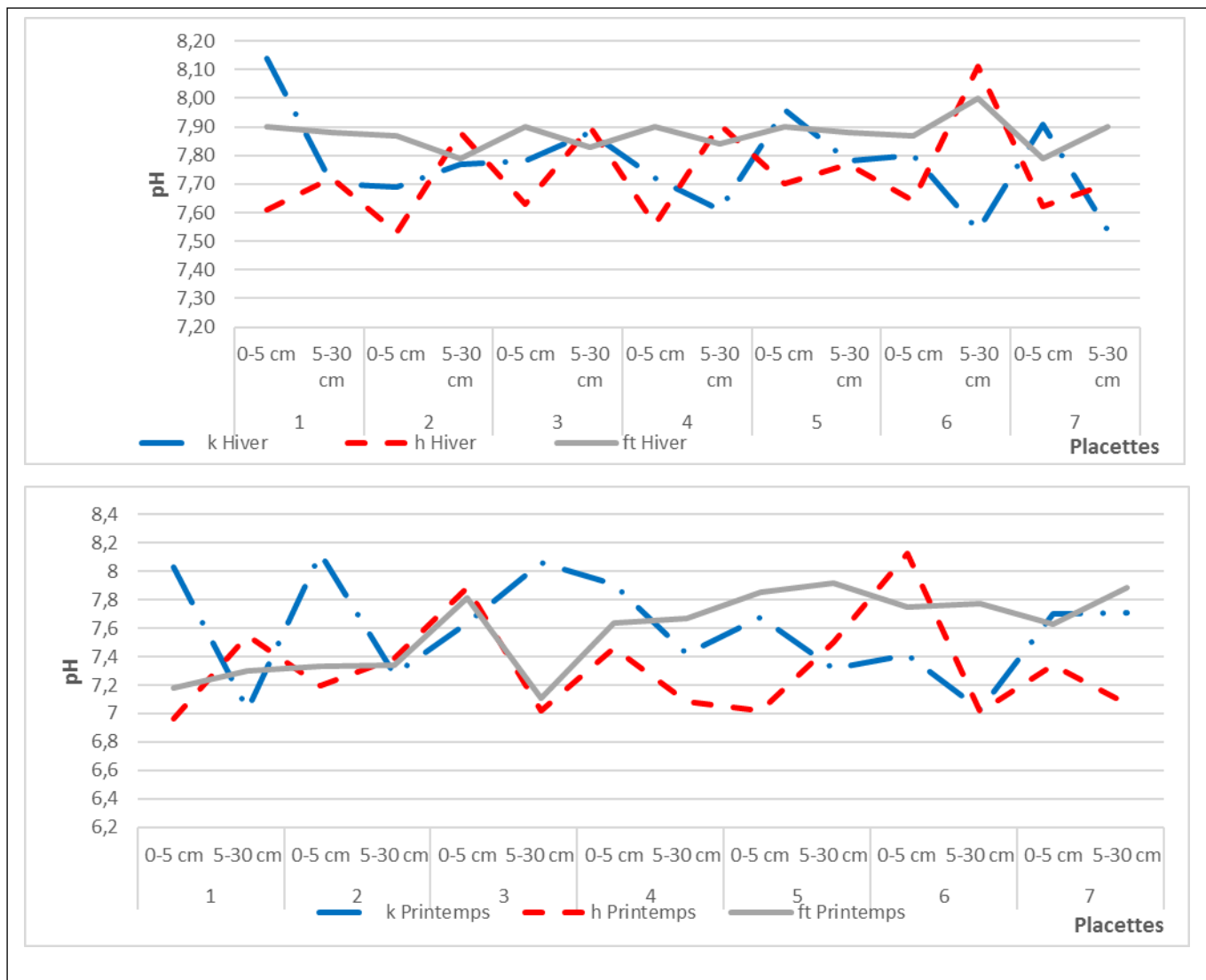


Figure 11. Variation des valeurs de pH dans les sites étudiés et pour les deux saisons d'étude.

I.5. La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique (CE) est un paramètre très important pour indiquer la salinité des sols. Les résultats montrent que la CE est faible dans les trois sites étudiés. Les valeurs varient entre 83 et 204 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le site (k), entre 106 et 205 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le site (h) et entre 45 et 64 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{cm}$ pour le site (ft) (**Fig. 12**) ce qui signifie que les sols des trois sites de prélèvements en hiver n'ont pas un caractère salin.

Alors que pour la deuxième saison de printemps, les valeurs de la CE ont présentés une élévation importante pour le deuxième et le troisième site, où les résultats représentés sur la figure (12) révèlent une variation entre 90.30 et 230 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le site (k), entre 153 et 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le site (h), 85 et 620 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le site (ft), mais généralement ces valeurs n'indiquent pas un caractère salin des sols étudiés.

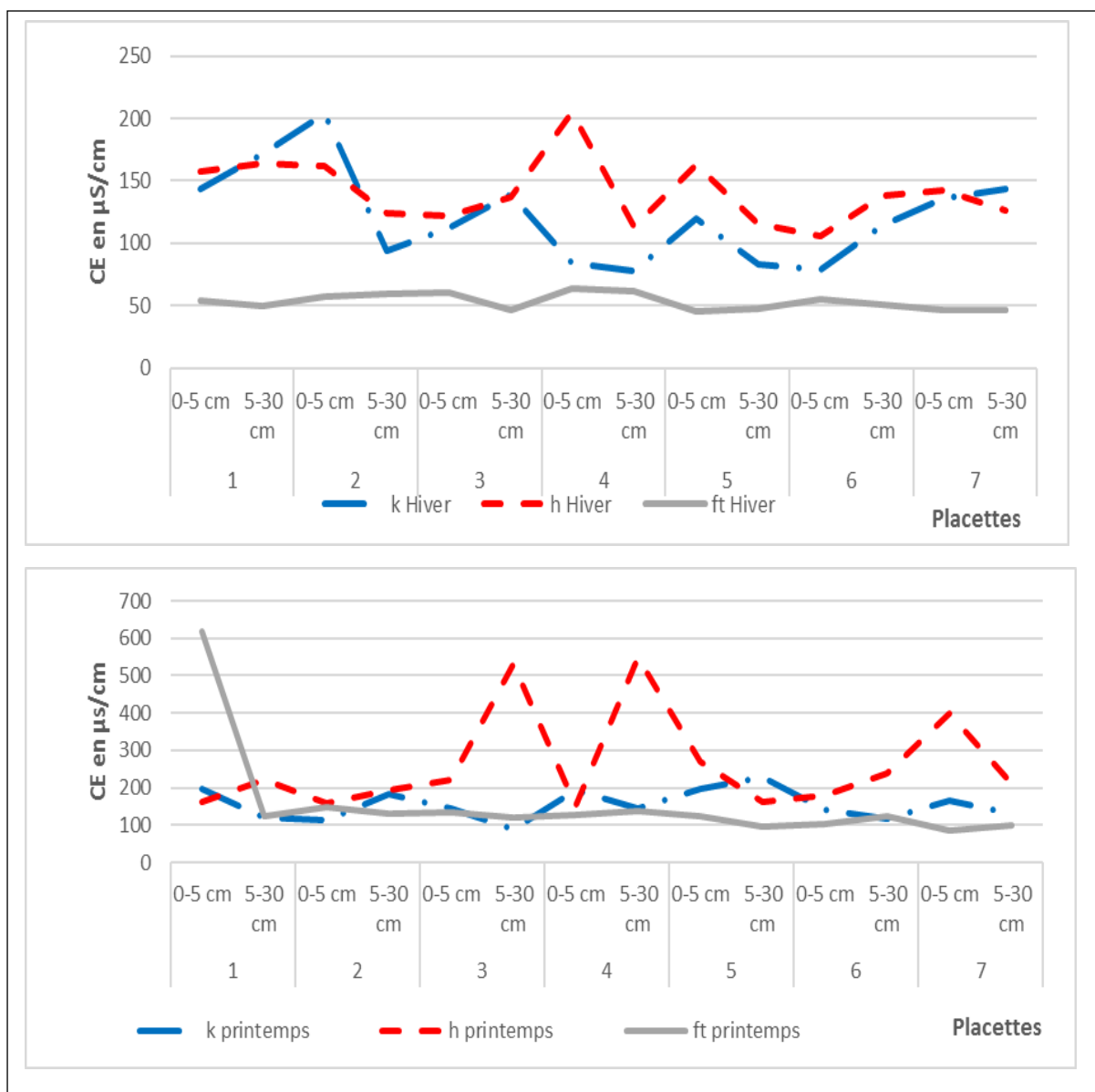


Figure 12. Variation des valeurs de la conductivité électrique (CE) dans les sites étudiés et pour les deux saisons d'étude.

I.6. Le calcaire total

Le calcaire total est l'ensemble du calcaire de sol représenté sous toutes dimensions (toutes les tailles) et sa quantité dans le sol peut être déterminée après sa dissolution par un acide moyennement concentré (Mahwachi, 2008).

Les résultats de la mesure du calcaire totale du sol (CaCO_3) pour les trois sites étudiés pour la première saison (hiver) montrent que pour le site (k) les valeurs oscillent entre 8 % et 22 % alors que pour le site (h) les valeurs sont comprises entre 8 % et 10 % et entre 3 % et 15 % pour le site (ft) (Fig. 13).

Concernant la seconde saison de printemps, les résultats d'analyse du calcaire totale pour les trois sites étudiés varient entre 17 % et 25 % pour le site (k) entre 5 % et 20 % pour le site (h) et entre 8 % et 25 % pour le site (ft). Alors ces résultats indiquent que le site notablement calcaire dans les deux saisons c'est le site (k) (Fig.13)

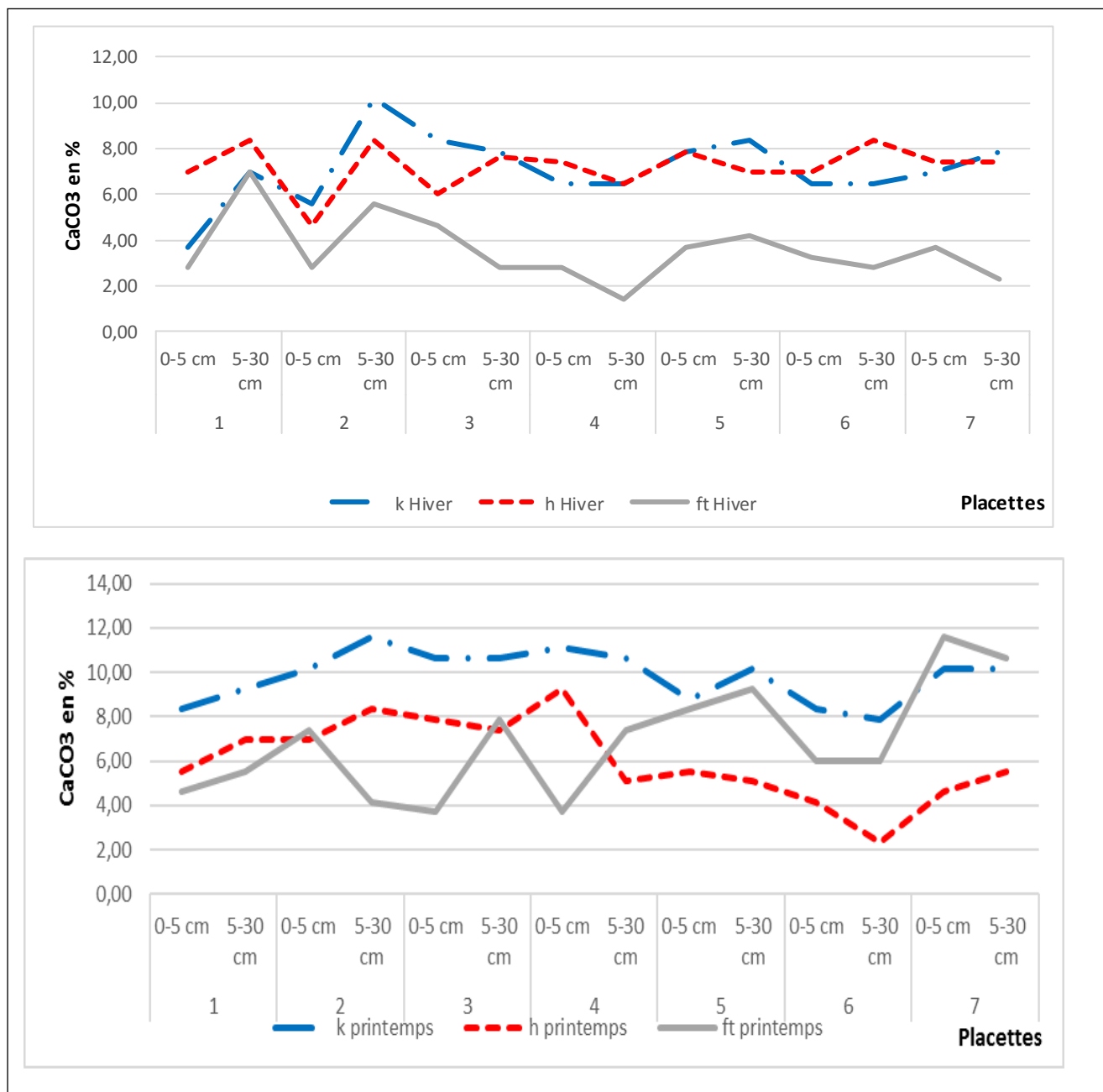


Figure 13. Variation des valeurs du calcaire total (CaCO₃) dans les sites étudiés et dans les deux saisons d'étude

I.7. La matière organique du sol (MOS)

Les résultats de l'analyse de la matière organique des échantillons de sol dans la première saison (hiver) montrent que les teneurs de la matière organique pour le site (k) varient entre 3.74 % et 44.70 % cela indique que le site (k) est très riche en matière organique par contre pour les deux autres sites (h) et (ft) les valeurs varient entre 0 % et 8,49 % et 1,3 % et 11,37 % **(Fig. 14)**.

Alors que pour la seconde saison de printemps nous remarquons que des valeurs de la matière organique sont toujours élevés pour le site (k) (entre 4.47 % et 33.44 %) alors que pour les deux autres sites (h) et (ft), les valeurs oscillent entre 2.79 % et 16.77 % pour le site (h) et entre 0 % et 8.38 % pour le site (ft) **(Fig. 14)**. Donc ces résultats indiquent que pour les deux saisons le site (k) est le plus riche en matière organique.

La matière organique joue un rôle important sur l'augmentation de la biodiversité de la pédofaune car elle constitue une source de nourriture très importante.

Reeves (1997) indique que le carbone organique est un indicateur clé de la qualité du sol,

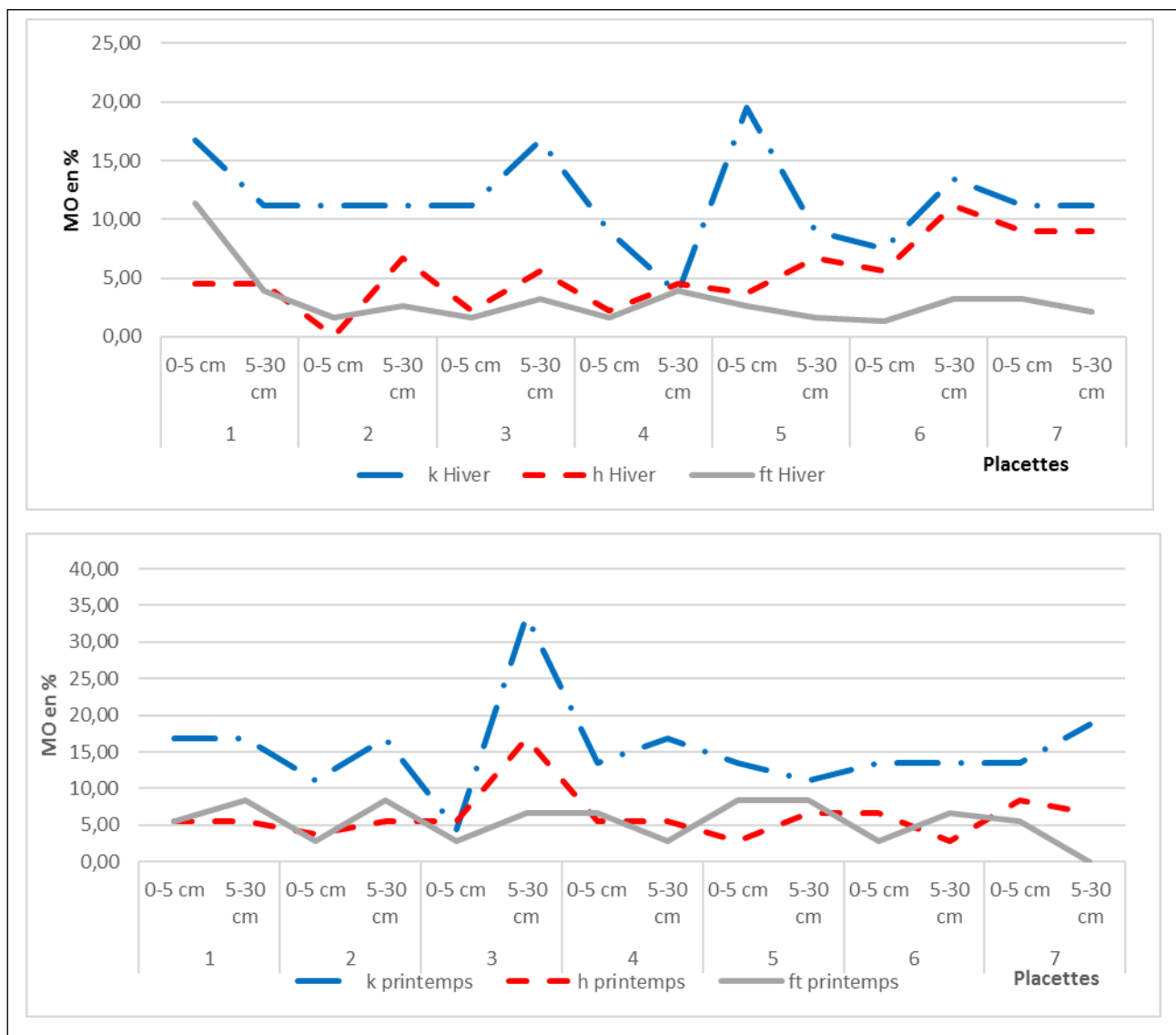


Figure 14. Variation des valeurs de la matière organique du sol (MOS%) dans les sites étudiés et dans les deux saisons d'étude

II. La faune su sol

La faune du sol désigne l'ensemble des invertébrés (annélides, acariens, insectes, ...) qui participent à la transformation de la matière organique en humus (**Anonyme, 2019**), ainsi que le déplacement de cette matière dans le sol.

Dans la faune du sol, il y a des espèces qui passent le cycle complet de leur vie dans le sol, comme les vers, les Acariens ou les Collemboles, et des espèces qui n'y passent qu'une partie leur existence (**Bachelier, 1978**).

Dans cette partie nous allons présenter les résultats de toute la faune collectée lors de nos recherches, avec les deux méthodes piège de barber et les blocs.

Au total nous avons collecté un nombre total de 302 individus ce qui est considéré comme une abondance très faibles pour trois sites. Et le nombre d'individus le plus élevé est collecté par la méthode de pièges de Barber (Tab.5).

Pour le prélèvement de l'hiver l'abondance la plus élevée est enregistrée pour le site (k) 64 individus, suivi par le site (ft) 52 individus, alors que la plus faible est enregistrée pour le site (h) avec 42 individus. Pour le prélèvement du printemps, l'abondance est presque similaire pour le site (k) et (ft), mais plus élevée en (ft) avec une différence de trois individus. Alors que le site (h) est toujours le site qui a enregistré le nombre le plus faible d'individus. Cela peut être lié aux conditions climatiques lors des prélèvements où il faisait plus chaud lors du prélèvement de l'hiver, alors que durant le prélèvement du printemps il faisait plus froid.

Dans les trois cent-deux (302) individus collectés nous avons inventorié dix (10) ordres, Vingt-quatre (24) familles, et trente-et-une (31) espèces réparties sur deux (2) embranchements et trois (3) classes.

Dans le premier site (k) nous avons dénombré un totale de Cent vingt-trois (123) individus appartenant a trois (3) classes (**Oligocheta, Arachnida et Insecta**) et dix (10) ordres (**Haplothaxida, Aranea, Diplura, Protura, Dermaptera, Heteroptera, Homoptera, Coleoptera, Hymenoptera et Lepidoptera**). La classe **d'insecta** est la plus dominante en nombre d'ordre avec huit (8) ordres, alors que pour les deux classes de **Arachnida** et **Oligocheta** un seul ordre seulement est collecté pour chacune. (**Tab.6**). Pour ce site la fréquence la plus élevé est enregistrée pour l'espèce *Macrosiphum sp.* (25.2%) avec 29 espèces inventoriées.

Pour le deuxième site (h) nous avons collecté soixante-cinq (65) individus. La classe **insecta** est la plus dominante en nombre d'ordre huit (8) ordres, alors que les deux classes de

Arachnida et Oligocheta sont représenté par un seul ordre pour chaque classe comme pour le premier site.

Tableau 5. Abondance totale de la faune de sol collectées par les deux méthodes dans les trois sites

		Site (k)	Site (h)	Site (ft)	Total
Hiver	Bloc	20	11	16	47
	Piège	44	31	36	111
Printemps	Bloc	13	10	13	36
	Piège	46	13	49	108
Total	Bloc	33	21	29	83
	Piège	90	44	85	219
Total général		123	65	114	302

La fréquence la plus élevée pour ce site est enregistrée pour les deux espèces *Macrosiphum euphorbiae* (23.08%) et *Fourmicidae sp. ind.* (23.08%) avec seulement 18 espèces inventoriées.

Pour le dernier site (ft) nous avons enregistré un total de Cent quatorze (114) individus avec 24 espèces inventoriées. Mais avec le même nombre d'ordre et de classe que les deux autres sites.

A partir des résultats précédant nous remarquons que le site (k) cultivé en arbre fruitier est le plus riche en abondance totale ainsi qu'il a enregistré la richesse spécifique la plus élevée suivi par le site (ft) cultivé en céréaliculture, alors que le site (h) considéré comme jachère est le site qui a présenté l'abondance et la richesse spécifique les plus faibles.

Tableau 6. Systématique, effectif total et fréquence (FA%) de la pédofaune collectée(Mem.Kelil)

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Espèce	Statut trophique	k		h		ft	
						Total	FA (%)	Total	FA (%)	Total	FA (%)
Annelida	Oligocheta	Haplothaxida	Lumbricidae	<i>Lumbricidae sp. ind.</i>	Omnivore	4	3,25	5	7,69	5	4,39
Arthropoda	Arachnida	Aranea	Araneidae	<i>Araneidae sp. ind.</i>	Omnivore	5	4,07	0	0,00	5	4,39
	Insecta	Diplura	Diplura	<i>Diplura sp. ind.</i>	Omnivore	1	0,81	2	3,08	1	0,88
		Protura	Protura	<i>Protura sp. ind.</i>	Omnivore	2	1,63	0	0,00	1	0,81
		Dermaptera	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i>	Omnivore	1	0,81	6	9,23	0	0,00
				<i>Forficula sp.</i>	Omnivore	1	0,81	0	0,00	10	8,77
				<i>Anisolabis sp.</i>	Omnivore	1	0,81	1	1,54	0	0,00
		Heteroptera	Anthocoridae	<i>Anthocoridae sp. ind.</i>	Omnivore	1	0,81	1	1,54	0	0,00
			Heteroptera	<i>Heteroptera sp. ind.</i>	Omnivore	1	0,81	0	0,00	0	0,00
		Homoptera	Cicadilledae	<i>Cicadilledae sp. ind.</i>	Phytophage	13	10,57	1	1,54	7	6,14
			Aphidiae	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	Phytophage	1	0,81	15	23,08	1	0,88
				<i>Macrosiphum sp.</i>	Phytophage	31	25,20	0	0,00	5	4,39
				Carabidae	<i>Carabidae sp. ind.</i>	Prédateur	2	1,63	1	1,54	1
			Coleoptera	Melyridae	<i>Melyridae sp. ind.</i>	Phytophage	3	2,44	3	4,62	1
		Elateridae		<i>Elateridae sp. ind.</i>	Phytophage	3	2,44	0	0,00	1	0,88
		Scarabaeidae		<i>Scarabaeidae sp. ind.</i>	Saprophage	2	1,63	2	3,08	2	1,75
		Geotrogidae		<i>Rhizotrogus sp.</i>	Phytophage	3	2,44	4	6,15	1	0,88
		Tenebrionidae		<i>Pimelia sp.</i>	Saprophage	0	0,00	2	3,08	0	0,00
				<i>Tentyria sp.</i>	Saprophage	1	0,81	2	3,08	1	0,88
				<i>Asida sp.</i>	Saprophage	1	0,81	0	0,00	2	1,75
		Brachyceridae		<i>Brachycerus sp.</i>	Phytophage	2	1,63	1	1,36	1	0,88
Chrysomelidae	<i>Chrysomelidae sp. ind.</i>	Phytophage		1	0,81	0	0,00	3	2,63		

		Curculionidae	<i>Curculionidae sp. ind.</i>	Phytophage	0	0,00	1	1,36	2	1,75	
		Coleoptera	<i>Coleoptera sp. ind.</i>	Omnivore	3	2,44	2	3,08	4	2,63	
		Hymenoptera	Ichneumonidae	<i>Ichneumonidae sp. ind.</i>	Parasitoide	2	1,63	0	0,00	1	0,88
				<i>Tapinoma sp.</i>	Omnivore	6	4,88	0	0,00	49	42,98
			Fourmicidae	<i>Fourmicidae sp. ind.</i>	Omnivore	13	10,57	15	23,08	5	4,39
				<i>Messor sp.</i>	Phytophage	14	11,38	0	0,00	0	0,00
			Myrimicidae	<i>Pheidole sp.</i>	Omnivore	2	1,63	1	1,36	3	3,63
			Hymenoptera	<i>Hymenopterae sp. ind.</i>	Omnivore	2	1,63	0	0,00	1	0,88
		Lepidoptera	Lepidoptera	<i>Lepidoptera sp. ind.</i>	Phytophage	1	0,81	0	0,00	1	0,88
Total					123	100,00	65	100	114	100,00	

Liste des abréviations

% : Pourcent

CE: conductivité électrique

Cm: centimètre

C ° : Degré Celsius

Tab :Tableau

Fig. : Figure

g : Gramme

INRA : institut national de la recherche agronomique

ml : Millilitre

MO : matière organique

PH : potentiel hydrique

X % : Pourcentage

pH : potentiel hydrogène

Da : densité a :pparente

TE : la teneur en eau

Ca : calcium

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

FA% : effectif total et fréquence

Références bibliographiques

A:

Ababsa N., 2016. Identification et quantification in situ des interactions entre la diversité faunique et la macro -bioporosité dans le contexte des prairies naturelles irriguées à l'eau usée. Influence sur le fonctionnement hydrique du sol. Thèse doc. Univ Sétif 129 pages

Anonymes., 2018. Qu'est-ce qu'un écosystème ? Publié le 26/11/2018
<https://www.geo.fr/environnement/quest-ce-quun-ecosysteme-193594>

B :

Braumann., 2000. Le sol vivant 3ème édition revue et augmenté. PPUR Presses polytechniques Amazon France , 820pages

Bblanchart E., 2010. IRD, biodiversité fonctionnelle des sols, un éclairage sur l'écologie des sols. Umr éco & sols, alter agri n°101

Bedran A., 2017. Les relations des vers de terre avec les facteurs abiotiques.

Bachelier G., 1978. La faune des sols. Son écologie et son action. O.R.S.T.O.M.PARIS 391pages.

Benkhelil., 1991. Cour de pédologie. .chapitre 2 milieux et méthodes d'étude. Univ Biskra. 35pages.

Brahica E., 2017. Les écosystèmes forestiers .633 pages

Briat J-F. & Job D., 2016. Les sols et la vie souterraine - Des enjeux majeurs en agroécologie. Editions Quae – Collection Synthèses, 324 pages..

C :

Chenu C . et Barre P., 2015. Matière organique stable du sol : dynamique et mécanismes de (dé)stabilisation. Thèse doc. Université Pierre et Marie Curie 139 pages.

Cécile M., 2014. Effets de la bioturbation sur la diversité des communautés bactériennes du sédiment : approches expérimentale et in-situ : de Melinnapalmata aux communautés de la vase Ouest-Gironde. Univ de Bordeaux. Thèse doc 201 pages.

Cámara A R., 2009. Concepts, approche bioclimatique et typologie des savanes. Application aux savanes américaines, *Les Cahiers d'Outre-mer*, 246 pages , 175-218.

Coleman D. C., Crossley D. A. and Hendrix Jr.P.F., 2004. Fundamentals of Soil Ecology Second Edition, Elsevier academic press, 386 pages.

CAS DAR, 2007. Programme CAS DAR Agroforesterie 2006/2008. Recherche et développement. Étude de la diversité de la pédofaune dans les systèmes agroforestiers. R 6.3 – Synthèse sur la diversité de la pédofaune en système agroforestier, 65 pages.

Curry, J. P.1998 The feeding ecology of earthworms - A review. *Pedobiologia*. 50, 463-477

D :

Delatour G., 2015. L'Ecosystème décisionnel du manager :

une contribution au défi d'anticipation de la crise. Thèse doc. .Univ.de technologie de troyes ,335 pages.

E :

Edwards et Bohlen, 1996. Les relations des vers de terre avec les facteurs abiotiques

F :

Frouz J., Elhottová D., Pizl V., Tajovský K., Sourková M., Píček T., Malý S., 2007.The effect of litter quality and soil faunal composition on organic matter dynamics in post-mining soil: a laboratory study. *Appl. Soil Ecol.* 37, 72–80.

Frouz, J., Prach, K., Pizl, V., Hanel, L., Stary, J., Tajovsky, K., Materna, J., Balik, V.,

Freitas R., 2012. Effet du ver de terre *porrectodeacaliginosa* sur la croissance des plantes, leur développement et leur résistance aux pathogènes. Thèse doc. Univ. paris Est.

FAO., 2000. La vie dans le sol .<http://www.fao.org/ag/fr/magazine/0011sp1.htm>.

G:

Goudard., 2007. Fonctionnement des écosystèmes et invasions biologiques : importance de la biodiversité et des interactions interspécifiques, Alexandra Goudard interspécifiques. *Ecologie Environnement*. Univ. Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2007. Français.

Gobat J., Aragno M., Mathey W., 2010. Le sol vivant 3ème édition revue et augmenté. PPUR Presses polytechniques Amazon France , 820 pages

H :

Hautefeuille P., 2017.L'écosystème agricole. <https://agriculture-eco-performante.com/2017/10/29/lecosysteme-agricole/>.

I :

INRA., 2017. les services éco systémiques rendus par les écosystèmes agricoles, Délégation à l'Expertise scientifique collective, à la Prospective et aux Études 147, rue de Univ. 75338 Paris Cedex 07 France.

K :

Kristensen E. Penha-Lopes G., Delefosse M.,Valdemarsen T., Quintana C O. et Banta G T., 2012. What is bioturbation? The need for a precise definition for fauna in aquatic sciences. review. Marine ecology progress series, vol. 446: 285–302, 2012 doi:10.3354/meps09506.

Kalcik,J., Rehounkova K., 2008. Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. Eur. J. Soil Biol.44, 109–121.

Kristensen ., 2012. Effets de la bioturbation sur la diversité des communautés bactériennes du sédiment : approches expérimentale et in-situ : de Melinnapalmata aux communautés de la vasière Ouest-Gironde.e. Univ de Bordeaux,

Killham, K., 1994 . Soil Ecology, Cambridge University Press, Cambridge.

L:

Lavelle P., 1990. Role of soil macro-invertebrates in conserving the soil structure and mediating efficient nutrient cycling of humid tropical savannahs: termites and earthworms particularly . institut des forest department forester station kamonon diabate 24 page.

M:

Métral R., 2008. Synthèse sur la diversité de la pédofaune en système agro forestier Groupe de Travail – GT6 46 page.

Mbongo B. H., SD. les écosystèmes terrestres-états et problèmes projet CAF/96/G31.36pages.

Merouane B., 2014. Quelques aspects liés à la désertification dans la steppe de sud De Tlemcen.MM.unv.Abou BekrBelkaïd–Tlemcen, 132 pages.

P:

Pfiffner L., 2013. Fiche technique. Vers de terre. Ed. Suisse.6pages. www.Fible.org.

Peres G., Cluzeau D., Hotte H., Delaveau N. et Coll., 2002. Les vers de terre des outils biologiques pour des sols durables fiche outil f2. www.ademe.fr.

Pelosi C., 2008. Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre lombrics terrestres au champ Thèse Doc. L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement 3-5 pages.

Piron D., Boizard H., Heddadj D., Pérès G., Hallaire V., Cluzeau D., 2016. Indicators of earthworm bioturbation to improve visual assessment of soil structure, *Soil Tillage Res.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2016.10.013>

R:

Richter., 1936. Description and analysis of bioturbation and ichnofabric, *Journal of the Geological Society, London*, Vol. 150, pp 141-148.

Roland P., 2013. Bioturbation par les vers de terre. Que faire?

Rhoads DC., 1974. Organism-sediment relations on the muddyseafloor.*Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 12: 263-300.

S:

Shipitalo M.J. et Le Bayon R.C., 2004. Quantifying the effects of earthworms on soil Aggregation and porosity. In Edwards, C.A. (ed) *Earthwormecology*. CRC Press, Boca Raton, USA, 183-200.

Sims et Gerard, 1999. Les relations des vers de terre avec les facteurs abiotiques.

Salman S., 2017. Les Collemboles : acteurs de la vie du sol Encyclopédie de l'Environnement, [en ligne ISSN 2555-0950] url : <https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/collemboles-acteurs-vie-sol/>.

Satchell., 1967. Les relations des vers de terre avec les facteurs abiotiques.

T:

TayloriA M .et Goldring R., 1993. Description and analysis of bioturbation and ichnofabric, Journal of the Geological Society, London, Vol. 150, 141-148.

W:

Waligora C., 2010. Un monde de communications et d'équilibres tcs n°57 ; mars/avril 2010 racines et sol.

Whalen et Parmelee., 1999. Les relations des vers de terre avec les facteurs abiotiques.

Liste des figures

Numéro	titre	Page
Figure 01	Exemple sur la bioturbation dans le sol	01
Figure 02	Les zones où vivent les trois catégories écologiques de vers de terre.	03
Figure 03	Exemples sur des écosystèmes agricoles (région El Mahmel)	15
Figure 04	Vue satellitaire des trois sites de haut en bas : El Mahmel (k) et Foum El Toub (ft) El Hamma (H)	17
Figure 05	Schéma de la méthode de prélèvement de la pédofaune pour le tri manuel et un monolithe prélevé, avec horizons délimités.	18
Figure 06	Présentation de monolithes et pièges de Babar et quelques pédofaunes collectés.	20
Figure 07	Quelques étapes des analyses physicochimiques de sol réalisés A) Dosage de MO B) Mesure le taux d'humidité C) la granulométrie D) Mesure la CE E) Mesure le PH F.G) Mesure le calcaire totale su sol	22
Figure 8	Variation de la teneur en eau (TE en %) dans les sites étudiés et dans les deux saisons d'étude	22
Figure 9	Variation de la porosité (P en %) dans les sites étudiés et dans les deux saisons d'étude	23
Figure 10	Triangle de texture	24
Figure 11	Variation des valeurs de pH dans les sites étudiés et dans les deux saisons d'étude	26
Figure 12	Variation des valeurs de la conductivité électrique (CE) dans les sites étudiés et dans les deux saisons d'étude	27
Figure 13	Variation des valeurs du calcaire total (CaCO ₃) dans les sites étudiés et dans les deux saisons d'étude	28
Figure14	Variation des valeurs de la matière organique du sol (MOS%) dans les sites étudiés et dans les deux saisons d'étude	30

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 1	Invertébrés du sol, tailles, abondances (dans une prairie tempérée)	05
Tableau 2	Exemples de classement des différents types d'écosystèmes à partir du biotope.	13
Tableau 3	Résultats de l'analyse granulométrique pour les échantillons prélevés en hiver pour les trois sites	24
Tableau 4	Résultats de l'analyse granulométrique pour les échantillons prélevés au printemps pour les trois sites	25
Tableau 5	Abondance totale de la faune de sol collecté par les deux méthodes dans les trois sites	32
Tableau 6	Systématique, effectif total et fréquence (FA%) de la pédofaune collectée	33- 34

Sommaire

Introduction

Etude Bibliographique

I. Bioturbation

1. Définition.	01
2. Les agents de la bioturbation et leurs rôles	02
2.1. La faune du sol	02
2.1.1. Les vers de terre	02
2.1.2. Les termites	04
2.1.3. Les vertébrés et invertébrés de sol	04
2.2. Les racines des plantes	06
2.3. Les bactéries et les champignons	06
3. Les facteurs qui influencent sur les agents de bioturbation	07
3.1. La température et l'humidité	07
3.2. Le pH du sol	08
3.3. La porosité du sol	08
3.4. Le calcaire total	09
3.5. La matière organique	09
3.6. La structure du sol	10
4. Bioturbation et évolution de la matière organique	10
4.1. L'alimentation et les rejets	10
4.2. La création de middens	11

II. Ecosystème

1. Définition	12
2. Ecosystème terrestres	14
3. Différents écosystèmes	14

Matériel et Méthodes

1. Présentation des périmètres d'étude	16
2. Méthodes d'étude de la faune du sol	16
3. Méthodes d'analyse des paramètres pédologique	20

Résultats et discussion

1. Les propriétés hydro physiques et chimiques du sol	22
2. La faune du sol	31

Conclusion

