



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار - عنابة
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

THESE EN VUE DE L'OBTENTION D'UN DIPLOME DE DOCTORAT L.M.D

Spécialité: ECOLOGIE ANIMALE

Intitulé

Organisation de la faune édaphique dans deux habitats
forestiers de la région d'El Kala : la subéraie et le
maquis

Présentée par: M^{lle} KADI Sarra

Membres de Jury:

OUAKID Mohamed Laïd (Professeur)	Président	Universié Badji Mokhtar Annaba
BENYACOUB Slim (Professeur)	Directeur de thèse	Universié Badji Mokhtar Annaba
BENSLAMA Mohamed (Professeur)	Examineur	Universié Badji Mokhtar Annaba
BENHOUHOU Salima (Professeur)	Examinatrice	E.N.S.A Alger
BERCHI Salima (Professeur)	Examinatrice	Universié Constantine 1

Année universitaire: 2014-2015

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes très chers parents.

Mes frères.

Ma sœur et son mari.

À tous les membres de la famille KADI et de la famille MAKOUF.

À tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cette thèse.

Remerciements

Je remercie mon directeur de thèse le Professeur **BENYACOUB Slim** pour la confiance qu'il m'a accordée et pour l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer. Je lui dois une immense reconnaissance et un grand respect.

J'adresse ma gratitude au professeur **OUAKID Mohamed Laïd** d'avoir accepté de présider le jury de ma thèse.

Je voudrais également remercier très chaleureusement les membres du jury qui m'ont honoré en acceptant d'évaluer mon travail de thèse.

Je remercie madame **BRAHMIA Zahra** pour m'avoir aidé à constituer ma bibliographie ainsi que pour ses conseils méthodologiques, je remercie également ses étudiantes **GHERIB Amina** et **MECHAKA Nour el imen** pour leur aide.

Je souhaite adresser tous mes remerciements aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont ainsi contribué à l'élaboration de cette thèse.

Une pensée toute particulière à **ma tante, son mari et ma cousine** pour m'avoir accueillie et hébergée pendant tout mon parcours à l'université. Merci pour leur sympathie et pour le plaisir que j'ai eu à les côtoyer quotidiennement.

En fin de liste mais à une place privilégiée dans mon cœur, je tiens à exprimer un immense remerciement à **mon grand frère, ma sœur et mon petit frère** pour tout le soutien qu'ils m'ont témoigné pour la réalisation de ce travail de fin d'études.

Je voudrais finalement remercier **mes parents** à qui je dois tant. Pour leur précieux soutien, leurs encouragements et leur présence tout au long de mes études. Trouvez dans ce travail, tout le respect et l'amour que je vous porte.

Résumé

Le présent travail concerne l'étude des peuplements édaphiques dans deux habitats forestiers Subéraie et Maquis de la région d'El Kala (Algérie). La composition et la distribution verticale de la pédofaune ont été analysées dans les trois horizons successifs : la litière et les deux horizons sous-jacents. Les principales variables mesurées sont l'épaisseur de la litière, l'épaisseur et l'humidité du sol, la température et l'humidité de l'air.

Afin d'étudier la résilience de cette faune endogée et sa capacité à se régénérer, des échantillons ont été effectués dans une subéraie incendiée en 2000 et une subéraie incendiée en 2008.

La comparaison entre les sites étudiés montre qu'il y a une différence significative entre les peuplements dans la densité de la faune. La densité maximale s'observe dans la formation climacique, suivie de la subéraie incendiée depuis 10 années et le maquis. La densité la plus faible se rencontre dans la subéraie régénérée deux années après incendie.

Mots clés : faune édaphique, subéraie, maquis, résilience, El-Kala, Algérie

Abstract

The present work concerns the study of soil fauna in both forest habitats an Oak forest and a Maquis of El Kala region (Algeria). The composition and the vertical distribution of soil fauna were analyzed in three successive horizons : litter and two underlying horizons. The main variables measured are the thickness of the litter, the soil's moisture and thickness, the temperature and the humidity of air.

To study the resilience of this endogeic fauna and its ability to regenerate, samples were carried in an Oak forest burned in 2000 and an Oak forest burned in 2008.

The comparison between the study sites shows that there is a significant difference between the populations in the density of wildlife. The maximum density is observed in the climax formation, followed by burnt oak forest since 10 years and the maquis. The lowest density is found in the oak forest regenerated two years after fire.

Keywords : soil fauna, oak forest, maquis, resilience, El -Kala, Algeria.

Table des illustrations

	Page
Photo 1. Subéraie climacique de Meziraa	40
Photo 2. Maquis de djebel Fegaya.....	40
Photo 3. Subéraie incendiée de Brabtia	41
Photo 4. Subéraie incendiée de Djebel El Koursi	41
Photo 5: profil d'un sol Podzolique avec un humus de type hémimor sur une roche mère de schiste roux. (BRINQUIN & al. 2006).....	43
Photo 6. Carré de prélèvement.....	44
Photo 7. Prélèvement de la litière.....	44
Photo 8. Tri manuel de la litière.....	44
Photo 9. Récolte de la faune.....	44
Photo 10. Extracteurs de Berlèse.....	44
Figure 1. Situation géographique du Parc National d'El Kala (BENYACOUB & al, 1998)..	33
Figure 2. Localisation des sites d'étude.....	39
Figure 3. Présentation graphique de la composition globale de la faune de la subéraie climacique.....	49
Figure 4. Répartition verticale de la faune dans la subéraie climacique.....	50
Figure 5. Présentation graphique de la Composition globale de la faune du maquis.....	52
Figure 6. Répartition verticale de la faune au maquis.....	53
Figure 7. Présentation graphique de la Composition globale de la faune de la subéraie incendiée (t+10ans).....	55
Figure 8. Répartition verticale de la faune dans la subéraie incendiée (t+10ans).....	57
Figure 9. Présentation graphique de la Composition globale de la faune de la subéraie incendiée (t+2ans).....	58
Figure 10. Répartition verticale de la faune dans la subéraie incendiée (t+2ans)	60
Figure 11. Présentation graphique de la composition de la faune du sol dans la subéraie (t+10ans) et le maquis.....	62
Figure 12. Caractéristiques structurales moyennes de la faune du sol dans la subéraie (t+10ans) et le maquis.....	62
Figure 13. Variations saisonnières de la densité de faune à travers les horizons dans la subéraie incendiée (t+10ans) et maquis.....	64

Figure 14. (a) : précipitations (mm) et température (°C) moyennes de la région d'étude.	
(b) : Variation temporelle des densités moyenne de la faune durant la même période.....	65
Figure. 15 : variations saisonnières des densités de faune dans chaque site la subéraie et le maquis.....	66
Figure 16. Analyse des correspondances principales de la faune de la litière et variables environnementales.....	75
Figure 17. Analyse des correspondances principales de la faune de l'horizon F et variables environnementales.....	76
Figure 18. Analyse des correspondances principales de la faune de l'horizon H et variables environnementales.....	77
Figure 19. Densité globale de la faune dans les quatre sites d'étude.....	79
Figure 20. Présentation graphique de la composition globale de la faune dans les quatre sites d'étude.....	80
Figure 21. Caractéristiques structurelles moyennes de la faune dans les quatre sites d'étude.....	81

Liste des tableaux

	Page
Tableau 1. Précipitations moyennes mensuelles (mm) enregistrées à El Kala.....	36
Tableau 2. Températures moyennes mensuelles enregistrées à El Kala.....	37
Tableau 3. Composition globale de la faune et densité moyenne de chaque taxon dans la climacique.....	48
Tableau 4. Densités moyennes des taxons dans chaque horizon de la subéraie climacique.....	50
Tableau 5. Composition globale de la faune et densité moyenne de chaque taxon au maquis.....	51
Tableau 6. Densités moyennes des taxons dans chaque horizon du maquis.....	53
Tableau 7. Composition globale de la faune et densité moyenne de chaque taxon dans la subéraie incendiée (t+10ans).....	54
Tableau 8. Densités moyennes des taxons dans chaque horizon de la subéraie incendiée (t+10ans).....	56
Tableau 9. Composition globale de la faune et densité moyenne de chaque taxon dans la subéraie incendiée (t+2ans).....	57
Tableau 10. Densités moyennes des taxons dans chaque horizon de la subéraie incendiée (t+2ans).....	59
Tableau 11. Analyse des différences des densités moyennes des taxons au niveau de la subéraie (t+10ans) et le maquis.....	61
Tableau 12. Analyse des différences des densités moyennes des taxons entre la Subéraie et le Maquis dans chaque horizon.....	63
Tableau 13. Codes des taxons et variables inventoriés sur les axes des analyses de l'ACP. Les codes correspondent aux abréviations utilisées dans les figures 16,17 et 18.....	77
Tableau 14. Liste et valeurs moyennes des variables mesurées dans chaque site.....	77
Tableau 15. Analyse des différences entre les stations des densités moyennes (ind/m ²) et des caractéristiques structurelles moyennes des peuplements édaphiques.....	78

Sommaire

	Page
Introduction	9
Chapitre I. Données générales sur la faune du sol	
I.1. La microfaune.....	25
I.1.1. Les Protozoaires.....	25
I.1.2. Les Nématodes.....	25
I.2. La mésofaune.....	25
I.2.1. Les Acariens.....	25
I.2.2. Les Collembolés.....	26
I.2.3. Les Enchytréides.....	26
I.2.4. Les Symphiles.....	26
I.2.5. Les Pseudoscorpions.....	26
I.2.6. Les Pauropodes.....	27
I.2.7. Les Protoures.....	27
I.2.8. Les Diploures.....	27
I.2.9. Les Thysanoures.....	27
I.2.10. Les Opilions.....	27
I.3. La macrofaune.....	28
I.3.1. Les Vers de terre.....	28
I.3.2. Les Myriapodes.....	28
I.3.3. Les Araignées.....	29
I.3.4. Les insectes ptérygotes.....	29
I.3.4.1. Les Hyménoptères (Fourmis).....	29
I.3.4.2. Les Coléoptères	29
I.3.4.3. Les Diptères.....	30
I.4. Les groupes secondaires.....	30
I.4.1. Les Turbellariés.....	31
I.4.2. Les Némertes.....	31
I.4.3. Les Rotifères.....	31
I.4.4. Les Gastrotriches.....	31
I.4.5. Les Péripates.....	31
I.4.6. Les Tardigrades.....	31

I.4.7. Les Gastéropodes (Mollusques).....	31
I.4.8. Les Crustacés.....	31
I.4.9. Les Vertébrés.....	32
Chapitre II. Matériel et méthodes	
II.1. Présentation de la zone d'étude.....	33
II.1.1. Relief.....	33
II.1.2. Géologie.....	34
II.1.3. Pédologie.....	34
II.1.4. Richesse floristique.....	34
II.1.5. Richesse faunistique.....	35
II.1.6. Hydrologie.....	35
II.1.7. Climat.....	36
II.1.7.1. Précipitations.....	36
II.1.7.2. Température.....	37
II.2. Sites d'étude.....	37
II.3. Echantillonnage.....	42
II.4. Variables environnementales étudiées.....	45
II.4.1. Epaisseur des horizons.....	45
II.4.2. température et humidité de l'air.....	45
II.4.3. humidité du sol.....	45
II.5. Analyse des données.....	45
II.5.1. Densité.....	45
II.5.2. Richesse taxonomique.....	45
II.5.3. Indice de diversité Shannon-Weaver (H').....	45
II.5.4. L'indice d'équitabilité ou équirépartition.....	46
II.6. Traitements des données.....	46
II.6.1. Analyse en composantes principales (ACP).....	47
Chapitre III. Résultats	
III.1. Etude de la faune.....	48
III.1.1. Analyse globale de la faune de la subéraie climacique	48
III.1.1.1. Composition de la faune.....	48
III.1.1.2. Distribution verticale de la faune.....	49
III.1.2. Analyse globale de la faune du maquis.....	51
III.1.2.1. Composition de la faune.....	51

III.1.2.2. Distribution verticale de la faune.....	52
III.1.3. Analyse globale de la faune de la subéraie incendiée (t+10ans)	54
III.1.3.1. Composition de la faune.....	54
III.1.3.2. Distribution verticale de la faune.....	56
III.1.4. Analyse globale de la faune de la subéraie incendiée (t+2ans).....	57
III.1.4.1. Composition de la faune.....	57
III.1.4.2. Distribution verticale de la faune.....	59
III.2. Etude comparative entre la subéraie et le maquis.....	60
III.2.1. composition de la faune.....	61
III.2.2. Structure de la faune.....	62
III.2.3. Organisation de la faune.....	63
III.2.4. variations temporelles de la faune.....	64
III.2.5. Facteurs contrôlant la distribution verticale de la faune du sol.....	75
III.2.5.1. Au niveau de la litière.....	75
III.2.5.2. Au niveau de l'horizon F.....	76
III.2.5.3. Au niveau de l'horizon H.....	76
III.3. Etude comparatives des quatre sites	78
III.3.1. Composition de la faune.....	78
III.3.2. Structure de la faune.....	81
Chapitre IV. Discussion	
IV. 1. Comparaison entre la subéraie incendiée (t+10ans) et le maquis.....	83
IV.2. Variabilité saisonnière.....	84
IV.3. Facteurs de répartition des populations.....	85
IV.4. Comparaison intersites.....	86
Conclusion	89
Références bibliographiques	91
Annexes	104

Introduction

Introduction

La pédofaune est une communauté animale qui rassemble les organismes présents de manière permanente ou temporaire dans le sol, à sa surface, ou dans les annexes (bois mort, sous les pierres,...). Elle est représentée par de nombreux taxons comprenant eux même des centaines voire des milliers d'espèces (BACHELIER, 1978 ; DINDAL, 1990 ; GOBAT & *al.*, 2003). La participation active de la faune du sol à l'organisation physicochimique des constituants du sol et au maintien des propriétés édaphiques a été démontrée par plusieurs travaux, citons COINEAU (1974), BACHELIER (1978), ARPIN & *al.*(1980), DEPRINCE (2003) et PONGE (2000, 2004). La faune du sol est principalement responsable de la redistribution et de l'organisation des constituants organiques et minéraux du sol et la formation de structures physico-chimiques comme les galeries et les agrégats (LAVELLE, 1997). C'est donc un acteur fonctionnel fondamental pour le fonctionnement des écosystèmes forestiers au sens large.

Selon sa localisation dans le sol, cette faune du sol est désignée sous des vocables différents. C'est ainsi que : l'épiédaphon désigne les populations animales demeurant à la surface du sol, l'hémiédaphon celles qui existent dans la litière et l'horizon organique, et l'énédaphon celles qui vivent dans la profondeur du sol et présentent généralement de nombreux caractères adaptatifs. La plus grande partie de la faune du sol se localise là où se situe le potentiel énergétique des apports végétaux, les animaux fouisseurs pouvant toutefois s'en éloigner quand les circonstances l'exigent (BACHELIER, 1978).

On peut aussi, d'après la taille des individus, diviser la faune édaphique en microfaune, mésofaune, macrofaune et mégafaune (BACHELIER, 1963 ; GOBAT & *al.*, 1998).

- La microfaune est constituée d'individus dont la taille est généralement inférieure à 0,2 mm. Cette catégorie renferme des animaux qui ne peuvent vivre que dans un milieu aqueux, et qui sont de taille microscopique ou de forme très effilée, ce qui leur permet de pénétrer dans les capillaires du sol. Les différentes espèces de la microfaune présentent le plus souvent des formes de résistance à la sécheresse (vie ralentie, déshydratation, enkystement). Les Protozoaires et les Nématodes constituent l'essentiel de cette microfaune.

- La mésofaune (ou encore meiofaune) est constituée d'individus dont la taille est comprise entre 0,2 et 4mm. Elle est constituée par des animaux dépendant ou non de l'humidité. Les deux grands groupes de microarthropodes que sont les Collemboles et les Acariens forment l'essentiel de cette mésofaune (LAVELLE & SPAIN, 2001), avec les Enchytréides (petits vers oligochètes), les petits Myriapodes (tels les Symphyles) et les plus petits Insectes et leurs

larves (BACHELIER, 1978). Les arthropodes de cette catégorie sont appelés micro-arthropodes.

- La macrofaune comprend des animaux d'environ 4 à 80 mm. Ce sont les Lombricidés ou Vers de terre, les Insectes supérieurs, les Myriapodes, de nombreux ordres d'Arachnides à représentants intertropicaux ou subtropicaux, les Mollusques, quelques Crustacés et quelques autres groupements de moindre importance (COINEAU, 1974). Les arthropodes de cette catégorie sont appelés macro-arthropodes.

- La mégafaune renferme enfin les animaux de grande taille; dépassant 80 mm de longueur. Ce sont les vertébrés qui agissent sur le sol par leurs galeries : Reptiles, Mammifères fouisseurs, des Crabes, des Insectivores (Taupes, Rats), des Édentés (Tatous, Oryctérope). Les individus de cette catégorie ont comme activité pédologique principale, la remonté des matériaux correspondant à la confection de leurs terriers ou de leurs habitats (TRAORE, 2012).

Les invertébrés peuvent aussi être regroupés en trois groupes écologiques en fonction de la source de nourriture qu'ils utilisent (BOUCHÉ, 1977 ; LAVELLE, 1983) :

- Les épigés qui vivent et se nourrissent dans la litière notamment de champignons et de cadavres d'autres invertébrés en décomposition. Ils fragmentent, dispersent et digèrent partiellement les débris végétaux arrivant au sol.

- Les anéciques (vers de terre) vivent dans le sol et se nourrissent de litière qu'ils viennent de prélever à la surface. Dans le sol, ils logent dans des galeries ou des nids (fourmilières, termitières). Leur principale action est le morcellement et le transport de la litière depuis la surface vers des horizons plus profonds du sol ou des nids dans lesquels ils concentrent nutriments et matière organique.

- Les endogés se nourrissent et vivent dans le sol. La plupart se nourrissent de la matière organique du sol (géophages) ou de racines mortes. Ils se divisent en deux sous groupes suivant la richesse relative du sol qu'ils ingèrent. Ce sont : les polyhumiques quand le sol ingéré est plus riche en matière organique que la moyenne des 15 premiers centimètres et les oligohumiques quand le sol ingéré est moins riche que la moyenne des 15 premiers centimètres.

Il est aujourd'hui possible de définir trois groupes fonctionnels majeurs parmi ces invertébrés du sol : les micro-prédateurs, les transformateurs de litière et les organismes ingénieurs (JONES & *al.*, 1994; LAVELLE, 1997). Ces trois groupes se définissent

principalement par la nature de leurs interactions avec la microflore du sol et leur capacité à créer des structures :

- Le groupe des micro-prédateurs est constitué par les invertébrés de la microfaune (< 0,2 mm) qui utilisent les microorganismes comme proies et ne créent pas de structure spécifique, ce sont essentiellement des Protozoaires et/ou Nématodes. Les microprédateurs qui consomment la microflore ont un rôle de régulation des populations, mais aussi de stimulation : sous l'influence de cette prédation, la multiplication des bactéries et la ramification des hyphes mycéliens augmentent. Ont peu d'impact physique sur le sol, et interagissent avec la microflore en exerçant une pression de consommation.
- Le groupe des transformateurs de litière ou décomposeurs, ils fragmentent et consomment des matières organiques provenant essentiellement de la litière, ce sont les invertébrés de la mésafaune et les macro-arthropodes; certains Acariens (oribates), des Collemboles, certains Vers, des Enchytréides, des Isopodes et des Insectes. Les Enchytréides sont plus difficiles à positionner dans un groupe bien que leur rôle soit important dans le fonctionnement de l'épisolum humifère des sols acides (DIDDEN, 1993). Selon les auteurs, ils se classent parmi les transformateurs de litière ou les organismes ingénieurs ; ceci s'explique par le manque de connaissances sur l'écologie de ces vers oligochètes notamment sur leur capacité à ingérer des particules minérales. Les organismes transformateurs de la litière créent des structures purement organiques (pelotes fécales) au sein desquelles les microorganismes trouvent des conditions favorables à leur développement (digestion externe).
- Le groupe des organismes ingénieurs regroupent les invertébrés de la macrofaune, ils consomment de la matière organique et de la matière minérale du sol, dont ils créent des structures organo-minérales durables et interagissent avec les microorganismes directement au niveau de leur tube digestif (digestion interne) et dans les structures qu'ils créent. Ces structures correspondent à des déjections, des galeries, des dômes, etc (DECAËNS & *al.*, 2001). Les Vers de terre sont considérés comme les principaux ingénieurs de l'écosystème du fait du caractère homogène de leur déplacement dans le sol (JOUQUET & *al.*, 2006).

Les autres catégories de faune du sol font généralement l'objet de disciplines qui leurs sont entièrement consacrées comme la micro-mammologie pour les ravageurs et insectivores telluriques.

La pédofaune n'est pas indispensable à la minéralisation complète des débris végétaux qui est surtout l'œuvre de la microflore, mais contribue fortement à accélérer le processus de biodégradation (GHILGAROV, 1971; REISINGER & KILBERTUS, 1980; SEASTEDT,

1984; PERSSON, 1989; ERTLEN, 2009). En effet, les animaux déstructurent le milieu de façon mécanique par fragmentation de la litière (augmentation des surfaces colonisables par les champignons et les bactéries) et par forage (GHILGAROV, 1971; BOUCHÉ, 1975; BACHELIER, 1978, EDWARDS & BOHLEN 1996). La déstructuration se fait aussi de façon biochimique suite à l'action de leurs enzymes (exoenzymes de leur vivant, endoenzymes à leur mort) ainsi que par leur microflore intestinale (GHILGAROV, 1971; BOUCHÉ, 1975). Tous ces processus concourent à une meilleure minéralisation de la litière (GHILGAROV, 1971; PERSSON, 1989). Sans la présence de la pédofaune, les faits suivants pourraient se produire (HOLE, 1981) :

- L'accumulation de la litière en forêt serait assez importante pour altérer la régénération des arbres, l'accumulation de détritux dans un écosystème constitue une stagnation des éléments nécessaires à la régénération des plantes. La stabilité de la productivité des sols (DANKS, 1979) et le recyclage des éléments nutritifs qui régissent la productivité forestière sont directement reliés à l'activité de la pédofaune (MERMUT, 1985; TOUTAIN, 1987), cette disponibilité influence la croissance des végétaux et par conséquent les rendements forestiers (MARSHALL & *al.*, 1982).

- Le cycle des nutriments serait ralenti, perturbant ainsi la nutrition des arbres. La participation de la pédofaune aux processus de recyclage de la matière végétale morte fait augmenter le taux de décomposition de façon exponentielle (MACFADYEN, 1964 ; DANKS & FOOTTIT, 1989), selon LEBRUN (1979, 1987) la vitesse est cinq fois plus élevée lorsque tous les maillons de la chaîne de décomposition sont présents. Par ailleurs la présence de tous ceux-ci est nécessaire au bon fonctionnement du recyclage des éléments nutritifs.

- La porosité du sol serait diminuée, ce qui modifierait les mouvements de l'air et de l'eau. Les microarthropodes ne creusent pas, ils ne font qu'utiliser les pores naturels et les passages ménagés par les plus grands animaux: les Insectes, Myriapodes et Crustacés fouisseurs. Ces animaux participent au maintien de la porosité du sol. C'est un facteur essentiel pour la survie de la pédofaune, mais aussi pour le développement des systèmes racinaires des plantes, notamment avant l'installation d'une végétation abondante. Ensuite, les racines jouent elles aussi un rôle dans le creusement de cavités dans le sol. Parmi les Invertébrés du sol, les fourmis, et les termites dans les régions tropicales, déploient, malgré leur faible taille, une activité particulièrement impressionnante. Elles dépensent une énergie colossale pour construire leurs « maisons », qui peuvent s'élever jusqu'à plusieurs mètres. Fourmilières et termitières sont constituées de matières minérales et organiques mêlées. Ces insectes participent ainsi à l'intégration de la matière organique dans le sol et réalisent un travail de

«décompactage» en remuant, dispersant, mélangeant ces éléments. Malgré tout, les plus efficaces des travailleurs souterrains sont les vers de terre. Mais pas n'importe lesquels ! Les vers épigés, grêles et rouges, vivent à la surface, principalement dans les litières forestières. Ils forent très peu le sol. Les endogés sont de plus grande taille, dépigmentés et possèdent une musculature développée. Ils percent un réseau de galeries profondes en avalant la terre devant eux et en la rejetant derrière sous forme de déjections. Enfin, les vers anéciques présentent un mode de vie mixte : se nourrissant la nuit en surface, ils descendent profondément dans le sol le jour pour échapper au réchauffement des horizons superficiels. Par ces mouvements verticaux, ils agissent fortement sur la structure du sol. Leur partie postérieure, qui reste dans la terre lorsqu'ils sont en surface, est dépigmentée, tandis que l'avant est coloré de gris-brun. En creusant leurs galeries, les vers fousseurs augmentent la porosité du sol. Ils facilitent ainsi la pénétration de l'air. Cela joue également sur la capacité du sol à drainer l'eau. Dans la région méditerranéenne, selon BOUCHÉ, une population moyenne de vers de terre permet un écoulement de 160 mm d'eau par heure à travers ses galeries.

- La matière organique ne serait plus mélangée au sol minéral, les vers de terre et les macroarthropodes tels que les Termites, les Isopodes, les Chilopodes, et les Diplopodes qui ingèrent des particules de terre avec leur nourriture contribuent à cette formation en mélangeant matières organiques et matières minérales dans leurs tubes digestifs. D'après EDWARDS & BOHLEN (1996), les invertébrés du sol et la microflore stabilisent les agrégats: par les sécrétions intestinales des invertébrés et les colloïdes bactériens du tube digestif qui jouent le rôle de ciment, par le réseau d'hyphes de champignons et de fibres végétales issues des feuilles consommées et par la fragmentation car il y a alors possibilité de formation de liaisons organo-minérales, selon la taille et la qualité des particules organiques. De plus, les crottes stables (micropelotes) des enchytréides et des microarthropodes se retrouvent quasi intactes dans les crottes des macroinvertébrés qui les ont absorbées, entrant de cette manière dans la constitution des agrégats.

On peut résumer que les effets de la faune du sol sont: le macrobrassage, le micro-brassage, la formation de galeries, la fragmentation de la matière organique fraîche, le mélange intime entre la matière organique et les minéraux du sol et la formation d'agrégats.

Les organismes vivants (plantes ou animaux) sont non seulement capables de donner des indications sur les caractéristiques naturelles d'un site mais donnent aussi des informations qualitatives et quantitatives sur les changements provoqués par les activités anthropiques (MARKERT & *al.*, 1997). BLANDIN fut le premier, en 1986, à définir le

concept de bioindicateur comme étant « un organisme ou un ensemble d'organismes qui, par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques, permet de façon pratique et sûre de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un écosystème et de mettre en évidence, aussi précocement que possible, leurs modifications naturelles ou provoquées ».

La faune du sol a été également utilisée comme bio-indicateur des effets des polluants. Une liste critique des paramètres biologiques utilisés dans certains travaux pour indiquer l'impact des polluants sur la qualité des sols a été établie. Ces paramètres font référence à un ou plusieurs invertébrés du sol. Selon ECHAUBARD (1995), un indicateur idéal doit caractériser sans ambiguïté par sa présence des paramètres environnementaux étroitement définis. Le rôle d'organisme indicateur dépend de leurs caractéristiques biodémographiques, de leur mode de vie, de leur taille spécifique. Les Nématodes, Acariens, Collembolés, Enchytréides, Vers de terre, Isopodes et Gastéropodes sont potentiellement des indicateurs biologiques. Indicateurs biologiques de bioaccumulation et indicateurs biologiques d'effets (toxicologiques et écologiques) peuvent être distingués.

Les études de bioaccumulation sont difficiles à interpréter, car de fortes variations sont observées. Ces variations dépendent du groupe taxonomique étudié, de l'habitat, de l'organe étudié, du type de sol ou bien encore du type de pollution (CORTET & *al.*, 1999).

La décomposition de la matière organique nécessite des processus contrôlés par des facteurs abiotiques comme le climat et des facteurs biotiques comme la nature et l'abondance des organismes décomposeurs (GALLARDO & MERINO, 1993 ; COÛTEAU & *al.*, 1995 ; CORTEZ, 1998).

- Pour la pédofaune, l'eau est un facteur primordial, l'excès comme l'insuffisance lui est néfaste. Le manque d'eau peut causer la dessiccation des animaux surtout au moment des mues, l'excès quant à lui détermine des pièges de tension superficielle et le danger des phénomènes d'endosmose et le manque possible d'air. Le degré de sensibilité à ces phénomènes est fonction de l'espèce. En fonction de son affinité envers l'eau, on distingue la faune hydrobionte (avide d'eau), la faune hygrobionte (avide d'humidité) et la faune xérophile qui supporte la sécheresse. Les vers de terre et les Enchytréides sont des animaux plus aquatiques que terrestres ; les vers de terre ont une respiration cutanée qui n'est possible que si leur peau est maintenue humide et les Enchytréides sont gênés par un manque d'humidité, et une sécheresse de quelques semaines amenant le milieu à pH 4 suffit à tuer les Enchytréides et leurs cocons (NIELSEN, 1955). Les Collembolés sont généralement très hygrophiles et chaque espèce a son humidité préférentielle

(KUHNELT, 1961), la réponse des Collemboles à la dessiccation semble se situer entre pF 4,2 (point de flétrissement permanent) et pF 5 (eau d'hygroscopicité) (VANNIER & THIBAUD, 1968). Concernant les relations des Acariens avec l'humidité, de nombreuses espèces supportent très bien les inondations temporaires du sol et, vis-à-vis de la sécheresse les Acariens s'avèrent d'autant plus résistants qu'ils sont plus sclérifiés. Pour ce qui est des Myriapodes, BLOWER (1955) a montré l'intérêt particulier des relations existant entre ces animaux et l'eau. En effet, pour les protéger contre l'excès d'eau, les myriapodes ont une cuticule recouverte d'une pellicule continue de lipide sécrétée par des glandes de l'épiderme. Cette pellicule grasseuse favorise la résistance des myriapodes à l'eau, mais elle est d'efficacité variable selon les groupes; elle est forte chez les Iules, les Gloméris, les Scolopendres et les Géophiles, mais faible chez les Polydesmides et les Lithobiides. Pour les divers Insectes ptérygotes et surtout leurs larves, l'eau demeure aussi un facteur écologique souvent très important. L'humidité du sol a une influence sur la conductivité et la capacité thermique et donc sur les variations de température en fonction de la profondeur et du temps.

- La porosité et l'atmosphère du sol, elle est liée à la circulation de l'air, de l'eau et de la faune. L'air occupe dans le sol les pores abandonnés par l'eau lors de son retrait. Sa quantité dépend donc d'une combinaison entre la texture, la structure et le taux d'humidité (GOBAT & *al.*, 2003). Un sol très compact s'oppose aux migrations verticales d'animaux sensibles aux variations de température et d'humidité et en interdit ainsi l'existence. Une faible porosité du sol peut suffire à l'aérer et à empêcher l'accumulation du CO₂. Pour les animaux fouisseurs, comme les vers, de nombreuses larves d'insectes, les fourmis ou la plupart des myriapodes, une plus grande indépendance existe vis-à-vis du milieu. Ces animaux par leurs déplacements saisonniers, ou même journaliers, perforent le sol et permettent à la faune non fouisseuse de s'enfoncer par leurs galeries (BACHELIER, 1963).
- La température demeure aussi un facteur important pour les organismes de surface car elle varie peu en profondeur (PESSON, 1971). Lors des températures « extrêmes » (hautes ou basses), qui peuvent lui être fatales, la faune dispose de plusieurs moyens d'adaptation : régulation thermique (relativement limitée chez les invertébrés hétérothermes), un passage en vie ralentie (diapause, hibernation) ou encore la migration vers un milieu favorable (souvent en profondeur). Concernant les Enchytréides, si l'humidité demeure suffisante, les fluctuations saisonnières des populations tendent à suivre la température (MOLLER, 1969 ; ABRAHAMSEN, 1971). Les Collemboles

supportent d'autant plus mal les fortes températures qu'ils sont soumis à un climat sec qui les déshydrate ; encore qu'il existe des formes supportant 40°C ou même 50°C (MASSOUD, 1971). Les Acariens, et principalement les Oribates, supportent mieux la sécheresse que les Collemboles en été. Les vers de terre, à l'intérieur des limites vitales la température influence très nettement leur activité.

Les variations de température, comme celle d'humidité, déterminent des migrations verticales et des variations saisonnières de populations.

- Le pH du sol, qui en traduit le caractère acide, neutre ou basique est encore un facteur abiotique très sélectif de la faune. Les vers de terre sont généralement absents des sols très acides (pH < 3.5) et sont peu nombreux dans les sols à pH < 4.5 (CURRY, 1998). Il existe un pH optimal pour chaque espèce (EDWARDS & BOHLEN, 1996).
- D'autres facteurs abiotiques peuvent influencer sur les organismes de cette faune. Il peut s'agir des échanges ioniques (Capacité d'échange cationique, taux de saturation,...), le potentiel d'oxydo-réduction, la quantité et la qualité de la matière organique. La sensibilité d'une communauté à chacun des paramètres est variable.

L'équilibre complexe et dynamique régnant entre les différents compartiments de la chaîne alimentaire est régi d'une part par les conditions physico-chimiques du milieu (biotope) et par les facteurs biotiques (interactions entre les êtres vivants) d'autre part. La prédation et la compétition constituent les principales interactions intervenant dans le fonctionnement des communautés.

- La prédation correspond à la consommation d'un organisme vivant par un second. Ses effets sont importants car elle met, plus ou moins rapidement, les populations de proies en équilibre avec les ressources disponibles (GOBAT & *al.*, 2003). Par leur action, les prédateurs diminuent la compétition entre les individus d'une même espèce. Ils tendent également à préserver l'avenir et à améliorer la qualité d'action de leurs proies (GOBAT & *al.*, 1998).

Nous avons évidemment dans les sols un équilibre entre herbivores et carnivores, ou mieux entre les phytophages-saprophages et les prédateurs de 2^{ème} et 3^{ème} ordre. Les prédateurs consommateurs de 3^{ème} ordre, contribuent souvent à maintenir l'équilibre entre les consommateurs d'ordre inférieur.

-La compétition peut s'exercer soit entre les individus d'une même espèce (compétition intra spécifique), soit entre ceux d'espèces différentes (compétition interspécifique). Dans les deux cas, l'individu ou l'espèce luttent pour s'assurer un accès suffisant aux ressources du milieu. La compétition intra-spécifique agit par le jeu des facteurs de mortalité dépendant de la

densité des populations (malnutrition et ses conséquences, mortalité juvénile, cannibalisme). Dans la compétition interspécifique, deux espèces entrent en concurrence lorsqu'elles luttent, directement ou non, pour la même niche écologique. En théorie, une seule est susceptible de l'occuper à terme, ce qui limite le nombre potentiel d'espèces dans un sol donné (GOBAT & al., 1998).

Par le jeu des interactions entre les organismes, le sol apparaît biologiquement plus ou moins « tamponné » et il est souvent impossible d'implanter un organisme nouveau dans celui-ci sans en modifier au préalable l'équilibre (changement de litière végétale, apport de compost ou de fumier, modifications physico-chimiques du milieu, mise en culture). KARG (1967) a montré que le retrait de la litière dans un sol de forêt rapprochait la faune de ce sol de celle des sols cultivés renfermant 2 à 4 fois moins d'espèces, certaines des espèces du sol de forêt devenant par contre beaucoup plus abondantes, tel *fiodacanis roseus* (Acarien Mesostigmaté prédateur).

La faune du sol, selon les divers groupes fauniques et selon les espèces, agit plus ou moins fortement sur les caractéristiques morphologiques des sols, sur la dégradation et l'humification des litières, sur les caractéristiques physiques, les caractéristiques chimiques et ainsi que les caractéristiques biochimiques et biologiques des sols. De par leur activité de fouissage, par les transports de sol qu'ils effectuent, par leur action sur la dégradation des matières végétales, par leurs produits d'excrétion et par leur influence sur la microflore, les animaux agissent sur la porosité, la structure, le pouvoir de rétention d'eau, le bon équilibre air-eau des sols et même sur la nature et la saturation du complexe absorbant (ESCHENBRENNER, 1986 ; EKSCHMITT & GRIFFITHS, 1998 ; DEPRINCE, 2003).

Les propriétés du sol (porosité, hygrométrie, température, teneur en oxygène et en dioxyde de carbone, quantité de matière organique) varient selon le type de sol (sol calcaire ou acide, argileux, sableux ou limoneux ; ces propriétés étant liées aux facteurs climatiques et à la nature de la roche mère) mais aussi avec la profondeur.

Se référant aux principes énoncés par DUCHAUFOR (1977 et 1980), la pédologie propose une analyse des horizons organiques en différenciant:

- ✓ La couche L: constituée des matériaux végétaux originels non fragmentés.
- ✓ La couche F: les débris végétaux sont fragmentés et mélangés aux déjections de la mésofaune.
- ✓ La couche H: où les déjections animales dominent.

Ces couches reposent sur l'horizon organo-minéral A1; leur nombre et leur épaisseur déterminent leur appartenance aux types d'humus Mull ou Moder. Cet horizon constitue en

effet une interface entre les horizons organiques de surface au contact de la biocénose aérienne (litière intacte, fragmentée et humifiée) et les horizons minéraux de profondeurs, au contact de la roche mère.

Nous n'envisagerons pas le détail de la zonation pédologique, un sol forestier offrira toujours trois couches :

Une couche superficielle organique semi-mobile :

- ✓ La *litière*, composée de débris végétaux, très riche en matière organique, peu dense, permet une libre circulation des gaz, une luminosité directe ou semi-obscur, et des conditions d'hygrométrie et de température très variables en fonction des conditions atmosphériques. La teneur en gaz carbonique y est égale à celle de l'atmosphère. Cet horizon superficiel est un milieu riche en matière organique donc en aliments, mais la faune qu'elle héberge est tout de même soumise aux intempéries et son abondance et sa diversité restent modérées. Notons que la litière est spécifique du sol forestier, dans une prairie permanente, les retombées végétales sur le sol sont trop faibles pour constituer une couche conséquente. La matière organique provient alors principalement des racines et des animaux épigés (déjections et cadavres). Dans un champ cultivé, les retombées sont très variables selon les pratiques culturales. Elles peuvent être quasiment nulles lorsque les résidus de récolte sont ôtés. .

En dessous de la litière se situe une couche brune compacte riche en matière organique :

- ✓ C'est l'*horizon humifère* (en fait horizon de fermentation et horizon humifère), mélange de composés organiques dégradés et de matière minérale. La porosité y est plus faible, les gaz circulent plus difficilement, la luminosité est nulle, la teneur en gaz carbonique augmente. La température varie peu. L'hygrométrie est plus forte, il y a moins de risques de dessiccation. Riche en matière organique, cet horizon présente également une forte diversité biologique et une biomasse animale élevée. C'est ce que DARWIN nommait la " terre végétale ". C'est dans les horizons de fermentation et horizon humifère que l'on rencontre la plus grande richesse en individus et en espèces, les conditions y sont favorables : nourriture abondante, ambiance tamponnée.

Plus on s'enfonce, on trouve la terre pauvre en matière organique :

- ✓ C'est le *sol profond*, plus la porosité est faible, l'hygrométrie proche de la saturation, la teneur en gaz carbonique élevée. Le tamponnement est efficace : la température ne varie pratiquement pas. La circulation des fluides, entièrement dépendante de la porosité, est

minime. C'est un milieu qui ajoute à son originalité sa pauvreté en ressources nutritives. Les espèces et les individus y sont très peu nombreux.

Les changements d'habitat se traduisent par des différences morphologiques de la faune. Les formes de surface et de la litière forestière présentent une forte pigmentation, des appendices bien développés, des soies, et sont souvent de grande taille. Plus on descend dans le sol, plus les individus deviennent petits, grêles, dépigmentés, avec des appendices plus courts et un système visuel réduit. Les espèces caractéristiques du sol profond sont ainsi adaptées à une porosité moindre, une luminosité nulle et une forte hygrométrie (DEPRINCE, 2003).

De la litière, une foule de micro-organismes vont, selon les chaînes trophiques, transformer la matière organique, deux phénomènes se produisent en concomitance soient (MANGENOT, 1980 ; DUCHAUFOR, 1991) :

- La minéralisation : les processus de minéralisation conduit à la destruction d'une partie de la matière organique. Les molécules organiques sont transformées en éléments simples (gaz carbonique CO₂, azote minéral et éléments minéraux). c'est un processus catabolique par lequel les matériels organiques morts sont transformés en des éléments inorganiques, avec une libération simultanée d'énergie (LAVELLE & SPAIN, 2001). Ces formes inorganiques sont directement assimilables par les plantes et les microorganismes. Le matériel organique provenant des plantes supérieures (litière des feuilles, des résidus de culture, exsudats racinaires, débris racinaires) comprennent des substances simples (lipides, pectines, protéines, amidon) facilement dégradés par les microorganismes et complexes, difficilement dégradables. Ces derniers sont constitués de polysaccharides (cellulose, d'hémicellulose) de lignine, d'acide humique (STOTZKY, 1997). Ceci fait que le taux de décomposition dépend de la qualité chimique de ces ressources organiques (AERTS, 1997). Les processus biologiques qui transforment ces matériels sont principalement dus à l'activité des microorganismes (COLEMAN & *al.*, 1984).
- L'humification : la formation de l'humus ou humification consiste en des recombinaisons de molécules organiques de nature diverses (molécules complexes déjà présentes dans le sol, molécules simples venant directement de substrats organiques récemment dégradés par la flore et la faune du sol et très peu de molécules directement issues des débris végétaux ou animaux). Ces recombinaisons sont issues de processus chimiques complexes qu'on appelle condensation et polymérisation.

Pour les pédologues, c'est la transformation de l'humus libre en humus lié. Pour les biochimistes, c'est un phénomène de polycondensation oxydative conduisant à des

substances brunes, présentes aussi bien dans l'humus libre que dans l'humus lié (MANGENOT, 1975). Ces condensations et polymérisations qui sont des processus chimiques complexes consiste en des recombinaisons de molécules organiques de nature diverses : molécules complexes déjà présentes dans le sol ; molécules simples venant directement de substrats organiques récemment dégradés par la flore et la faune du sol et très peu de molécules directement issues des débris végétaux ou animaux. Lors des recombinaisons, des molécules contenant N sont incorporées dans les macromolécules humiques (ANONYME 1). Les phénols semblent être le matériel de base pour la synthèse de l'humus (FLAIG, 1970 ; HAIDER, 1992).

L'association entre la matière organique et les éléments fins du sol aboutit à la formation d'agrégats dont la taille peut varier de quelques micromètres à plusieurs centimètres. L'assemblage de ces agrégats constitue la structure du sol. Ils ont une certaine résistance physique aux agressions mécaniques naturelles ou artificielles (érosion, piétinement, émiettement, passage d'engins lourds...). Cette capacité à résister se mesure et s'appelle la stabilité structurale du sol. Une bonne structure du sol se traduit par une porosité élevée et des agrégats grumeleux, qui améliorent la réserve en eau, la perméabilité et l'aération l'enracinement et la résistance physique aux agressions. Une bonne structure, souvent observée sous forêt naturelle avant la mise en culture, peut être rapidement détériorée par des pratiques culturales inadaptées. La diminution du stock de matière organique entraîne la baisse de la stabilité structurale. D'autres symptômes de dégradation de la parcelle sont ensuite observés : baisse de fertilité, érosion, baisse de rendements, etc.

La forêt méditerranéenne est l'une des plus importante du globe, elle occupe environ 65 millions d'hectares de forêts arborées et 19 millions d'hectares de formation Sub-forestières (SEIGUE, 1985). La distinction des différents écosystèmes méditerranéens se base sur l'architecture d'ensemble : la physionomie déterminée par les végétaux dominants. Ces derniers restent les meilleurs bio-indicateurs car ils représentent les espèces qui structurent activement le système. Les principaux écosystèmes sont subdivisés selon la taille de ces végétaux, partant des forêts dites sclérophylles aux steppes en passant par les matorrals. Le matorral, terme d'origine espagnol a été adopté par IONESCO & SAUVAGE (1962) pour décrire, au Maroc, les formations de ligneux bas n'excédant pas 7 m de hauteur. Il représente la forme considérée comme la plus typique de la végétation méditerranéenne (DI CASTRI, 1981). Le matorral est considéré comme issu de la régression de formations forestières suite à

différentes perturbations. Selon TRABAUD (1994), ce sont les feux répétés et la pauvreté du sol en éléments biogènes qui ont favorisé la formation d'écosystèmes de ligneux bas dont l'évolution est en général bloquée de façon précoce.

La forêt méditerranéenne est riche en espèces pyrophytiques qui sont les plantes dont la propagation, la multiplication ou la reproduction sont stimulés par le feu (LOPEZ & *al.*, 1996), selon TRABAUD, 1974 « un vrai pyrophyte devrait être à la fois une plante qui résiste au feu et qui est favorisée par le feu ».

La forêt primaire méditerranéenne était constituée de chênes verts sur sol calcaire, de chênes liège sur sol siliceux. Surexploitée et victime d'incendies à répétition, elle a été remplacée par une forêt secondaire de pins. Si la dégradation se poursuit, cette forêt secondaire cède la place à des formations végétales non arbustives (garrigues et maquis).

Le Chêne-liège occupe une place bien particulière au sein de la forêt méditerranéenne. C'est une espèce du bassin méditerranéen occidental ainsi que de la côte atlantique; elle peuple des aires disjointes, reliques de zones beaucoup plus vastes. Elle occupe environ 2 millions d'hectares dont 1,1 millions en Europe (Portugal, Espagne, Italie, France) et le reste en Afrique du Nord (Algérie, Maroc, Tunisie) (BEN JAMAA & ABDELMOULA, 2004). En Algérie, le chêne liège occupe une superficie de 410.000 ha (SILVA & CATRY, 2006). On le rencontre dans la partie humide de l'Est d'Alger jusqu'à la frontière tunisienne, il s'étend d'une manière assez continue le long de la zone littorale où il offre le maximum de son aire de répartition. Dans la partie Ouest, il reste disséminé et constitue des îlots de moindre importance (BEKDOUCHE, 2010).

La principale caractéristique de l'espèce est son écorce épaisse et isolante, formée de liège, qui la protège du feu. Son écologie la cantonne aux sols dépourvus de calcaire, aux conditions climatiques relativement modérées du littoral : hivers doux, sécheresse estivale tempérée par une certaine humidité atmosphérique (AMANDIER, 2002).

Le feuillage du Chêne-liège est persistant, assez léger et transparent et la subéraie dans son état optimal est un peuplement forestier relativement clair où les arbres ne couvrent qu'environ 60% du terrain. La lumière du soleil peut ainsi parvenir en suffisance aux strates basses.

La région Méditerranéenne est victime de son climat. C'est en effet par ce climat, caractérisé par un été sec et chaud, que l'on explique la fréquence et l'intensité des incendies et par voie de conséquence la pauvreté du sol en matière organique et son érosion.

Cette perturbation est considérée comme une force écologique naturelle contre laquelle les végétaux ont acquis des mécanismes d'adaptation pour survivre et se régénérer (PAUSAS & VERDU, 2005). Le feu, par son action induit des changements sur les propriétés physiques et chimiques du sol (CERTINI, 2005 ; SHAKESBY & DOERR, 2006), parmi les modifications physiques la dénudation du milieu suite à la disparition de la végétation qui induit des changements dans le pédoclimat et les capacités physiques du sol. Parmi les propriétés chimiques, la matière organique et les éléments nutritifs utilisés par les plantes subissent des modifications très importantes.

Le sol qui est une couche superficielle de l'écorce terrestre, remplit de nombreuses fonctions (support de végétation, support de biodiversité, stockage de carbone,...etc.) essentielles à l'homme et à son environnement. Bien qu'étant une source non renouvelable du globe terrestre, le sol est soumis à de nombreux stress qui dégradent ses propriétés et peuvent aboutir à des pertes de fonctions indispensables. La faune du sol et sa diversité sont largement reconnus pour leur participation aux processus physiques, chimiques et biologiques impliqués dans le fonctionnement et l'évolution des sols naturels (BARRIOS, 2007 ; LAVELLE & *al.*, 2006).

Les sols portant du Chêne-liège étant dépourvus de calcaire et généralement acides, la flore qui s'y développe est de type calcifuge. A côté d'espèces méditerranéennes assez ubiquistes telles que le Lentisque, la Phyllaie et le Ciste, on trouve des espèces plus strictement inféodées aux sols acides telles que la Bruyère, l'Arbousier et la Lavande. La plupart des espèces forestières qui forment le cortège floristique de la subéraie présentent une haute inflammabilité. La bruyère arborescente présente la plus importante inflammabilité, suivie en cela par le chêne-liège (DELABRAZE & VALETTE, 1974).

La subéraie persiste au feu grâce à la structure et l'épaisseur de son écorce liégeuse isolante (présence d'une multitude de compartiments étanches remplis d'air) qui lui offre une protection. Le fait de le démascler rend le peuplement vulnérable aux incendies même de faible puissance. Après incendie de forte intensité, la régénération n'est possible que par rejets de souche, la régénération naturelle par voie sexuée n'aboutit pas (BOUDY, 1950). En effet malgré la germination des glands parfois en abondance, les semis ne résistent pas à la sécheresse estivale.

L'espacement entre les feux successifs doit être suffisant pour permettre aux individus de produire des glands et d'alimenter la banque de semences du sol. La répétition des feux à des intervalles de temps très courts peut entraîner une réduction de la germination des espèces

ligneuses en raison de la diminution de la banque de semences du sol (DUGUY & VALLEJO, 2008).

L'essentiel des travaux relatifs à l'effet du feu sur les invertébrés du sol dans les écosystèmes méditerranéens ont été réalisés en France par PRODON & *al.* (1985) dans une subéraie; en Grèce par SGARDELIS & *al.* (1995) dans une phrygane et par RADEA & ARIANOUTSOU (2002) dans une forêt de pins; aux différents écosystèmes de type méditerranéen par LEGAKIS (1994) dans une forêt de Pin d'Alep, d'Arbousier, de Chêne Kermès, Eucalyptaie,... etc.

Ainsi, plusieurs travaux ont été réalisés sur l'organisation verticale de la faune du sol. On peut citer, au Maroc SADAKA & PONGE (2003) dans des forêts de chêne vert; en France par GERS (1998) dans une hêtraie; en Espagne par DOBLAS-MIRANDA & *al.* (2009) dans une zone aride; dans différents écosystèmes de type méditerranéen par STAMOU & *al.* (2004).

En Algérie les études consacrées à la faune endogée ont eu un caractère très ciblé. Citons le travail de Master par GHERIB & MECHAKA (2012) à El Tarf, thèse de Magister par LEMBROUK (2012) à Tizi Ouzou, thèse de Magister par LEBLALTA (2009) à Batna, thèse de Magister par AIT MOULOUD (2011) à Tizi Ouzou et le travail de FEKKOUN & *al.* (2011) à Alger.

La présente étude s'inscrit dans le programme de recherche sur les écosystèmes forestiers du Nord-Est algérien, initié depuis 2005 par le laboratoire d'écologie des systèmes terrestres et aquatiques (EcoSTAQ). Elle vise à caractériser la composition et l'organisation de la faune édaphique (macro et mésofaune) dans une subéraie mûre (*Quercus suber* L.) et un maquis (subéraie dégradée). Les incendies de l'été 2008 nous ont également permis de saisir l'opportunité d'étudier la faune édaphique associée à une subéraie en résilience post incendie. Par la suite, chaque peuplement inventorié sera comparé au peuplement d'une subéraie climacique afin d'étudier les changements de structure de la communauté de la faune édaphique. Les différents habitats étudiés, représentent divers stades de dégradation de la forêt de chêne liège originelle. Nous examinerons également l'effet des variables environnementales (Température de l'air, humidité de l'air, humidité du sol et épaisseur de chaque horizon) sur les différents compartiments des communautés endogées.

La problématique posée concerne essentiellement l'effet des modifications d'habitat par dégradation, de la forêt climacique originelle sur la diversité et la structure des peuplements endogés, elle conduit à formuler les questions suivantes :

- Y a-t-il des différences de composition et de densité de la faune édaphique entre une subéraie et un maquis ?
- Y a-t-il des changements dans l'organisation des communautés de la faune du sol entre une subéraie et un maquis ?
- Quel est l'effet du feu sur la faune édaphique ?
- Quelle est la capacité de reconstitution de la faune du sol après un processus de résilience de deux et dix années post incendie ?

Le présent travail est organisé en quatre chapitres. Le premier chapitre portera des données générales sur la faune édaphique, le second présente l'ensemble de la méthodologie mise en œuvre pour étudier cette faune, le troisième rassemble les résultats, l'observation et les mesures. Le quatrième chapitre enfin, est consacré aux discussions des résultats obtenus.

CHAPITRE I :

Données générales

sur

la faune du sol

Chapitre I. Données générales sur la faune du sol

I.1. La microfaune

I.1.1. Les Protozoaires

On en trouve trois groupes dans le sol : Ciliés, Flagellés et Rhizopodes. Ils sont généralement plus petits que ceux des milieux aquatiques ouverts. Leur poids varierait de quelques grammes à quelques dizaines de grammes au m². La majorité d'entre eux peut s'enkyster soit parce que le milieu devient défavorable, soit par nécessité biologique. La plupart des Flagellés sont osmotrophes (aliments dissous). Les autres, qui sont phagotrophes se nourrissent surtout de bactéries, mais il en est qui ingèrent des Algues et des Champignons. D'autres sont enfin prédateurs de Rotifères de Tardigrades et de Nématodes... (COINEAU, 1974).

I.1.2. Les Nématodes

Ce sont les plus nombreux et également très variés, ils jouent un grand rôle dans le sol. Ils sont surtout abondants dans les sols qui ont une bonne rétention d'eau. Plus de la moitié sont des détritiphages, d'autres sont prédateurs de Protozoaires, de Rotifères, de Tardigrades, de petits Oligochètes ou d'autres Nématodes. Enfin, bon nombre sont parasites de végétaux supérieurs (COINEAU, 1974).

I.2. La mésofaune

Les acariens et les collemboles représentent habituellement 95 % des microarthropodes du sol (SEASTEDT, 1984).

I.2.1. Les Acariens

Les Acariens sont les Arachnides les plus importants en nombre et en qualité de tous les microarthropodes du sol, qui mesurent entre 200 nm à 2 mm. Leur corps ne présente pas de régions distinctes, le céphalothorax étant fusionné à l'abdomen (LOZET & MATHIEU, 2002). Les acariens sont composés de plusieurs sous-ordres dont les Gamasida, les Actinedida, les Acaridida et les Oribatida. On en rencontre deux principaux dans le sol : Les Oribates, essentiellement saprophages, participent très activement à la dernière étape de fragmentation de la matière organique ; les Gamasides qui sont surtout des carnivores, prédateurs d'autres microarthropodes et de petits vers.

Ces différents groupes ont une morphologie et des mœurs très diversifiées. Ils occupent principalement les premiers centimètres des sols, mais il existe des espèces des strates profondes. Ces dernières présentent des adaptations morphologiques à l'absence de lumière et à la faible porosité : elles sont dépigmentées, portent moins de soies, leurs appendices sont plus courts, leur taille est réduite.

I.2.2. Les Collemboles

Ils sont avec les acariens les principaux représentants des microarthropodes. Les collemboles ont une très large répartition. Ils sont, en effet, présents en abondance sur tous les continents. A ce jour, environ 6500 espèces ont été décrites dans le monde (HOPKIN, 1997). Comme les Acariens, les Collemboles sont répartis dans tout le sol et présentent des adaptations morphologiques à la profondeur. Ils possèdent plusieurs organes spécifiques dont le plus visible est la *furca*, une sorte de levier post-abdominal permettant le saut. La *furca* est très réduite, voire absente, chez les espèces les plus caractéristiques des sols profonds. Leur régime alimentaire est considéré comme généraliste ; cependant, la majorité des Collemboles sont sapro-phytophages et fongivores. Ils se nourrissent d'hyphes fongiques ou de matière végétale en décomposition. Un certain nombre d'espèces sont pollinivores ou carnivores et se nourrissent de Protozoaires, de Nématodes, de Rotifères et d'Enchytréides (BACHELIER, 1978; RUSEK, 1989; HOPKIN, 1997; GOBAT & *al.*, 1998). En retour ces Collemboles peuvent être attaqués par différents prédateurs. Leur distribution est limitée par la température, les teneurs en eau et en oxygène. Certaines espèces ont développé des adaptations afin de résister à la dessiccation en réduisant les pertes en eau (POINSOT-BALAGUER, 1988,1990). Ces adaptations peuvent être d'ordre anatomique et morphologique (aplatissement dorso-ventral, revêtement pileux dense, respiration par trachées, épicuticule cireuse), phénologique (cycle de vie court), ou comportemental par un évitement du stress hydrique ou une entrée en anhydrobiose ou écomorphose. Ces comportements commencent par un arrêt de l'alimentation et se poursuivent par une série d'autres adaptations d'ordre physiologique (PERNIN, 2003).

I.2.3. Les Enchytréides

C'est dans les Annélides oligochètes que se classent les Enchytraeidae de la classe des Oligocheta, ordre des Haplotaxida du sous-ordre des Enchytreina. Se sont des vers de petite taille de 2,5 à 35 mm. Ils sont habituellement de couleur blanche et beaucoup plus rarement transparents, de couleur rouge ou de couleur foncée. (BACHELIER, 1978)

I.2.4. Les Symphiles

Les Symphiles sont des myriapodes allongés et dépigmentés qui mesurent entre 2 à 9 mm. Ces animaux recherchent les endroits humides ; on les trouve dans les épaisses nappes de mousses et dans l'horizon humifère.

I.2.5. Les Pseudo-scorpions

Les petits Pseudo-scorpions de l'ordre *Pseudoscorpionida* se sont des arachnides minuscules qui mesurent généralement de 1 à 5 mm et dépassent rarement 8mm. Ils sont clairement

différents des scorpions, ils ne se terminent pas avec queue miniature cinglante et leurs glandes à venin sont situées dans leurs pinces. Celles-ci leur permettent d'attraper les autres microarthropodes et Nématodes. Ils se déplacent rapidement et changent de direction rapidement, on les trouve sous les feuilles mortes ou l'écorce des arbres.

I.2.6. Les Pauropodes

Des minuscules myriapodes, ils mesurent de 0.5 mm à 1 mm et ne dépassent pas 2 mm. On les trouve dans les feuilles pourrissantes et dans l'horizon humifère, ils se nourrissent de débris végétaux et animaux.

I.2.7. Les protoures

Ce sont des organismes du sol, minuscules ne dépassant pas les 2 mm, de forme allongée et de couleur ambrée. On les trouve dans les feuilles mortes en décomposition et dans l'horizon humifère.

I.2.8. Les Diploures

Ce sont des organismes du sol décolorés et aplatis, ils dépassent rarement 1cm.

I.2.9. Les Thysanoures

Ce sont des aptérygotes ectotrophes dépassant rarement 2cm. Ces animaux habitent les éboulis, certaines litières, les falaises littorales, les maisons, les termitières et les fourmilières.

I.2.10. Les Opilions

Se sont des arachnides considérés comme très rares jusqu'en 1950. En fait ils s'avèrent beaucoup plus communs qu'on ne le pensait.

La mésofaune joue un rôle important, dans la transformation de la matière organique du sol, le recyclage des nutriments des plantes, et l'amélioration des propriétés physiques du sol (SWIFT & *al.*, 1979). Dans un premier temps, les microarthropodes du sol influencent la décomposition de la matière organique, principalement grâce à la comminution des substrats organiques (PARKINSON, 1982). La comminution est la fragmentation et la restructuration physique de la matière organique par la mastication. En effet, la plupart des collemboles, des acariens oribates et astigmates non-parasites ont des pièces buccales capables de fragmenter les résidus organiques, tout en se nourrissant des microorganismes adhérant à leurs surfaces (microphytophages). Seuls les acariens prostigmates et mésostigmates ne peuvent ingérer de grosses particules de nourriture, car leurs pièces buccales sont adaptées à percer les tissus (BUTCHER & *al.*, 1971). Ces deux derniers groupes sont mycophages ou prédateurs de la micro (< 0,1 mm) et de la mésofaune (SEASTEDT, 1984), et jouent un rôle moins important dans les processus de comminution.

Les boulettes fécales, de 50 à 100 µm de diamètre, issues de l'ingestion des résidus par la mésofaune responsable de la comminution, s'agglomèrent dans le sol en agrégats de 1mm ou plus de diamètre. Ce phénomène, restreignant l'accessibilité de l'hyphe fongique à la surface des agrégats, tend à inhiber l'activité fongique à l'intérieur de ceux-ci et à favoriser l'activité bactérienne (HANLON, 1981). Toutefois ces hyphes seraient, avec les polysaccharides, le facteur de formation de plus gros agrégats ; les petits agrégats fécaux agissant comme noyaux des agrégats du sol (TISDALL & OADES, 1982). La comminution, en augmentant l'unité de surface du substrat, va favoriser l'activité bactérienne, et ainsi faciliter une décomposition plus avancée des résidus (SWIFT & *al.*, 1979 ; ANDERSON, 1988).

I.3. La macrofaune

I.3.1. Les Vers de terre

Les Vers de terre ou Annélides, sont des vers à symétrie bilatérale et à cavité générale libre (coelomates). Leur corps est cylindrique et formé d'une succession de segments semblables, compris entre un lobe céphalique, et un lobe terminal. Tous les vers de terre partagent un besoin d'humidité minimale dans leur environnement, raison pour laquelle on en trouve plus dans les régions humides. Dans les régions sèches et désertiques, ils sont rares.

Les Vers de terre se nourrissent, essentiellement, à partir des débris végétaux plus ou moins décomposés qu'ils ingèrent avec de la terre (TRAORE, 2012).

I.3.2. Les Myriapodes

Les Myriapodes de la macrofaune du sol sont représentés par deux classes traditionnellement bien connus: les Chilopodes et les Diplopodes. Ils vivent dans la litière et les horizons superficiels car ils ne peuvent creuser le sol. Ils jouent un rôle important dans le processus de décomposition de la matière organique (BACHELIER, 1978).

Les Chilopodes, tous prédateurs chassent en courant sur le sol. Parmi eux, les Scolopendromorphes, les Géophilomorphes et les Lithobiomorphes.

Les Diplopodes, comme les vers, mélangent les débris végétaux avec le sol au cours de leur nutrition, mais BORNEBUSCH (1950) a fait remarquer que les déjections des myriapodes renferment généralement trois fois moins de matières minérales que les déjections des Lombricidés. Ils participent alors peu au mélange des débris organiques avec le sol minéral.

Les diplopodes réduisent la litière à des fragments d'environ 100 microns de côté. Ces fragments peuvent ensuite être repris par les Collemboles, des Oribates ou Enchytréides qui les réduisent à une taille encore inférieure. Parmi les plus connus : les glomérus, qui se roulent

en boule, et les iules. Tous possèdent des glandes répugnatoires sécrétant des substances répulsives.

L'action des myriapodes sur la physique et la chimie des sols dépend essentiellement de leur activité fouisseuse et de leur action favorable sur l'humification des débris végétaux (BACHELIER, 1963). En même temps qu'ils aident à la décomposition de la litière et favorisent les processus d'humification (GILYAROV, 1957).

I.3.3. Les Araignées

Les Araignées du sol sont des arachnides qui se trouvent principalement dans la litière et le sol superficiel. Elles abondent aussi bien dans les milieux naturels que dans les milieux cultivés. Elles sont, à quelques exceptions près, solitaires, prédatrices et terrestres. L'abondance et la diversité d'Araignées d'un milieu est indicatrice de la qualité biologique de ce milieu (WISE, 1993). Il s'agit d'une indication indirecte qui est en rapport avec la quantité de proies qu'elles peuvent trouver dans ce milieu.

I.3.4. Les Insectes ptérygotes

Ce sont essentiellement les Fourmis, les larves de Coléoptères ou de Diptères et les Termites

I.3.4.1. Les Hyménoptères (Fourmis)

Les Fourmis sont des Hyménoptères holométaboles à antennes coudées et différenciées, à thorax simple et possédant typiquement un pétiole formé par les premiers segments abdominaux. On en a décrit plus de 240 genres et plus de 280 000 espèces (CHERIX, 1986). La classification actuelle des Fourmis, assez complexe, fait appel à de nombreux caractères morphologiques et anatomiques : formes des antennes, du pétiole, nervation alaire des sexués, structure du gésier et des glandes anales etc. Selon ces critères, la Myrmécologie moderne répartit les Fourmis en huit familles (RAMADE, 1972). Les Fourmis jouent un rôle important sur la pédogenèse et les propriétés édaphiques, en contribuant à la décomposition des matières organiques, à la concentration et au stockage des nutriments, à la redistribution et à l'organisation des constituants organiques et minéraux du sol (HOLEC & FROUZ, 2006).

I.3.4.2. Les Coléoptères

Les Coléoptères et leurs larves représentent une proportion importante des communautés des animaux du sol, surtout des sols tempérés. Les larves jouent un rôle crucial dans l'enfouissement de la matière organique (BRUSSARD & HIJDRA, 1986).

De nombreux Coléoptères demeurent dans les sols et peuvent souvent servir d'indicateurs au pédobiologiste. D'après COIFFAIT (1960), les sols favorables au développement des Coléoptères endogés seraient des sols ayant une teneur élevée en éléments fins (argiles et limons) susceptibles d'y maintenir une humidité favorable. L'action des Coléoptères dans le

sol se traduit principalement par leur influence sur son équilibre biologique. En effet, 80 % des Coléoptères sont phytophages (phyllophages, xylophages, rhizophages, germinivores, seminovores, etc.) et peuvent être “nuisibles” aux plantations et cultures. Les autres sont pour la plupart des prédateurs, souvent aussi bien à l’état larvaire qu’à l’état adulte. Les larves de Coléoptères sont, après les larves de Diptères, les plus nombreuses du sol (MBOUKOU-KIMBATSA, 1997).

I.3.4.3. Les Diptères

L’ordre des Diptères est représenté dans les macros–invertébrés du sol par des phases immatures. En général, les larves de Diptères aiment l’humidité et très peu d’entre elles peuvent survivre à la dessiccation pendant des périodes prolongées. Dans les sols où elles sont fortement représentées, les larves de diptères jouent un rôle important dans le fonctionnement biologique du sol, en intervenant dans la décomposition de la matière organique et la libération des nutriments (DELEPORTE, 1987). Les larves de Diptères constituent, avec les larves de Coléoptères, la majorité des larves d’insectes de la litière.

La plupart des larves de Diptères se nourrit de débris végétaux; elles manifestent des préférences alimentaires certaines : racines, bois mort en décomposition, mycélium de champignons, champignons, fumier, boulettes fécales, etc. Beaucoup de larves de Diptères sont aussi carnivores, d’autres sont parasites.

Les larves de Diptères influencent fortement la décomposition des débris végétaux, d’autant plus qu’elle peuvent mélanger activement ces débris avec la partie minérale du sol (MBOUKOU-KIMBATSA, 1997).

La macrofaune joue un rôle clé dans le fonctionnement des sols. Ses représentants décomposent la litière et l’incorporent au sol, protègent les plantes contre les maladies et les pathogènes, construisent et maintiennent la structure du sol en creusant des galeries et en modifiant l’agrégation du sol. Ces macro-invertébrés sont considérés comme des ingénieurs du sol car les modifications de l’environnement sol via leurs activités de construction (turricules, galeries, nids) affectent significativement la diversité et les activités microbiennes (BLANCHART & BRAUMAN, 2010).

I.4. Les groupes secondaires

Bien d’autres animaux existent encore dans les sols, mais leur importance dans la pédogenèse et la dynamique des sols reste généralement assez limitée.

I.4.1. Les Turbellariés

On les trouve dans les sols humides, leur taille ne dépasse pas un millimètre. Ce sont des formes carnivores, mais leur rôle est négligeable.

I.4.2. Les Némertes

Ce sont des vers très allongés qui présentent à la fois des caractères de Platodes et des caractères d'Annélides (tube digestif complet notamment). La plupart des Némertes sont marins, certains vivent dans les eaux douces, mais quelques espèces se rencontrent aussi dans les sols humides des régions équatoriales (géonémertes), où elles restent cependant rares. Les géonémertes sont carnivores et possèdent une longue trompe prolongeant la bouche. Les plus grands peuvent atteindre la taille d'un ver de terre (BACHELIER, 1978).

I.4.3. Les Rotifères

Les Rotifères terricoles appartiennent presque tous à l'ordre des *Bdelloidea*. Ils sont reviviscents capables de résister enkystés à des températures élevées. On les rencontre surtout dans les litières, les mousses et les lichens. Ils se nourrissent d'algues unicellulaires et de bactéries (COINEAU, 1974).

I.4.4. Les Gastrotriches

Proches des Rotifères, se rencontrent dans les sols humides où ils sont généralement rares (COINEAU, 1974).

I.4.5. Les Péripates

On ne les trouve que sous les écorces et dans les litières des forêts chaudes et humides de certaines régions du globe (Congo, Afrique du Sud, Australie, Amérique Tropicale, Inde, Antilles).

I.4.6. Les Tardigrades

Comme les Rotifères, sont des animaux reviviscents, vivants surtout dans les mousses, on en trouve néanmoins dans certains sols en surface, mais ce sont toujours des espèces muscicoles.

I.4.7. Les Gastéropodes (Mollusques)

Représenté par les Escargots et les Limaces, la plupart des Gastéropodes sont des phytophages généralistes. Beaucoup d'entre eux consomment des Champignons et quelques espèces sont carnivores ou se nourrissent d'autres invertébrés du sol, y compris d'autres Gastéropodes. Ils ont un rôle limité dans la vie des sols (DEPRINCE, 2003).

I.4.8. Les Crustacés

4 ordres de crustacés seulement possèdent des représentants dans les sols : les Copépodes, les Amphipodes, les Isopodes et les Décapodes. Les Copépodes sont des crustacés inférieurs et microscopiques appartenant à la sous-classe des Entomostracés. Les Amphipodes, les

Isopodes et les Décapodes sont des crustacés supérieurs appartenant à la sous-classe des Malacostracés.

Les Copépodes sont très peu représentés dans les sols en dehors de certains petits *Canthocampus*, que l'on trouve parfois dans des feuilles mortes très humides, où ils se nourrissent de petits animaux (BACHELIER, 1978).

Les Amphipodes sont bien connus avec les crevettes d'eau douce ou gammares. Dans les sols, on n'en trouve en général qu'en bordure des ruisseaux ou dans les prairies et les forêts très humides. Ils se nourrissent de débris végétaux. Le genre *Orchestia* apparaît bien adapté à la vie dans les sols (BACHELIER, 1978).

Les Amphipodes sont normalement assez rares, mais il en a été observé d'abondantes populations dans certains sols.

Les Isopodes terrestres (Isopodes Oniscoïdes ou Cloportes) composent le groupe des Crustacés qui a été capable de s'adapter à la vie dans le sol. Leur cuticule perméable les rend sensibles à la dessiccation. Ils vivent donc dans les lieux humides où ils se nourrissent de matière végétale en décomposition et, comme les diplopodes, jouent un rôle dans la fragmentation et la dispersion de la litière.

I.4.9. Les Vertébrés

On peut citer quelques invertébrés du sol tels Reptiles, Insectivores, Rongeurs...ect.

- Des Reptiles, comme les Amphisbaenidae, sont des lézards sans pattes des pays chauds, certains serpents, tels les Typhlopidae et les Uropeltidae serpents fouisseurs confinés aux Indes et à Ceylan.
- Des Insectivores, comme les musaraignes et surtout les taupes. Les musaraignes sont abondantes dans les subéraies d'El Kala (BENYACOUB com.pers)
- Des Rongeurs, tels les rats et les souris.

Dans cette étude nous avons limité notre analyse à la mésofaune et la macrofaune.

CHAPITRE II:

Matériel et méthodes

Chapitre II. Matériel et méthodes

II.1. Présentation de la zone d'étude

Notre étude a été réalisée au sein du parc national d'El Kala, qui est situé à l'extrême nord-est de l'Algérie. C'est l'un des plus grands parcs nationaux d'Algérie, Il a été créé le 23 juillet par le décret N° 83-462 et érigé comme réserve de la biosphère par l'U.N.E.S.C.O le 17 décembre 1990. Le Parc National d'El Kala est limité au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la frontière algéro-tunisienne et au Sud par les monts de la Medjerda. La limite Ouest du Parc est tracée de façon à englober le bassin versant de l'Oued Bougous vers le sud et la ville d'El Tarf plus au nord, puis continue vers l'ouest parallèlement à la route N44 jusqu'au village de Bouteldja, et se prolonge vers le nord jusqu'à l'ouest immédiat du Cap Rosa.

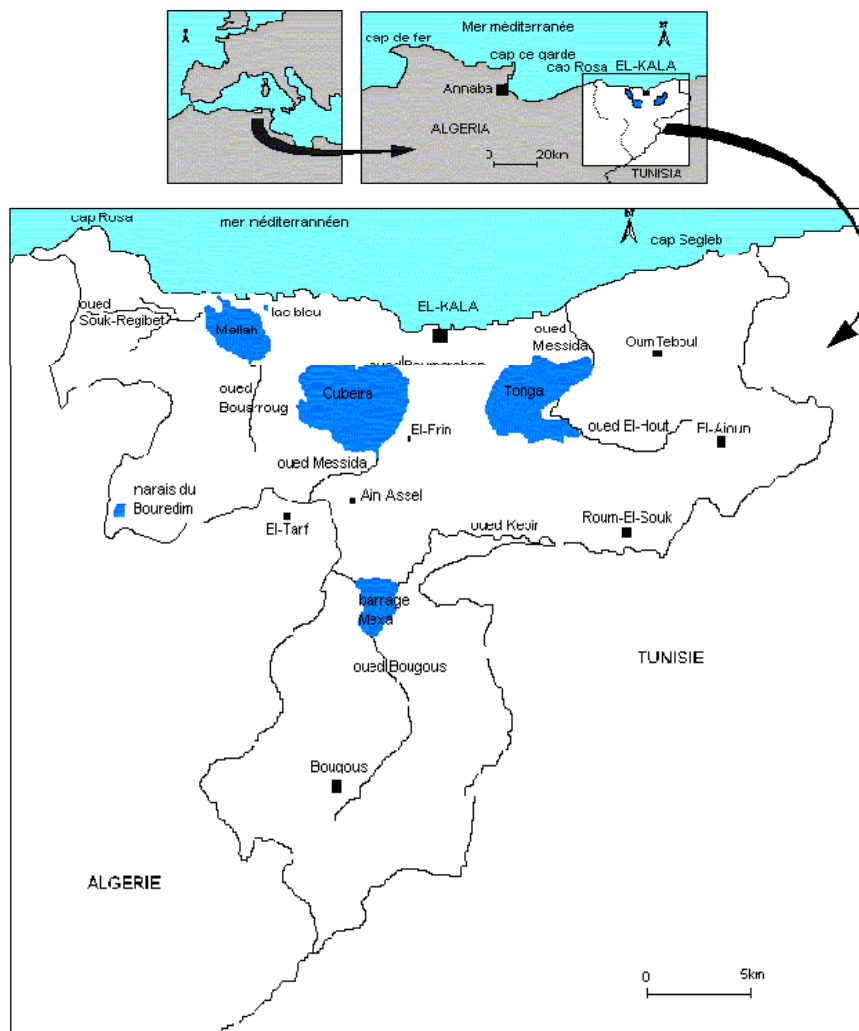


Figure 1: Situation géographique du Parc National d'El Kala (BENYACOUB & al., 1998).

II.1.1. Relief

D'une manière générale, le relief du parc national d'El Kala se compose d'une juxtaposition de dépressions dont le fond est occupé par des formations lacustres ou palustres

et par des hautes collines aux formes variées tels que des dômes, des escarpements et des alignements de crêtes, couverts par une végétation dense (DE BELAIR, 1990).

Le relief du parc national d'El Kala est formé dans sa partie septentrionale par un cordon dunaire qui s'étend d'une part, d'Ouest en Est le long de la côte sur une distance de 40 km et d'autre part, vers le Sud jusqu'au pied du Djebel Segleb s'enfonçant parfois jusqu'à 24 km à l'intérieur des terres, avec de petites éminences de relief gréseux de faible altitude. Un ensemble de collines ne dépassant pas 600 m de hauteur se situent au Nord, à l'Est et à l'Ouest de la région. Une plaine alluviale et marécageuse est adossée à ces collines (JOLEAUD, 1936).

II.1.2. Géologie

La région d'El Kala date de la formation de la chaîne tellienne. L'actuelle structure morphologique résulte d'une activité tectonique datant du tertiaire et du quaternaire. Cette diversité combinée à l'action de l'eau et du vent contribue jusqu'à présent au façonnement du relief (MARRE, 1987). Selon JOLEAUD (1936), l'époque tertiaire se distingue par la formation des argiles de Numidie qui sont datées de l'Éocène moyen. Ces argiles d'une épaisseur de 300 m environ se développent dans le fond des vallées et en bordure des plaines, tandis que les grès de Numidie datant de l'Éocène supérieur reposent en concordance sur les argiles précédentes formant la masse principale des collines et la crête du djebel Ghorra. Par ailleurs à l'époque tertiaire il y a eu la formation des dépôts fluviatiles constitués principalement de limons, de sables et de galets. Quant aux dépôts marins éolisés ils sont formés par un amas dunaire issu de l'érosion par la mer des falaises gréseuses (JOLEAUD, 1936).

II.1.3. Pédologie

La pédogenèse est étroitement liée aux facteurs climatiques, à la nature du substrat et au couvert végétal. Les sols de la région d'El-Kala sont podzoliques insaturés (ATLAS DES PARCS NATIONAUX ALGERIENS, 2006). Le contexte écologique dans lequel évoluent les forêts est représenté par les argiles et les grès de Numidie datant du Tertiaire. De ce fait, la texture essentiellement sableuse domine les sols de la région et favorise largement l'installation du chêne liège (STEVENSON & *al.*, 1998 ; MARRE, 1992).

II.1.4. Richesse floristique

La richesse floristique du Parc National d'El-Kala est d'environ 840 espèces. La flore se caractérise par un taux particulièrement élevé d'espèces endémiques, rares et très rares (DE BELAIR, 1990). Elles représentent le tiers de la flore Algérienne, parmi lesquelles on peut observer 231 espèces rares et très rares, appartenant à 62 familles et représentant plus du quart

(27 %) de la flore du parc, soit 15 % de la flore rare à l'échelle nationale (OUELMOUHOUB, 2005).

II.1.5. Richesse faunistique

La mosaïque d'écosystèmes a permis, sur le territoire du Parc l'installation importante d'une hétérogénéité des habitats impliquant une grande diversité biologique, notamment au niveau de la faune et particulièrement l'avifaune. Les mammifères y sont représentés par 40 espèces, soit un peu plus de 30 % des mammifères d'Algérie, dont 16 sont protégées et constituent de ce fait un patrimoine réel à préserver comme pour le cas du Cerf de barbarie (*Cervus elaphus barbarus*) qui est du reste, en grande difficulté du point de vue démographique. Le parc national d'El-Kala est surtout connu pour sa riche avifaune sédentaire et migratrice. On y dénombre 195 espèces d'oiseaux dont 69 sont protégées. Selon le biotope, on y relève 97 espèces d'oiseaux forestiers, 64 espèces d'oiseaux d'eau et 09 espèces d'oiseaux marins. Notons aussi la présence de 25 espèces de rapaces. Les reptiles du parc national d'El-Kala sont représentés par 17 espèces dont 03 protégées. Les amphibiens quant à eux sont au nombre de 07 espèces. Dans les biotopes marins et lacustres, on distingue 74 espèces de poissons réparties en 14 espèces strictement dulçaquicoles et 60 espèces strictement marines. Le groupe des insectes étudiés a révélé l'existence de 223 espèces, réparties en 42 espèces d'odonates, 76 espèces de diptères dont 21 rares, 60 espèces de coléoptères dont 30 rares et 45 espèces de lépidoptères dont 30 rares (ATLAS DES PARCS NATIONAUX ALGERIENS, 2006).

II.1.6. Hydrologie

Le parc national d'El-Kala est caractérisé par l'existence d'un ensemble de plans d'eau répartis entre lacs et marais dont les principaux sont le lac Tonga, le lac Oubeira, le lac Mellah, le lac Bleu, le marais de Bourdim et beaucoup d'autres d'importances écologiques inégales. La partie orientale du parc national d'El Kala est mal drainée. De nombreux affluents issus des massifs formant la frontière algéro-tunisienne, s'écoulent suivant une direction Est-Ouest et aboutissent à la plaine d'Oum Teboul. Une partie des eaux alimente alors le lac Tonga par l'intermédiaire de l'Oued El-Hout. Une autre partie s'infiltré dans les alluvions et recharge la nappe phréatique. Le reste stagne sous la forme de marécages sur les argiles de Numidie. Par ailleurs la partie méridionale de cette région est drainée par 3 oueds avec Oued Bougous, Oued Mellila et Oued El-Kebir lequel joue le rôle de collecteur principal. Par contre la partie occidentale englobe plusieurs chaâbet et oueds liés aux lacs Mellah et Oubeira (JOLEAUD, 1936).

L'importance du réseau hydrographique existant dans la région d'El Kala joue un rôle considérable dans le maintien du complexe de zone humide. La longueur de chaque oued existant dans la région varie entre 1,5 à 35 Km (ANONYME 2).

II.1.7. Climat

El Kala est une des régions les plus arrosées d'Algérie, elle se situe dans l'étage bioclimatique subhumide chaud, avec des hivers doux et humides et des étés chauds, secs et prolongés (s'étendant de juin à octobre et parfois plus longtemps). Le minimum absolu en décembre atteint 6°C, et 39°C maximum en août. El kala reçoit une pluviométrie moyenne annuelle de 910 mm et un maximum de 1300 mm. (ATLAS DES ZONES HUMIDES ALGÉRIENNES D'IMPORTANCE INTERNATIONALE, 2004)

Les vents dominants, de Nord-Ouest, avec une vitesse moyenne variant de 3.3 à 4.8 m/s, apportent les précipitations les plus importantes venues de l'atlantique. A l'opposé, le Sirocco qui souffle principalement en été venant du Sud-Est assèche l'atmosphère et favorise, avec les températures élevées, les incendies de forêts. L'évapotranspiration relative atteint 600 à 640 mm/an et l'évapotranspiration potentielle moyenne de 889 mm/an. (ATLAS DES ZONES HUMIDES ALGÉRIENNES D'IMPORTANCE INTERNATIONALE, 2004)

II.1.7.1. Précipitations

La région d'El Kala est une des régions algériennes qui jouit d'une pluviosité élevée d'environ 1000 mm par an. Ces précipitations sont dues, principalement, à deux phénomènes météorologiques : les perturbations cycloniques d'origine atlantique de l'ouest et du nord-ouest, qui affectent le littoral Nord-est algérien après avoir traversé l'Espagne et une partie de la Méditerranée et les dépressions méditerranéennes se formant en Méditerranée occidentale, et qui affectent en général toutes les chaînes montagneuses autour de la Méditerranée, et particulièrement, la partie orientale du Tell algérien (GRIMES, 2005).

Nous donnons à titre indicatif dans le tableau 1 les précipitations en mm de pluies enregistrées par la station d'El Kala au cours des années 2010 et 2011.

Tableau 1. Précipitations moyennes mensuelles (mm) (station d'El Kala)

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
2010	13.6	18.1	119.1	38.8	38.7	10.7	5.1	5.3	94.0	58.4	113	140
2011	15.5	19.5	119	05	20	5.6	0	0	16	90	52	32.3

L'observation du tableau1 permet de distinguer une extrême variabilité entre les deux années. L'année 2010 se caractérise par une pluviométrie nettement plus importante que celle de

l'année 2011, en 2010 la période pluvieuse s'étalant du mois de septembre au mois de mars, tandis qu'en 2011 allant d'octobre à mars.

II.1.7.2. Température

D'une manière générale, la région d'El Kala est située dans le climat méditerranéen sub-humide à hiver chaud avec des températures pouvant atteindre 50 °C. Les températures les plus basses sont enregistrées en altitude durant l'hiver, avec 5 à 6 mois de gelée blanche par an. Au niveau de la mer, les températures atteignent très rarement 0 °C. Les mois les plus froids sont janvier et février tandis que juillet et août sont les plus chauds (GRIMES, 2005).

Nous consignons dans le tableau 2 les températures mensuelles moyennes enregistrées par la station d'El Kala au cours des deux années 2010 et 2011.

Tableau 2. Températures moyennes mensuelles (°C) (station d'El Kala)

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
2010	13.2	13.1	13.3	16.9	16.2	21.8	26.0	27.2	24.7	21.0	16.0	12.3
2011	12.1	11.8	14.3	16.6	19.1	22.7	26.8	26.5	24.8	22.4	18.3	14.2

D'après le tableau 2, on distingue que l'évolution annuelle de la température au cours des deux années 2010-2011 passe par deux périodes. Des températures inférieures à 20°C au cours du mois de novembre jusqu'au mois de mai et des températures supérieures à 20°C de juin jusqu'à octobre.

II.2. Sites d'étude

Notre étude porte sur quatre parcelles forestières, choisies pour leur stade de succession écologique. L'historique des parcelles choisies est connu pour ce qui concerne les épisodes de feu qu'elles ont subi: un site témoin; qui est une subéraie climacique qui n'a pas été affectée par le feu depuis au moins 50 ans; un site dégradé, qui est un maquis résultant du surpâturage et d'incendies répétés. Deux sites incendiés à des dates différentes: une subéraie incendiée en 2000, soit dix années de résilience post-incendie à la date des prélèvements et une subéraie incendiée en 2008, soit deux années de résilience à la date des prélèvements (Fig. 2).

Les parcelles sont caractérisées par une végétation arborée monospécifique constituée de Chêne liège (*Quercus suber* L.) et d'un sous bois composé des principales espèces du cortège du chêne liège : le calycotome *Calycotome villosa*, la bruyère *Erica arborea*, la phyllaire *Phyllirea media*, le lentisque *Pistacia lentiscus*, le myrte *Mirtus communis*, le ciste *Cistus salvifolius* et La ronce *Rubus ulmifolius*.

- **Site 1** : il s'agit d'une subéraie climacique située à Meziraa (36° 55'N et 8° 20'E), un site témoin qui n'a pas été incendié. Elle présente une strate arborée de 50% de recouvrement et une hauteur moyenne qui varie entre 9 et 10 m. Un sous bois d'une hauteur moyenne de 3 à 4 m avec un recouvrement de 60 %. La litière est importante, son épaisseur est en moyenne de 3.5 cm (Photo. 1).

Ce site a été choisi car il n'a jamais été affecté par le feu, considéré comme site témoin pour rendre compte des différences de peuplements édaphiques entre les sites.

- **Site 2** : un maquis situé au Djebel Fegaya (36° 52'N et 8° 18'E), qui a subi des processus alternés de dégradation (liés entre autre aux incendies répétés (1983, 1993 et 2000), au surpâturage et à l'érosion naturelle). La résultante de l'action de ces facteurs est la disparition pure et simple de la strate arborée sur des portions importantes du site. Remplacée par une strate buissonnante de 70% de recouvrement et d'une hauteur moyenne de 1,50 m. La litière à une très faible épaisseur avec une moyenne de 0.8 cm (Photo. 2). Le sol est peu évolué.

Ce site a été considéré comme référence de site dégradé afin de mesurer l'effet de la dégradation du milieu sur la faune édaphique.

- **Site 3** : une subéraie située à Brabtia (36° 51'N et 8° 20'E), incendiée en 1993 et 2000. Elle est caractérisée par une strate arborée avec un recouvrement de 30 % et une hauteur moyenne de 7 m, un sous-bois avec un recouvrement de 60 % et une hauteur moyenne de 0,50 à 1,6 m. La litière est plus ou moins importante, selon la répartition des arbres, avec une épaisseur moyenne de 2.5 cm (Photo. 3).

Ce site a été choisi afin de vérifier si dix ans après le passage du feu la faune édaphique peut se reconstituer et si elle suit la reconstitution de la végétation.

- **Site 4** : il s'agit d'une subéraie située à Djebel El Koursi (36° 52'N et 8° 14'E), incendiée en 1983, 1993 et 2008. Avec une strate arborée à 25 % de recouvrement et une hauteur moyenne d'environ 7m, un sous-bois à 40% de recouvrement et une hauteur moyenne d'environ 50 cm. La litière est très faible, d'une épaisseur moyenne de 0.8 cm. Dans ce site, la régénération du feuillage des arbres s'effectue à partir des branches qui sont suffisamment développées pour survivre au feu. La canopée est plus claire que dans une subéraie non incendiée (Photo. 4).

Ce site a été choisi afin de vérifier comment la faune du sol se reconstitue deux années après le passage du feu dans une végétation qui en est à son début du processus de résilience.

Les sols de toutes les parcelles sélectionnées sont podzoliques, reposant sur une roche mère constituée principalement de grès de Numidie et d'argile (ATLAS DES PARCS NATIONAUX ALGERIENS, 2006).

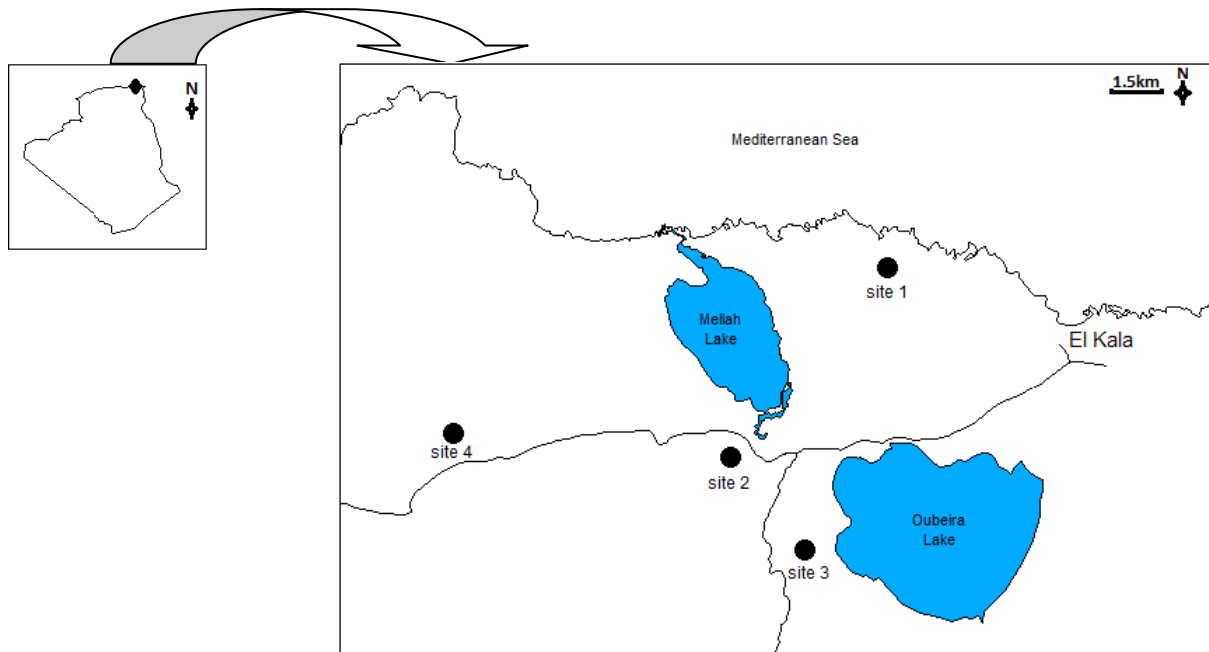


Figure 2. Localisation des sites d'étude.



Photo 1. Subéraie climacique de Meziraa
(Photo de l'auteur)



Photo 2. Maquis de Djebel Fegaya
(Photo de l'auteur)



Photo 3. Subéraie incendiée de Brabtia (t+10ans)
(Photo de l'auteur)



Photo 4. Subéraie Incendiée de Djebel El Koursi (t+2ans)
(Photo de l'auteur)

II.3. Echantillonnage

L'étude a été menée durant deux années (de 2010 à 2011), dans quatre parcelles forestières une subéraie climacique témoin, un maquis, une subéraie incendiée dont le dernier incendie en 2000 (t+10ans) et une subéraie incendiée en 2008 (t+2ans). Les prélèvements ont été effectués durant le printemps (au mois de mai) dans la subéraie climacique et la subéraie incendiée (t+2ans) et chaque saison dans la subéraie incendiée (t+10ans) et le maquis.

À l'aide d'un carré de prélèvement de 20 x 20 x 20 cm (CANARD, 1981) (Photo. 6), dix relevés de 400 cm² ont été effectués dans la subéraie climacique et la subéraie incendiée (t+2ans), tandis que 40 relevés ont été effectués dans la subéraie incendiée (t+10ans) et le maquis. 100 relevés ont donc été réalisés, chaque relevé a été fractionné en 3 horizons; portant à 300 l'ensemble du corps de données.

- La litière qui contient des débris organiques partiellement ou non décomposés et donc reconnaissables (feuilles, branches, excréments...).
- L'horizon (F) couche de fermentation dont les débris sont en cours d'altération mais ils restent reconnaissables.
- L'horizon (H) Couche d'humification dont les débris sont entièrement décomposés et forment l'humus.

La litière a été récoltée par un ramassage des feuilles entières ou fragmentées et a été mise directement dans des sacs en plastique et emmenée au laboratoire afin de récolter la faune (photos 6, 7, 8 et 9). Après avoir dégagé la litière du sol, on effectue un prélèvement des deux premiers horizons du sol. À l'aide d'un transplantoir on découpe le premier horizon (F), ensuite on découpe le deuxième horizon (H).

Les échantillons de sol seront mis par la suite dans des extracteurs de Berlèse-Tullgren (photo. 10) durant deux semaines. Chaque échantillon de sol est versé dans un grand entonnoir avec une grille à maille de 1 mm placé dans sa partie supérieure qui reçoit le prélèvement et éclairé par une lampe chauffante. La faune s'y trouvant dans le sol s'enfonce par thermotactisme négatif dû à la chaleur de la lampe et finit par tomber dans un bécher contenant de l'alcool à 70° placé sous l'entonnoir. Les spécimens récoltés seront dénombrés à l'aide d'une loupe binoculaire (photo. 11) et séparés en classe, ordre ou famille en fonction de l'organisme à l'aide d'une clé de détermination (MOLINATTI & al.; COINEAU, 1974 ; GROUSSET, 2010).

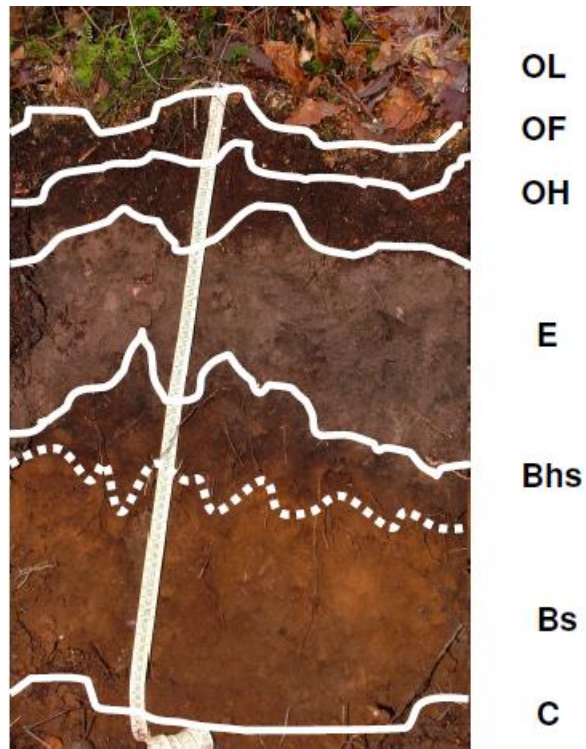


Photo 5: profil d'un sol Podzolique avec un humus de type hémimor sur une roche mère de schiste roux. (BRINQUIN & al., 2006).

OL : litière.

OF : horizon de fragmentation.

OH : horizon humifié.

E : horizon lessivé.

Bhs: horizon contenant un horizon Bh (horizon d'accumulation d'humus) et un horizon Bs.

Bs : contient des sels solubles décelables.

C : horizon d'altération de la roche mère.



Photo 6. Carré de prélèvement



Photo 7. Prélèvement de la litière



Photo 8. Tri manuel de la litière

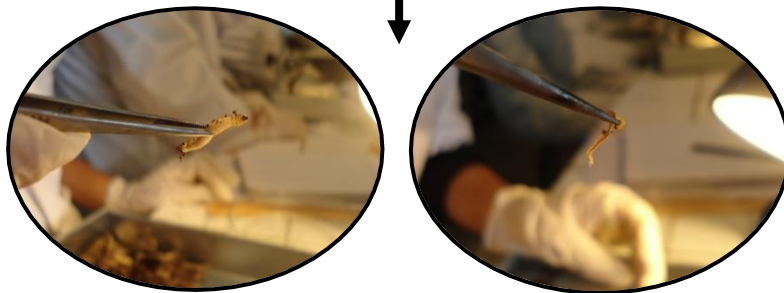


Photo 9. Récolte de la faune



Photo 10. Extracteurs de Berlèse-Tullgren

II.4. Variables environnementales étudiées

Afin d'expliquer la distribution verticale des différents taxons présents dans chaque parcelle, les variables suivantes ont été mesurées en parallèle avec les échantillons de litière et du sol :

II.4.1. Epaisseur des horizons

L'épaisseur de la litière et des deux horizons sous-jacents a été mesurée à l'aide d'une règle pour chaque échantillon.

II.4.2. température et humidité de l'air

La température et l'humidité de l'air ont été mesurées sur terrain pour chaque échantillonnage à l'aide d'un thermo-hygromètre.

II.4.3. humidité du sol

Elle est exprimée en pourcent du poids sec de terre, par séchage à l'étuve à 105°C pendant 24h.

II.5. Analyse des données

II.5.1. Densité

Elle représente le nombre d'individus d'un taxon ramené à une unité de surface et représente dans notre étude le nombre d'individus par m².

II.5.2. Richesse taxonomique

La richesse taxonomique correspond au nombre de taxons recensés dans chaque prélèvement. L'identification de la faune du sol souvent nécessite un spécialiste ou une formation pour identifier les espèces; dans ce genre d'études il n'est pas nécessaire d'identifier les taxons jusqu'à l'espèce. Car les groupes fonctionnels ont plus d'importance que les espèces elles-mêmes à l'intérieure d'un même groupe, lesquelles du reste, se ressemblent beaucoup.

II.5.3. Indice de diversité Shannon-Weaver (H')

L'indice de Shannon (SHANNON, 1948 ; SHANNON-WEAVER, 1963), aussi appelé indice de Shannon-Weaver est le plus couramment utilisé dans la littérature, il mesure le degré de complexité d'un peuplement.

L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces (FRONTIER, 1983). A l'inverse, H' est minimal si, dans un peuplement chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement.

Autrement dit, plus l'abondance de la communauté est monopolisée par un taxon, moins la communauté est diversifiée ; à l'inverse, une communauté composée d'espèces d'abondances égales, sera de « diversité » maximale.

Son équation est la suivante :

$$H' = - \sum P_i \text{Log}_2 P_i \quad \text{où } P_i = n_i / N$$

n_i : effectif de l'espèce i

N : effectif total du peuplement

H' est exprimé en Bit (Binary digit)
si log calculé est de base 2

Dans la nature, quelque soit le groupe taxinomique étudié, les indices de diversité de Shannon sont compris entre 0 et 4,5, rarement davantage (FRONTIER & PICHOD-VIALE, 1998).

L'indice de Shannon est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité de PIÉLOU (1966), appelé également indice d'équirépartition (BLONDEL, 1979).

II.5.4. L'indice d'équitabilité ou équirépartition

La régularité de distribution des espèces est un élément important de la diversité, elle représente le rapport de H' à l'indice maximal théorique dans le peuplement ($H' \text{ max}$). Une espèce représentée abondamment ou par un seul individu n'apporte pas la même contribution à l'écosystème et le maximum de diversité sera atteint quand les espèces auront une répartition très régulière. Cet indice permet d'estimer la répartition des espèces au sein des relevés en évaluant la proportion des espèces dominantes. Il se calcule de la façon suivante :

$$E = H' / H' \text{ max} \quad \text{où } H' \text{ max} = \text{Log}_2 S$$

$H' \text{ max}$: La valeur maximale que peut atteindre l'indice de Shannon pour un nombre d'espèces donné S et une proportion équivalente pour chaque espèce

Cet indice peut varier de 0 à 1, il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et il est minimal quand une seule espèce domine tout le peuplement.

II.6. Traitements des données

Les analyses de variance (ANOVA) ont été utilisées pour tester les effets du milieu sur la faune édaphique. Le test des hautes différences de Tukey (HSD) au seuil de probabilité de 5% a été utilisé pour réaliser des comparaisons multiples de moyennes. Ces analyses ont été réalisées avec le logiciel de calcul XLSTAT.

Pour chaque peuplement de la subéraie et le maquis, une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée pour chaque horizon. Afin d'extraire les principaux facteurs responsables de la distribution verticale des taxons.

II.6.1. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP est utilisé lorsqu'il s'agit de décrire un tableau des variables numériques continues de type « variables quantitatives X individus » (LEGENDRE & LEGENDRE, 1979). Elle vise à mettre en évidence, sous forme graphique, le maximum d'informations contenues dans un tableau de données d'un grand nombre de descripteurs et de dégager les relations entre les variables et les relevés.

CHAPITRE III :

Résultats

Chapitre III. Résultats

III.1. Etude de la faune

III.1.1. Analyse globale de la faune de la subéraie climacique

III.1.1.1. Composition de la faune

Au niveau de la subéraie climacique (témoin), seulement dix prélèvements ont été effectués au printemps et nous ont permis de recenser 17 taxons et groupes d'organismes notés dans le tableau 3.

Tableau 3. Composition globale de la faune et densité moyenne (ind/m²) de chaque taxon dans la subéraie climacique, \pm : écart-type. (n=10)

Subéraie climacique	
Taxons	ind/m ²
1-Enchytréides	11,25 \pm 11,74
2-Cloportes	4,25 \pm 3,88
3-Pseudoscorpions	1,50 \pm 2,00
4-Araignées	1,50 \pm 1,66
5-Opilions	0,25 \pm 0,75
6-Acariens	79,25 \pm 66,45
7-Diplopodes	12,75 \pm 8,91
8-Chilopodes	9,00 \pm 6,44
9-Symphiles	7,00 \pm 7,81
10-Collemboles	182,50 \pm 167,73
11-Thysanoures	0,25 \pm 0,75
12-Dictyoptères	0,25 \pm 0,75
13-Coléoptères	3,25 \pm 2,97
14-Diptères	1,25 \pm 2,31
15-Hyménoptères	4,25 \pm 2,75
16-Isoptères	0,25 \pm 0,75
17-Larves d'insectes	13,25 \pm 6,33
Densité totale	332,00 \pm 224,72

Au niveau de la subéraie climacique, la densité de la faune récoltée est de 332 ind/m². Parmi lesquels 182 collemboles (54,97%) qui représentent plus de la moitié des densités récoltées, 79 acariens (23,87%), 13 larves d'insectes (3,98%) et 13 diplopodes (3,84%). (Fig. 3)

Notons la rareté des opilions, des thysanoures, des dictyoptères et isoptères avec $\frac{1}{4}$ d'individu par mètre carré.

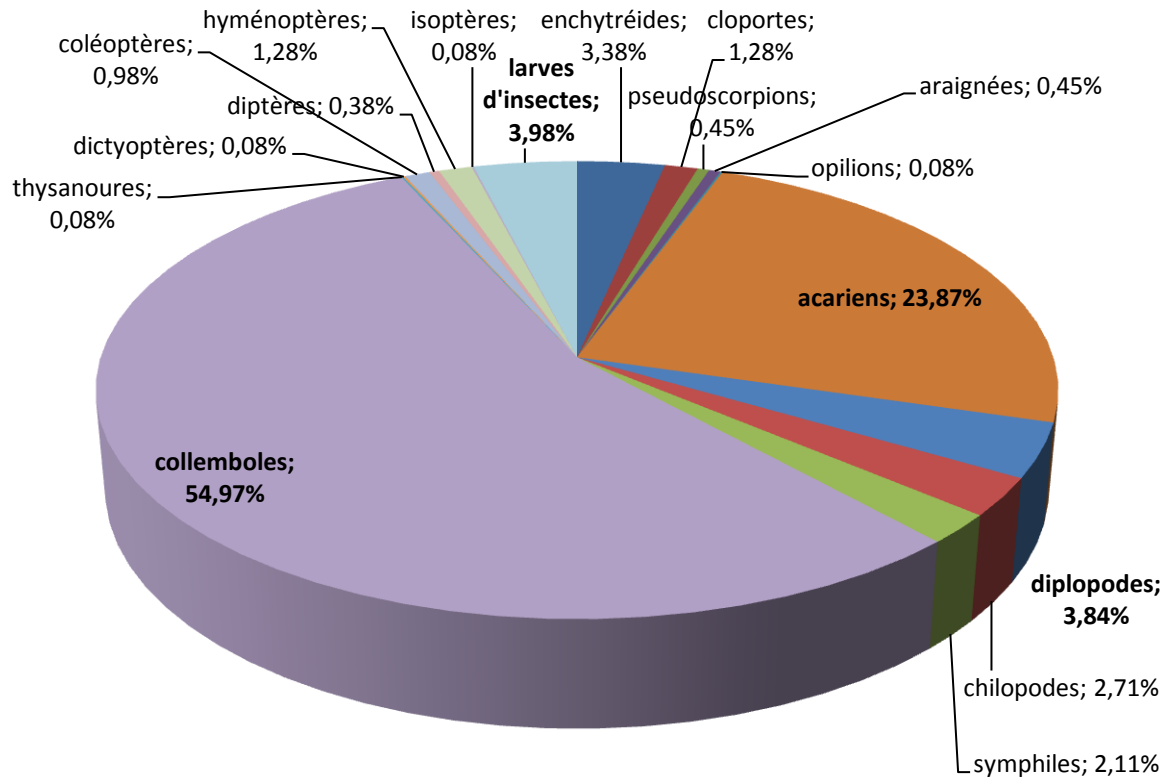


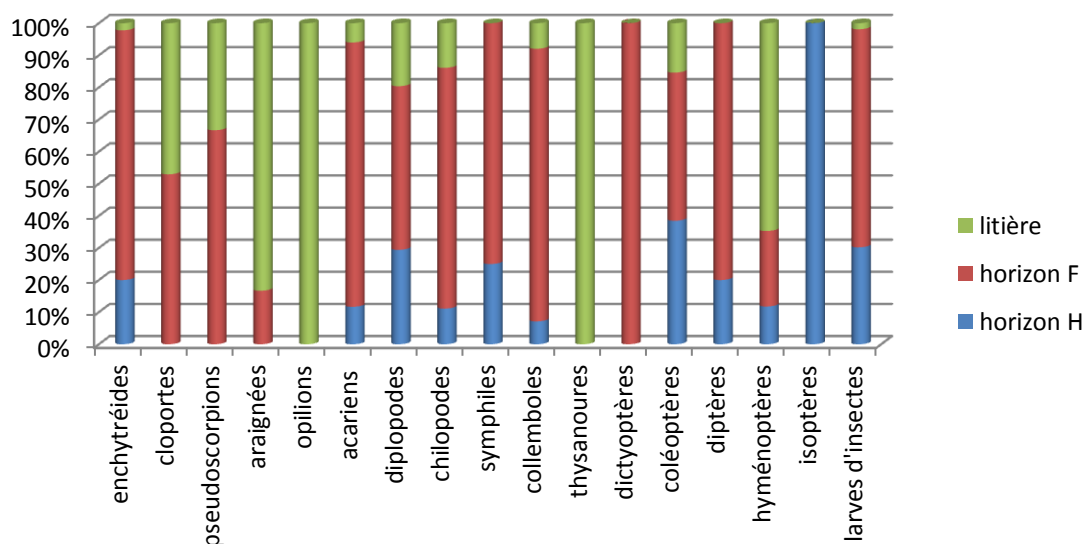
Figure 3. Présentation graphique de la Composition globale de la faune de la subéraie climacique.

III.1.1.2. Distribution verticale de la faune

La répartition des groupes faunistiques à travers les horizons au niveau de la subéraie climacique, montre que les individus sont majoritairement abondants dans l'horizon F, proches de la matière organique et protégés par la litière. Les opilions et les thysanoures ne sont présents que dans la litière. Les symphiles, dictyoptères, diptères et isoptères se localisent dans le sol. Dont les dictyoptères on les trouve seulement dans l'horizon F et les isoptères sont présents seulement dans l'horizon H. (Tab.4) et (Fig. 4)

Tableau 4. Densités moyennes (ind/m²) des taxons dans chaque horizon de la subéraie climacique, \pm : écart-type. (n=10).

Taxons	Subéraie climacique		
	Litière	Horizon F	Horizon H
Enchytréides	0,25 \pm 0,75	8,75 \pm 10,68	2,25 \pm 1,75
Cloportes	2,00 \pm 2,18	2,25 \pm 3,05	—
Pseudoscorpions	0,50 \pm 1,50	1,00 \pm 1,66	—
Araignées	1,25 \pm 1,25	0,25 \pm 0,75	—
Opilions	0,25 \pm 0,75	—	—
Acariens	4,75 \pm 5,86	65,25 \pm 69,91	9,25 \pm 10,19
Diplopodes	2,50 \pm 2,24	6,50 \pm 8,89	3,75 \pm 3,58
Chilopodes	1,25 \pm 2,31	6,75 \pm 5,60	1,00 \pm 1,66
Symphiles	—	5,25 \pm 6,27	1,75 \pm 2,97
Collemboles	14,50 \pm 10,05	155,00 \pm 164,58	13,00 \pm 10,48
Thysanoures	0,25 \pm 0,75	—	—
Dictyoptères	—	0,25 \pm 0,75	—
Coléoptères	0,50 \pm 1,50	1,50 \pm 2,29	1,25 \pm 1,68
Diptères	—	1,00 \pm 2,29	0,25 \pm 0,75
Hyménoptères	2,75 \pm 1,75	1,00 \pm 1,66	0,50 \pm 1,50
Isoptères	—	—	0,25 \pm 0,75
Larves d'insectes	0,25 \pm 0,75	9,00 \pm 6,54	4,00 \pm 4,06
Densité totale (ind/m ²)	31,00 \pm 15,46	263,75 \pm 223,95	37,25 \pm 24,35

**Figure 4.** Répartition verticale de la faune dans la subéraie climacique.

Nous notons ainsi une véritable ségrégation de la faune en fonction des compartiments du sol. Cette ségrégation peut avoir un déterminisme physico-chimique (température, humidité, pH)

ou biologique (adaptation, compétition...). C'est au niveau de la litière et l'horizon F où l'activité des saprophages est maximale. Les dictyoptères (blattes) sont présents seulement dans l'horizon F, mais selon MOULIN en 2005 se sont des détritivores et omnivores, qui se localisent généralement sur le sol. Comme une exception les isoptères sont le groupe zoologique présent seulement dans l'humus. Il est connu que les isoptères vivent en colonies situées de quelques décimètres à plusieurs mètres sous la surface (GOBAT & *al.*, 2010).

III.1.2. Analyse globale de la faune du maquis

III.1.2.1. Composition de la faune

Au niveau du maquis, 20 taxons et groupes d'organismes ont été identifiés au cours de l'échantillonnage. Nous donnons dans le tableau 5 la liste des différents groupes taxonomiques identifiés.

Tableau 5. Composition globale de la faune et densité moyenne (ind/m²) de chaque taxon au maquis, ± : écart-type. (n=40)

Maquis	
Taxons	ind/m²
1-Enchytréides	3,06 ± 5,66
2-Vers de terre	0,63 ± 1,45
3-Gastéropodes	0,19 ± 0,66
4-Cloportes	2,06 ± 4,50
5-Pseudoscorpions	3,31 ± 5,49
6-Araignées	2,75 ± 5,03
7-Acariens	58,25 ± 89,59
8-Diplopodes	2,25 ± 3,25
9-Chilopodes	2,50 ± 3,92
10-Symphiles	2,38 ± 4,57
11-Diploures	0,38 ± 1,32
12-Collemboles	62,06 ± 99,55
13-Thysanoures	0,06 ± 0,39
14-Trichoptères	0,13 ± 0,55
15-Dictyoptères	0,19 ± 1,17
16-Coléoptères	9,31 ± 12,80
17-Diptères	9,31 ± 18,99
18-Hyménoptères	5,94 ± 8,11
19-Orthoptères	0,31 ± 1,27
20-Larves d'insectes	10,56 ± 14,64
Densité totale	175,63 ± 183,08

La densité totale de la faune récoltée au maquis est de 176 ind/m².

Les plus importants groupes sont ; les collemboles avec une densité moyenne de 62 ind/m² (35,34%), les acariens avec une densité moyenne de 58 ind/m² (33,17%) et les larves d'insectes avec une densité moyenne de 10 ind/m² (6,01%). (Fig. 5)

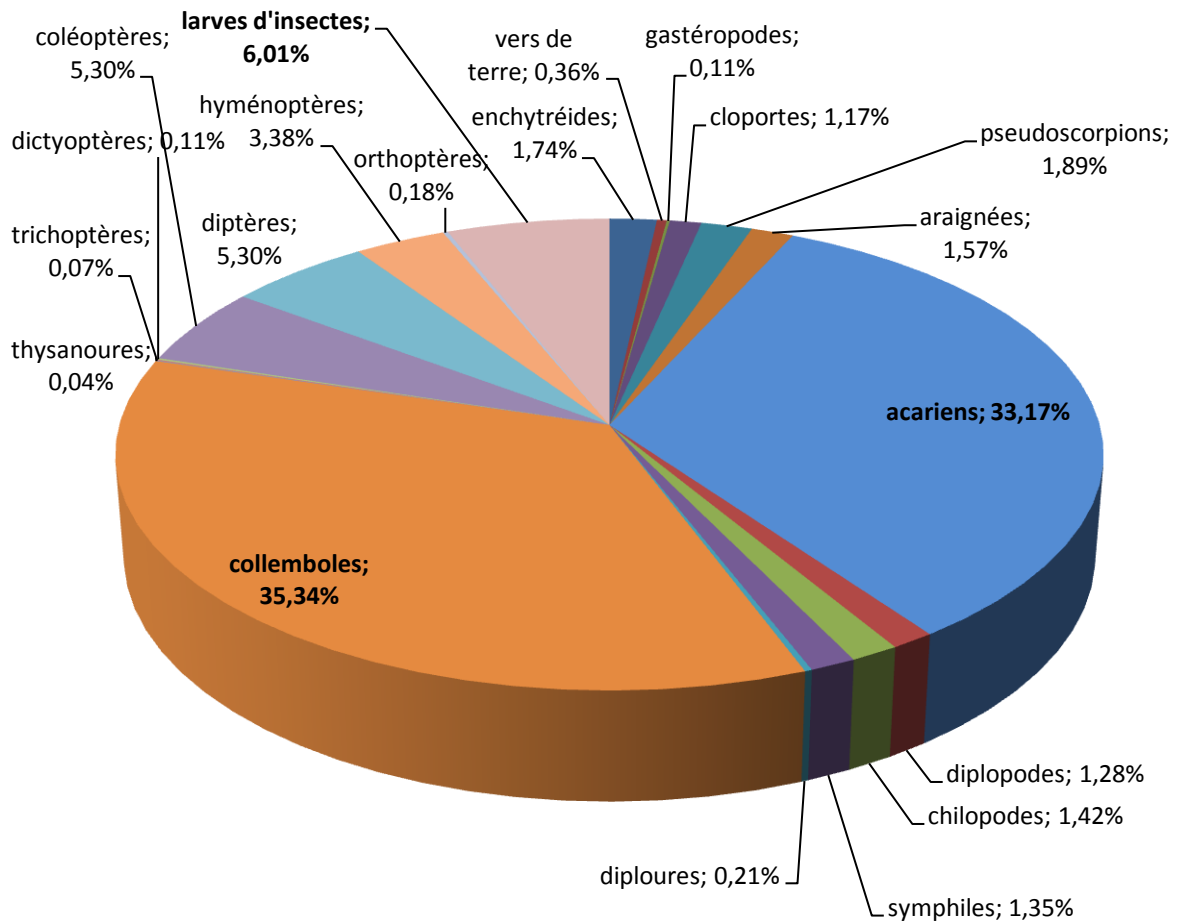


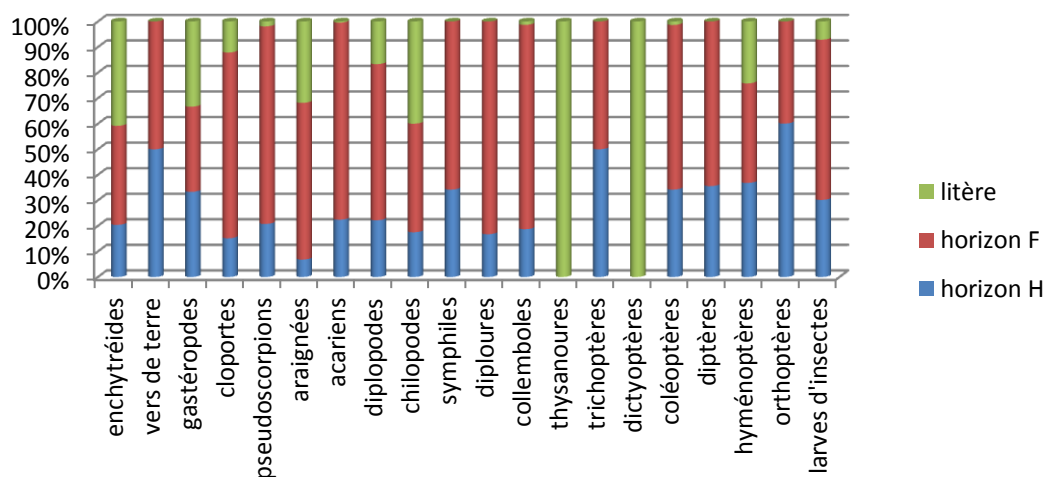
Figure 5. Présentation graphique de la Composition globale de la faune du maquis.

III.1.2.2. Distribution verticale de la faune

La répartition verticale de la faune au maquis montre que les individus sont majoritairement abondants dans l'horizon F et très peu nombreux dans la litière vu sa faible épaisseur. Certains taxons ne sont présents que dans la litière; tels les thysanoures et les dictyoptères. Les vers de terre, symphiles, diploures, trichoptères, diptères et orthoptères ne sont présents que dans les horizons du sol. (Tab. 6)

Tableau 6. Densités moyennes (ind/m²) des taxons dans chaque horizon du maquis, ± : écart-type. (n=40)

Taxons	Maquis		
	Litière	Horizon F	Horizon H
Enchytréides	1,25 ± 4,91	1,19 ± 2,44	0,63 ± 1,45
Vers de terre	—	0,31 ± 1,00	0,31 ± 1,00
Gastéropodes	0,06 ± 0,39	0,06 ± 0,39	0,06 ± 0,39
Cloportes	0,25 ± 0,94	1,50 ± 3,91	0,31 ± 0,83
Pseudoscorpions	0,06 ± 0,39	2,56 ± 4,66	0,69 ± 1,68
Araignées	0,88 ± 2,20	1,69 ± 4,62	0,19 ± 0,66
Acariens	0,25 ± 0,94	44,94 ± 79,19	13,06 ± 19,96
Diplopedes	0,38 ± 1,05	1,38 ± 3,16	0,50 ± 1,00
Chilopodes	1,00 ± 2,42	1,06 ± 1,85	0,44 ± 0,95
Symphiles	—	1,56 ± 3,98	0,81 ± 2,12
Diploures	—	0,31 ± 1,27	0,06 ± 0,39
Collemboles	0,81 ± 2,26	49,63 ± 85,41	11,63 ± 19,60
Thysanoures	0,063 ± 0,390	—	—
Trichoptères	—	0,06 ± 0,39	0,06 ± 0,39
Dictyoptères	0,19 ± 1,17	—	—
Coléoptères	0,13 ± 0,55	6,00 ± 9,20	3,19 ± 5,06
Diptères	—	6,00 ± 15,06	3,31 ± 8,26
Hyménoptères	1,44 ± 3,21	2,31 ± 4,72	2,19 ± 5,42
Orthoptères	—	0,13 ± 0,55	0,19 ± 0,86
Larves d'insectes	0,75 ± 1,70	6,63 ± 9,50	3,19 ± 6,35
Densité totale (ind/m ²)	7,50 ± 10,32	127,31 ± 158,12	40,81 ± 35,43

**Figure 6.** Répartition verticale de la faune au maquis.

On remarque que les enchytréides, chilopodes et dictyoptères présentent des densités plus élevées dans la litière du maquis que dans la litière du site témoin. Cela implique que ces groupes d'organismes ne sont pas influencés par la quantité de litière. Selon GOBAT & *al.* en 2010, les enchytréides vivent surtout dans les dix premiers centimètres du sol, effectuant des migrations en fonction de l'humidité et de la température. Les chilopodes appartiennent à l'épi et à l'hémiédaphon. Les dictyoptères (blattes), en tant que omnivores leurs déplacements sont en fonction des ressources alimentaires.

Les cloportes, pseudo-scorpions et araignées présentent des densités élevées dans les horizons F et H que dans la litière, par contre dans le site témoin sont présents que dans la litière et l'horizon F, le changement d'habitat (dégradation de la subéraie en maquis) a causé un changement dans la dynamique des populations. Selon GOBAT & *al.* (2010) les cloportes se localisent dans la litière. Les pseudoscorpions généralement vivent dans le sol ou la litière, se sont des prédateurs qui chassent à l'affût (KARAS, 2009).

III.1.3. Analyse globale de la faune de la subéraie incendiée (t+10ans)

III.1.3.1. Composition de la faune

Nos prélèvements dans la subéraie incendiée il y a dix ans (t+10ans) ont permis de récolter 24 taxons, nous donnons dans le tableau 7 la liste des différents taxons et groupes d'organismes identifiés.

Tableau 7. Composition globale de la faune et densité moyenne (ind/m²) de chaque taxon dans la subéraie incendiée (t+10ans), \pm : écart-type. (n=40)

Subéraie incendiée (t+10ans)	
Taxons	ind/m ²
1-Enchytréides	16,00 \pm 22,82
2-Vers de terre	0,31 \pm 1,14
3-Gastéropodes	1,44 \pm 6,68
4-Cloportes	2,00 \pm 3,02
5-Pseudoscorpions	3,13 \pm 4,77
6-Araignées	3,50 \pm 4,67
7-Opilions	0,13 \pm 0,55
8-Acariens	68,06 \pm 63,48
9-Diplopedes	3,56 \pm 8,49
10-Chilopodes	4,38 \pm 6,84
11-Symphiles	0,63 \pm 1,56
12-Protoures	0,06 \pm 0,39
13-Diploures	0,50 \pm 1,28
14-Collemboles	44,25 \pm 98,59

15-Thysanoures	0,38 ± 1,19
16-Trichoptères	0,63 ± 1,22
17-Dictyoptères	0,69 ± 1,37
18-Coléoptères	11,50 ± 13,53
19-Diptères	4,06 ± 5,72
20-Hyménoptères	3,19 ± 5,09
21-Orthoptères	0,38 ± 1,05
22-Isoptères	0,06 ± 0,39
23-Hétéroptères	0,50 ± 1,39
24-Larves d'insectes	9,81 ± 8,01
Densité totale	179,13 ± 152,13

Au niveau de la subéraie incendiée (t+10ans), la densité totale de la faune récoltée est de 179 ind/m². Les acariens présentent le groupe dominant avec une densité moyenne de 68 ind/m² (38,11%), ensuite les collemboles avec une densité moyenne de 44 ind/m² (24,79%) et les enchytréides avec une densité moyenne de 16 ind/m² (8,96%). (Fig. 7)

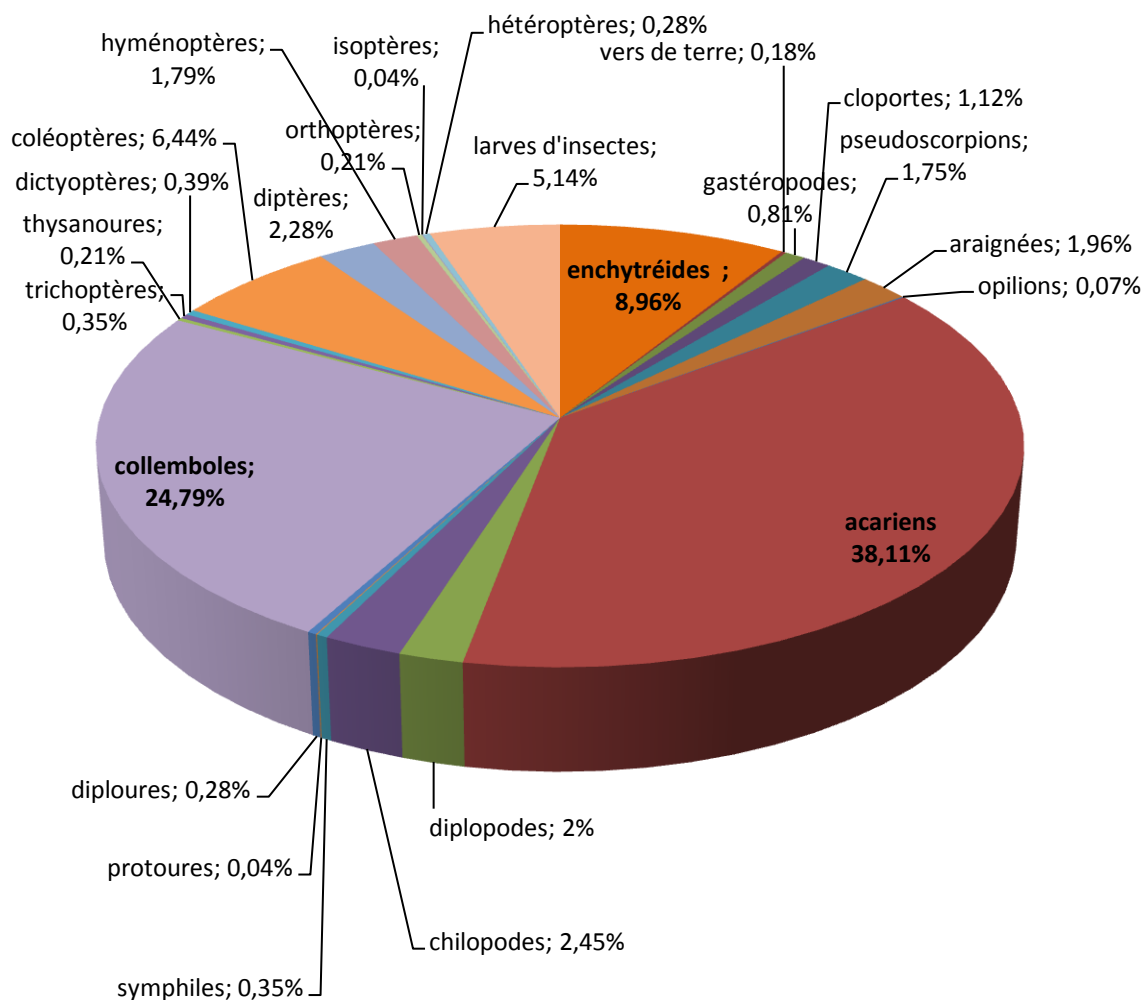


Figure 7. Présentation graphique de la composition globale de la faune de la subéraie incendiée (t+10ans).

III.1.3.2. Distribution verticale de la faune

La répartition des groupes faunistiques à travers les horizons montre que les individus se répartissent d'une façon hétérogène à travers les horizons, ils sont majoritairement présents dans l'horizon F, proches de la matière organique et protégés par la litière.

Certains taxons sont présents que dans la litière tels les opilions et les hétéroptères. Les vers de terre, symphiles, protoures, trichoptères et isoptères vivants dans le sol. Parmi lesquels, les protoures et isoptères se trouvent seulement dans l'horizon F. (Tab. 8) et (Fig. 8)

Tableau 8. Densités moyennes (ind/m²) des taxons dans chaque horizon de la subéraie incendiée (t+10ans), ± : écart-type. (n=40)

Taxons	Subéraie incendiée (t+10ans)		
	Litière	Horizon F	Horizon H
Enchytréides	1,88 ± 5,05	9,75 ± 14,47	4,38 ± 8,96
Vers de terre	—	0,13 ± 0,78	0,19 ± 0,86
Gastéropodes	1,25 ± 6,66	0,13 ± 0,78	0,06 ± 0,39
Cloportes	1,19 ± 2,16	0,81 ± 2,33	0,13 ± 0,78
Pseudoscorpions	1,63 ± 3,69	1,13 ± 1,93	0,38 ± 1,19
Araignées	2,50 ± 3,79	0,88 ± 2,13	0,13 ± 0,55
Opilions	0,06 ± 0,39	—	—
Acariens	1,38 ± 3,87	51,94 ± 56,69	14,75 ± 27,05
Diplopedes	0,06 ± 0,39	3,00 ± 7,95	0,38 ± 1,05
Chilopodes	1,19 ± 2,74	2,63 ± 4,03	0,56 ± 1,53
Symphiles	—	0,25 ± 0,75	0,38 ± 1,05
Protoures	—	0,06 ± 0,39	—
Diploures	0,13 ± 0,55	0,31 ± 1,00	0,06 ± 0,39
Collemboles	5,00 ± 11,14	31,56 ± 96,09	7,69 ± 11,34
Thysanoures	0,31 ± 1,00	—	0,06 ± 0,39
Trichoptères	—	0,25 ± 0,75	0,38 ± 1,05
Dictyoptères	0,63 ± 1,34	0,06 ± 0,39	—
Coléoptères	2,00 ± 5,10	7,69 ± 11,61	1,81 ± 2,79
Diptères	0,19 ± 0,86	3,25 ± 5,73	0,63 ± 1,22
Hyménoptères	1,69 ± 3,77	0,50 ± 1,50	1,13 ± 3,11
Orthoptères	0,25 ± 0,94	0,13 ± 0,55	—
Isoptères	—	0,06 ± 0,39	—
Hétéroptères	0,50 ± 1,39	—	—
Larves d'insectes	0,75 ± 2,11	5,88 ± 5,11	3,13 ± 3,98
Densité totale (ind/ m ²)	22,56 ± 28,98	120,38 ± 138,07	36,19 ± 42,92

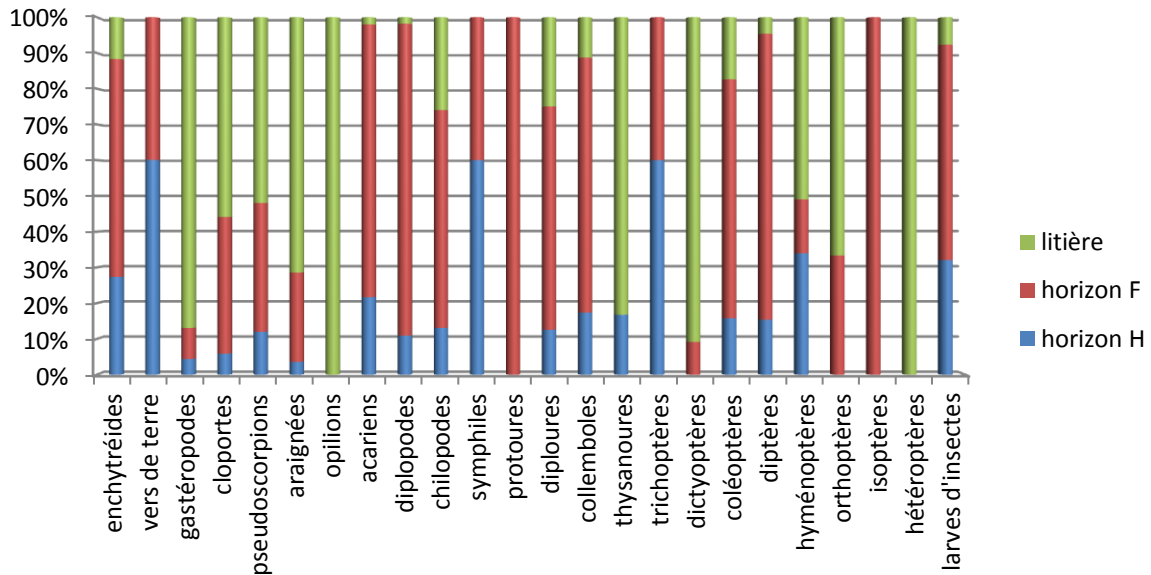


Figure 8. Répartition verticale de la faune dans la subéraie incendiée (t+10ans).

D'après la (fig. 8) on observe que la répartition verticale des taxons dans la subéraie incendiée (t+10ans) est en situation intermédiaire entre le site témoin et le maquis. Les cloportes, pseudoscorpions et araignées sont moins présents dans l'horizon H que dans le maquis. On remarque ainsi que la plupart des taxons sont présents dans tous les horizons ce qui est différent par rapport au site témoin et au maquis.

III.1.4 Analyse globale de la faune de la subéraie incendiée (t+2ans)

III.1.4.1. Composition de la faune

Les dix prélèvements effectués au niveau de la subéraie incendiée il y a deux années (t+2ans) ont permis de récolter 18 taxons, nous donnons dans le tableau 9 la liste des différents groupes taxonomiques et leur densités moyennes.

Tableau 9. Composition globale de la faune et densité moyenne (ind/m²) de chaque taxon dans la subéraie incendiée (t+2ans), ± : écart-type. (n=10)

Subéraie Incendiée (t+2ans)	
Taxons	ind/m ²
1-Enchytréides	0,50 ± 1,00
2-Vers de terre	0,25 ± 0,75
3-Gastéropodes	0,75 ± 1,60
4-Cloportes	0,75 ± 1,60
5-Pseudoscorpions	1,50 ± 2,29
6-Araignées	2,75 ± 2,36
7-Opilions	0,50 ± 1,50

8-Acariens	33,50 ± 18,62
9-Diplopedes	1,00 ± 1,66
10-Chilopodes	0,50 ± 1,00
11-Symphiles	7,50 ± 10,00
12-Diploures	0,75 ± 1,60
13-Collemboles	34,00 ± 41,81
14-Dictyoptères	0,25 ± 0,75
15-Coléoptères	0,25 ± 0,75
16-Diptères	2,00 ± 5,22
17-Hyménoptères	22,25 ± 39,69
18-Larves d'insectes	4,00 ± 3,20
Densité totale	113,00 ± 60,84

Au niveau de la subéraie incendiée (t+2ans), la densité de la faune récoltée est de 113 ind/m², Parmi lesquels 34 collemboles (30,10%), 33 acariens (29,66%), 22 hyménoptères (19,69%) et 7 symphiles (6,64%). (Fig. 9)

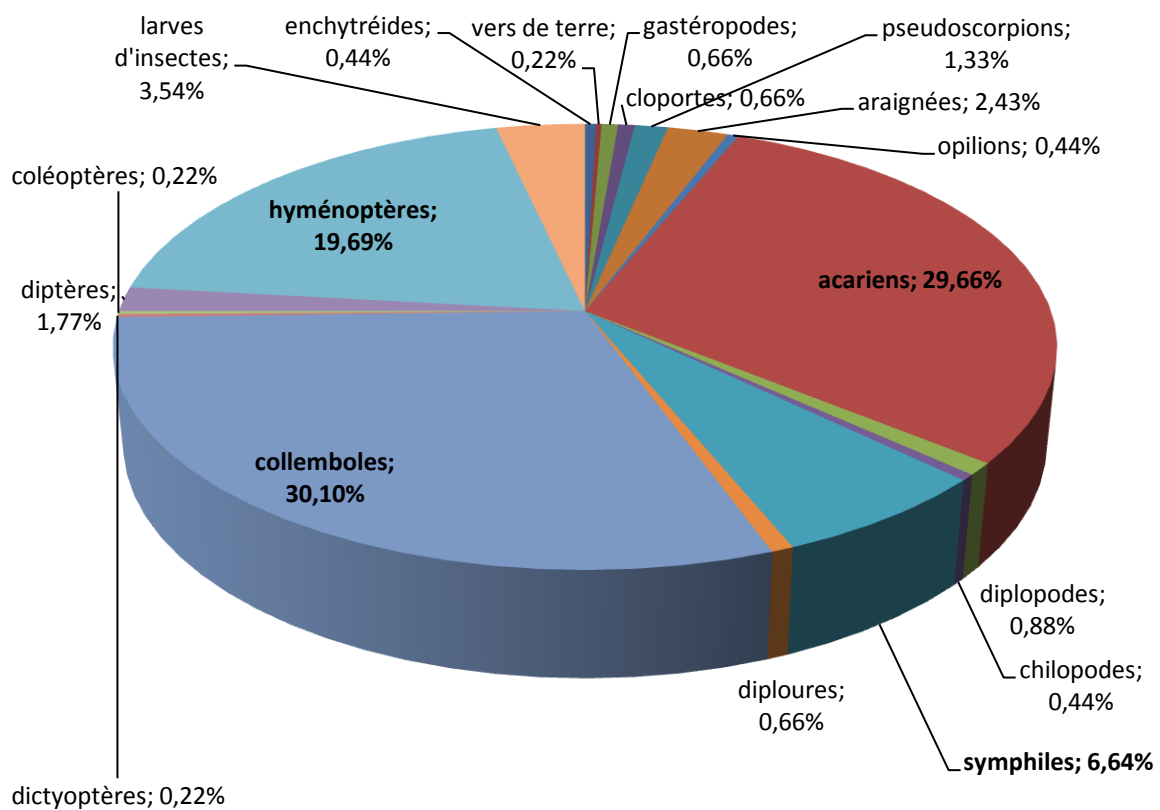


Figure 9. Présentation graphique de la Composition globale de la faune de la subéraie incendiée (t+2ans).

III.1.4.2. Distribution verticale de la faune

La répartition de la faune de la subéraie incendiée il y a deux années (t+2ans) sur les trois horizons étudiés montre une distribution caractérisée par une forte réduction des espèces au niveau de la litière liée au feu et à la faible épaisseur de la litière, notant aussi dans les horizons F et H une abondance de la faune par rapport à la litière. Les dictyoptères on les trouve seulement dans la litière. Les enchytréides, vers de terre, opilions, acariens, diplopodes, chilopodes, symphiles, diploures, coléoptères, diptères et larves se concentrent dans le sol. Parmi lesquels, les vers de terre et diplopodes dans l'horizon F et les Coléoptères dans l'horizon H. (tab.10)

Tableau 10. Densités moyennes (ind/m²) des taxons dans chaque horizon de la subéraie incendiée (t+2ans), ± : écart-type. (n=10)

Taxons	Subéraie incendiée (t+2ans)		
	Litière	Horizon F	Horizon H
Enchytréides	—	0,25 ± 0,75	0,25 ± 0,75
Vers de terre	—	0,25 ± 0,75	—
Gastéropodes	0,50 ± 1,00	0,25 ± 0,75	—
Cloportes	0,25 ± 0,75	0,50 ± 1,00	—
Pseudoscorpions	0,75 ± 1,15	0,50 ± 1,50	0,25 ± 0,75
Araignées	1,25 ± 1,68	1,50 ± 2,00	—
Opilions	—	0,25 ± 0,75	0,25 ± 0,75
Acariens	—	22,50 ± 17,82	11,00 ± 13,10
Diplopodes	—	1,00 ± 1,66	—
Chilopodes	—	0,25 ± 0,75	0,25 ± 0,75
Symphiles	—	5,25 ± 6,56	2,25 ± 4,40
Diploures	—	0,50 ± 1,50	0,25 ± 0,75
Collemboles	2,75 ± 2,84	24,25 ± 37,01	7,00 ± 10,60
Dictyoptères	0,25 ± 0,75	—	—
Coléoptères	—	—	0,25 ± 0,75
Diptères	—	1,75 ± 4,48	0,25 ± 0,75
Hyménoptères	4,75 ± 5,06	16,50 ± 40,65	1,00 ± 1,23
Larves d'insectes	—	2,50 ± 2,24	1,50 ± 2,55
Densité totale (ind/m ²)	10,50 ± 8,50	78,00 ± 57,22	24,50 ± 20,88

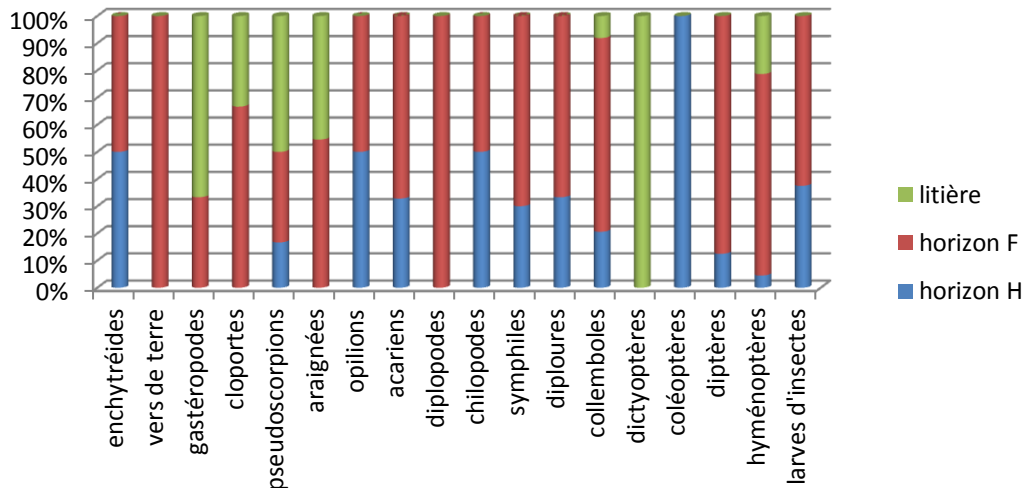


Figure 10. Répartition verticale de la faune dans la subéraie incendiée (t+2ans).

D'après la (fig. 10) on remarque que la plupart des taxons ne sont pas présents dans la litière de la subéraie incendiée (t+2ans) en comparant avec le site témoin, le site incendié (t+10ans) et le maquis. Quelques taxons ont pu apparaitre dans la litière deux années après le feu (gastéropodes, cloportes, pseudo-scorpions, araignées, collemboles, dictyoptères et hyménoptères) avec de faibles densités. La litière a subi une recolonisation par des groupes zoologiques intimement liés à la nourriture. La plupart des gastéropodes sont abondants sur le sol et dans les litières humides, ainsi les cloportes et les dictyoptères on les trouve dans la litière. Les pseudo-scorpions et les araignées se sont des prédateurs qui peuvent être retrouvés dans toutes les strates. Les collemboles sont omniprésents certains on les trouve dans la litière, d'autres dans le sol. Les fourmis on les trouve de la surface à plusieurs mètres de profondeur, selon les espèces et la grandeur des nids.

III.2. Etude comparative entre la subéraie et le maquis

La faune du sol a été échantillonnée pendant le printemps uniquement dans la subéraie climacique et la subéraie incendiée (t+2ans). En revanche, l'échantillonnage a porté sur toutes les saisons dans la subéraie incendiée (t+10ans) et le maquis. C'est pour cette raison qu'une analyse comparative complète n'a été effectuée que sur ces deux sites. Ils résument à eux deux les deux niveaux de dégradation de la forêt originelle, les plus répandus.

III.2.1. Composition de la faune

Sur l'ensemble des deux sites, 24 taxons (Tab. 11) ont été récoltés : 24 au niveau de la subéraie et 20 au niveau du maquis.

Le nombre total de spécimens est sensiblement équivalent sur les deux sites. Certains taxons (enchytréides, trichoptères et hétéroptères) sont abondants dans la subéraie, à l'inverse (les symphiles) sont importants dans le maquis. Les protoures, thysanoures, isoptères et hétéroptères ont été uniquement présents dans la subéraie. Dans les deux sites les taxons dominants ont été les acariens et les collemboles. (Tab. 11) et (Fig. 11)

Tableau 11. Analyse des différences de densités moyennes (ind/m²) des différents taxons de faune de la subéraie (t+10ans) et du maquis. Les lettres indiquent les différences significatives (a > b) pour $\alpha < 0,05$ (Tukey HSD test), \pm : écart-type.

Taxons	Subéraie (t+10ans) n=40	Maquis n=40
Enchytréides	16,00 \pm 22,82 a	3,06 \pm 5,66 b
Vers de terre	0,31 \pm 1,14	0,63 \pm 1,45
Gastéropodes	1,44 \pm 6,68	0,19 \pm 0,66
Cloportes	2,00 \pm 3,02	2,06 \pm 4,50
Pseudoscorpions	3,13 \pm 4,77	3,31 \pm 5,49
Araignées	3,50 \pm 4,67	2,75 \pm 5,03
Opilions	0,13 \pm 0,55	0,00 \pm 0,00
Acariens	68,06 \pm 63,48	58,25 \pm 89,59
Diplopodes	3,56 \pm 8,49	2,25 \pm 3,25
Chilopodes	4,38 \pm 6,84	2,50 \pm 3,92
Symphiles	0,63 \pm 1,56 b	2,38 \pm 4,57 a
Protoures	0,06 \pm 0,39	0,00 \pm 0,00
Diploures	0,50 \pm 1,28	0,38 \pm 1,32
Collemboles	44,25 \pm 98,59	62,06 \pm 99,55
Thysanoures	0,38 \pm 1,19	0,06 \pm 0,39
Trichoptères	0,63 \pm 1,22 a	0,13 \pm 0,55 b
Dictyoptères	0,69 \pm 1,37	0,19 \pm 1,17
Coléoptères	11,50 \pm 13,53	9,31 \pm 12,77
Diptères	4,06 \pm 5,72	9,31 \pm 18,98
Hyménoptères	3,19 \pm 5,09	5,94 \pm 8,11
Orthoptères	0,38 \pm 1,05	0,31 \pm 1,27
Isoptères	0,06 \pm 0,39	0,00 \pm 0,00
Hétéroptères	0,50 \pm 1,39 a	0,00 \pm 0,00 b
Larves d'insectes	9,81 \pm 8,01	10,56 \pm 14,64
Densité totale	179,13 \pm 152,13	175,63 \pm 183,08

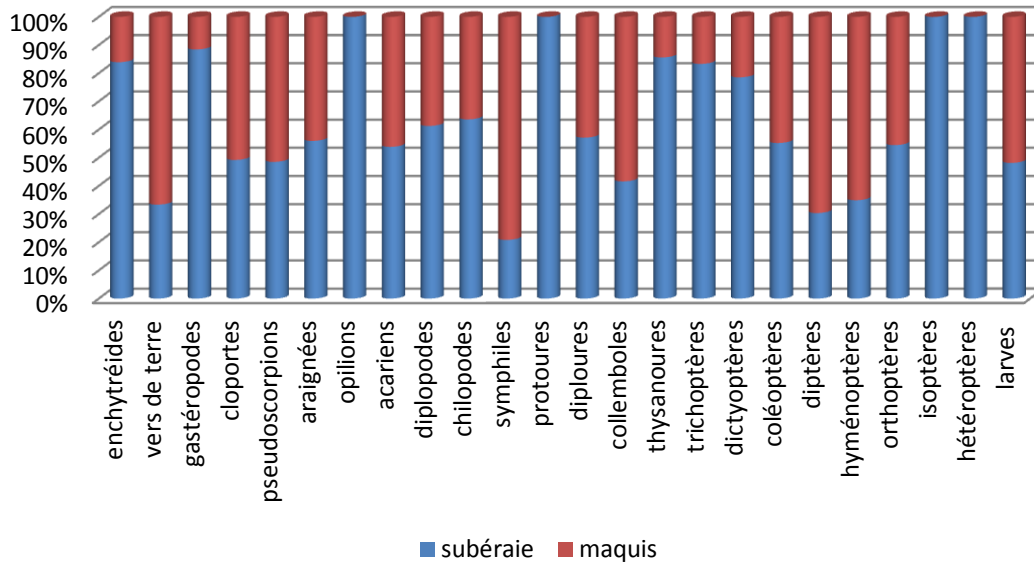


Figure 11. *Présentation graphique de la composition de la faune dans la subéraie (t+10ans) et le maquis.*

III.2.2. Structure de la faune

Les caractéristiques structurelles moyennes (Fig. 12) ont été calculées dans la subéraie (t+10ans) et le maquis. L'ANOVA (au seuil de $\alpha < 0.05$) réalisé afin de vérifier s'il existe des différences significatives entre les sites pour chaque paramètre calculé ; montre qu'il y a une légère différence significative au niveau de la richesse spécifique moyenne entre les sites. La nature de chaque site a donc une influence sur la richesse spécifique totale et moyenne de la faune. Notons également que H' ne diffère pas significativement entre les sites.

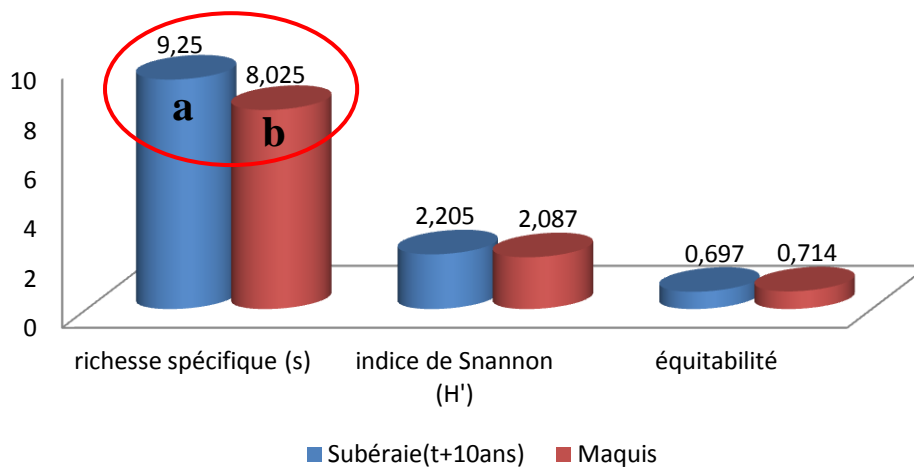


Figure 12. *Caractéristiques structurelles moyennes de la faune du sol dans la subéraie (t+10an) et le maquis. Les lettres indiquent les différences significatives (Tukey HSD test).*

III.2. 3. Organisation de la faune

La comparaison au test du Tukey (HSD) de la faune édaphique entre les deux sites d'étude la subéraie (t+10ans) et le maquis dans chaque horizon ; a montré que la litière de la subéraie présente significativement plus de groupes taxonomiques que la litière du maquis. La densité totale, l'indice de diversité et l'indice d'équitabilité suivent la même tendance (Tab. 12). Les taxons qui présentent des densités significativement élevées dans la litière de la subéraie sont (les cloportes, pseudoscorpions, araignées, collemboles, coléoptères et hétéroptères). On trouve ensuite dans l'horizon F, d'importantes densités des (enchytréides et chilopodes) dans la subéraie et des (symphiles et hyménoptères) dans le maquis. Tandis qu'à l'horizon H on note des densités élevées d'enchytréides dans la subéraie et des diptères dans le maquis (Tab. 12).

Tableau 12. Analyse des différences des densités moyennes (ind/m²) des taxons entre la Subéraie (t+10ans) et le Maquis dans chaque horizon. Les lettres indiquent les différences significatives (a>b) pour $\alpha < 0,05$ (Tukey HSD test), \pm : écart-type.

Taxons	Subéraie (t+10ans) n=40			Maquis n=40		
	Litière	Horizon F	Horizon H	Litière	Horizon F	Horizon H
Enchytréides	1,88±5,05	9,75±14,47a	4,38±8,96a	1,25±4,91	1,19±2,44b	0,63±1,45b
Vers de terre	—	0,13±0,78	0,19±0,86	—	0,31±1,00	0,31±1,00
Gastéropodes	1,25±6,66	0,13±0,78	0,06±0,39	0,06±0,39	0,06±0,39	0,06±0,39
Cloportes	1,19±2,16a	0,81±2,33	0,13±0,78	0,25±0,94b	1,50±3,91	0,31±0,83
Pseudoscorpions	1,63±3,69a	1,13±1,93	0,38±1,19	0,06±0,39b	2,56±4,66	0,69±1,68
Araignées	2,50±3,79a	0,88±2,13	0,13±0,55	0,88±2,20b	1,69±4,62	0,19±0,66
Opilions	0,06±0,39	—	—	—	—	—
Acariens	1,38±3,87	51,94±56,69	14,75±27,05	0,25±0,94	44,94±79,19	13,06±19,96
Diplopedes	0,06±0,39	3,00±7,95	0,38±1,05	0,38±1,05	1,38±3,16	0,50±1,00
Chilopodes	1,19±2,74	2,63±4,03a	0,56±1,53	1,00±2,42	1,06±1,85b	0,44±0,95
Symphiles	—	0,25±0,75b	0,38±1,05	—	1,56±3,98a	0,81±2,12
Protoures	—	0,06±0,39	—	—	—	—
Diploures	0,13±0,55	0,31±1,00	0,06±0,39	—	0,31±1,27	0,06±0,39
Collemboles	5,00±11,14a	31,56±96,09	7,69±11,34	0,81±2,26b	49,63±85,41	11,63±19,60
Thysanoures	0,31±1,00	—	0,06±0,39	0,06±0,39	—	—
Trichoptères	—	0,25±0,75	0,38±1,05	—	0,06±0,39	0,06±0,39

Dictyoptères	0,63±1,34	0,06±0,39	—	0,19±1,17	—	—
Coléoptères	2,00±5,10a	7,69±11,61	1,81±2,79	0,13±0,55b	6,00±9,20	3,19±5,06
Diptères	0,19±0,86	3,25±5,73	0,63±1,22b	—	6,00±15,06	3,31±8,26a
Hyménoptères	1,69±3,77	0,50±1,50b	1,13±3,11	1,44±3,21	2,31±4,72a	2,19±5,42
Orthoptères	0,25±0,94	0,13±0,55	—	—	0,13±0,55	0,19±0,86
Isoptères	—	0,06±0,39	—	—	—	—
Hétéroptères	0,50±1,39a	—	—	0,00±0,00b	—	—
Larves d'insectes	0,75±2,11	5,88±5,11	3,13±3,98	0,75±1,70	6,63±9,50	3,19±6,35
Moyenne des Densités totales	22,56±28,98 a	120,38±138,07	36,19±42,92	7,50±10,32 b	27,31±158,12	40,81±35,43
S	3,53±2,76 a	6,33±1,92	3,88±2,00	1,55±1,72 b	5,93±2,05	4,55±1,84
H'	1,30±0,96 a	1,81±0,58	1,49±0,76	0,58±0,80 b	1,76±0,54	1,66±0,49
équitabilité	0,66±0,41 a	0,69±0,17	0,74±0,30	0,36±0,44 b	0,71±0,18	0,82±0,13

III.2.4. variations temporelles de la faune du sol

D'après la figure 13, nous remarquons qu'une forte variation existe entre les horizons. Le climat saisonnier change et affecte l'abondance des organismes dans chaque horizon. La faune montre une variation saisonnière des taxons qui se traduit par un mouvement vertical vers la litière durant la saison humide et printanière et vers l'horizon F durant la saison sèche et automnale.

En effet quelque soit la saison la faune demeure plus abondante dans l'horizon F.

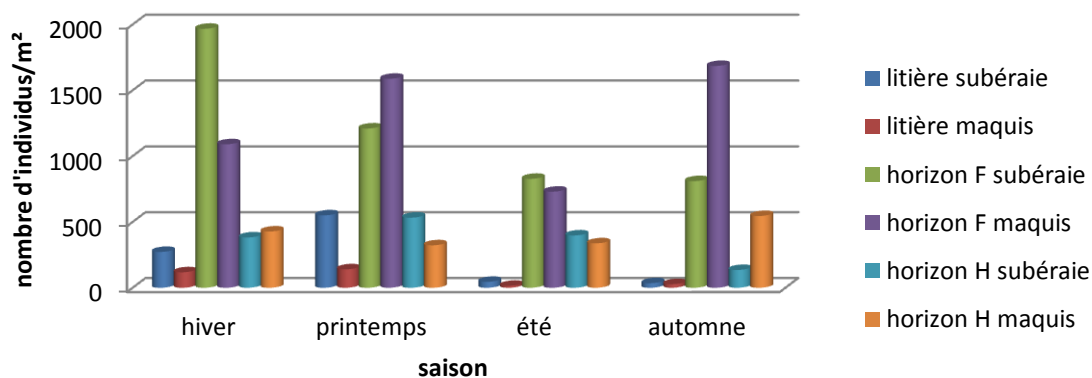
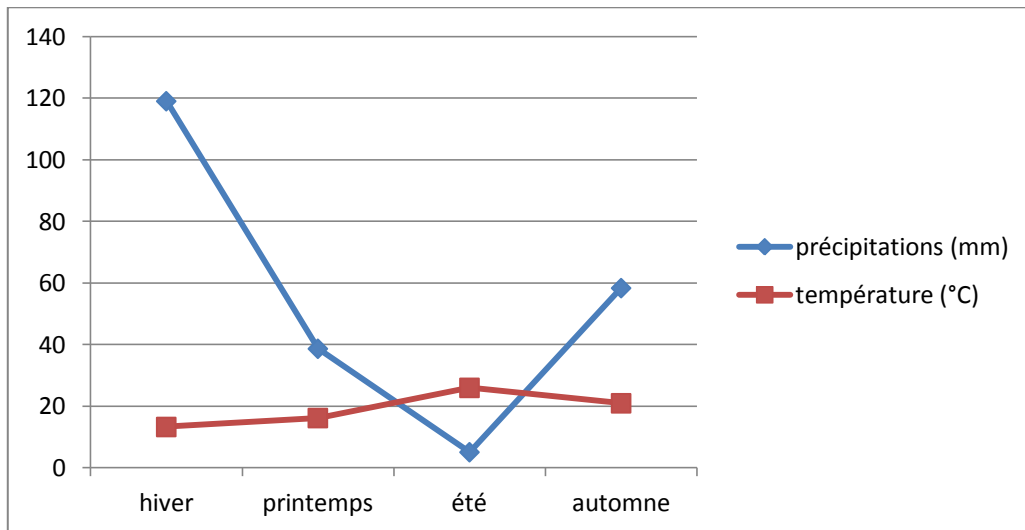


Figure 13. Variations saisonnières de la densité de la faune à travers les horizons dans la subéraie incendiée (t+10ans) et maquis.

En général, On observe qu'un maximum d'individus est collecté en hiver dans la subéraie et en automne et printemps dans le maquis. En revanche, peu d'individus sont capturés au cours de la saison sèche et automnale dans la subéraie incendiée (t+10ans) et au cours de la saison sèche dans le maquis. (Fig.14)

(a)



(b)

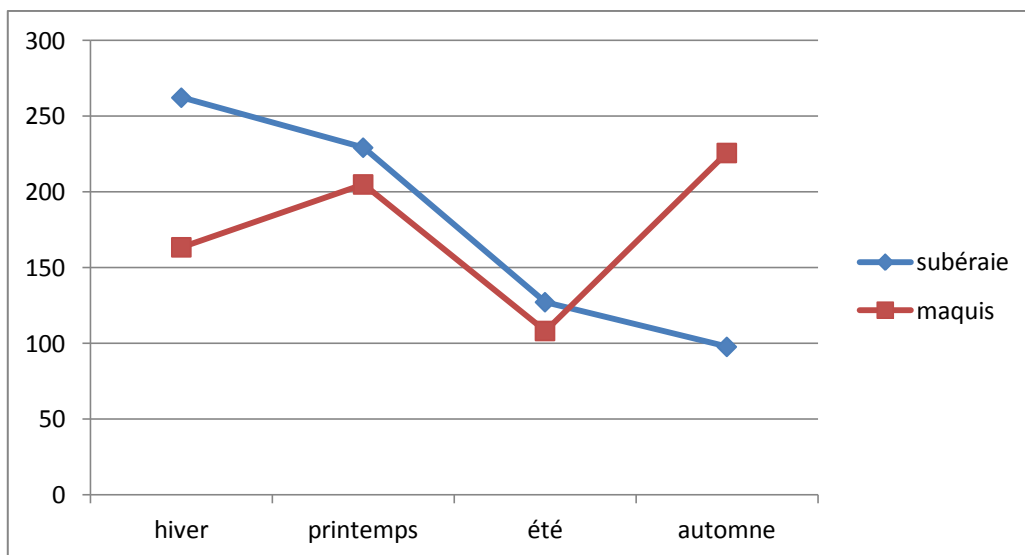
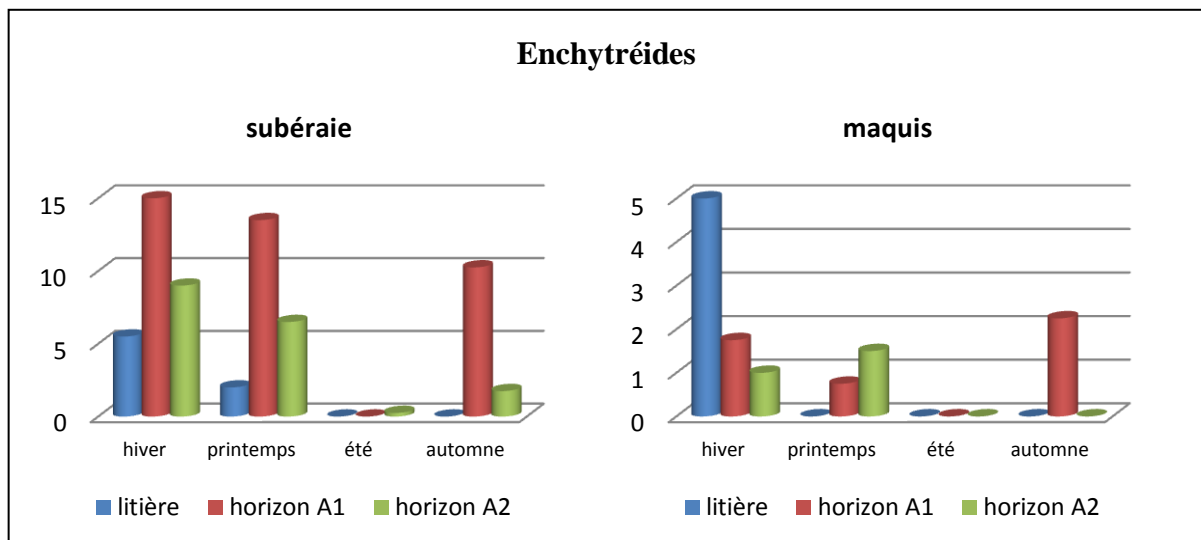


Figure 14. (a) : précipitations (mm) et température (°C) moyennes de la région d'étude.
(b) : Variation temporelle des densités moyennes de faune (ind/m²) durant la même période.

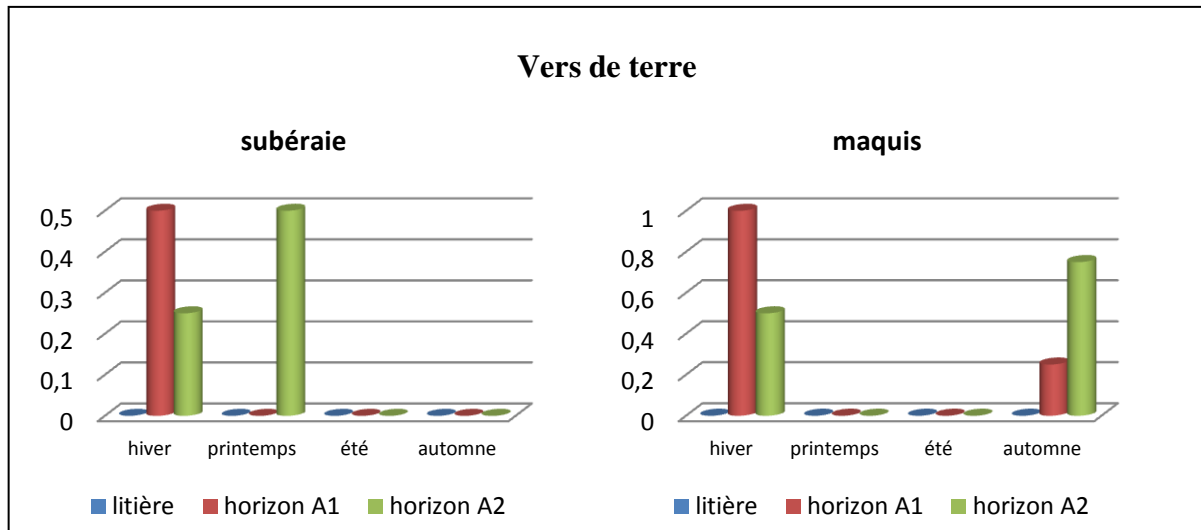
Concernant les variations saisonnières des densités des différents taxons dans la subéraie et le maquis (Fig. 15), on remarque que dans les deux sites la plupart des taxons présentent des

densités élevées en hiver (les enchytréides, vers de terre, diplopodes, chilopodes, protozoaires, collemboles, dictyoptères et isoptères). D'autres sont abondants pendant le printemps (les gastéropodes et larves d'insectes). Tandis qu'en été se sont les coléoptères qui présentent des densités remarquables et en automne se sont les symphiles et les cloportes. On remarque du reste, une variation concomitante des précipitations et des densités des organismes. Cette variation est inversée par rapport à la température.

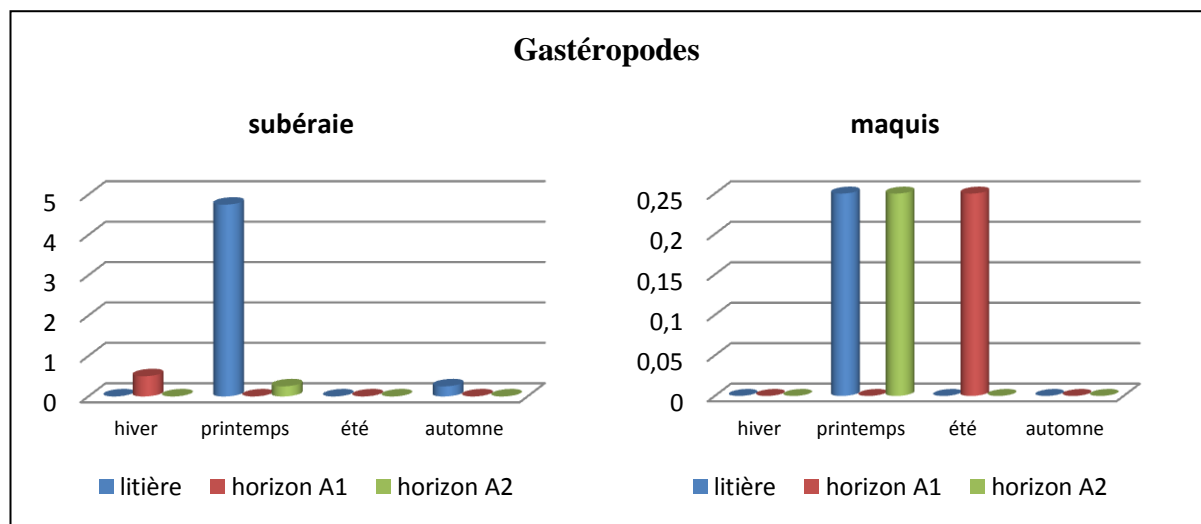
Figure. 15 : variations saisonnières des densités (ind/m²) de faune dans chaque site la subéraie (t+10ans) et le maquis.



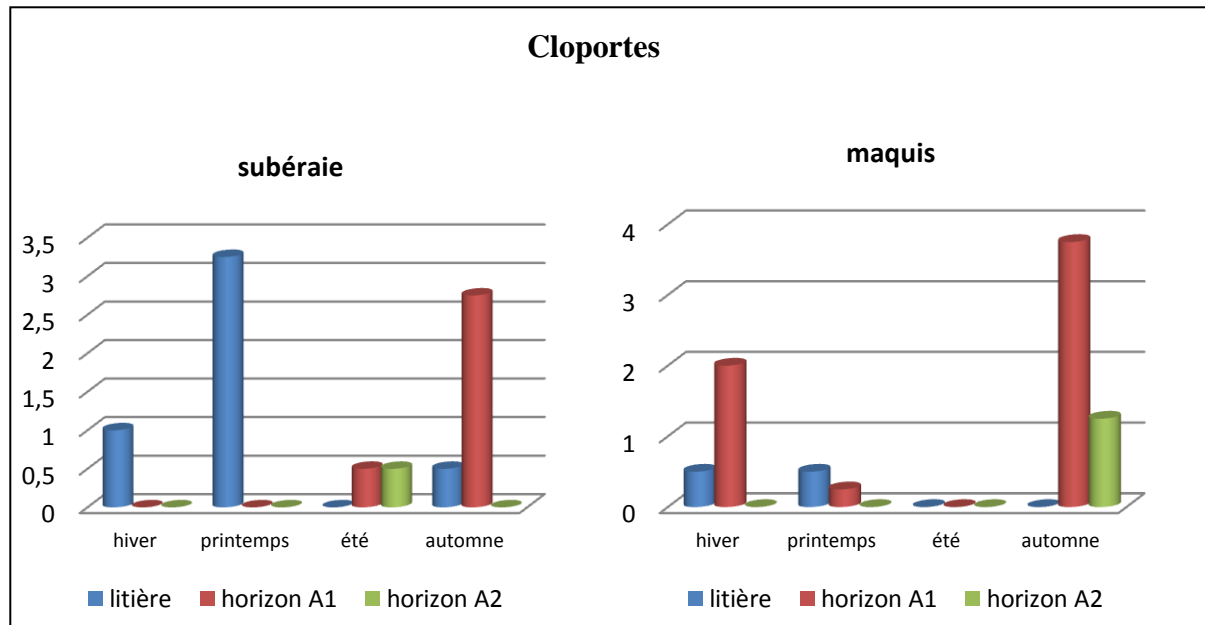
La fréquence des enchytréides varie d'une saison à une autre. Ils sont absents durant l'été mais présents en hiver, printemps et automne. Les enchytréides sont sensibles majoritairement à la température et à l'état hydrique du sol (Lavelle & Spain, 2001).



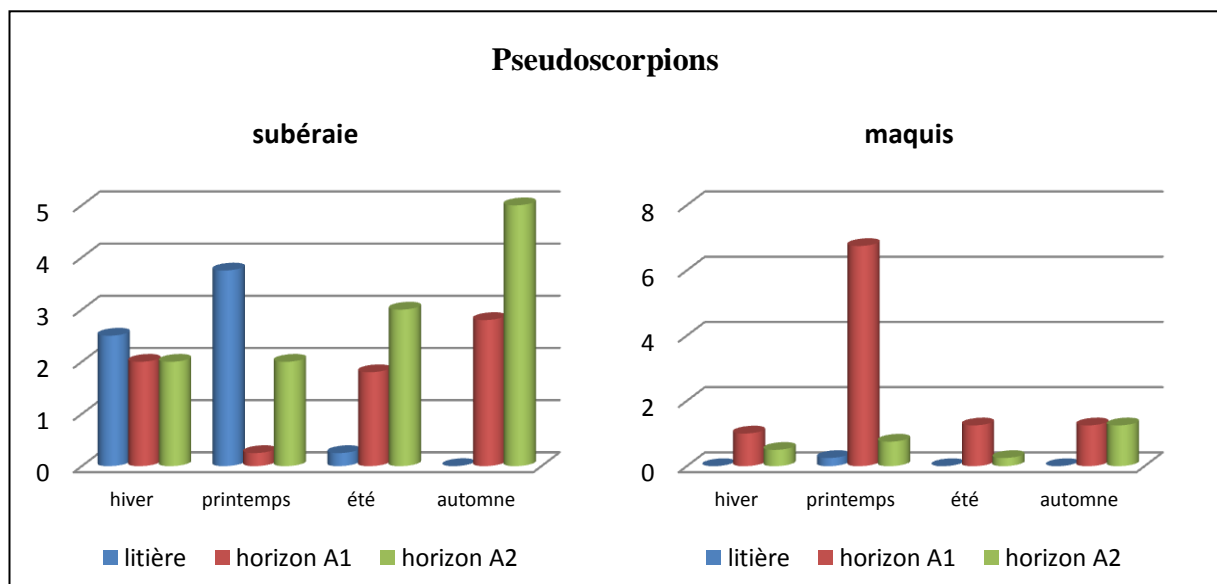
Les vers de terre comme les enchytréides sont sensibles à la sécheresse, les travaux de VAN RHEE & NATHANS (1973), de PHILIPSON & *al.* (1976) et de BACHELIER (1978) mettent en évidence le rôle majeur de l'humidité du sol pour les vers de terre.



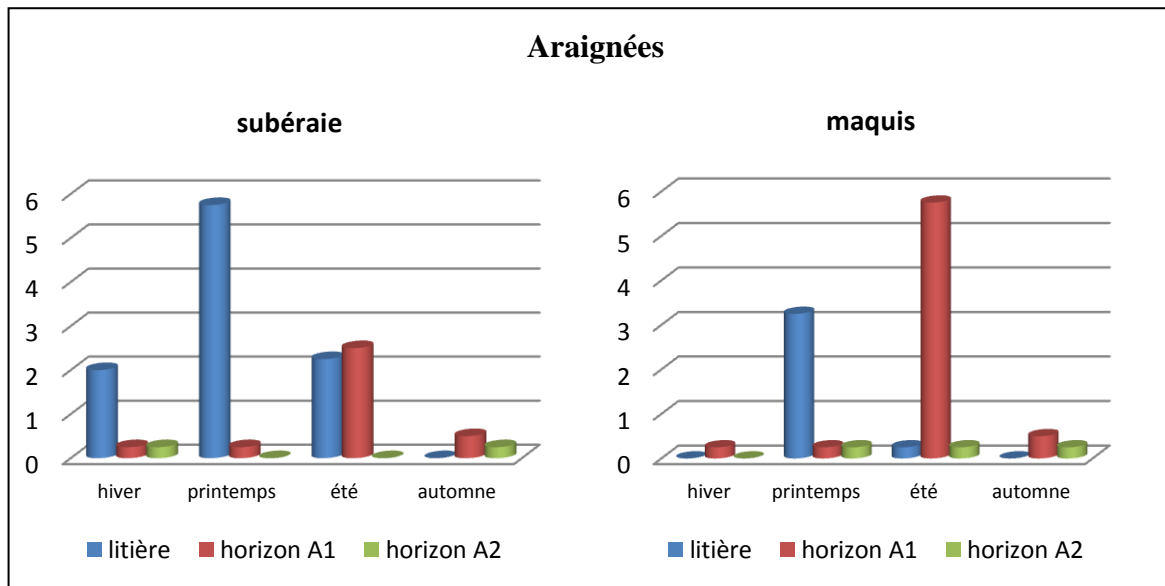
Les gastéropodes identifiés sont des escargots. La vie des escargots est rythmée par la nécessité d'échapper à la dessiccation, ils sont donc plus actifs la nuit ou par temps humide. La survie pendant les périodes les plus sèches est assurée par la coquille dans laquelle l'individu est protégé de l'évaporation. Selon (BACHELIER, 1978), les gastéropodes sont abondants dans les litières humides avec une préférence pour les milieux calcaires. Remarquons que ce groupe est sensible à la fois au froid et à la dessiccation.



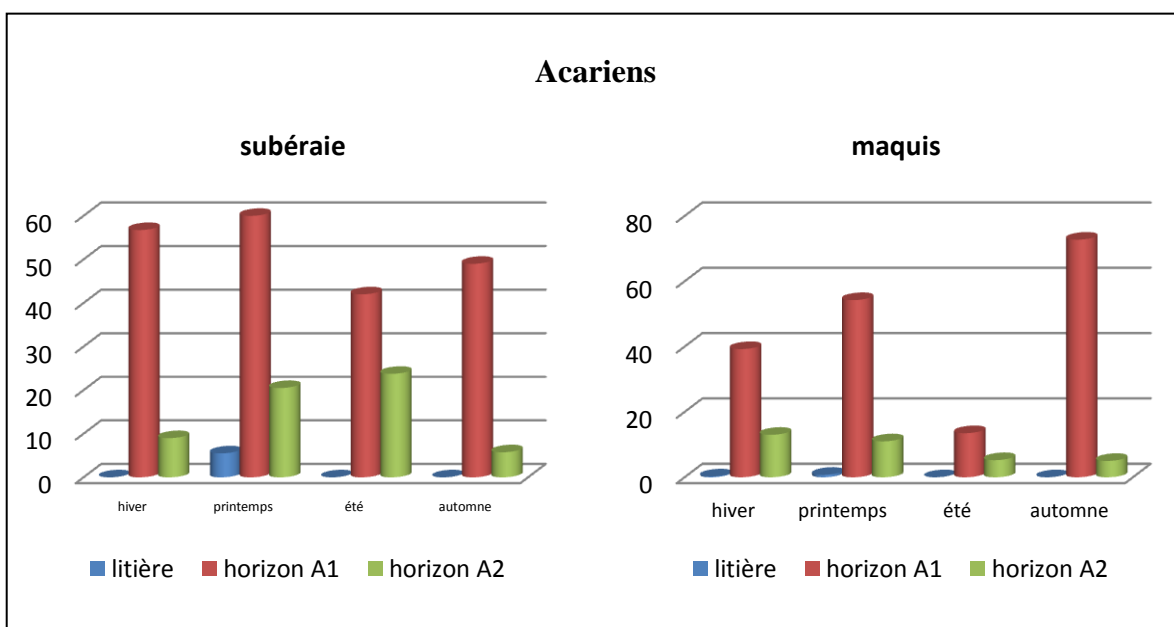
Dans les deux sites les valeurs minimales des cloportes ont été enregistrées au cours de la saison sèche, ils sont sensibles à la dessiccation.



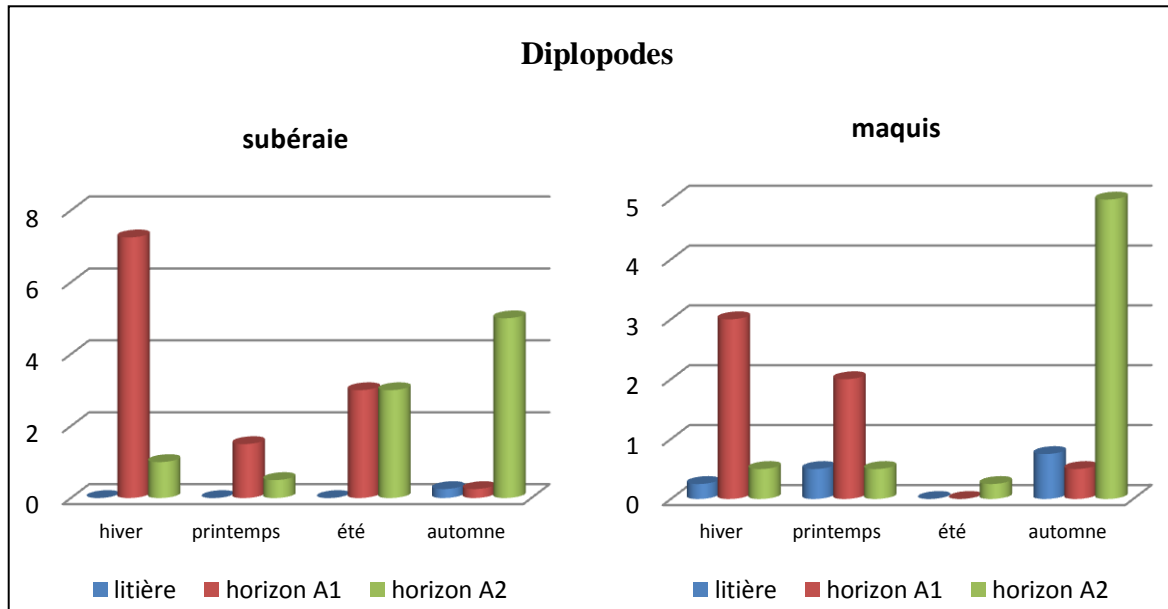
Les pseudoscorpions sont présents pendant toutes les saisons dans la subéraie et sont moins abondants dans le maquis. La quantité de litière joue un rôle important, en tant qu'abri et source alimentaire pour les saprophages qui sont ainsi exposés à la prédation par les pseudoscorpions. Les collemboles et les acariens sont leurs principales proies.



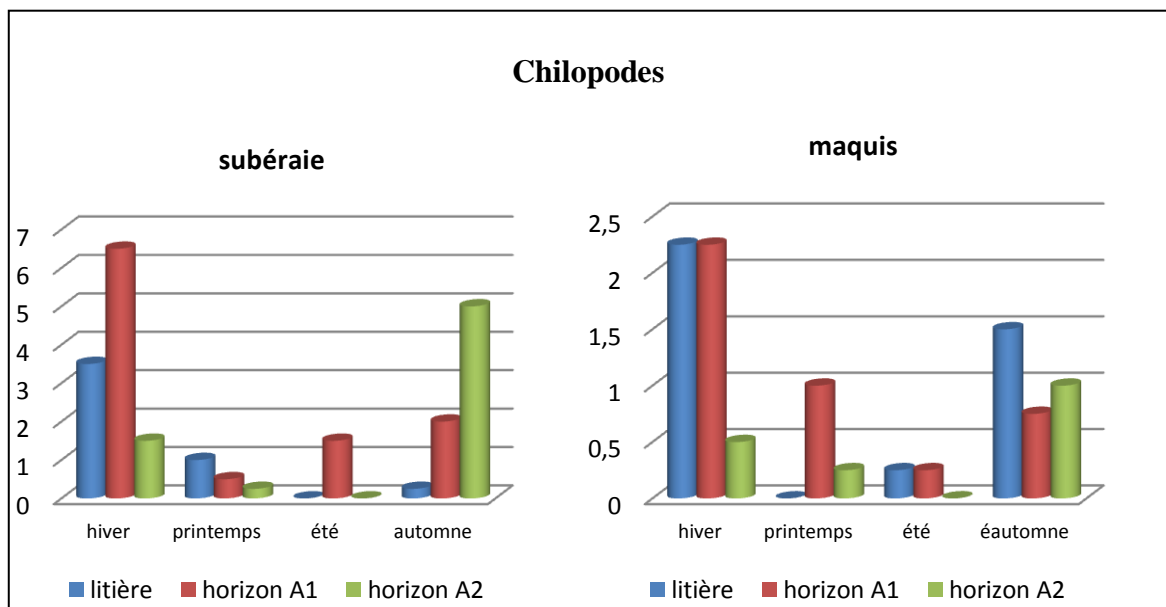
Les araignées comme les pseudo-scorpions ont une abondance qui varie en fonction de leur régime alimentaire, les araignées se nourrissent de divers insectes et des myriapodes. Ce sont des prédatrices dont la fonction régulatrice des populations d'insectes phytophages et saprophages est importante.



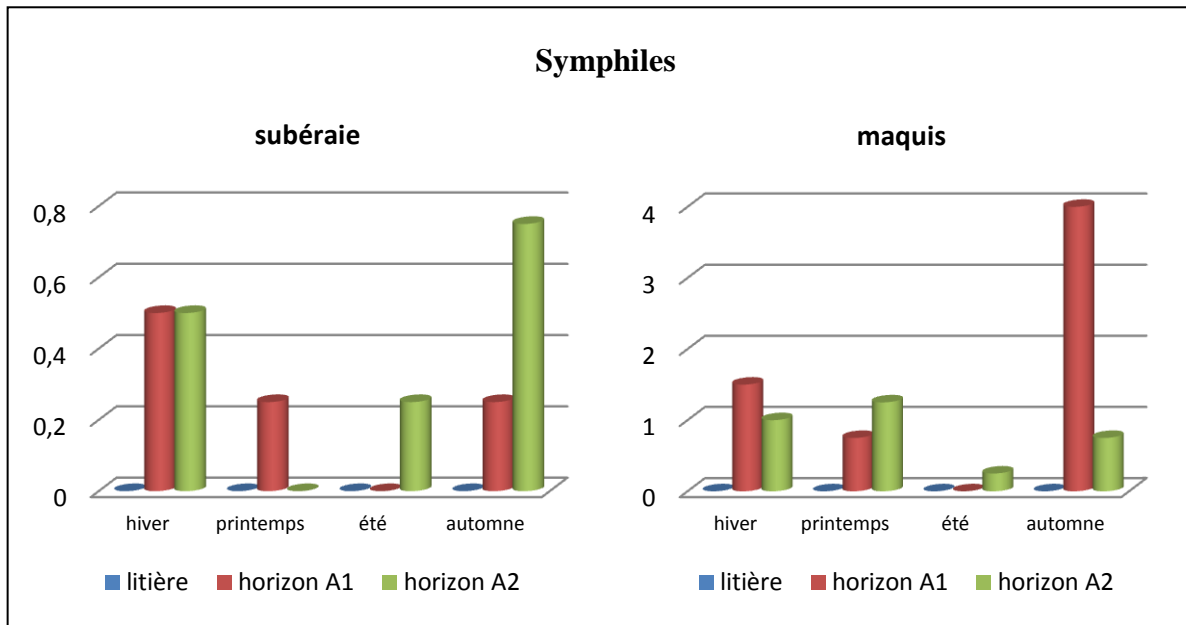
Nous avons constaté que la densité des acariens du sol est peu influencée par les changements climatiques d'une saison à l'autre dans la subéraie. Tandis qu'au niveau du maquis l'effet de la modification de la structure de l'habitat a occasionné d'importants changements à l'abondance des araignées en été.



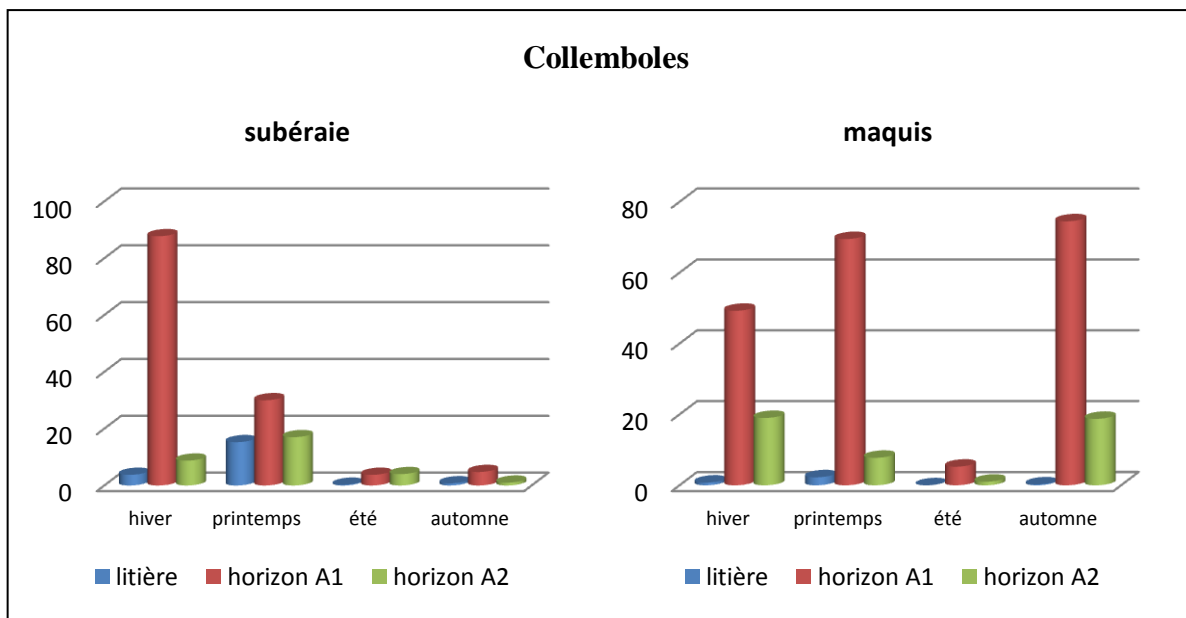
Les diplopodes sont plus abondants en hiver et peu nombreux au printemps dans la subéraie et sont plus abondants en automne et peu nombreux en été dans le maquis.



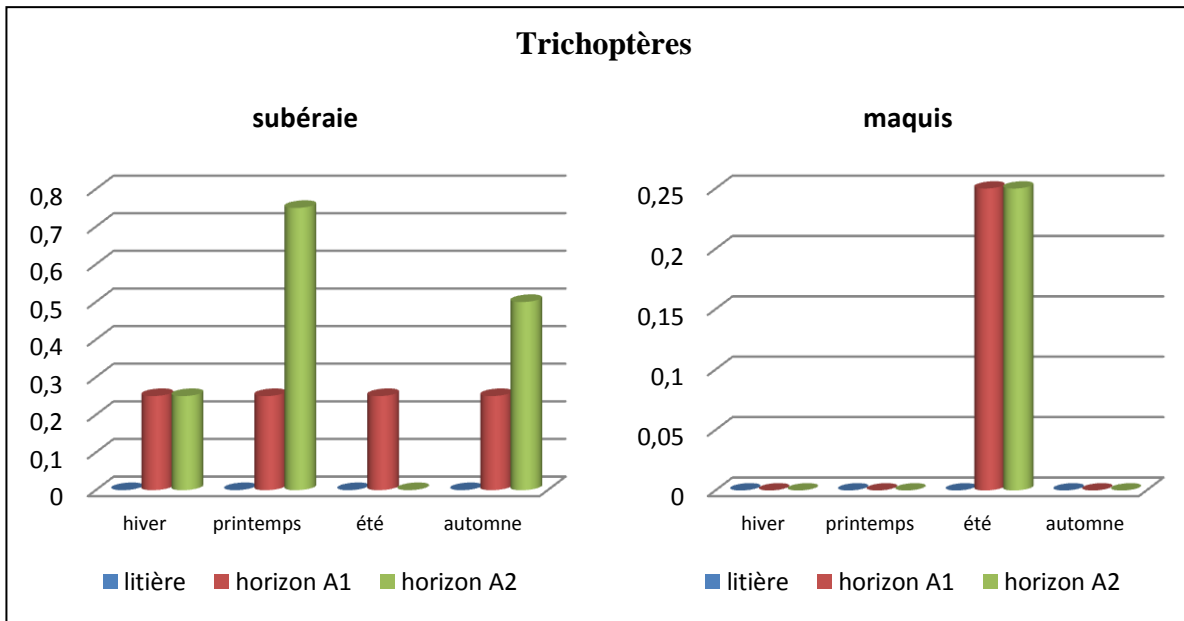
Dans les deux sites on constate que les valeurs maximales des chilopodes ont été enregistrées en hiver et automne, les valeurs basses ont été enregistrées surtout pendant la saison sèche et au printemps. La diminution des effectifs est due à la dessiccation.



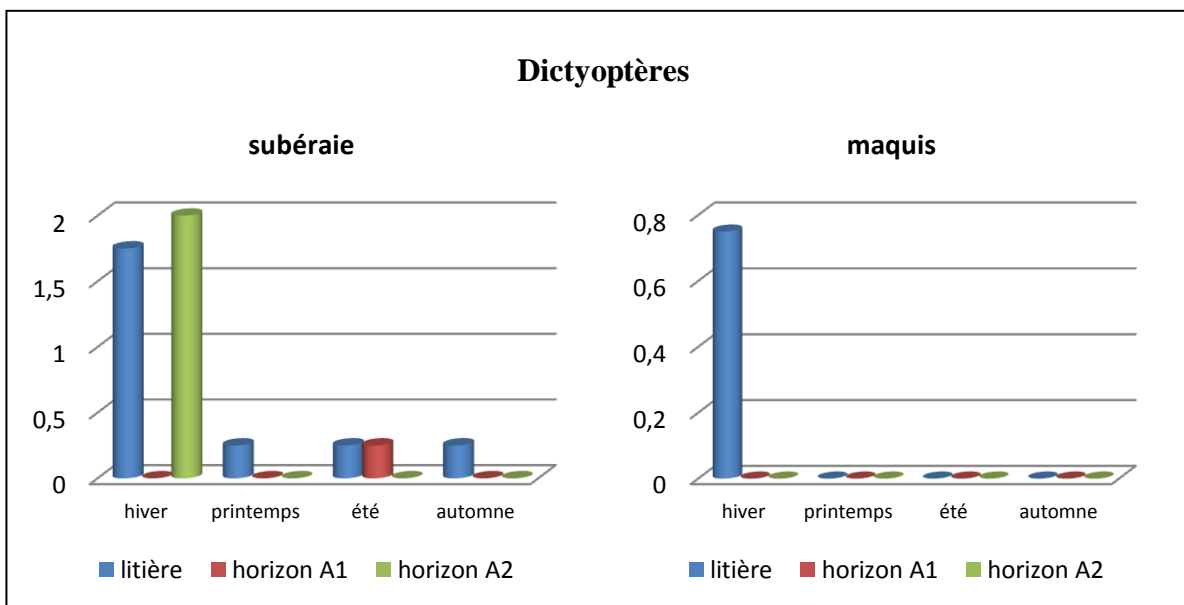
Les symphiles présentent des densités plus élevées en automne et hiver et des densités faibles en été et au printemps.



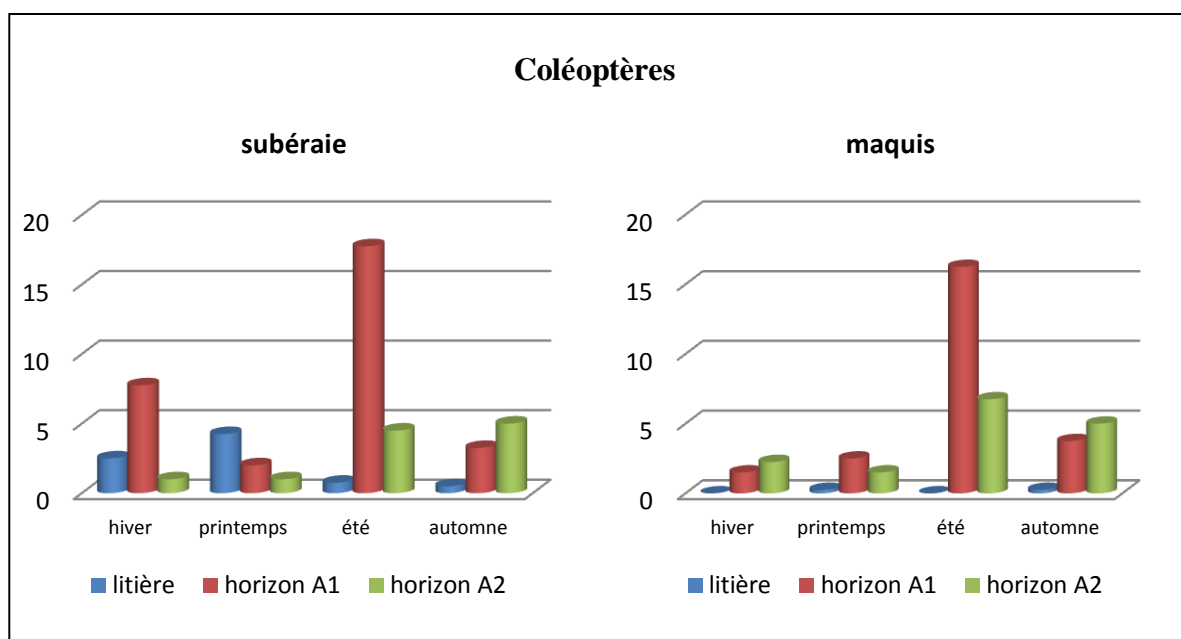
Les collemboles sont très sensibles à la dessiccation. Les valeurs d'abondance les plus basses ont été enregistrées pendant la saison sèche.



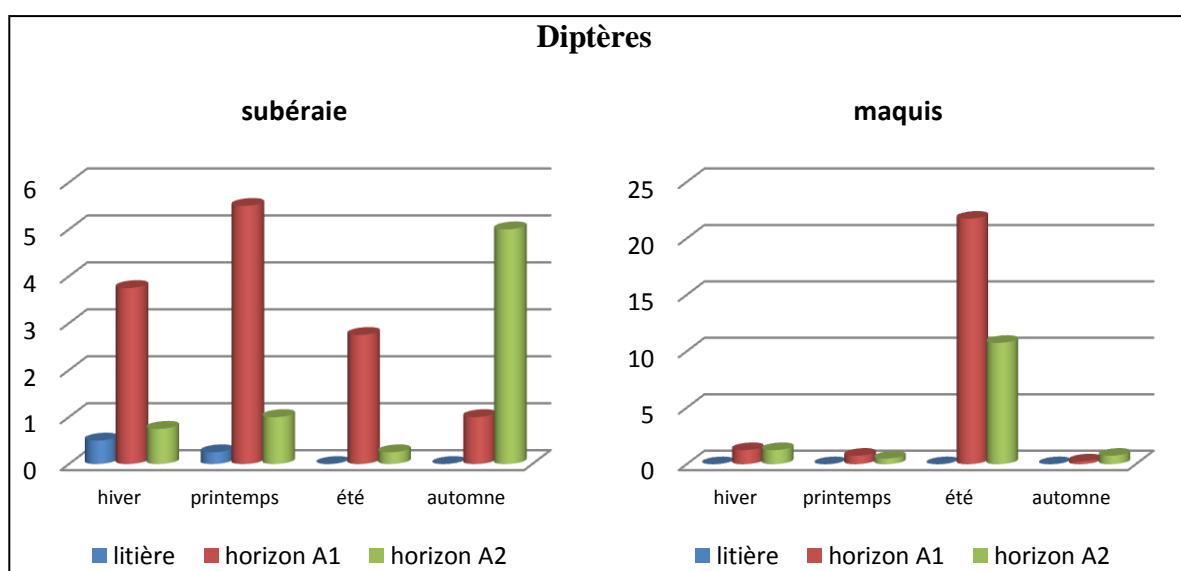
Les trichoptères présentent un minimum d'individus pendant la saison chaude dans la subéraie, tandis que dans le maquis ils ne sont présents que pendant cette saison. Certaines espèces de trichoptères sont présentes toute l'année, mais le maximum de diversité est entre fin juin et début juillet (KARAS, 2009), donc peut être que les espèces trouvées au maquis n'apparaissent qu'en été.



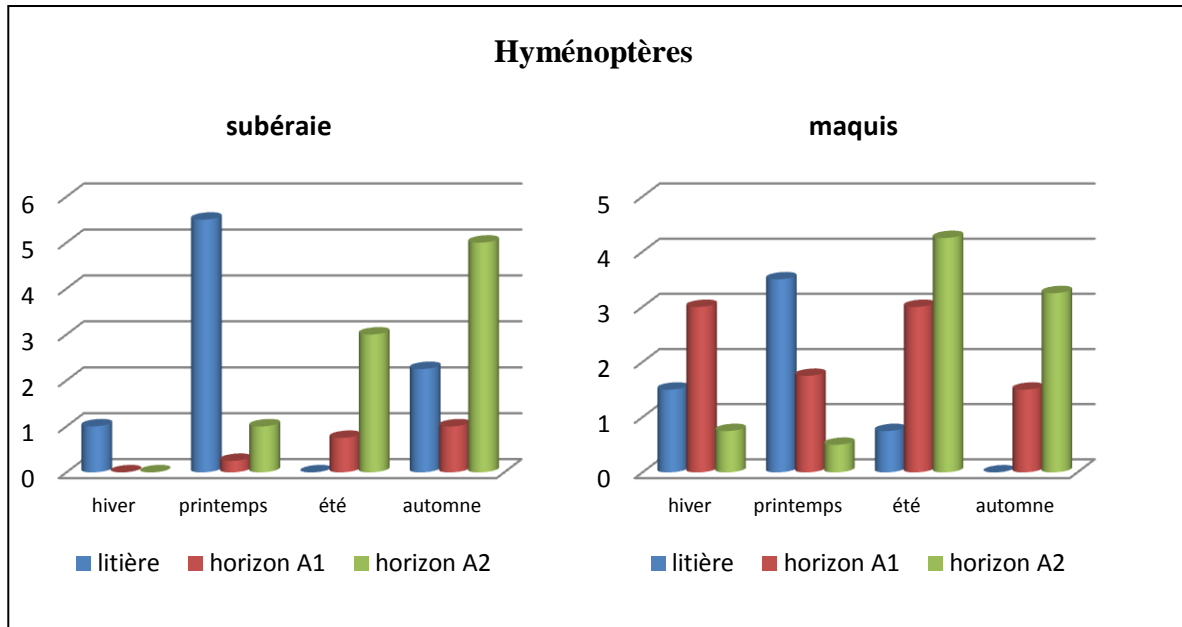
Les dictyoptères ont été rencontrés uniquement en hiver dans le maquis et pendant toute l'année dans la subéraie. L'hiver s'avère le meilleur mois d'activité de ces Insectes.



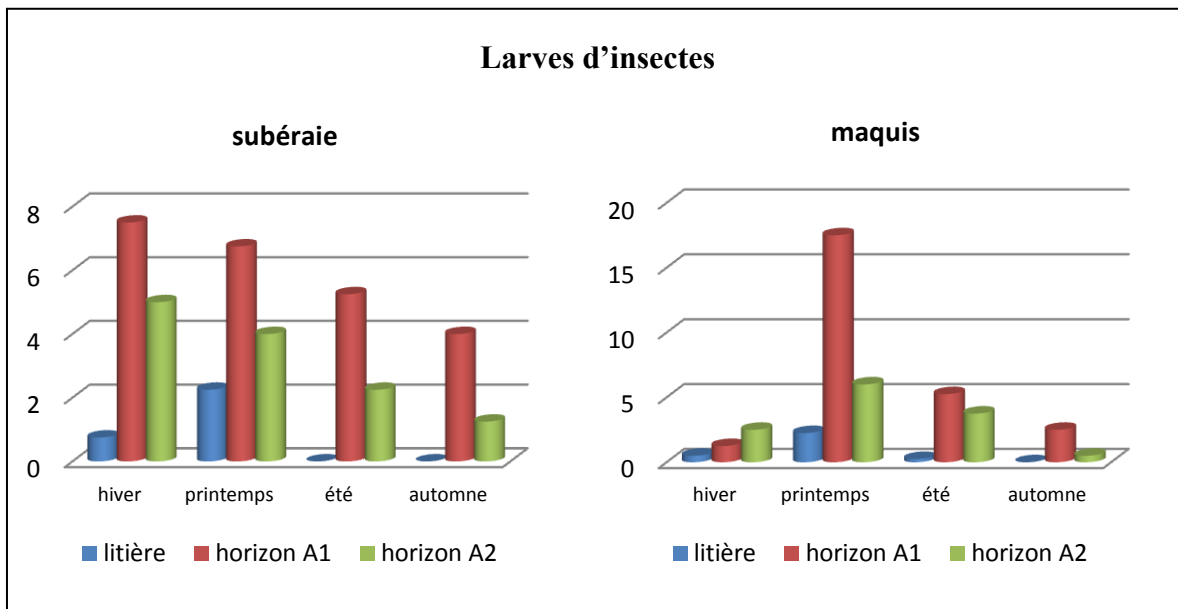
Les coléoptères présentent un maximum d'individus pendant la saison chaude dans les deux sites. L'été s'avère le mois d'activité des coléoptères. En fait il s'agit des imagos qui ont terminé leur métamorphose et qui s'activent surtout à cette période.



Les diptères ont été abondants en été dans le maquis et pendant toute l'année dans la subéraie. Ce résultat n'est guère représentatif car leur capture est difficile par les méthodes d'échantillonnage utilisées.



Les hyménoptères ont des effectifs plus importants au maquis qu'en subéraie. Ils sont présents pendant toutes les saisons dans ce milieu et ne sont abondants qu'en automne dans la subéraie.



Les larves d'insectes sont présentes pendant toutes les saisons dans la subéraie. En ce qui concerne le maquis les abondances maximales de larves ont été enregistrées au printemps.

III.2.5. Facteurs contrôlant la distribution verticale de la faune du sol

III.2.5.1. Au niveau de la litière

Une analyse des correspondances principales a été réalisée sur un tableau croisant les 40 relevés avec les taxons observés dans la litière et les variables environnementales (tab.14), dans chaque site subéraie incendiée (t+10ans) et maquis (Fig.16) :

Concernant la subéraie incendiée (t+10ans), l'axe 1 caractérise la présence d'un effet épaisseur de litière, pour les Cloportes, Acariens, Collemboles, Araignées et Pseudoscorpions. Tandis que l'axe 2, met en opposition les taxons ayant une faible tolérance aux températures élevées et aux faibles valeurs d'humidité de l'air (Enchytréides, Chilopodes, Diploures, Dictyoptères, Orthoptères).

Par contre au maquis, l'axe 1 oppose les populations de Gastéropodes, Pseudoscorpions, Araignées, Collemboles, Hyménoptères et Larves d'insectes influencées aux valeurs d'humidité de l'air.

L'axe 2 oppose les taxons d'Enchytréides, Cloportes, Chilopodes, Dictyoptères liés aux faibles valeurs de température, fortes épaisseurs de la litière et fortes valeurs d'humidité de l'air.

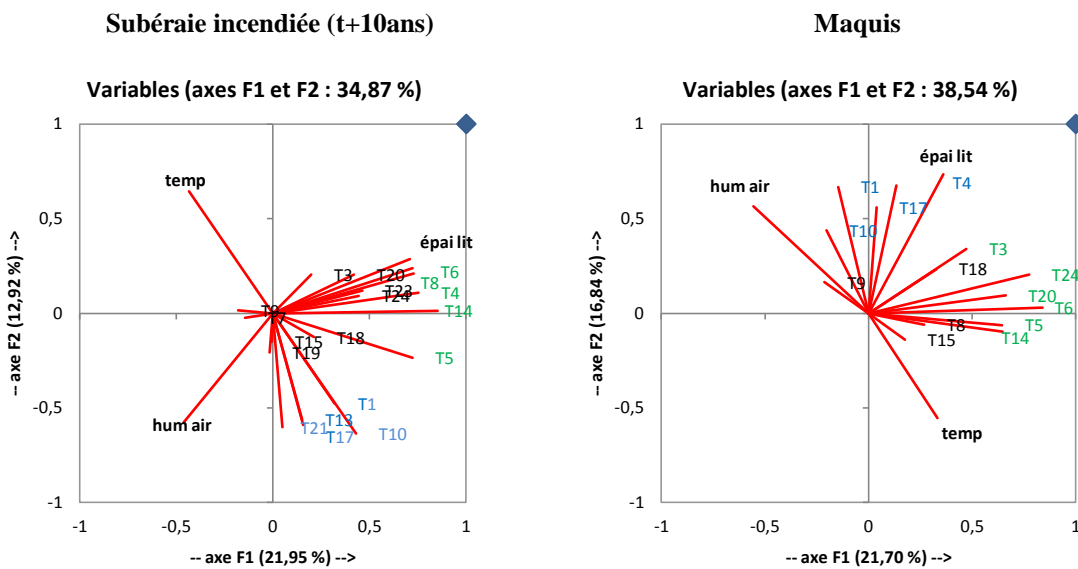


Figure 16. Analyse des correspondances principales de la faune de la litière et variables environnementales. (Voir tableau 13 pour les significations des abréviations)

III.2.5.2. Au niveau de l'horizon F

Dans (Fig.17) seuls les premiers axes ont été retenus pour l'interprétation. Au niveau de la subéraie incendiée (t+10ans), l'axe 1 reflète une opposition entre Araignées, Dictyoptères, Coléoptères, Orthoptères et Enchytréides, Chilopodes, Collembolés (corrélation négative) associée à l'épaisseur de l'horizon et aux valeurs d'humidité de l'air et température.

Au maquis, l'axe 1 est défini par une opposition entre Coléoptères, Diptères et Chilopodes liée à l'épaisseur et humidité du sol et aux valeurs d'humidité d'air et température.

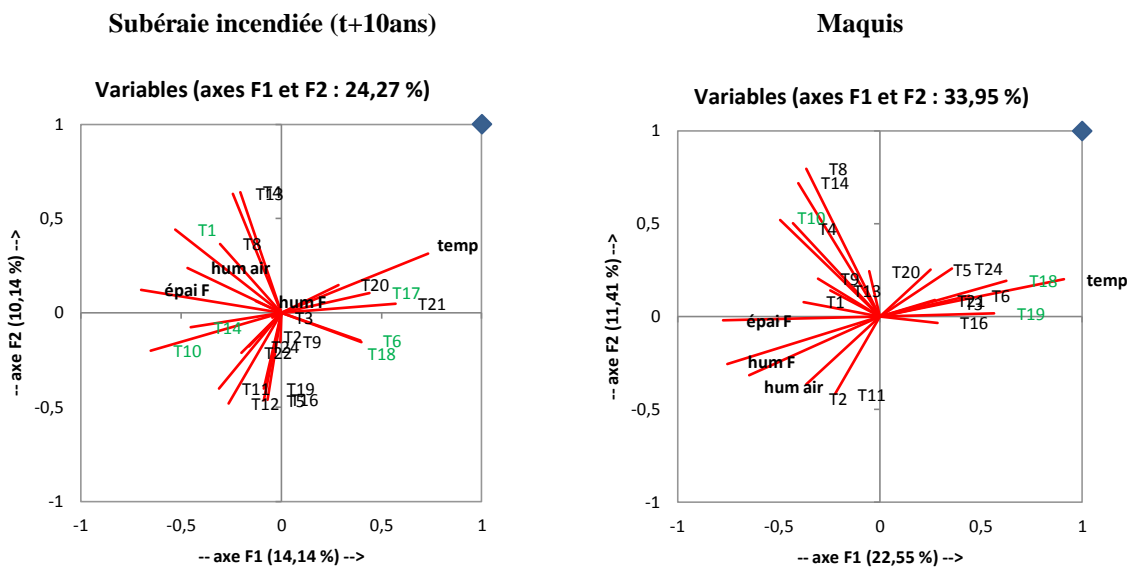


Figure 17. Analyse des correspondances principales de la faune de l'horizon F et variables environnementales. (Voir tableau 13 pour les significations des abréviations)

III.2.5.3. Au niveau de l'horizon H

Au premier site, l'axe 1 oppose les fortes densités des Enchytréides, Gastéropodes, Diplopodes, Chilopodes, Collembolés aux faibles valeurs de température et aux fortes valeurs d'humidité du sol. L'axe 2 traduit une opposition des taxons Acariens, Thysanoures, Coléoptères, Hyménoptères influencés par l'humidité d'air et du sol, épaisseur de l'horizon et température.

Au maquis, l'axe 1 traduit une opposition entre Trichoptères, Coléoptères, Diptères, Orthoptères et Vers de terre, Acariens, Collembolés liée la température, l'humidité du sol et d'air.

Tandis que l'axe 2 reflète une opposition entre vers de terre, Acariens, Collembolés, Trichoptères, Coléoptères, Diptères et Enchytréides, Gastéropodes, Symphiles, Larves associée à l'épaisseur de l'horizon. (Fig. 18)

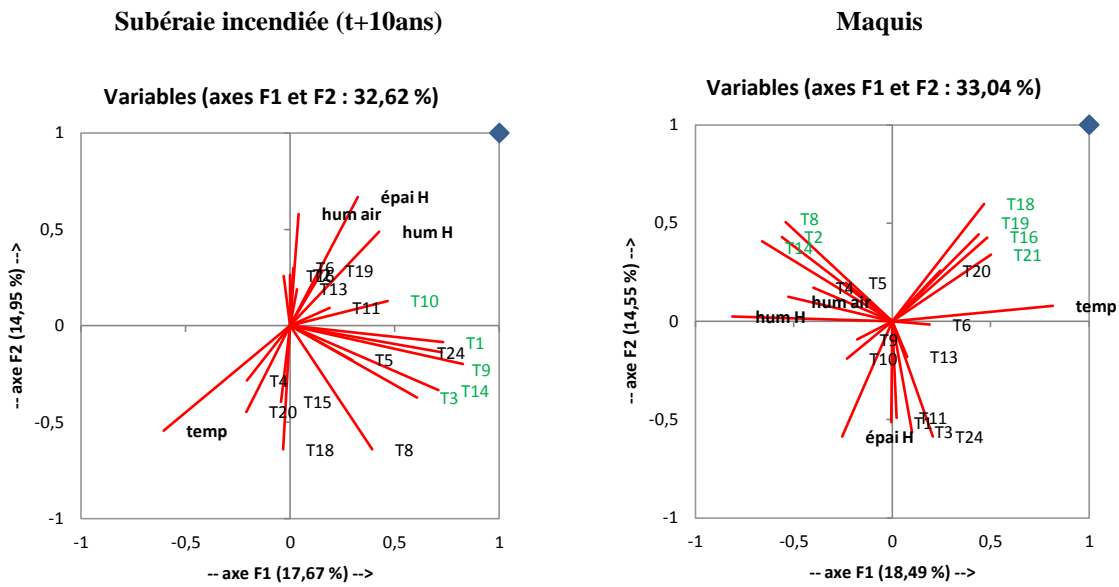


Figure 18. Analyse des correspondances principales de la faune de l'horizon H et variables environnementales. (Voir tableau 13 pour les significations des abréviations)

Tableau 13. Codes des taxons et variables inventoriés sur les axes des analyses de l'ACP. Les codes correspondent aux abréviations utilisées dans les figures 16,17 et 18.

Taxons	codes	Taxons	codes	Variables environnementales	codes
Enchytréides	T1	Diploures	T13	Epaisseur litière	épai lit
Vers de terre	T2	Collemboles	T14	Epaisseur horizon F	épai F
Gastéropodes	T3	Thysanoures	T15	Epaisseur horizon H	épai H
Cloportes	T4	Trichoptères	T16	Température de l'air	temp
Pseudo-scorpions	T5	Dictyoptères	T17	Humidité de l'air	hum air
Araignées	T6	Coléoptères	T18	Humidité du sol (horizon F)	hum F
Opilions	T7	Diptères	T19	Humidité du sol (horizon H)	hum H
Acariens	T8	Hyménoptères	T20		
Diplopodes	T9	Orthoptères	T21		
Chilopodes	T10	Isoptères	T22		
Symphiles	T11	Hétéroptères	T23		
Protoures	T12	Larves d'insectes	T24		

Tableau 14. Liste et valeurs moyennes des variables mesurées dans chaque site.

variables/sites	Subéraie climacique	maquis	Subéraie incendiée (t+10ans)	Subéraie incendiée (t+2ans)
Epaisseur litière	3.5 cm	0.8 cm	2.45 cm	0.8 cm
Epaisseur horizon F	2.4 cm	1.65 cm	1.9 cm	1.2 cm
Epaisseur horizon H	6.7 cm	7.3 cm	4.2 cm	10.25
Température de l'air	24° C	25° C	21° C	20° C
Humidité de l'air	64	59	63	72
Humidité du sol (horizon F)	29.23%	10.76 %	41.43 %	21.46 %
Humidité du sol (horizon H)	16.99 %	10.33 %	33.47 %	15.24 %

III.3. Etude comparative des quatre sites

III.3.1. Composition de la faune

D'une manière générale, la faune du sol demeure plus abondante dans la subéraie climacique, moins abondante dans la subéraie incendiée (t+10ans) et dans le maquis. Nettement moins abondante dans la subéraie incendiée (t+2ans). (Fig. 19)

La comparaison au test de Tukey (HSD) de la composition de la faune entre les quatre sites (Tab. 15), montre qu'il existe des différences significatives au niveau de cinq groupes faunistiques (enchytréides, diplopodes, chilopodes, collemboles et larves d'insectes).

Les enchytréides présentent des densités élevées dans la subéraie incendiée (t+10ans), moins élevées dans la subéraie climacique et faibles dans le maquis et dans la subéraie incendiée (t+2ans). Les diplopodes et chilopodes présentent des densités importantes dans la subéraie climacique, alors que dans les autres sites ils se caractérisent par des densités très faibles. Ensuite, les collemboles sont nombreux dans le site climacique, moins abondants dans le maquis et la subéraie incendiée (t+10ans) et très faibles dans la subéraie incendiée (t+2ans). Enfin, les larves d'insectes présentent des densités élevées au niveau du maquis. Elles sont plus faibles dans la subéraie climacique et la subéraie incendiée (t+10ans). Les densités les plus faibles mesurées dans la subéraie incendiée (t+2ans).

Tableau 15. Analyse des différences entre les stations des densités moyennes (ind/m²) et des caractéristiques structurelles moyennes des peuplements édaphiques. Les lettres indiquent les différences significatives (a>b) pour $\alpha < 0,05$ (Tukey HSD test), \pm : écart-type.

Taxons	Subéraie climacique n=10	Maquis n=10	Subéraie incendiée (t+10ans) n=10	Subéraie incendiée (t+2ans) n=10
Enchytréides	11,25±11,74ab	2,25±2,84b	22,00±27,68a	0,50±1,00b
Vers de terre	0,00±0,00	0,00±0,00	0,50±1,50	0,25±0,75
Gastéropodes	0,00±0,00	0,50±1,00	5,00±12,60	0,75±1,60
Cloportes	4,25±3,88	0,75±2,25	3,25±2,97	0,75±1,60
Pseudoscorpions	1,50±2,00	7,75±8,98	4,00±5,50	1,50±2,29
Araignées	1,50±1,66	3,75±3,75	6,00±6,14	2,75±2,36
Opilions	0,25±0,75	0,00±0,00	0,00±0,00	0,50±1,50
Acariens	79,25±66,45	66,00±40,47	86,00±78,98	33,50±18,62
Diplopodes	12,75±8,91a	3,00±2,92b	2,00±5,22b	1,00±1,66b
Chilopodes	9,00±6,44a	1,25±1,68b	1,75±1,95b	0,50±1,00b
Symphiles	7,00±7,81	2,00±4,00	0,25±0,75	7,50±10,00
Diploures	0,00±0,00	0,75±1,15	0,00±0,00	0,75±1,60
Collemboles	182,50±167,73a	79,50±77,94ab	62,25±41,06ab	34,00±41,81b
Thysanoures	0,25±0,75	0,25±0,75	0,00±0,00	0,00±0,00

Trichoptères	0,00±0,00	0,00±0,00	1,00±1,66	0,00±0,00
Dictyoptères	0,25±0,75	0,19±1,17	0,25±0,75	0,25±0,75
Coléoptères	3,25±2,97	4,25±4,88	7,25±9,65	0,25±0,75
Diptères	1,25±2,31	1,25±2,56	6,75±9,09	2,00±5,22
Hyménoptères	4,25±2,75	5,75±6,81	6,75±6,81	22,25±39,69
Orthoptères	0,00±0,00	0,25±0,75	0,00±0,00	0,00±0,00
Isoptères	0,25±0,75	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Hétéroptères	0,00±0,00	0,00±0,00	1,25±2,31	0,00±0,00
Larves d'insectes	13,25±6,33ab	25,75±19,59a	13,00±7,73ab	4,00±3,20b

a : valeur la plus forte, **ab** : valeur intermédiaire, **b** : valeur la plus faible

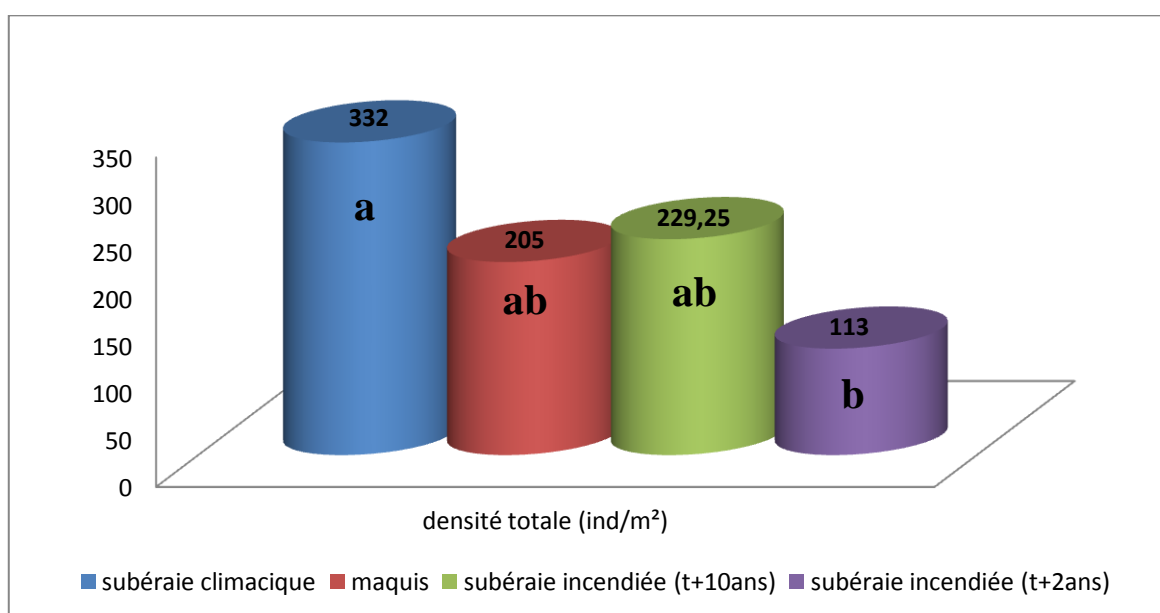
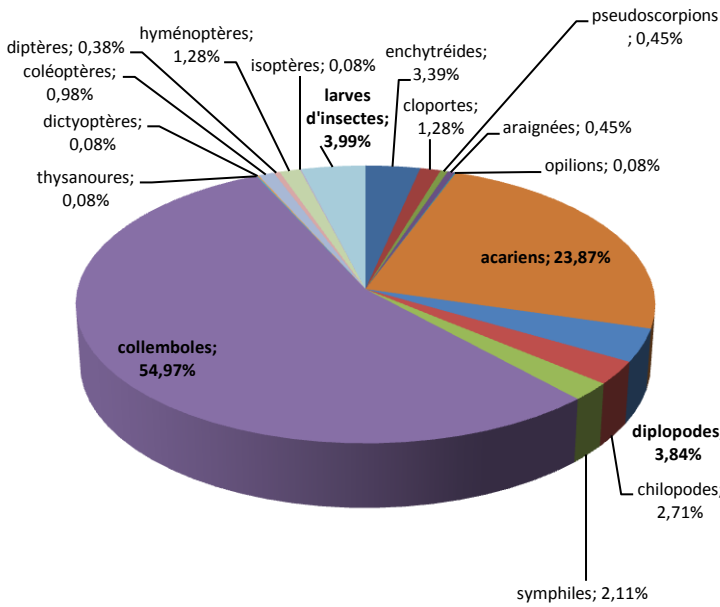
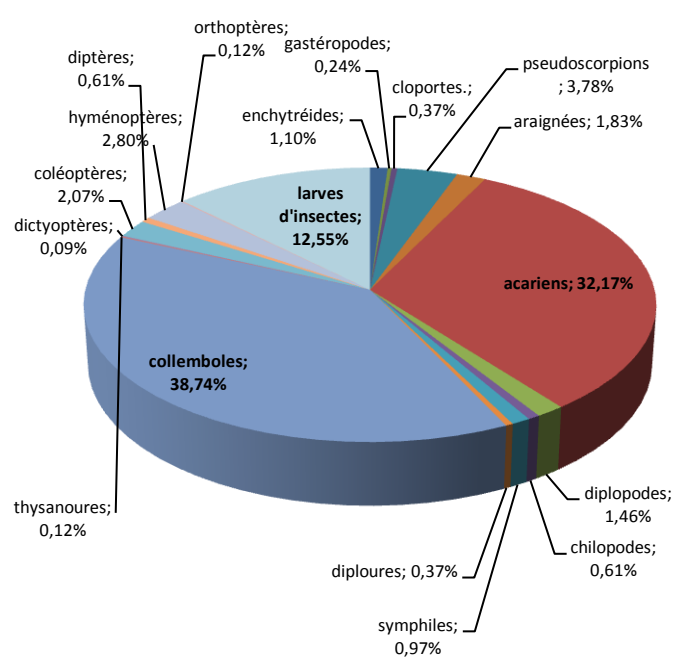


Figure 19. Densité globale de la faune dans les quatre sites d'étude.
Les lettres indiquent les différences significatives (Tukey HSD test).

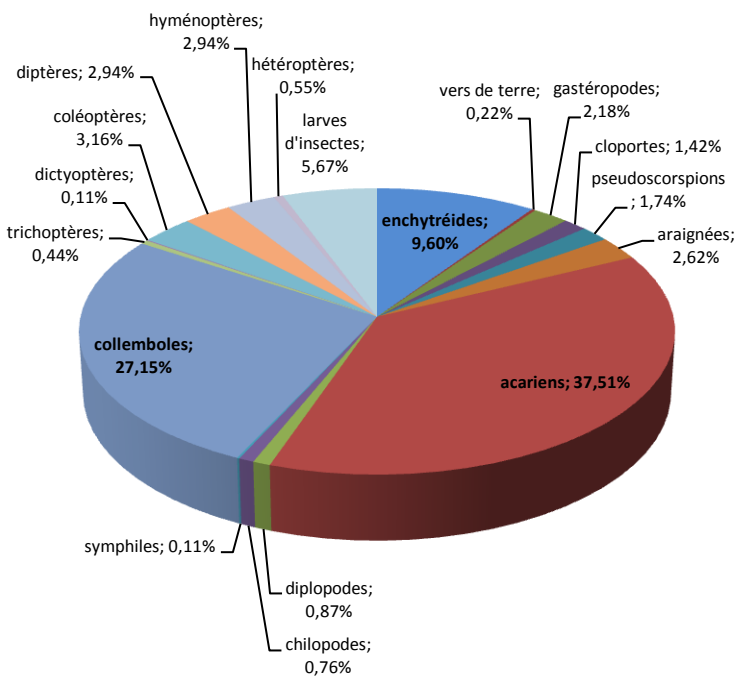
Quelque soit la parcelle considérée, les collemboles et les acariens présentent les effectifs les plus élevés. Les collemboles représentent environ la moitié des effectifs de faune du sol dans la parcelle climacique, ils semblent être les plus affectés par la dégradation du milieu. Tandis que les proportions d'acariens sont relativement plus élevées sur les parcelles perturbées. Les hyménoptères avec les symphiles présentent des proportions remarquables dans le site récemment incendié (t+2ans) et les larves d'insectes demeurent plus élevées dans le maquis. (Fig. 20)



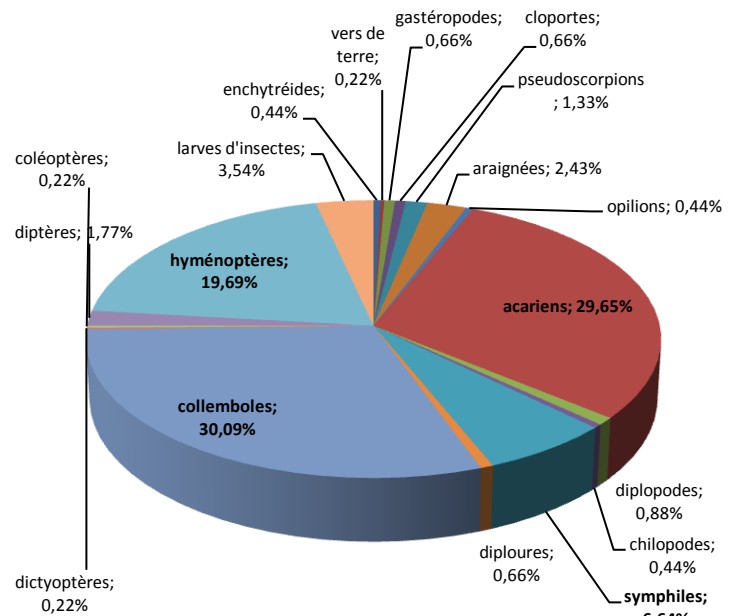
Subéraie climacique



Maquis



Subéraie incendiée (t+10ans)



Subéraie incendiée (t+2ans)

Figure 20. Présentation graphique de la Composition globale de la faune dans les quatre sites d'étude (n=10).

III.3.2. Structure de la faune

Concernant la structure de la faune dans les quatre sites (Fig. 21), l'effet de la dégradation du milieu sur la faune édaphique a été testé à l'aide de comparaisons de moyennes deux à deux en utilisant le test des hautes différences de Tukey (HSD).

Les résultats montrent qu'il y a une différence significative au niveau de la richesse spécifique moyenne entre les sites. La structure de chaque site a donc une influence sur la richesse spécifique de la faune.

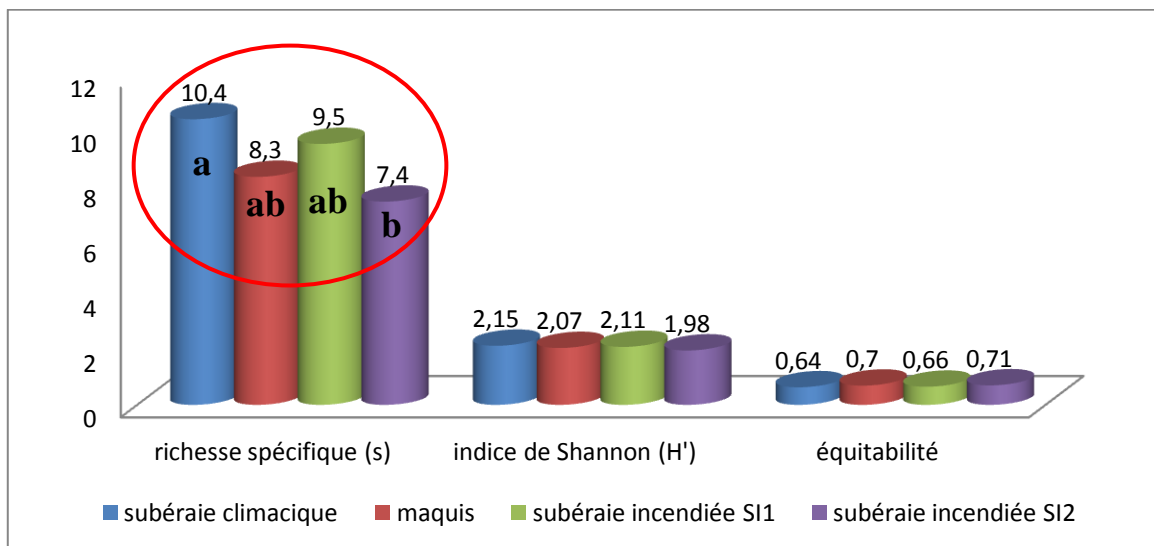


Figure 21. Caractéristiques structurelles moyennes de la faune dans les quatre sites d'étude. Les lettres indiquent les différences significatives (Tukey HSD test).

CHAPITRE IV :

Discussion

Chapitre IV. Discussion

L'étude de la pédofaune dans les différents stades de la subéraie originelle (une subéraie climacique, un maquis, une subéraie incendiée dix ans avant les prélèvements et une subéraie incendiée deux années avant les prélèvements) a permis d'identifier 24 groupes d'organismes; répartis en 4 classes, 17 ordres et 2 familles.

Nous notons une nette dominance des deux ordres : Acariens et Collembolés dans toutes les parcelles étudiées, qui est en accord avec les résultats trouvés dans les écosystèmes de type méditerranéen (LEGAKIS, 1994). La subéraie climacique est caractérisée par la dominance des Collembolés (54,97%), des Acariens (23,87%), des Larves d'insectes (3,99%) et des Diplopodes (3,84%). Le maquis est caractérisé par la dominance des Collembolés (38,74%), des Acariens (32,17%) et des Larves d'insectes (12,55%). Tandis que la subéraie incendiée (t+10ans) est dominée par des Acariens (37,51%), des Collembolés (27,15%) et des Enchytréides (de 9,60%). Et enfin, la subéraie incendiée (t+2ans) est caractérisée par la dominance des Collembolés (30,09%), des Acariens (29,65%), des Hyménoptères (19,69%) et des Symphiles (6,64%).

Il a été montré que le type d'humus, c'est-à-dire la façon dont la matière organique se dispose le long d'un profil de sol (BRÊTHES & *al.*, 1995), variait en fonction de la diversité des groupes animaux dans le sol (PONGE, 2012). Déterminer le type d'humus revient donc à apprécier la biodiversité fonctionnelle du sol et l'efficacité avec laquelle le sol est capable de recycler la matière organique, élément indispensable de la croissance des arbres (DELECOUR, 1978).

Les résultats obtenus confirment ceux décrits dans la bibliographie ; BETSCH en (2001) signale que la pédofaune est dominée respectivement par des Acariens, des Collembolés, des Larves d'insectes, des Myriapodes, des Annélides et Isopodes sur un sol qui a tendance à la podzolisation (pH 4 – 5) avec un humus moder et un rapport C/N de 15 à 20.

Ainsi STENGEL & *al.* (1998) notent que la faune du sol préside à la morphologie des humus, en milieu plus acide les Vers sont absents mais relayés par des Enchytréides et des Insectes, la division plus lente des litières permet la formation de plusieurs couches caractéristiques des moder. Une couche L constituée de plusieurs couches annuelles de feuilles reconnaissables. En dessous, des pelotes fécales s'accumulent dans la couche de débris plus décomposés dite F. Les matières humifiées colloïdales n'ont pas été incorporées dans le sol et forment la couche H, posée au dessus des minéraux du sol.

Les vers de terre, ont de très faibles densités dans tous les sites, l'acidité du sol apparaît responsable de leur disparition (ESHER & *al.*, 1993). Cela confirme les résultats de la littérature, selon lesquels les vers de terre sont généralement absents des sols très acides (pH < 3.5) et sont peu nombreux dans les sols à pH < 4.5 (CURRY, 1998). Il existe un pH optimal pour chaque espèce (EDWARDS & BOHLEN, 1996).

Les Hyménoptères qui sont principalement des formicidae et les Symphiles ont des densités élevées dans la subéraie incendiée (t+2ans), car étant plus édaphiques (leur position au sol profond leur a permis d'échapper au feu) conformément à (ATHIAS & *al.*, 1975 ; LEVIEUX, 1973).

IV.1. Comparaison entre la subéraie (t+10ans) et le maquis

Les résultats font apparaître que la faune du sol au maquis demeure riche et de type forestier. Ces résultats apparaissent en accord avec les résultats trouvés par (PRODON, 1995) sur la microfaune.

Globalement les peuplements de la faune édaphique entre un milieu « fermé » subéraie incendiée (t+10ans) et un milieu « ouvert » maquis se rapprochent. Les différences ont été observées seulement au niveau : des Enchytréides, des Trichoptères et des Hétéroptères qui sont plus abondants dans la subéraie (t+10ans) et des Symphiles qui sont nombreux dans le maquis. Il semblerait que le développement de la végétation dans la subéraie (t+10ans) par rapport au maquis ait causé un changement de la pédofaune. En effet, le maquis ne présente pas une épaisse couche de litière.

La proportion des Enchytréides dans le sol pourrait être indicatrice du degré de perturbation de la litière selon (SODDY & *al.*, 1984), et la forte quantité de litière dans la subéraie peut être un lieu de ponte propice pour les Trichoptères et les Hétéroptères. La proportion des Symphiles dans le maquis est due au nombre des fourmis, selon (KÖNIG, 2007) les Symphiles vivent volontiers dans les sociétés de fourmis car ils sont léchés et nourris par les ouvrières.

La richesse spécifique est significativement supérieure dans la subéraie (t+10ans) comparée à celle du maquis. Ce phénomène qu'on relie à la dégradation du milieu, atteint des proportions importantes lorsque la dégradation est sévère.

L'étude de la faune du sol ne doit pas s'appuyer uniquement sur la composition entre le milieu fermé et le milieu ouvert. La prise en compte de leur distribution verticale revêt un intérêt majeur car elle permet d'avoir une vision plus approfondie. Au niveau de la litière, la majorité des taxons ont des densités significativement remarquables dans la litière de la

subéraie (t+10ans) particulièrement chez les (Cloportes, Pseudoscorpions, Araignées, Collemboles, Coléoptères et Hétéroptères). La chute des effectifs dans le maquis traduit la faiblesse de la stratification véritable du sol dans ce milieu dégradé.

Dans l'horizon F, la densité de la faune ne diffère pas de celle du maquis sauf chez quelques taxons (Chilopodes et Enchytréides) qui sont significativement plus nombreux dans la subéraie (t+10ans) et d'autres (Hyménoptères et Symphiles) dans le maquis. Dans l'horizon H, les différences remarquées entre les deux sites sont exclusivement visibles chez les Enchytréides qui sont remarquables dans la subéraie (t+10ans) et les Diptères dans le maquis. Ces différences correspondent à des caractéristiques différentes de leur régime alimentaire.

IV.2. Variabilité saisonnière

Dans la région méditerranéenne, selon DI CASTRI & VITALI-DI CASTRI (1981) la matière organique est responsable de la variation spatiale de la structure de la communauté à un moment donné, tandis que les variations saisonnières de température et de disponibilité de l'eau sont responsables des changements temporels de population.

Il y a un certain mouvement vertical de la faune entre la litière et le sol, lié aux conditions climatiques et microclimatiques. Nos résultats montrent qu'il y a une différence entre les deux sites la subéraie (t+10ans) et le maquis, en ce qui concerne le pic d'abondance des individus. Un maximum d'individus est collecté en hiver dans la subéraie et au printemps et automne dans le maquis. Selon LEGAKIS (1994) pour plusieurs raisons il n'y a pas de modèle commun de variation temporelle de la structure de la communauté dans les écosystèmes de type Méditerranéen. Il existe deux pics, l'un au printemps et l'autre en automne ; avec un maximum dans certaines régions, au printemps et à d'autres dans l'automne. Dans d'autres régions, un seul pic est observé et ce qui peut être soit en hiver soit en été.

Les variations saisonnières ont apporté l'ensemble des informations suivantes : Les densités maximales de la faune édaphique enregistrées, sont dues aux précipitations et température favorables. Certains représentants sont sensibles à la température élevée (Enchytréides, Vers de terre, Cloportes et Collemboles). D'autres représentants sont plutôt abondants en hiver (Chilopodes et Dictyoptères) ou en été (Coléoptères). Chaque espèce possède une température préférentielle pour son activité et les variations de celle-ci déterminent une migration verticale de la faune (BACHELIER, 1963).

Les résultats en général confirment les théories développées par les auteurs antérieurs, les populations d'Enchytréides (ARGYROPOULOU & *al.*, 1993 ; BACHELIER, 1978) et de Collemboles (WIWATWITAYA & TAKEDA, 2005) augmentent dans des conditions humides et diminuent dans les périodes de sécheresse, de même que les Isopodes et les Vers

de terre (VAN RHEE & NATHANS, 1973 ; PHILIPSON & *al.*,1976 ; LAVELLE & *al.*, 1995) sont très sensibles à la dessiccation.

La saisonnalité climatique méditerranéenne peut se refléter non seulement sur la densité des microarthropodes mais également sur la composition de la communauté (DI CASTRI & VITALI-DI CASTRI, 1981; POINSOT-BALAGUER, 1988).

IV.3. Facteurs de répartition des populations

La densité de la faune de la litière reste modérée dans la subéraie incendiée (t+10ans) et dans la subéraie climacique et faible dans la subéraie incendiée (t+2ans) et le maquis. C'est dans l'horizon F que la faune est la plus concentrée, proche de la matière organique et protégée par la litière. La chute très importante des peuplements que l'on observe dans l'horizon H traduit l'appauvrissement du sol en matière organique et indique cependant que cette dernière s'est transformée.

Afin de compléter les résultats acquis de l'étude, une analyse des correspondances principales a été effectuée qui va nous permettre de mettre en évidence des corrélations statistiques entre les patrons des densités des taxons faunistiques et les patrons de variations des variables environnementales mesurées dans les deux sites subéraie incendiée (t+10ans) et maquis, afin d'extraire les principaux facteurs responsables de la distribution verticale des taxons.

L'ACP montre clairement une forte corrélation entre la quantité de litière et l'abondance de la faune de la litière de la subéraie (t+10ans), la densité des Cloportes, Acariens, Collembolés, Araignées et Pseudoscorpions. Celle-ci a tendance à être maximale pour une épaisse litière. La quantité de la litière joue donc un rôle important, en tant qu'abri et source alimentaire pour la faune. Chez les détritivores, un compromis peut exister entre la quantité de ressource trophique et le choix d'un habitat fonctionnel (protection contre la sécheresse, la chaleur, la lumière).

Il existe aussi une forte relation entre la température et la densité de la faune, les températures élevées ont influencé négativement les taxons dans tous les horizons. Se sont surtout les Chilopodes, Cloportes, Collembolés et Enchytréides les plus influencés. Les fortes températures agissent surtout en desséchant le milieu, ce qui est fatal pour de nombreux animaux aux téguments fragiles ou à la respiration cutanée.

Les valeurs d'humidité de l'air agissent généralement d'une manière inverse sur les taxons avec la température et de la même manière avec l'humidité du sol. La majorité des taxons sont influencés par l'humidité du sol au niveau de l'horizon H, qu'ils creusent vers l'humus au

cours des périodes sèches. Les principaux taxons hydrophiles sont les Collemboles, Enchytréides et Chilopodes.

La répartition verticale des groupes d'organismes vivant dans le sol peut être considérée comme le reflet de la répartition des conditions optimales de survie, chaque individu se trouvant, à un moment donné, placé au niveau où il trouve la possibilité de se nourrir, se reproduire, se mouvoir si besoin est, être à l'abri des prédateurs, etc..., dans la limite de ses exigences écophysologiques (ARPIN & *al.*, 1986). Cette distribution dépend ainsi de la nature physicochimique du sol, de la variation saisonnière des facteurs climatiques du milieu, du rythme saisonnier ainsi que le régime alimentaire de la population animale considérée (BACHELIER, 1978 ; GOBAT & *al.*, 2003). Ainsi selon (HEDDE, 2006 ; KELT & *al.*, 1995) à un instant t, la présence de la faune du sol en sol naturel est dépendante des contraintes externes ou filtres environnementaux (biogéographie, dispersion, habitat) ainsi que des interactions biotiques.

IV.4. Comparaison intersites

La comparaison de la pédofaune entre les différents habitats étudiés (une subéraie climacique, un maquis, une subéraie incendiée il y a dix ans et une subéraie incendiée il y a deux années) montre que la composition est sensiblement équivalente. Ceci est imputable à la soumission des différents sites d'étude aux mêmes conditions écologiques et climatiques, ces forêts évoluent sur le même type de sol podzolique insaturé sur argile et grès de Numidie.

Tandis que les densités des communautés édaphiques diffèrent d'un site à l'autre. Les densités ont cependant tendance à être plus élevées sur la parcelle climacique [332 ind/m²], suivie de la subéraie incendiée (t+10ans) [229 ind/m²] et par le maquis [205 ind/m²]. Les densités les plus faibles ont été observées sur la parcelle incendiée (t+2ans) [113 ind/m²].

En ce qui concerne la richesse spécifique moyenne nous observons le même phénomène, elle diminue en fonction du degré de dégradation de la formation forestière.

De même les données montrent clairement que le volume de litière varie entre les sites de manière organisée en fonction du degré de dégradation de la formation forestière. L'épaisseur moyenne de la litière est de 3,5 cm dans la subéraie climacique, 0,8 cm dans le maquis, 2,45 cm dans la subéraie (t+10ans) et 0,8 cm dans la subéraie (t+2ans). Ce qui explique que la densité de faune et la richesse spécifique moyenne sont liées à la variabilité de la quantité de litière, du fait de son rôle trophique ainsi que de source d'habitat. Mais plusieurs études précédentes suggèrent que la qualité, c'est à dire les propriétés chimiques, de la litière, ou du sol, sont plus importantes que sa quantité, pour la macrofaune du sol (GONZALEZ & ZOU, 1999 ; PHILLIPSON & *al.*, 1976).

L'abondance des Diplopodes, des Chilopodes et des Collemboles dans le site témoin est significativement plus élevée que celle rencontrée en milieux dégradés. La présence des Diplopodes en grands nombres on relie à l'absence des Vers de terre. Les Diplopodes en plus de leur rôle dans la fragmentation de la litière (BONKOWSKI & *al.*, 1998), ils mélangent les débris végétaux avec le sol au cours de leur nutrition.

En ce qui concerne les Chilopodes, leur présence autant que prédateurs est liée à la complexité du milieu, comme tous les prédateurs ils contribuent à l'équilibre démographique des populations de proies (GOBAT & *al.*, 2010).

En revanche, la présence des Collemboles en grand nombre (54.97%) par rapport aux acariens (23.87%) dans la subéraie climacique est contradictoire par effort aux résultats trouvés dans la littérature, dont MALDAGUE (1961) qui signale qu'en s'éloignant du climax, et donc en passant de la grande forêt à des forêts dégradées le pourcentage des Acariens s'abaisse, alors que celui des Collemboles augmente, d'où une diminution régulière du rapport Acariens/Collemboles, au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la végétation climacique vers des équilibres végétaux plus simples. Ce phénomène est relié à la nourriture. Les acariens ingèrent moins de litière que les Collemboles, ils se nourrissent des cellules des feuilles par contre les Collemboles sont des phytophages ou saprophages qui consomment le bois mort et divers débris végétaux (EL ALAMI IDRISSE, 2013).

Cette différenciation entre les sites peut être liée, d'une part, à la destruction de la litière et de la couverture végétale par le feu (SGARDELIS & *al.*, 1995), la litière est développée dans le site témoin, moins développée dans le site incendié (t+10ans) et faible dans le site dégradé maquis et site incendié (t+2ans). Cette diminution de la ressource est en partie liée à la disparition d'un couvert herbacé permanent qui ne permet plus la restitution régulière de matière organique morte à la surface du sol.

La répartition des ressources trophiques revêt une importance considérable pour les microarthropodes saprophages, étant donné le rôle primordial de l'alimentation dans la survie de ces groupes, qui consomment une quantité très importante de matière organique, variant de 10% à 20% de leur propre poids par jour (HEALEY, 1967 ; KILBERTUS & VANNIER, 1978 et 1979; THOMAS, 1979) et la reprise de la faune édaphique après un incendie dépend sur la reprise de la végétation et de la couche de litière (SGARDELIS & *al.*, 1995 ; KRASNOHSHEKOVA & *al.*, 2008 ; PRODON & *al.*, 1989). D'autre part, à la modification du milieu. Lors des expériences de manipulation de litière dans des écosystèmes forestiers (DAVID & *al.*, 1991 ; JUDAS, 1990 ; PONGE & *al.*, 1993) les réponses des communautés de détritivores ne sont pas forcément attribuables à la manipulation de la ressource elle-même,

mais plutôt aux modifications de l'habitat consécutives à la perturbation (SCHEU & *al.*, 1998).

La répartition verticale de la faune dans les sites d'étude, met en évidence que le changement des habitats a causé des modifications dans la dynamique des populations de faune. Comme les Araignées et les Pseudo-scorpions dans le maquis ont tendance à se réfugier dans le sol tandis que dans le site témoin apparaissent dans la litière et l'horizon de fermentation. Ainsi dans la subéraie incendiée (t+10ans) la majorité des taxons de la litière apparaissent dans les horizons du sol. Cela est expliqué par le fait que le site est perturbé donc la dynamique des populations de faune s'est modifiée. L'étude de la dynamique des communautés a démontré que même 10ans après le feu, le milieu ne s'est pas encore revenu à son état initial.

L'effet net du feu sur la pédofaune est accentué surtout sur la densité. Il entraîne une forte chute de la densité qui a diminué de moitié dans le site incendié il y a deux années. Les ressources alimentaires se retrouvent fortement réduites les arthropodes du sol subissent une mortalité brutale. Mais la faune a recolonisé la parcelle incendiée assez vite du point de vue spécifique. En deux ans il y a presque tous les taxons. Cependant ceux-ci ne sont représentés que par de faibles effectifs. Sauf les Hyménoptères et les Symphiles (Myriapodes) car étant plus édaphiques (leur position au sol profond leur a permis d'échapper à l'action du feu) conformément à (ATHIAS & *al.*, 1975 ; LEVIEUX, 1973).

Ces résultats sont en accord avec ceux de SGARDELIS & *al.* (1995) qui signalent que le feu ne semble pas affecter fortement la composition de la communauté de la faune du sol mais provoque une réduction de la faune saprophage. PRODON & *al.* (1989) ont montré que l'impact du feu sur la faune du sol dépend des caractéristiques biologiques des organismes, en particulier de leur position dans les chaînes trophiques, leur cycle d'activité et leur distribution verticale en profondeur. KRASNOSHCHEKOVA & *al.* (2008) notent que les conditions du milieu résultantes des feux d'intensité variables sont les principaux facteurs contrôlant la composition et la structure de la faune du sol.

Les résultats obtenus dans cette étude corroborent et complètent ceux obtenus par d'autres auteurs en ce qui concerne l'impact des perturbations sur la faune du sol et permettent de mieux comprendre la dynamique propre aux arthropodes édaphiques.

Conclusion

Conclusion

Au cours de cette étude, nous avons étudié la faune édaphique présente au sein des subéraies sur le site de la station biologique d'El Kala. Nous nous sommes concentrés sur l'étude de quatre stades de la subéraie originelle : subéraie climacique, maquis, subéraie incendiée il y a dix ans et subéraie incendiée il y a deux années. Cette étude permettra de relier la faune à son environnement.

En effet, l'état de la faune est fortement lié à l'état de dégradation de la formation forestière, la densité de la faune du sol est plus importante dans les sites non dégradés que dans les sites dégradés. La perturbation des sites limite le développement de cette faune.

L'étude de la richesse spécifique dans les parcelles révèle que le nombre des taxons est plus important dans la parcelle non dégradée.

Les différences en termes de densité et de richesse spécifique pourraient être expliquées par les changements quantitatifs de la couche de litière et/ou par la modification du milieu.

Les résultats de ce travail ont contribué à la connaissance des différents représentants de la faune du sol et nous ont permis de recenser 23 taxons, répartis en 4 classes, 17 ordres et 2 familles.

Dans tous les sites, les Acariens et les Collemboles constituent les groupes dominants et d'autres sont rares comme les Diploures.

La distribution verticale de la faune est conditionnée par des conditions climatiques (température et humidité) et microclimatiques.

La caractérisation de cette faune met en évidence la capacité de reconstitution de la faune du sol après un évènement majeur d'altération des écosystèmes forestiers (les feux de forêt). Les Symphiles et Hyménoptères semblent être les taxons les plus résistants au feu.

La faune édaphique prise dans son ensemble répond de façon très fine à l'état de l'environnement. La perte de son habitat et sa nourriture influence cette faune, se sont les habitants de la litière qui montrent une faible résistance aux incendies et la dynamique de leur recolonisation dépend du niveau de dégradation de la végétation par le feu. Ainsi, l'impact du feu sur la faune du sol dépend des caractéristiques biologiques des organismes, en particulier de leur position dans les chaînes trophiques et leur distribution verticale en profondeur.

Comme perspective de ce travail, il serait intéressant d'aboutir jusqu'à l'identification des espèces de chaque taxon.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

Abrahamsen G., 1971. The influence of temperature and soil moisture on the population density of *Cognettia sphagnetorum* (Oligochaeta : Enchytraeidae) in cultures with homogenized raw humus. *Pedo biologia*, 1 1, 5, 4 17-424.

Aerts R., 1997. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition In terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos* 79, 439-449.

Ait Mouloud S., 2011. Biodiversité et distribution des collemboles dans l'écotone eau-sol forestier dans la mare d'Aghrib et dans la tourbière d'El Kala. Thèse de Magister en Sciences Biologiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Amandier L., 2002. La suberaie: biodiversité et paysage. Centre Régional de la Propriété Forestière.

Anderson, J.M., 1988. Spatio-temporal effects of invertebrates on soil processes. *Biol. Fertil. Soils* 6:216-227.

Anonyme 1. Chapitre 3. La fraction biologique du sol.

Anonyme 2. <http://agrotizi.xooit.fr/t478-Le-parc-national-d-El-Kala-Geographie-geologie-hydrologie-et-climat.htm>.

Argyropoulou M.D., Asikidis M.D., Iatrou G.D. and Stamou G.P., 1993. Colonization patterns of decomposing litter in a maquis ecosystem. *European Journal of Soil Biology* 29(2): 183-191.

Arpin P., Kilbertus G., Ponge J.-F. & Vannier G., 1980. Importance de la microflore et de la microfaune en milieu forestier. *Actualités d'écologie forestière : sol, flore, faune.* 87-150.

Atlas des zones humides Algériennes d'importance internationale, 2004. Direction Générale des Forêts Chemin Doudou Mokhtar - Ben Aknoun – Alger.

Atlas des parcs nationaux algériens, 2006. Publié par le parc national de Théniet El Had avec l'autorisation de la Direction Générale des Forêts.

Athias Fr., Josens G. & Lavelle P., 1975. Influence du feu de brousse annuel sur le peuplement endogé de la savane de Lamto (Côte d'Ivoire). In « *Progress in Soil Zoology* ». Proc. 5th Int. Coll. Soil Zool. (Prague), Jan Vanek éd., Dr W.lung (La Hague) et Academia (Prague), 389-397.

B

Bachelier G., 1963. La vie animale dans les sols. Init. Doc. tech. no° 3, O.R.S.T.O.M, Paris, 279 pages.

- Bachelier G., 1978.** «La faune des sols, son écologie et son action». Initiation-Documentations Techniques n° 38. O.R.S.T.O.M. Paris, 391 p.
- Barrios E., 2007.** Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics* 64 (64): 269-295.
- Bekdouche F., 2010.** Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (Nord Algérien). Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- Ben Jamaa M. & Abdelmoulak., 2004.** Les feux de forêts dans la subéraie tunisienne. Vivexpo 2004 : le chêne liège face au feu, 11p.
- Benyacoub S., Louanchi M., Baba Ahmed R. & al., 1998.** Plan directeur de gestion du Parc National d'El Kala et du complexe des zones humides. Projet GEF (Global Environment Facility)- Banque Mondiale. 220 p. + 28 cartes.
- Betsch J.M., 2001.** Biodiversité dans les sols forestiers : quelle importance pour le fonctionnement et les usages de la forêt ? *Bois et Forêts des Tropiques*, N° 268 (2).
- Blanchart E. & Brauman A., 2010.** Les ingénieurs du sol : diversité et fonctions. Extrait du dossier thématique d'Agropolis International « Biodiversité. Des sciences pour les humains et la nature ».
- Blandin P., 1986.** Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. *Bulletin d'Ecologie*, 17, p 215-307.
- Blondel J., 1979.** Biogéographie écologie, Masson, Paris, 173 p.
- Blower J. G., 1955.** Millipedes and centipedes as soil animals. *Soil Zoology*. Butt. Sci. Publ., Lond., p. 138-151.
- Bonkowski M., Scheu S., Schaefer M., 1998.** Effects of endogeic earthworms (*Octolasion lacteum*), diplopods (*Glomeris marginata*) and plants (*Hordelymus europaeus*) on the decomposition of litter in a beechwood on a basalt hill. *Appl Soil Ecol* 9:161-166.
- Bornebush C.H., 1950.** Soil fauna and its importance in soil type formation. *Trans. 4th. Int. Congr. Soil Sci* (Amsterdam), 1, 173-184.
- Bouché M.B., 1975.** «Action de la faune sur les états de la matière organique dans les écosystèmes». In : Biodégradation et humification, Rapport du premier colloque international, Nancy 1974, Édition Pierron, pp. 157-167.
- Bouché M.B., 1977.** Stratégies lombriciennes. In : Soil organisms as components of ecosystems. *Ecological Bulletin* (Stockholm). 25 : 122-132.
- Boudy P., 1950.** Monographie et traitement du chêne liège. Pp. 29-251, In: Economie forestière nord-africaine. Vol. II, Lorose, Paris.

Brêthes A., Brun J.J., Jabiol B., Ponge J.F. & Toutain F., 1995. Classification of forest humus forms: a French proposal. *Annales des Sciences Forestières*, 52, 535-546.

Brinquin A. S., Crosnier A., Desmoulins F., Gailhardis P. & Langlest R., 2006. Caractérisation des principaux types d'humus sur le site de Paimpont. Master EBE 1^{ère} année Université Pierre et Marie Curie.

Brussaard L. & Hijdra R.D.W. 1986. Some effects of scarab beetles in sandy soils of The Netherlands. *Geoderma*, 37: 325-350.

Butcher, J.W., Snider, R., Snider, R.J., 1971. Bioecology of edaphic Collembola and Acarinas. *Ann. Rev. Entomol.* 16:249-88.

C

Canard A., 1981. Utilisation comparée de quelques méthodes d'échantillonnage pour l'étude de la distribution des araignées en landes. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., ser. B*, 88, suppl. 85p.

Certini G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143: 1-10.

Cherix D., 1986. *Les fourmis des bois ou fourmis rousse*. Série « Comment vivent – ils ? » Atlas visuel Payot Lausanne, Suisse, Vol. 15, 92p.

Coiffait H., 1960. Les coleoptères du sol. *Bulletin du Laboratoire Arago*. 1260,204 P.

Coineau Y., 1974. Introduction à l'étude des microarthropodes du sol et de ses annexes. Clé d'orientation. P 94-95-96.

Coleman S.W., Evans B.C. & Horn G.W., 1984. Some factors influencing estimates of digesta turnover rates using markers. *Journal of Animal Science* 58: 979.

Cortet J., Gomot-De Vaufleury A., Poinso-Balaguer N., Gomot L., Texier Ch. & Cluzeau D., 1999. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. *Eur. J. Soil Biol.*, 35 (3), 115-134.

Cortez J., 1998. Field decomposition of leaf litters: relationships between decomposition rates and soil moisture, soil temperature and earthworm activity. *Soil Biology & Biochemistry*, 30, p 783-793.

Coûteau M.M., Bottner P., Berg B., 1995. Litter decomposition, climate and litter quality. *Tree*, 10, p 63-66.

Curry J. P., 1998. Factors affecting earthworm abundance in soils. *In*: Edwards, C. A. (eds), *Earthworm Ecology*. Boca Raton, St. Lucie Press, pp. 389.

D

- Danks H.V., 1979.** Characteristic modes of adaptation in the Canadian insect fauna. pp. 548-566 dans Danks, H.V. (ed.), Canada and its insect fauna. Memoirs of the entomological Society of Canada, no 108. 573 pp.
- Danks H.V. & Footitt R.G., 1989.** Insects of the boreal zone of Canada. The Canadian Entomologist, 121: 625-690.
- Darwin Ch., 1881.** The formation of vegetable mould through the action of worms with some observations on their habits. John Murray ed., London, 298 p.
- David W.I.F., Ibberson R.M., Malthewman J.C., Prassides K., Dennis T.S.J., Hare J.P., Kroto H.W., Taylor R. & Walton D.M.R., 1991.** Nature, 353, 147.
- De Belair G., 1990.** Structure, fonctionnement et perspective de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux (El Kala, Est algérien). Thèse Doctorat : Université Montpellier 2. 193 p.
- Decaëns T., Galvis J.H. & Amezquita E., 2001.** Propriétés des structures produites par les ingénieurs écologiques à la surface du sol d'une savane colombienne. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris. Série III* 324, 465-477.
- Delabraze P. & Valette J.C., 1974.** Inflammabilité et combustibilité de la végétation forestière méditerranéenne. Rev. Frest. Franç., N° Spécial : Les incendies des forêts : 171-177.
- Delecour F., 1978.** Facteurs édaphiques et productivité forestière. *Pédologie*, 28, 271-284.
- Deleporte S., 1987.** Rôle du diptère *Sciaridae bradisia* (Winn. Frey) dans la dégradation d'une litière de feuillus. *Rev. Ecol. Biol Sol*, 24: 341-348.
- Deprince A., 2003.** La faune du sol: diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives. *Le courrier de l'Environnement de l'INRA*, 49 : 19- 42.
- Di Castri F & Vitali-Di Castri V., 1981.** Soil fauna of a mediterranean-climate regions. In : Di Castri F., Goodall D W & Specht R L eds., Mediterranean-type shrublands. Elsevier, Amsterdam, pp. 445-478.
- Diden W.A.M., 1993.** Ecology of terrestrial Enchytraeidae. *Pedobiologia* 37, 2-29.
- Dindal D. L., 1990.** Soil biology guide. Wiley and sons Inc., New-York, 1349 pp.
- Doblas-Miranda E., Sánchez-Piñero F. & González-Megías A., 2009.** Vertical distribution of soil macrofauna in an arid ecosystem: Are litter and belowground compartmentalized habitats?. *Pedobiologia* 52, 361-373.
- Duchaufour P., 1977.** *Pédologie*, tome 1: *Pédogénèse et classification*. Masson, Paris, 477 pp.

Duchaufour P., 1980. Écologie de l'humification et pédogénèse des sols forestiers. *In: «Actualités d'écologie forestière»*. P. PESSON Ed., Gauthier-Villars, Paris: 177–203.

Duchaufour P., 1991. *Pédologie : sol, végétation, environnement*. Troisième édition. Masson, Paris, 189 p.

Duguy B. & Vallejo V. R., 2008. Land-use and fire history effect on post-fire vegetation dynamics in eastern Spain. *J. Veg. Sci.*, 19: 97 -108.

E

Echaubard M., 1995. Les animaux comme indicateurs biologiques de pollution. Colloque International: les marqueurs biologiques de pollution. Colloque Chinon, France. éd. 335-358.

Edwards C. A. & Bohlen P. J., 1996. *Biology and Ecology of Earthworms* 3rd ed. Chapman and Hall, London, 426 pp.

Ekschmitt K. & Griffiths B.S. 1998. Soil biodiversity and its implications for ecosystem functioning in a heterogeneous and variable environment. *Applied Soil Ecology*, 10: 201-215.

El Alami Idrissi N., 2013. La faune de la litière de la subéraie de la Mamora. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*

Ertlen D., 2009. Archivage pédologique et dynamiques environnementales. Thèse de doctorat en Géographie. Faculté de Géographie et d'Aménagement, Université de Strasbourg.

Eschenbrenner V., 1986. Contribution des termites à la macro - agrégation des sols tropicaux. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 22: 397-408.

Esher R.J., Ursic S.J., Baker R.L. and Miller L.C., 1993. Responses of invertebrates to artificial acidification of the forest floor under southern pine. *In: Proceedings of VIII Woodcock Symposium, Lafayette, IN.*

F

Fekkoun S., Ghezali D. & Doumandji S., 2011. Variations Saisonnières des Peuplements Invertébrés du Sol en Milieu Cultivé dans la Plaine de la Mitidja. *Lebanese Science Journal, Vol. 12, No. 1.*

Flaig W., 1970. «Contribution à la connaissance de la constitution et de la synthèse des acides humiques». *Science du Sol* 2: 39-78.

Frontier S., 1983. « Stratégies d'échantillonnage en écologie ». Collection d'écologie, 17, Masson, Paris : 494pp.

Frontier S. & Pichod-Viale D., 1998. *Ecosystèmes: structure, fonctionnement, évolution*. Dunod, Paris:447p.

G

- Gallardo A. & Merino J., 1993.** Leaf decomposition in two Mediterranean ecosystems of southwest Spain: influence of substrate quality. *Ecology*, 74, p 152-161.
- Gers C., 1998.** Diversity of energy fluxes and interactions between arthropod communities: from Soil to Cave. *Acta Oecologia* 19(3) 205-213.
- Gherib A. & Mechaka N., 2012.** Contribution à l'étude des effets des incendies sur la pédofaune des subéraies de plaine dans le PNEK. Thèse de Master en Ecologie. Centre universitaire d'El Tarf.
- Ghilgarov M.S., 1971.** «Invertebrates wich destroy the forest litter and ways to increase their activity». *In* : Productivité des écosystèmes forestiers, Actes Coll. Bruxelles 1969. UNESCO 1971. (Écologie et Conservation 4) pp. 433-441.
- Gilyarov M.S., 1957.** *Pochvovedenie*, n° 6, 74-80.
- Gobat J.M., Aragno M. & Matthey W., 1998.** Le sol vivant, base de pédologie, biologie des sols. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 519 p.
- Gobat J.M., Aragno M., & Matthey W., 2003.** Le sol vivant : Bases de pédologie, Biologie des sols. Presses polytechniques et universitaires romandes (ED), 528 p.
- Gobat J.M., Aragno M. & Matthey W., 2010.** Le sol vivant : bases de pédologie, biologie des sols. (3^{ème} édition) Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- Gonzalez G. & Zou X., 1999.** Plant and Litter Influences on Earthworm Abundance and Community Structure in a Tropical Wet Forest. *Biotropica* 31:486-493.
- Grimes S., 2005.** Plan de gestion de l'aire marine du Parc National d'El Kala (Wilaya d'El Tarf). *Direction Générale des Forêts*.
- Grousset G., 2010.** Détermination des animaux du sol les plus courants (régions tempérées).

H

- Haider K., (1992).** «Problems related to the humification processes in soils of temperate climates». *In* : G. Stotzky & J.M. Bollag (éds.), *Soil Biochemistry* vol. 7. Marcel Dekker, New York, pp. 55-94.
- Hanlon R.D.G., 1981.** Influence of grazing by collembola on the activity of senescent fungal colonies grown on media of different nutrient concentrations. *Oikos* 36:362-367.
- Healey I.N., 1967.** The energy flow through a population of soil Collembola. *In: Secondary productivity of terrestrial ecosystems (principles and methods), vol. II, Proceedings of Working Meeting held in Jablonna, 31/VIII-6/IX 1966*, Ed. K. PETRUSEWICZ. Polish Academy of Sciences, Warsawa, 695-708.

Hedde M., 2006. Etude de la relation entre la diversité des macro-invertébrés et la dynamique de la matière organique des sols limoneux de Haute-Normandie. Thèse de doctorat en Ecologie. Université de Rouen.

Hole F.D., 1981. «Effects of animals on soil.» *Geoderma* 25: 75-112.

Holec M. & Frouz J., 2006. The effect of two ant species *Lasius niger* and *Lasius flavus* on soil

Hopkin S.P., 1997. Biology of the springtails (Insecta: collembola). Oxford University Press, Inc., New York, pp. 330.

I

Ionesco T. & Sauvage Ch., 1962. Les types de végétation du Maroc : essai de nomenclature et de définition. *Rev. Géogr. Maroc* 1-2 : 75-86.

J

Joleaud L., 1936. Etude géologique de la région de Bône et de la Calle. *Bulletin de Service de Carte Géologique de l'Algérie*, II-12, 199. (Cité dans http://www.ornithomedia.com/magazine/mag_art140_2.htm).

Jones C.G., Lawton J.H. & Shachak M., 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69, 373-386.

Jouquet P., Dauber J., Lagerlöf J., Lavelle P. & Lepage M., 2006. « Soil invertebrates as ecosystem engineers : Intended and accidental effects on soil and feedback loops.» *Applied Soil Ecology* 32 : 153-164.

Judas M., 1990. The development of earthworm populations following manipulation of the canopy leaf litter in a beechwood on limestone, *Pedobiologia* 34 247–255.

K

Karas F., 2009. Invertébrés continentaux des pays de la Loire. Gretia-2009. (Source : http://www.gretia.org/dossiers_liens/nosact/inv_pdl/pdf/Fiches_taxons/Pseudoscorpions.pdf).

Karas F., 2009. Invertébrés continentaux des pays de la Loire. Gretia-2009. (Source : http://www.gretia.org/dossiers_liens/nosact/inv_pdl/pdf/Fiches_taxons/Trichoptera.pdf).

Karg W., 1967. Synjökologische Untersuchungen von Bodenmilben aus forstwirtschaftlich und landwirtschaftlich genutzten Böden. *Pedobiologia*, 7, no 213, p. 198-214.

Kelt D.A., Taper M.L. & Meserve P.L. 1995. Assessing the impact of competition on community assembly: a case study using small mammals. *Ecology* 76, 1283-1296.

Kilbertus G. & Vannier G., 1978. Étude des relations microfaune-microflore du sol en prenant comme exemple quatre espèces d'insectes Collemboles. *103e Congrès national des sociétés savantes, Nancy, 1978, Sciences, fasc. III*, 63–75.

Kilbertus G. & Vannier G., 1979. Microbial analysis and weight estimation of feces produced by four sympatric Collembola species in forest litter. *Rev. Écol. Biol. Sol*, 16: 169–180.

König C., 2007. Dossier : Recyclage naturel : qui sont les décomposeurs ?. Source : <http://www.futura-sciences.com/magazines/nature/infos/dossiers/d/zoologie-recyclagenaturel-sont-decomposeurs-695>.

Krasnoshchekova E. & al., 2008. Fire effects on soil fauna in Siberian scots pine forests. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU-A-00257.

Kuhnelt W., 1961. *Soil Biology*. Faber & Faber éd. (Lond.), 397 p.

L

Lavelle P., 1983. - The soil fauna of tropical savannas. II. The earthworms. III: Bourlière (eds), *Tropical Savannas*. Elsevier Scientific Publishing Compagny, 485-504.

Lavelle P., 1997. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research* 27, 93-132.

Lavelle P., Chauvel A. & Fragoso C., 1995. Faunal activity in acid soils. *Plant Soil Interactions at Low pH*. 201-21 1, 1995. *Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands*.

Lavelle P. & Spain A. V., 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Scientific Publications, Amsterdam.

Lavelle P., Decaëns T., Aubert M., Barot S., Blouin M., Bureau F., Margerie P., Mora P. et J.-P. R., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*. 42 S3-S15.

Leblalta A., 2009. Les collemboles de la litière du Chêne-vert (*Quercus ilex*) dans le massif forestier de Belezma. Thèse de Magister en Agronomie. Université El Hadj Lakhdar Btana.

Lebrun PH., 1987. Quelques reflexions sur les rôles exercés par la faune édaphique. *Revue d'Écologie et de Biologie du Sol*, 24: 495-502.

Lebrun PH., 1979. Soil mite community diversity. *Recent Advance in Acarology*, 1: 603-613. 93.

Legakis A., 1994. Community structure and species richness in the Mediterranean-type soil fauna. M. Arianoutsou and R.H. Groves, *Plant-animal interactions in Mediterranean-type ecosystems*. Chapter 4 Pages 37-45. *Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands*. Page 38.

Legendre L. & Legendre P., 1979. Ecologie numérique. Le traitement multiple des données écologiques. 2^{ème} Edition Masson, Paris. 206 p.

Lembrouk L., 2012. Impact de la pollution industrielle générée par l'électro-industrie d'Azazga et l'entreprise nationale des industries électroménagères d'Oued Aissi sur la faune du sol. Thèse de magister en Sciences biologiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou.

Levieux J., 1973. Etude du peuplement en fourmis terricoles d'une savane préforestière de Côte d'Ivoire. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 10, 3, 379-428.

Lopez F. & Rognon P., 1996. Erosion, désertification et aménagement et aménagement du territoire dans les milieux semi-aride de la méditerranées, univ Murcie (Espagne). p 213- 232.

Lozet J., Mathieu C., 2002. Dictionnaire des sciences du sol, Tec. & Doc. Lavoisier édition, Paris, pp. 575.

M

Macfadyen A., 1964. Relations between mites and microorganisms and their significance in soil biology. *Acarologia*, 6: 147-149.

Maldague M.E., 1961. Relations entre le couvert végétal et la microfaune. Leur importance dans la conservation biologique des sols tropicaux. *Aibl. Inst. Nat. Agr. Congo, sér. Sci.*, 90, 122 p.

Mangenot, F., 1975. *Propos préliminaires sur l'humification*. In : G. Kilbertus, O. Reisinger, A. Mourey et J.A. Cancela da Fonsca éd., Biodégradation et humification. Rapport du 1er Colloque International, Nancy 1974, Édition Pierron, pp. 1-14.

Mangenot F., 1980. «Les litières forestières, signification écologique et pédologique». *Rev. For. Fr.* 4: 339-355.

Markert B., Oehlmann J. & Roth, M., 1997. General aspects of heavy metal monitoring by plants and animals. *Environmental Biomonitoring*, 654: 19-29.

Marre A., 1987. Etude geomorphologique du Tell oriental algerien de Collo a la frontiere tunisienne. Universite Aix –Marseille II. U.E.R de Geographie, 559 p. + cartes.

Marre A., 1992. Le Tell oriental algérien. De Collo à la frontière tunisienne. Étude géomorphologique. Alger, OPU, 2 vol., 624 p.

Marshall V.G., Kevan O. K. Me. E., Matibews Jr. J.V. & Tomlin A.D., 1982. Status and reseach needs of Canadian soil arthropods: a brief. *Bulletin of the entomological Society of Canada*, Supplement 14: 1-5.

Massoud Z., 1971. Un élément caractéristique de la pédofaune : Les Collemboles. In « *La vie dans les sols* », Gauthier Villars éd. (Paris), 335388.

Mboukou-Kimbatsa I., 1997. Les macroinvertébrés du sol dans différents systèmes d'agriculture au Congo : cas particulier de deux systèmes traditionnels (écobuage et brûlis) dans la vallée du Niari. Thèse de doctorat de l'université de Pierre et Marie Curie, spécialité écologie.

Mermut A.R., 1985. Faunal influence on soil microfabrics and other soil properties. *Quaestiones Entomologicae*, 21: 523-542.

Molinatti G., Urgelli B. & Charron C., Mise en forme: Marciniak C., Clé de détermination et classification des animaux du sol.

Moller F., 1969. Okologische Untersuchungen an terricolen Enchytraeidenpopulationem. *Pedobiologia*, 9, 1/2, 114-119.

Moulin N., 2005. Mantes et Blattes : cousines proches mais différentes. *Insectes* 24 n° 139 – 2005 (4).

N

Nielsen C.O., 1955. Studies on Enchytraeidae. V - Factors causing seasonal fluctuations in numbers. *Oikos*, 6, 153-169.

O

Ouelmouhoub S., 2005 - Gestion multiusage et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie).Thèse de Master of Science du CIHEAM IAMM n°78. 54p.

P

Parkinson D., 1982. Functional relationships between soil organisms. In: Lebrun, Ph., et al., eds., *New trends in soil biology.*, 8th Int Coll. Soil Zool p.153-165.

Pausas J. G. & Verdu M., 2005. Plant persistence traits in fire-prone ecosystems of the Mediterranean basin : a phylogenetic approach. *Oikos*, 109: 196 – 202.

Pernin C., 2003. Epannage de boues d'épuration en milieu sylvo-pastoral. Etude des effets in situ et en mésocosmes sur la mésofaune du sol et la décomposition d'une litière de chêne liège (*Quercus suber* L.). Thèse de doctorat en Sciences de l'Environnement. Université de Droit, d'Économie et des Sciences d'AIX-MARSEILLE.

Persson T., 1989. «Role of soil animals in C and N mineralization». *Plant and Soil* 115: 241-245.

Pesson P., 1971. La vie dans les sols Aspects nouveaux études expérimentales. Gauthier Villars (Ed), 471p.

- Phillipson J., Abel R., Steel J. & Woodell S.R.J., 1976.** Earthworms and factors governing their distribution in an english beechwood. *Pedobiologia* 16(4), 258-285.
- Pielou E.C., 1966.** The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology* 13(C): 131 -144.
- Poinsot-Balaguer N., 1988.** Stratégies adaptatives des arthropodes du sol en région méditerranéenne. Times Scales and Water Stress. Colloque Montpellier. 15-21 juillet 1987. IUSB, Paris éd.
- Poinsot-Balaguer N., 1990.** Des insectes résistants à la sécheresse. *Sécheresse*, **1**, p 265- 271.
- Ponge J.F., 2000.** Biodiversité et biomasse de la faune du sol sous climat tempéré. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 2000, 86, n° 8, pp. 129-135.
- Ponge J.F., 2004.** La faune du sol, ouvrière peu connue du fonctionnement des écosystèmes forestiers. *Forêt-entreprise* n ° 155 - Février 2004.
- Ponge J.F., 2012.** L'Humus Index: un outil pour le diagnostic écologique des sols forestiers. <hal-00589805v9>.
- Ponge J.F., Arpin P., & Vannier G., 1993.** Collembolan response to experimental perturbations of litter supply in a temperate forest ecosystem, *Eur. J. Soil. Biol.* 29 141–153.
- Prodon R., 1995.** Impact des incendies sur l'avifaune Gestion du paysage et conservation de la biodiversité animale. *Forêt méditerranéenne* t. XVI, n° 3, juillet 1995.
- Prodon R., Fons R. & Binche A., 1989.** Impact écologique des incendies sur la faune des suberaies. *SCIENTIA gerundensis*, 15,185-188.

R

- Radea C. & Arianoutsou M., 2002.** Environmental responses of soil arthropod communities along an altitudinal-climatic gradient of Western Crete in Greece. *Journal of Mediterranean Ecology* vol.3 , 38-48.
- Ramade F., 1972.** *Le peuple des fourmis*. Presses Universitaires, Paris, France, 122p.
- Reisinger O. & Kilbertus G., 1980.** «Mécanismes et facteurs de biodégradarion en milieu forestier». *In* : P. Pesson (éd.), *Actualités d'Écologie Forestière*, Gauthier-Villars, Paris, pp. 61-86.

S

- Sadaka N. & Ponge J. F., 2003.** Soil animal communities in holm oak forests : influence of horizon, altitude and year. *European Journal of Soil Biology* 39, 197-207.
- Scheu S., Schaefer M., 1998.** Bottom-up control of soil macrofauna community in a beechwood on limestone: manipulation of food resources, *Ecology* 79 1573–1585.

- Seastedt T.R., 1984.** «The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes». *Ann. Rev. Entomol.* 29: 25-46.
- Seigue A., 1985.** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Paris, ACCT/Maisonneuve et Larose, 502 p.
- Sgardelis S.P., Pantis J.D., Argyropoulou M.D., and Stamou G.P., 1995.** Effects of Fire on Soil Macroinvertebrates in a Mediterranean Phrygic Ecosystem. *Int. J. Wildland Fire* 5(2):113-121.
- Shakesby R. A. & Doerr S. H., 2006.** Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. *Earth Sci. Rev.*, 74: 269 - 307.
- Shannon C. E., 1948.** A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal* 27: 379–423, 623–656.
- Shannon C. E. & Weaver W., 1963.** *The Mathematical Theory of Communication.* University of Illinois Press.
- Silva J. S. & Catry F., 2006.** Forest fires in Cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. *Int. J. Environ. Studies*, 63: 235 - 257.
- Soddy J.P., Andre P. & Legriri F.H., 1984.** Influence des intensités d'éclaircies sur les populations de macroarthropodes et d'annelides dans les litières d'épicéa. *Pédobiologia* 26, 179-184.
- Stamou G. P., Stamou G. V., Papatheodorou E. M., Argyropoulou & Tzafestas S. G., 2004.** Population dynamics and life history tactics of arthropods from Mediterranean-type ecosystems. *Oikos* 104: 98-108.
- Stengel P., Gelin S. & Coord., 1998.** Sol interface fragile. Editions Quae, 1998 - 213 pages.
- Stevenson A.C., Skinner J., Hollis G.E. & Smart M., 1988.** The El Kala Park and environs, Algeria: An ecological evaluation. *Environmental Conservation*, vol 15 (4): 335-348.
- Stotzky G., 1997.** Soil as an Environment for microbial life. In: Van Elsas I. D, Trevors I. T. & Wellington E. M. H. (eds) *Modern soil microbiology*. Marcel Dekker, INC. New York. 1-20.
- Swift M.J., Heal O.W. & Anderson J.M., 1979.** The influence of resource quality on decomposition processes. In: Anderson, D.J., Greig-Smith, P. & Pitelka, F.A., eds., *Studies in Ecology* vol. 5, *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*, University of California Press, Berkeley.

T

- Thomas J.O.M., 1979.** An energy budget for a woodland population of oribatid mites. *Pedobiologia*, 19: 346–378.

Tisdall, J.M. & Oades, J.M., 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* **34**:141-163.

Toutain F., 1987. Les litières: siège de systèmes interactifs et moteur de ces interactions. *Revue d'Écologie et de Biologie du Sol*, **24**: 231-242.

Trabaud L., 1974. Experimental study of the effects of prescribed burning on a *Quercus coccifera* L. garrigue. *Proc. Annu. Tall Timbers Fire Ecol. Conf.* **13**: 79-129.

Trabaud, L., 1994. Postfire plant community dynamics in the Mediterranean basin. In : Moreno V.M. & Oechel W.C. (eds), *The rôle of the fire in mediterranean-type ecosystems*, pp. 1-15. Springer-Verlag, Berlin.

Traore M., 2012. Impact des pratiques agricoles (rotation, fertilisation et labour) sur la dynamique de la microfaune et la macrofaune du sol sous culture de sorgho et de niébé au Centre Ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat en Science du sol, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, 147p.

V

Vannier G. & Thibaud J.M., 1968. Le concept de disponibilité en eau appliqué à une population de Collemboles Hypogastruridae vivant dans le guano de grotte. *C.R. Acad. Sci.* (Paris), sér. D, T. 267, 7, 778-781.

Van Rhee J.A. & Nathans S., 1973. Ecological aspects of earthworm populations in relation to weather conditions. *Rev. Ecol. Biol. Soil*, **10**, 4 : 523-533.

W

Wise D.H., 1993. *Spiders in Ecological webs*. Cambridge, Cambridge University Presses, 328p.

Wiwatwitaya D. & Takeda H., 2005. Seasonal changes in soil arthropod abundance in the dry evergreen forest of north-east Thailand, with special reference to collembolan communities. *Ecol Res* **20**: 59–70.

Annexes

Annexes

Classification des taxons identifiés

1. Classes

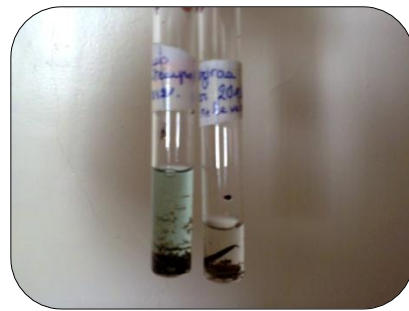
- Diplopodes
- Chilopodes
- Symphiles
- Gastéropodes

2. Ordres

- Isopodes
- Pseudo-scorpions
- Araignées
- Opilions
- Acariens
- Protoures
- Diploures
- Collemboles
- Thysanoures
- Trichoptères
- Dictyoptères
- Coléoptères
- Diptères
- Hyménoptères
- Orthoptères
- Isoptères
- Hétéroptères

3. Familles

- Enchytréides
- Lomricidés



Matériel utilisé au laboratoire

Clé de détermination et de classification des animaux du sol- d'après le site SVT de Grenoble-
http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=2452

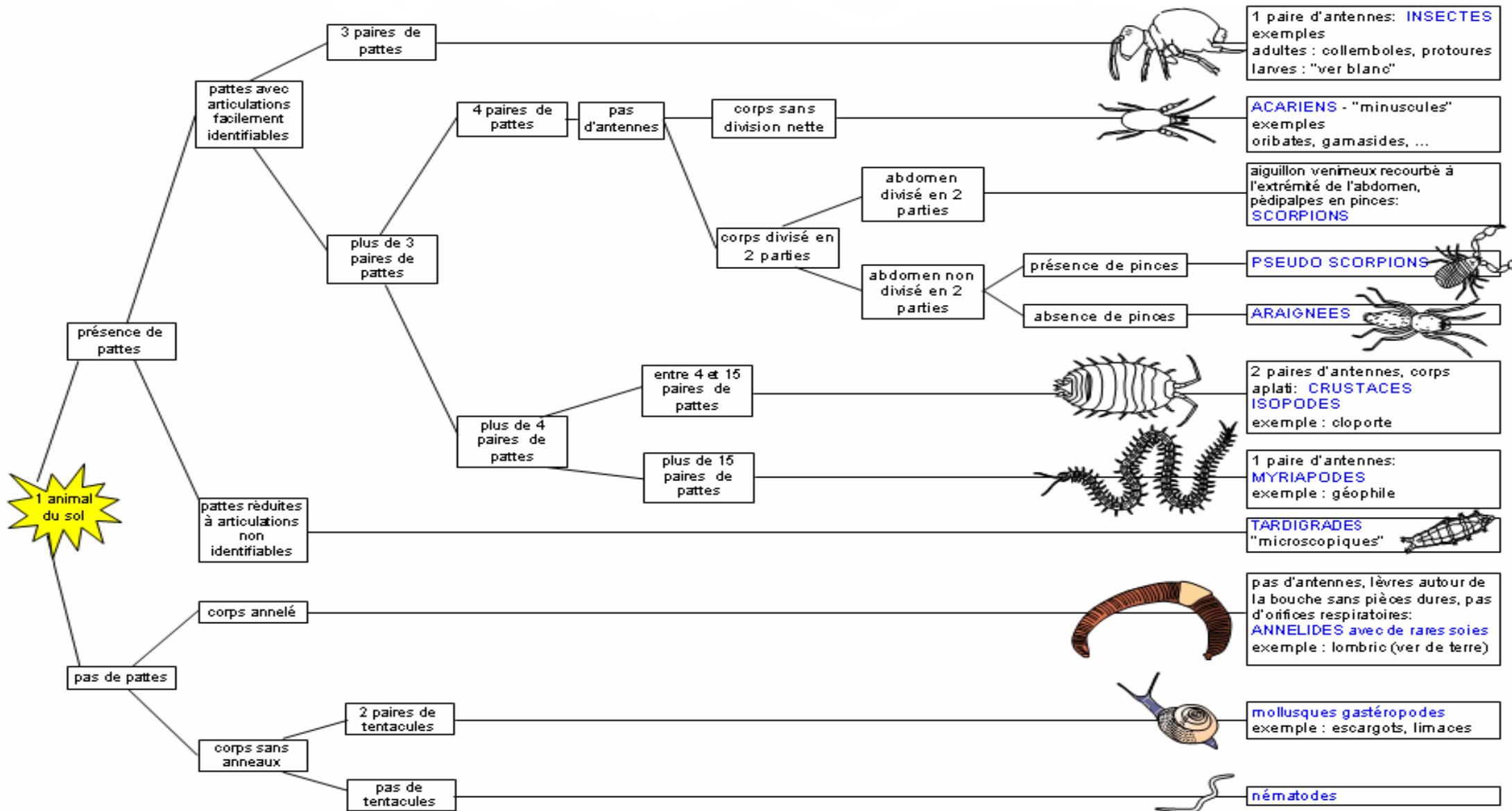
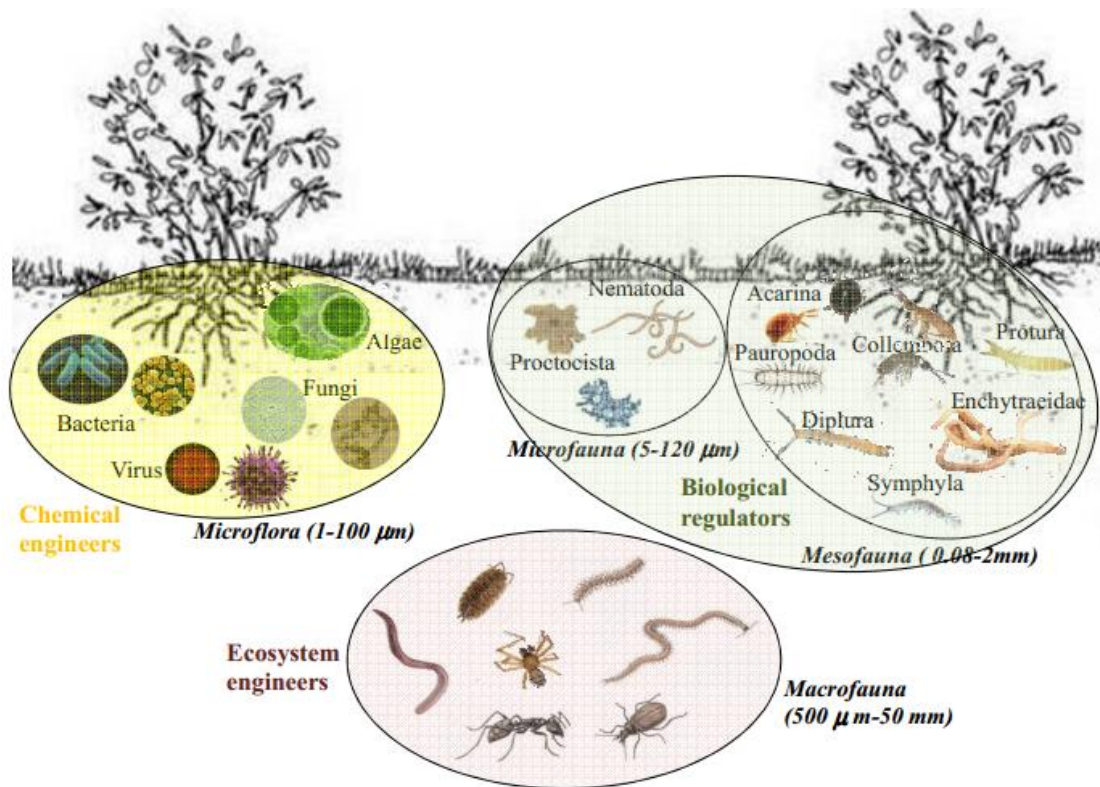


Tableau II. Caractéristiques principales des trois types d'humus
d'après Ponge.

Types d'humus	MULL	MODER	MOR
Écosystèmes	prairies et pelouses, forêts de feuillus avec une strate herbacée, maquis méditerranéens	forêts de feuillus et de conifères avec une strate herbacée pauvre	landes, forêts de conifères, tourbières à sphaignes, pelouses alpines
Type de sol	sols bruns	sols lessivés podzoliques	sols podzoliques
Biodiversité	haute	moyenne	basse
Faune	mégafaune, macrofaune, mésofaune, microfaune	macrofaune (pauvre), mésofaune (riche), microfaune	mésofaune (pauvre), microfaune (pauvre)
Groupe animal dominant en biomasse	vers de terre	enchytréides	rareté de la faune
Groupe microbien dominant en biomasse	bactéries	champignons	rareté de la microflore
Humification	rapide	lente	très lente
Matière organique humifiée	agrégats organo-minéraux	boulettes fécales organiques	oxydation lente des débris végétaux
Productivité	haute	moyenne	basse



Les principaux groupes d'organismes vivant dans le sol regroupés selon leur taille et leur principal rôle fonctionnel. (SANTORUFO L., 2013)

Tableau I. Principaux groupes composant la pédofaune et leur rôle au sein de l'écosystème sol (Bachelier, 1979 ; Robert, 1996 ; Lavelle, 2001 ; Girard et al., 2005)

	Qui sont-ils ?	Combien sont-ils ? (par m ² , dans un sol)	Que mangent-ils ?	Que produisent-ils ?	Classification fonctionnelle
Microfaune	Protozoaires	de 100 à 1 000 millions	des bactéries et des champignons		microprédateurs
	Nématodes	de 1 à 20 millions	beaucoup d'espèces sont phytoparasites ; certaines sont prédatrices d'autres Nématodes et d'Acariens ; les autres sont saprophages.	des pelotes fécales avec des fragments de 5 µm ³	microprédateurs ou transformateurs de litière
Mésofaune	Acariens	de 20 000 à 500 000	la plupart ingèrent des Bactéries, des pollens, des débris végétaux et animaux divers : ce sont des saprophages ; certains sont prédateurs	des pelotes fécales avec des fragments de 20 µm ³	transformateurs de litière
	Collemboles	de 20 000 à 500 000	la plupart sont saprophages; quelques espèces sont prédatrices	des pelotes fécales avec des fragments de 20 µm ³	transformateurs de litière
	Enchytréides	de 10 000 à 50 000	des débris végétaux en décomposition, les déjections des microarthropodes	des pelotes fécales avec des fragments de 20 µm ³	fouisseurs et transformateurs de litière
Macrofaune	Lombries	de 50 à 400	des débris végétaux, qu'ils ingèrent avec de la terre	des agrégats organo-minéraux, des galeries, des turricules	ingénieurs de l'écosystème
	Larves de Diptères, de Coléoptères, de Lépidoptères...	larves de Diptères : 400 larves de Coléoptères : 100	les régimes varient selon les espèces : on trouve des saprophages, coprophages, nécrophages, prédatrices, phytophages	les saprophages produisent des pelotes fécales, les phytophages, beaucoup de dégâts dans les cultures	transformateurs de litière, consommateurs primaires ou prédateurs, selon les espèces
	Coléoptères adultes	quelques-uns	la plupart sont saprophages ; certaines espèces sont parasites des fourmilières	des pelotes fécales avec des fragments d'1 mm ³	transformateurs de litière
	Fourmis, Termites	très variable selon les lieux	les fourmis sont saprophages et/ou prédatrices selon les espèces, elles ingèrent aussi du miellat sucré ; les termites sont xylophages	des galeries ; les termites produisent des boulettes fécales organo-minérales	ingénieurs de l'écosystème
	Autres insectes	quelques-uns	ils se nourrissent d'une grande diversité de matières végétales et animales	des pelotes fécales	transformateurs de litière
	Myriapodes	250 (très variable)	les Diplopodes sont saprophages, les Chilopodes sont tous prédateurs-chasseurs	les saprophages produisent des pelotes fécales avec des fragments d'1 mm ³	transformateurs de litière ou macroprédateurs
	Cloportes	100	saprophages	des pelotes fécales avec des fragments d'1 mm ³	transformateurs de litière
	Araignées	quelques-unes	prédatrices d'autres arthropodes		macroprédateurs
	Limaces et Escargots	50	ils se nourrissent de végétaux		consommateurs primaires
Mégafaune	Taupe, marmotte, lapin, musaraigne, crapaud fouisseur, etc.		les Mammifères Insectivores mangent des Insectes, les Rongeurs grignotent les plantes et les racines	de très gros trous qui peuvent être des habitats pour une faune nombreuse, des déjections et des cadavres sources de matière organique	bioturbateurs (ils remuent le sol) et macroprédateurs

Quelques photos de la faune récoltée



Enchytréide



ver de terre



Pseudoscorpions



Araignées



Acariens



Collemboles



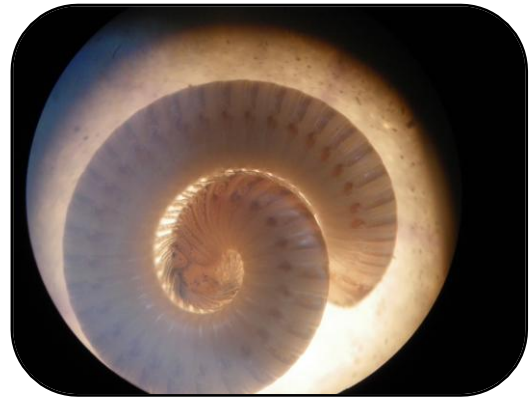
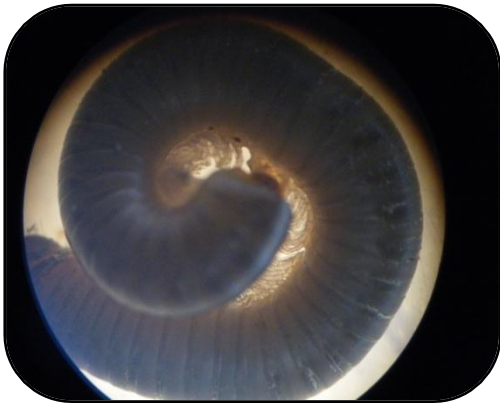
Collemboles



Fourmi



Cloporte



Diplopedes



Coléoptères



Coléoptère



Chilopode

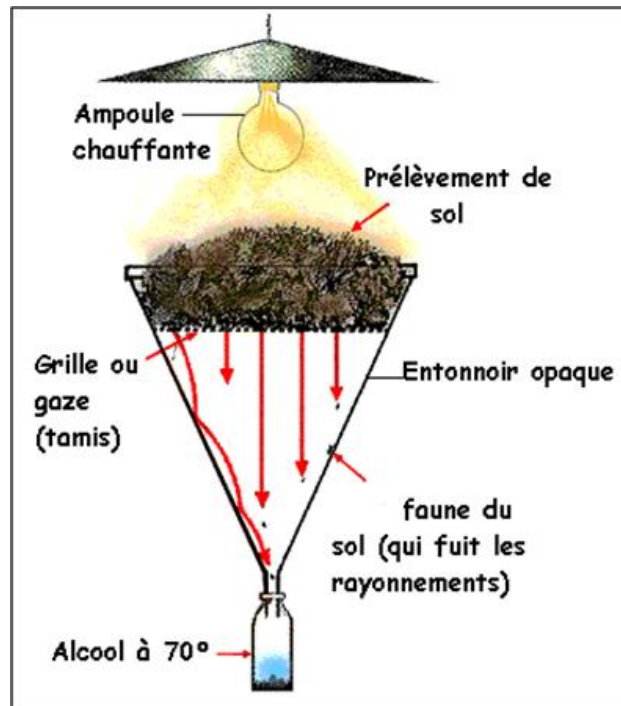


Larves d'insectes



Diptères

Schéma montrant le fonctionnement de l'appareil de Berlèse-Tullgren



Les feuilles de la litière à différents stade de décomposition

