



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des
Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques

Mémoire de Fin d'Étude
En vue de l'obtention du diplôme de Master 2 en Sciences Agronomiques
Spécialité. Réhabilitation et Restauration des Sols.

Impact de la récurrence des incendies sur les invertébrés du sol :
cas de la subéraie de Taksebt Zekri

Réalisé par :

M^{elle} Halimi Rahma

M^{elle} Ould Ahmed Sylia

Devant le jury :

Président.	M^r Metahri M.S.	M.C.A.	U.M.M.T.O.
Promoteur.	M^{me} Boudiaf Nait Kaci M.	M.C.A.	U.M.M.T.O.
Examineurs.	M^{me} Lekmache Y.	M.A.A.	U.M.M.T.O.
	M^r Merrouki K .	M.C.B.	U.M.M.T.O.

Promotion 2015 - 2016

Remerciements

*C'est avec un grand plaisir que nous exprimons notre gratitude et nos sincères remerciements à **M^{me} Boudiaf Nait Kaci M.** d'avoir proposé ce thème de recherche et accepté de le diriger, pour son orientation judicieuses, ses conseils nos'ont été d'un apport capital.*

*Nous remercions **Mr. Métafri M.S.**, de nous fait l'honneur de présider le jury et d'examiner le travail.*

*Nous remercions aussi vivement **M^{me} Lekmache** et **Mr Merrouki K.** pour avoir accepté d'évaluer ce travail.*

*Qu'il nous soit permis d'exprimer notre gratitude à **M^{me} Tibiche G.**, **M^{lle} Issaoun D.**, **M^{me} Kadri K.** pour leur aide et les précieuses remarques et conseils durant la réalisation de ce projet de fin d'étude.*

*Nous tenons à remercier **Mr NAIT SID HOUME** pour ses explications et orientations concernant. L'analyse statistique, ainsi que **SAIDANI F.***

*Nos remerciements vont à **Wali k.** pour ces encouragements et sa disponibilité*

*Nous remercions tout ceux qui ont participé durant l'échantillonnage des sols particulièrement **Saad Sofiane, Debbah Sohaib** et **Zamouche Amine.** Sans oublier **Mansour** membre du club sportif de FSBSA, UMMTO qui nous a permis d'exploiter leur siège durant le séchage et le conditionnement des échantillons.*

*Merci à **Khalifaoui** et **Saad** pour leur collaboration durant la réalisation de ce mémoire et à tous ceux qui ont contribué à notre formation, particulièrement les enseignants du département d'Agronomie d'UMMTO, qu'ils trouvent ici notre profonde reconnaissance.*

Enfin, un grand merci pour tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

à mon père, si sage et si généreux, car, il souhaitait un jour que sa fille Rahma termine ses études avec succès. Il était tenace, généreux et ouvert au dialogue. il a toujours trouvé les mots pour me pousser à aller de l'avant ;

à ma précieuse mère, je ne pourrai jamais la remercier pour tous les sacrifices qu'elle a fait pour moi ;

à ma sœur Leticia et mon frère Juba, qui n'ont économisé aucun effort pour m'apporter tout le soutien moral et matériel ;

à ma tante Sabrina qui m'a toujours soutenue et aidé durant ;

à mon amie Sylia qui a toujours été compréhensive, indulgente et gentille ;

à Yasmine et Sylia

à Khalef que je ne saurai remercier pour son aide.

à mes copines de la cité Lydia et Lydia et mes amies de la cité universitaire TamdaI

à tout mon entourage familial.

RAHMA

Dédicaces

Mes sincères remerciements vont à ma promotrice M^{me} Nait Kaci pour son soutien, ces encouragements durant tout le cycle d'études et pour tous ces efforts et les moyens mis pour le bon déroulement de ce travail.

Je dédie ce travail à :

mes chers parents,

ma chère sœur Tinhinane,

mes chers frères Ouamer, Syphax et Rabah.

mes tantes Zahra et Djidjiga.

mon binôme « Rahma », ainsi que pour sa disponibilité, sa patience tout au long de ce travail. J'ai eu le plaisir d'effectuer ce travail avec elle. Merci.

A tous mes amis (es) en particulier : Leticia, Zohra, Sabrina, Sylia, Khadija, Saadia, lilia.

A tout mes camarades de promotion et mes camarades de département d'Agronomie.

Pour tous les enseignants, qui m'ont marqué, du primaire jusqu'à l'université, durant ma scolarisation et formation.

A toute personne qui m'a aidé de loin ou du près.

Sylia

Liste des abréviations

A1: arbre 1.

A2: arbre 2.

A3: arbre 3.

A4: arbre 4.

A5: arbre 5.

A6: arbre 6.

ACP: analyse des composantes principales.

C. O.: carbone organique.

CVT : cocons de vers de terre.

ind / m² : individus par mètre carré.

INRF : Institut national de recherche forestière.

URZA : Unité de recherche sur les zones arides USTHB.

LRV : larves apodes.

Prt : proutoures.

Ar : arainéides (Araignées).

CHL : chilopodes.

CLP : coléoptères.

CLB : collemboles.

DPL : diplopodes.

DIL : diploures

DIP : diptères.

ENH : enchytraïdes.

Hmp : homoptères (cochenille).

Hym : hyménoptères (fourmis).

HTR : hytéroptères.

Myr : myriapodes.

ODT : odonates.

PLP : planipennes.

PSD : pseudoscorpions.

STRP : strepsiptères.

THY : thysanoptères.

VDT : vers de terre.

N : azote.

N1: profondeur .

N2: profondeur 2.

N3: profondeur 3.

N4: profondeur 4.

WRB: world reference bases.

Equi : équilibré.

L : limoneuse.

A : argileuse.

L.A : limoneu-argileuse.

A : argiles.

LF : limons fins.

LG : limons grossiers.

SF : sables fins.

SG : sables grossiers.

Liste des figures

Figure 1. Schéma récapitulatif de la taxonomie des Enchytraeides et des Lombricidés.....	2
Figure 2. Schéma récapitulatif de la taxonomie de quelques groupes d'arthropodes	6
Figure 3. Répartition des invertébrés selon leur taille (Gobât et al., 2003).	7
Figure 4. Situation géo-administrative de la commune de Zekri.	11
Figure 5. Représentation des six points d'échantillonnage dans la subéraie de Zekri.	14
Figure 6. Les phases de prélèvements des sols et de la faune.	16
Figure 7. Les étapes de tri et extraction de la faune.	17
Figure 8. Identification des invertébrés dans une boîte de pétri.	18
Figure 9. Variation du pH dans les sols étudiés	22
Figure 10. Variation du carbone organique dans les sols étudiés	23
Figure 11. Variation de l'Azote dans les sols étudiés	24
Figure 12. Variation du rapport C/N dans les sols étudiés.....	25
Figure13. Variation du phosphore dans les sols étudiés	26
Figure14. Variation de l'abondance de la faune selon les niveaux	28
Figure15. Variation des organismes vivants dans le sol constituant la macrofaune selon les niveaux.	32
Figure 16. ACP.....	33

Liste des tableaux

Tableau 1. Résultats d'analyse granulométrique des sols échantillonnés	21
Tableau.2. Données quantitatives des groupes d'invertébrés..... ..	27
Tableau.3. Représente le nombre d'individus par arbre.....	28
Tableau.4. Abondance de la macrofaune	30
Tableau 5. Résultats de l'analyse de la variance de la macrofaune selon le facteur Profondeur	31

Sommaire

Introduction

Chapitre I. Synthèse bibliographique

I. Le sol vivant.....	1
II. Traits et caractéristiques de quelques groupes faunistiques des sols.....	1
II.1. Annélides.....	1
II.1.1. Lombricidés.....	2
II.1.2. Enchytreides.....	2
II.1.3. Importance des Annélides.....	2
II.2. Arthropodes.....	3
II.2.1. Arachnides	3
II.2.1.1. Aranéides	3
II.2.1.2. Pseudo scorpions.....	3
II.2.2. Myriapodes.....	3
II.2.2.1. Chilopodes.....	3
II.2.2.2. Diplopodes.....	3
II.2.3. Collemboles.....	4
II.2.4. Insectes.....	4
II.2.4.1. Diploures.....	4
II.2.4.2. Thysanoptères.....	4
II.2.4.3. Coléoptères.....	4
II.2.4.4. Odonates.....	4
II.2.4.5. Hémiptères.....	4
II.2.4.5.1. Homoptères.....	5
II.2.4.5.2. Hétéroptères.....	5
II.2.4.6. Hyménoptères.....	5
II.2.4.7. Diptères.....	5
II.2.4.8. Planipennes.....	5

II.2.4.9. Strepsiptères.....	6
II.2.5. Importance des arthropodes.....	6
III. Hiérarchisation des invertébrés du sol.....	7
III.1. Classification morphométrique.....	7
III.2. Classification écomorphologique.....	7
III.3. Classification fonctionnelle.....	8
IV. Influence des facteurs abiotiques sur la distribution des invertébrés.....	8
IV.1. Facteurs édaphiques.....	8
IV.2. Facteurs climatiques.....	8
V. Influence des facteurs biotiques.....	9
VI. Rôle de l'activité biologique dans le sol.....	9
VII. Effet des incendies sur le biofonctionnement des sols	10

Chapitre II : Etude du milieu

I. Situation administrative et géographique de la zone d'étude.....	11
II. Edaphologie.....	12
III. Etude climatique.....	12
IV. La richesse floristique.....	12
V. La richesse faunistique.....	13

Chapitre III : Matériels et Méthodes

I. L'échantillonnage	14
I.1. Prélèvement des invertébrés.....	15
I.2. Tri et extraction des invertébrés.....	16
I.3. Dénombrement.....	17
I.4. Détermination des invertébrés.....	18
II. Analyse physique et chimique des sols.....	18
II.1. Granulométrie.....	18
II.2. Analyse chimique.....	19
II.2.1. pH.....	19
II.2.2 Carbone organique.....	19
II.2.3. Azote total.....	19
II.2.4. Phosphore total	19

III. Traitement des données.....	20
----------------------------------	----

Chapitre IV : Résultats et discussion

I. Caractéristiques physiques et chimiques des sols.....	21
I. 1. Analyse granulométrique.....	21
I.2. Analyses chimiques.....	22
I.2.1. pH.....	22
I.2.2. Carbone organique.....	23
I.2.3. Azote total.....	23
I.3. Impact des incendies sur la minéralisation dan les sols incendiés.....	24
I.4. Phosphore total.....	25
II. Abondance des invertébrés dans les sols étudiés.....	26
II.1. Variation de l'abondance des invertébrés selon les niveaux.....	28
II.2. Variation de la richesse faunistique pour chaque arbre.....	29
II.3. Impact de la récurrence des incendies sur l'abondance de la macrofaune.....	29
III. ACP de la variation des invertébrés.....	32
VI. Effet des variations des conditions environnementales sur la diversité des bioindicateurs.....	34
Conclusion	
Références bibliographiques	

Résumé

La diversité biologique d'un écosystème est un bon dénonciateur de sa qualité et de sa capacité à résister aux détériorations dues aux facteurs externes. La protection de la biodiversité est un élément clé de la préservation de l'environnement. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'impact des incendies sur l'abondance et la répartition de la macrofaune des sols, sous *Quercus suber* L. dans la forêt de Taksebt, Zekri. Nous avons réalisé un échantillonnage sur des sols sous six sujets adultes de chêne liège à travers quatre profondeurs durant la saison hivernale. Le dénombrement des individus récoltés nous a permis de recenser 2912 invertébrés répartis en 18 ordres, en plus des larves et des cocons de vers de terre. Le régime saisonnier et les conditions climatiques inhibent le développement et la croissance des organismes vivants, ce qui limite leur abondance et contrôle leur distribution verticale. Certains de ces invertébrés fuient les conditions de surface et pénètrent profondément en cherchant les conditions les plus adéquates pour leur survie. La perturbation de cet écosystème naturel par les incendies fréquents, induit également à des changements de propriétés physiques et chimiques des sols, ce qui influence sur la distribution des populations des invertébrés et leur diversité. La composition de la faune des sols est un indicateur de la qualité du sol; elle doit être prise en considération pour sa réhabilitation.

Mots clés : *Quercus suber* L. - sol - macrofaune - profondeur- incendie.

Abstract

The ecosystem biodiversity is an indicator of the quality of soils and its ability to withstand deterioration due to external factors. The protection of biodiversity is a key component of environmental conservation. The objective of this study is to determine levels of soil macro fauna abundance and to hierarchize the factors controlling their distribution under *Quercus suber* L. in Taksebt Zekri. We performed a sampling of soils under six cork oak trees four depths during the winter season. Counting individuals collected allowed us to identify invertebrates in 2912 divided into 18 orders, more larvae and earthworm cocoons. The seasonal regime and climatic conditions inhibit the development and growth of living organisms which limits their abundance and control their vertical distribution. Some of these invertebrates fleeing surface conditions and penetrate deeply by seeking the most suitable conditions for survival. The disruption of this natural ecosystem frequent fires, also leads to changes in physical and chemical properties of soil that influence the distribution of populations of invertebrates and their diversity. To make a more general statement about the results and conclusion, this type of studies needs to be applied to different soils. The composition of soil fauna is an indicator of soil quality, it must be considered for its rehabilitation.

Keywords: *Quercus suber* L. - soil - macrofauna – depth - fire.

ملخص

التنوع الطبيعي في النظام البيئي مؤشر هام لجودته و قدرته على تحمل التغيرات نتيجة العوامل الخارجية لذا حماية التنوع الطبيعي عنصر أساسي للحفاظ على الوسط البيئي. يتمثل هدف هذا العمل في تقييم اثر الحرائق على وفرة و توزيع الافقریات في الأرض، لذلك أخذنا عينات من التربة تحت أشجار البلوط في اربع قطع من التربة، في غابة ناقسبت (زكري). أثناء فترة الشتاء.

إحصاء الكائنات الحية سمح لنا بتعداد 2912 كائن حي، مقسمة إلى 18 مجموعة، بالإضافة إلى اليرقات وشرانق دودة الأرض.

النظام الموسمي و الطقس يحدان من تطور و نمو الكائنات الحية مما يؤثر على وفرتها و يتحكم في توزيعها العمودي في الأرض. بعض هذه الافقریات تفر من الظروف السطحية نحو الأعماق بحثا عن ظروف امثل لبقائها. بالإضافة إلى ذلك النيران المتكررة تؤدي إلى تغيرات الخواص الفيزيائية و الكيميائية للتربة مما يؤثر على توزيع الافقریات و تنوعها و بالتالي خلل النظام الطبيعي

التشكيلة الحية للتربة مؤشر لجودتها حيث يجب أخذها بعين الاعتبار لتأهيلها.

الكلمات المفتاحية: اشجار البلوط، التربة الكائنات الحية، التوزيع العمودي، الحرائق.

Introduction

Les écosystèmes méditerranéens sont le résultat de la combinaison des facteurs naturels et humains (Dicastri. 1981), et la forêt de Taksebt (Zekri) comme tout le reste des forêts Algériennes a connu diverses perturbations conduisant à son instabilité et sa dégradation. Cette régression est le résultat d'une multitude de facteurs biologiques, climatiques, politiques et anthropiques (Meddour. 2014).

Les incendies font partie des majeurs facteurs de perturbation de ces écosystèmes, sachant que les paysages de la région méditerranéenne sont façonnés par l'action des feux récurrents (Naveh, 1975 ; Trabaud et Lepart, 1980 ; Arianoutsou, 1998). Leur défense et restauration reposent sur la connaissance des sols notamment leur qualité biologique étant donné que la densité et la composition des organismes vivants du sol sont des indicateurs de cette dernière (Call et Dvies. 1988 ; Kaiser et Lussenhop.1992 ; Hap, 1994).

L'objectif principal de cette étude est d'effectuer un recensement des invertébrés des sols de la subéraie de Taksebt (Zekri), qui a subi une récurrence des incendies depuis 2007. Cette forêt est mise en défens par la DGF, depuis 2014 avec un reboisement avec le chêne liège. En suite, nous déterminerons l'impact des feux sur l'abondance et la diversité de la macrofaune, après une analyse des propriétés physiques et chimiques des sols en plusieurs profondeurs. Néanmoins, l'instabilité de la subéraie et sa dégradation suite aux incendies récurrents est la problématique de cette expérimentation.

Pour cela, le travail est scindé en plusieurs parties, une synthèse bibliographique est présentée dans le chapitre I. Le chapitre II est consacré à l'étude du milieu, suivi du matériel et méthodes utilisés dans le chapitre III. Les résultats et discussion sont présentés dans le chapitre IV. Une conclusion et des perspectives viennent clore le présent travail.

I. Le sol vivant

Un sol est le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent (Aubert et Boulaine, 1980). L'agencement de la matière organique et minérale, de gaz et de l'eau le rend ainsi un habitat pour une multitude d'êtres vivants. Un sol est un ensemble organisé en différents horizons, évolutif et où la vie est présente et dont le matériau est la terre. Il est le lieu de transferts de flux : eau, air, énergie et vie (ISO 11074, 1997 ; Schwartz, 2012).

C'est un milieu particulièrement favorable à la vie, permettant le développement d'une grande diversité d'organismes (Diehl, 1975). L'ensemble de ces organismes vivants est appelé faune. Ils sont caractérisés par une grande variabilité d'espèces, de tailles, de mode de nutrition et de source d'énergie, leur distribution varie d'un sol à un autre et d'une saison à une autre (Culliney, 2013).

II. Traits et caractéristiques de quelques groupes faunistiques des sols

La grande diversité et la complexité taxonomique des organismes du sol ont conduit les chercheurs à classer la faune du sol en règnes, embranchements, classes, ordres, familles, genre, espèces. Nous nous contenterons de présenter et citer ceux incluant les individus recensés, et de se limiter à l'ordre. Les invertébrés du sol présentent une diversité taxonomique importante. Ils comprennent des organismes de petite taille qui vivent dans les films d'eau autour des particules du sol (Parisi et *al.*, 2005), des organismes de taille intermédiaire qui vivent dans la porosité existante et des organismes de grande taille comme les vers de terre et certaines larves d'insectes qui créent leur propre porosité en se déplaçant dans les sols (Aubert et *al.*, 2005).

En effet, ces êtres vivants sont des indicateurs de la qualité des sols et doivent être considérés comme une ressource permettant d'améliorer les écosystèmes (Rebek et *al.*, 2002).

II.1. Annélides

L'embranchement des Annélides comprend deux groupes de macroinvertébrés.

II.1.1. Lombricidés

Ils sont quasiment présents dans tous les types de sol et abondants dans les sols forestiers, spécialement dans les forêts riches en chêne à feuilles caduques. Ces vers de terre descendent et remontent dans les horizons du sol tout en cherchant l'humidité, un pH voisin de la neutralité et une température moyenne (Decaens et *al.*, 1999 ; Lapied et *al.*, 2009). Ils jouent un rôle important dans la formation des sols, la dégradation de la matière organique et la fertilisation des sols par leur turricules sécrétés dans le sol (Pelosi, 2008).

II.1.2. Enchytreides

Ce sont de petits vers, de taille allant de 2 à 30 mm, colonisant les forêts de feuillus, leur densité varie en fonction de la qualité des débris végétaux, leur degré d'évolution et l'humidité du milieu. Ils sont abondants dans les sols à mull, rares dans les sols à mor ou moder et bien adaptés aux sols frais et acides. Ce sont des saprophages et se distinguent par leur corps blanc (Arabe, 1991).

II.1.3. Importance des annélides

Les invertébrés du sol sont importants pour son fonctionnement (Fig. 1). Ils aident au bon déroulement des cycles biogéochimiques, à la décomposition de la matière organique. Ils participent au maintien de la structure des sols (Davet, 1996 ; Gobat et *al.*, 1998). Ils régulent la diminution biologique des ravageurs. L'action anthropique influence négativement le biofonctionnement de ces sols. Cette importance nous a amené à faire une synthèse taxonomique de cet embranchement (Figure 1).

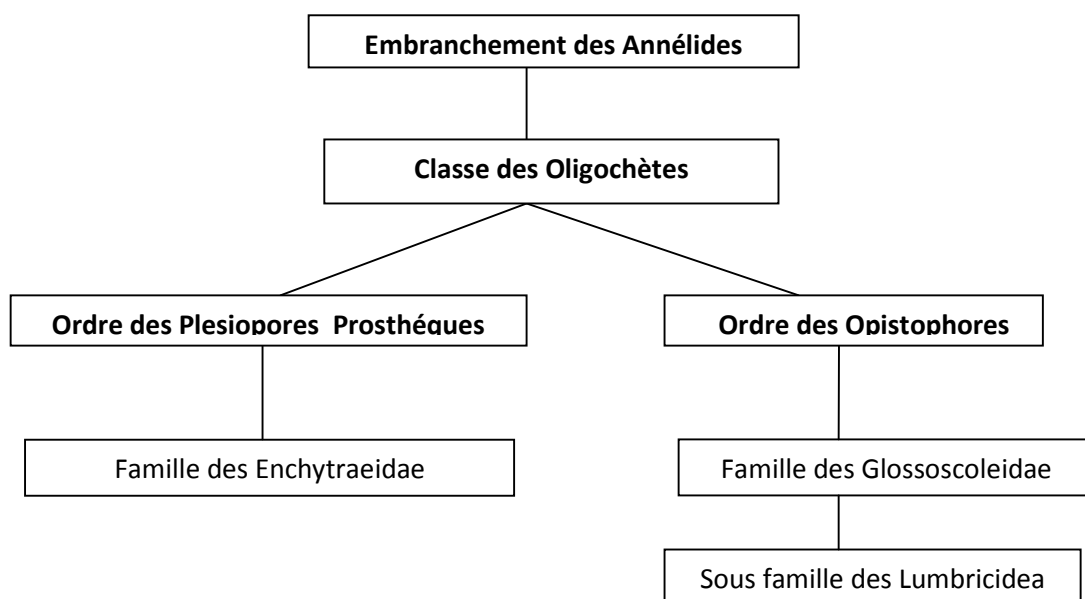


Figure 1. Schéma récapitulatif de la taxonomie des Enchytraeides et des Lombricidés

II.2. Arthropodes

II.2.1. Arachnides

II.2.1.1. Aranéides

Ce sont des carnivores, qui se nourrissent des parois vivantes, ils ont quatre paires de pattes, des yeux simples, leur corps sont non segmentés, composés de deux parties. Ils se distinguent par l'absence d'ailes et d'antennes, vivent dans le sol en fonction de la structure, indicateurs de l'évolution des milieux (Alvarez et *al.*, 2002).

II.2.1.2. Pseudoscorpions

Ils sont caractérisés par un corps segmenté sans queue terminale et pas d'aiguillons, avec huit pattes et deux pinces. Cependant, la plus grande densité et diversité de ces populations trouvant dans les zones tropicales et intertropicales, existent aussi sous l'écorce des arbres et les feuilles, dans la litière, dans le sol, sous les cailloux et dans les fentes des roches (Delfosse, 2003 ; Gretia, 2009).

II.2.2. Myriapodes

Ils interviennent dans la physique et la chimie des sols, particulièrement dans les processus de décomposition de matière organique et d'humification (Bachelier, 1978). Ces organismes reflètent l'état hydrique des sols, ils s'adaptent à l'excès d'eau, contrairement à la sécheresse. Ils sont répartis essentiellement en deux groupes typiques des terricoles.

II.2.2.1. Chilopodes

Ils sont caractérisés par un corps allongé, une paire de pattes par anneau avec des crochets sous la tête, ce sont des prédateurs généralement (Clef des principaux groupes d'invertébrés terrestres).

II.2.2.2. Diplopodes

Ils sont abondants dans les sols forestiers, et dans les mull. La majorité sont herbivores ils jouent un rôle très important dans la chaîne alimentaire, consomment jusqu'à 25% de la litière (Bachelier, 1978 ; Gobat et *al.*, 2003).

II.2.3. Collemboles

Ils ont une taille inférieure à 2mm, font partie des microarthropodes, carnivores ou herbivores, participent à la dégradation de la matière organique. Ils sont distribués d'une façon irrégulière au sein du sol, colonisent les troncs d'arbres (Stebeyeva, 1975). Ils occupent les milieux humides, leur nombre peut varier entre 10.000 à 200.000 ind / m² (Birre, 1979).

II.2.4. Insectes

Ce groupe se place au premier rang de la biodiversité avec un nombre d'espèces connu avoisinant le million, comprenant environ 42 ordres, envahissent tous les milieux terrestres. On trouve les insectes Ptérygotes et Aptérygotes. Ils se distinguent par leur corps divisé en trois parties: tête, thorax et abdomen; six pattes et deux antennes. Toutefois, les larves sont très différentes des adultes, et leur régime alimentaire est souvent particulier et différent (Clef de détermination des invertébrés souterrains, fédération Française de Spéléologie, 2005).

II.2.4.1. Diploures

Ce sont des insectes aptères, leur corps est allongé, jaunâtre, vivant dans les écorces et dans le sol (Clef des principaux groupes d'invertébrés terrestres).

II.2.4.2. Thysanoptères

Ce sont des invertébrés dépourvus d'ailes appelés aussi Thrips. Ils sont, surtout présents dans la frondaison, prédateurs ou phytophages. Ils occasionnent des dégâts notamment aux cultures (Gavin, 2000).

II.2.4.3. Coléoptères

Leur taille varie entre 0,5 mm à 25 mm, la plupart vivent dans les litières et dans la matière végétale où ils jouent le rôle de décomposeurs. Ils se nourrissent de racines, feuilles, bois ou d'animaux vivants (Degallier et Gomy., 1983 ; Delachoux et Neistle., 1990 ; Veron., 2007).

II.2.4.4. Odonates

Ce sont des insectes ptérygote diurnes, carnivores, de grande taille, vivant près de l'eau dans les forêts et possédant un corps très long (25mm ou plus) (Clef des principaux groupes d'invertébrés terrestres).

II.2.4.5. Hémiptères**II.2.4.5.1. Homoptères**

Ce sont des suceurs de sève, des insectes parasites de petite taille et beaucoup n'atteignent pas le millimètre. Les colonies de cochenilles provoquent l'éclatement de l'écorce et un dessèchement progressif de la plante. La présence de substances toxiques dans leur salive provoque une nécrose des feuilles qui commence sur le bord du limbe et qui s'étend peu à peu à la nervure médiane (Degroat, 1967).

Les pontes commencent dès le mois d'octobre, ils sont regroupées dans des sacs blancs, donnent naissance à des larves mobiles et hapodes, et les adultes apparaissent à la fin du mois de mai et au cours du mois de juin (Benia, 2010).

II.2.4.5.2. Hétéroptères

Ils sont des Prédateurs, ailés dotés de pièces buccales, vivant en général sur les plantes ou dans l'eau, les pierres et sous la couche superficielle du sol (Pericart, 1999).

II.2.4.6. Hyménoptères

Les plus connues sont les Fourmis, qui sont des insectes ptérygotes dont les deux paires d'ailes sont membraneuses et fines et dotées aussi d'un dispositif d'accrochage. Elles peuvent être carnivores, herbivores, ou parfois éleveuses de pucerons, vivant pour la plupart à la surface du sol et dans des galeries souterraines, tandis que d'autres sont arboricoles. Leur grande abondance rend les sols acides pour certaines plantes (Barttley, 1990 ; Veron, 2002). Ils modifient les sols forestiers d'une façon défavorable avec un appauvrissement de la faune et de la flore et des dépôts d'acides formiques (Bachelier, 1978 ; Laurant, 1990).

II.2.4.7. Diptères

Ce sont des mouches généralement de coloration métallique à longues pattes qui sont prédatrices d'autres insectes de petites tailles, au stade larvaire comme au stade adulte. Cette famille de Diptères regroupe une grande quantité d'espèces que l'on peut trouver dans de nombreux milieux, le plus souvent, il s'agit de milieux humides (prairies humides, bords de rivière, sous bois,...) (Bénia, 2010).

II.2.4.8. Planipennes

Ils sont dotés de pièces buccales broyeuses et des ailes complexes (Clef des principaux groupes d'invertébrés terrestres).

II.2.4.9. Strepsiptères

Ce sont des insectes qui vivent dans les segments abdominaux d'autres insectes surtout les Hyménoptères ou les Hétéroptères, ont un corps cylindrique (Clef des principaux groupes d'invertébrés terrestres).

II.2.5. Importance des arthropodes

La réduction de la biodiversité en raison de la perte d'habitat et la dégradation des écosystèmes a fait qu'il est essentiel d'établir des priorités d'utilisation des sols pour leur conservation (Wilson et *al.*, 2006). Cependant nous avons élaborés une synthèse de la taxonomie des arthropodes (Fig. 2) afin de mieux les étudier.

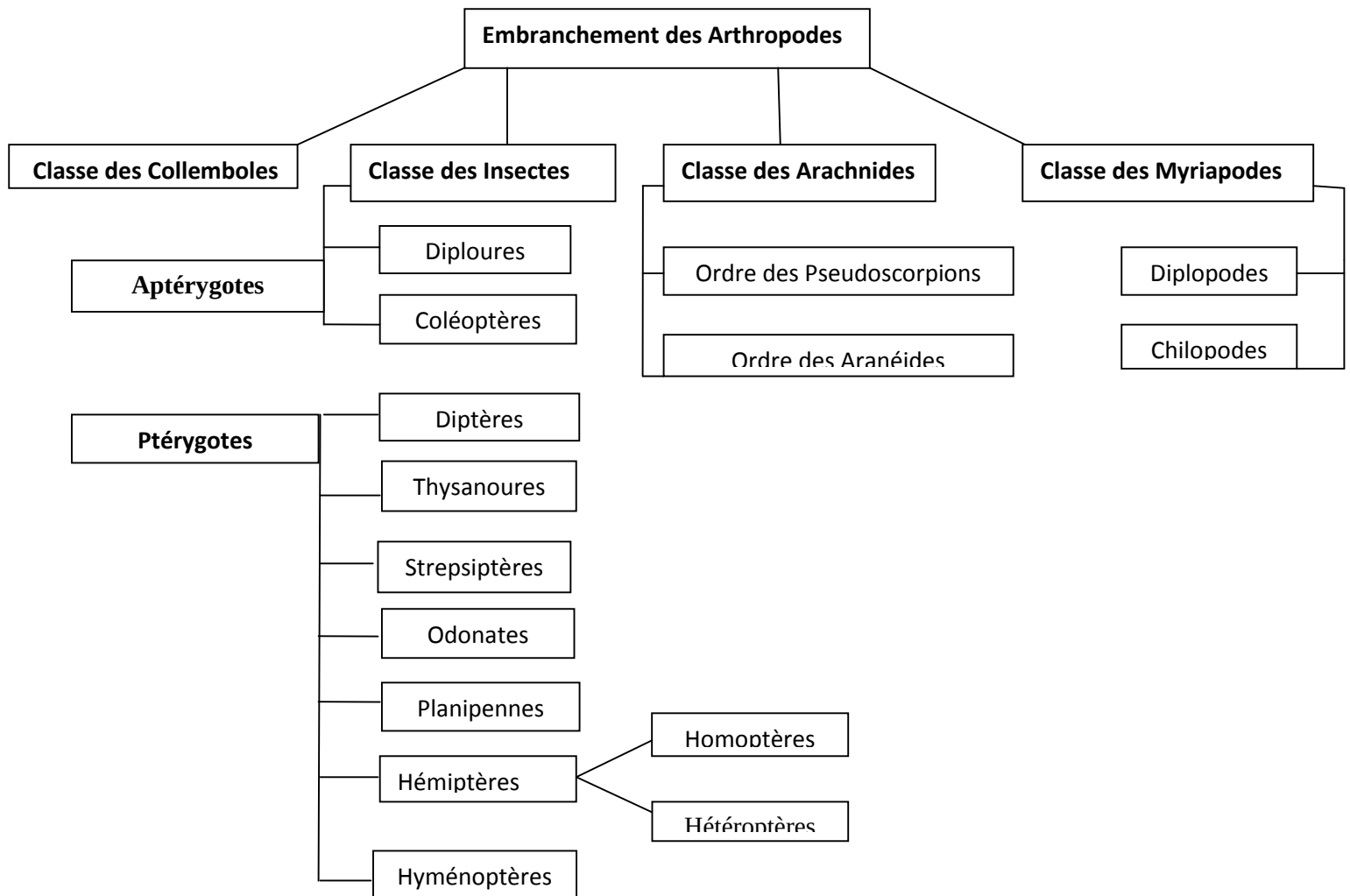


Figure 2. Schéma récapitulatif de la taxonomie de quelques groupes d'Arthropodes.

III. Hiérarchisation des invertébrés du sol

Plusieurs paramètres peuvent être utilisés pour la classification de la faune du sol comme la taille, le régime alimentaire, la position dans le sol, les adaptations morphologiques, les modes de progression, la durée de présence dans le sol (Hedde, 2006 ; Metral, 2008).

III.1. Classification morphométrique

Quatre groupes faunistiques ont été définis selon leur taille (Gobât et al, 2003). Nous distinguons la microfaune, la mésofaune, la macrofaune et la mégafaune, (Fig. 3).

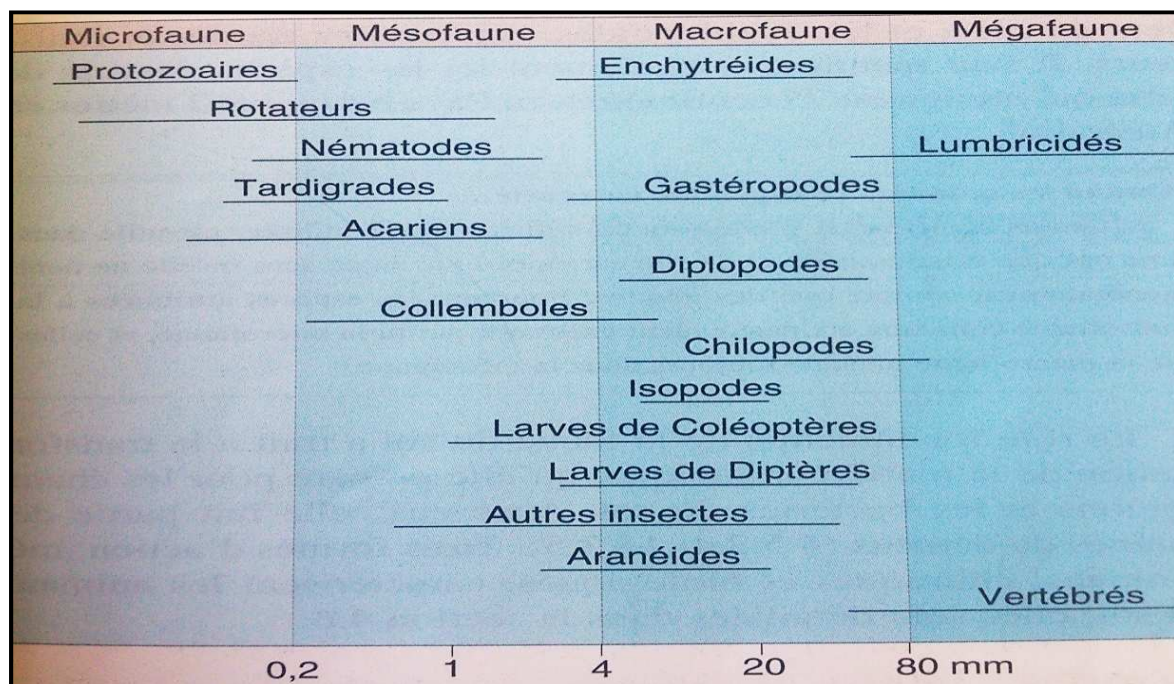


Figure 3. Répartition des invertébrés selon leur taille (Gobât et *al.*, 2003)

III.2. Classification écomorphologique

Elle est développée essentiellement pour les collemboles (épédaphique, hémi-édaphique ou eu-édaphique (Gisin, 1943 ; Petersen, 2002) et les vers de terre (épigés, endogés et anéciques (Bouché, 1972). Cette classification prend en considération la distribution verticale des individus dans le sol ainsi que leur taille (Hedde, 2006)

III.3. Classification fonctionnelle

L'action et la réaction des animaux dans le sol engendrent deux types de groupes fonctionnels, un groupe fonctionnel d'effets et un groupe fonctionnel de réponse aux contraintes et aux perturbations du milieu (Lavorel et *al.*, 1997 ; Landsberg, 1999).

Par ailleurs, Jones et *al.*, (1994) ; Lavelle, (1997) définissent trois groupes fonctionnels d'effet :

- **les ingénieurs du sol**, groupe d'invertébrés qui forment les structures organo -minéral ;
- **les décomposeurs chimiques**, qui décomposent la litière ;
- **les régulateurs** qui contrôlent l'activité microbienne.

IV. Influence des facteurs abiotiques sur la distribution des invertébrés

Des études ont révélé que les conditions pédoclimatiques régissent la diversité, l'abondance et la distribution des espèces au sein d'un sol. Ils montrent une sensibilité et un comportement spécifiques vis-à-vis des variations de ces facteurs (Morel, 1996 ; Davet, 1996 ; Ivask 2008).

IV.1. Facteurs édaphiques

La plupart de la faune se trouve dans les horizons superficiels notamment dans la litière. Les invertébrés de la macrofaune et de la mésofaune qui interviennent dans la fragmentation du matériel de la surface, font place à une microfaune alimentée par les fins débris fins lessivés depuis la surface (Arab, 1991). L'ensemble des facteurs physiques et chimiques des sols, interviennent dans la distribution et l'abondance de diverses espèces faunistiques.

IV.2. Facteurs climatiques

Les effets de la température sont prépondérants dans les premiers centimètres où est rassemblée la majorité des représentants de la faune du sol (Pesson, 1971). L'eau demeure ainsi un facteur souvent très important pour la survie des espèces faunistiques. En effet on distingue la faune hydrobionte, la faune hygrobionte et la faune xérophile qui supporte la sécheresse (Gobât et *al.*, 2003).

V. Influence des facteurs biotiques

L'alliage du biotope et de la biocénose au sein du sol fait apparaître de nombreuses interactions entre les populations faunistiques et le milieu d'une part, et entre elle, d'autre part. Les associations entre organismes vivants du sol sont d'origine diverse et plus ou moins complexe, elles peuvent être néfastes à certaines espèces, ou bénéfiques pour d'autres (Deprince, 2003 ; Metral, 2008).

Cette pluralité d'interactions entre les invertébrés du sol est mise en évidence grâce à des signaux spécifiques appelés écomones, que ce soit des phéromones des substances allélochimiques ou des kairomones (Gobât, et *al*, 2003).

VI. Rôle de l'activité biologique dans le sol

Les êtres vivants jouent un rôle essentiel à la fois dans la formation du sol et dans son fonctionnement, grâce à la quantité des êtres vivants présents (Robert, 1996). Ils participent à la dégradation des roches et des minéraux et à la formation du complexe organo-minéral qui structure le sol à différentes échelles (Berthelin et *al*, 1994).

Les invertébrés détritivores de la macrofaune du sol, principalement les vers de terre, les coléoptères et les diplopodes, influencent directement ou indirectement la biodégradation de la matière organique par l'intermédiaire d'un grand nombre de mécanismes (Lavelle et Spain, 2001).

Les produits digérés sont transformés en substances humiques, et les déjections d'animaux forment des agrégats dans lesquels la matière organique est intimement mêlée à la fraction argileuse du sol (Dajoz, 2000).

Cependant, ces organismes vivants sont considérés comme des bioindicateurs. Ce concept de bioindication est fondé sur la capacité de certaines espèces ou communautés d'espèces à révéler par leur présence, leur absence ou leur comportement démographique, les caractéristiques et l'évolution d'un milieu (Blandin, 1986).

Il existe deux principales catégories de bioindicateurs (Gobat et *al*, 2003) :

- les indicateurs de perturbation
- les indicateurs de toxicité ou d'accumulation.

L'utilisation de groupes faunistiques comme indicateurs de la qualité du sol nécessite le choix d'organismes qui soient présents dans tous les types de sol, aient une forte abondance et biodiversité et jouent un rôle important dans le fonctionnement du sol (Schloter et *al*, 2003).

VII. Effet des incendies sur le biofonctionnement des sols

La subéraie est très sensible aux incendies, sa vulnérabilité est liée à la présence d'un sous-bois dense, haut et très inflammable. La fréquence et l'intensité des incendies sont en rapport direct avec la régénération des végétaux, puisque ces derniers entraînent la destruction des jeunes semis (Ouaza, 1986).

L'incendie a une influence importante sur les sols forestiers, mais cette influence est variable suivant l'intensité et la durée de l'incendie. Le feu entraîne un facteur de tassement du sol et une diminution de l'humidité de près de 35% est tout de suite remarquée. Les feux appauvrissent les sols et altèrent leur structure, d'un autre côté (Ponge., 1986).

L'impact du feu sur la faune du sol dépend des caractéristiques biologiques des organismes vivants, en particulier de leur position dans les chaînes trophiques, leur cycle d'activité et leur distribution verticale en profondeur. Ainsi la faune du sol profond n'est pas affectée par le passage du feu, alors que tous les animaux de la litière sont carbonisés. En saison sèche, les microarthropodes du sol ont naturellement tendance à se réfugier dans des couches profondes du sol, et beaucoup de ces organismes échappent ainsi à la mort. Mais en climat méditerranéen, la reconstitution de la litière et surtout de l'humus est longue, ce qui gêne considérablement la recolonisation animale. D'une façon générale, on peut estimer à une vingtaine d'années le temps nécessaire pour une reconstitution complète des communautés édaphiques (Prodon, 1986).

Les politiques mises en œuvre et adoptées ont conduit à une dégradation des écosystèmes forestiers pour lesquels actuellement on tente de restaurer les fonctions (Boudiaf Nait Kaci et *al.*, 2014) . Dans un contexte de ressources en eau limitées et une récurrence des incendies dans les massifs forestiers on se doit réfléchir à des actions innovatrices pour une meilleure valorisation de ces milieux. C'est ainsi que le besoin d'analyses écologiques des communautés d'organismes de ces sols s'impose. De ce fait, une meilleure connaissance du fonctionnement biologique des sols de subéraie incendiées est nécessaire.

I. Situation administrative et géographique de la zone d'étude

La région d'étude se situe dans la forêt de Taksebt qui est un écosystème forestier dans la commune de Zekri à environ 70 km à l'est du chef lieu de la Wilaya de Tizi-Ouzou. Elle s'étend sur une superficie de 9851 hectares, rattachée administrativement à la daïra d'Azazga.

Elle est limitée au nord par la commune d'Ait-Chaffa, à l'est par la wilaya de Bejaia, à l'ouest par la commune de Yakouren et au sud par la commune d'Adkar (Fig. 4).



Figure 4. Situation géo-administrative de la commune de Zekri (Debbah et Zemouche, 2014)

II. Edaphologie

La forêt de Taksebt repose sur un substrat géologique constitué de blocs de grès de Numidie qui donnent un sol siliceux frais et profond, présentant des conditions optimales pour le chêne-liège.

Le réseau hydrographique du sous bassin versant de Zekri est assez important, mais peu d'eau y est récupérée, car l'ensemble des eaux de ruissellement est orienté vers le nord-ouest, vu la présence de nombreux puits et sources; pouvant pallier à l'insuffisance relevée au niveau de l'alimentation en eau durant la période sèche (Saad et Allam, 2014)

III. Etude climatique

Le climat joue un rôle considérable dans le développement des essences forestières. Sigue, (1985) affirme que la bonne connaissance du climat, nous renseigne directement sur l'état et la structure de la forêt.

La zone d'étude se situe dans l'étage de végétation thermo-méditerranéen à variante tempérée, la température maximale moyenne est de 28.84, enregistrée au mois d'aout, et la température minimale moyenne est de 10.95, en janvier. Les précipitations sont abondantes en hiver, avec une période sèche de trois mois (juin à aout) (ONM, 2013).

IV. La richesse floristique

La végétation de la forêt de Taksebt est divisée sur trois strates: arborescente, arbustive, herbacée. Le chêne liège (*Quercus suber* L.), le chêne zeen (*Quercus canariensis*) sont les espèces dominantes. La strate arbustive diffère d'un point à un autre, avec la dominance: d'*Erica arborea*, *Cytisus triflorus* et *Arbutus unedo*. Les espèces rencontrées dans la strate herbacées sont le *Pteris aquilinum*, *Daphe gnidium* et l'*Ampelodesma mauritanica* et d'autres espèces (un herbier est en cours de réalisation par une autre équipe).

Cette subéraie incendiée plusieurs fois depuis les années 90 est mise en défens depuis 2014. Un essai de reboisement au chêne liège est réalisé par la DGF. Nos observations sur le terrain nous laissent dire que ce projet a échoué, 30 % des arbres installés sont encore en vie, avec la présence de symptômes de carence. Nous avons remarqué aussi la présence de traces qui indiquent que la subéraie est victime d'un surpâturage.

V. La richesse faunistique

La faune de la forêt de Taksebt est peu connue, pratiquement peu d'études existent si ce n'est celles en cours de réalisation au sein du laboratoire ressources naturelles de l'UMMTO. Un des facteurs indicateurs de la biodiversité de cette subéraie est la présence des ruchers d'abeilles au niveau des troncs des arbres rescapés après les incendies.

I. L'échantillonnage

Le dispositif choisi dans le cas de cette étude est de type *aléatoire simple*, puisque chaque membre de la population a une chance égale d'être inclus à l'intérieur de l'échantillon.

En raison de la biodiversité de la faune et de l'hétérogénéité des biotopes, il faut délimiter correctement l'aire du prélèvement, cette dernière n'excède généralement pas les 100 m² (Pesson, 1971 ; Gobat et *al.*, 2003). L'échantillonnage est effectué dans la subéraie de Zekri sous protection depuis 2014. Six pieds de chêne liège ont été sélectionnés selon la fréquence des incendiés pour recenser les invertébrés présents dans les sols. Dans chaque, profil quatre profondeurs ont été prélevées.

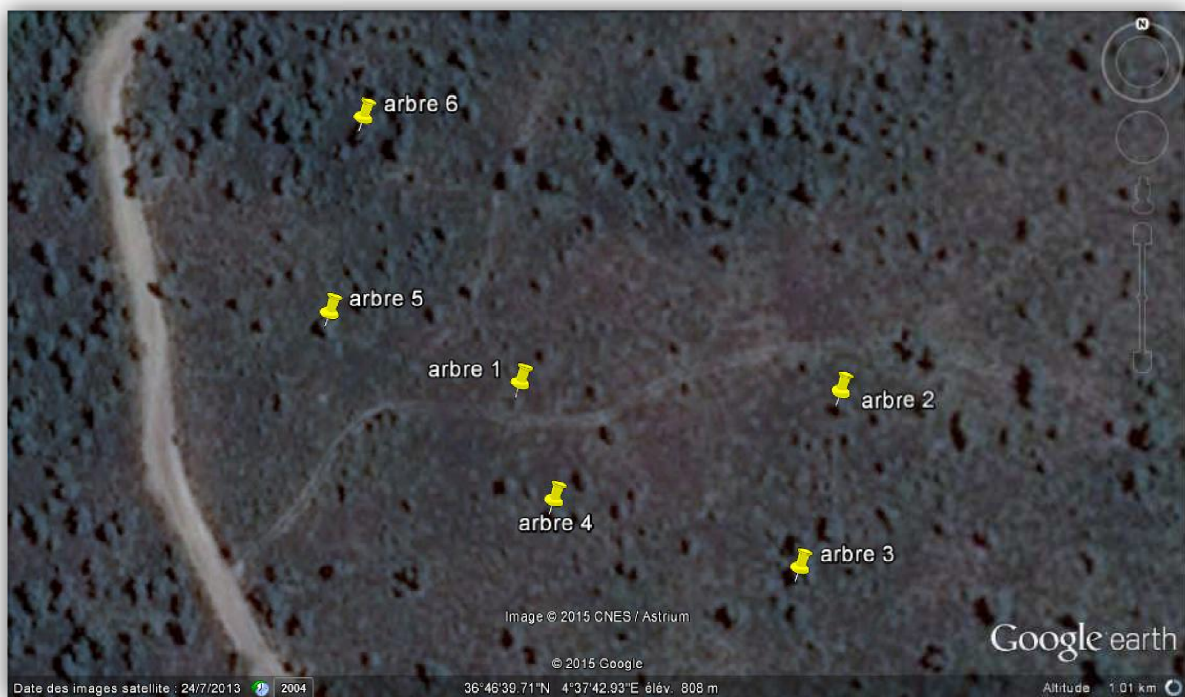


Figure 5. Représentation des six points d'échantillonnage dans la subéraie de Zekri (Allam et Saad.2014).

I.1. Prélèvement des invertébrés

Le prélèvement et la collecte des invertébrés du sol sous cette subéraie a été fait pendant la période hivernale, à savoir le mois de novembre 2015. Il est important de signaler que cette forêt a subi plusieurs incendies, d'où notre intérêt à l'étude biologique des sols de cette dernière.

Le prélèvement des échantillons de sols est effectué selon la méthode de Coineau, (1974), qui consiste à utiliser un quadrat de 6250 cm³ (25 cm x25 cm x10 cm) afin de délimiter la surface de prélèvement. Il est enfoncé dans les dix premiers centimètres du sol sous chaque arbre marqué notant que l'exposition du point de prélèvement est respectée (nord-est).

La même opération est répétée en autre profondeurs, ce qui veut dire qu'on a pris 40 cm de sol sous chaque arbre, qui sont :

Niveau (N1) 0-10 cm

Niveau (N2) 10-20 cm

Niveau (N3) 20-30 cm

Niveau (N4) 30-40 cm

Chaque horizon de 10 cm du sol est récupéré dans un sac en plastique étiqueté puis acheminé au laboratoire, en faisant attention à ne pas perdre les invertébrés et éviter la contamination des sols (Fig. 6).



Photo 1. Défrichage de la litière.



Photo 2. Quadrat sur la surface du sol



Photo 3. Prélèvement du sol



Photo 4. Echantillon du sol dans le sac

Figure 6. Phases de prélèvements des sols et de la faune

I.2.Tri et extraction des invertébrés

Vu la variation de la taille des invertébrés du sol, nous avons suivi deux étapes. Dans un premier temps le prélèvement de la faune visible à l'œil nu et qui est facile à différencier est fait à l'aide d'une pince. Puis nous avons opté pour l'extraction du reste des invertébrés contenus dans chaque sol ramené au laboratoire la méthode de Berlese-Tullgren. Le principe de cette méthode consiste à remplir les entonnoirs sur lesquels sont placés des tamis de 2mm avec l'échantillon contenant la faune, une lampe de 75 W est placée au dessus de chaque entonnoir. Deux heures de temps chaque jour pendant une semaine est choisi comme temps d'extraction avec cette chaleur.

Cette source de chaleur fait fuir la faune au fond de l'entonnoir, sous lequel des flacons de verre sont placés, contenant un conservateur qui est éthanol (Fig. 7).



Photo 5. Tri des invertébrés



Photo 6. Dispositif de récolte des invertébrés



Photo 7. Conservation des invertébrés dans l'éthanol

Figure 7. Etapes d'extraction de la faune

I.3. Dénombrement

Tous les invertébrés récupérés dans chaque échantillon de sol acheminé au laboratoire et traité avec la méthode de Berlese-Tullgren, ont été placés dans une boîte de pétri (Fig. 8) puis mis sous une loupe binoculaire afin de les identifier, en suite toute les récoltes sont comptées et classées selon les ordres faunistiques.

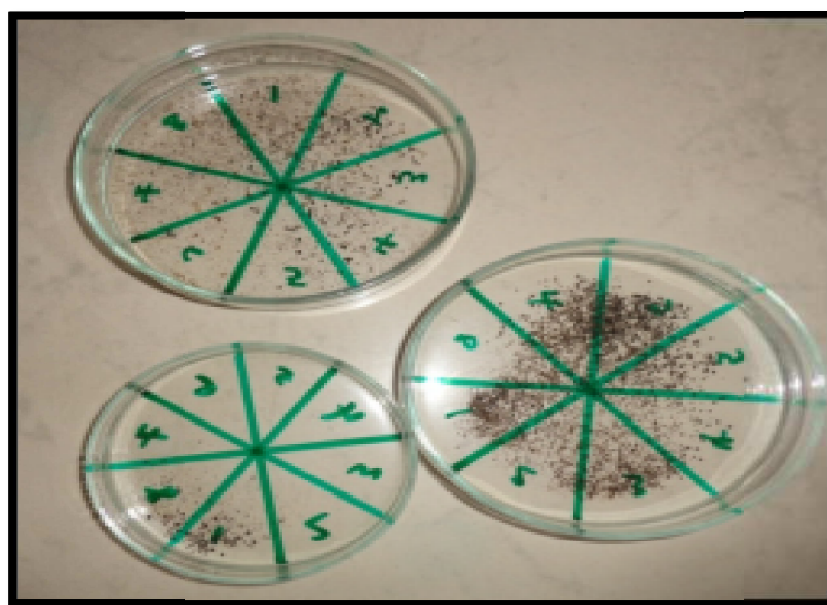


Figure 8. Identification des invertébrés dans une boîte de pétri

I.4. Détermination des invertébrés

Plusieurs ouvrages ont été utilisés, parmi lesquels une clé de détermination, pour classer les invertébrés, en se basant sur les caractères morphologiques de chaque individu, le nombre de pattes, la couleur, les pièces buccales, la segmentation du corps

II. Analyse physique et chimique des sols

Pour chaque niveau, nous avons pris un échantillon de sol qui a servi pour l'analyse physique et chimique. Ces sols sont séchés à l'air libre puis broyés et tamisés à 2mm. Les caractéristiques physiques et chimiques sont déterminées au laboratoire de l'URZA. USTHB et au laboratoire de l'INRF de Bainem.

II.1. Granulométrie

Cette manipulation est effectuée pour déterminer la texture du sol, nous avons suivie la méthode internationale à la pipette de Robinson qui consiste à détruire toute la matière organique, puis la dispersion des particules à l'aide de l'hexamétaphosphate de sodium.

II.2. pH

Il est mesuré à l'aide d'un pH mètre, sur une suspension de terre fine, avec un rapport sol/eau de 1/5.

II.3. Carbone organique

Il est déterminé selon la méthode d'Anne (1945), qui consiste à oxyder le carbone organique par un mélange de bichromate, de potassium, et d'acide sulfurique. L'excès de bichromate est titré par le sel de Mohr (sulfate d'ammonium et fer) en présence de diphénylamine et de fluorure de sodium.

II.4. L'Azote total

L'azote total est mesuré par la méthode de Kjeldhal, qui consiste à minéraliser l'azote par l'acide sulfurique en présence de cuivre et d'un catalyseur (oxyde de titane moins dangereux pour l'environnement); l'élément azote devient sous forme d'ammonium, les ions d'ammonium sont transformés en ammoniac par passage en milieu alcalin. On entraîne NH_3 à la vapeur d'eau et on dose le condensât recueilli par dosage volumétrique acide/base.

II.5. Phosphore total

C'est une digestion à l'acide perchlorique (HClO_4) à 60%, le rapport sol/solution est de 1/10. La suspension est chauffée prudemment à diverses températures jusqu'à l'apparition de la fumée blanche, puis porté au volume de 100 ml et filtré. Le dosage se fait par colorimètre à 660 nm après avoir préparé la gamme étalon.

III. Traitement des données

Pour mieux interpréter et comprendre les résultats obtenus, nous avons opté une analyse de la variance à deux facteurs (niveau et invertébrés) pour chaque ordre faunistique afin de déterminer la variabilité des invertébrés en fonction de la profondeur du sol et l'interaction entre les individus eux même. Ainsi nous avons utilisé le logiciel Statbox (6.40).

Une analyse en composantes principales (ACP) est réalisée avec le même logiciel pour mettre en relief les corrélations qui existent entre les différentes variables. Cette méthode nous permet d'une façon synthétique de mettre en évidence les interactions entre les facteurs édaphiques étudiés ainsi que la répartition et l'abondance des ordres faunistiques.

Les interactions entre les ordres faunistiques dans ces sols dégradés par les incendies et que les services des forêts tentent de réhabiliter sont l'objectif recherché. L'analyse statistique donne une description des unités statistiques et des variables observées fondée sur l'étude du coefficient de corrélation qui nous permet de former des groupes homogènes et de déterminer le degré de signification des différences observées entre les traitements.

Ces significations sont étudiées comme suit :

- si la Probabilité $> 0,05$ la différence est non significative ;
- si la Probabilité $< 0,05$ la différence est significative ;
- si la Probabilité $< 0,01$ la différence est hautement significative ;
- si la Probabilité $< 0,001$ la différence est très hautement significative.

I. Caractéristiques physiques et chimiques des sols

Les résultats des caractéristiques physiques et chimiques des sols de la subéraie de Taksebt sont discutés en se référant aux normes d'interprétation proposées dans le guide des analyses du sol (Baize, 2000).

I. 1. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique des sols étudiés montre que la texture diffère d'un niveau à un autre et d'un arbre à un autre. Elle est limoneuse en surface et limono-argileuse en profondeur (Tab.1).

Tableau 1. Résultats d'analyse granulométrique des sols échantillonnés

Arbre	Profondeurs	Granulométrie					Nature de la texture
		A%	LF %	LG%	SF %	SG%	
A1	P1	30.30	44,94	8,79	7,61	8,36	L.A
	p2	24.74	40,4	15,5	9,68	9,68	L
	p3	27,52	42,67	12,14	8,645	9,02	L.A
	p4	22,05	39,19	11,52	7,08	8,09	L
A2	P1	22.22	35,85	31,78	6,92	3,43	L
	p2	21.21	39,39	29,45	6,52	3,23	L
	p3	21,715	37,62	30,615	6,72	6,72	L
	p4	19,7	22,95	27,19	6,05	5,22	Equi
A3	P1	22.72	30,8	12,89	19,75	13,83	Equi
	p2	20.70	29,29	15,6	20,84	13,57	Equi
	p3	21,46	30,46	14,25	20,295	13,7	Equi
	p4	19,7	27,62	12,4	18,09	11,8	Equi
A4	P1	20.20	29,29	7,91	25,61	16,99	Equi
	p2	20.20	30,3	10,43	23,12	15,95	Equi
	p3	20,2	44,64	9,17	24,365	16,47	L
	p4	19,8	42,17	8,52	20,05	10,11	L
A5	P1	21.71	31,81	13,41	19,89	13,18	Equi
	p2	19.69	28,28	16,66	21,24	14,13	Equi
	p3	41,4	22,2	15,04	20,57	13,65	L.A
	p4	18,07	28,19	12,96	18,9	12,09	Equi
A6	P1	23.73	36,36	11,2	16,88	11,83	L
	p2	23.23	32,82	14,87	17.86	11,22	Equi
	p3	23,48	34,59	13,09	17,37	11,52	A
	p4	21,22	31,72	11,12	15,19	10,22	A

La composition du sol et la texture ne touchent pas directement la diversité biologique et la richesse faunistique, elle a une influence directe sur l'abondance relative des taxons de certains animaux (Sharon et *al.*, 1999). Toutefois, elle fait partie des facteurs abiotiques du milieu sélectif de la faune, car de très nombreux animaux ont besoin de trouver dans les sols certains éléments particuliers importants pour leur développement (Metral, 2008). Cependant, le sol est décrit et classé (Allam et Saad, 2014), c'est un Cambisol (WRB, 1998). De plus l'action anthropique liée au surpâturage et au prélèvement du bois après incendies sont des facteurs qui impactent négativement ce sol et accentuent son érosion.

I.2. Analyses chimiques

I.2.1. pH

Les pH des sols étudiés montrent que l'acidité actuelle oscille du faiblement acide en surface des sols à fortement acide en profondeur (Fig.9). Cela peut être dû au type de couvert végétal et à la récurrence des incendies ainsi que le matériau parental.

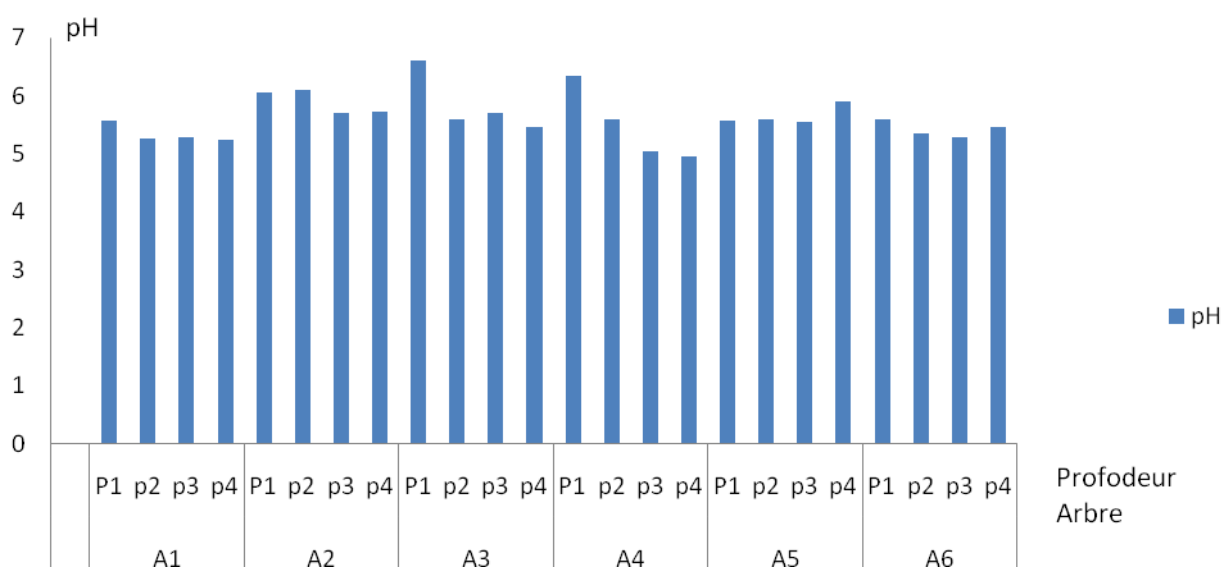


Figure 9. Variation du pH dans les sols étudiés

I.2.2. Carbone organique

La détermination du taux de carbone permet d'évaluer la teneur en matière organique des sols étudiés. La figure (10) montre que les couches superficielles sont plus riches en carbone organique comparativement à la profondeur des sols, la valeur maximale est de 5.9 % ce qui signifie que ces sols sont moyennement riches en matière organique.

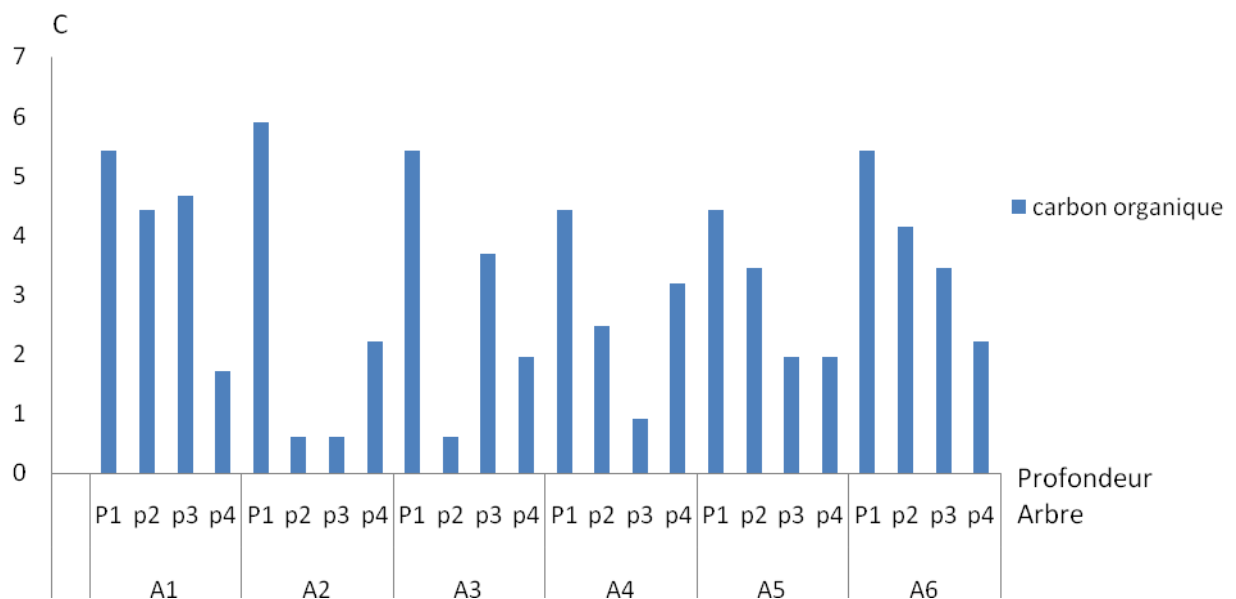


Figure 10. Variation du carbone organique dans les sols étudiés

L'importance de cette matière organique dans les horizons de surface est liée aux apports de la matière organique fraîche d'une part, d'une minéralisation primaire d'autre part. Deux à trois ans après une dégradation, le sol perd jusqu'à 50% du stock du carbone initialement présent (Aoudia et Cherif, 2013).

I.2.3. Azote total

C'est l'ensemble de toutes les formes d'azote minéral et organique présent dans les échantillons du sol. L'azote organique représente plus de 95% de l'azote total dans la plupart des sols, sa détermination est toujours associée à la détermination du carbone organique. Elle sert à caractériser les matières organiques et la fertilité chimique des sols forestiers en calculant le rapport C/N particulièrement. Nous remarquons que les couches superficielles des sols sont plus riches en azote, la plus grande valeur est enregistrée sous l'arbre quatre qui est

de 0.8%. Il est important de signaler que de l'azote total décroît en fonction de la profondeur (fig.11).

Probablement l'azote provient essentiellement de la distribution des végétaux vu la diversité de la flore sous cette subéraie particulièrement et de l'enrichissement par les cendres après le passage du feu. Convington et Sackett, (1986) enregistrent des concentrations généralement plus élevées en NH_4^+ et NO_3^- dans les placettes soumises à des feux répétés comparativement aux placettes non brûlés.

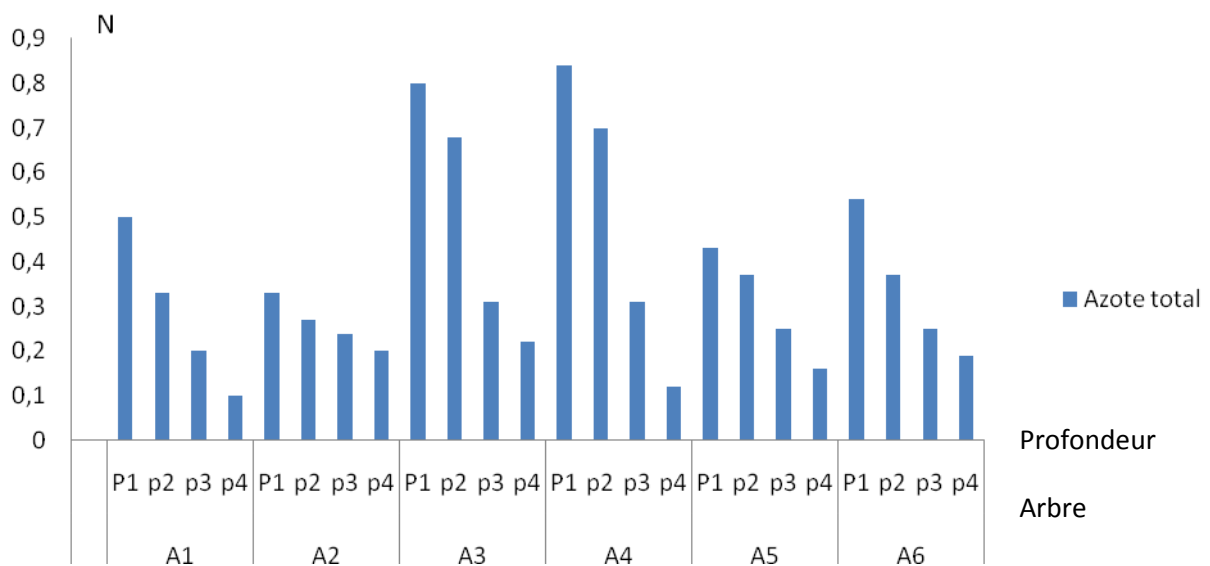


Figure 11. Variation de l'Azote dans les sols étudiés

I.3. Impact des incendies sur la minéralisation dan les sols incendiés

Le rapport C/N dépend essentiellement de l'horizon considéré, d'après Baize (2003) un rapport $\text{C/N} \leq 25$ signifie un équilibre entre la libération de l'azote par minéralisation et la consommation par les microorganismes transformateurs de l'azote libéré, lorsque le rapport $\text{C/N} > 25$, la libération d'ammonium et de nitrates l'emporte sur la réorganisation et l'alimentation azotée des arbres devient possible

Dans cette étude le rapport C/N est bas, en général, excepté sous l'arbre quatre ou le rapport est de 26 environ (Fig.12). Ceci signifie que la minéralisation est rapide donc une bonne possibilité d'alimentation de la plante. Ce rapport bas traduit une évolution rapide des litières donc une activité importante des microorganismes dénitrifiant.

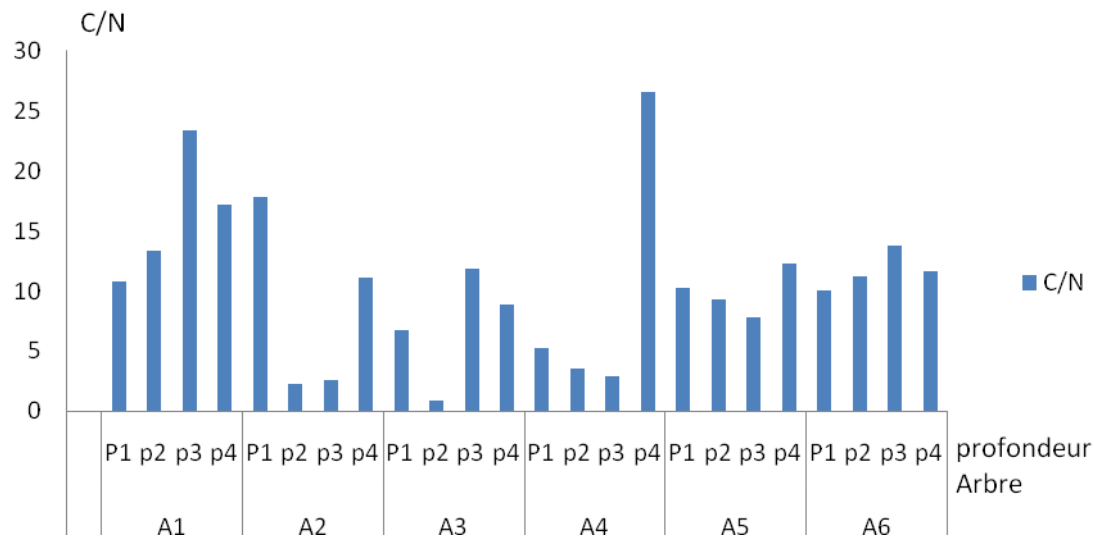


Figure 12. Variation du rapport C/N dans les sols étudiés

I.4. Phosphore total

Les résultats du dosage du phosphore ont révélé que ces sols sont riches en phosphore total dans tous les niveaux étudiés (Fig.13). Cette augmentation est due aux dissolutions du phosphore total précipité par modification du pH et/ou des propriétés redox et autre réaction de complexation par exsudation de composés organiques (Maire, 2005).

Dans les sols forestiers, il existe d'importantes réserves en phosphates, organiques ou minéraux immobilisées dans le sol grâce à l'effet de la microflore (Mousain et *al.*, 1997). Ces variations sont probablement le résultat d'une altération de la roche mère et de la récurrence des incendies (Dugay et *al.*, 2007).

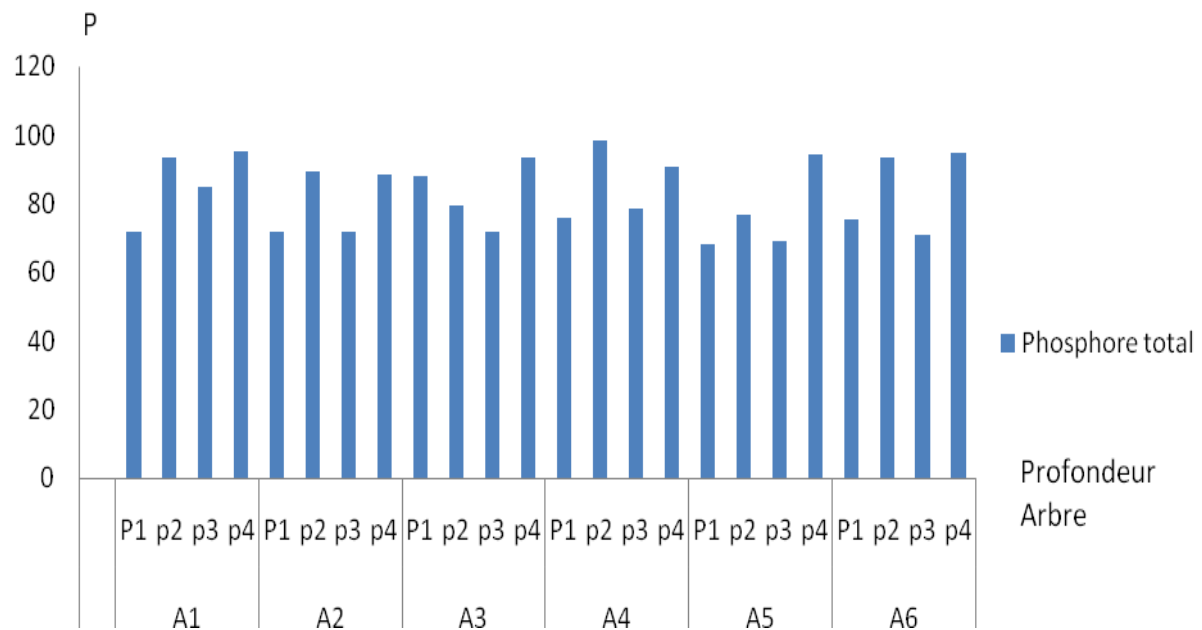


Figure 13. Variation du Phosphore dans les sols étudiés

II. Abondance des invertébrés dans les sols étudiés

Le dénombrement des invertébrés nous a permis de recenser un total de 2912 individus (Tab.2) répartis en 20 groupes faunistiques. Ils sont répartis dans les quatre niveaux explorés du sol (N1, N2, N3, N4). Dans cette partie du travail, nous allons essayer de comprendre la relation entre la densité de chaque groupe d'individus en relation directe et/ou indirecte avec la profondeur et des propriétés intrinsèques de chaque sol.

La répartition de cette faune suit une variation spatiale; les plus abondants sont les Enchytreides et les Diplopodes, qui représentent respectivement 25,82% et 15,93% des invertébrés. Dans le N1 et N2, les Enchytreides sont les plus nombreux avec 8,79% dans N1 et 11,53% dans N2. Toutefois, la densité de la population des Diplopodes est plus élevée dans le N1 avec 6,04%, cette dernière diminue progressivement en fonction de la profondeur, pour atteindre 2,75% en N2, 4,94% en N3 et 1,01% en N4. Par contre, l'effectif des Enchytreides diminue et atteint 0,55% et 4,95% respectivement en N3 et N4.

Les Hyménoptères et les vers de terre constituent 16,48% de la faune total recensés dans les couches prospectées, ils sont plus abondants dans le niveau N1, avec 7,69% pour les vers de terre et 8,79% pour les Hyménoptères. Les larves ne se trouvent que dans les dix premiers centimètres. Les groupes d'invertébrés les moins abondants sont les Diploures, les

Planipennes et les Odonates. 18 groupes ont été enregistrés ce qui signifie l'importance de la diversité en espèces.

L'abondance faunistique effectuée par Debah et Zemmouche en 2014 dans cette subéraie, était de quatorze groupes, parmi lesquels les Gastéropodes figurent. Par contre dans notre inventaire, nous recensons 18 groupes en plus des larves et des cocons, mais aucun gastéropode n'a été observé.

II.1. Variation de l'abondance des invertébrés selon les niveaux

Les résultats de ce recensement montrent que l'abondance des invertébrés varie d'une manière décroissante selon les niveaux. Nous remarquons que le N1 contient une abondance en espèces vivantes très importante comparativement aux trois autres niveaux explorés, avec un total de 1392 individus dans le N1, suivi du N2 qui accumule 800 individus et puis le niveau 3 avec 336 individus et enfin le niveau N4 avec 224 individus (Fig.14).

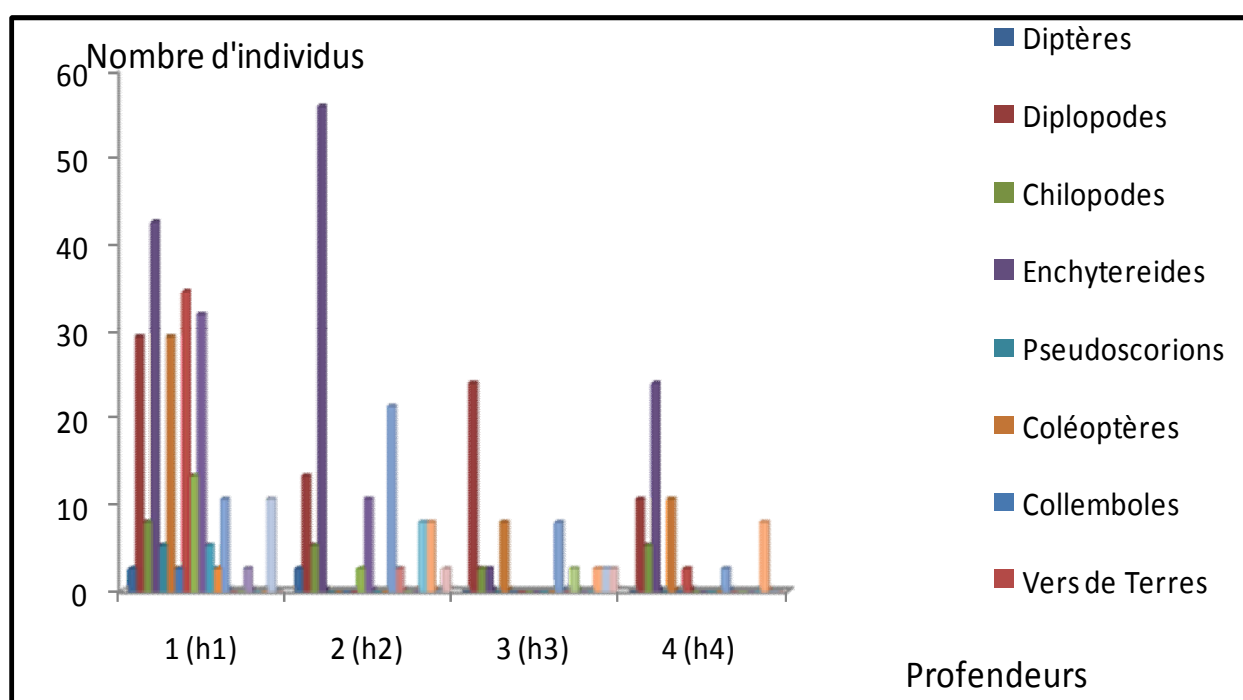


Figure14. Variation de l'abondance de la faune selon les niveaux

II.2. Variation de la richesse faunistique pour chaque arbre

Le dénombrement des invertébrés montre que la différence entre les arbres échantillonnés est importante (Tab. 4). L'arbre A6 et le A1 affichent respectivement un effectif de 752 et 704 individus (Tab.3) suivis par les sujets A4 et A2 avec une abondance de 432 et 400 individus respectivement. Cependant, l'arbre A5 et A3 présentent des abondances moindres qui sont de 368 et 256 individus. Probablement cette variation de la somme des individus par arbre peut être expliquée par l'intensité des feux et la résistance des arbres après le passage des feux

Tableau 3. Abondance des arbres sous chaque arbre

Arbres	Individus
A1	704
A2	400
A3	256
A4	432
A5	368
A6	752

II.3. Impact de la récurrence des incendies sur l'abondance de la macrofaune

Le feu joue un rôle fondamental dans le maintien de la santé de certains écosystèmes (Bekdouche, 2010). En raison des changements climatiques et de l'action anthropique, les incendies sont une vraie menace pour les forêts et leur biodiversité (Dennis et *al.*, 2001). Les incendies sont souvent suivis par la colonisation et l'infestation d'insectes qui perturbent l'équilibre écologique (Turvey, 1994 ; Cochrane et *al.*, 1999 ; Nepstad et *al.*, 1999). Ce qui explique la variabilité des groupes d'insectes recensés et l'abondance des invertébrés sous le *Q. suber* après incendies.

Dans les forêts où le feu ne constitue pas une perturbation naturelle, il peut avoir des effets dévastateurs sur l'ensemble de la faune dans l'écosystème, non seulement en provoquant directement leur mort, mais aussi par des effets indirects à long terme comme le stress et la perte d'habitat. Néanmoins, l'effectif total en invertébrés recensés est moins important pour cette campagne d'échantillonnage comparativement aux totaux trouvés dans

les travaux précédents. En 2013 Aoudia et Cherif ont dénombré 2938 individus par contre en 2014, Debah et Zemmouche (2015) n'ont inventorié que 15760 individus. Néanmoins, il est important de signaler que la diversité est plus importante dans notre expérimentation comparativement aux précédentes.

Ces résultats révèlent une perte en organismes vivants clés dans cette subéraie, comme les invertébrés, les pollinisateurs et les décomposeurs, ce qui peut ralentir considérablement la régénération de la forêt (Boer, 1989).

Tableau 4. Abondance de la macrofaune

Arbres	profondeurs	PSD	CLP	VDT	HYM	ARN	MYR	Total
A1	N1	0	128	48	32	16	0	224
	N2	0	0	0	48	0	0	48
	N3	0	16	0	0	0	0	16
	N4	0	48	0	0	0	0	48
A2	N1	0	48	16	32	0	0	96
	N2	0	0	0	16	0	0	16
	N3	0	16	0	0	0	0	16
	N4	0	0	0	0	0	0	0
A3	N1	0	0	0	0	0	0	0
	N2	0	0	0	0	0	0	0
	N3	0	16	0	0	0	0	16
	N4	0	16	16	0	0	0	32
A4	N1	16	0	16	0	16	0	48
	N2	0	0	0	0	0	16	16
	N3	0	0	0	0	16	16	32
	N4	0	0	0	0	0	0	0
A5	N1	16	0	0	0	16	0	32
	N2	0	0	0	0	0	0	0
	N3	0	0	0	0	0	0	0
	N4	0	0	0	0	0	0	0
A6	N1	0	0	128	128	16	0	272
	N2	0	0	0	0	0	0	0
	N3	0	0	0	0	0	0	0
	N4	0	0	0	0	0	0	0
Totaux		32	288	224	256	80	32	912

Il est essentiel de signaler que la variation des hyménoptères et des coléoptères est très abondante par rapport celle des vers de terre, les araignées, les pseudo- scorpions et les myriapodes durant la saison hivernale (Fig.15).

Cependant, les vers de terre sont abondants dans les premiers centimètres du sol (N1). Cette adaptation aux niveaux supérieurs du sol par rapport aux autres groupes explique la richesse en matière organique de cet horizon. Toutefois, l'abondance des autres groupes varie différemment dans les autres niveaux.

Tableau 5. Analyse de la variance de la macrofaune selon le facteur profondeur

Variables	DDL	SCE	CM	Proba	Signification
Myr	23	469.333	20.406	0.5855	N.S
Psd	23	469.33	0.08793	42.667	N.S
Clp	23	18560	806.975	0.34601	N.S
Vdt	23	17365.33	755.015	0.06438	N.S
Hym	23	18261.33	793.971	0.15653	N.S
Arm	23	1013.333	44.088	0.00639	N.S

NS : Variable non significative ($P > 0,05$).

La variation des groupes de pseudo-scorpions, hyménoptères, myriapodes, coléoptères araignées et les vers de terres est non significative par rapport au facteur niveau (Tab.5). La figure (15) montre que les vers de terre, les coléoptères, les Hyménoptères, les araignées et les pseudoscorpions sont abondants dans le premier niveau. Par contre les myriapodes n'apparaissent que dans le N2 et N3. Les Coléoptères et les vers de terres sont les seules qui s'enfoncent dans le sol jusque au dernier horizon.

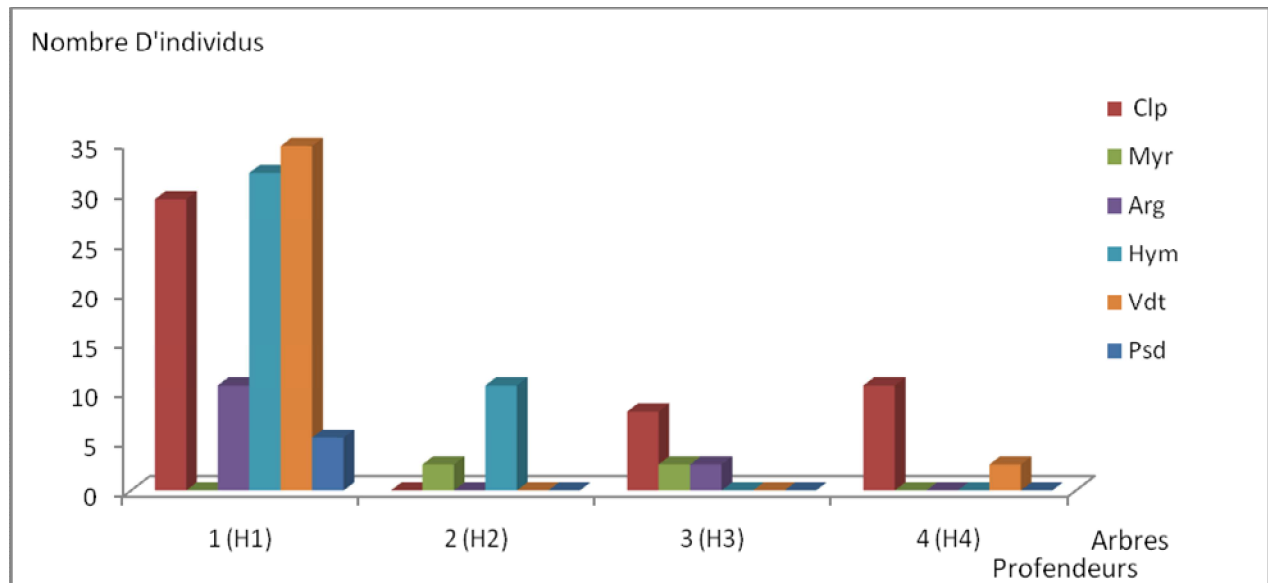


Figure 15. Répartition de la macrofaune dans les quatre niveaux

III.2. ACP de la variation des invertébrés

Cette analyse a montré que la majorité des groupes faunistiques sont en étroite relation notamment les Vers de terre, et les Pseudoscorpions, les Hyménoptères et les Coléoptères qui sont des bioindicateurs du sol. Ils cohabitent dans le même milieu, ce qui expliquerait la différence de leur mode de vie, et plus particulièrement leur régime alimentaire. Leur répartition le long du profil diminue l'effet compétitif entre eux, excepté les Thysanoptères qui sont des prédateurs ainsi les Chilopodes, les Collembolles, les Homoptères et les Araignées.

Cependant, la plupart des groupes présentent une corrélation négative avec les conditions du milieu, en particulier les Homoptères qui sont des insectes parasites. Les conditions du milieu défavorables notamment la diminution de la matière organique et la minéralisation accélérée s'opposent à l'équilibre entre les populations fauniques et le milieu.

Les pseudo-scorpions, les myriapodes, ainsi que les fourmis ont une corrélation positive avec la texture, qui est limono-argileuse, cette dernière est favorable au maintien de l'équilibre de leur populations (Lapied et al. 2009).

Les Thysanoptères les Chilopodes et les collembolles qui sont des prédateurs, montrent une corrélation positive avec les conditions du milieu car leur régime alimentaire ne dépend

Variables et Individus (axes F1 et F2: 80 %)

33

VI. Effet des variations des conditions environnementales sur la diversité des bioindicateurs

L'inventaire effectué comparé aux années précédentes est significativement différent. Ces variations sont liées certainement aux fluctuations des données climatiques durant les périodes d'échantillonnage particulièrement les variations saisonnières ainsi que la particularité des caractéristiques physiques et chimiques des horizons explorés en plus de l'effet des incendies récurrents (Argyropoulou et *al.*, 1993).

Habituellement, les horizons superficiels sont les plus colonisés, à cause de la présence de la litière et la matière organique, mais cela n'empêchent pas l'enfouissement des invertébrés en profondeur jusqu' à atteindre les 40 cm. Les modifications saisonnières, particulièrement, la diminution de la litière, le gel hivernal, la sécheresse estivale sont responsables de cette variation verticale cyclique des animaux (Sadaka et Pong, 2003).

Les vers de terre sont les plus abondants en surface, l'humidité des sols, la température, la teneur en azote et la qualité de la litière sont des paramètres qui déterminent la biomasse des vers de terre et leur densité dans les environnements naturels (Kherbouche et *al.*, 2011), en automne ou leur activité est plus importante (Ivask et *al.*, 2008).

Habituellement, les Enchytraidés sont les plus omniprésents dans le sol, leur respiration et alimentation sont importantes. Ils sont largement distribués dans les horizons superficiels et jouent un rôle important dans le recyclage des matières et de l'énergie, reflétant la distribution de la matière organiques. Contrairement aux Arachnides qui sont les moins présents et abondants en été dans la litière (Ivask et *al.*, 2008).

Les Hyménoptère sont à ne pas négliger, leur abondance est considérable. La complicité des interrelations entre les fourmis et leur environnement physique et biologique doit faire d'eux les indicateurs les plus sensibles au stress environnemental. Ce qui les rend ainsi comme de bons indicateurs des caractéristiques d'un environnement stressé (M.Pokryszko et *al.*, 2010). Ils sont des régulateurs de la distribution des autres populations de la faune des sols, beaucoup d'espèces de fourmis peuvent modifier la nature physique et chimique des sols (Lobry de Bruyn ,1999).

Tableau 02. Données quantitatives des groupes d'invertébrés

Profondeur	DPL	CHL	ENH	PSD	CLP	CLB	VDT	HMP	HYM	THY	DIL	CVT	PLP	ODT	LRV	HTR	STRP	AR	MYR	DIP	Totale
A11	128	0	64	0	128	0	48	80	32	0	0	0	0	0	16	0	0	16	0	0	512
A12	0	0	32	0	0	0	0	0	48	0	0	0	0	0	0	48	0	0	0	0	128
A13	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
A14	0	0	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
A21	32	32	16	0	48	16	16	0	32	16	16	32	0	0	0	0	0	0	0	0	256
A22	0	16	16	0	0	0	0	16	16	0	0	16	16	0	0	0	0	0	0	16	112
A23	16	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
A24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A31	0	0	32	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
A32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	32
A33	16	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	32	0	16	0	0	0	0	0	0	80
A34	16	0	0	0	16	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	0	96
A41	0	0	64	16	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	112
A42	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	32	0	16	0	144
A43	48	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	16	16	16	0	128
A44	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
A51	16	0	64	16	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	16	0	16	144
A52	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160
A53	16	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
A54	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
A61	0	16	16	0	0	0	128	0	128	0	0	16	0	0	0	0	0	16	0	0	320
A62	16	16	128	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	0	0	16	0	0	0	224
A63	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
A64	16	32	96	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	160
Totaux	464	128	752	32	288	16	224	96	256	32	16	256	16	16	16	48	112	80	32	32	2912

Conclusion

Cette étude regroupe des données originelles concernant l'abondance des communautés d'invertébrés qui se trouvant dans quatre niveaux de sols sous une subéraie dans la région de Zekri. Elle a permis de montrer en terme de variation et d'abondance que les invertébrés sont structurellement différents d'un arbre à un autre et d'un niveau à l'autre dans un périmètre mis en défens après plusieurs incendies récurrents.

Ce recensement nous a permis d'examiner dix huit ordres d'animaux représentés sous les arbres sélectionnés durant le suivi de cette subéraie dégradée. Notre intérêt s'est porté sur la compréhension du biofonctionnement de cet écosystème fragilisé ainsi que la répartition verticale des êtres vivants. Plusieurs facteurs, comme la saison, les conditions climatiques et édaphiques ont été pris en considération pour expliquer la distribution des invertébrés dans ces sols en nombre et en taxons, sans négliger l'impact des incendies sur les changements physiques, chimiques et biologiques de cet environnement.

Les groupes les plus représentatifs sont les Enchytréides, les Diplopodes et les Coléoptères, notant l'absence des Gastéropodes.

Il apparaît également que l'abondance change en fonction du gradient vertical du profil racinaire sous chaque chêne. Les arbres étudiés présentent des densités variables. Ce qui peut être expliqué par l'effet de l'incendie et des variations thermiques (aridité et gel), une pluviométrie plus faible et des températures estivales élevées caractérisent la région de Zekri.

Ces données restent insuffisantes pour pouvoir conclure définitivement, d'autres inventaires doivent être lancés à l'avenir durant les quatre saisons dans le but de faire une étude temporelle en premier lieu, puis une variation pluriannuelle de l'abondance de la faune et leur biodiversité.

Les invertébrés des sols ne répondent pas aux mêmes patrons de richesse que les végétaux. Néanmoins, cette étude basée surtout sur l'abondance des bioindicateurs dans les sols est la plus complète possible à notre connaissance en ce qui concerne les subéraie algérienne. Cette étude a permis de hiérarchiser les facteurs qui contrôlent l'abondance des macro-invertébrés édaphiques, particulièrement dans un sol dégradé par les incendies et le surpâturage. Elle permet aussi d'apporter des valeurs de référence dans les sols forestiers de la forêt de Zekri.

Conclusion

Il est souhaitable d'augmenter le nombre d'arbres et de subéraies afin de pouvoir envisager une démarche plus adéquate pour la réhabilitation de ces sols et d'avoir une idée sur l'avenir de ces écosystèmes, et surtout de limiter les perturbations dues aux incendies et mieux gérer le suivi du projet de mis en valeur en cours et pourquoi pas élargir cette réhabilitation l'ensemble des forêts dégradées, et en dernier de déterminer la microfaune et la microflore afin d'accroître les connaissances sur les interactions entre la vie dans les sols et le potentiel alimentaire qui impactent l'état sanitaire de la subéraie et la qualité de la production du liège.

Annexes

- Clef de détermination simplifiée des invertébrés souterrains. Fédération Française de spéléologie, comité de spéléologie régional.Midi-lyrénées. 2005
- Mise en valeur de la faune et de la biodiversité. Feuillelet d'information à été réaliser par le Centre de conservation des sols et de l'eau de l'Est du Canada en vertu d'un contrat offert par l'Administration du rétablissement agricole des Prairies (services régionaux) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada..6p
- la biodiversité dans les sols forestiers : quelle importance pour le fonctionnement et les usages de la forêt ? Bois et forêts des tropiques, 2001, N° 268 (2) .11p .69-79P
- **Fraval et Villemant.** Les insectes du chêne-liège.fiche pédagogique. n 88-1993.16p.
- Clefs des principaux groupes d'invertébré terrestresMhedde@versaille.inra.fr
- **Deprince.** Étude La faune du sol : diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives, Courrier de l'environnement de l'INRA n°49, juin 2003
- **Bachelard** et al. insectes et autres invertébrés, Société d'Histoire naturelle Alcide d'Orbigny.132p.
- Contrat de rivière du Viaur, les invertébrés du Viaur, CPIE du Rouergue .2003
- Etude de la faune du sol.courrier de l'environnement de l'I.N.R.A.n049. 2003
- Colin C.D.Tingle, les invertébrés terrestres. Natural resources institute, Université de greenwich at Medway, Royaume-uni.

Références bibliographiques

- **Adejuyigbe C.O., Tian G., and Adeoye G.O., 1999.** Soil misroarthropod populations under natural and planted fallows in southwestern Nigeria. *Agroforestry Systems* 47: 263- 272.
- **Adjami, 2008.** Etat sanitaire des subéraies du Nord-Est Algérien, étude des facteurs de dépérissement du chêne liège. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar. Annaba.139p.
- **Allam et Saad, 2015.** Caractérisation physique et biochimique d'un sol incendié : cas de la subéraie de Taksebt (Zekri). Mémoire d'ingénierat, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou. 40p
- **Arabe, 1991.** Etude de la faune des sols dans trois stations. Mémoire d'ingénierat. Université Mouloud Mammeri. TiziOuzou.
- **Bachelier G,** la vie animale dans les sols déterminisme de la faune des sols, I.N.A. 83p
- **Baize. 2000.** Guide des analyses en pédologie. Ed INRA. 257p.
- **Bekdouche, 2010.** Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (Nord Algérien). Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou. 175p.
- **Ben Makhlouf et Ould Said, 2004.** Contribution à l'étude de la Pédofaune des sols sous oliveraies des régions de Freha, Boukhalfa et Larhàa NathIrathen. Mémoire d'ingénierat. Université Mouloud Mammeri. TiziOuzou.75 p.
- **Benia F, 2010.** Étude de la faune entomologique associée au chêne vert (*Quercus ilex L.*) dans la forêt de Tafat (Sétif, Nord-est d'Algérie), bio-écologie des espèces les plus représentatives. Thèse de Doctorat à l'Université Ferhat Abbas Sétif. 250p.
- **Bennadja S, Gerard B, Chefrour A, 2007.** Essai de régénération artificielle par semis de la subéraie de Numidie orientale. *Revue forêt méditerranéen*. 27p
- **Benzyane M., Neggar M., Lahlou B., 2002.** L'aménagement des forêts subméditerranéen, quelle approche? *Forêt méditerranéen* 10p
- **Bergès et Paillet, 2010.** Naturalité des forêts et biodiversité une comparaison par méta-analyse de la richesse spécifique des forêts exploitées et non exploitées en Europe: chapitre4. <https://www.researchgate.net/publication/45237375>. Article
- **BougC., Gosselin F. et Gosselin M., 2011.** Intensification des prélèvements de biomasse et préservation de la biodiversité forestière. 12P. Article

http://www.gipecofor.org/docs/biomasse_biodiversite/contributions/Bio2_24juillet_Corr25sept2009.pdf.

- **Cécillon., 2008.** Quels indicateurs pour évaluer la qualité des sols forestiers soumis à des contraintes environnementales fortes. Thèse de Doctorat en science du sol. Université Joseph Fourier de Grenoble. 216p.
- **Cherif et Aoudia, 2013.** Impact des incendies sur l'abondance des invertébrés du sol sous *Quercus suber L.* dans la forêt de Taksebt (Zekri). Mémoire d'ingénierie, Université Mouloud Mammeri.TiziOuzou. 57p.
- **Debbah et Zemouche, 2015.** Abondance de la faune du sol dans une subéraie incendiée : effet sur macroinvertébrés. Mémoire d'ingénierie. Université Mouloud Mammeri.Tizi Ouzou.35p.
- **Drapeau, Nappi, Saint-Germain et Larrivée. 2010.** la biodiversité des forêts brûlées : résultats des recherches effectuées après le feu de 1999 au parc national des Grands Jardins. les naturalistes Canadiens 134 N°2 été 2010. la société Provencher d'Histoire naturelle du Canada.10p
E-mail : ponge@mnhn.fr.
- Etude diagnostique sur la Biodiversité & les changements climatiques en Algérie. 2015. Planification nationale sur la diversité biologique et mise en œuvre en Algérie du plan stratégique de la convention sur la diversité biologique 2011-2020 et des objectifs d'AICHI. Rapport final .135p.
- **Fraval 2011.** Les larves 4^{ème} partie. – 32p. ??
- **Gobat J.M., Aragno M., Matthew Y.W., 2003.** Base de pédologie. Biologie des sols : le sol vivant. Presse polytechniques et Universitaires Romandes .562p.
- **Groc S, 2011.** Communautés natives des fourmis de la litière en forêts naturelles de Guyane française et impact de la conversion forestière en plantations monospécifiques. Thèse de Doctorat. Université des Antilles et de la Guyane. 275P
- **Guendouz-Benrima A., B.Doumandji Mitiche, D.Petit. 2011.** Effets of weak climatic variations on assemblages and life cycles of Orthoptera in North Algéria. 2011. Ed journal of Aride Environements. 8p Article

- **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. L'université de Rouen. 209p
- **Ivask, kuu, Meriste, Jaak Truu, Marika Truu, Vaater. 2008.** Invertebrate communities (Annelida and epigic fauna) in tree types of Estonian cultivated soils.ed Journal of Arid Environments 75(2011) 284-289 .9P. Article
- **Jabiol, Lévy, Bonneau, Brêthes.2009** Comprendre les sols pour mieux gérer les forêts : contraintes et fragilité des sols, choix des essences précautions sylvicoles, améliorations. Ed, AgroParisTech ENGREF. 33p
- **Jean-Francois, 1998.** Biodégradation des sols forestiers: causes et remèdes HAL Id: hal-00504089 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00504089>.7p.
- **Khaznadar, Vogiatzakis I-N, Griffiths G-H. 2008.** Land degradation and vegetation distribution in chott El Beida Wetland,Algeria. Journal of Arid Environments. 9p. Article
- **kherbouche, Bernhard-Revers, Moali , lavelle. 2011.** The effect of corps and farming practices on earthrom communities in soummam valley, Eropean Journal of Soil Biologie7P. Article
- **Laguel H. et Tahir S., 2013.** Contribution à l'étude du sol forestier sous chêne-liège (*Quercus suber L*) dans la subéraie de Taksebt (commune de Zekri, willaya de Tizi ouzou). Mémoire d'ingéniera. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou. 45p.
- **Mathieu. 2004.** Etude de la macrofaune du sol dans une zone de déforestation en Amazonie du Sud-est, au Brésil, dans le contexte de l'agriculture familiale. Thèse de doctorat de Université Pierre et Marie Curie – Paris 6. 237p.
- **Nadama, 2006.** Influence de trois modes de gestion des sols sur le profil de la macrofaune du sol en parcelles cotonnières paysannes au nord Cameroun, 8ème promotion F.A.S.A.Université de Dschang. 66p.
- **Pavan, 1986.** Charte sur les invertébrés, éditée par le Conseil de l'Europe. 4p
- **Pelosie . 2008.** Modélisation de la dynamique d'une population du vers de terre *Lumbricus Terrestris* au champ. Thèse. AgroParisTech.141p.
- **Pesson P, 1971.** La vie dans les sols : aspect nouveau, études expérimentales. Ed. Gauthier-Villars, 417p.

- **Pokryszko M, Cameron A.D, Mumladze, Tarknishvili. 2010.** Forest snail faunas Georgian Transcaucasia: patterns of diversity in a Pleistocene refugium. London. Biological Journal of Linnean Society, 2001.102,239-250P.6P
- **Ponge, 2011.** Biodiversité animale du sol et gestion forestière, Muséum National d'Histoire Naturelle, Hal-00461294, version 2 - 15 Novembre 2011
- **Ponge, 2011.** Les collemboles, indicateurs du type d'humus en milieu forestier: résultats obtenus au Sud de Paris HAL Id: hal-00507099 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00507099.22p>
- **Ponge, Prat, 2001.** Les Collemboles indicateurs du mode d'humification dans les peuplements résineux, feuillus et mélanges: résultats obtenus en forêt d'Orléans. Id: Hal-00507101 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00507101.21p>
- **Predon, Fons, Binche. 1989.** Impact écologique des incendies sur la faune des subéraies. Laboratoire Agro University of paris.4P. Article
- **Richard-Hansen C., de Thoisy B., Hansen E., Catzefflis F., Grenand P., 2003.** Conservation et gestion de la faune forestière en Guyane contexte local, moyens d'actions et études. Revue forestière Française. Connaissance et Gestion de la Forêt Guyanaise. N° spécial 2003. 306-322p.
- **Rojas-Brials et ravenel, 2013.** Etat des forêts méditerranéennes.FAO.213P. Article
- **Sadaka et Pong, 2003.** Soil animal in holm oak forests: Influence of horizon altitude and year. European journal of soil biology 39 (2003)197-207.2003. 6P. Article
- **Schwartz D, 2012.** Le temps du sol. Etude et gestion des sols, 19-1. pp 51-67.
- **Senoussi et Boubaker.** faune méditerranéenne. Université virtuelle de Tunis.39p
- **Sharon, Degani, Warburg. 1999.** Comparing the soil macro-fauna in two oak-wood forests: does community structure differ under similar ambient conditions? Ed pédologie 45,355-360 (2001). <http://www.urbanfisher.de6p./journals/pédo>. Article
- **Stenge P, .Gelin S , 1998.** Sol interface fragile. Ed. I.N.R.A. 213p.
- **Thibaud Decaens. 2005.** Déterminismes et fonctions des communautés d'Oligochètes terrestres-implications dans la mise à disposition de services écosystémiques. Thèse. l'Université de Rouen.
- **Vallauri et al.** Biodiversité, Naturalité, Humanité - pour inspirer la gestion des forêts.chapitre 4, pp. 41-49, Tec&Doc Lavoisier 2010.11p

- **Whitford G, Vanzee, Nash S, Smith E et Herrik E, 1997.** Ants as indicators of exposure to environmental stress in North American desert grasslands. U.S environmental protection agency.U.S.A. 29P. Article
- **Y.Dommergues et F. Mangenot., 1970.** Ecologie microbienne du sol. Ed, Masson et C^{ie}. 794p.