

Effect of fire recurrence on abundance and distribution of soil fauna under *Quercus suber* L. in Taksebt forest Zekri (Algeria)

Effet de la récurrence des incendies sur l'abondance et la distribution de la faune du sol sous *Quercus suber* L. dans la forêt de Taksebt Zekri (Algérie)



M. BOUDIAF NAIT KACI¹, S. OULD AHMED¹, L. SAAD¹, R. HALIMI¹, L. KHELFAOUI¹, D. ISSAOUN¹

¹Laboratoire Ressources Naturelles. Département des Sciences Agronomiques. Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. Algérie

*Corresponding author: boudiafmalika@yahoo.fr

Abstract - An ecosystem's biological diversity is a good indicator of its quality and ability to withstand deterioration due to external factors. However, the protection of biodiversity is a key element of the preservation of the environment. The objective of this work is to evaluate the impact of recurring fires on the abundance and distribution of soil macrofauna, under *Quercus suber* L., in the Taksebt forest, Zekri north of Algeria. Macroinvertebrates were collected from six adult cork oak trees at four depths using the Coineau method in December 2016. We counted 2912 individuals in 18 orders. Seasonal and climatic conditions inhibit the development and growth of living organisms, limiting their abundance and controlling their vertical distribution. Some of these invertebrates flee the surface conditions and penetrate deeply by seeking the most suitable conditions for their survival. The disruption of this natural ecosystem by recurring fires also induces changes in the physical and chemical properties of soils, which influences the distribution of invertebrate populations and their diversity. The composition of the fauna of these soils is an indicator of its physical, chemical and biological quality, it must be taken into consideration for its rehabilitation. This study has made it possible to prioritize the factors that control the abundance of invertebrates and to provide reference values in the kosheria.

Keywords: *Quercus suber* L., ground, macro fauna, depth, fire.

Résumé- La diversité biologique d'un écosystème est un bon indicateur de sa qualité et de sa capacité à résister aux détériorations dues aux facteurs externes. Cependant, 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 récurrents sur l'abondance et la répartition de macrofaune des sols, sous *Quercus suber* L., dans la forêt de Taksebt, Zekri nord de l'Algérie. Les macroinvertébrés ont été recueillis sous six sujets adultes de chêne liège sur quatre profondeurs selon la méthode de Coineau, en décembre 2016. Nous avons recensé 2912 individus répartis en 18 ordres. 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 des conditions les plus adéquates pour leur survie. La perturbation de cet écosystème naturel par les incendies récurrents 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 de ces sols est un indicateur de sa qualité physique, chimique et biologique, elle doit être prise en considération pour sa réhabilitation. Cette étude a permis de hiérarchiser les facteurs qui contrôlent l'abondance des invertébrés et d'apporter des valeurs de référence dans les subéraies de Kabylie.

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

1. Introduction

Les incendies font partie des facteurs majeurs de perturbation des écosystèmes, les paysages de la région méditerranéenne sont façonnés par l'action des feux récurrents (Naveh 1975 ; Trabaud et Lepart 1980 ; Arianoutsou 1998 et al. 2008). Les sols sous climat méditerranéen font l'objet la dégradation due à l'érosion hydrique et les incendies récurrents, qui affectent leur fertilité (De Luis et al. 2001). La réhabilitation de ces milieux repose sur la connaissance de l'état des sols notamment leur qualité biologique. Le biofonctionnement des sols regroupe un ensemble de fonctions assurées par les organismes vivants dans ce sol et qui sont en interaction avec les composantes physiques et chimiques de celui-ci, permettant la dynamique de la matière organique et de l'eau, ainsi que le recyclage des nutriments (Decaens 2010 ; Kumaraswamy et Udayakumar 2011). Les invertébrés du sol présentent une diversité taxonomique importante. Ils comprennent des organismes de petite taille comme les nématodes, qui vivent dans les films d'eau autour des particules de sol, des organismes de taille intermédiaire comme les acariens et les collemboles 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 (Uvarov et Scheu 2004 et Aubert et al. 2005). Dans les milieux méditerranéens, les conditions climatiques et pédologiques agissent fortement sur la réduction de la dynamique de la succession des communautés (Fadda et al., 2008). Les impacts écologiques des incendies sont importants, si ceux-ci sont récurrents. Ils entraînent un appauvrissement progressif et inéluctable des écosystèmes qui n'ont plus le temps de récupérer (Meddour-Sahar et Derridj 2010). La protection de la biodiversité est un élément clé de la préservation de l'environnement étant donné que la densité et la composition de la faune du sol sont des indicateurs de cette dernière (Kaiser et Lussenhop 1992 ; Call et Devies 1988). Les caractéristiques morphologiques, physiologiques, phénologiques ou comportementales des organismes vivants sont considérées comme pertinentes pour rendre compte de leurs réponses à leur environnement (Violle et al. 2007 ; Pey et al. 2014). Le rôle bénéfique de ces êtres vivants dans le fonctionnement et l'écologie des sols est encore mal connu dans la gestion du sol. Ils sont pourtant des indicateurs de la qualité des sols et doivent être considérés comme une ressource permettant d'améliorer ces écosystèmes (Morris et Campos 1999 ; Rebek et al. 2002). 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 terres pour leur conservation (Wilson et al. 2006). Dans un contexte de ressources naturelles restreintes et au vu de la récurrence des feux, on se doit de réfléchir à des actions innovatrices pour une meilleure restauration et valorisation de ces écosystèmes fragilisés. 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 des subéraies sur les changements des propriétés physiques et chimiques est nécessaire. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'impact des incendies sur l'abondance et la répartition de macrofaune des sols, en fonction de la profondeur, sous *Quercus suber* L., dans la forêt de Taksebt, Zekri nord de l'Algérie.

2. Matériel et méthodes

2.1. Etude du milieu

La forêt de Taksebt se situe à 70 km à l'est du chef lieu de la Wilaya de Tizi-Ouzou (36° 46' 39.42" N ; Y=4° 37' 42.07" E) avec une altitude de 798 m. Elle s'étend sur une superficie de 9851 hectares, dans l'étage de végétation thermo-méditerranéen à variante tempérée. La température maximale est de 28.84°C en aout et la température minimale est de 10.95 °C en janvier, la période sèche s'étale sur trois mois (juin à aout) (ONM, 2013).

2.2. Echantillonnage et caractérisation des sols

L'échantillonnage est effectué le 15 novembre 2015, dans une subéraie incendiée puis mise en défens depuis 2014. Six pieds de chêne liège ont été sélectionnés selon la fréquence des incendies pour recenser les invertébrés présents dans les sols. Dans chaque profil quatre profondeurs ont été prélevées (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm et 30-40 cm), suivant un dispositif aléatoire, les arbres ont été choisis en fonction du couvert végétal et de l'homogénéité de la lithotoposéquence. Les caractéristiques physiques et chimiques des sols sont déterminées par les méthodes standard d'analyse en pédologie (Jackson 1967).

2.3. Echantillonnage et identification des invertébrés

Nous avons utilisé la méthode du quadrat proposé par Coineau (1974). Un quadrat en bois de 25 cm de côté et 10 cm d'épaisseur est utilisé pour prélever la terre et les êtres vivants contenus sur une profondeur de 80 cm. Pour l'extraction des invertébrés contenus dans les échantillons de sols prélevés, nous avons utilisé la méthode de Berlese-Tullgren (Pesson 1971). Le tri et le dénombrement des invertébrés ont été faits avec une loupe binoculaire et un microscope. Pour la détermination des différents ordres ou groupes de la faune, nous nous sommes référés à plusieurs ouvrages qui utilisent des clés de détermination en se basant sur les caractères morphologiques.

2.4. Analyse statistique

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

3. Résultats et Discussion

3.1. Variation des caractéristiques physiques et chimiques des sols incendiés

L'ouverture d'un profil pédologique et sa description morphologique a révélé que le sol de cette subéraie est un Cambisol (WRB, 2003). L'analyse granulométrique des sols 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. Latexture ne touche pas directement la diversité et la richesse faunistique, elle a une influence indirecte sur l'abondance relative des taxons (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.

Les pH des sols sont fortement acides, oscillent entre 4,45 et 6,60 (Fig. 1a). Néanmoins, ils diminuent de façon très hautement significative de la surface vers la profondeur ($P=0,00001$). L'analyse du carbone organique fait ressortir que les couches superficielles sont plus riches en carbone organique comparativement aux couches profondes du sol (Fig. 1b). Cette variation est très hautement significative. L'importance de la matière organique dans tous les sols particulièrement dans les horizons de surface est liée aux apports de la matière organique fraîche d'une part, d'une minéralisation primaire d'autre part. En plus de la nature du matériau parental, le climat et la végétation jouent un rôle dans la teneur des sols en carbone organique (Klimek et al. 2009). Gobat et al. (2003), ont montré que la mésofaune, qui fragmente la litière accélère son entraînement dans les horizons inférieurs, mais ne modifie pas sa vitesse de minéralisation.

Le dosage de l'azote total montre que les niveaux superficiels des sols sont plus riches (Fig. 1c). Probablement ceci provient essentiellement de la distribution des végétaux, car leur diversité sous cette subéraie est importante en plus de l'enrichissement par les cendres après le passage du feu. Covington 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 brûlées. Les résultats du phosphore biodisponible sont élevés. En revanche, les concentrations augmentent de façon non significative avec la profondeur (Fig. 1d).

Dans les écosystèmes touchés par la récurrence des incendies, le brûlage de la végétation et des litières modifie fortement la disponibilité des éléments minéraux notamment la minéralisation du phosphore organique (Cade-Menun et al. 2002 ; Dugay et al. 2007).

Pourtant, ce pic de disponibilité va rapidement disparaître par des mécanismes de séquestration en se liant avec des oxydes métalliques dans les sols acides particulièrement pour le phosphore (Certini 2005).

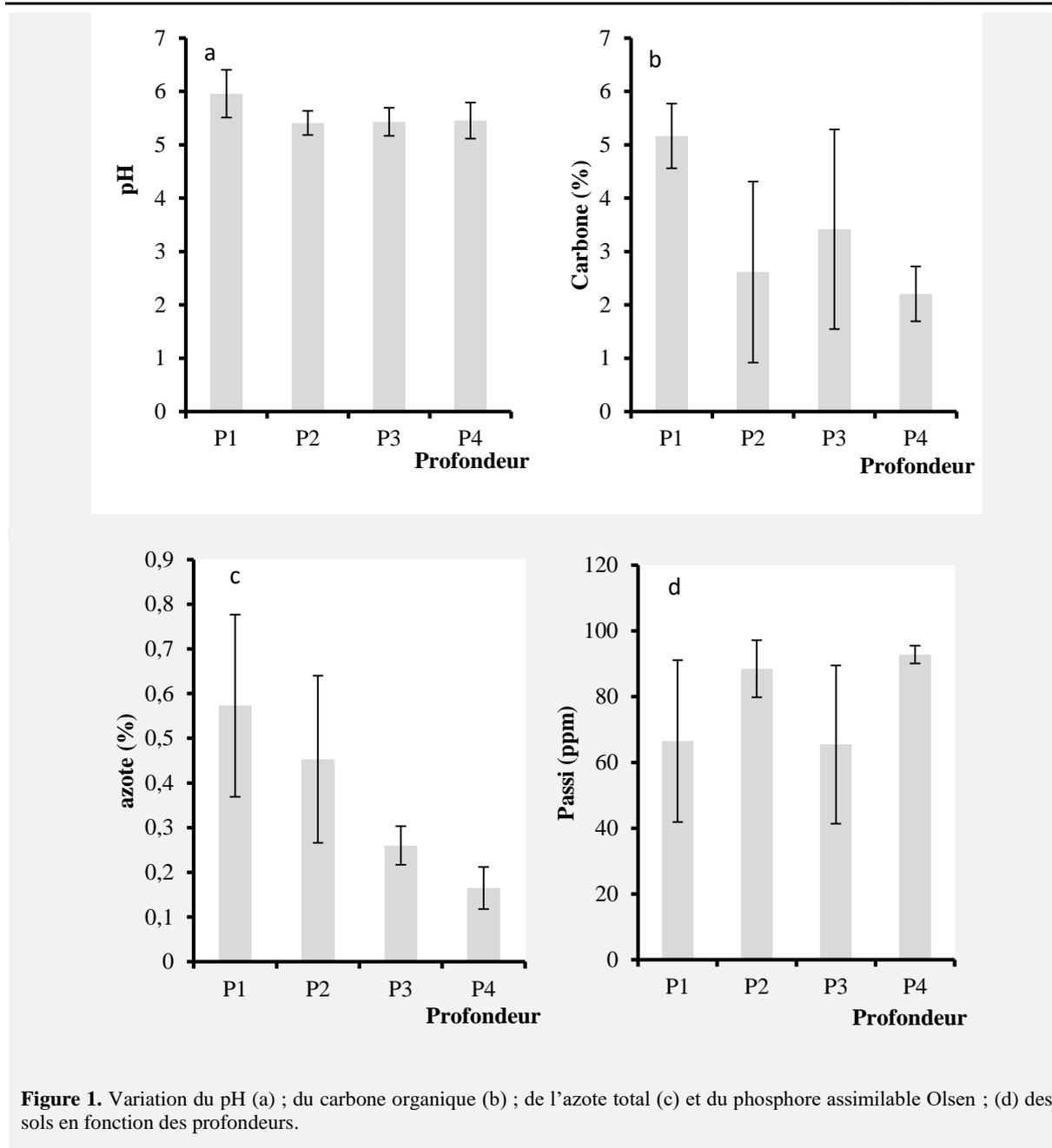


Figure 1. Variation du pH (a) ; du carbone organique (b) ; de l'azote total (c) et du phosphore assimilable Olsen ; (d) des sols en fonction des profondeurs.

3.2. Abondance des invertébrés des sols incendiés

Il est difficile d'évaluer la biomasse de la faune du sol car sa répartition n'est uniforme ni dans l'espace, ni dans le temps ajoutant à cela l'absence de données de référence originelles concernant la forêt algérienne. Les pertes de végétation peuvent avoir un impact négatif sur les populations des arthropodes, ainsi que dans un milieu où la diversité faunique de certains groupes est semblable (Muys et Lust 1992). En plus de l'influence des saisons sur la répartition des animaux, le feu aurait un effet sur l'abondance et la répartition faunistique. Des variables de l'environnement agissent significativement sur l'abondance de la faune dans les différents niveaux du sol, à savoir, les températures, le rapport C/N et les nutriments. Ils sont en étroite relation avec l'abondance des taxons (Antunes et al. 2008).

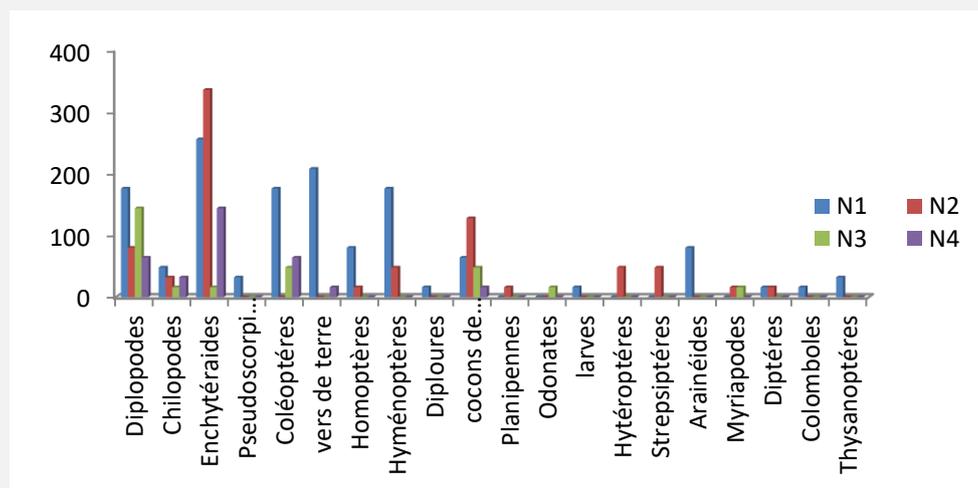


Figure 2. Variation des groupes d'individus récoltés en fonction de la profondeur des sols

Le dénombrement des invertébrés nous a permis de recenser un total de 2912 individus répartis en 20 groupes faunistiques (Fig. 2). Ils sont répartis dans les quatre niveaux explorés du sol. La répartition de cette faune suit une variation spatiale. Les plus abondants sont les Enchytraeides et les Diplopodes, qui représentent respectivement 25,82% et 15,93% des invertébrés. Dans le N1 et N2, les Enchytraeides 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% et en N4. Par contre, l'effectif des Enchytraeides 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 totale recensée dans les couches prospectées. Ils sont plus abondants dans le premier niveau, 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. Un total de 18 ordres a été enregistré ce qui traduit une diversité importante en espèces vivantes d'invertébrés dans les sols de la subéraie de Taksebt.

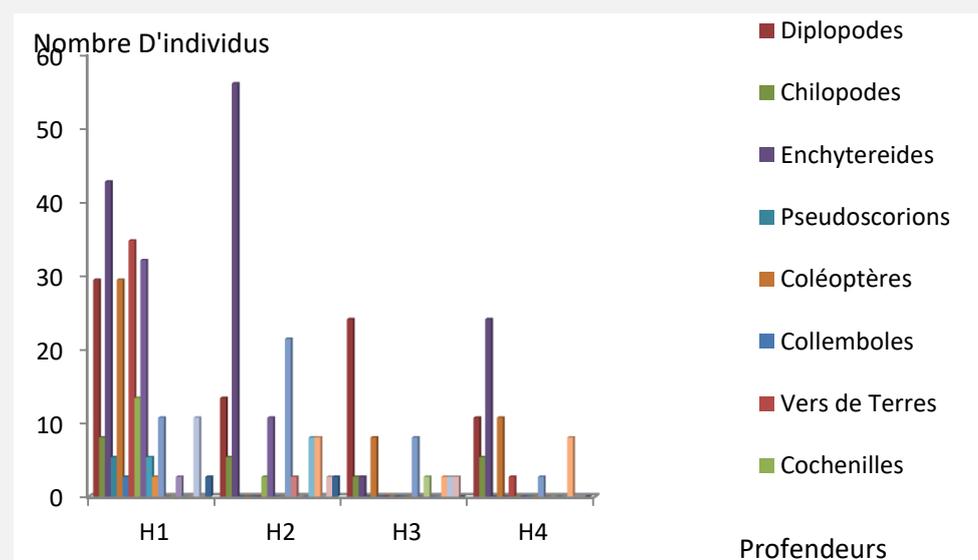
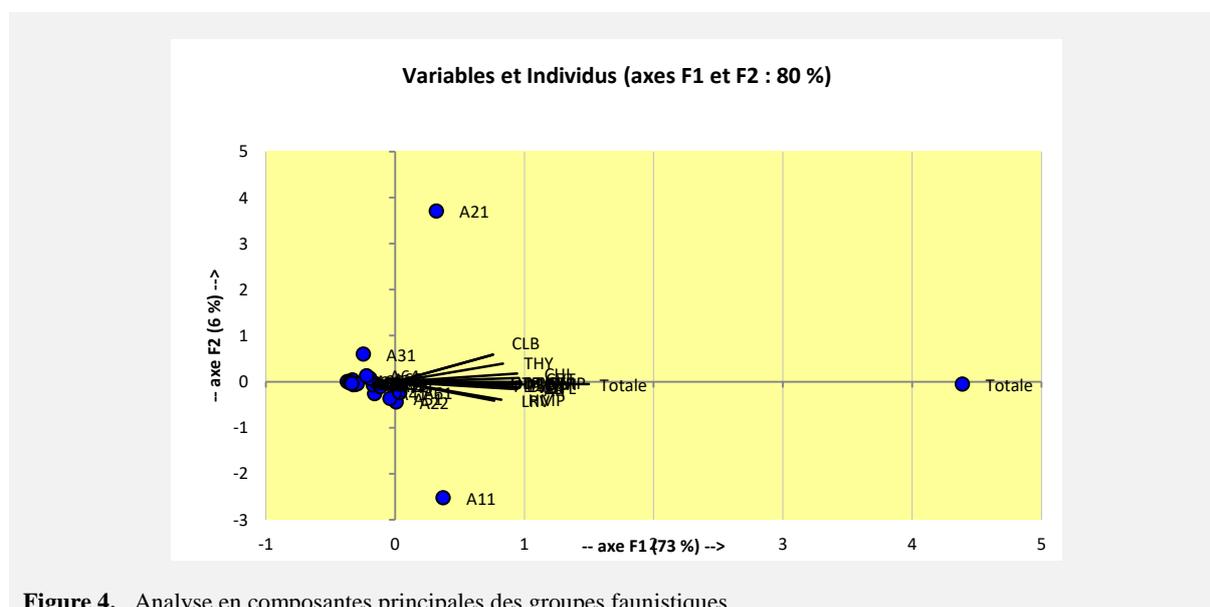


Figure 3. Variation des groupes d'invertébrés dominants

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 N3 avec 336 individus et enfin le niveau N4 avec 224 individus (Fig.3).

3.3. Hiérarchisation des facteurs et leur impact sur la macrofaune

Quand l'habitat est meilleur, particulièrement avec une texture équilibrée et un taux de carbone organique important. Ces propriétés régissent l'abondance de la plupart de la faune des sols (Muys et Lust 1992 ; Saddaka et Ponge 2003 ; Renaud et al. 2004). Ce qui conduit à avoir un bon potentiel alimentaire, une meilleure protection contre les phénomènes climatiques nuisibles tels que la sécheresse et le gel, qui touchent la subéraie étudiée. Cependant, des études ont montré que la répartition des animaux en milieux méditerranéens peut être liée aussi à l'abondance des racines et leurs symbiotes (Staley et al. 2007 ; Frouz et al. 2008).



L'analyse en composantes principales (Fig. 4) a montré que la majorité des groupes faunistiques sont en étroite relation notamment les Vers de terre, 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 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 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 des populations (Lapied et al. 2009). Les Thysanoptères et les Chilopodes qui sont des prédateurs, montrent une corrélation positive avec les conditions du milieu car leur régime alimentaire ne dépend pas essentiellement de la matière organique. En général, les interactions entre les populations fauniques sont positives, ce qui n'est pas le cas avec le milieu édaphique.

3.4. Effet de la récurrence des incendies sur le biofonctionnement des sols de Taksebt

Cette étude nous permet de constater une régénération de la faune façonnée par le passage du feu qui élimine dans un premier temps toutes les communautés épigées. Néanmoins, un nouvel équilibre va se mettre en place au cours de la cicatrisation de l'écosystème, les communautés perturbées se reconstituent à celles qui préexistaient aux feux (Dommergues et Mangenet 1970). 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 subéraie après incendie en particulier les insectes xylophages des bois intacts. Il est important de signaler que cette subéraie est victime d'un surpâturage qui accentue la dégradation de la diversité floristique et faunistique. C'est ainsi que le besoin d'analyses des communautés d'organismes de ces sols s'impose, puisque les organismes du sol peuvent être considérés selon deux points de vue complémentaires : indicateur et acteur (Pères et Lake, 2003).

4. Conclusion

Cette étude regroupe des données originelles concernant l'abondance des communautés d'invertébrés qui se trouvent dans quatre niveaux de sols sous une subéraie. Elle a permis de montrer en termes 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 et de hiérarchiser les facteurs qui contrôlent l'abondance des macro-invertébrés édaphiques particulièrement. Il est souhaitable d'augmenter le nombre d'arbres et de subérais afin de fournir une base de données concernant la faune dans les subérais Algériennes en général et de la faune associée au chêne liège en particulier et d'envisager le rapport faune-flore qui apporterait des valeurs de référence dans les sols forestiers. Afin de mieux gérer le suivi du projet de mis en défens de cette subéraie dégradée il est nécessaire de compléter cet approche par une étude entomologique qui prendra en considération l'interaction insecte- plante hôte et de s'étaler sur l'impact du surpâturage sur le cortège faune-flore.

5. Références

- Antunes SC, Pereira R, Sousa JP, Santos MC, Gonçalves F, (2008).** Spatial and temporal distribution of litter arthropods in different vegetation covers of Porto Santo Island (Madeira Archipelago, Portugal). *European Journal of Soil Biology* 44, 45-56.
- Arianoutsou M., (1998).** Post-fire successional recovery of a phryganic (east Mediterranean) ecosystem. *Acta Oecologica, Oecologica Plantarum*, 5: 387-394.
- Aubert M., Hedde M., Decaens T. Margerie P., Alard D. et Bureau F., (2005).** Facteurs contrôlant la variabilité spatiale de la macrofaune du sol dans une hêtraie-charmaie. *Comptes Rendus Biologies* 328 : 57-74.
- Cade-Menun, B. J., Liu, C. W., Nunlist, R., McColl, J. G. (2002):** Soil and litter phosphorus-31 nuclear magnetic resonance spectroscopy: extractants, metals, and phosphorus relaxation times. *J. Environ. Qual.* 31, 457-465.
- Call C.A. et Davies F.T., (1988).** Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on survival and growth of perennial grasses in lignite overburden in Texas. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 24, 4 : 395 - 405.
- Certini, G. (2005) .** Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143, 1-10.
- Cochran P.H. et Barrett W.E., 1999.** Thirty-five-year growth of ponderosa pine saplings in response to thinning and understory removal. *PNW. RP.* 512. Portland OR: USDA Forest Service. Pacific NW Research Station.
- Coineau Y., (1974).** Introduction à l'étude des microarthropodes et de ces annexes. Ed. Doin, 117p.
- Covington, W.W. and S.S. Sackett. (1986).** Effect of periodic burning on soil nitrogen concentrations in ponderosa pine. *Soil Science Society of America Journal* 50:452- 457.
- Decaens T., Bureau F., Margerie P., (2003).** Earthworm communities in a wet agricultural landscape of the Seine Valley (Upper Normandy, France). *Pedobiologia* 479-489
- De Luis, M., Garcia-Cano, F.M., Cortina, J., Raventos, J., Carlos Gonzalez-Hidalgo, J., Sanchez R ; J., (2001).** Climatic trends, disturbances and short-term vegetation dynamics in a Mediterranean shrubland. *For. Ecol. Manage.* 147, 25-37.
- Dommergues et Manganot (1970).** *Ecologie microbienne du sol*. Ed, Masson et Cie. 794p.
- Dugay S., Eigenbrod F. et Fahrig L., (2007).** Effects of surrounding urbanization on non-native flora in small forest patches. *Landscape Ecology*, vol. 22,4, 589 - 599.
- Fadda, S., Orgeas, J., Ponel, P., Buisson, E., Dutoit, T., (2008).** Conservation of grassland patches failed to enhance colonization of ground-active beetles on formerly cultivated plots. *Environment Conservation* 35, 109-116.

- Frouz J., Prach K. Pizl V., Hanel L., Stary J., Tajovsky K., Materna J., Balik V., Kalcik J. and Rehounkova K., (2008).** Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *European Journal of Soil Biology* 44 : 109-121.
- Gobat J.M., Argano M., Mattheey W. (2003).** Le sol vivant. Ed. Presse polytechniques et universitaires romandes. 550 p.
- Kaiser et Lussenhop (1992).** Mechanisms of microarthropod-microbial interactions in soil. *Advances in Ecological Research* 23, 1-33.
- Klimek B., Choczyn´ Ski M., Juszkievicz A., (2009).** Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) roots and soil moisture did not affect soil thermal sensitivity. *European Journal of Soil Biology* 45. 442–447.
- Kumaraswamy S. et Udayakumar M., (2011).** Biodiversity banking: a strategic conservation mechanism. Review paper. *Biodivers Conserv.* 13p.
- Lapied, E., Nahmani, J., Rousseau, G.X. (2009).** Influence of texture and amendments on soil properties and earthworm communities. *Appl. Soil Ecol.* 43, 241-249.
- Meddour-Sahar O. et Derridj A., (2010).** Le risque d’incendie de forêt : évaluation et cartographie. Le cas de la wilaya de Tizi Ouzou, Algérie (période 1986-2005). Article de recherche. *Sécheresse* 21 (3) : 187-95.
- Morris et Campos, (1999). Morris T. et Campos M., 1999.** Predatory insects in olive-grove soil, zool; baetica . 10 . 49-160.
- Muys B. and. Lust N., (1992).** Inventory of the earthworm communities and the state of litter decomposition in the forests of Flanders, Belgium, and its implications for forest management. *Soil Bid. Biochem.* 24, 1677-1681.
- Naveh, Z., (1975).** The evolutionary significance of fire in the mediterranean region. *Vegetatio* Vol. 29. 3 : 100 – 208.
- Nepstad, D.C., Verisssimo, A., Alencar, A., Nobre, C.A., Lima, E., Lefebvre, P., Schlensinger, P., Potter, C., Moutinho, P.R.S., Mendoza, E., Cochrane, M., Brooks, V., (1999).** Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* 398, 505 – 508.
- Peres C.A. & Lake L.R., (2003).** Extent of nontimber resource extraction in tropical forest: accessibility to game vertebrates by hunters in the Amazon basin. *Conservation Biology.* Vol. 17, 2, 521 – 535.
- Pesson, P., (1971).** La vie dans les sols : aspect nouveau, études expérimentales. Ed. Gauthier-Villars, 417p.
- Pey, B., Nahmani, J., Auclerc, A., Capowicz, Y., Cluzeau, D., Cortet, J., Decaëns, T., Deharveng, L., Dubs, F., Joimel, S., Guernion, M., Grumiaux, F., Laporte, M.-A., Pasquet, A., Pelosi, C., Pernin, C., Ponge, J.-F., Salmon, S., Santorufo, L., Hedde, M. (2014)** Current use of and future needs for soil invertebrate functional traits in community ecology. *Basic and Applied Ecology*, 15: 194-206
- Rebek E. J., Hogg D. B. and Young D. K., (2002).** Effect of Four Cropping Systems on the Abundance and Diversity of Epedaphic Springtails (Hexapoda: Parainsecta: Collembola) in Southern Wisconsin. *Environmental Entomology.* Vol. 31, 1,37- 46.
- Renaud A., Poinso-Balaguer N., Cortet J. Le Petit J. (2004).** Influence of four soil maintenance on Collembola communities in Mediterranean vineyard. *Pedobiologia*, vol. 48, 5-6, 623- 630.
- Saddaka et Ponge (2003).** Soil animal in holm oak forests: Influence of horizon altitude and year. *European journal of soil biology* 39 (2003)197-207. 2003.6P.
- Sharon, R., Degan, G., Warburg, M., (1999? 2001).** Comparing the soil macro-fauna in two oak-wood forests: does communities structure differ under similar ambient conditions? *Pedobiologia* 45, 355-366.
- Staley J.T., Hodgson C.J., Mortimer S.R., Michael D. Morecroft M.D., Masters G.J., Brown V.K. and Taylor M.E., (2007).** Effects of summer rainfall manipulations on the abundance and vertical distribution of herbivorous soil macro-invertebrate *European Journal of Soil Biology* 43, pp: 189-198.
- Trabaud L. et Lepart J., (1980).** Diversity and stability in garrigue ecosystems after fire. *Vegetatio*, 43 : 49-57.
- Turvey N. D., (1994).** Soil types as classes for managing the nutrient status of planted *Pinus radiata* in Victoria, Australia. *Australian Forestry.* Vol; 57, 4, 148 – 156.

- Uvarov, A. V. et Scheu, S., (2004).** Effects of temperature regime on the respiratory activity of developmental stages of *Lumbricus rubellus* (Lumbricidae). *Pedobiologia* 48 (2004) 365–371
- Violle C., Navas, M. L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I. and Garnier, E. (2007).** Let the concept of trait be functional. *Oikos*, 116(5): 882-892.