

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou



Faculté des sciences Biologiques et des sciences Agronomiques

Département de biologie

Mémoire de fin d'études

Diplôme : Master en Biologie

Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème

Impact des changements globaux sur un écosystème forestier : cas d'une subéraie d'Ath Ghobri.

Réalisé par : M^r KACI Syphax

Devant le jury :

Président: M^r OUDJIANE A,

M.A.A. UMMTO.

Promoteur: M^r DERRIDJ A,

Professeur. UMMTO.

Co-promoteur: M^r RAHMANI A,

M.A.A.UMMTO.

Examinatrice : M^mc. BRAHMI K,

Professeur. UMMTO.

Année Universitaire 2020-2021

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, j'adresse mes sincères remerciements à mon promoteur, Professeur Derridj.A ainsi qu'à mon Co-promoteur Mr. Rahmani.A Maitre assistant à la faculté des sciences Biologiques et des sciences Agronomiques de Tizi-Ouzou qui ont accepté de m'encadrer.

Je tiens également à remercier les membres du jury M^{me} BRAHMI qui a accepté de d'examiné mon travail. Mr OUDJIANE qui a accepté de présidé le jury.

J'exprime ma profonde reconnaissance et chaleureux remerciements à ma famille, et mes amis ainsi que toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail, pour leur confiance et leurs conseils.

Introduction

Les problèmes environnementaux sont généralement compris comme un phénomène indépendant dû à plusieurs causes : le changement climatique, la croissance démographique, l'érosion de la biodiversité continentale ou marine, la raréfaction des ressources hydriques, l'usage intensif des ressources hydriques, dégradation des sols, pollution chimique de l'air et de l'eau, etc. Or ces problèmes sont profondément reliés les uns aux autres en partie par le biais des enveloppes superficielles de la planète (air, eau, sols...) où ils se déroulent, mais surtout par l'évolution simultanée des activités humaines (niveaux de développement, pression démographique, mondialisation des échanges, évolutions technologiques, modification des comportements sociaux). Les changements globaux induisent des perturbations sur la biocénose notamment sur les différentes interactions qui existent entre les organismes vivants du plus petit organisme au plus grand. Ces changements environnementaux sont désormais clairement perceptibles à grande échelle, voire celle de la planète, d'où le terme « Changements Globaux » ou « Changement Global » (Vauclin et Monfray, 2013).

Les changements globaux diffèrent de toute perturbation naturelle des écosystèmes. En premier lieu par les modifications de grande ampleur qui affectent en général l'environnement de la planète ; L'atmosphère et la biosphère, en second lieu par ces modifications sont d'origine anthropique et enfin leur échéance n'est visible que sur une longue durée qui va de l'ordre de centaine d'années à des millénaires. Les changements globaux sont le résultat d'une empreinte écologique humaine remarquable, causé par l'utilisation de la biodiversité fossile à un niveau jamais égalé qui affecte tant les cycles biogéochimiques, la physiologie des organismes vivants ainsi que le climat de la planète (Blondel, 2008).

Les écosystèmes forestiers assurent une large diversité de services écosystémiques, comme le maintien des cycles biogéochimiques de base, (l'eau avec les processus d'évapotranspiration, d'infiltration et de filtration..., le carbone avec notamment le processus de la photosynthèse et les principaux nutriments comme l'azote ou le phosphore avec le processus de minéralisation au sein de l'humus...), la formation et la maintenance des sols ainsi que la capacité des milieux forestiers à abriter une large biodiversité qui, de près ou de loin, participent à la réalisation des services bénéfiques aux sociétés humaines (Dufrière et Maebe, 2017).

En effet, les écosystèmes forestiers qui fournissent un ensemble considérable de services écosystémiques, sont considérés comme d'importants réservoirs de biodiversité.

Cependant, ces écosystèmes subissant une multitude de menaces - la fréquence, l'intensité et l'époque des incendies, les ouragans, la sécheresse, les tempêtes de verglas et infestations d'insectes - tendent à évoluer sous l'effet des activités humaines et des changements climatiques mondiaux qui rendent les écosystèmes forestiers encore plus vulnérables.

En Algérie nos forêts, particulièrement nos subéraies subissent de fortes pressions anthropogènes qui induisent des perturbations, affectant le fonctionnement global de ces écosystèmes. Parmi ces facteurs nous pouvons citer :

- Les incendies répétés ;
- Le surpâturage ;
- L'érosion des sols ;
- L'accumulation des déchets de tout genre ;
- L'absence de plan de gestion et d'aménagement ;

Dans le contexte d'une érosion globale de la biodiversité, il est important de mieux connaître cette diversité et d'en comprendre le rôle fonctionnel afin de prédire les conséquences de la disparition des espèces sur le fonctionnement des écosystèmes naturels et agricoles (Hattenschwiler et *al*, 2018).

Le sol, qui constitue un compartiment fondamental de l'écosystème forestier, est caractérisé par une biodiversité phénoménale, mais mal répertoriée, organisée en réseaux d'interactions complexes, qui sont traditionnellement traités comme une boîte noire dans la compréhension conceptuelle et mécanistique du fonctionnement de l'écosystème.

L'estimation actuelle de la faune du sol représente plus de 80 % de la biodiversité animale. Ses plus célèbres représentants, les vers de terre, sont la première biomasse animale terrestre : on en compte en moyenne une tonne à l'hectare en masse fraîche. Mais dans une prairie normande, par exemple, le chiffre peut atteindre quatre à cinq tonnes (Deprince, 2003).

Indépendamment du nombre des espèces et de leur abondance, cette extraordinaire biodiversité du sol, est structurée au sein de réseaux d'interactions très complexes. Les interactions prédominantes sont de nature trophique (Hattenschwiler et *al*, 2018).

Face à toutes les perturbations subies par les écosystèmes forestiers, il est nécessaire de mettre en évidence des plans de gestion durables des écosystèmes, afin d'assurer le maintien des communautés d'organismes, car cette importante biodiversité peut être une assurance écologique, sociétale, contre les risques et les incertitudes associés à ces changements globaux (Deprince, 2003).

L'objectif de notre travail est de mettre en évidence certaines interactions entre les communautés de macro invertébrée du sol et leur environnement immédiat, à travers l'étude de l'impact de certains facteurs abiotiques sur la dynamique démographique de ces populations du sol, donc sur le fonctionnement global de l'écosystème forestier choisi.

Notre travail s'articule autour de quatre chapitres qui traiteront respectivement :

- Des généralités sur le chêne-liège (*Quercus suber* L), le sol et la pédofaune;
- Matériel et méthodes et la présentation de la région d'étude et du protocole expérimental adopté ;
- De la discussion des résultats obtenus ;
- Conclusion.

Chapitre 1. Synthèse bibliographique

I. Géographie du chêne liège

I.1. Importance des subéraies au niveau mondiale

Quercus suber L. est une espèce strictement méditerranéenne distribuée la partie occidentale, entre le sud-ouest de l'Europe et l'Afrique du Nord (Mechergui, 2021). Il couvre actuellement une surface totale d'environ 1,43 million d'hectares en Europe et 0,85 million d'hectares, dans le nord de l'Afrique. Plus de la moitié de cette surface se trouve dans la péninsule Ibérique (Apcor, 2008).

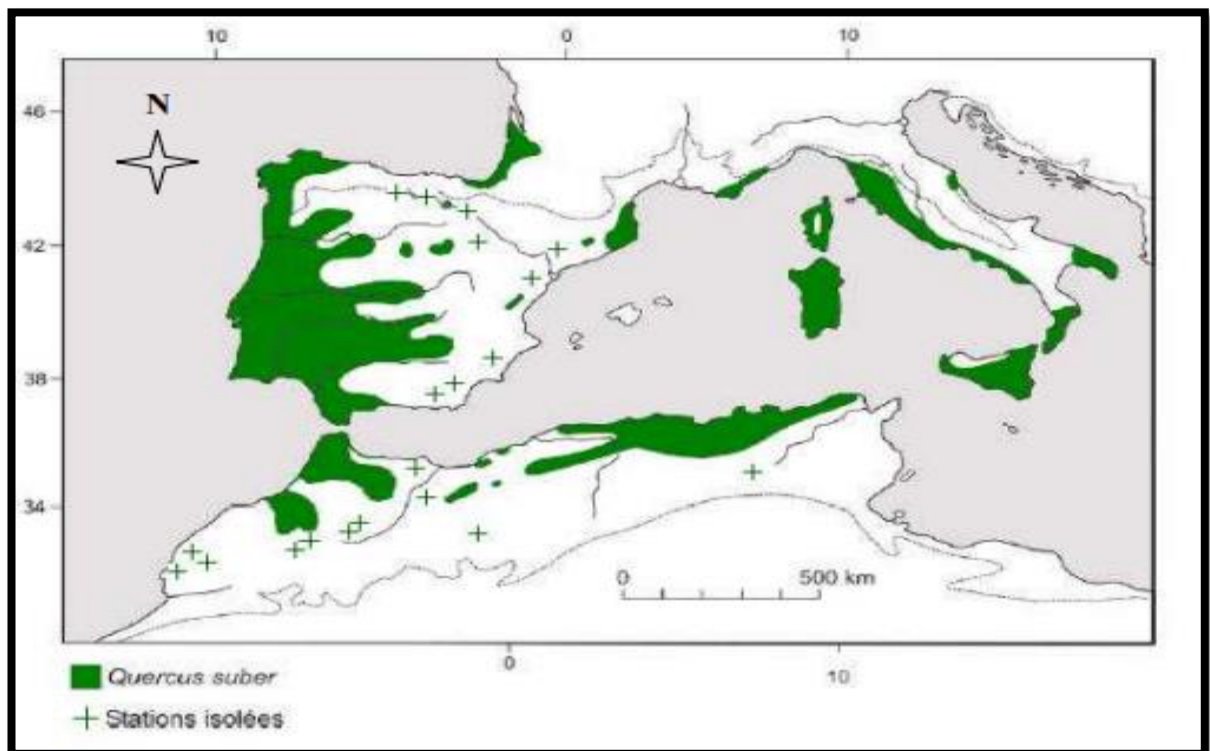


Figure 1. Répartition du chêne liège dans le bassin méditerranéen (Quezel et Medail, 2003).

I.2. Importance des subéraies en Algérie

Le chêne-liège domine dans les régions humides, de l'Est d'Alger jusqu'à la frontière tunisienne (Fig. 2). Il s'étend d'une manière assez continue le long de la zone littorale où il offre le maximum de son aire de répartition dans la partie Ouest, il reste disséminé et constitue des îlots de moindre importance (Bekdouche, 2010). L'Algérie offre une superficie appréciable de 410 000 hectares selon les estimations données par Silva et Catry (2006).

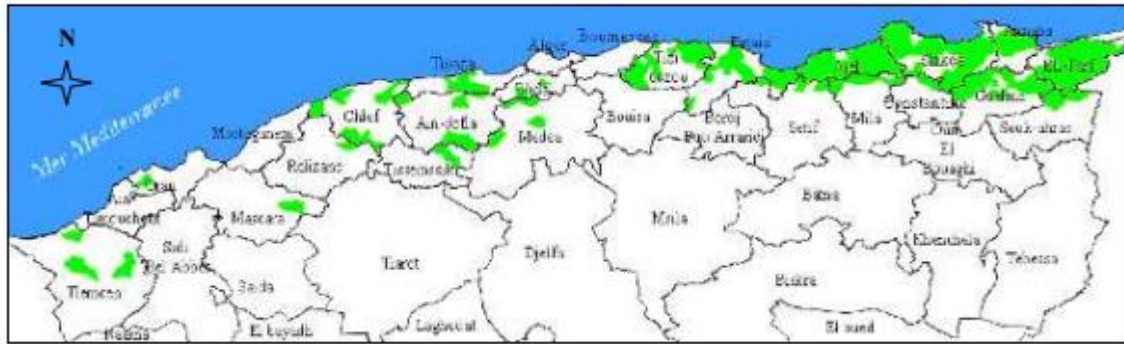


Figure 2 : Aire de répartition du chêne liège en Algérie. (Silva et Carty, 2006)

II. Généralités sur l'espèce

II.1. Présentation de l'espèce

Le genre *Quercus*, est très répandu dans l'hémisphère nord ; il renferme de très nombreuses espèces dont on en compte jusqu'à 500 espèces selon (NATIVIDADE, 1956).

Le chêne-liège (*Quercus suber* L.) est une espèce endémique du bassin méditerranéen, dont l'origine remonte au Tertiaire (Seigue, 1985). Il est un descendant de la flore pliocène supérieure (BOUDY, 1950 ; Quézel, 2000). Des études palynologiques ont montré l'apparition de ce végétal au sud de l'Espagne et au niveau de l'actuelle frontière franco-espagnole entre 10 000 et 6500 ans avant JC (BOUHRAOUA ,2003).

Cette espèce existait en Afrique du Nord depuis six milles en av. JC (Quezel et Medail, 2003). Et elle est désignée sous les noms d'Ahlidj en iderren, Igiqui, Agout, Harnech, Aferi, Aferki ou Iferki (BOUHRAOUA ,2003).

En Algérie, cette essence naturelle est l'une des plus remarquables mais aussi l'une des plus précieuses compte tenu du rôle indéniable des forêts de chêne-liège sur le plan environnemental (érosion, résistance aux incendies, séquestration du carbone et lutte contre l'effet de serre) et socio-économique (qualité de ses ressources naturelles). En effet, l'Algérie fournit 5% de la production mondiale de liège (Harfouche et al, 2003).

II.2. Systématique

D'après la classification APG III (Chase et Reveal, 2009), le chêne liège (*Quercus suber* L.) appartient systématiquement à :

Règne : Plantae

Clade : Angiospermes

Clade : Dicotylédone vraie

Clade :Rosidées

Clade :Fabidées

Ordre : Fagales

Famille : Fagacées

Genre : *Quercus*

Espèce : *Quercus suber* L.

III. Caractéristiques botaniques

III.1. Allure générale et longévité

Le chêne-liège est un arbre de taille variable allant de 10 à 15m en moyenne, il peut atteindre 20 à 25 m en peuplements denses. Son port varie en fonction de la densité du peuplement (Fig. 3). Il peut vivre jusqu'à 300 ans mais les levées successives de liège, les éventuels incendies et les conditions situationnelles, diminuent fortement cette longévité jusqu'à environ 150 à 200 ans (Gil et Varela, 2008).



Figure 3. Foret d'Ath Ghabri

III.2. Appareil végétatif

III.2.1. Système racinaire

Le système racinaire est pivotant avec des ramifications latérales puissantes évoluant horizontalement d'une distance de 22 à 32 cm environ (Pereira, 2007). Il est caractérisé par de longues racines fixant l'arbre solidement même dans les sols les plus rocheux jusqu'à 20m, ce qui explique pourquoi en été le chêne-liège est capable d'extraire l'eau pour maintenir une hydratation foliaire élevée (Sauvage, 1961 ; Nardini et *al.*1999 ; Pereira, 2007).

III.2.2. Ecorce

L'écorce peut atteindre une épaisseur de 15cm, son écorce externe est composée d'un tissu compact élastique et thermiquement isolant (Touati et *al.*, 2015) ; de cellules mortes aux parois très imperméables (Pereira, 2007). La première récolte de liège a lieu lorsque l'arbre à environ 30 ans, puis à un intervalle de 9 à 12 ans (Silva et *al.*, 2005).



Figure 4. Tronc du chêne liège

III.2.3. Les feuilles

Le chêne-liège est une espèce sclérophylle à feuillage persistant, de 2 à 3 ans. Les feuilles sont de forme et de dimension variables d'un arbre à un autre et même sur le même arbre. De forme ovale et dentée, celles-ci sont dures, coriaces, de couleur vert foncée, lustrées sur la face supérieure, tomenteuses et gris-blanchâtre sur la face inférieure (Saccardy, 1938). Le chêne liège peut perdre fortement ces feuilles après une forte glandée, à la suite de conditions atmosphériques défavorables ou après une récolte exagérée de liège (Silva et al, 2005 ; Petroselli et al, 2013).



Figure 5. Feuilles de chêne liège

III.3. Appareil reproducteur**III.3.1. Inflorescence**

Le chêne-liège est un arbre monoïque, les fleurs mâles en chatons filiformes de 4 à 8 cm apparaissent sur les rameaux de l'année précédente. Les fleurs femelles en chatons courts de 0.5 à 4 cm de long groupées par 2 ou 3 à l'extrémité des rameaux de l'année, elles sont

plus courtes et plus rigides (Natividade, 1956 ; Lamey, 1938). Pour Lamey, (1938). Le climat et l'exposition conditionnent la floraison qui commence vers l'âge de 12 à 15 ans et se déroule entre la fin avril jusqu'à la fin du mois de mai.

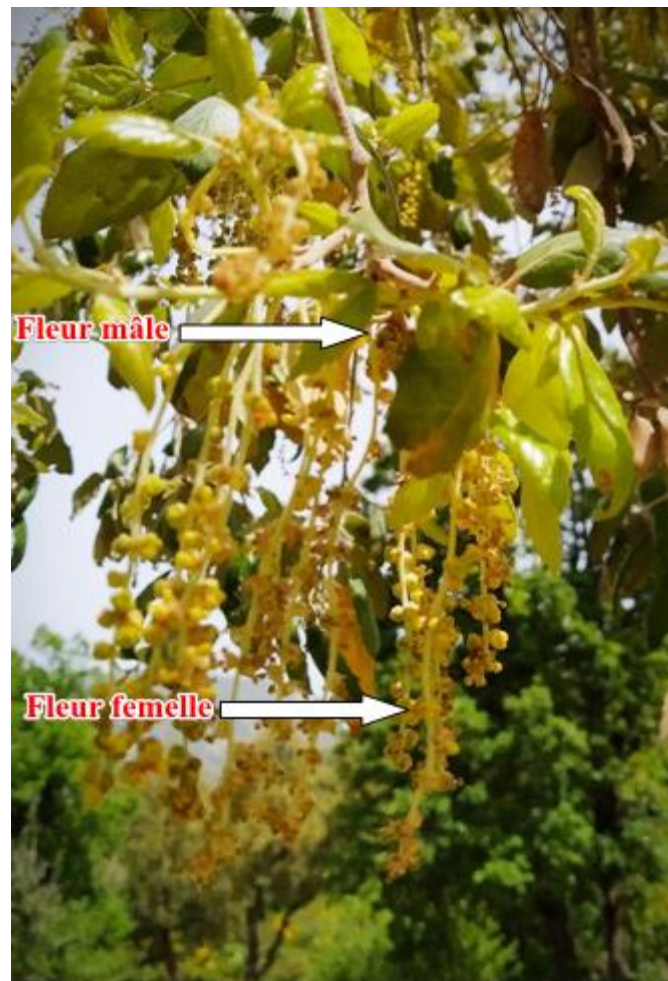


Figure 6. Fleurs du chêne liège

III.3.2. Fruits

Les fruits sont des akènes (glands), présentant selon l'arbre des formes et des dimensions très variables, varient 2 à 5 cm en longueur et de 1 à 2 cm en largeur, de couleur brune à maturité, avec un pédoncule jusqu'à 4 cm de long, (Pereira, 2007). Le gland mûrit généralement l'année même de floraison, tombe en octobre et novembre parfois jusqu'à janvier (Boudy, 1950 ; Natividade, 1956).



Figure 7. Fruit du chêne liège

IV. Écologie du chêne liège

Le chêne liège est une essence de méditerranée occidentale, sa répartition géographique est conditionnée par ses exigences écologiques qui sont en nombre de quatre : exigence en lumière, chaleur, humidité et refus des sols calcaires (Bekdouche, 2010). En effet c'est une espèce strictement calcifuge qui colonise surtout les sols siliceux (Quézel et Médail, 2003). Elle préfère les sols à pH acide, avec peu de contraintes pour la pénétration et la prospection des racines (Pausas, 2009).

Le chêne liège est héliophile et thermophile. Il pousse sous des climats tempérés à hiver doux car il craint les gelées persistantes et a besoin d'une période de sécheresse en été pour prospérer (Bekdouche, 2010). Il croit bien dans les régions recevant une pluviométrie moyenne annuelle supérieure à 600 mm et une température moyenne annuelle de l'ordre de 15°C (Pausas, 2009).

La subéraie occupe une place bien particulière au sein de la forêt méditerranéenne, elle constitue un complexe d'écosystèmes en interrelations fonctionnelles (Bennadja, 2013).

En Algérie, d'après (Letreuch-Belarouci et *al*, 2010), les subéraies sont affectées par plusieurs agents de dégradation directe :

- L'incendie répété, souvent volontaire, lié aux pratiques des pasteurs pour favoriser la repousse de l'herbe après les orages de fin d'été ;
- La prédation par le troupeau, prélevant les jeunes rejets tendres et la totalité des glands qui constituent un excellent fourrage ;
- Le non-rajeunissement des vieilles souches et la déficience d'une régénération naturelle par semis ;
- L'absence de plan de gestion et d'aménagement.

V. Sol et biodiversité

V.1. Sol

Ce qui est appelé couramment « le sol » est plutôt désigné par le terme « couvertures pédologiques », qui sont des objets naturels dont l'existence et l'état actuel résultent de l'évolution au cours du temps d'un matériau minéral sous l'action combinée de facteurs climatiques et de l'activité biologique des végétaux, des animaux et des micro-organismes (Baize et Jabiol,1995).

Le sol, lieu de vie des arbres, constitue le patrimoine de base de tout propriétaire forestier. Le sol forestier est une structure biologique, physique et chimique complexe et sensible en tant qu'interface entre de nombreux cycles de matières. Il sert entre autres de lieu d'échange pour l'eau, les éléments nutritifs et les polluants qui ont un impact direct sur la biodiversité. La principale caractéristique des sols forestiers est leur stabilité grâce à la présence d'un enracinement permanent et d'un humus (Baize et Jabiol, 1995 ; Vigneron,2011).

V.2. Rhizosphère

La rhizosphère est le volume de sol entourant la racine vivante d'une plante (Hinsinger,2010),C'est la mince couche du sol qui entoure les racines et dont la composition est profondément modifiée. Elle diffère de la masse du sol par son pH, le potentiel redox (Eh), l'abondance et la composition de la matière organique qui se traduit par une teneur élevée en carbone(Darrah,1994 ; Duchaufour,2001).

C'est aussi un champ d'action ou d'influence de la racine, où les exsudats racinaires stimulent ou inhibent les populations microbiennes et leurs activités (Lynch,2001).

Il existe trois zones distinctes dans la rhizosphère : l'endorhizosphère, le rhizoplan et l'ectorhizosphère (Lynch, 1987) (figure 08).

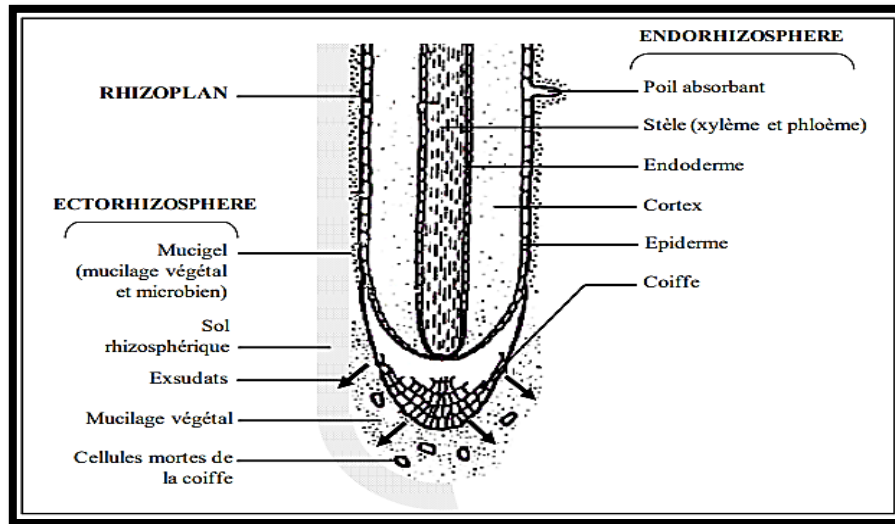


Figure 8. Représentation schématique de la rhizosphère (Lynch, 1983)

C'est la région du sol sous l'influence de la racine, elle s'étend à la surface des tissus (rhizoplan) et à l'intérieur des endorhizosphère. On qualifie alors l'exorhizosphère de la région du sol située au voisinage de la racine et influencée par celle-ci (Gobât et *al*, 1998).

Le système racinaire représente la principale zone d'échange de nutriments et d'eau entre le sol, les microorganismes et les plantes. Dans la zone de sol sous leur influence, appelée rhizosphère, les racines vont très fortement modifier les propriétés physicochimiques du sol et les communautés d'organismes (Hinsinger et *al*, 2005). De plus, des associations avec des organismes mutualistes, notamment les champignons mycorhiziens, et les bactéries fixatrices d'azote, influencent fortement les cycles biogéochimiques (Lambers et *al*, 2009). Les différentes espèces de plantes se distinguent fortement par rapport à leurs associations avec des microorganismes mutualistes et de la rhizosphère, mais aussi par rapport aux traits fonctionnels et à l'architecture (profondeur et densité) de leur système racinaire avec des forts impacts sur le fonctionnement du sol et de l'écosystème dans sa globalité (Bardgett et *al*, 2014 ; Derrien et *al*, 2016 ; Mariotte et *al*, 2018).

V.3. Faune du sol

Les organismes du sol sont incroyablement diversifiés en forme, couleur, taille et fonction, des procaryotes microscopiques aux mammifères macroscopiques, et appartiennent à la majorité des branches de l'arbre de la vie (Fig. 9). Le sol représente ainsi un des plus grands réservoirs de biodiversité de notre planète (Hattenschwiler et *al*, 2018).

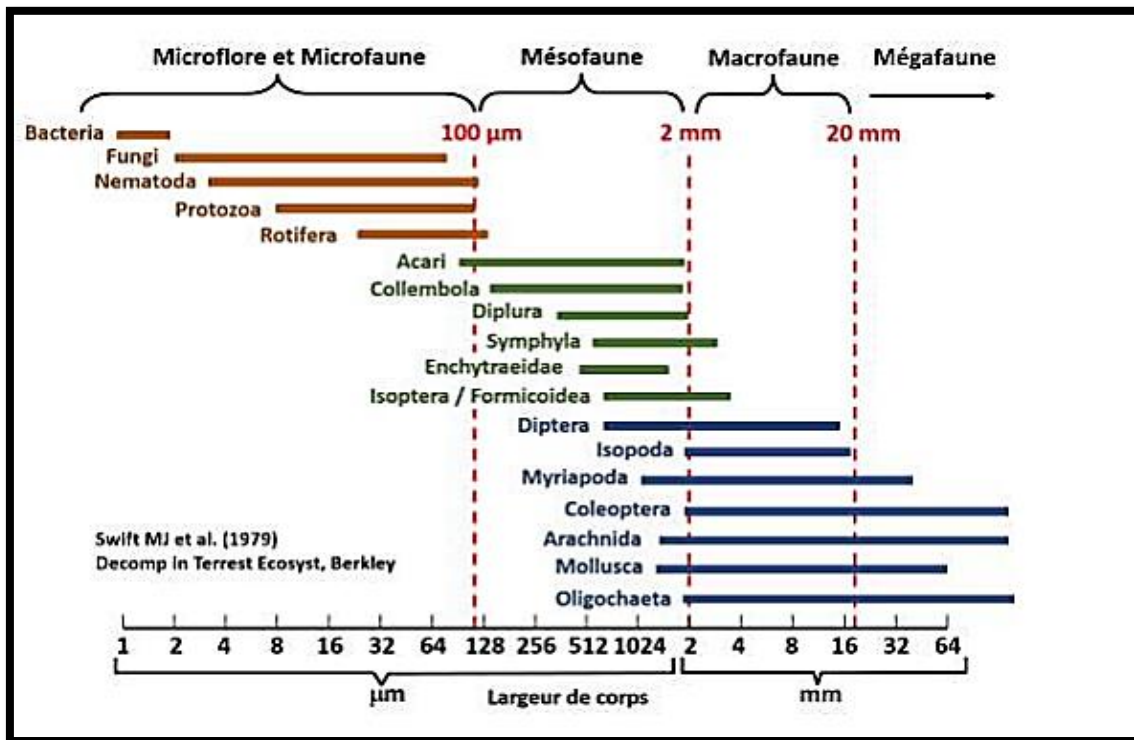


Figure 9. La classification par taille (largeur des corps) des organismes du sol (Hattenschwiler et al, 2018).

La faune du sol représente plus de 80 % de la biodiversité animale (Deprince, 2003), le comportement des organismes de la faune du sol répond aux contraintes imposées dans le sol. Or l'intensité et la nature de ces contraintes sont intimement liées à leur taille, à l'accès à l'eau et aux nutriments, De cette observation est née la classification morphométrique qui permet de balayer l'ensemble des individus de la faune du sol. Cette classification distingue les individus appartenant à la faune du sol selon leur taille et leurs relations vis-à-vis de l'eau (Lavelle et Spain, 2001). On y distingue la microfaune (< 0,2 mm), la mésofaune (0,2 mm à 2 mm) et enfin la macrofaune (> 2 mm). Notons que même si elle permet d'avoir une vue générale de la faune du sol, cette classification possède ses limites. En effet, d'une part, plusieurs taxons peuvent appartenir à deux catégories de taille

V.3.1 La microfaune

La microfaune des sols est représentée par des protistes et des nématodes. Les protistes sont des eucaryotes (3-100 microm) qui occupent essentiellement les pores à l'extérieur des microagrégats (Lavelle et Spain, 2001). Les nématodes (0,15 à 5 mm) sont des métazoaires filiformes qui vivent dans les films d'eau ou sont des parasites des plantes à la surface ou dans les racines (Lavelle et Spain, 2001).

V.3.2. La mésofaune

La mésofaune est constituée par des habitants permanents de la litière et des interstices du sol. La mésofaune comprend des microarthropodes qui sont dominés par les acariens et les collemboles (Lavelle et Spain, 2001). Les collemboles sont des insectes (pas exactement) (Deharveng, 2004) petits et allongés, aptérygotes, mais parfois pourvu d'une furca (organe sauteur pour fuir les prédateurs) et ont une taille qui varie de quelques dixièmes de millimètres à 5 millimètres. Environ 8000 espèces sont décrites (Bellinger *et al.*, 2003) qui sont partagées entre les Arthropleona (collemboles allongés) et les Symphypleona (collemboles globuleux) (Bellinger *et al.*, 2003). Les acariens sont des arachnides de quelques dixièmes de mm à 1-2 mm. Il existe quatre principaux sous ordres : les mésostigmates (Gamasida), les prostigmates (Actinedida), les astigmates (Acaridida), et les cryptostigmates (Oribatida) et un cinquième peu représenté, les metastigmates (Ixodida) qui regroupent 500 000 espèces (Lavelle et Spain, 2001). Selon les auteurs et la variabilité saisonnière, la densité s'échelonne de 20 000 à 670 000 individus/m², soit de 80 à 1000 mg sec/m² (Lavelle et Spain, 2001 ; (Petersen et Luxton, 1982). Les enchytréides sont des oligochètes petits et colorés (ISO, 2005) d'une taille de 1 à 50 mm qui comptent environ 600 espèces, concentrés dans les 10-15 premiers cm, dans les couches supérieures organiques. Les densités varient beaucoup selon l'humidité du sol et les températures. Toutefois, en milieu tempéré, on estime la biomasse fraîche des enchytréides de 1 à 10 g /m² (Petersen et Luxton, 1982) et représentent souvent la plus forte biomasse au sein de la mésofaune. Bien que moins présent en terme de densité et de biomasse, il est à noter que d'autres représentants de la mésofaune du sol existent : des insectes aptérygotes, les protozoaires et les diptères, des micromyriapodes, pauropodes, symphiles et polyxenida (Coineau *et al.*, 1997).

V.3.3. La macrofaune

Les vers de terre sont des oligochètes segmentés dont la taille varie de 5 à 15 cm en moyenne, vivant dans le sol profond ou la litière. Il existe environ 693 genres et plus de 6000 espèces. En France, il existe 97 espèces, 49 sous-espèces et 33 variétés, soit un total de 180 taxons différents (Bouche, 1972 ; Kersanté, 2003). La densité moyenne est d'environ 100 à 500 individus/m² pour une biomasse allant de 30 à 100 g frais/m² avec une variation saisonnière (Lavelle et Spain, 2001). Les isopodes sont des crustacés terrestres dont la taille varie de 1 à 2 cm, vivant dans la litière. La densité moyenne en milieu tempéré dans un sol brun non cultivé est d'environ 100 individus/m² (Bachelier, 1978). Les myriapodes sont des arthropodes qui se concentrent dans la litière et à la surface du sol. Leur taille est très variable.

On distingue les diplopodes (deux paires de pattes par segment, densité de 200 à 500 individus/m²) des chilopodes (une paire de pattes par segment, 50 individus/m²) (Bachelier, 1978). Parmi les autres représentants figurent les larves de diptères, les coléoptères vivants dans la litière, les araignées vivantes à la fois dans le sol et la litière. Des homoptères, des héteroptères, des blattes, des thysanoures, des hémiptères endogées ou des larves de lépidoptères sont occasionnellement rencontrés (Lavelle et Spain, 2001 ; Nahmani, 2003). Les termites et les fourmis font également partie de la macrofaune. Ils ont été volontairement écartés ici car leur influence est surtout remarquable en milieu tropical et non en milieu tempéré.

V.4.Importance de la biodiversité dans les processus écosystémiques

Indépendamment du nombre des espèces et de leur abondance, cette extraordinaire biodiversité du sol, est structurée au sein de réseaux d'interactions très complexes. Les interactions prédominantes sont de nature trophique avec une grande majorité d'organismes hétérotrophes qui dépendent des apports de matière organique d'origine végétale (litières aériennes, souterraines et exsudats racinaires) pour constituer leur propre biomasse. Les apports de résidus végétaux au sol, leur quantité, qualité et distribution dans le temps sont ainsi des déterminants clés pour comprendre la biodiversité du sol dans le fonctionnement de l'écosystème. Différentes espèces de plantes peuvent imposer un contrôle fort sur les communautés d'organismes décomposeurs à travers la variation de la qualité de leurs litières. La qualité de la litière végétale, définie par ses propriétés physico-chimiques, détermine la quantité et la disponibilité relative des éléments essentiels à la croissance des décomposeurs (carbone (C), azote (N), phosphore (P), etc.) et enfin la vitesse de décomposition des litières. Ces relations entre qualité des litières et le taux de décomposition sont à la base du paradigme du contrôle de la décomposition par le rapport lignine/N ou le rapport C/N. La variabilité interspécifique de ces rapports prédit très bien le taux de décomposition pour la majorité des écosystèmes et ces paramètres simples sont largement utilisés dans les modèles mécanistes du cycle du carbone (Moorhead et al, 1999 ; Adair et al, 2008). Cependant, ce paradigme est entièrement basé sur des études empiriques manipulant des litières issues des espèces individuelles. En réalité, dans de nombreux écosystèmes, les litières de différentes espèces se retrouvent en mélange pendant la décomposition et les paramètres chimiques peuvent varier très fortement d'une espèce végétale à l'autre au sein d'une même communauté à une échelle très locale, créant ainsi une forte hétérogénéité chimique des apports de litières au sol.

Chapitre 2. Matériels et méthodes

I. Etude du Milieu

I.1. Situation géographique

L'étude est menée dans la forêt d'Ath-Ghobri (Fig. 10) située à environ 40 Km à l'est de Tizi-Ouzou, elle s'étend sur une superficie de 5705 ha et limitée :

- Au nord par une ligne de crête la séparant de Tamgout par l'Oued Acif Hammam,
- Au sud par le village de Cherfa Bahloul, Assiak Bouada et Chebel;
- A l'est par la forêt d'Akfadou,
- A l'ouest par une plantation parsemée de petits hameaux et par le chemin de Wilaya (CW N° 134).

Les coordonnées angulaires sont : $36^{\circ}42'$ - $36^{\circ} 47'$ de latitude nord et $40^{\circ} 22'$ - $40^{\circ}27'$ de longitude, avec une altitude moyenne de 735 m Le point le plus bas est de 270 m (Tizi-Bouchen) et le point le plus haut de 1200 m (Djebel Affroun) (carte topographique d'Azazga feuille N° 24)

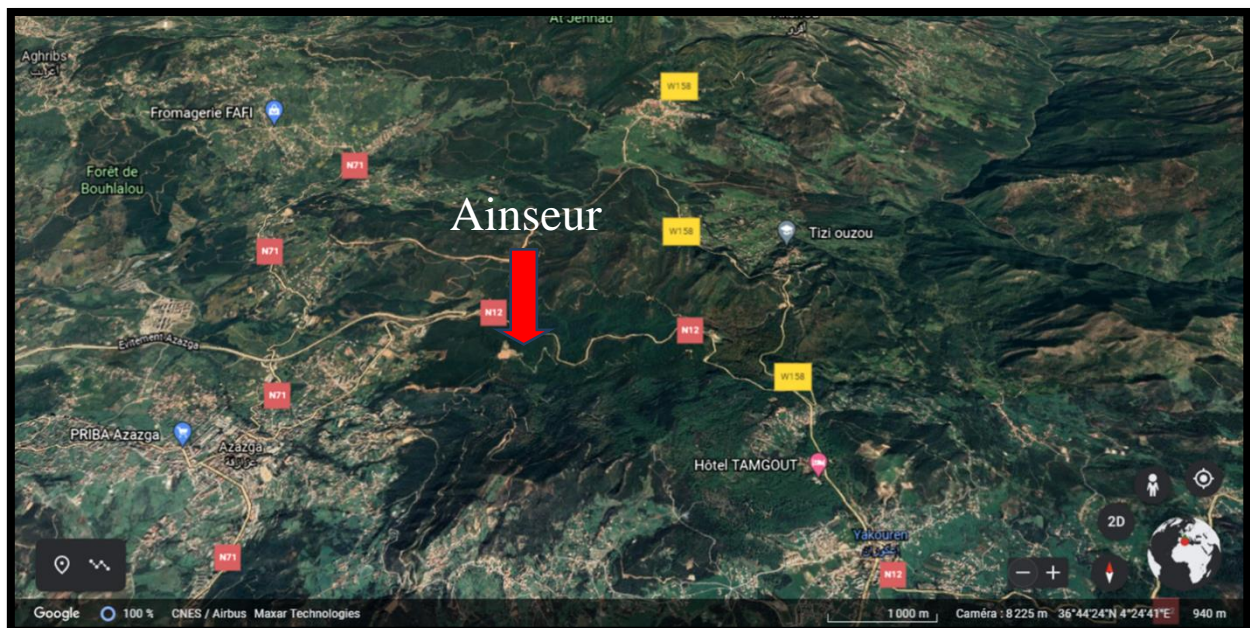


Figure 10. Carte de la région d'étude

I.2. Climat :

Notre région répond au climat méditerranéen, qui se caractérise par des hivers froids et humides et des étés chauds et secs. La zone d'étude est l'une des zones les plus humides du nord de l'Algérie du fait de sa situation géographique. En effet, elle offre tous les avantages d'une bonne pluie, proche de la mer du Nord et du massif du Djurdjura au sud, formant une barrière orographique aux vents humides méditerranéens.

Selon Meddour (2010), Ath-Ghobri s'inscrit dans le climat méso-méditerranéen qui présente entre 75 et 100 jours secs.

Son régime pluviométrique est de type H-P-A-E.

I.3. Température :

La température dans la zone d'étude (Azazga) est très fluctuante. Elle est faible en hiver (<10 °C) et relativement élevée en été. Plus précisément, en juillet et août (25-35°C), les températures diurnes peuvent atteindre jusqu'à 40°C. Le tableau 01 montre la moyenne de la température mensuelle pour ces années. La température des eaux souterraines est constante. Dans les puits profonds, il ne change que dans la plage de 2-3 ° C. Plus l'aquifère est profond, plus la variabilité est grande. Connaître la température de l'eau est très important. Car il joue un rôle dans la mesure de la solubilité des sels et des gaz, de la dissociation des sels dissous, et donc de la conduction électrique et du pH (Rodier, 1996) (Tableau 01).

Mois Années	Jan.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aout.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
2001	10,8	10,3	16,8	15,9	19,1	26,6	28,3	29,1	24,7	23	14	9,2	18,98
2002	9,7	11,4	13,7	15,4	20,1	25,6	26,8	26,3	29,9	20,2	15,2	12,9	18,93
2003	10,1	9,3	13,8	15,7	18,7	27,1	28,8	29,4	23,9	20,4	15,7	10,6	18,63
2004	10,6	12,2	13,6	14,7	16,5	23,8	26,6	27	22,5	25,2	13,3	11,5	18,13
2005	7,4	7,7	12,8	15,5	20,6	25,2	28,3	26,9	23,2	20,5	13	10,6	17,64
2006	9,2	10	14,2	18,3	21,9	24,8	28,8	26,7	23,9	22,3	17,3	12,1	19,13
2007	11,4	13	12,3	15,7	19,5	23,3	27,5	28,1	23,7	19,4	13,6	10,6	18,18
2008	11	12,6	13	16,3	18,8	23,5	27,9	27,8	24,4	19,8	13,5	13,1	18,48
2009	10,8	10,4	12,7	14	21	25,2	29,6	28	22,7	19,2	15,3	15,8	18,73
2010	11,4	12,8	13,7	16,4	17,6	22,6	27,8	27,2	23,6	19,2	14,3	11,2	18,15
Moy	10,24	11	13,66	15,79	19,4	24,77	28	27,7	24,3	20,92	14,52	11,76	18,5

Tableau 01. Températures moyenne annuelles en °C (2001-2010) (ONMTO, 2010).

I.4. Précipitations :

L'un des principaux facteurs climatiques est la précipitation. Comprend toutes les eaux courantes qui peuvent limiter la surface de la Terre sous forme de liquides ou de solides (Yakoub, 2005).

Pour l'analyse des précipitations, nous avons retenu la période d'observation de 2001 à 2010 pour deux stations, Azazga et Yakouren dont les coordonnées Lambert sont les suivantes :

- X : 649.25 Km
- Y : 383.9 Km
- Z : 430m

Les pluies s'étalent sur une période de 6 mois (novembre à avril), avec de fortes pluies en décembre, janvier, février et mars. Les précipitations annuelles varient de 700 à 1000 mm et peuvent atteindre jusqu'à 1500 mm d'eau.

Mois Années	Jan.	fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juill.	Aout.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
2001	96,9	67	65,3	56,6	24,1	4	10,5	21,8	22	0,9	64,6	87,3	43,42
2002	365,4	87,3	40,4	292	52,9	0	1,9	1,5	25,8	36,1	271	361,5	127,98
2003	180,8	57,2	47,8	119,2	119,8	10,9	0	6	56,7	81,5	61,2	258,5	83,30
2004	197,6	209	34,1	260,6	5,9	1	2,5	0,3	31,9	35,4	154,1	245,8	98,18
2005	159,5	228,7	39,5	17,5	110,5	1,3	2,4	1,3	55,3	39,8	86,8	154,3	74,74
2006	15	66	362,2	260,6	38,8	12,8	11,3	7,9	72,5	10,3	5,2	193,1	87,98
2007	16	40,1	183,7	73,7	94,4	22,6	6,4	7,8	55,1	365,8	211,3	173,4	104,19
2008	336	67,4	121,9	158	48,1	0,5	0	9,4	50,2	73	317	166,7	112,35
2009	167,6	56,8	117,6	88,1	73,6	28	0	17,5	122,3	58,1	188,1	158,1	89,65
2010	82,7	184,5	87,5	92	106,9	20,1	0	0	37,7	133,4	119	81,6	78,78
Moy	161,75	106,4	110	141,83	67,5	10,12	3,5	7,35	52,95	83,43	147,83	188,03	90,06

Tableau 02. Pluviométries moyennes annuelles (2001-2010) de la commune d'Azazga, en (mm).

I.5. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Le diagramme ombrothermique a été développé par Bagnouls et Gausson en 1953 pour déterminer l'étendue et la durée des saisons de pluies et des saisons sèches. Ils ont créé le graphique en traçant des données de température et des précipitations sur le même graphique.

Le principe est $P \leq 2T$. Ce chiffre est défini en fonction de la gravité de la sécheresse et du mois le plus sec selon la formule suivante : Pour l'équation suivante : $P, moy \leq 2T$, donc le mois est sec. Les points d'intersection des deux courbes, pluviothermique et thermique délimitent la durée de la saison sèche lorsque $P < 2T$ et l'autre partie correspond à la saison humide (Fig. 11).

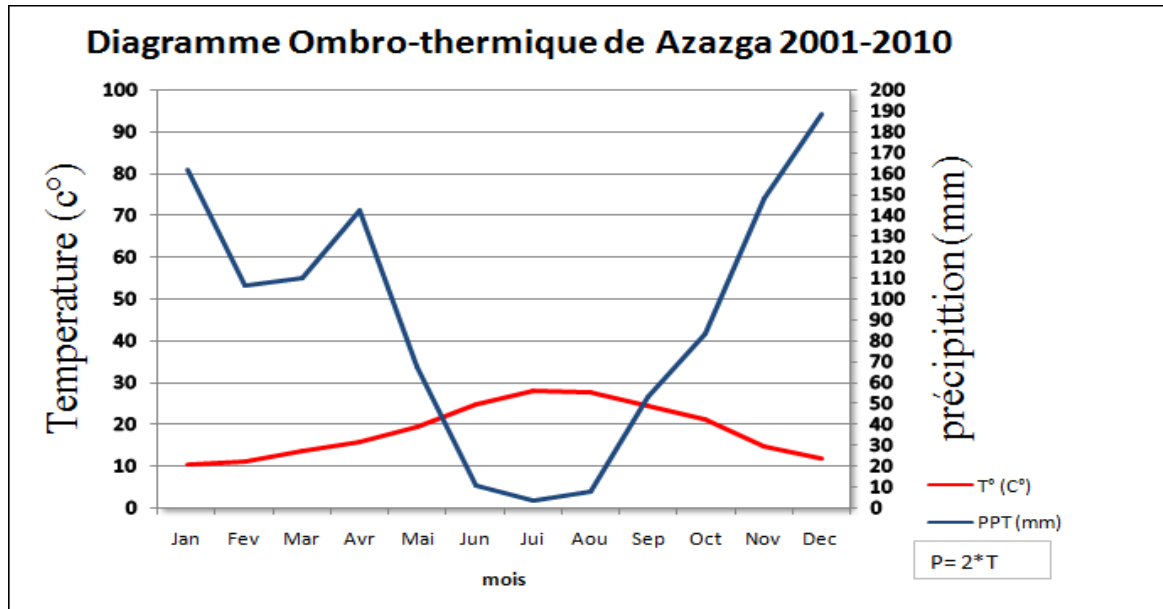


Figure 11. Diagramme ombrothermique de la commune d’Azazga.

La lecture du diagramme ombrothermique de la région montre qu'à partir de fin mai, les précipitations sont rares. Deux saisons contrastées apparaissent avec une saison humide entre septembre et avril.

I.6. Végétation

Le couvert végétal de la forêt de Ath Ghobri est composé essentiellement des essences végétales : chêne liège et chêne zéen. Ce dernier est en compétition pour l’occupation du versant nord, ce qui s’ajoute à la pression anthropique qui réduit la superficie occupée par le chêne liège.

Dans le site d’étude choisi, le couvert végétal est constitué de trois strates bien distinctes.

I.6.1. Strate arborée

Elle est particulièrement constituée de deux espèces en peuplements pur ou mélangé, à savoir le chêne liège (*Quercus suber* L.) et chêne zéen (*Quercus canariensis* L.). Ces deux essences sont souvent mélangées, ce qui induit des hybridations (Quezel et Santa, 1962). Le chêne zéen tend à envahir de façon intense le chêne liège sur le versant nord de la forêt.

I.6.2. Strate arbustive

La strate arborescente est constituée de *Erica arborea*, *isustriflorus*, *Genistatricuspida*, *Rubus ulmifolius*, *Arbustusunedo*, *Viburnumtinus*, *Myrtuscommunis*, *Crataegussp.*, *Asparagus acutifolius*.

I.6.3. Strate herbacée

Les espèces rencontrées sont *AsphodelusFicaria*, *Géranium robertianum*, *Ficaria verna*, *Fediacornucopiae*, *Tamuscommunis*, *Rubiaperegrina*, *Ruscushipophylum* et des Poacées ainsi que des fougères.

II. Stratégie d'échantillonnage

II.1. Choix de la station

En raison de la grande variété des espèces présentes dans le sol et de l'hétérogénéité des biotopes en général, il faut délimiter correctement l'aire de prélèvement (Pesson, 1971 et Gobat et al, 1998).

Selon Pesson (1971), la station doit être la plus homogène, elle est choisie en fonction de quatre critères d'homogénéité pédologique, floristique, topographique et climatique.

II.2. Période d'échantillonnage

L'échantillonnage a été effectué en période automnale, le 27 septembre 2021, L'échantillonnage a été effectué sous les différents arbres (fig.12) après les avoir marqué selon un échantillonnage aléatoire simple, on a pris au hasard 30 individus adultes de chêne liège et on a tiré au sort 6 arbres.



Figure 12. Echantillonnage de la faune du sol (A : Repère du prélèvement, B : Prélèvement de la litière, C : Prélèvement du N1, D Prélèvement du N2).

Le choix de cette période d'échantillonnage doit être indépendante des perturbations liées aux aléas climatiques et des pratiques anthropiques (Aubert, 2002).

II.3. Tri et dénombrement des animaux

Le tri consiste à identifier les macro-invertébrés du sol sous loupe binoculaire et à l'œil nu, les compter et les classer par groupes fauniques dans des boîtes de pétri contenant de l'alcool à 70°. (Fig. 13)



Figure 13. Trie de la faune du sol

II.4. Détermination

Pour la détermination des différents groupes fauniques, nous nous sommes basés sur plusieurs ouvrages qui utilisent des clés concernant les caractères morphologiques du corps comme : les pièces buccales, le nombre de pattes, la forme des yeux, leur couleur et la taille. Vu la grande diversité taxonomique des groupes fauniques, leur détermination s'est limitée aux ordres.

III. Analyses chimiques des sols étudiés

Après avoir la litho-toposéquence de la subéraie étudiée, les sols prélevés selon les profondeurs sont acheminés vers le laboratoire. Ils sont séchés à l'air libre dans un endroit propre et aéré. Par la suite, ils sont conditionnés après tamisage au crible de 2 mm. Les méthodes d'analyse de sols choisies sont standards (Afnor, 1994 ; Cambier et *al*, 2009).

III.1 Potentiel d'hydrogène (pH)

Cette caractéristique issue de la théorie chimique, rend compte de la concentration en ions hydrogènes H^+ d'une suspension de terre dans l'eau avec un rapport sols/eau de 1/5 (ISO 10390, 2021), pour l'acidité actuelle (pH_{eau}). Vu la nature des sols nous avons aussi déterminé l'acidité potentielle (pH_{KCl}), afin d'apprécier le taux de saturation du complexe d'échange. (Fig. 14)



Figure 14. Dosage du pH

IV. Analyse statistique

Afin d'interpréter et mieux comprendre nos résultats, nous avons utilisé deux analyses statistiques :

Une analyse de la variance à une seul facteur (niveau) pour le pH par le test Student en utilisant le logiciel MiniTab. Cette analyse est proposée par Dagnelie (1975).

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.

V. Exploitation des résultats par divers indices écologiques

Les peuplements peuvent se définir par des descripteurs qui prennent en considération l'importance numérique des espèces qu'ils comportent. Il sera possible de décrire la biocénose à l'aide de paramètres telle la richesse spécifique, l'abondance, la dominance et la diversité (Ramade, 1994)

V.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver

L'indice de Shannon-Weaver est le plus couramment utilisé et est recommandé par différents auteurs (Gray et al, 1992). Selon Ramade (1984), Cet indice est une mesure qui permet d'évaluer la diversité réelle d'un peuplement dans un biotope, il varie en fonction du nombre d'espèces, calculé par la formule suivante :

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_2(P_i)$$

$$p(i) = n_i / N$$

p_i = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce;

S = nombre total d'espèces ;

n_i = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon;

N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon ;

n_i : le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total (les individus de toutes les espèces);

H : Indice de diversité (en bits) ;

Indice de Shannon élevé correspond à des conditions du milieu favorable permettant l'installation de plusieurs espèces chacun étant représentante par un nombre d'individus à peu près égale.

V.2. Diversité maximale (H max)

Dans laquelle chaque espèce serait représentée par le même nombre d'individus (Ponel, 1983). Elle se calcule par la formule suivante :

$$H_{\max} = \log_2 S$$

V.3.Indice D'équitabilité

Dans le quel on calcule si les abondances des différentes espèces sont homogène ou une espèce est plus abondante que les autres. Il se calcule par la formule :

$$E=H'/Hmax$$

Chapitre 3. Résultats et discussions

I. Résultat

I.1. Résultat de la mesure du pH

Les résultats de la détermination de pH des sols, nous indiquent que les sols sous subéraie sont moyennement à faiblement acides (Fig. 15). Un pH acide d'une valeur de 6.38 a été mesuré pour le N1, une valeur de 6.16 a été mesurée dans le N2. L'analyse de la variance montre qu'il n'y a pas de différence significative au risque de 5%.

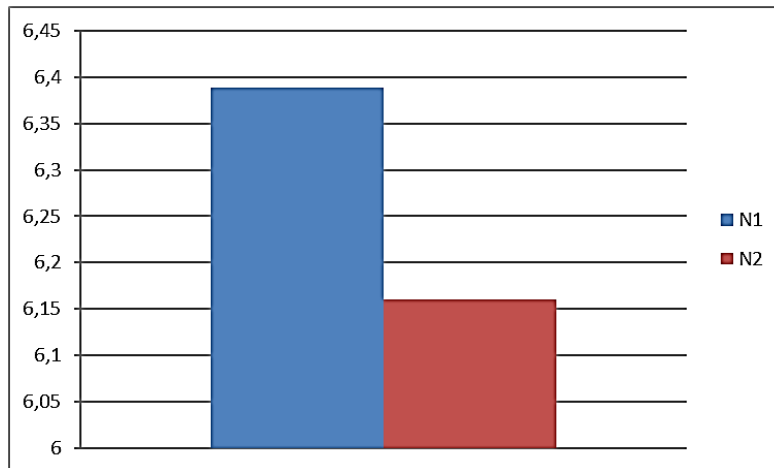


Figure 15. Résultat du pH eau du sol.

I.2. Résultat de l'abondance de la faune du sol

Les résultats obtenus révèlent une importante biodiversité qui est répartie différemment selon les différents niveaux, la plus haute valeur d'abondance a été enregistré dans la LT avec une moyenne de 570,66 ind/m² suivie du N1 avec une moyenne de 112 ind/m², et enfin le N2 avec une moyenne de 45.33 ind/m².

I.4. Résultat niveau 1

Les résultats obtenus dans ce niveau sont d'une densité moyenne de 112 ind/m² repartis en 13 espèces.

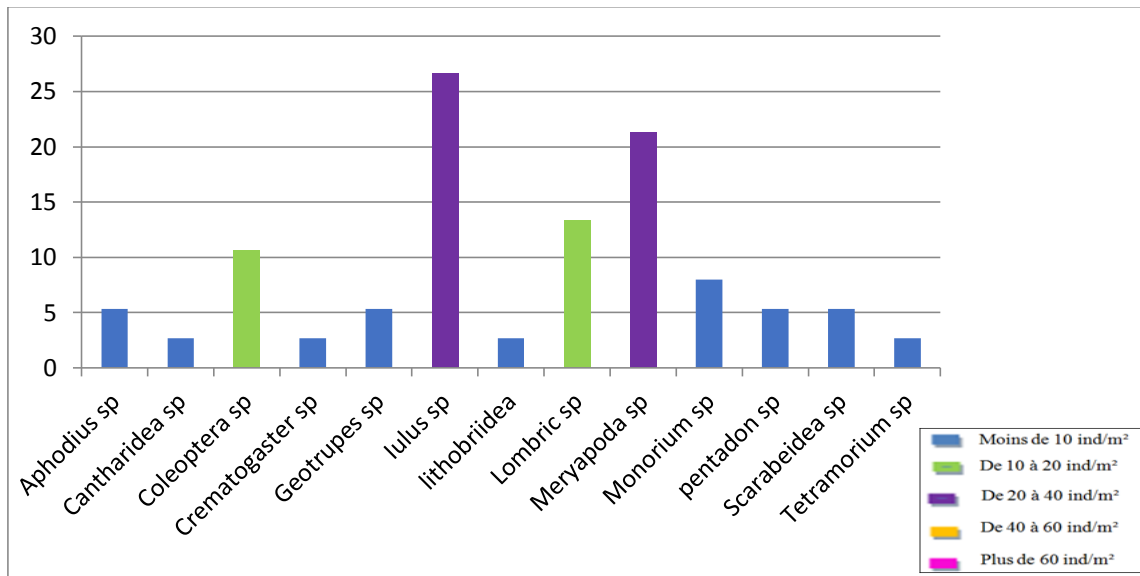


Figure 18 : Richesse spécifique et abondance moyenne des espèces dans le N1

I.5. Résultat du niveau 2

Les résultats obtenus dans ce niveau sont d'une densité moyenne de 45.33 ind/m² individus repartis en 9 espèces.

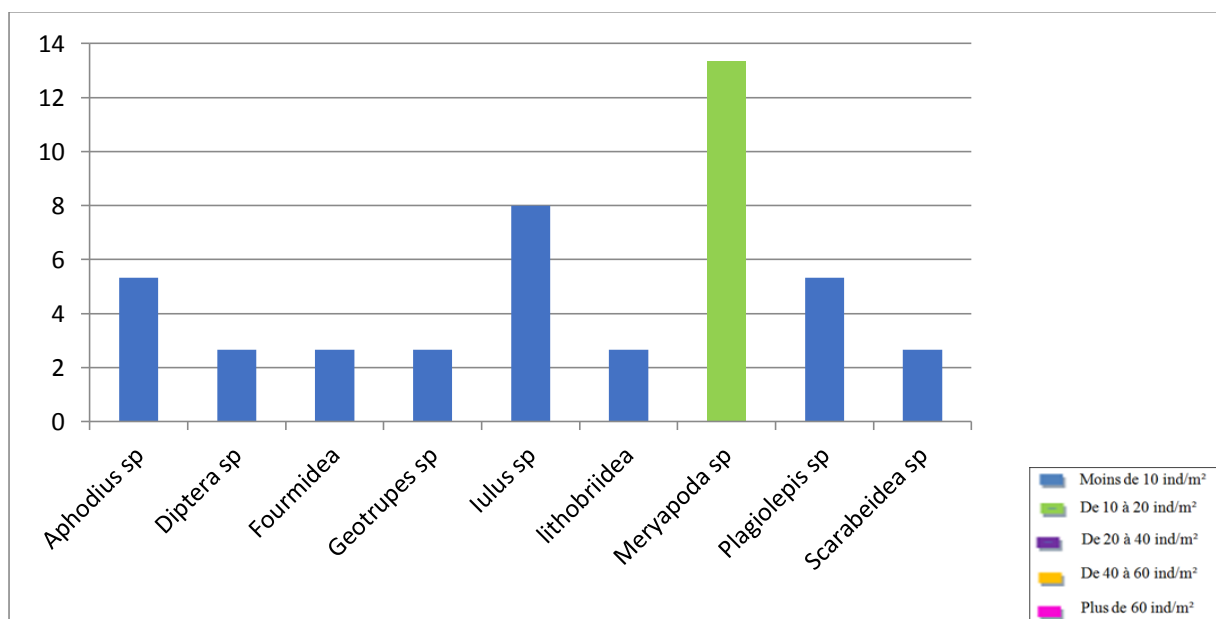


Figure 19 : Richesse spécifique et abondance moyenne des espèces dans le N2

II. Discussion

Les résultats obtenus révèlent l'existence de 20 ordres repartis en 46 espèces avec un indice de Shannon et Weaver 5,15 qui indique une importante biodiversité dans cette station, cette dernière à un indice d'équitabilité de 0,27 qui indique la dominance et l'abondance d'une espèce par rapport aux autres.

Les différents ordres sont répartis comme suit :

- Les coléoptères sont l'ordre le plus représenté dans tous les niveaux avec une densité moyenne de 186.6 ind/m².
- Les hyménoptères présentent une densité moins importante que les coléoptères. Cependant leur taux est relativement élevé dans la station où leur moyenne atteint les 178.66 ind/m², l'espèce la plus abondante est Tetramorium.
- Les diplopodes présentent aussi une densité relativement importante qui est de 125.66 ind/m², notamment au niveau la litière avec une densité de 90.66 ind/m².
- Les myriapodes, arachnides et les lumbricina, constitué essentiellement de myriapodes, d'araignée et de lombrics, leurs densités moyennes varient entre 18.66 et 77.33 ind/m² sur l'ensemble des niveaux. Les araignées sont totalement absentes dans le N1 et le N2 ; elles sont donc uniquement présentes dans la litière.
- D'autres macros-invertébrés sont faiblement présents dans la station avec des effectifs allant de 2.66 à 18.66 ind/m² ; ils sont présents ou totalement absents dans certains niveaux, ces macros-invertébrés sont:

Les Sarcoptiformes, les Arthropléones, les Blattoptères, les Dermoptères, les Faucheurs, les Gastéropodes, les Glomerida, les Lépidoptères, les Lithobomorpha, les oribatida, les Scolopendromorpha, les pseudoscorpionida, les Scutigéromorphes, les Symphypleona.

Nos résultats indiquent que la litière présente une forte diversité de macro invertébrée, avec un indice de biodiversité est de 4,26 et une densité moyenne de (570.66 ind/m²), ce qui correspond aux résultats obtenus par bachelier (1978).

La forte présence des coléoptères et des lombrics indique que notre station a une forte humidité.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par l'étude menée par Ferrahi Et Djema (2004) au niveau de la région de Yakouren.

Nos résultats sont différents des résultats obtenus dans l'étude réalisé par Boudiaf Nait Kaci et *al*, (2018) sur la faune du sol d'une subéraie ayant subi des incendies récurrents. Les auteurs ont en effet, mis en évidence un nombre égale de groupes faunistiques mais avec des abondances différentes ; Le nombre d'espèces est plus important dans notre station ce qui peut suggérer que cette dernière est beaucoup moins dégradé.

Nos résultats peuvent être expliqué par la période d'échantillonnage, coïncidant avec la saison automnale relativement humide, qui a fait suite à une sècheresse sévère, conjuguée à une série d'incendies ayant ravagé toute la région, sans touché directement notre station.

Les arbres à feuillage persistant diminuent la qualité du sol et de la litière, et la diversité de la végétation sous-arborée, réduisant la diversité fonctionnelle des carabiques pour favoriser les espèces spécialistes des forêts et zoophages. La diminution associée de fertilité du milieu induira une diminution de la taille moyenne des carabiques (Ganault, 2020).

Ces résultats sont confirmés par l'indice de Shannon qui est de $H' = 4,26$ pour la LT, $H' = 1,10$ pour le N1 et $H' = 0,51$ pour le N2, cet indice démontre que la LT est le plus riche en diversité spécifique, puis vient le N1 et enfin le N2. Mais aussi par l'indice d'équitabilité qui de $E = 0,34$, $E = 0,28$ et $E = 0,19$ dans la LT, le N1 et le N2 respectivement qui confirme la domination dans la présence de certaines espèces par rapporta d'autres.

Concernant le pH, la différence moyenne entre les pH eau p_HKCl est de 0.71 pour le N1 est de 1.29 pour le N2 nous indique une acidité échangeable et une saturation des sols en H⁺ (Bonneau et Souchier 1994).

Nos résultats relatifs au pH qui sont moyennement à faiblement acides, concordent avec la biodiversité importante trouvée au niveau de notre station d'étude.

La baisse du pH en fonctions de la profondeur peut s'expliquer, d'une part par la nature de la roche mère (grés numidiens) : les hydroxydes et les oxydes en milieu acide peuvent être libérés dans la solution du sol. Leur hydrolyse produit des ions H⁺ contribuant ainsi à acidifier le sol (Duchaufour, 1995).

D'autre part, par l'activité racinaire et celle de la faune associée, mais aussi de la communauté microbienne importante, sont à l'origine de modifications des propriétés biochimiques et faunistique (Arvieu, 1998 ; Stengel et Gelin, 1998 ; Römheld et Neumann, 2006) et minéralogiques (Turpault et *al*, 2007) des sols à proximité immédiate des racines actives.

Conclusion et perspectives

Cette étude nous a permis de mettre en évidence la présence d'une importante biodiversité de la pédofaune de l'écosystème subéraie. Les résultats de notre étude révèlent l'existence d'une importante macrofaune du sol répartie en 20 ordres et 46 espèces.

Nos résultats indiquent aussi un taux relativement important de coléoptères, qui est l'ordre le plus représenté dans tous les niveaux de profondeur, avec une densité de 186.6 ind/m², les hyménoptères avec une densité de 178.66 ind/m², et les diplopodes avec une densité totale de 125.66 ind/m², suivis des myriapodes, arachnides et les lumbricina avec des densités moyennes qui varient entre 18.66 et 77.33 ind/m² sur l'ensemble des niveaux.

D'autres macros-invertébrés sont faiblement présents dans la station avec des effectifs allant de 2.66 à 18.66 ind/m², ils sont présents ou totalement absents dans certains niveaux, LT, N1 et N2.

Le calcul de l'indice de Shannon nous indique une richesse spécifique importante, sur le plan quantitatif, nos résultats sont similaires aux résultats obtenus par Ferrahi (2004).

Cette richesse spécifique est un révélateur des nombreuses interactions multi trophique s'établissant au sein de l'écosystème.

L'analyse des données sur la répartition verticale de la faune nous montrent que la tendance générale est à la diminution du nombre d'individus en profondeur, la majorité de la faune se concentre dans les dix premiers centimètres du sol (LT), dû aux facteurs édaphiques et climatique.

En effet, selon la base des connaissances actuelles, il est considéré que le nombre d'espèces présentes dans le sol influence son fonctionnement.

La disparition de la pédofaune pourrait potentiellement être une des causes de la perte de fertilité des sols, de perturbation des réseaux trophiques et par conséquent de celle du fonctionnement des écosystèmes.

Il est alors important de signaler que l'abondance des communautés et surtout sa diversité fonctionnelle accentue les interactions multi trophique et détermine de nombreux processus écosystémiques clés comme le recyclage de la matière organique, la minéralisation des nutriments, ou le stockage du carbone, ces processus fondamentaux, qui sont à la base des fonctions écosystémiques, permettant notamment la production de la matière végétale, la fertilité des sols, ou la stabilité des écosystèmes face aux changements planétaires (Hattenschwiler *et al.*, 2018).

La sauvegarde de cette richesse spécifique et sa densité permet de garder les interactions complexes afin d'assurer la préservation des écosystèmes forestiers, sa durabilité au fil du temps.

En perspectives il serait primordial, dans des projets de recherches futures, de mettre l'accent sur une caractérisation fonctionnelle des organismes du sol afin de mieux comprendre la relation étroite qui existe entre la pédofaune et les changements globaux et d'adopter des pratiques rationnelles de l'utilisation du sol. Selon Ponge (2000), la pédofaune pourrait même contribuer à la dépollution des sols, il serait alors intéressant de développer des techniques allant dans ce sens, ce qui représenterait une réelle solution liée à la pollution des sols (Deprince, 2003).

1. **Adair E.C., Parton W.J., Del Grosso S.J., Silver W.L., Harmon M.E., Hall S.A., Burke I.C., Hart S.C., 2008.** Simple Three-Pool Model Accurately Describes Patterns of Long-Term Litter Decomposition in Diverse Climates. *Global Change Biology* 14 (11): 2636–2660.
2. **AFNOR, R. D. N. (1994).** Qualité des sols. *volume, 1*, 566.
3. **APCOR, 2008.** Associação Portuguesa da Cortiça, a. [www. corkmasters.com](http://www.corkmasters.com) (browsed in February 2008).
4. **Arvieu, J. C. (1998, August).** Bioavailability of soil P and K: concepts and factors. In 16. Congrès Mondial de Science du Sol.
5. **Aubert, D., Loumagne, C., Oudin, L., & Ricard, G. (2002).** Assimilation de données d'humidité du sol et de débit dans un modèle hydrologique. In AMA 2002, Atelier de modélisation de l'atmosphère, Toulouse, 17-19 décembre 2002 (pp. 115-118).
6. **BACHELIER G., 1979.** La faune des sols, son écologie et son action. ORSTOM Paris, 391 p.
7. **Baize, D., & Jabiou, B. (1995).** *Guide pour la description des sols*. Quae.
8. **Bardgett, R. D., & Van Der Putten, W. H. (2014).** Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*, 515(7528), 505-511.
9. **Bekdouche, F. (2010).** Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (Nord algérien) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
10. **Bellinger, P. F., Christiansen, K. A. et Janssens, F. (2003).** "Checklist of the Collembola of the World."
11. **Bennadja, S. A. L. I. M. A., de Bélair, G. É. R. A. R. D., & Ait Kaki, Y. (2013).** La subéraie de la Numidie orientale: une source de biodiversité. *Quaderni di Botanica ambientale e applicata*, 24, 49-53.
12. **Blondel, V. D., Guillaume, J. L., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008).** Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of statistical mechanics: theory and experiment*, 2008(10), P10008.
13. **Bonneau, M., & Souchier, B. (1994).** Pédologie. 2. Constituants et propriétés du sol (No. 631.4 B716 1994). Masson.
14. **Bouché M.B., 1972.** Lombriciens de France: Écologie et Systématique. INRA, 671 p.
15. **Boudy, P. (1950).** Economie forestière Nord-africaine-Tome 2: monographies et traitements des essences forestières.

16. **Bouhraoua, R. T. (2003).** *Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'Ouest algérien: étude particulière des problèmes posés par les insectes* (Doctoral dissertation, Thèse. Doct., Dep. Forest., Fac. Sci., Univ. Tlemcen).
17. **Cambier P.,Schvartz C.&vanOort F.,2009.**Contaminations métalliques des agrosystèmes et écosystèmes périindustriels. Versailles, France : Éditions Quæ
18. **Chase, M. W., & Reveal, J. L. (2009).** A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(2), 122-127.
19. **COINEAU Y., CLEVA R., DU CHATENAÏT G., 1997.** Ces animaux *minuscules qui nous entourent*. Coll. Les guides pratiques du naturaliste, Delachaux et Niestlé, Lausanne-Paris, 77 p.
- communities. *Botany*, 92(4), 267-275.
20. **Dagnelie, P. (1975).** Analyse statistique à plusieurs variables.
21. **Darrah Pr., Jones D.1994.**Role of dereived organic acides in the immobilisation of nutriment from the rhizosphere. *Plant and soil* .247-257p.
22. **Deharveng, L. (2004).** "Recent advances in Collembola systematics." *Pedobiologia*48(5- 6): 415-433.
23. **Deharveng, L. (2004).** Recent advances in Collembola systematics. *Pedobiologia*, 48(5-6), 415-433.
24. **Silva, J. S., & Catry, F. (2006).** Forest fires in cork oak (*Quercussuber* L.) stands in Portugal. *International Journal of EnvironmentalStudies*, 63(3), 235-257.
25. **Deprince, A. (2003).** La faune du sol. Diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 49(49), 123-138.
26. **DEPRINCE, Aline. La faune du sol. Diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives. Le Courrier de l'environnement de l'INRA, 2003, vol. 49, no 49, p. 123-138.**
27. **Derrien, D., Dignac, M. F., Basile-Doelsch, I., Barot, S., Cécillon, L., Chenu, C., ... & Barré, P. (2016).** Stocker du C dans les sols. *Quels mécanismes, quelles pratiques agricoles, quels indicateurs*, 193-224.
28. **Duchaufour Ph. 2001.**Introduction à la science du sol, végétation environnement .6eme Ed. Dunod. Paris.331p.
29. **Duchaufour, P. H. (1995).** Abridged pedology.

30. **Dufrêne, M., & Maebe, L. (2017).** Les services écosystémiques en forêt. *Le grand livre de la Forêt*, 187-193.
31. **FERRAHI, M., & DJEMA, A. (2004).** Identification et répartition écologique de la pédofaune dans la forêt de Yakouren (wilaya de Tizi-Ouzou).
32. **Ganault, P. (2020).** interactions plantes-macroinvertébrés du sol dans les forêts européennes: structuration des communautés et interactions avec la microfaune en contexte de changement climatique (Doctoral dissertation, Université Montpellier).
33. **Gil, L., & Varela, M. C. (2008).** Technical Guidelines for genetic conservation of Cork oak (*Quercus suber*). Bioersivity International.
34. **Gobat J-M., Argon M., Matthey w.1998.** Le sol vivant, bases de pédologie et biologie des sols .2eme édition. Ed. Presse polytechniques et universitaires Romandes.519p.
35. **Gobat J-M., Argon M., Matthey w.1998.** Le sol vivant, bases de pédologie et biologie des sols .2eme édition. Ed. Presse polytechniques et universitaires Romandes.519p.
36. **Gray J. S., McIntyre A.D. & Surn J. 1992.** - Manual of methods in aquatic environment research. Part 11. Biological assessment of marine pollution with particular reference to benthos. F.A.O Fisheries Technical Paper, Rome, 49 p.
37. **Harfouche A., 2003-** Guide pratique pour la reconnaissance des arbres et peuplements portegraine. La récolte, le traitement, la conservation et le semi en pépinières des glands de chêne liège. DGF. INRF. 31P.
38. **Hattenschwiler, S., Barantal, S., Ganault, P., Gillespie, L., & Coq, S. (2018).** Quels enjeux sont associés à la biodiversité des sols?. *Innovations Agronomiques*, 69, 1-14.
39. **Hattenschwiler, S., Barantal, S., Ganault, P., Gillespie, L., & Coq, S. (2018).** Quels enjeux sont associés à la biodiversité des sols?. *Innovations Agronomiques*, 69, 1-14.
40. **Hättenschwiler, S., Barantal, S., Ganault, P., Gillespie, L., & Coq, S. (2018).** Quels enjeux sont associés à la biodiversité des sols? *Innovations Agronomiques* 69, 1-14.
41. **Hinsinger, P. (2010).** Les racines au cœur du fonctionnement de la rhizosphère. *Alter Agri*, Mai-Juin, (101), 16-17.
42. **Hinsinger, P., Gobran, G. R., Gregory, P. J., & Wenzel, W. W. (2005).** Rhizosphere geometry and heterogeneity arising from root-mediated physical and chemical processes. *New phytologist*, 168(2), 293-303.
43. **Huang, X. F., Chaparro, J. M., Reardon, K. F., Zhang, R., Shen, Q., & Vivanco,**

- J. M. (2014).** Rhizosphere interactions: root exudates, microbes, and microbial
- 44. KACI, M. B. N., AHMED, S. O., SAAD, L., HALIMI, R., KHELFAOUI, L., & ISSAOUN, D. (2018).** 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).
- 45. Kersanté, A. (2003).** *Rôle régulateur de la macrofaune lombricienne dans la dynamique de l'herbicide atrazine en sol cultivé tempéré* (Doctoral dissertation, Université Rennes 1).
- 46. Lambers, H., Mougel, C., Jaillard, B., & Hinsinger, P. (2009).** Plant-microbe-soil interactions in the rhizosphere: an evolutionary perspective. *Plant and soil*, 321(1), 83-115.
- 47. Lamey, C. A. (1938).** A dip-needle survey of the Toivola-Challenge Mine area, Michigan. *Economic Geology*, 33(6), 635-646.
- 48. LAVELLE P., SPAIN A.V., 2001.** *Soil ecology*. Kluwer Académie Publishers, Dordrecht-Boston-Londres, 654 p.
- 49. Letreuch-Belarouci, A., Boumediene, M., Letreuch-Belarouci, N., & Aumasson, P. (2010).** Stratégie de développement et conservation des subéraies des monts de Tlemcen (Algérie). *Revue forestière française*.
- 50. Lynch, J. M. (1987).** Microbial interactions in the rhizosphere. *Soil microorganisms*, 30, 33-41.
- 51. Lynch, J. M., Brimecombe, M. J., & De Leij, F. A. (2001).** Rhizosphere. *e LS*.
- 52. Mariotte, P., Mehrabi, Z., Bezemer, T. M., De Deyn, G. B., Kulmatiski, A., Drigo, B., ... & Kardol, P. (2018).** Plant-soil feedback: bridging natural and agricultural sciences. *Trends in Ecology & Evolution*, 33(2), 129-142.
- 53. Mechergui, K., Saleh Altamimi, A., Jaouadi, W., & Naghmouchi, S. (2021).** Climate change impacts on spatial distribution, tree-ring growth, and water use of stone pine (*Pinus pinea* L.) forests in the Mediterranean region and silvicultural practices to limit those impacts. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 14(2), 104.
- 54. Meddour-Sahar, O., & Derridj, A. (2010).** Le risque d'incendie de forêt: évaluation et cartographie. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 21(3), 187-195.
- 55. Moorhead D.L., Currie W.S., Rastetter E.B., Parton W.J., Harmon M.E., 1999.** Climate and Litter Quality Controls on Decomposition: An Analysis of Modeling Approaches. *Global Biogeochemical Cycles* 13 (2): 575-589.

- 56. Nahmani, J. (2003).** Impact des métaux sur la structure et le rôle fonctionnel des communautés de macroinvertébrés et de microorganismes de sols du Nord-PasDe-Calais : une approche multiscalaire. Paris, Université Pierre et Marie Curie.
- 57. Nardini, A., Lo Gullo, M. A., & Salleo, S. (1999).** Competitive strategies for water availability in two Mediterranean Quercus species. *Plant, Cell&Environment*, 22(1), 109-116.
- 58. Natividade, J. V. (1956).** Subericulture. *Ecolenational des eaux et des forêts*. Nancy. Francia 281p.
- 59. Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2009).** A burning story : the role of fire in the history of life. *BioScience*, 59(7), 593-601.
- 60. Pereira, H. (Ed.). (2011).** Cork : biology, production and uses. Elsevier.
- 61. Pesson, P., (1971).** La vie dans les sols : aspect nouveau, études expérimentales. Ed. Gauthier-Villars, 417p
- 62. Petersen, H., & Luxton, M. (1982).** A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos*, 288-388.
- 63. Petroselli, A., Vessella, F., Cavagnuolo, L., Piovesan, G., & Schirone, B. (2013).** Ecological behavior of Quercus suber and Quercus ilex inferred by topographic wetness index (TWI). *Trees*, 27(5), 1201-1215.
- 64. PONEL P., 1983.** Contribution à la connaissance de la communauté des arthropodes Psammophiles de l'Isthme de Giens. *Trav. Sci. Parc natio. Port. Cros, France*, 9
- 65. PONGE, Jean-François. Biodiversité et biomasse de la faune du sol sous climat tempéré. Comptes rendus de l'Académie d'agriculture de France, 2000, vol. 86, no 8, p. 129-135.**
- 66. Quézel, P. (2000).** Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen (Vol. 1, pp. 1-10). Paris : Ibis Press.
- 67. Quézel, P., & Santa, S. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.
- 68. Quézel, P., & Médail, F. (2003).** Que faut-il entendre par" forêts méditerranéennes. *Forêt méditerranéenne*, 24(1), 11-31.
- 69. RAMADE F., 1984.** Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale
- 70. RAMADE, F, 1994.** Eléments d'éco lo g ie, écologie fondamentale. Ediscience international, Paris.

- 71. Rodier, P. M., Ingram, J. L., Tisdale, B., Nelson, S., & Romano, J. (1996).** Embryological origin for autism: developmental anomalies of the cranial nerve motor nuclei. *Journal of Comparative Neurology*, 370(2), 247-261.
- 72. Romheld V., Neuman G. 2006.** The rhizosphere: Contributions of the Soil-Root interface to sustainable soil systems in Biological Approach, to sustainable soil systems. Ed. CRC Taylor and Francis Group, 91-103
- 73. Saccardy, L. (1938).** Le Chêne-Liège et le Liège en Algérie (Suite et fin). *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 18(204), 574-593.
- 74. Sauvage, C. (1961).** *Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines* (Vol. 21). Société des sciences naturelles et physiques du Maroc.
- 75. Seigue, A. (1985).** *La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes* (Vol. 5). Maisonneuve & Larose.
- 76. Silva, S. P., Sabino, M. A., Fernandes, E. M., Correlo, V. M., Boesel, L. F., & Reis, R. L. (2005).** Cork : properties, capabilities and applications. *International MaterialsReviews*, 50(6), 345-365.
- 77. Stengel, P., & Gelin, S. (1998).** Sol: interface fragile. Editions Quae.
- 78. Touati, R., Santos, S. A., Rocha, S. M., Belhamel, K., & Silvestre, A. J. (2015).** The potential of cork from *Quercussuber* L. grown in Algeria as a source of bioactive lipophilic and phenolic compounds. *IndustrialCrops and Products*, 76, 936-945.
- 79. Turpault M.P., Gobran G.R. et Bonnaud P. 2007.** Temporal variations of rhizosphere and bulk soil chemistry in a Douglas fir stand. *Geoderma* 137, 490-496.
- 80. Vauclin, M., Monfray, P., Aline, T., Bergametti, G., Albergel, J., Imbard, M., ... & Voltz, M. (2013).** Environnement et Changements Globaux: des aléas à la vulnérabilité des sociétés. *Les Cahiers de l'ANR*.
- 81. Yakoub B. (2005).** L'eau dans le bassin versant du Sébaou et la wilaya de TiziOuzou. Evaluation, contraintes et recommandations. Thèse de doctorat en Science de l'eau. Université de TiziOuzou, 20 - 66 p.

Annexe 1

Analyse de la variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
niveaux	1	0,1564	0,1564	1,06	0,327
Erreur	10	1,4715	0,1471		
Total	11	1,6279			

Résumé

L'étude que nous avons réalisée a pour objet l'étude de la biodiversité contenue au pied de *Quercus suber* qui est parmi les espèces les plus emblématiques de la forêt méditerranéenne, une macrofaune relativement essentielle pour la protection des écosystèmes notamment pour le maintien de l'équilibre écologique et le bon fonctionnement des écosystèmes. Un échantillonnage a été réalisé en saison automnale dans la région d'Ath Ghobri grâce à la méthode du quadrat à 3 niveaux de profondeur, proposée par Coineau en 1974. L'extraction de la macrofaune s'est fait à main nue et des analyses de pH ont été établies. Les résultats de l'inventaire révèlent la présence d'une importante pédofaune répartie en 20 ordres et 46 espèces dont les plus abondantes sont les coléoptères et les hyménoptères. Les résultats de la détermination du pH du sol, nous indiquent que les sols sous subéraie sont moyennement à fortement acides ce qui reflète que les espèces recensées sont résistantes à ces taux d'acidité, aussi une variation selon la profondeur, ce qui se remarque dans nos résultats qui démontre que l'abondance est plus importante dans la LT puis le N1 et enfin le N2 où le taux d'abondance atteint son minimum.

Mots clés : Pédofaune, biodiversité, écosystèmes, *Quercus Suber*.

Abstract

The study that we carried out has for object the study of the biodiversity contained at the foot of *Quercus suber* which is among the most emblematic species of the Mediterranean forest, a macrofauna relatively essential for the protection of the ecosystems in particular for the maintenance of the ecological balance and the good functioning of the ecosystems. A sampling was carried out in autumn season in the region of Ath-Ghobri using the method of the quadrat with 3 levels of depth, proposed by Coineau in 1974. The extraction of macrofauna was done with bare hands and pH analyses were established. The results of the inventory reveal the presence of an important pedofauna divided into 20 orders and 46 species of which the most abundant are the beetles and the hymenoptera. The results of the determination of the soil pH indicate that the soils under the subterranean are moderately to strongly acidic, which reflects that the species identified are resistant to these acidity rates, also a variation according to depth, which is noted in our results that shows that the abundance is more important in the LT then the N1 and finally the N2 where the rate of abundance reaches its minimum.

Keywords: Pedofauna, biodiversity, ecosystems, *Quercus Suber*.