

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**

**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**  
**Département de Biologie**



**Mémoire de fin d'études**

En vue de l'obtention du diplôme de Master  
en Biologies des Populations et des  
Organismes  
Spécialité : Sciences Biologiques  
Thème

Contribution à l'étude des macros invertébrées et  
hiérarchisation des facteurs écologiques au niveau  
d'une subéraie anthropisé dans le massif de  
Mizrana (Azru bar)

Présenté par : Mr HESSAD Chabane

**Devant le jury composé de :**

PRESIDENTE :	MME BRAHIMI .K	PR	UMMTO
PROMOTEURS :	MR RAHMANI ABD MALIK	MAA	UMMTO
EXAMINATRICE :	MME DJIOUA	MAA	UMMTO

Date de soutenance : 27 Septembre 2023

## **REMERCIEMENTS**

*Le travail de recherche présenté dans ce mémoire a été réalisé par  
Hessad Chabane*

*Sous l'encadrement de Messieurs Rahmani Abd Malik et Mr  
Blibak Amar Comme co-encadreur, au niveau de Laboratoire  
commun de écologie au campus de Bastos, de  
L'université Mouloud Mammeri (UMMTO).*

*Nous exprimons nos profonds remerciements à notre promoteur,  
Mr Rahmani Abd Malik*

*Pour l'aide compétente qu'il nous a apportée, pour sa  
Patience sa confiance, son œil critique, qui nous a été très précieux  
pour structurer notre travail et pour améliorer la qualité de notre  
mémoire et d'enrichir nos connaissances, nous le  
Remercions vivement.*

*Notre reconnaissance va également à Mme djioua, Professeur au  
département de biologie de la faculté des Sciences Biologiques et  
Sciences Agronomiques de  
L'UMMTO, de nous faire l'honneur d'être examinatrice de ce  
travail.*

*Nous tenons à remercier, Madame Brahimi, professeur à  
l'université Mouloud Mammerie de tizi ousou de nous faire  
l'honneur présidente de jury de notre soutenance  
Notre reconnaissance va également à Mme Behlouli Kamar,  
Pour avoir voulu co-encadrer ce travail, pour sa loyauté, sa  
gentillesse, ses Conseils, sa disponibilité, qu'elle trouve ici  
l'expression de nos sincères remerciements et de  
Notre profonde gratitude*

*Nos vifs remerciements vont à Mr Blibak Amar Ingénieurs de labo  
Ecologie au département de  
Biologie de la faculté des Sciences Biologiques et Sciences  
Agronomiques de l'UMMTO, pour son aide précieuse dans nos  
investigations du laboratoire et de faire partie du jury de  
soutenance.*

*Nous exprimons notre gratitude à tout le personnel du Laboratoire  
« commun II » Et du « labo mycorhize »*

*Au niveau de l'université Mouloud Mammeri (UMMTO), de nous  
avoir merveilleusement  
Accueilli, aidé et mis à notre disposition tout le matériel nécessaire  
afin de réaliser clairement de notre mémoire.*

*Je remercie également toutes les personnes suivantes pour leur aide  
dans la réalisation de ce mémoire:*

*Irid Fatima et Irid Lilia*

*Mme Brahmi qui a partagé ses connaissances et ses expériences  
dans ce milieu et qui a été d'un grand soutien.*

*Mme Smail et Mr Degiche ,soumeya chahed qui m'a fourni les  
outils nécessaires pour la réussite dans notre étude*

*Mme Maali Smaali , et Mme Guermah Lynda qui m'ont apporté  
leur soutien moral et Intellectuel tout au long de mon cursus.*

*Un grand merci à ma mère et à mon père pour leurs conseils, ainsi  
que leur soutien inconditionnel, à la fois moral et économique, qui  
m'a permis de réaliser les études que je voulais et par conséquent  
ce mémoire de fin d'étude*

*Enfin, Nos remerciements particuliers à tous nos enseignants, qui  
se sont donnés à fond et sans retenu tout au long de notre cursus.*



**Dédicace**

*Je dédie ce travail à :*

*Mes chers parents Salem et Nabila,*

*A mon frère Mohamed, sa femme  
Houria et leurs enfants Agnes, Céline  
et Mayas*

*A ma sœur Radia et son mari Arezki et  
leurs enfants Lisa et ELYan*

*A mon frère Aghilas et sa femme  
Ouardia et son fils Dylan,*

*A mon frère Ahmed et sa femme Sadjia,*

*A Mr Blibak Amar et Behlouli Kamar*

*A mes chers amis (es)*

## Liste des figures

Figure 1: Répartition de Quercus Suber en méditerranée occidentale,.....	5
Figure 2: Photo Représentatif du chêne liège .....	8
Figure 3: Tronc du chêne liège (Photo Original) .....	9
Figure 4: Tronc du chêne liège (Photo Original) .....	9
Figure 5: Feuilles du chêne liège .....	10
Figure 6:Glands du chêne liège.....	11
Figure 7 : Evolution de la production nationale de liège entre 1980 et 1992 .....	14
Figure 8: Evolution de la production nationale de liège entre 1993 et 2010.....	15
Figure 9 : Triangle des textures minérales.....	18
Figure 10:Processus de décomposition de la matière organique fraîche.....	21
Figure 11:Classification des flores et faunes.....	24
Figure 12:Concept de la qualité des sols utilisant des indicateurs en relation avec les fonctions du sol.....	26
Figure 13:situation géographique de la fort de Mizrana,.....	30
Figure 14:Communes limitrophes de Mizrana.....	31
Figure 15: originale.....	33
Figure 16: originale.....	33
Figure 17: originale.....	34
Figure 18: Originale.....	34
Figure 19: Originale <b>Erreur ! Signet non défini</b> .....	34
Figure 20 Diagramme Ombrothermique De Bagnouls Et Gausson Pour La Station Alema-Hachech.	36
Figure 21:Repère du prélèvement.....	37
Figure 22:Echantillons de sols mis dans des sacs en plastique.....	37
Figure 23:Tri a la main des échantillons.....	38
Figure 24: Identification de la Macrofaune a l'aide d'une loupe binoculaire avec éclairage.....	38
Figure 25:PH mètre.....	39
Figure 26:Dessiccateur (Originale)	
Figure 27:Four Electrique (Originale).....	40
Figure 28: Balance De Précision	
Figure 29:Etuve (Originale).....	40

Figure 30: Conductimètre(Originale) .....	41
Figure 31: Balance (Originale).....	42
Figure 32:Résultat du pH eau du sol.....	43
Figure 33:Valeur moyenne de la teneur en matière organique des deux niveaux (N1 et N2).....	44
Figure 34:Capacité d'échange cationique des niveau N1 et N2 . .....	44
Figure 35:Abondance des macros invertébrées du sol dans les différents niveaux.....	45
Figure 36:Abondance relatives des espèces dans le N2.....	46
Figure 37:Abondance relatives des espèces dans la litière .....	46
Figure 38:Abondance relatives des espèces dans le N1.....	47
Figure 39:Plan factoriel (D1 X D2) de l'AFC des distributions des invertébrés étudiées à la station d'échantillonnage d azrou bar (foret Mizranna). .....	49
Figure 40:Corrélation entre les facteurs étudiés au niveau de notre station .....	50

## Liste des tableaux

Tableau 1: Superficie (hectares)des peuplements de chene liège par par pays.....	4
Tableau 2 : Répartition des superficies des chênes liège en Algérie.....	6
Tableau 3 : Caractéristiques des trois principaux groupes fonctionnels des organismes du sol (classés selon leur type d'activité). Ces trois catégories ne sont pas imperméables, les organismes classés dans une catégorie peuvent aussi jouer un rôle dans les deux autres .....	31
Tableau 4 :Les cantons de la forêt de Mizrana et leurs superficies Source : Circonscription de Tizirt, 2010.....	33
Tableau 5:Indices écologiques de structures des espèces inventoriées.....	47
Tableau 6:Corrélation entre les facteurs étudiés au niveau de notre station.....	50
Tableau 7: richesse spécifique au niveau de notre station.....	50
Tableau 8: les Valeurs de L'indice de Shannon H pour les trois niveau.....	51
Tableau 9:valeur de l'équitabilité pour les trois niveaux de profondeur du sol au niveau de notre station d'étude.....	52
Tableau 10: Les valeurs de l'indice de Simpson pour les trois niveaux.....	52
Tableau 11: Corrélation entre les facteurs étudiés au niveau de notre station.....	52
Tableau 12: Nombre des Macro-invertébrés répartie dans les trois niveaux.....	55

## ABREVIATION

**N** : Azote

**Si** : Silicium

**P** : Phosphore

**K** : Potassium

**Ca** : Calcium

**S** : Soufre

**Mg** : Magnésium

**Zn** : Zinc

**B** : Bore

**Cu** : Cuivre

**Fe** : Fer

**C** : Carbone

**PH** : potentiel hydrogène

**Al** : Aluminium

**M.O** : Matière organique

**E** : énergies

**MOS** : Matière organique du sol

**M** : Mètre

°**C** : degré Celsius

**QX** : Quintaux

**t/ha** : Tonne par hectare

***Q. suber* L** : Quercus suber L

**LT** : Litière

**Ind**: Individus

**N1**: Niveau 1

**N2** : Niveau 2

**ITAB** : Institut Technique De l'agriculture Biologique:

**I.M.L** : Institut méditerranéen du liège.

**DGRF** : Direction générale des ressources forestière

**(C.I.P.S., 2005)** : Code International des Pratiques Subéricoles

**D.G.F** (Direction Générale des Forêts)

**CPVQ** : Conseil des Productions Végétales du Québec

**CF Tizi-Ouzou** : conservation des forêts de tizi-ouzou.

**FAO** : Food Agricultur Organization

# *SOMMAIRE*

## Listes des figures

## Liste des tableaux

## Abréviations

# Sommaire

Introduction.....	1
I-    Chêne liège	
1. Historique et origine : .....	3
2. Taxonomie : .....	3
3. La répartition de chêne liège :.....	4
3.1. Aire de répartition mondiale : .....	4
3 .2. Aire de répartition en Algérie : .....	5
4. Caractéristique écologique :.....	6
4.1 Exigences altitudinales :.....	6
4.2 Exigence climatiques : .....	7
4.2.1 La température :.....	7
4.2.2 La lumière :.....	7
4.2.3 L’humidité et la pluviométrie :.....	7
4.2.4 Bioclimat : .....	7
4 .3 Exigence édaphique et géomorphologique :.....	7
5. Caractéristique Botanique :.....	8
5.1 Description du chêne liège : .....	8
5.2 Système racinaire : .....	9
5.3 Tronc .....	9
5.4 Feuilles : .....	9
5.5 Fleur : .....	10
5.6 Les fruits (Glands) :.....	10

5.7 Longévité :.....	11
6. Facteurs de dégradation des subéraies : .....	11
6.1. Ravageurs et maladies présentes dans les subéraies : .....	12
6.1.1 Insecte :.....	12
6.1.2 Champignons :.....	12
6.2. Les incendie.....	12
6.3. L'érosion .....	12
6.4. Les changements climatiques.....	13
6.5. La pression anthropozoïque .....	13
7. Importance économique du liège en Algérie .....	13
8. Différents usages du liège.....	15
II. Propriétés générales du sol.....	16
1. Sol.....	16
2. Horizons du sol :.....	16
2.1. Horizon A.....	17
2.2. Horizon B .....	17
2.3. Horizon C.....	17
2.4. Horizon R ou G : .....	17
3. Propriétés physiques du sol.....	18
3.1. Texture du sol.....	18
3.2. Structure du sol.....	18
3.3. Porosité du sol.....	19
4. Indices physico-chimiques de la qualité des sols .....	19
4.1. Propriétés chimique du sol .....	20
4.2. Matières organiques du sol.....	20
4.3. Actions de la matière organique sur les propriétés du sol.....	21

4.4.	Actions sur les propriétés physiques du sol .....	21
4.5.	Actions sur les propriétés chimiques du sol .....	21
4.6.	Actions de la M.O sur les propriétés biologiques du sol.....	22
5.	Propriétés biologiques .....	22
5.1.	Indices biologiques de la qualité des sols.....	25
6.	Indice écologique.....	26
6.1.	Indice de Shannon .....	26
6.2.	Indice d'équitabilité .....	27
6.3.	Les estimateurs écologiques.....	27
1.	Présentation de la région d'étude.....	30
1.1.	Situation géographique et administrative.....	30
1.2.	La Végétation Naturelle .....	33
1.3.	Topographie et relief.....	34
1.4.	Bioclimat et le climat .....	34
1.5.	Précipitations.....	35
1.6.	Températures.....	35
1.7.	Synthèse Bioclimatique :.....	36
2.	Échantillonnage de la macrofaune .....	36
2.1.	Prélèvement des sols et des invertébrés .....	37
2.2.	Récolte des échantillons de sol : .....	37
2.3.	Extraction des invertébrés du sol .....	38
2.4.	Identification de la macrofaune.....	38
3.	Analyse du sol.....	39
3.1.	Potentiel d'hydrogène .....	39
3.2.	Dosage du Carbone .....	39
3.3.	La conductivité électrique .....	40

3.4. Humidité.....	41
I- Résultats :.....	43
1. Résultat de la mesure du pH eau : .....	43
2. Résultat du carbone (matière organique) : .....	43
3. Résultat de conductivité : .....	44
4. Résultat de l'abondance de la faune du sol : .....	45
5. Biodiversité et richesse spécifique moyennes de chaque niveau : .....	45
5.1. Résultat de niveau 2 : .....	46
5.2. Résultat de la litière : .....	46
5.3. Résultat de niveau 1 .....	47
6. Indices écologiques de structures des espèces inventoriées : .....	47
6.1. Les indices mesurant la diversité écologique de notre station d'étude : .....	47
6.2. L'indice de Shannon (H') : .....	47
6.3. L'indice De Shannon (H') : .....	48
6.4. L'indice d'équitabilité (E) .....	48
6.5. L'indice de diversité de Simpson (1-D) .....	48
7. Analyses statistiques	48
7.1. Analyse factorielle des correspondances (AFC) : .....	48
8. Corrélation entre les facteurs étudiés au niveau de notre station .....	50
II- Discussion.....	50
1. Richesse spécifique S : .....	50
2. L'indice de Shannon H .....	51
3. L'équitabilité E .....	52
4. L'indice de Simpson .....	52
5. Corrélation entre les facteurs étudiés au niveau de notre station d'étude.....	52
I- Conclusions et perspectives.....	55

# *INTRODUCTION*

## **Introduction**

Les forêts du monde, qui couvrent environ 31% de la surface terrestre, sont bien plus que de simples étendues d'arbres. Elles incarnent un écosystème complexe et interconnecté qui joue un rôle fondamental dans la régulation climatique, la conservation de la biodiversité, et la fourniture de ressources vitales (**Hansen et al., 2013**). Les travaux de Hansen et de son équipe mettent en lumière la manière dont ces vastes étendues boisées agissent comme des poumons de la planète, absorbant le dioxyde de carbone de l'atmosphère et régulant ainsi le climat mondial.

Cependant, lorsque l'on parle de forêts, il est essentiel de reconnaître que toutes les forêts ne sont pas identiques. Les forêts méditerranéennes, situées le long des rivages de la mer Méditerranée, se distinguent par leur biodiversité unique et leur adaptation remarquable aux conditions climatiques méditerranéennes (**Quézel & Médail, 2003**). Les contributions de **Quézel et Médail** à la science de la conservation ont mis en avant l'importance cruciale de ces écosystèmes pour la préservation de la flore et de la faune méditerranéennes, ainsi que pour la stabilité des écosystèmes régionaux.

Au sein de ces forêts méditerranéennes, la forêt de chêne liège occupe une place centrale, avec des implications économiques, écologiques, et sociales considérables. Cependant, les subéraies sont soumises à de nombreuses menaces qui pèsent de plus en plus sur leur structure et leur fonctionnement (changement climatique, activités anthropiques, incendies) **ROUSSEAU 2018**.

En Algérie, les subéraies font face à des défis de taille, comme les effets du changement climatique, des incendies et de la dégradation des sols (**Cherif et al., 2019**)

En effet, Le sol, souvent négligé, est un élément central de ces écosystèmes, fournissant des nutriments essentiels aux arbres et abritant une biodiversité floristique et faunistique d'une importance vitale.

La qualité d'un sol est étroitement liée à sa capacité à fonctionner suite à l'équilibre entre les propriétés physiques (ex : la porosité du sol) et chimiques (ex : éléments nutritifs) constituant le biotope, et leurs nombreuses interactions avec la composante « vivante » (la flore et la faune du sol) constituant la biocénose (**Nahrath, 2000 ; Gobat et al., 2013**)

Au sein de cette biocénose complexe, le rôle des macro-invertébrés est déterminant. En effet, plusieurs travaux ont été réalisés pour expliquer la place et le rôle de cette composante essentielle de la faune du sol.

Parmi ces travaux nous pouvons citer ceux de **Wall & Bardgett (2002)** mettent en avant la contribution majeure des macros invertébrées, telles que les vers de terre, à la fertilité du sol et à la régulation des populations d'insectes nuisibles, contribuant ainsi à la durabilité globale de ces écosystèmes forestiers.

L'objectif de ce travail est de quantifier une partie de la pédo-faune présente dans le sol d'une subéraies, de décrire les facteurs abiotique qui structures ces communauté d'invertébré afin de qualifier l'état de cet écosystème forestier.

Notre travail s'articule autour de trois chapitres :

- Synthèse Bibliographique : Dans ce premier chapitre, nous aborderons les notions générales concernant le chêne-liège, le sol et la faune du sol.
- Matériels et Méthodes : Le deuxième chapitre sera consacré à la description détaillée de tous les équipements et méthodologies que nous avons employés pour atteindre nos objectifs.
- Résultats et Discussions : Enfin, dans le troisième chapitre, nous présenterons les résultats que nous avons obtenus et nous engagerons des discussions autour de ces résultats.
- Conclusion et des perspectives pour clore cette étude.

*Chapitre I :*  
*Synthèse*  
*bibliographique*

## I. LE CHENE LIEGE

### 1. Historique et origine :

Le chêne liège (*Quercus suber* L.) occupe une place particulière au sein de la forêt Méditerranéenne. Il est présent en Méditerranée occidentale depuis plus de 60 millions d'années (Reille, 1977). Selon (Quezel et Medail, 2003), le chêne-- liège serait originaire de la péninsule ibérique, et aurait colonisé l'Afrique du Nord depuis Gibraltar et Rif, à la fin du miocène, ainsi des études palynologiques confirment que ce chêne est significativement présent en Afrique du Nord au moins depuis le pléistocène.

Selon Bentiba et Reille (1982) in Quezel et Medail, 2003), *Quercus suber* a survécu dans divers refuges de la partie méridionale et du littoral de la péninsule ibérique, mais aussi en Afrique du Nord, lors du dernier maximum glaciaire. La culture du chêne-liège n'est apparue en Algérie qu'en 1848, bien avant son développement en Tunisie en 1882 et au Maroc en 1914 (Boudy, 1955).

Au cours du XIXe siècle, le bois du chêne-- liège était utilisé dans les constructions navales et des chantiers (Boudy, 1950).

Depuis l'an 1950, les suberaies ont été progressivement délaissées, ou profit de l'arrivée sur le marché des bouchons, d'autres produits de substitution moins coûteux comme le plastique (Cantat&Piazzetta, 2005).

### 2. Taxonomie :

Ancienne classification de Cronquist (1981):

Le chêne liège est une espèce végétale qui appartient à :

**Embranchement:** Magnoliophyta

**Classe :** Magnoliopsida

**Sous classe :** Hamamelidae

**Ordre :** Fagales

**Famille** : Fagaceae

**Genre :** Quercus

Nouvelle classification APG III de (Chase et Reveal., 2009):

**Clade** : Spermatophyta

**Clade** : Angiospermes

**Clade** : Dicotylédones vraies

**Clade** : Rosidae

**Super ordre** : Fabidae

**Famille** : Fagaceae

**Genre** : Quercus

### **3. La répartition de chêne liège :**

#### **3.1. Aire de répartition mondiale :**

Le chêne liège occupe une aire naturelle relativement restreinte. En effet, sa répartition se limite au bassin méditerranéen européen, tous en débordant sur les côtes Atlantiques. On le trouve à l'état spontané dans sept pays, quatre pays européens (Portugal, Espagne, France, Italie) et trois nord-africains (Algérie, Tunisie et Maroc). (Boudy., 1950, Natividade., 1956,).

Selon Sampaio (1988), superficie originelle de la subéraie aurait été de l'ordre de 7,5 millions d'hectares hors pour la superficie potentielle, elle serait de 12,5 millions d'hectares d'après le Code International des Pratiques Subéricoles (C.I.P.S., 2005)

Cependant, cette essence totalise actuellement dans le monde environ 2,5 millions d'hectares, dont 1 million et demi d'hectares sont répartis en Europe et près d'un million d'hectares en Afrique du Nord (Pausas et al, 2009)

<b>Auteurs</b> <b>Pays</b>	<b>Zeraia</b> <b>(1981)</b>	<b>Salazar</b> <b>Sampaio</b> <b>(1988)</b>	<b>Benabd</b>	<b>Veillon</b> <b>(1998)</b>	<b>Yessad</b> <b>(2000)</b>	<b>Silva</b> <b>etcatry</b> <b>(2006)</b>
<b>Portugal</b>	<b>600.10<sup>3</sup></b>	<b>555.10<sup>3</sup></b>	<b>650.10<sup>3</sup></b>	<b>600.10<sup>3</sup></b>	<b>605.10<sup>3</sup></b>	<b>730.10<sup>3</sup></b>
<b>Algérie</b>	<b>480.10<sup>3</sup></b>	<b>444.10<sup>3</sup></b>	<b>480.10<sup>3</sup></b>	<b>200.10<sup>3</sup></b>	<b>450.10<sup>3</sup></b>	<b>410.10<sup>3</sup></b>
<b>Espagne</b>	<b>340.10<sup>3</sup></b>	<b>340.10<sup>3</sup></b>	<b>500.10<sup>3</sup></b>	<b>340.10<sup>3</sup></b>	<b>352.10<sup>3</sup></b>	<b>500.10<sup>3</sup></b>
<b>Maroc</b>	<b>450.10<sup>3</sup></b>	<b>300.10<sup>3</sup></b>	<b>350.10<sup>3</sup></b>	<b>300.10<sup>3</sup></b>	<b>345.10<sup>3</sup></b>	<b>340.10<sup>3</sup></b>

Tunisie	-	140.10 <sup>3</sup>	100.10 <sup>3</sup>	100.10 <sup>3</sup>	90.10 <sup>3</sup>	99.10 <sup>3</sup>
France	108.10 <sup>3</sup>	150.10 <sup>3</sup>	100.10 <sup>3</sup>	70.10 <sup>3</sup>	56.10 <sup>3</sup>	100.10 <sup>3</sup>
Italie	-	70.10 <sup>3</sup>	100.10 <sup>3</sup>	70.10 <sup>3</sup>	70.10 <sup>3</sup>	90.10 <sup>3</sup>

Tableau 1: Superficie (hectares)des peuplements de chene liège par pays,

Source: Belhoucine 2012

Le chêne liège a été introduit dans plusieurs pays en dehors de la région méditerranéenne, comme un arbre ornemental et d'ombrage ou dans l'espoir de produire du liège local. Une bonne acclimatation a été observée en Nouvelle- Zélande (Aronson *et al.* 2009), au Chili et au sud de l'Australie.



Figure 1: Répartition de Quercus Suber en méditerranée occidentale,  
Source <http://www.institutduliege.com/repartition.php>

### 3 .2. Aire de répartition en Algérie :

Le chêne-liège est une espèce forestière principale en Algérie, localisée en littoral sur une ligne passant approximativement par Tizi-Ouzou, Kherrata, Guelma et Souk-Ahras. Elle réapparaît également dans la région de Tlemcen et Mascara (Karoune, 2008), s'étendant du littoral méditerranéen au nord aux chaînes telliennes au sud, sur une largeur ne dépassant pas les 100 km (Bouhraoua, 2003).

En effet, les meilleurs peuplements sont localisés en zones humide et subhumide du Nord Est de l'Algérie jusqu'à la frontière tunisienne (Zeraia, 1982 ; Benmechri, 1994 in

**Belhocine, 2013**). Cette région détient à elle seule 80% (392 000 ha) de la surface totale, distribuées sur les massifs de Skikda, Jijel, Guelma, Annaba, Tizi ouzou et El Taref (**Yessad, 2000**)

Selon la G.G.A la superficie des forêts de chêne liège en 1894 est de 470 000ha, et en 2005 l'I.M.L annonce que la superficie des subéraies en Algérie est de 375 000ha.

En 2009, la DGRF a donné une nouvelle répartition de la surface des subéraies en Algérie résumée dans le tableau 1.

Conservations	Superficies (ha)	Conservation	Superficies (ha)
SKIKDA	85200	CHLEF	6 500
EL-TARAF	59500	MEDEA	4 600
JIJEL	43700	TLEMCEN	4 000
BEJAIA	41700	TIPAZA	2 800
TIZI-OUZOU	29452	ORAN	2 000
GUELMA	21800	SÉTIF	1 800
ANNABA	14900	BOUIRA	1 800
AIN DEFLA	13700	BOUMERDES	1 300
SOUK AHRAS	12000	BLIDA	690
MILA	11400	CONSTANTINE	650

**Tableau 2 : Répartition des superficies des chênes liège en Algérie**

Source : (D.G.R.F 2009).

## 4. Caractéristique écologique :

### 4.1 Exigences altitudinales :

*Quercus suber* schématiquement se situe entre 0 et 700 à 800 m sur les rives nord de la Méditerranée, et jusqu'à 1000 m (2 400), selon la latitude au Maghreb (**QUEZEL & MEDAIL, 2003**). C'est une essence de plaine et de moyenne montagne (**BOUDY, 1950**). En

Algérie, sa limite altitudinale moyenne est de 1200 m (ZERAIA, 1982), peut atteindre le maximum de 1550 m dans les massifs de Theniet El-Had (SEIGUE, 1985).

## **4.2 Exigence climatiques :**

### **4.2.1 La température :**

Le chêne liège est une espèce thermophile, exigeante une température moyenne oscillant entre 13°C et 19°C et, qui ne dépasse pas les -9°C (Ghouil et al, 2003).

### **4.2.2 La lumière :**

Le chêne-liège est une essence végétale héliophile, qui exige une forte insolation (Boudy, 1950). Il se défend très mal lorsqu'il est en concurrence avec d'autres arbres qui développent une cime importante (Dessain et Tondelier, 1991).

### **4.2.3 L'humidité et la pluviométrie :**

Le chêne-liège est une essence végétale qui exige une hygrométrie élevée. Il nécessite une humidité atmosphérique d'eau moins de 60 % même en saison sèche et, une précipitation annuelle comprise entre 400mm et 700 mm (Boudy, 1952). La fréquence des pluies pendant la période estivale constitue l'élément le plus important pour la régénération de chêne-liège (Zeraia, 1981). En effet, il cherche les régions où les précipitations annuelles sont très élevées, allant de 600 à 1200mm/an (Dessain et Tondelier, 1991).

### **4.2.4 Bioclimat :**

La répartition du chêne-liège dans son aire naturelle est principalement limitée aux étages bioclimatiques, semi-arides tempérés et semi-arides doux, à humide tempéré et humide doux (Quezel, 1976). Les forêts de *Q. suber* L. sont le plus souvent des peuplements ouverts envahis par des maquis denses. Sur le plan climatique, les subéraies de Maghreb appartiennent généralement au Thermo-Méditerranéen (Quezel, 2002).

## **4.3 Exigence édaphique et géomorphologique :**

*Quercus suber* est une essence strictement calcifuge, colonisant surtout les substrats siliceux fissurés ou meubles : gneiss, micaschistes, granites, rhyolites, grès et sable fixés ; il peut exceptionnellement tolérer les arènes dolomitiques (QUEZEL & MEDAIL, 2003).

Ainsi, (**BENSGHIR, 1996**) signale que ce dernier s'accommode très bien avec les sols pauvres et profonds. Il faut noter qu'en Algérie, les forêts du chêne-liège couvrent des grès Numidiens (Algérie-Tunisie), des roches éruptives et granitiques, des Schistes azoïques, des sables et de l'éocène. Il ne supporte pas les terrains salés de même que les sous-sols imperméables conduisant à des stagnations des eaux en hiver.

## **5. Caractéristique Botanique :**

### **5.1 Description du chêne liège :**

Plusieurs auteurs ont décrit les caractéristiques botaniques du chêne liège (**Saccardy, 1937 ; Boudy, 1955 ; Natividade, 1956 ; Yessad, 2000**).

C'est un arbre qui ne dépasse pas les 12 m en France, qui peut atteindre 15 à 20 m en Algérie et au Portugal, dont certains sujets dépassent 1 m de diamètre, s'étalant en longueur.

L'arbre présente un couvert léger, laissant passer la lumière (**Boudy, 1955**). L'arbre peut vivre jusqu'à 300 ans, mais les levées successives de liège diminuent fortement cette remarquable longévité à environ 200 ans (**Boudy, 1955**).



**Figure 2: Photo Représentatif du chêne liège**

**Source : <https://pixabay.com/fr/photos/ch%C3%A4ne-li%C3%A8ge-li%C3%A8ge-aboyer-babillard-505266/>**

## 5.2 Système racinaire :

Selon **Veillon (1998)**, le système racinaire du chêne liège est pivotant, il est constitué d'une grosse racine principale, qui sert comme support à l'arbre et de racines secondaires superficielles, permettant un enracinement profond, qui fixe l'arbre sur des sols légers, peu profonds et même rocheux, car il permet l'approvisionnement en eau et en éléments minéraux. **Natividade (1956)** souligne que dès le jeune âge, il montre des dispositions naturelles à s'enfoncer verticalement et avec vigueur dans le sol. Trois mois après le semis, les racines atteignaient 55 à 60 cm, tandis que la partie aérienne atteint 9 cm.

Le système racinaire du chêne liège peut s'emmêler avec les racines des arbres voisins (échanges de substances nutritives), mais aussi il établit des relations symbiotiques, principalement avec des espèces fongiques, pour faire face aux conditions climatiques et édaphiques (**Azul et al., 2010**).

## 5.3 Tronc :

Le tronc est assez court et se ramifier à une faible hauteur (4 m environ), il est recouvert d'une écorce subérifiée et fortement crevassée longitudinalement (**Figure 7**) (**Gil et Varela, 2008**). A l'état isolé le tronc est couvert de grosses branches étalées, quand il vit en massif le tronc est plus droit et plus long (**Gil et Varela, 2008**).



**Figure 3: Tronc du chêne liège (Photo Original)**



**Figure 4: Tronc du chêne liège (Photo Original)**

## 5.4 Feuilles :

Le chêne-liège est une espèce sclérophylle à feuillage persistant «2 à 3 ans ». Il peut perdre fortement ses feuilles après une forte glandée, à la suite des conditions atmosphériques défavorables ou après une récolte exagérée de liège (**Silva et al. 2005 ; Petroselli et al, 2013**).

Elles 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 foncé, lustrées sur la face supérieure, tomenteuses et gris-blanchâtre sur la face inférieure (**Saccardy, 1938**)



**Figure 5: Feuilles du chêne liège**

**Source: (Bouchaour-Djabeur, 2001).**

### **5.5 Fleur :**

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 groupée par 2 ou 3 à l'extrémité des rameaux de l'année. Les fleurs sont plus courtes et plus rigides (**Natividade, 1956 ; Lamey, 1893**). D'après **Lamey(1893)**, 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.

### **5.6 Les fruits (Glands) :**

Sont des glands présentant, selon l'arbre, des formes et des dimensions très variables, variant de 2 à 5 cm de long et de 1 à 2 cm en large. Ces derniers, sont de couleur brune à maturité, avec un pédoncule jusqu'à 4 cm de long (**Pereira, 2011**). Les glands murissent, généralement, l'année même de floraison et tombent en octobre et novembre parfois jusqu'à janvier (**Natividade, 1956**)



Figure 6:Glands du chêne liège

Source: (Anonyme1, 2014)

### 5.7 Longévité :

La longévité du Chêne-liège varie selon les conditions du milieu physique, pouvant atteindre les 500 ans, mais les levées successives de liège abaisse fortement cette remarquable longévité qui, compte tenue de l'état de dégradation des subéraies (abandon, feu successifs,...) est descendu à environ 150 à 200 ans. Les levées successives de liège, avec des rotations de 9 à 11 ans sont possibles jusqu'à 150 à 200 ans (Vigne, 1990).

## 6. Facteurs de dégradation des subéraies :

Les changements globaux correspondent à des modifications environnementales qui ont des conséquences majeures sur la vie des hommes et des écosystèmes et qui se produisent à l'échelle mondiale. Ils incluent non seulement le changement climatique, mais également les changements d'origine anthropique qui l'accompagnent et qui affectent directement ou indirectement l'ensemble de la biosphère et de la biodiversité. Les changements globaux impliquent la diminution globale de la biodiversité, l'acidification et l'élévation du niveau des océans, la modification des cycles planétaires de l'eau, de l'azote et du phosphore, l'apparition de pollutions globales, le changement à grande échelle de l'occupation des sols ainsi que l'accroissement de la population mondiale et ses effets sur les ressources physiques terrestre(15).

Les changements globaux ont des effets majeurs sur la biodiversité. Les écosystèmes sont perturbés par les changements climatiques, la pollution et la destruction de l'habitat naturel. Les espèces animales et végétales sont menacées d'extinction en raison de ces perturbations. Les changements climatiques ont des effets directs sur la biodiversité en modifiant les conditions environnementales telles que la température, l'humidité et les

précipitations. Les espèces animales et végétales doivent s'adapter à ces nouvelles conditions ou disparaître. (16)

## 6.1. Ravageurs et maladies présentes dans les subéraies :

Les maladies et les ravageurs apparaissent lorsque les peuplements s'affaiblissent, principalement à cause du changement climatique, de saisons défavorables et du vieillissement des arbres.

### 6.1.1 Insecte :

- Bombyx disparate (*Lymantria dispar*), insecte défoliateur ;
- Bupreste du chêne (*Coraebus florentinus*), xylophage ;
- Capricorne du chêne (*Cerambyx cerdo*), insecte xylophage ;
- Fourmi du liège (*Crematogaster scutellaris*) ;
- Platype (*Platypus cylindrus*), s'attaque aux troncs démasclés, insecte xylophage ;
- Tordeuse verte du chêne (*Tortrix viridana*), insecte défoliateur.

### 6.1.2 Champignons :

- Maladie du charbon de la mère (*Hypoxylon mediterraneum*) ;
- maladie de l'encre (*Phytophthora cinnamomi*) ;
- *Diplodia mutila*, attaques sur arbres blessés lors du démasclage ;
- Les armillaires et notamment l'armillaire couleur de miel (*Armillaria mellea*), champignon basidiomycète parasitant les racines.

## 6.2. Les incendie :

Malgré que le chêne liège soit une espèce qui résiste aux incendies grâce à son écorce, les feux récurrents restent dévastateurs pour les subéraies. Selon **Boudy (1952)** les dommages sont d'autant plus grands que les arbres sont démasclés (**Badaoui & Birem, 2010**).

Le couvert léger du chêne liège et la nature siliceuse des sols, contribuent à faciliter le développement d'un sous-bois abondant (le maquis), principal facteur des incendies (**Seigue, 1980 in Badaoui & Birem, 2010**).

## 6.3. L'érosion :

Du fait de son couvert clair, les fortes intensités des précipitations surtout dans les reliefs accidentés peuvent constituer un facteur limitant pour la régénération naturelle du chêne

liège, puisque la couche superficielle du sol riche en humus et matière organique, nécessaires à la germination et à la croissance des glands, est dégradée et qui génère la perte de la fertilité des sols (Jdaidi, 2009).

#### **6.4. Les changements climatiques :**

L'augmentation des températures et la diminution des précipitations contribuent à l'étalement de la période sèche, ce qui permet l'installation d'un climat aride, cela annule la germination des glands et la croissance des jeunes semis, mais aussi entraîne la fragilité des arbres adultes.

#### **6.5. La pression anthropozoïque :**

L'Homme est le principal facteur de dégradation des forêts au sens large et des subéraies au Sens strict. La plus part des incendies (plus de 90%) (CF Tizi Ouzou) sont dus à l'activité humaine, il participe aussi aux défrichements, ramassage systématique des glands, à l'extension des terres agricoles et des constructions sur des terre boisées, et cela en diminuant l'aire du chêne liège (Morsli, 2014)

Le surpâturage aussi est l'un des facteurs de dégradation, le bétail, soit se nourrit des jeunes pousses, soit les piétine. Les animaux sauvages aussi perturbent à leur tour la régénération, tel que les petits rongeurs et les oiseaux qui se nourrissent des glands (Tusell i Armengol & Garcia Bosch, 2015)

En Algérie, les écologues et les forestiers confirment l'évolution régressive du chêne liège. Depuis le début du siècle les subéraies ont perdu beaucoup d'espace et souvent remplacé par des pinèdes. Cette régression continue résulte de l'action combinée de plusieurs facteurs : historique, socioéconomique, sylvicole et naturel (Messaoudène et al, 2019).

### **7. Importance économique du liège en Algérie :**

La production mondiale de liège est de près de 380 000 tonnes par an (Ferreira et al., 1999). L'Algérie occupe le 4ème rang des producteurs de liège avec 5% de la production mondiale (IPROCOR, 1994 in Kaci, 2019).

La production nationale du liège a connu des fluctuations annuelles parfois importantes, pendant l'époque coloniale, elle oscillait en moyenne entre 9 tonnes (1867 et 1925) et 32 000

Tonnes (1930-1960) (Marc, 1916 in Dehane et al. 2013). Après l'indépendance cette production a nettement régressé pour des raisons diverses et le volume annuel est devenu en effet assez irrégulier et varie de 8 à 35 000 tonnes, soit une moyenne de l'ordre 4 tonnes ce qui correspond à une réduction d'environ 6 % par rapport à la phase précédente (Direction générale des forêts, 2009).

L'inventaire forestier national établi en 1984 par le BNEDER, indique que sur les 230 000 hectares de chêne-liège, 61 % sont représentés par de vieilles futaies, 37 % par de jeunes futaies, 1 % par des perchis et 1 % par des taillis. Durant cette époque, la production moyenne nationale ne dépasse guère les 134 000 q, soit une chute de 38,3 % de la production par rapport à l'année 1965 (Dehane et al. 2013) (Figure 7).

La filière liège a connu, durant la période (1993-2003), ses moments les plus difficiles.

En effet, la crise sécuritaire qu'a traversée le pays a donné un coup très dur notamment au domaine forestier. Ceci a occasionné une réduction alarmante de la superficie des peuplements de chêne-liège causée par une série d'incendies catastrophiques ayant parcouru de grandes surfaces, soit un chiffre de 63328 ha en 1994. A ceci s'ajoute la désorganisation de la récolte du liège, due principalement à l'inaccessibilité aux peuplements arrivant à l'âge d'exploitation à cause de l'insécurité, mais aussi aux coupes illicites de grande envergure, profitant de l'absence des forestiers.

La production de liège a atteint des niveaux aussi bas qu'au temps des premières concessions coloniales. A titre indicatif, en 1994, la production nationale n'a pas dépassé le seuil de 40000 Qx, puis elle a atteint subitement les 160 000 q en 1998. Le taux de croissance moyen annuel de la production frôlait 1,8%, tandis que la production a baissé de 24,3% par rapport à celle de 1965. La figure 8 résume les fluctuations de la production annuelle de la filière liège entre 1993 et 2010 (Dehane et al. 2013).

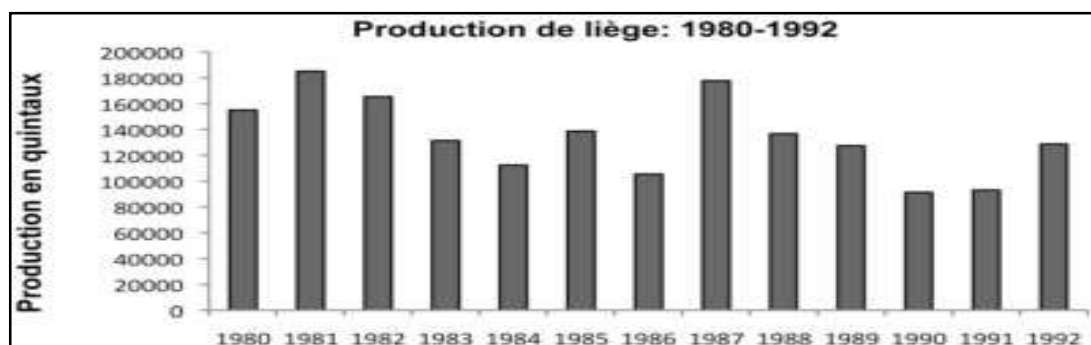


Figure 7 : Evolution de la production nationale de liège entre 1980 et 1992

Source: (Dehane et al. 2013)

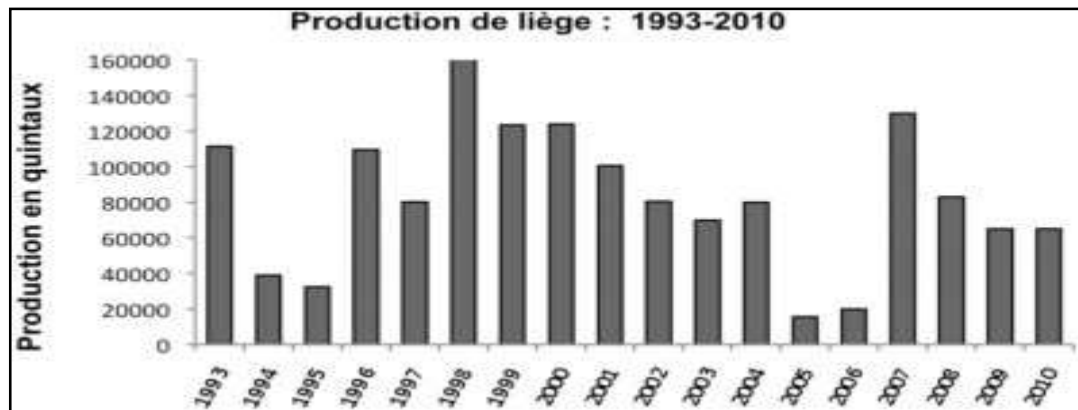


Figure 8: Evolution de la production nationale de liège entre 1993 et 2010

Source: (Dehane et al. 2013)

## 8. Différents usages du liège :

Par ses propriétés physiques et mécaniques, le liège occupe une place importante dans l'économie industrielle, ses principaux domaines d'utilisation sont :

- ✓ Dans l'emballage et plus particulièrement pour boucher les récipients contenant des liquides, le bouchon en liège a trouvé sa véritable fonction surtout au niveau des bouteilles de vin ;
- ✓ Dans le bâtiment, comme produit isolant de premier ordre pour les terrasses et parois, ses qualités d'imputrescibilité et d'élasticité permettent un bon comportement au feu, il constitue de ce fait un indice de qualité et de confort dans la construction ;
- ✓ Dans la chaussure, pour la fabrication de semelles apparentes ou intérieures, il est vivement conseillé pour la fabrication de chaussures orthopédiques ;
- ✓ Dans l'industrie, il est utilisé comme joint dans l'industrie mécanique et des fluides, de même que dans l'isolation anti vibratile lors de l'installation d'équipements (OUELMOUHOUB, 2005).

## II. Propriétés générales du sol

### 1. Sol :

Le sol correspond à la partie superficielle de l'écorce terrestre. Couverture de la lithosphère en contact avec l'atmosphère. Il est soumis à des altérations d'ordre biotique et abiotique. Ainsi, il est présenté comme un produit d'interface de l'interaction entre différents composants ; La roche, l'eau, l'air et les êtres vivants (**Robert, 1996 ; Chaussod, 2002 ; Ramade, 2003 ; Calu, 2004**). C'est un écosystème particulier, dans lequel se développent la microflore, la faune et les végétaux. En effet, c'est un réservoir de biodiversité encore assez méconnu (**Antoni, 2007 in Lieutaud, 2007**).

Les sols sont des milieux dont les modes de fonctionnement sont définis par des interactions entre constituants – solutions et organismes vivants qu'ils renferment (**Girard et al. 2005**).

Dans les écosystèmes forestiers, les sols assurent différentes fonctions déterminantes qui dépendent strictement des cycles biogéochimiques (**Costanza et al. 1997 ; Coleman et al., 2004**) :

- Une fonction de production liée au pool d'éléments biodisponibles.
- Une fonction écologique liée à la biodiversité fonctionnelle présente dans le sol avec les rétroactions ou le contrôle qu'elle exerce sur les cycles de C et N en particulier.
- Une fonction environnementale telle que l'épuration des eaux de surface. Les sols forestiers jouent également un rôle important dans le stockage du carbone organique, avec 650-800.109 t stockés à la surface de la Terre, dont la moitié en forêt tempérée

(**Girard et al., 2005**). Les litières du sol représentent 5 à 15 % de la masse du carbone du sol (dans les forêts de feuillus : entre 2 et 20 t/ha, résineux : 4 à plus de 50 t/ha, avec les valeurs les plus fortes dans les sols acides). Les variations de stockage de carbone organique dans les sols forestiers sont liées à deux facteurs interactifs: les changements climatiques et les actions anthropiques (**Auclerc, 2019**)

### 2. Horizons du sol :

Les pédologues désignent généralement les différents horizons du sol par des lettres majuscules O, A, B, C, R. La signification de ces derniers varie d'une école à un autre.

**2.1. Horizon A :**

Cet horizon contient à la fois la matière organique et de la matière minérale. C'est un horizon majeur qui occupe la partie supérieure ou l'ensemble du profil. Il est le résultat du travail des organismes vivants qui existent dans le sol.

**A00-** Horizon de surface, formés de débris des végétaux facilement identifiables et non reliés ensemble par de mycélium

**A0-** horizon constitué principalement de débris végétaux partiellement décomposés et pratiquement non reconnaissables sur le terrain. Les horizons peuvent être subdivisés en F et H. La couche H se distingue de F par l'absence complète de structure végétale. Ils contiennent en général plus de 30% de matière organique totale. Ils sont mesurés de bas en haut à partir de sommet d'A1.

**A1-**est un horizon minéral présentant en général moins de 30% de matière organique bien mélangée à la partie minérale, et de couleur généralement sombre, il peut être un horizon éluvial.

**A2-** est un horizon de couleur plus claire que l'horizon sous-jacent, il est appauvri en fer, en argile, en aluminium avec une concentration corrélative de minéraux résistants. C'est un horizon d'illuviation par lessivage de matériaux en solution ou en suspension.

**2.2. Horizon B :**

Horizon majeur situé au-dessous d'A, caractérisé par des teneurs en argile ou en Fer, plus élevé qu'en A ou C. Il est enrichi en divers constituants minéraux ou organique. Il résulte de la transformation des minéraux primaires issue de la roche sous-jacente.

**2.3. Horizon C :**

C'est un horizon d'altération de la roche mère sous-jacente.

**2.4. Horizon R ou G :**

C'est la roche mère, on distingue les roches en fonction de leur dureté. R pour les roches dures (granites, grès, calcaires) et M pour les roches meubles (sables, marnes, ...).

### 3. Propriétés physiques du sol

#### 3.1. Texture du sol :

La texture ou la granulométrie fait référence à la répartition des sédiments en fonction de leur taille. C'est une propriété fixe du sol qui est de loin la propriété la plus importante (**Gobat et al., 2010**). Le triangle des textures indique à quel type appartient le sol considéré (Figure 9).

L'effet de la texture et de la minéralogie des argiles est variable. Cependant, il semble que globalement l'effet d'un apport organique est plus élevé dans les sols sableux et limoneux ou l'activité microbienne générée permet d'atteindre en fin d'expérimentation un niveau de stabilité des agrégats équivalent à celui des sols plus argileux (**Kiem et Kandeler, 1997 ; De Gryze et al., 2005**).

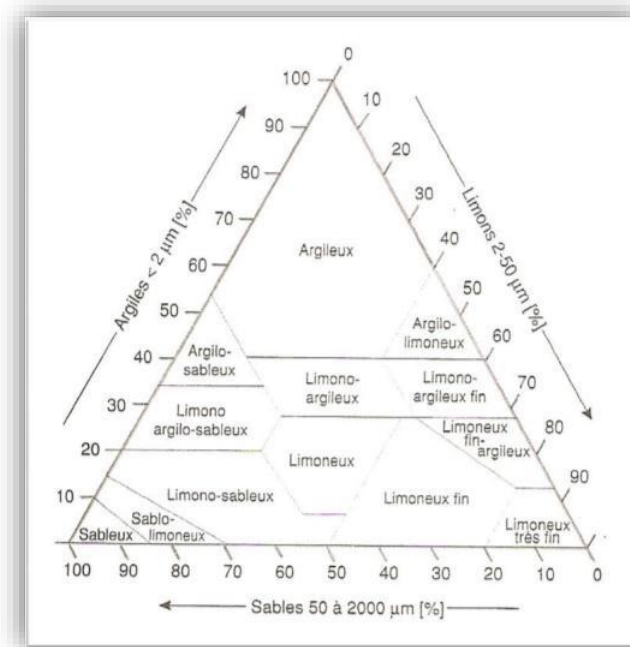


Figure 9 : Triangle des textures minérales

Source: (USDA, 1999 in Gobat et al. 2010)

#### 3.2. Structure du sol :

Appréciée visuellement, la structure est un état du sol, variant à court terme, par exemple selon les saisons. Elle dépend directement de la texture mais aussi de l'état des colloïdes, de la teneur en eau ou en matière organique et, dans une large mesure, de l'activité de la faune (**Gobat et al. 2010**).

La matière organique cimente entre elles les particules minérales du sol et contribue à la stabilisation des agrégats. Une agrégation stable procure une bonne structure au sol et le rend

moins compact, plus meuble et plus perméable à l'eau et à l'air (grâce à une porosité plus élevée). Cela crée un environnement favorable à la croissance du système racinaire des cultures et à l'activité biologique du sol. Les sols comportant des agrégats stables sont par ailleurs moins exposés à l'érosion, à la formation d'une croûte (croûte de battance) et aux problèmes qui peuvent suivre, par exemple une émergence plus difficile et moins uniforme des semis (**Guide, CPVQ, Conseil des Productions Végétales du Québec, 2000**).

### **3.3. Porosité du sol :**

Selon le degré d'humectation, les vides du sol sont occupés en majeure partie soit par l'eau, soit par l'air. Leur ensemble représente la porosité, une propriété du sol qui reflète le volume des vides du sol, exprimé en pourcentage du volume total. La porosité donne une bonne idée de l'état structural avec, avantage certain, la possibilité de mesures comparatives.

Selon la taille des pores, elle se subdivise en macroporosité (vides > 50 µm, pouvant être remplis par l'eau de gravité rapidement drainée et souvent colonisés par les racines moyennes), en méso porosité ou porosité capillaire, constituée des vides de 0,2 à 50 µm retenant l'eau utilisable par les plantes, et en microporosité, dont les vides inférieurs à 0,2 µm retiennent l'eau inutilisable (**Gisi et al. 1997, in Gobat et al. 2010**).

### **4. Indices physico-chimiques de la qualité des sols :**

Les indices physico-chimiques sont la texture, la quantité de matière organique et le pH qui sont les principales propriétés physico-chimiques intégratives de la qualité des sols.

L'étude de la texture des sols consiste en une analyse granulométrique : analyse consistant à classer les éléments du sol d'après leur grosseur et à déterminer le pourcentage de chaque fraction.

La matière organique joue un rôle fondamental dans le maintien du sol vivant long terme. Un taux de matière organique élevé favorise le développement des micro-organismes et de la faune des sols. Ce sont ces mêmes micro-organismes qui mettent ensuite les éléments minéraux à disposition des plantes grâce à la minéralisation de cette matière organique. Les caractéristiques des matières organiques et leur contenu dans les sols doivent donc être considérés comme des critères indispensables au diagnostic en matière de fertilité.

L'eau joue un rôle essentiel dans tous les phénomènes physiques, chimiques et biologiques qui se produisent dans le sol. Elle pourra entrer en compétition avec les molécules organiques pour l'adsorption sur les matériaux solides, entraînant une baisse de l'adsorption des polluants lorsque le taux d'humidité du sol augmente (**Sayyad et al., 2010**).

Le pH du sol est un indicateur des conditions physico-chimiques de la solution du sol.

Il exerce un effet direct sur l'activité microbienne (**ITAB, 2002**) du sol ainsi que sur la biodisponibilité des nutriments, à travers des phénomènes de solubilisation et d'insolubilisations propres à chaque élément. En particulier, un pH acide peut bloquer la disponibilité d'éléments minéraux tels que le phosphore (**Boyer, 1982**).

#### **4.1. Propriétés chimique du sol :**

La dégradation de la roche mère par l'eau conditionne, dans une large mesure, la composition chimique du sol qui en est le résultat final (**FAO, 2015**).

#### **4.2. Matières organiques du sol :**

**Mustin, (1987)** a défini la matière organique du sol (**MOS**) comme étant la matière spécifique des êtres vivants végétaux et animaux. Elle provient de l'activité de tout organisme présent à la surface ou à l'intérieur du sol. Une partie de cette **MOS** est produite par les organismes vivants: déjections animales, exsudats racinaires, litière végétale et polysaccharides microbiens. Par contre le reste est constitué de débris végétaux, de carcasses animales et de cellules microbiennes décomposées (**Davet, 1996**).

Les constituants organiques du sol proviennent de la décomposition de la matière organique végétale, animale et bactérienne. Ces substances s'évaluent constamment dans le sol et sont modifiées par différents processus géochimiques à travers le temps. Puisqu'elle joue un rôle majeur sur les propriétés du sol, il est important que la matière organique soit toujours renouvelée (**Brady et Weil, 2008**).

Selon (**Paradis, 2016**), la Matière organique du sol, composée majoritairement de carbone, sera partiellement modifiée lors des réactions d'oxydation au contact de l'oxygène. Cependant, c'est la transformation par les organismes décomposeurs qui est le processus biochimique le plus important (**Paradis, 2016**).

**D'après (Brady et Weil, 2008)** la MO augmente la capacité d'échange cationique des sols, elle forme un réservoir de nutriments assimilables pour la végétation au fur et à mesure qu'elle se décompose, la MO libère de nombreuses espèces sous forme d'ions, les rendant ainsi disponibles pour la végétation (**Fig. 10**). Enfin, la matière organique animale et végétale constitue la principale source d'énergie (**E**) et de carbone (**c**) pour les organismes du sol. L'activité biochimique du sol serait impossible sans ces apports.

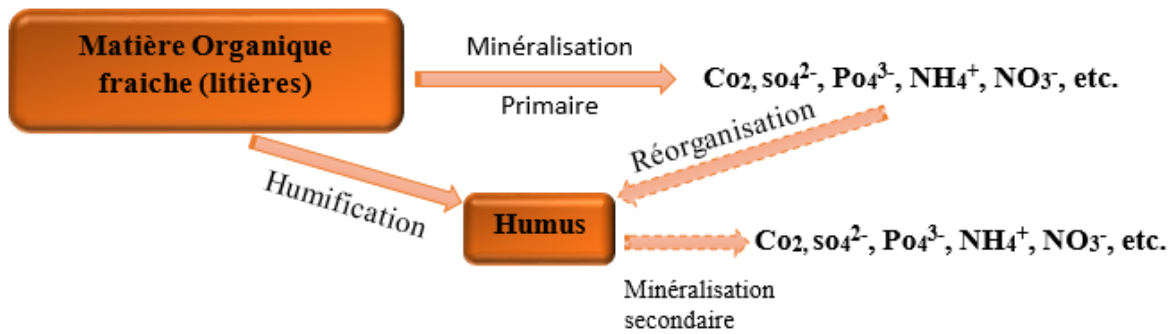


Figure10 : Processus de décomposition de la matière organique fraîche

Source: (Duchaufour, 2001)

### 4.3. Actions de la matière organique sur les propriétés du sol :

Les matières organiques ont des diverses propriétés qui leur attribuent des fonctions primordiales dans les agros et les écosystèmes. Les fonctions des matières organiques contribuent de façon générale à l'aptitude des sols à la production végétale par l'amélioration de ces propriétés physiques, chimiques et biologiques.

### 4.4. Actions sur les propriétés physiques du sol :

Les M.O assurent la cohésion des autres composants du sol entre eux, contribuent à la structuration du sol et à la stabilité de la structure. Ceci est dû au grand nombre de liaisons électrostatiques et surtout de liaisons faibles que les M.O peuvent assurer (Balesdent, 1996).

Selon Duthil, (1973) La teinte foncée des terres riches en M.O favorise l'absorption de l'énergie solaire. Ceci se traduit par un réchauffement plus rapide des sols nus.

La capacité du sol pour l'eau est en effet liée à la teneur en M.O en raison de l'hydrophilie extrêmement accusée des colloïdes qui la composent (Duthil, 1973). Cette matière retient d'autant mieux l'eau qu'elle est humifiée, elle régularise le bilan de l'eau dans le sol.

### 4.5. Actions sur les propriétés chimiques du sol :

Le M.O contribue généralement à la fertilité chimique des sols. Ce sont des réserves de nutriments, principalement utilisées pour l'azote, le phosphore et le soufre (Balesdent, 1996).

Selon (Grissa et Ben Kheder, 2000) les matières organiques sont dans leur ensemble par leur minéralisation, une source alimentaire de certains nutriments et la facilité de leur utilisation suite à la libération par oxydation de l'humus et de gaz carbonique. D'après Duthil (1973), cette décomposition progressive est doublement intéressante :

- D'une part, elle s'étend sur la quasi-totalité de la période de végétation, ce qui correspond bien à l'alimentation normale et évite les pertes dues au lessivage et à l'insolubilisation.
- D'autre part, elle apparaît « complète » que la destruction microbienne des débris végétaux enfuis libère aussi bien N, P, K, Ca, S que d'autre élément moins connus ou moins évidents Mg, Zn, B, Cu, Fe, Al, Si, ... Etc.

#### **4.6. Actions de la M.O sur les propriétés biologiques du sol :**

Les apports organiques facilement fermentescibles permettent d'améliorer l'activité biologique (**Parr, 1973**). Les M.O représentent un véritable substrat énergétique pour les micro-organismes pour synthétiser leurs propres protéines ainsi que pour former des métabolites (**Ribiero, Mouraux, Novikoff, 1976**).

Les matières organiques représentent l'aliment des vers de terre et des arthropodes (insectes, acariens...). Les matières organiques jeunes apportent les sucres et les matières azotées nécessaires aux micro-organismes. Les matières organiques, en améliorant la structure et l'aération du sol, favorisent le développement des bactéries aérobies, indispensables à la minéralisation et aux échanges dans la rhizosphère (**Soltner, 2003**).

#### **5. Propriétés biologiques :**

La flore du sol est l'ensemble des plantes qui vivent dans ou sur le sol. Elle joue un rôle important dans la formation et le maintien de la structure, de la fertilité et de la biodiversité du sol (**Bardgett, R et al. 2014**). La flore du sol comprend les plantes supérieures, dont les racines pénètrent le sol et contribuent à son enrichissement en matière organique, et les plantes inférieures, comme les algues, les lichens et les mousses, qui colonisent la surface du sol et participent à sa stabilisation (**Singh, J. et al, 1989**). La flore du sol est influencée par plusieurs facteurs, tels que le climat, la texture, le pH, la teneur en eau et en nutriments, et les pratiques de gestion du sol. La flore du sol est également en interaction avec la faune du sol, qui comprend les micro-organismes (bactéries, champignons, protozoaires), la micro-faune, la méso-faune et la macro-faune. Ces organismes participent à la décomposition de la matière organique, à la minéralisation des éléments nutritifs, à la formation de l'humus et à l'aération du sol. La flore du sol est donc un élément essentiel de l'écosystème terrestre, qui assure de nombreux services écosystémiques **Wardle, D. A. (2002)**, comme la production de biomasse

végétale, le stockage du carbone, le cycle de l'eau, la régulation du climat et la protection contre l'érosion.

Le sol abrite un grand nombre d'organismes, on compte plus de 260 millions d'individus par m<sup>2</sup> sur sol de prairie (Gobat *et al.* 2003). Il s'agit majoritairement d'invertébrés. Ils se localisent essentiellement où se situe le potentiel énergétique des apports végétaux, ce qui correspond aux 10 à 20 premiers centimètres du sol. Les animaux fouisseurs pouvant toutefois s'en éloigner quand les circonstances l'exigent (Bachelier, 1978). La pédofaune est extrêmement diversifiée (Deprince, 2003). Elle est classiquement divisée en trois catégories en fonction de la taille des organismes (Fig.6) ; en microfaune, méso faune et macrofaune (Bachelier, 1978) :

- ✓ **La microfaune** : est constituée d'espèces de diamètre inférieur à 0,2 mm, elles vivent généralement dans un film d'eau. Ce sont des espèces hydrophiles; des protozoaires, quelques espèces de rotifères terrestres et des tardigrades résistants à la sécheresse (Bachelier, 1978)
- ✓ **La méso faune** : rassemble les invertébrés entre 0,2 et 4 mm, constituée d'espèces hygrophiles et d'espèces xérophiles. Il s'agit d'acariens, de collemboles, de pseudoscorpions, de protoures, de diptères, de petits myriapodes (ces groupes se rassemblant sous le terme " microarthropodes"), de nématodes de plus grande taille et d'enchytréides (Bachelier, 1978)
- ✓ **La macrofaune** : est composée des animaux entre 4 et 80 mm Ce sont des lombriciens, des larves d'insectes, des cloportes, des myriapodes chilopodes et diplopodes, des mollusques gastéropodes (limaces et escargots), des chélicérates (araignées et opilions) et de divers hexapodes (Bachelier, 1978). La macrofaune joue un rôle clé dans la régulation des propriétés physiques des sols et de la biodiversité des organismes plus petits (Lavelle et Spain, 2001).

Les Lombriciens (Annélides, Oligochètes) représentent une composante majeure de la macrofaune du sol puisque, dans la plupart des écosystèmes terrestres, ils dominent en biomasse (Pelosi, 2008).

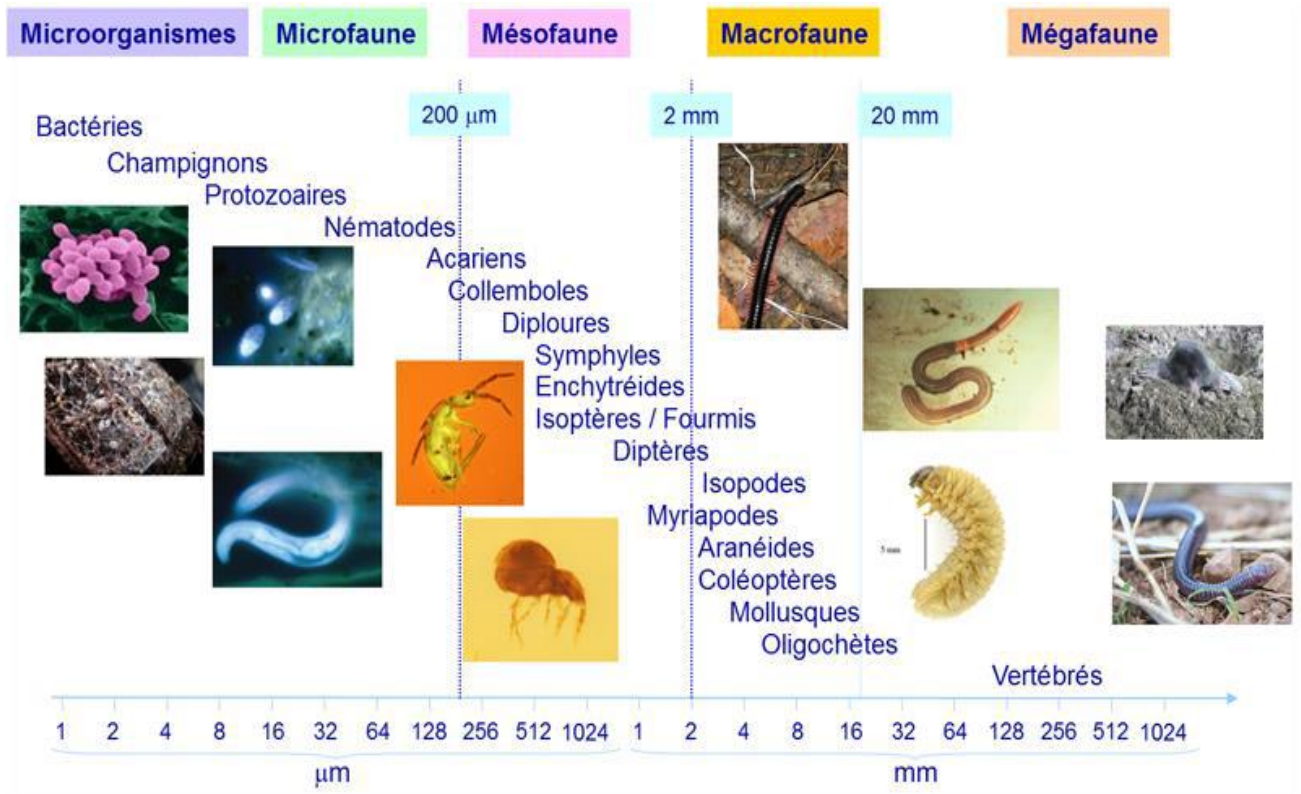


Figure 11 : Classification des flores et faunes

Source: (Anonyme 1)

Caractéristiques	Ingénieurs chimiques	Régulateurs biologiques	Ingénieurs de l'écosystème
Principaux organismes	Bactéries Champignons	Protozoaires Nématodes Acariens Collemboles Carabes	Fourmis Termites Vers de terre
Fonctions	— Décomposition de la matière organique — Minéralisation et libération de nutriments — Dégradation des composés toxiques — Transformation de la litière et décomposition de la matière organique	Régulation des communautés microbiennes — Régulation de la disponibilité en nutriments	Création et stabilité des habitats dans le sol — Modification des propriétés physiques — Accumulations de la matière organique — Compaction et décompactions du sol — Formation des sols

Taille de l'organisme	0,5 – 5 $\mu\text{m}$ (bactéries) 2 – 10 $\mu\text{m}$ (diamètre des hyphes mycorhiziens)	2 – 200 $\mu\text{m}$ (protozoaires) ~ 100 $\mu\text{m}$ (nématodes) 0,5 – 2 mm (acariens) 0,2 – 6 mm (collembolles)	0,1 – 5 cm (fourmis) 0,3 – 7 cm (termites) 0,5 – 20 cm (vers de terre)
Densité dans le sol	$10^9$ cellules/g de sol (bactéries) 10 m/g sol (hyphes)	$10^6$ individus / g sol (protozoaires) 10 à 50 individus/g sol (nématodes) $10^3$ à $10^5$ individus / $\text{m}^2$ sol (acariens) $10^2$ à $10^4$ individus / $\text{m}^2$ sol (collembolles)	$10^2$ à $10^3$ individus / $\text{m}^2$ sol (fourmis) 10 à 500 individus / $\text{m}^2$ sol (vers de terre)

Tableau 3 : Caractéristiques des trois principaux groupes fonctionnels des organismes du sol (classés selon leur type d'activité). Ces trois catégories ne sont pas imperméables, les organismes classés dans une catégorie peuvent aussi jouer un rôle dans les deux autres

Source : [Faune du sol et production végétale / Planet-Vie \(ens.fr\)](#)

### 5.1. Indices biologiques de la qualité des sols :

Sachant que le cycle biogéochimique des nutriments du sol est en grande partie le fait de microorganismes en interrelations avec leur environnement et le rôle fondamental qu'ils jouent dans le fonctionnement du sol (**Nannipieri et al. 2003**), ceux-ci sont très largement utilisés comme bio-indicateurs. En effet, ils remplissent les critères nécessaires à l'élaboration d'un indicateur efficace (facilites de mesure, sensibilité au stress, robustesse d'après **Dale et al. (2001)**). Le grand nombre de fonctions fait qu'elles ne peuvent pas être prises en compte de manière exhaustive. Il est donc nécessaire de choisir des activités microbiennes qui rendent compte du fonctionnement global du sol. Ces activités doivent être choisies selon trois types de critères: l'importance écologique des flux générés se rapportant aux deux plus importants cycles des éléments qui sont le carbone et l'azote, la représentativité par rapport à l'ensemble de la communauté microbienne du sol et l'accessibilité technique à la mesure des activités choisies à savoir, la respiration et la dénitrification.

Ceci, revient à n'évaluer les capacités enzymatiques des microorganismes présents dans le sol au moment du prélèvement (**Lensi et al. 1985**), la respiration microbienne du sol concerne l'ensemble des micro-organismes dans leur diversité et abondance. Elle nous renseigne sur la capacité de la communauté microbienne hétérotrophe du sol dégradé la matière organique.

Elle peut aussi être considérée comme un indicateur de la biomasse microbienne totale active du sol et donc de sa capacité biotique (Fig.12)

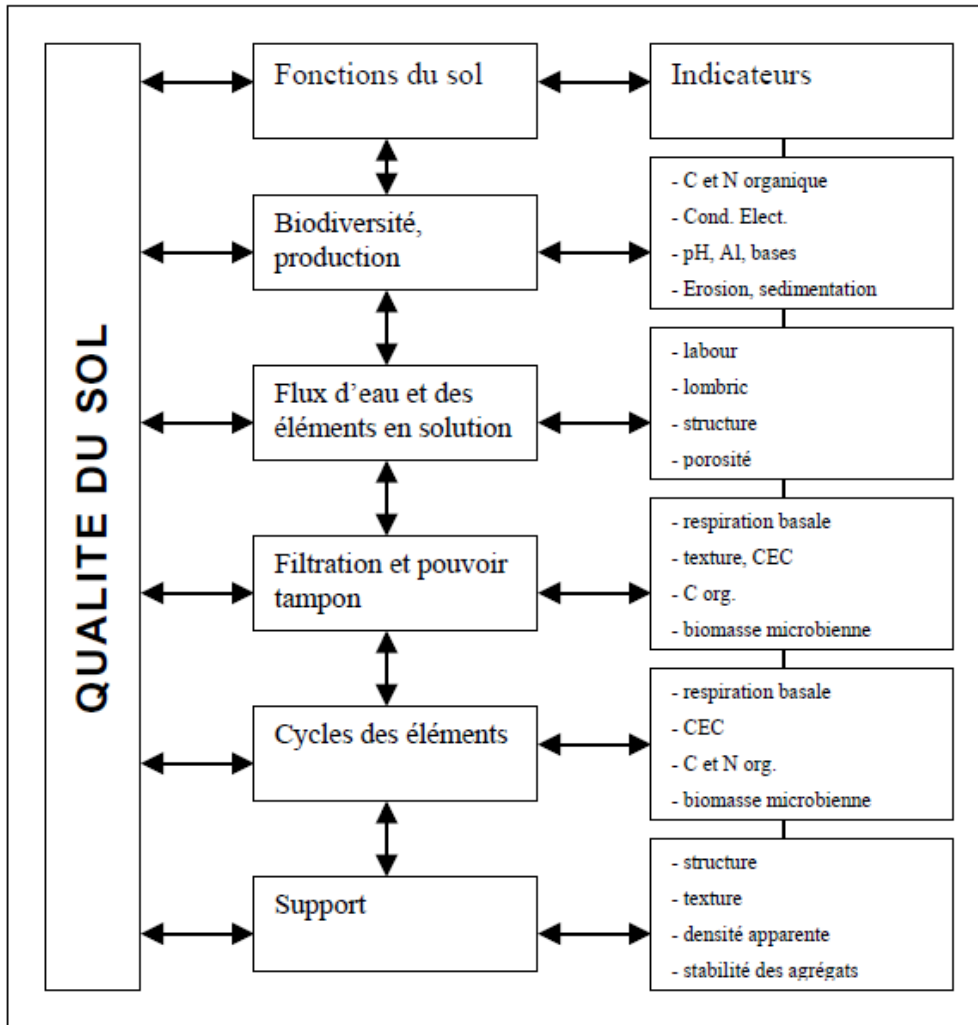


Figure 12 : Concept de la qualité des sols utilisant des indicateurs en relation avec les fonctions du sol

Source : (Mausbach et Tugel, 1997).

## 6. Indice écologique :

Les indices écologiques sont des indicateurs qui permettent de mesurer l'état d'un système écologique et de détecter d'éventuelles modifications de ce système. Ils peuvent être qualitatifs ou quantitatifs et sont souvent utilisés pour évaluer l'impact des activités humaines sur l'environnement.

### 6.1. Indice de Shannon :

L'indice de Shannon est un indice permettant de mesurer la diversité spécifique. Il est utilisé en écologie pour mesurer la diversité d'une communauté d'espèces. Cet indice prend en compte

le nombre d'espèces présentes dans la communauté et leur abondance relative. Plus la diversité est grande, plus l'indice de Shannon est élevé. L'indice de Shannon est souvent utilisé en combinaison avec d'autres indices de biodiversité pour obtenir une image plus complète de la diversité d'une communauté (**WRéf**) (1). La formule mathématique de l'indice de Shannon est la suivante :

$$H' = - \sum (p_i * \ln (p_i))$$

Où :

- **H'** est l'indice de biodiversité de Shannon
- **p<sub>i</sub>** est la proportion de chaque espèce dans la communauté (2)

### **6.2. Indice d'équitabilité :**

L'indice d'équitabilité est un indice qui permet de mesurer la répartition des espèces dans un écosystème. Il est utilisé pour mesurer la diversité biologique et la santé de l'écosystème. Il est calculé en fonction du nombre d'espèces et de leur abondance relative. Plus l'indice est proche de 1, plus la répartition des espèces est équitable. Pour appliquer cet indice à une étude de biodiversité, vous devez d'abord déterminer les espèces présentes dans l'écosystème étudié et leur abondance relative. Ensuite, vous pouvez calculer l'indice d'équitabilité en utilisant la formule appropriée. (**WRéf**) (3) (4)

L'indice d'équitabilité se calcule selon la formule mathématique suivante :  $E = H' / \ln S$  où **E** représente l'équitabilité; **H'** l'indice de Shannon; **S** le nombre total d'espèces sur une parcelle. La valeur de cet indice tend vers 0 lorsqu'une espèce domine largement et est égale à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (**WRéf**) (5) (6) (7)

### **6.3. Les estimateurs écologiques :**

Les estimateurs écologiques sont des outils statistiques qui permettent d'estimer la diversité et l'abondance des espèces dans un écosystème. Ils sont utilisés pour mesurer la biodiversité et pour évaluer l'impact des perturbations environnementales sur les communautés écologiques (**WRéf**) (8)

Il existe plusieurs types d'estimateurs écologiques tels que les estimateurs de richesse, les estimateurs d'abondance et les estimateurs de diversité (**WRéf**) (9). Les estimateurs de richesse sont utilisés pour estimer le nombre d'espèces dans un écosystème donné. Les estimateurs

d'abondance sont utilisés pour estimer le nombre d'individus de chaque espèce dans un écosystème donné. Les estimateurs de diversité sont utilisés pour estimer la diversité des espèces dans un écosystème donné **(WRéf) (9)**.

- Il existe plusieurs estimateurs de richesse tels que l'estimateur de **Chao1**, l'estimateur de Jackknife et l'estimateur de Bootstrap . L'estimateur de Chao1 est calculé comme suit :

$$S_{Chao1} = S_{obs} + 2 \frac{a^2}{b}$$

Où **Sobs** est le nombre d'espèces observées, a est le nombre d'espèces observées une seule fois et b est le nombre d'espèces observées deux fois. L'estimateur de Jackknife est basé sur la suppression progressive des échantillons et l'estimateur de Bootstrap est basé sur la

Rééchantillonnage aléatoire des échantillons. **(Chao A., 1984)**

- Il existe plusieurs estimateurs d'abondance tels que l'estimateur de Fisher, l'estimateur de Good-Turing et l'estimateur de **Chao2**. L'estimateur de Fisher est calculé comme suit :

$$N_{fisher} = (n+1) \frac{S_{obs}}{S_{obs} + k - 1}$$

Où **S {obs}** est le nombre d'espèces observées, n est le nombre total d'individus dans l'échantillon et K est le nombre d'espèces observées une seule fois. L'estimateur de Good-Turing est basé sur la fréquence des espèces observées et l'estimateur de **Chao2** est basé sur la variance des fréquences des espèces observées. **(Gotelli, N. J., & Colwell, R. K. (2001))**.

- Il existe divers estimateurs de diversité tels que l'indice de Shannon, l'indice de Simpson et l'indice d'Evenness. L'indice de Shannon est calculé comme suit :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad \text{(Magurran, A. E. (2004))}$$

Où **pi** est la proportion de l'échantillon représentée par la i-ème espèce et **S** est le nombre total d'espèces dans l'échantillon. L'indice de Simpson est calculé comme suit **(WRéf) (13)**

$$\lambda = \sum_{i=1}^S (p_i)^2$$

$$L = \frac{\sum_{i=1}^S n_i \cdot (n_i - 1)}{N \cdot (N - 1)}$$

Où  **$p_i$**  est la proportion de l'échantillon représentée par la  $i$ -ème espèce et  **$S$**  est le nombre total d'espèces dans l'échantillon. L'indice d'Evenness mesure la répartition relative des abondances des différentes espèces dans un écosystème donné.

# *CHAPITRE II*

## *Matériels et méthodes*

## 1. Présentation de la région d'étude

### 1.1. Situation géographique et administrative :

La forêt de Mizrana est un lieu historique important pour l'Algérie. Elle est considérée comme le berceau de la révolution nationale en raison de son caractère stratégique que lui conféraient sa densité, son relief accidentel, ses voies à un accès des plus difficiles, l'existence de caches et de grottes inaccessibles la rendant imprenable quant à l'ennemi (1). La forêt a également été le bastion de la révolution nationale algérienne du PC de la wilaya III (2).

La forêt domaniale de Mizrana s'étend majestueusement sur les terres des régions de Tizirt et Dellys, dans la wilaya de Boumerdes. Elle est principalement localisée dans les communes de Mizrana et Tizirt, offrant ainsi une magnifique richesse naturelle à ces deux localités. Toutefois, il convient de noter qu'une petite partie de cette forêt se trouve à l'ouest, dans la commune d'Afir, située dans la daïra de Dellys. Cette partie occupe une superficie de 670 hectares, divisée en deux cantons distincts.



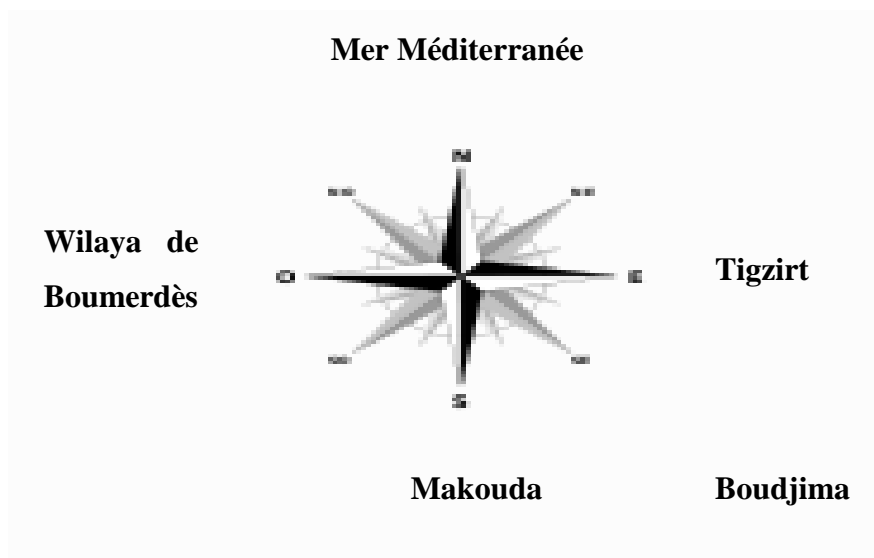
Figure 13 : situation géographique de la forêt de Mizrana,

Source : Forêt de Mizrana Map - Forest - Algeria - Mapcarta

Au nord de la forêt, se trouve le canton Mizrana, qui s'étend sur une superficie de 342 hectares, représentant ainsi 51% de la superficie totale. Ce canton offre un panorama enchanteur avec sa végétation luxuriante et ses arbres majestueux. Au sud, nous découvrons le canton Elma Hachach, couvrant une superficie de 328 hectares, soit 49% de la forêt. Les deux cantons, bien que différents dans leur composition et leur emplacement, contribuent ensemble à la beauté et à l'équilibre écologique de la forêt.

Les coordonnées géographiques de la forêt de Mizrana sont situées à une latitude nord de 36°50'50" et une longitude est de 4°05'32". En termes de dimensions, la forêt s'étend sur une longueur d'environ 10 kilomètres dans le sens est-ouest, tandis que sa largeur est évaluée à environ 8 kilomètres dans le sens nord-sud. Ainsi, elle forme une étendue verdoyante qui longe la côte méditerranéenne de la Kabylie, offrant un lien harmonieux entre la terre et la mer.

La forêt de Mizrana est délimitée par des éléments naturels et humains. Au nord, elle est bordée par la mer Méditerranée, qui offre une brise rafraîchissante et une vue panoramique sur les eaux blues scintillantes. La route nationale N°24 marque également la limite nord de la forêt, reliant ces terres verdoyantes au reste du pays. À l'est, la commune d'Iflissen délimite le territoire forestier, offrant un contraste captivant entre les espaces naturels et les zones habitées. Au sud, la commune de Makouda constitue la frontière, ajoutant ainsi une dynamique unique entre le monde urbain et la nature préservée. **(Figure14)**



**Figure 14 : Communes limitrophes de Mizrana**  
Source: (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Mizrana>)

La forêt domaniale de Mizrana est un trésor naturel d'une importance considérable, avec une superficie totale estimée à 2 233,778 hectares selon les estimations de la Circonscription de Tizirt. Cette vaste étendue est divisée en 16 cantons de tailles inégales, chacun ayant sa propre identité et sa contribution à l'écosystème forestier. Certains cantons dépassent même les 200 hectares, témoignant de la diversité et de la richesse de la flore et de la faune présentes dans la région. De plus, la circonscription de Dellys compte également deux cantons d'une superficie de 670 hectares, qui ajoutent encore plus de valeur à cette forêt d'exception. (**Tableau 4**)

Cantons	Superficie (ha)	Taux(%)
El Maachache	328	11,29
Mizrana	342	11,77
Tala Mimoun	373	12,84
Tizi N'Bouali	246,15	8,476
Guiguer Belghem	244	8,40
Azroubar	235,92	8,12
Nador	224,05	7,71
Smeha	192,05	6,61
Tala Bouderies	169,2	5,82
Adrar toghmast	137,55	4,73
El Azaib	81,81	2,81
Bouhaçan	76,68	2,64

Cheurfa	52,918	1,82
Tibecharine	51,3	1,76
Tamazirth ourabah	50	1,72
Mazer	43,9	1,51
Timezguida	35,25	1,21
Arbot	20	0,68
Total	2903,778	100

Tableau 4 : Les cantons de la forêt de Mizrana et leurs superficies

Source : Circonscription de Tizirt, 2010

### 1.2. La Végétation Naturelle :

La forêt de Mizrana est une subéraie, qui s'étend sur une grande partie de la Kabylie. Elle est dominée par le chêne liège (*Quercus suber*), une espèce forestière très exploitée pour son écorce. Selon **BOUDY (1955)**, la forêt de Mizrana présente une structure dense et régulière, d'un âge moyen de 100 ans, avec une densité de 250 à 800 arbres par ha.

La végétation de la forêt de Mizrana comprend également du chêne zen, du chêne afares et du chêne kermès, ainsi que des espèces arbustives comme l'arbousier et les bruyères arborescentes (**MEHADHEB, 1970**). Les photos suivantes prises sur la station d'étude représentent quelques exemples.



Figure 15 : Aphanopetalaceae (originale)



Figure 16 : Rubus armeniacus (originale)



Figure 17 : Sage (*Salvia officinalis*) (originale) Figure 18 : *Phillyrea media* L. (Originale)



Figure 19 : *Salvia reflexa* (Originale)

La végétation de la forêt de Mizrana est formée de 9/10 de chêne-liège et 1/10 de chêne zen, quelque chêne afares existant, le chêne kermès aussi présent de façon réduite sur la frange ouest du contons de Tizi-N'Bouali . (MEHADHEB, 1970).

### 1.3. Topographie et relief :

Le relief de la forêt de Mizrana est accidenté, avec une pente de terrain rarement inférieure à 25 %. L'altitude varie du nord au sud, le point le plus bas est à 69 m dans l'extrême Nord-Ouest de la forêt, à proximité de la route nationale 24, le plus élevé est à 984 m dans le contons d'Azroubar. Ce relief offre des paysages diversifiés et des points de vue remarquables sur la mer Méditerranée.

### 1.4. Bioclimat et le climat :

La forêt de Mizrana est soumise à un bioclimat de type subhumide à variante tempéré, selon Bekdouche (2010). La période pluvieuse dure six mois, de novembre à mars, où la pluviométrie mensuelle dépasse la pluviométrie moyenne mensuelle. Novembre, décembre et

janvier sont les mois les plus arrosés et représentent près de 50% de la pluviométrie annuelle globale. La période de sécheresse s'étale sur quatre mois (juin à septembre), où les mois de juin, juillet et août sont très secs avec une somme qui tourne autour de 3,50% de la pluviométrie annuelle globale. Les mois les plus chauds sont juin, juillet, août et septembre avec des températures moyennes maximales allant de 24 à 34°C. Les températures minimales moyennes des mois de décembre, janvier et février sont comprises entre 4,5 et 10°C. La température moyenne annuelle est voisine de 18°. Ces résultats montrent le caractère méditerranéen net de la zone d'étude (**Daget, 1977**). En l'absence d'une station météorologique dans notre zone d'étude, notre présentation du climat se limitera à une vue d'ensemble. Selon **SELTZER (1946)**, nous observons une baisse d'environ 0,4 °C des températures minimales pour chaque élévation de 100 mètres en altitude, tandis que les températures maximales chutent d'environ 0,7 °C pour la même élévation. Pour caractériser le climat de notre région, nous avons basé notre analyse sur les données de (**BEKDOUCHE et MEZAIR, 1992 ; ABED, 1993**), en utilisant la station d'Elma-Hacheche, située à une altitude de 601 mètres, comme référence. Des ajustements ont été apportés aux chiffres relatifs aux précipitations annuelles et aux températures mensuelles dans ces travaux.

### **1.5 Précipitations :**

Selon **BOUDY (1955)**, la pluviométrie moyenne sur une période de 20 ans est de 1200 mm pour Elma-Hacheche. Néanmoins, les résultats de (**BEKDOUCHE et MEZAIR, 1992 ; ABED, 1993**) indiquent que la pluviométrie annuelle moyenne est en réalité de 1288 mm pour la station d'Elma-Hacheche. La saison des pluies s'étend sur six mois, d'octobre à mars, avec une forte concentration sur trois mois très humides (novembre, décembre, janvier), représentant à eux seuls 45,8 % de la pluviosité annuelle totale. En revanche, les mois de juin, juillet et août ne contribuent que modestement, avec seulement 3,5 % de la pluviosité annuelle.

### **1.6 Températures :**

La période de sécheresse s'étend sur 2,5 mois, de juin à septembre. Les mois les plus chauds sont juin, juillet, août et le début de septembre, avec des températures moyennes maximales variant de 24 °C à 30 °C. Les températures moyennes minimales oscillent entre 4,5 °C et 5,5 °C en décembre, janvier et février.

### 1.7 Synthèse Bioclimatique :

Une synthèse climatique est essentielle pour classifier les types de climats et comprendre le comportement de la végétation ainsi que sa répartition. **BAGNOUL et GAUSSEN (1957)** proposent une synthèse climatique sous forme de graphique, où les mois de l'année sont représentés en abscisse, les précipitations mensuelles moyennes en mm à droite, et les températures moyennes mensuelles en °C à gauche, à une échelle double par rapport aux précipitations ( $P < 2T$ ). La zone d'intersection des deux courbes indique la durée et l'intensité de la période sèche. Ce graphique est communément appelé diagramme ombrothermique.

L'examen du diagramme ombrothermique de Bagnoul et Gaussen, établi par (**ABED, 1993**), confirme que la saison sèche estivale ne dépasse pas trois mois, commençant en juin et se terminant vers la deuxième quinzaine d'août. En résumé, notre région d'étude présente un climat de type méditerranéen doux et humide, correspondant au bioclimat humide à hiver tempéré.

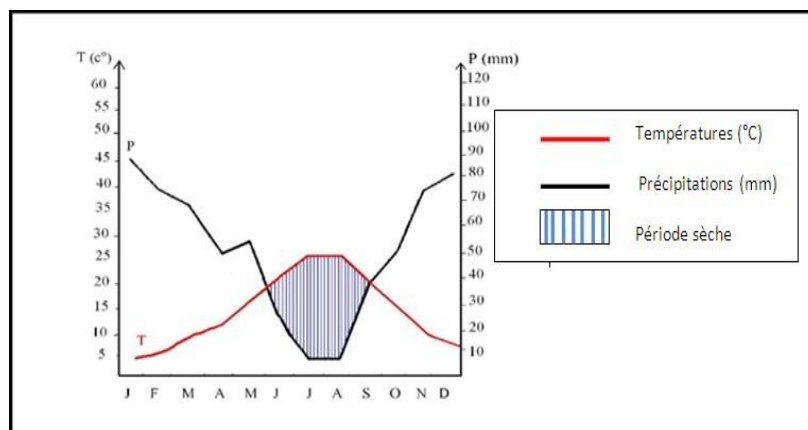


Figure 20 : Diagramme Ombrothermique De Bagnouls Et Gaussen Pour La Station Alema-Hacheche

Source : (Abed, 1993)

## 2. Échantillonnage de la macrofaune

La distribution de la faune du sol présente des variations à la fois spatiales et saisonnières, comme l'ont noté **CHAUVEL et al. en 1987**. Pour cette étude, nous avons effectué l'échantillonnage en juin, une période généralement propice à un dénombrement significatif des animaux du sol en raison des températures élevées, de l'humidité optimale du sol et de la stabilité relative du pédoclimat, comme l'ont souligné **Ferrahi M.O. et Djema A. en 2004**.

## 2.1. Prélèvement des sols et des invertébrés

Nous avons utilisé la méthode de **Coineau (1974)** pour prélever les invertébrés du sol. Nous avons mesuré un carré de 20x20 cm en utilisant une règle, situé à 1 mètre au nord de chaque l'un des six arbres de *Quercus suber* L (figure 8). Ces arbres ont été choisis par tirage au sort parmi une sélection de 30 arbres choisis de manière aléatoire dans notre site d'étude à Mizranna.



**Figure 21 : Repère du prélèvement**

Source : (originale)

## 2.2. Récolte des échantillons de sol :

À l'aide d'une pelle, nous avons prélevé des échantillons de sol tout en récupérant la pédofaune associée. Chaque échantillon a été placé dans un sac pour faciliter son transport.



**Figure 22 : Echantillons de sols mis dans des sacs en plastique**

Source : (originale)

### 2.3. Extraction des invertébrés du sol

Au laboratoire, nous avons extrait les invertébrés du sol en utilisant une méthode de tri manuel, comme illustré dans la figure. Cette méthode nous a permis de récupérer les macro-invertébrés présents dans les échantillons de sol et de litière, que nous avons ensuite placés dans des piluliers contenant de l'éthanol à 70 % pour leur conservation et leur identification.



**Figure 23 : Tri a la main des échantillons**

Source :(Originale)

### 2.4. Identification de la macrofaune

Nous avons identifié les invertébrés collectés en examinant chaque individu à l'aide d'une loupe binoculaire, comme indiqué dans la figure. Nous avons observé leurs caractéristiques et les avons classés en utilisant une clé d'identification. Enfin, nous avons regroupé chaque groupe d'invertébrés dans une boîte de Pétri et procédé au comptage.



**Figure 14 : Identification de la Macrofaune à l'aide d'une loupe binoculaire avec éclairage**

Source:<https://www.chetouane.com/produit/loupe-binoculaire-avec-eclairage-objectifs-2x-4x-sn411/>

### 3. Analyse du sol

#### 3.1. Potentiel d'hydrogène

Afin d'effectuer une analyse du potentiel hydrogène qui est une méthode chimique utiliser pour indiquer selon une échelle logarithmique comprise entre 0 et 14 la quantité d'ions H<sup>+</sup> contenus dans un sol , on procède à une méthode qui consiste à :

Pour chaque échantillon, nous avons pris 5 g du sol, auxquels est rajouté 25ml d'eau distillée, puis nous avons procédé à une agitation de 15 minutes à l'aide d'un agitateur, suivie de deux heures de repos à température ambiante (22°C). Le PH eau est mesure à l'aide d'un pH-mètre.



**Figure 25 : PH mètre**

**Source : (Originale)**

#### 3.2. Dosage du Carbone

Le dosage du carbone organique du sol est réalisé en suivant une méthode de déshydratation et de calcination à 450°C. Pour cela, nous prélevons avec soin deux échantillons de 5 grammes de sol tamisé et préalablement nettoyé. Nous utilisons des creusets en céramique que nous chauffons pendant 16 heures dans un four électrique à une température de 550°C. Après refroidissement dans un dessiccateur et pesée précise à l'aide d'une balance de haute précision, nous obtenons les poids des creusets vides (**M0**).

Ensuite, nous introduisons 5 grammes de sol de chaque échantillon dans un creuset, que nous plaçons dans une étuve à une température de 220°C pendant 16 heures. Les creusets remplis sont ensuite refroidis dans un dessiccateur. Une fois refroidis, nous pesons les creusets pour obtenir leur poids, ce qui correspond aux résultats (**M1**). Par la suite, nous plaçons les creusets dans un four électrique pendant 4 heures à 450°C.

Après refroidissement dans le dessiccateur, nous pesons à nouveau les creusets pour obtenir le poids après calcination (**M2**). Une fois ces résultats obtenus, nous utilisons la loi suivante pour calculer la perte au feu exprimée en pourcentage de la masse de l'échantillon déshydraté:

$$C\% = (M1 - M2) / (M1 - M0) \times 100$$



Figure 26 : Dessiccateur (Originale)



Figure 27 : Four Electrique (Originale)



Figure28 : Balance De Précision (ENT.TSM)



Figure 29 : Etuve (Originale)

### 3.3. La conductivité électrique

La conductivité électrique est un phénomène physique qui permet le passage libre des charges électriques à travers un corps, qu'il soit solide ou liquide. Afin de mesurer ces charges, nous procédons de la manière suivante :

Nous pesons avec précision 20 grammes de sol provenant de chaque échantillon (préalablement tamisé) que nous plaçons dans des flacons contenant 100 ml d'eau distillée. Nous effectuons ensuite une agitation manuelle pendant 2 minutes, puis nous laissons les échantillons reposer pendant 30 minutes. Par la suite, nous filtrons les solutions à l'aide d'un papier filtre et ajoutons deux gouttes d'Hexamétaphosphate.

Enfin, nous utilisons un appareil appelé conductimètre pour mesurer les valeurs de conductivité électrique. Cet instrument nous permet de déterminer la capacité des échantillons à conduire l'électricité, ce qui nous fournit des informations précieuses sur leurs propriétés électriques.



Figure 30 : Conductimètre(Originale)

### 3.4. Humidité

La mesure de l'humidité du sol en laboratoire est une étape cruciale dans de nombreuses études environnementales et agricoles. Pour obtenir des données précises, le processus commence par la collecte d'échantillons de sol sur le terrain, soigneusement identifiés et étiquetés. En laboratoire, ces échantillons sont d'abord pesés pour obtenir leur masse initiale. Ensuite, ils sont placés dans un four de séchage à une température constante pour éliminer toute trace d'humidité. Après refroidissement, les échantillons sont à nouveau pesés pour déterminer leur masse finale. La différence de poids avant et après le séchage indique la quantité d'humidité évaporée, et en utilisant cette donnée, on calcule le pourcentage d'humidité relative du sol.



Figure 31 : Balance  
(Originale)

*Chapitre III :*  
*Résultats et discussions*

## I- Résultats :

### 1. Résultat de la mesure du pH eau :

Les résultats de la détermination du pH eau du sol indiquent que le sol sous chêne-liège est modérément à légèrement acide avec une valeur de 6,14 mesurée au niveau N1, et une valeur de 5,80 mesurée à N2.

L'analyse de variance montre qu'il y'a pas de différence significative entre les niveaux au risque 5%.

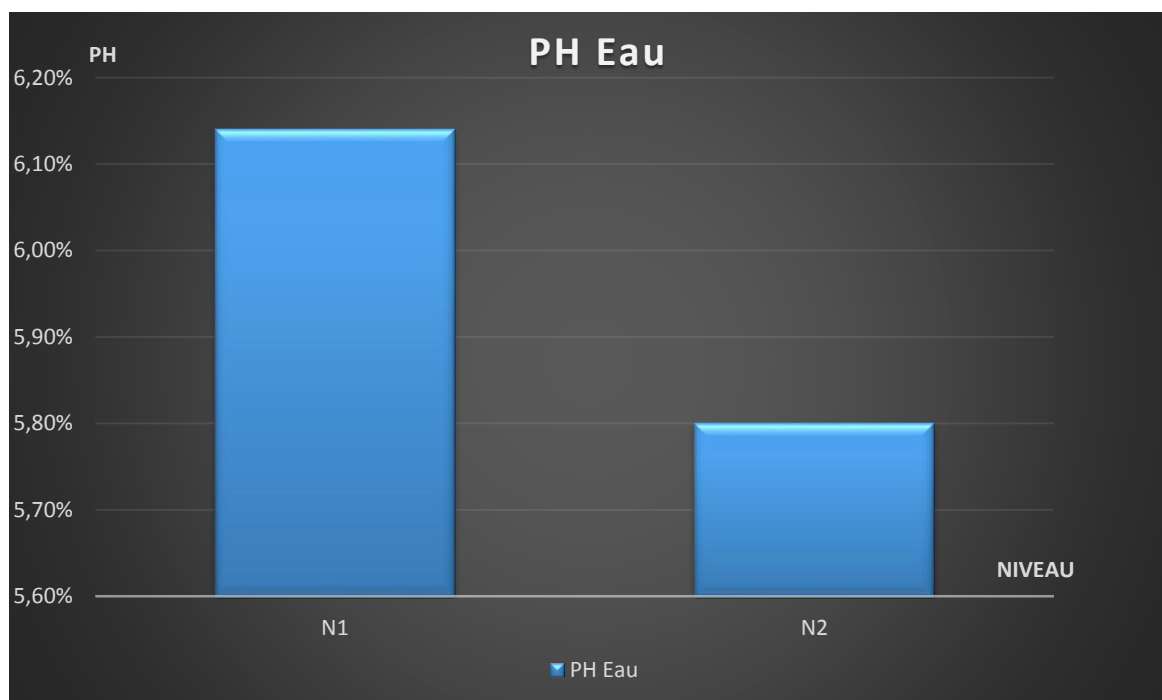


Figure 32: Résultat du pH eau du sol.

### 2. Résultat du carbone (matière organique) :

Les résultats obtenus indiquent que N1 est très riche en matière organique avec une valeur moyenne estimée de 5,79 %, tant dit que le N2 à une valeur estimée à 4,58%.

L'analyse de variance montre qu'il y'a une différence significative entre les niveaux au risque 5%.

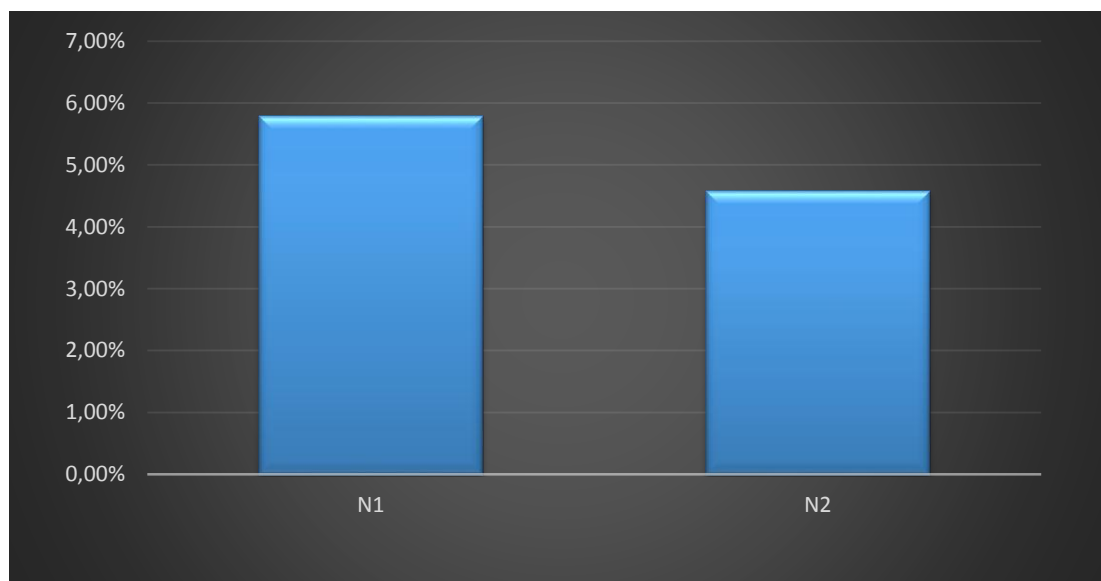


Figure 33: Valeur moyenne de la teneur en matière organique des deux niveaux (N1 et N2)

### 3. Résultat de conductivité :

A fin déterminé la capacité d'échange cationique des deux niveaux N1 et N2, une analyse de variance a été réalisée, l'analyse montre qu'il n'y a pas de différence significative au risque de 5%.

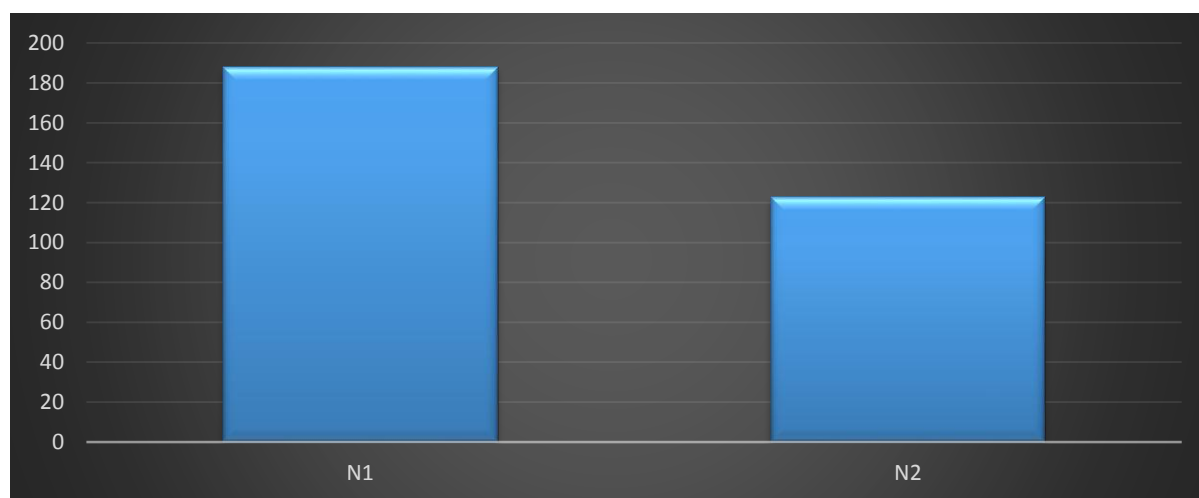


Figure 34 : Capacité d'échange cationique des niveaux N1 et N2.

### 4. Résultat humidité :

Les résultats obtenus pour l'humidité du sol qui se trouve sous les arbres de chêne liège varient selon la profondeur, une valeur moyenne de 20% mesuré au N1 et 18% mesuré au N2 est relativement faible de (2%).

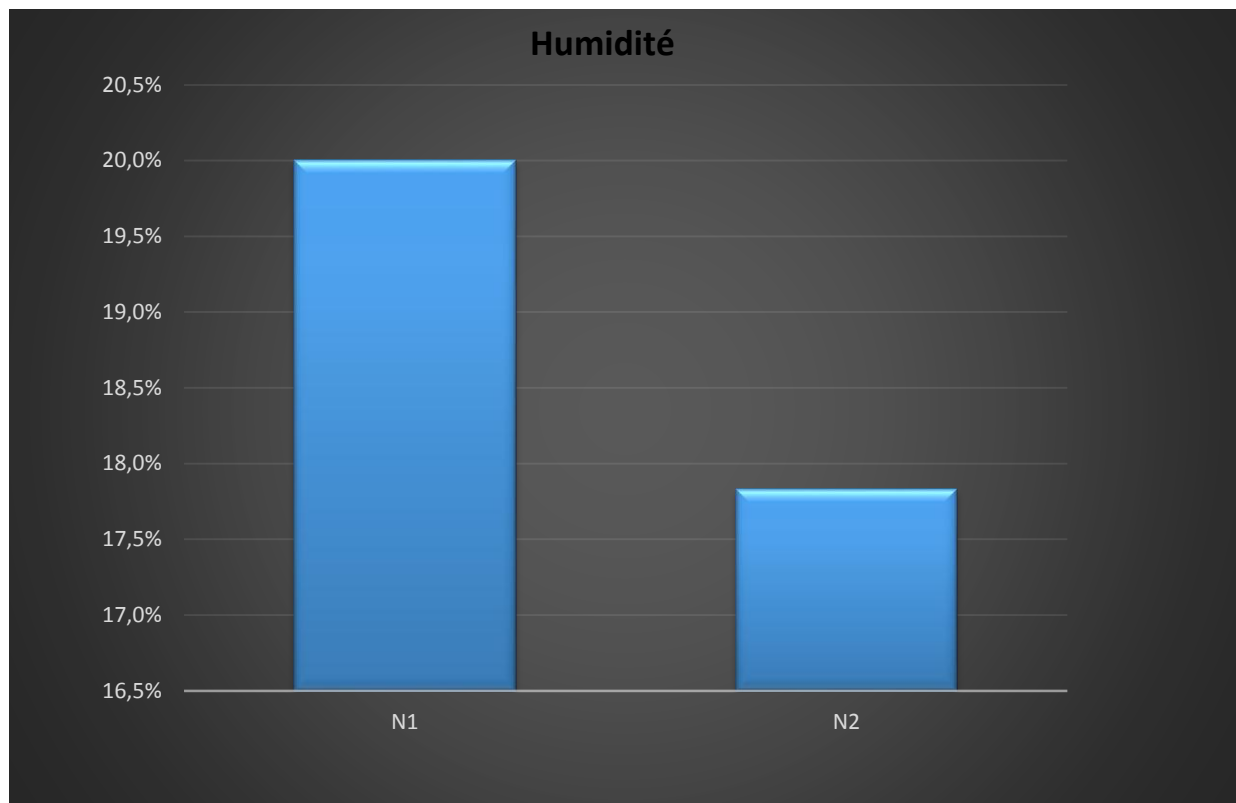


Figure 35 : Résultat de l'humidité du sol

### 5. Résultat de l'abondance de la faune du sol :

Les résultats obtenus nous ont permis d'estimer un nombre total de 2420 individus répartis selon les différents niveaux. Ce résultat indique l'existence d'une variation de la distribution entre les trois niveaux, la valeur d'abondance la plus élevée étant enregistrée au N1 avec une moyenne de 960 ind /m<sup>2</sup>, suivi par la litière avec une moyenne de 884 ind /m<sup>2</sup>, puis le N2 avec une moyenne de 576 ind /m<sup>2</sup>.

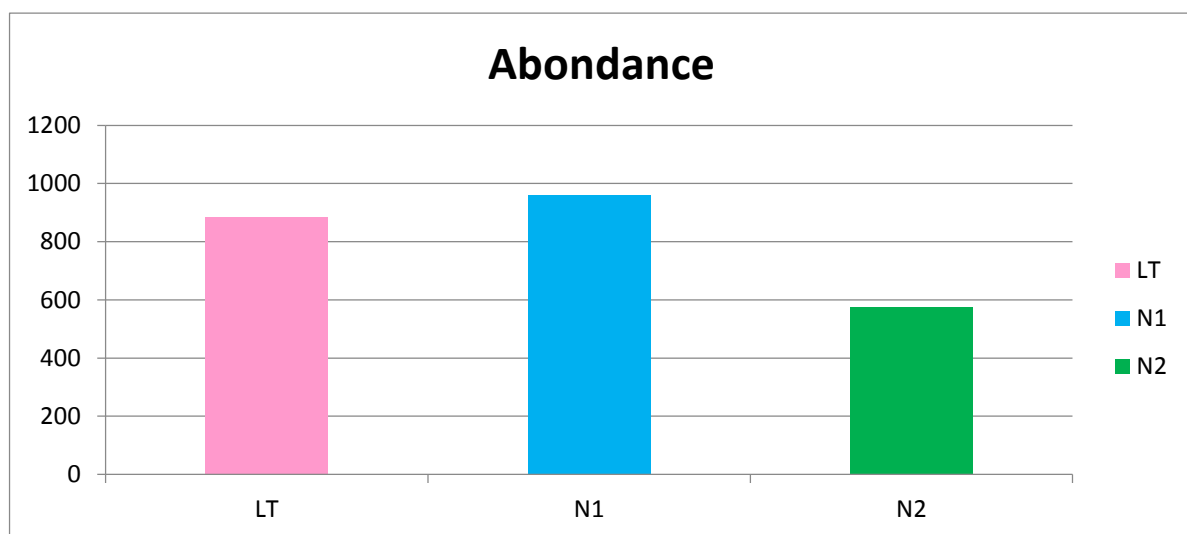


Figure 36 : Abondance des macros invertébrés selon leur niveau

**6. Biodiversité et richesse spécifique moyennes de chaque niveau :**

Dans un premier temps, la description et la classification des spécimens collectés ont permis de différencier quelques groupes faunistiques qui sont :

Myriapodes, Cloportes, diplopode, Aranéides, Coléoptères, Hyménoptères, lombrics, hémiptères, , diptères, des pseudoscorpionidea et des sataphelonydae , des lepidoptera,, tropinota, mais aussi des larves de certains insectes .

Nous remarquons que ce sol abrite plusieurs espèces de macros invertébrés , de taille variable et diversifiée qui se trouve à des abondance différentes dans les différents niveaux ou des espèces qu'on retrouve dans un niveau et pas dans l'autre comme le montre le figure(23): classé du niveau

Figure 1: Abondance des macros invertébrées du sol dans les différents niveaux.

le moins riche en biodiversité au plus riche en biodiversité :

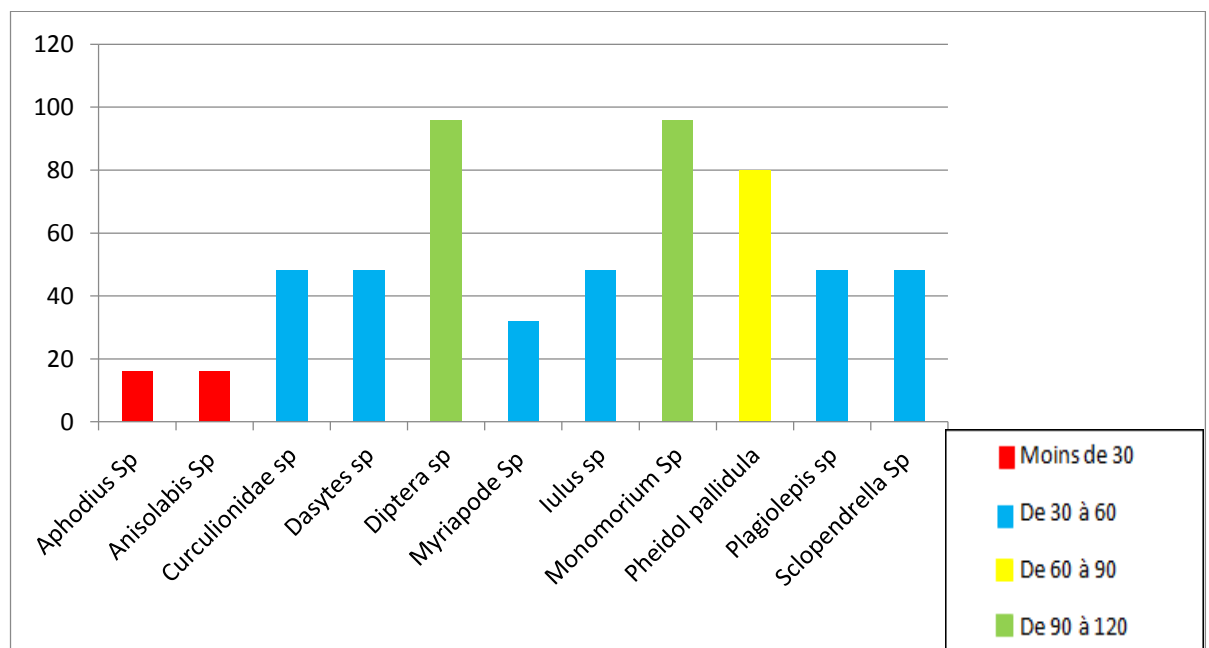


Figure 37: Abondance relatives des espèces dans le N2

**5.1. Résultat de niveau 2 :**

La biodiversité est très faible dans le niveau 2 et les espèces ont un effectif faible.

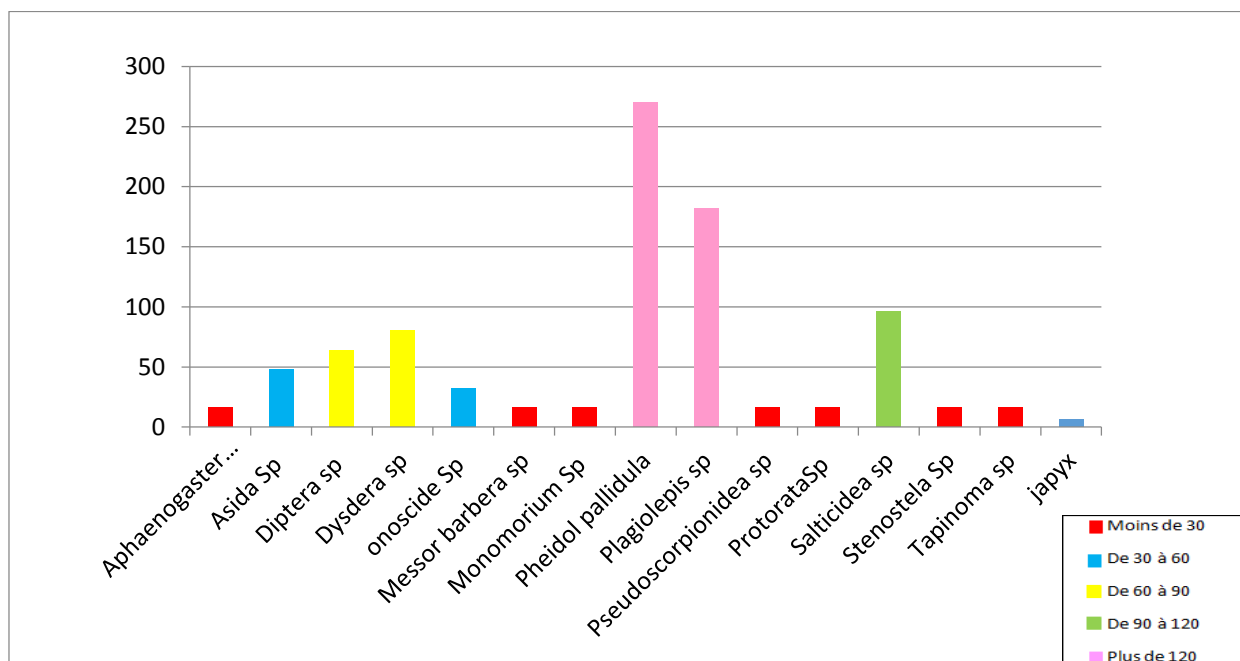


Figure 28: Abondance relatives des espèces dans la litière

### 5.2. Résultat de la litière :

On remarque que dans la litière le nombre d'espèces est beaucoup plus élevé que le niveau 2.

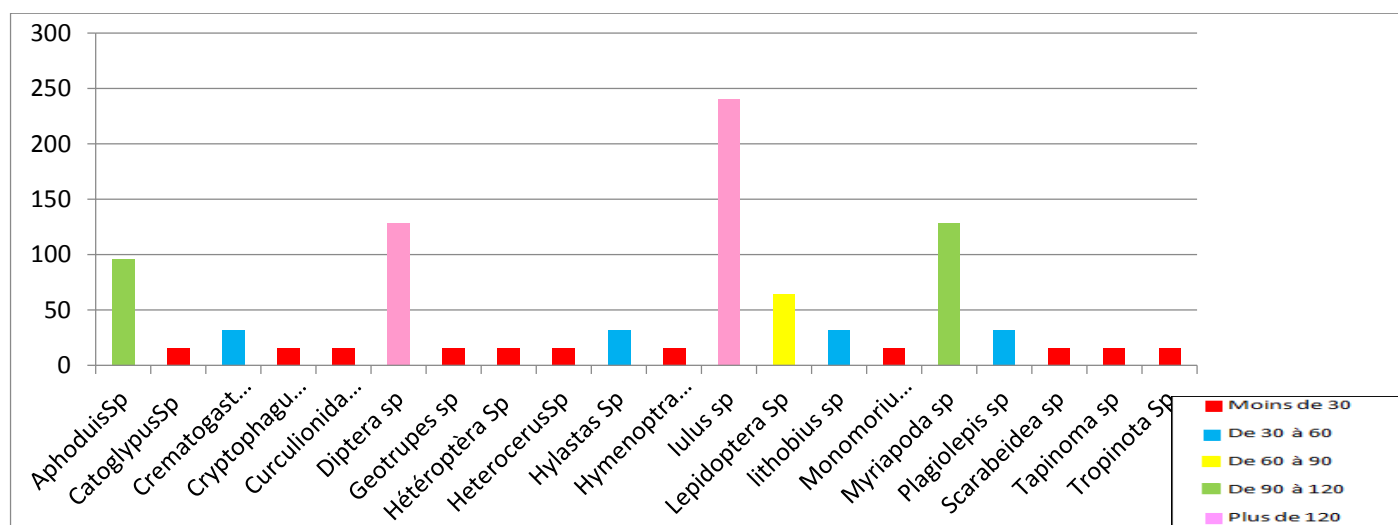


Figure 39 : Abondance relatives des espèces dans le N1

### 5.3. Résultat de niveau 1

La biodiversité est très riche dans le niveau 1 et les espèces ont un fort effectif.

## 7. Indices écologiques de structures des espèces inventoriées :

	LT	N1	N2
<b>Taxa S</b>	16	19	11
<b>Individuel</b>	884	944	576
<b>Dominance D</b>	0,1545	0,1238	0,1142
<b>Simpson</b>	0,8455	0,8762	0,8858
<b>Shannon_H</b>	2,244	2,455	2,266
<b>Equitabilité_E</b>	0,8092	0,8338	0,9452

**Tableau 5 : Indices écologiques de structures des espèces inventoriées**

### 6.1. Les indices mesurant la diversité écologique de notre station d'étude :

Les indices écologiques de structure, y compris l'indice d'équitabilité (E), l'indice de Shannon (H') et l'indice de diversité de Simpson (1-D), sont calculés pour toutes les espèces trouvées dans les 3 niveaux de la station.

### 6.2. L'indice De Shannon (H') :

L'indice de diversité de Shannon (H'), et la quantité d'information apporté par un échantillon sur les structures du peuplement dont provient l'échantillon et sur la façon dont les individus y sont répartie entre divers espèces (**Daget , 1976**)

Au niveau de la litière (LT) la valeur de cet indices est de 2,24 au niveau 1 (N1) elle est de 2,45 au niveau 2 (N2) elle est de 2,26

Les valeurs de cette indices varient entre 2,24 et 2,45 pour la station étudier la valeur moyenne de l'indice de Shannon est de 1,342, ce qui indique que la station présente une diversité spécifique importante.

### 6.3. L'indice d'équitabilité (E) :

Cette indice varie entre 0 et 1, il tend ver 0 quand la quasi-totalité des effectifs et concentré sur une espèce ; elle est de 1 lorsque toute les espèces ont même abondance En observant le tableau, On constatant que les valeurs de l'indices d'équitabilité pour les 3 Niveaux sont entre 0,80 et 0,94 tous les valeurs tendant vers 1. Ce qui traduit la repartitions équilibrer de ces espèces dans la station étudiées.

### 6.4. L'indice de diversité de Simpson (1-D) :

Le maximum de diversité étant présenté par la valeur 1, et le minimum de diversité par la valeur 0, Il faut noter que cet indice donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares. Au niveau de la litière (LT), la valeur de cet indice est de 0,8455, Quant niveau 1(N1), la valeur est de 0,8762 tandis que la valeur au niveau 2 (N2) est de 0,8858, Pour la station étudiée la valeur moyenne de l'indices Simpson est de 0,8691.

## 1. Analyses statistiques

### 7.1. Analyse factorielle des correspondances (AFC) :

Le test est basé sur une analyse factorielle des correspondances des variations de la composition des ordres d'invertébrés dans la station d'échantillonnage. Cette analyse est basée sur les différents ordres dans chaque niveau. Les résultats de cette analyse sont présentés dans la figure.

Les résultats de l'AFC montrent que 100% de l'information portée dans la matrice des données récupérée par les deux axes (D1 et D2).

70,56% de l'information est récupérée par la 1<sup>ère</sup> dimension (D1), et 29,44 % par la 2<sup>ème</sup> dimension (D2).

- l'Axe (D1) le niveau 1 (N1) et la litière (LT) oppose le niveau 2 (N2).

- Sur l'Axe (D2), Il oppose la LT.a le niveau 1 (N1) et le niveau 2 (N2). Nous remarquons que

Le N1 est représenté par les : Hemiptère , tropinota ,Lithobiomrpha, julida,

Lepidopter .

Le N2 est représenté par les : les Diptères et les diplopedes, Myriapodes, coleoptère

scolopendromerpha, , dermaptère .

Enfin la litière est mieux représentée par les hymenoptère .

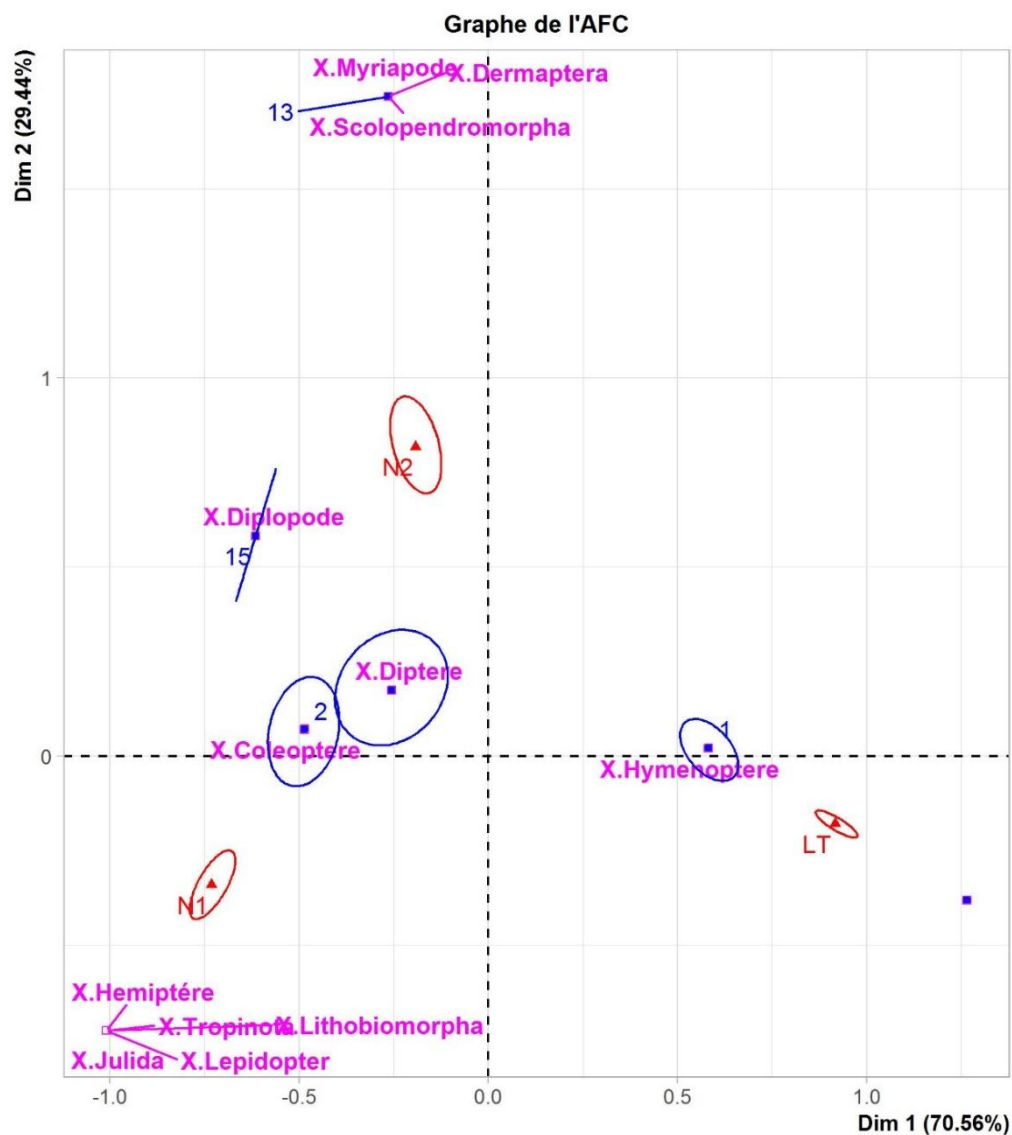


Figure 40 : Plan factoriel (D1 X D2) de l'AFC des distributions des invertébrés étudiées à la station d'échantillonnage d'azrou bar (forêt Mizranna).

## 2. Corrélation entre les facteurs étudiés au niveau de notre station

	Humidité	PH	Conductivité	Matière organique	Nombre d'individu
Humidité		0,82521	0,48591	0,24397	0,10225
PH	0,11706		0,82052	0,46586	0,46652
Conductivité	0,35803	0,12023		0,00953	0,1549
Matière organique	0,56374	0,37345	0,91916		0,042509
Nombre d'individu	- 0,72611	0,37294	- 0,659	- 0,82657	

Tableau 6 : Corrélation entre les facteurs étudiés au niveau de notre station

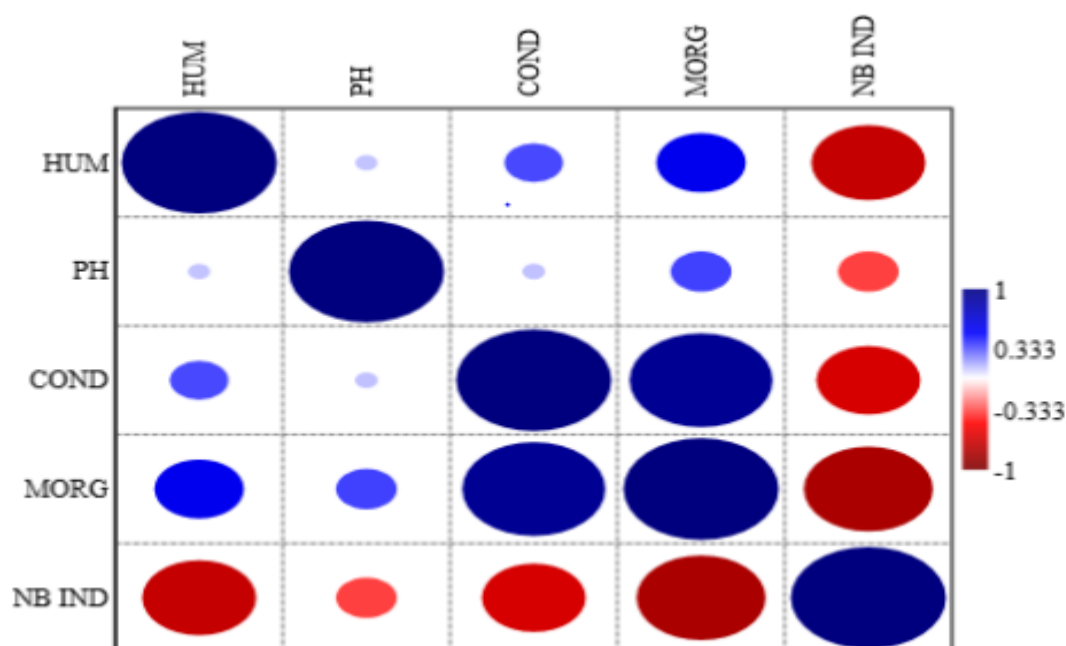


Figure 41 : Corrélation entre les facteurs étudiés au niveau de notre station

## II- Discussion

L'étude réalisée révèle une diversité taxonomique importante au niveau de notre station d'étude dont on a recensé 17 ordres répartis verticalement de manière hétérogène avec une variation d'abondance de certains ordres par rapport aux autres.

En effet la répartition des macro-invertébrés varie d'un niveau à un autre. En effet, la figure N°1 nous indique que le N1 avec **960 ind /m2** présente une abondance plus élevée que LT et N2, qui abritent respectivement **884 ind/m2 et 576 ind/m2**.

### 1. Richesse spécifique S :

Cet indice exprime le nombre d'espèces dans un milieu donné.

Niveau	LT	N1	N2	Somme
Nombre d'espèce totale	16	20	11	47

Tableau 7 : richesse spécifique au niveau de notre station

Ce tableau nous indique le nombre d'espèces de macro invertébrés présentes dans le sol de notre milieu d'étude. Nous constatons que la station renferme 47 espèces réparties différemment selon la profondeur du sol. En effet, nous constatons que le N1 renferme 20 espèces, la litière 16 espèces et en fin le N2 comporte 11 espèces.

La lecture de ce tableau, nous montre que le N1 est la partie du sol qui renferme le plus d'espèces de macro invertébrée.

En effet, la LT qui abrite 16 espèces et une abondance de macro-invertébré de **884 ind/m<sup>2</sup>** qui représente **36,52%**, tandis que le N1 abrite 20 espèces et une forte abondance qui atteint les **960 ind/m<sup>2</sup>** représente **39,66%**, et enfin le N2 qui abrite 11 espèces et une abondance beaucoup moins importante avec **576 ind/m<sup>2</sup>** avec un pourcentage de **23,80%**.

Les différents ordres sont répartis comme suit :

- les coléoptères sont les macros-invertébrés les plus représentés dans tous les niveaux (avec une moyenne de 112 ind/m<sup>2</sup>), les espèces les plus abondantes sont Aphodius sp avec une moyenne de 96 ind/m<sup>2</sup> dans N1 et 16 ind/m<sup>2</sup> dans N2, et Curculionidae SP avec la moyenne de 48 ind/m<sup>2</sup> dans le N2 et 16 ind/m<sup>2</sup> dans N1
- les myriapodes sont moins nombreux que les diptères cependant leur taux est relativement faible dans la station où leur moyenne atteint les 32 ind/m<sup>2</sup> dans le niveau 2.
- les hyménoptères présentent aussi un effectif important, les espèces plus abondantes plagiolopis Sp et pheidol pallidula avec un taux très élevés et les julidas, l'espèce plus abondante sont iulus sp avec une moyenne de 240 ind/m<sup>2</sup> et aussi l'ordre aranea avec une moyenne de 192 ind/m<sup>2</sup> qui comprend les Staphelonydea , Hemiptera, Dermaptera et tropinota
- D'autres macros-invertébrés sont faiblement présents dans la station avec des effectifs de 16 ind/m<sup>2</sup>, ils sont présents ou totalement absents dans certain niveau litiere, niveau 1 et niveau 2 ces macros-invertébrés sont: Les Hemiptera, Dermaptera , Tropinota, et les staphelonydea .

## 2. L'indice de Shannon H :

Les valeurs de l'indice de shannon pour les trois niveaux étudiés sont portées dans le tableau N°2 ces valeurs nous indiquent que le peuplement des macros- invertébrés est hétérogène, signifiant une grande diversité spécifique au sein de notre station d'étude.

Nous constatons aussi que N1 est le niveau le plus diversifié.

Niveau	Litière	Niveau 1	Niveau 2
Indice de shannon H	2.24	2.45	2.26

**Tableau 8 : les Valeurs de L'indice de Shannon H pour les trois niveau**

Cependant, l'analyse de variance montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les 3 niveaux au risque de 5%.

### 3. L'équitabilité E :

Le calcul de l'indice d'équitabilité nous montre qu'il y a une équirépartition des individus entre les différentes espèces au niveau de notre station étudiée. Les valeurs de E sont portées dans le tableau N°3

Niveau	Litière	Niveau 1	Niveau 2
Indice d'équitabilité E	0.809	0.833	0.945

**Tableau9: valeur de l'équitabilité pour les trois niveaux de profondeur du sol au niveau de notre station d'étude.**

Cependant, l'analyse de variance montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les 3 niveaux au risque de 5%.

### 4. L'indice de Simpson :

L'indice de Simpson dont les valeurs sont portées dans le tableau N°4, nous indiquent une diversité importante de notre station.

Niveau	Litière	Niveau 1	Niveau 2
Indice de Simpson	0.845	0.876	0.885

**Tableau 10 : Les valeurs de l'indice de Simpson pour les trois niveaux.**

### 5. Corrélation entre les facteurs étudiés au niveau de notre station d'étude

L'analyse de corrélation entre les facteurs abiotiques mesurés et la richesse spécifique nous montre qu'il existe une corrélation hautement négative entre l'abondance des espèces et l'humidité du sol et surtout avec la matière organique totale de notre sol

	HUM	PH	COND	M.ORG	NB IND
HUM		<b>0,82521</b>	0,48591	0,24397	0,10225
PH	00,11706,		<b>0.82052</b>	0,46586	0,46652
COND	0,35803	0,12023		0,00953	0,1546
MORG	0,56374	0,37345	<b>0,91916</b>		0,042509
Nb IND	<b>-0,72611</b>	0,37294	-0,659	<b>-0,8265</b>	

**Tableau 11 : Corrélation entre les facteurs étudiés au niveau de notre station**

La variation de la richesse spécifique observée entre les niveaux de profondeurs, est probablement due à la différence des facteurs abiotiques des sols mesurés. Nous constatons que la distribution hétérogène de la faune du sol est conditionnée par les différentes variations des facteurs physico-chimiques du sol comme le souligne (**Orgiazzi et al., 2015**). Selon **Levalle (1983)** il est possible d'associer les organismes du sol à des horizons particuliers et donc au gradient de température et du pH, taux de matière organique et texture du sol.

D'après nos résultats, N1 abrite la plus grande abondance de macro-invertébré, il est aussi plus

riche en matière organique. En effet, **Hendricks et al. (1986)** ont affirmé que la présence de la matière organique fraîche (paillis ou résidus des plantes) sur la surface du sol stimule les différents groupes de la faune, principalement les décomposeurs.

L'augmentation de la teneur en carbone dans N1 est due à la présence d'un grand nombre de macro-invertébrés, qui effectue le processus de micro-fragmentation et d'humification dans les premiers centimètres du sol, et qui d'autre part, produit du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Et cela est vérifié par le test de corrélation qui révèle une forte corrélation positive entre les valeurs de carbone et la variation de l'abondance de la faune. En outre, les valeurs élevées de conductivité mesurées au N1 reflètent la transformation de la matière organique en minéraux par le processus de minéralisation.

Nos résultats révèlent une grande diminution dans l'abondance des macro-invertébrés en N2, en effet le processus de disparition de la source de nourriture organique (teneur en carbone) et les modifications des conditions abiotiques affectent profondément la propagation et la prolifération de certaines espèces au niveau de cet horizon.

Notre étude révèle une acidification du sol en profondeur (le N2 est plus acide que le N1), cependant la baisse du pH selon la profondeur peut s'expliquer d'une part par la nature de la roche mère (grès numidiennes) : les hydroxydes et les oxydes en milieu acide peuvent être libérées dans la solution du sol, leur hydrolyse produit des ions H<sup>+</sup> contribuant ainsi à l'acidification du sol (**Duchaufour, 1995**).

Le test de corrélation que nous avons effectué révèle que l'abondance des espèces n'est pas corrélée avec le pH. Ceci peut s'expliquer par le fait que de nombreux animaux ne peuvent vivre qu'entre certaines limites de pH bien précises, d'autres au contraire sont très tolérants aux variations d'acidité du milieu (**Bachelier, 1978**).

Les résultats de la corrélation entre la conductivité et l'abondance des invertébrés indiquent que ces deux derniers sont corrélés positivement, et ceci peut être expliqué par le fait que les champs électriques ont une influence très significative sur l'abondance de certains invertébrés du sol comme les collemboles et les acariens (**Bachelier, 1978**), mais aussi par l'exercice du processus de minéralisation par les espèces.

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

La forte présence des haplotaxida (lombric) et des coléoptères indique que la station présente une forte humidité. On peut déduire que nos résultats coïncident avec la saison du printemps relativement humide qu'on peut classer aussi comme période de reproduction pour les haplotaxida vu leur nombre élevé notamment des juvéniles et des œufs qu'on a pu trouver.

En combinant l'impact des facteurs physico-chimiques avec l'impact des changements globaux (changement climatique) sur la biodiversité, il est possible de prédire l'évolution des communautés pédafaunistique ainsi que leur abondance et leur diversité face à ces différents changements.

# *Conclusion et perspective*

### I- Conclusions et perspectives

L'étude a été réalisée dans la forêt de Mizrana plus précisément dans le canton d'Azrou car c'est une station où le chêne liège constitue l'espèce dominante, une subéraie soumise à de multiples perturbations d'ordre climatiques et surtout anthropiques, notamment le surpâturage. Dresser un inventaire de la faune du sol dans cette forêt permettra d'établir un bilan non exhaustif sur l'état de santé de la forêt, donc du bio-fonctionnement de cet écosystème forestier.

Cette étude nous a permis de mettre en évidence la présence d'une importante biodiversité pédofaunistique dans l'écosystème. Les résultats ont révélé l'existence d'un nombre important des macro-invertébrés répartis en 17 ordres :

ORDRE	LT	N1	N2
Hymenoptere	516	128	176
Coleoptere	48	208	112
Diptere	64	128	96
Aranea	192	0	0
Pseudoscorpionidae	16	0	0
Staphenolydae	16	0	0
Hemiptère	0	16	0
Julida	0	240	0
Lepidopter	0	64	0
Lithobiomorpha	0	32	0
Tropinota	0	16	0
Myriapode	0	0	32
Scolopendromorpha	0	0	18
Dermaptera	0	0	16
diplopode	0	128	144
diplura	6	0	0
Coloporte	32	0	0

**Tableau 12: Nombre des Macro-invertébrées répartie dans les trois niveaux**

Nos résultats indiquent un taux relativement important des Hyménoptère qui est l'ordre le plus présent dans tous les niveaux de profondeur avec une densité de 820 ind/m<sup>2</sup> suivi des coléoptères avec une densité de 228 ind/m<sup>2</sup> puis de l'ordre des Diplopode avec une densité de 272 ind/m<sup>2</sup>.

L'étude a révélé une forte concentration des organismes dans la litière (LT) et le niveau 1 (N1) contrairement au N2, ce qui explique que les deux profondeurs sont considérées comme milieu favorable à la vie et la reproduction de ces espèces.

Les résultats du dosage du carbone révèlent un taux élevé au niveau 1 (N1), ce qui explique la diversité et l'abondance spécifiques,, contrairement aux résultats obtenus au niveau de la forêt de beni ghobri par **(younsi et al 2021)**

Le calcul de l'indice de Shannon révèle une importante diversité, tandis que l'indice d'équitabilité révèle une équirépartition des espèces au niveau des trois niveaux ce qui explique l'absence d'espèce dominante, ainsi que l'absence de compétition au sein de notre station d'étude.

Il est important de signaler que plus la diversité est importante plus y'a d'interactions entre les organismes et leur milieu de vie, car le nombre d'espèces influence sur le fonctionnement del'écosystème.

En perspective il est important de faire des échantillonnages tout au long de l'année et cela pour suivre l'évolution de la pédofaune, multiplier les stations afin d'avoir une idée détaillée sur les écosystèmes. D'autres travaux doivent etre aussi réaliser au niveau de cette forêt , notamment l'étude de la diversité microbienne et fongique , afin de mieux saisir les changements dans la structure et le fonctionnement des sols sous ces forêts et mesurer ainsi l'impact des facteurs de dégradation

# *Référence Bibliographique*

**Anonyme 1, 2014.**

[https://www.google.com/search?q=les+fleurs+m%C3%A2le+et+femelle+du+ch%C3%AAn+li%C3%A8ge&tbm=isch&ved=2ahUKewjy3pi1xKbtAhXHgM4BHa3QD7sQ2-cCegQIABAA#imgrc=KJyqgp3m6c\\_3NM](https://www.google.com/search?q=les+fleurs+m%C3%A2le+et+femelle+du+ch%C3%AAn+li%C3%A8ge&tbm=isch&ved=2ahUKewjy3pi1xKbtAhXHgM4BHa3QD7sQ2-cCegQIABAA#imgrc=KJyqgp3m6c_3NM)

**Anonyme 1-** Conseil des Production Végétales du Québec. Guide des pratiques de conservation en grandes cultures. Le travail réduit. Feuillet 2-B. P : 15

**Antoni V ., (2007)** - Applications IGCS au service de la biodiversité. Lettre du Gis Sol, (12), P : 2.

**Aronson J., Pereira J ., S Pausas ., J.G ., (2009)** - Cork oak woodlands on the edge: conservation, adaptive management, and restoration. Island Press.

**Auclerc** - Effets d'amendements calco-magnésiens sur la diversité des macros invertébrés de sols forestiers et sur certains processus fonctionnel associés. Université de Lorraine. P : 252.

**Azul AM., Sousa JP., Agerer R., Martin MP., Freitas H ., (2010)** - Land use practices and ectomycorrhizal fungal communities from oak woodlands dominated by *Quercus suber* L. considering drought scenarios. Mycorrhiza. 20 P : 73-88.

**Bachelier G ., (1978)** - La faune des sols, son écologie et son action

**Bachelier G., (1979)** - La faune des sols, son écologie et son action. ORSTOM Paris, 391 p.

**BAGNOULS et GAUSSEN H ., (1957)** - Saison sèche et indice xérothermique. Doct. Cart. Prod Végét. Série généralité. T. III. P : 93.

**Balesdent J., (1996)** - Un point sur l'évolution des réserves organiques des sols en France. Etude et gestion des sols. INRA.(afes). Vol 3 N°4. Paris P : 245-260.

**Bardgett R ., D van der Putten ., W. H ., (2014)** - Belowground biodiversity and ecosystem functioning. Nature, 515(7528), P : 505-511.

**BEKDOUCHE et MEZAIR ., (1992)** - . Les aspects physiques du Tell oranais : essai de morphologie de pays semi-aride. Edit. L Fouque, Oran, P : 638

**Bekdouche F ., (2010)** - Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (Nord Algérien). Diplôme de doctorat d'état en science agronomique, option écologie forestière, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. P : 175

**Belhoucine L ., (2012)** - Les champignons associés au *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera, curculionidae, Platipodinae) dans un jeune peuplement de chêne liège de la forêt de M'Sila (Oran nord-ouest d'Algérie). Etude particulière de la biologie et l'épidémiologie de l'insecte. Thèse Doctorat en Sciences Forestière. Département des Sciences d'agronomie et des forêts. Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, P : 200.

**BENABID A ., (2000)** - Flore et écosystème du Maroc, évaluation et préservation de la biodiversité. Ibis Press,

**BENSGHIRE L A ., (1996)** - Amélioration des techniques de la production hors sol de chêne liège: conteneurs, substrats, nutrition minérale. Thèse en sciences forestières. École nationale des eaux et forêts, ENGRF.NANCY. CERMAGREF. Aix-en-Provence, P : 28.

**Bonan, G.B ., (2008)** - Forests and climate change: Forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*, 320(5882), P : 1444-1449.

**Bouchaour-Djabeur S., (2001)** - Diagnostic sanitaire de quelque subéraie de l'Ouest Algérien. Etude particulière des principaux insectes Ravageurs. Thèse en Foresterie, Département des ressources forestières, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'univers, Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, Algérie, P : 158.

**Boudy P ., (1950)** - Économie forestière africaine monographie et traitement des essences forestières. Édit. Larose. Paris. P : 575.

**Boudy P ., (1950)** - Economie Forestière Nord-Africaine. Tome 2, Fasc. I et II. Edition Larose. Paris, P : 878.

**Boudy P ., (1955)** - Économie forestière nord-africaine T 4. Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie Ed. Larose, P : 453.

**Boudy P., (1955)** - Economie forestière Nord-Africaine, description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose édition. Paris, France, P : 483.

**Bouhraoua R.T ., (2003)** - situation sanitaire de quelques forêts du chêne liège de l'ouest Algérien. Etude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse. Doctorat. Département Forêt, Faculté des Sciences, l'université de Tlemcen

**Boyer J ., Aubert G ., (1982)** - Les sols ferrallitiques: 10. Facteurs de fertilité et utilisation des sols.

**Brady N ., C & Weil ., R. R. (2008)** - The soils around us. The Nature and Properties of Soils, 14th ed Pearson Prentice Hall, New Jersey and Ohio, P : 1-31.

**C.I.P.S ., (2005)** - Code International des Pratiques Subéricoles

**Campbell C A ., (1978)** - Soil organic carbon, nitrogen and fertility. Dans: Schnitzer M., Khan S.U. (eds.) Soil organic matter. Elsevier, Amsterdam. P : 173 - 271.

**Cantat R. & Piazzetta R ., (2005)** - : La levée du liège : guide technique et de vulgarisation. IML (2005). ([www.institutduliege.com](http://www.institutduliege.com)).

**Chao, A., (1984)** - Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics*, 11(4), 265-270.

**Chase M.W. et Reveal J.L. (2009)** - A phylogenetic classification of the land plants to accompany APGIII. *Bot. J. Linn. Soc. London*, 161 P : 122- 127.

**Chaussod R. (2002)** - La qualité biologique des sols : des concepts aux applications. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, 88, P : 61-68.

**CHAUVEL A ., (1987).**- Importance et distribution des racines et des êtres vivants dans un « Latosol » argileux sous forêt amazonienne. Ed. Gauthiers-villars, *Rev. Eco. Biol.* 501,24, 1, P : 19-49.

**COINEAU Y ., (1974)** - Introduction à l'étude des Microarthropodes du sol et de ses annexes. Documents pour l'enseignement pratique de l'écologie, Doin, Paris,

**Coleman D., C Crossley ., D. A. et Hendrix P. F ., (2004)** - Fundamentals of soil ecology, Elsevier Academic Press, London. P : 408.

**Costanza R ., Arge R ., De Groot R ., Farber S ., Grasso M ., Hannon B ., Limburg K ., Naeem S ., O'neill R.V ., Paruelo J ., Raskin R.G ., Sutton P ., Van Den Belt M. (1997)** - The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature. 387 P: 253-260.

**Cronquist A ., (1981)** - An Integrated System of Classification of Flowering Plants.  
[http://fr.wikipedia.org/wiki/Arthur\\_Cronquist](http://fr.wikipedia.org/wiki/Arthur_Cronquist).

**D.G.F** (Direction Générale des Forêts) 2012- Inventaire des superficies forestières par essence. P : 8.

**Daget P., 1977.**Le bioclimat méditerranéen : analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. Vegetatio 34(2) P :87-103

**Dale, V. H ., Joyce L. A ., McNulty, S ., Neilson R. P ., Ayres M ., P Flannigan ., M.D .& Wotton B. M. (2001)** - Climate change and forest disturbances: climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration, and timing of fire, drought, introduced species, insect and pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides. BioScience, 51(9), P : 723-734.

**Davet P., (1996)** - Vie microbienne du sol et production végétale. INRA. Paris. P : 383.

**Dehane B., Bouhraoua R., Latifa B. & Hamani F.Z. 2013.** La filière liège algérienne, entre passé et présent. Forêt Méditerranéenne. 34 (2) P : 143-150.

**DESSAIN G. et TONDELIER M. (1991)** .Le liège méditerranéen. Édité. Presse agronomique de Gembloux. P : 362.

**Duthil J., (1973)** - Elément d'écologie et d'agronomie. Tome II. Exploitation et amélioration du milieu. Ed.J.B. Baillière. Paris. P : 265.

**Eisenhauer N ., Antunes P. M ., Bennett A.E ., (2016)** - Priorities for research in soil ecology. Pedobiologia, 59(2), P : 147-152.

**FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2020)** - The State of the World's Forests 2020 - Forests, Biodiversity and People. Rome.

**FERRAHI M.O et DJEMA A ., (2004)** - Identification et repartition ecologique de la pedofaune dans la forêt de yakouren, Annales de l'InstitutNationalAgronomique – ElHarrach \_, Vol. 25, N°1 et 2. P : 45.

**FERREIRA (1999)** - Caractérisation de la croissance et de la qualité du liège dans une région de production. Centre d'étude forestière, institut supérieure d'agronomie Portugal, P : 187-193.

**Foley J ., A . DeFries, R ., Asner G. P., (2005)** - Global consequences of land use. Science, 309(5734), P : 570-574.

**Ghouil H ., Montpied P ., Epron D ., Ksontini M ., Hanchi B ., Dreyer E ., (2003)** - Thermal optima of photosynthetic functions and thermostability of photochemistry in cork oak seedlings. *Tree physiology*, 23(15), P : 1031-1039.

- Gil, L ., Varela M. C. (2008)** - Technical Guidelines for genetic conservation of Cork oak (Quercussuber). Bioversity International
- Girard MC ., Schwartz C ., Jabiol B ., (2011)** - Etude des sols : description, cartographie, utilisation. Dunod.
- Girard TM ., C Walter Ch ., Remy J.C ., Berthelin J ., Morel J.L ., (2005)** - Sols Et environnement: cours, exercices et études de cas. Dunod. Paris. P : 1-53
- Gisi U ., Schenker R ., Stadelmann FX ., Sticher H ., (1997)** - Bodenökologie . GeogThiemeVerlage. Stuttgart.
- Gobat J. M ., Aragno M ., & Matthey W., (2003)** - Le sol vivant, 2e édition revue et complétée. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 319(7).
- Gobat J.M ., Aragno M ., Mattheyw., (2010)** – Le sol vivant. Bases de pédologie-Biologie des sols. 3e édition revue et augmentée. Science de la terre. Presses polytechniques et universitaires romandes. P : 820
- Gotelli, N.J., Colwell, R.K., (2001)** - Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. Ecology letters, 4(4), 379-391.
- Grissa H ., Ben Khedher M ., (2000)** - Culture Maraîchère. Principes de base en agriculture biologique. Centre Technique de l'agriculture biologique. P : 33.
- ITAB ., (2002)** - Activités biologiques et fertilité des sols : Intérêts et limites des méthodes analytiques disponibles. P : 23
- Kaci M ., Bouhraoua R.T., (2019)** - Caractérisation macroscopique et microscopique de la croissance et de la qualité du liège par analyse d'image dans une région de production : Cas de la forêt de Bissa Ténès W. Chlef. (ALGERIE). *Geo-Eco-Trop*, 43 (4) P : 615-626.
- Karoune S., (2008)** - Effets des boues résiduelles sur le développement des semis du chêne liège (Quercus suber L.). Mémoire En vue de l'obtention du diplôme de magistère En Écologies Végétale. Université Mentouri Constantine. P : 198.
- Kiem R ., Kandeler E ., (1997)** – Stabilization of aggregates by the microbialbiomass as affected by soil texture and type. *AppliedSoilEcology* 5, P : 221-230.
- Lamey A ., (1893)** - Le chêne-liège : sa culture et son exploitation. Berger-Levrault
- Lavelle et Spain ., (2001)** - DU SOL, M. D. C. F., DE, S. L. A., & MACROTERMITINAE, P. E. D. T. M. Diouf1, 2, A. Brauman1, C. Rouland-Lefèvre2.
- Magurran, A. E., (2004)** - Measuring biological diversity (Vol. 878). John Wiley & Sons.
- Mausbach MS ., Tugel A (1997)** - Soil quality : A multitude of approaches. Kearney Foundation Symposium. California Soil Quality : from critical research to sustainable management. Berkeley, California, March 25.
- MEHADHEBI A ., (1970)** - Rénovation et aménagement de la forêt de Mizrana. Institut national des recherches agronomiques centre national de recherche et d'expérimentation forestière. P : 35.

**Mustin M ., (1987)** - Le compost: gestion de la matière organique.

**Nannipieri P ., Ascher J ., Ceccherini MT., Landi L ., Pietramellara G., Renella G., (2003)** - Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*, 54 P : 655-670.

**Natividade J V., (1956)** - Subériculture. Ed. Française de l'ouvrage Portugais subériculture. Ecole nationale des eaux et forêts. Nancy, P : 303

**Natividade J V ., (1956)** - Subericulture. Ecolenational des eaux et des forêts. Nancy. Francia P : 281.

**OUELMOUHOU S ., (2003)** - Contribution à l'étude des subéraies de la région d'El Kala : dynamique post incendie des successions végétales et leur biodiversité. Thèse Magister INA Alger, P : 88.

**Paradis R ., (2016)** - Distribution spatiale du carbone organique et de l'azote dans les sols en fonctions des zones de récurrence d'inondation. Maîtrise en Science de l'environnement. Université du Québec à Trois-Rivières. P : 94.

**Parr J F., (1973)** - Nature and significance of inorganic transformation in tile drained soil. *Soil and fertilizers*. N°32. P : 411-415.

**Pelosi C., (2008)** - Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre *Lumbricus terrestris* au champ. Contribution à l'étude de l'impact des systèmes de culture sur les communautés lombriciennes (Doctoral dissertation).

**Pereira H ., (2007)** - Cork: Biology, production and uses. Elsevier.

**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), P : 1201-1215.

**Quezel P & Medail ., (2003)** - Écologie et biogéographie de la forêt du bassin méditerranéen. Édit Elsevier. P : 571.

**QUEZEL P ., (1976)** - Les forêts du pourtour méditerrané. Notes techniques de MAB2. Paris. Édit. Presses de l'UNESCO, P : 375-391.

**Quézel P ., Médail F ., (2003)** - Ecologie et biogéographie des Forêts du bassin méditerranéen. Ed. *Elsevier S.A.S.*, Paris. P : 26.

**QUEZEL P., (2002)** - La réflexion sur l'évolution de la flore et de la végétation méditerranéenne. Édit. IBISPRESS P : 376- 385

**Ramade F ., Cosson R ., Echaubard M ., Le Bras S ., Moreteau J. C ., (1984)** - Détection de la pollution des eaux en milieu agricole. *Bulletin d'écologie*, 15(1), P : 21-37

**Reille ., (1977)** - Angiosperme (Arbres et arbustes Feuilles), 2005, Ulmer, Paris, P :45.

**Reis R .L ., (2005)** - Cork : properties, capabilities and applications. *International MaterialsReviews*, 50(6), P : 345-365.

**Ribiero R.M ., Moureaux C ., Novicoff A ., (1976)** - Etude comparative de l'altération microbienne des différents minéraux constituant d'une diabase. Cah. O.R.S.T.O.M.Vol XIV. N°2. P : 161-168.

**Robert M ., (1996)** - Le sol : Interface dans l'environnement, ressources pour le développement. Masson, Paris, Milan, Barcelone.

**Saccardy L ., (1937).** Notes sur le liège et le liège en Algérie. Bull. Stat. Rech.for. Afr. Nord. 11 P : 271-374.

**Saccardy, L. (1938)** - Le Chêne-Liège et le Liège en Algérie (Suite et fin). Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée, 18(204), P : 574-593.

**Sayyad G ., Afyun M ., Mousavi S F ., Abbaspour K C ., Richards B K &Schulin R ., (2010)** - Transport of Cd, Cu, Pb and Zn in a calcareous soil under wheat and safflower cultivation-a column study. Geoderma, vol. 154. P : 311-320

**Scaglia J ., Lensi R ., Chalamet A (1985)** - Relationship between photosynthesis and denitrification in planted soil. Plant and Soil, 84(1), P : 37-43.

**SEIGUE A ., (1985)** - La forêt méditerranéenne et ses problèmes. Paris : Maison neuve et Larose. P : 502 .

**SELTZER P ., (1946)** - Le climat de l'Algérie. Inst de Météorophysique do globe. Uni. Alger. Edit.Carbonel, Algérie. P : 912.

**Silva &Catry ., (2006) ., Bekdouche F., (2010)** - Evaluation après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (nord Algérien). Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri-Tizi-Ouzou, P : 175.

**Silva S. P ., Sabino M. A ., Fernandes E. M ., Correlo, V. M ., Boesel, L. F., Singh, J. S., Gupta S. R ., Raghubanshi, A. S ., (1989)** - Microbial biomass acts as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna. Nature, 338(6214), P :499-500.

**Soltner D., (2003)** - Les bases de la production végétale. Tome I. Le sol et son amélioration. Collection Sciences et Techniques Agricoles.23ème. Ed. Paris. P : 472.

**USDA, (1999)** – United States Department of Agriculture.

**Veillon S ., (1998)** . Guide technique de subériculture dans les Pyrénées- Orientales : typologie de peuplements et étude préliminaire. Rapport de stage de fin d'études FIF-ENGREF. Institut Méditerranéen du liège, compagnie d'aménagement Bas-Rhône-Languedoc.Vivès.P :73.

**Veillon S., (1998)** - Guide technique de subériculture dans les Pyrénées orientales. Typologie de peuplement et étude préliminaire. EGREF, France, P : 68.

**Vigne, P., (1990)** - Endothelin stimulates phosphatidylinositol hydrolysis and DNA synthesis in brain capillary endothelial cells. Biochemical Journal, 266(2), P : 415-420.

**Vries F.T ., Thébault E ., Liiri M ., Birkhofer K ., Tsiafouli M.A ., Bjørnlund L ., van der Putten, W.H ., (2013)** - Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. Proceedings of the National Academy of Sciences, 110(35), P : 14296-14301.

**Wall D.H ., Bardgett R.D ., Behan-Pelletier V ., (2012)** - Soil ecology and ecosystem services. Oxford University Press.

**Wardle, D.A .,(2002)** - Communities and ecosystems: linking the aboveground and belowground components. Princeton University Press.

**Yessad S.A ., (2000)** - Le chêne-liège et le liège dans les pays de la Méditerranée occidentale. Louvain La Neuve : Forêt Wallone ASBL., P : 190.

**Yessad S.A ., (2000)** - Le chêne liège et le chêne dans le pays du méditerrané occidental. Ed.ASBL. Forêt Wallone, P : 190.

**Yessad SA ., (2000)** - Le chêne liège dans les pays de la Méditerranée occidentale, Louvain La Neuve : Forêt Wallone ASBL., P :190.

**Zeraia L. (1981)** - Essai d'interprétation comparative des données écologiques et phénologiques et productions subéro-ligneuses dans les forêts de chêne liège de provenance cristalline (France méridionale et d'Algérie). These de Doctorat en Sciences,P :200

**ZERAÏA L., (1982)** - : Le chêne liège phytosociologie, phénologie, régénération et productivité dans la forêt de chêne-liège de provenance cristalline (France méridionale et d'Algérie). Extrait de la thèse de doctorat d'État. P :367.

WEBOGRAPHIE :

<https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/les-horizons-du-sol-s1036>

<https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/les-horizons-du-sol-s1036>

(1) [Les indices de diversité en écologie des écosystèmes - Louernos Nature \(louernos-nature.fr\)](https://www.louernos-nature.fr/)

(2) [Calculatrice De L'indice De Diversité De Shannon | Indicateur De Diversité Shannon-Wiener \(purecalculators.com\)](https://www.purecalculators.com/)

(3) Les indices de diversité en écologie des écosystèmes. <https://louernos-nature.fr/indices-de-diversite-ecologie-ecosystemes/>.

(4) 8.2 Indices de biodiversité | Science des données biologiques II. <https://wp.sciviews.org/sdd-umons2-2020/indices-de-biodiversite%C3%A9.html>

(5) Les indices de diversité en écologie des écosystèmes. <https://louernos-nature.fr/indices-de-diversite-ecologie-ecosystemes/>.

(6) 8.2 Indices de biodiversité | Science des données biologiques 2. <http://biodatascience-course.sciviews.org/sdd-umons2-2019/indices-de-biodiversite.html>.

(7) 5 Équitabilité | Mesures de la Biodiversité - Eric Marcon. <https://ericmarcon.github.io/MesuresBioDiv2/sec-Equitabilite.html>.

(8) MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES - afte.com. <https://bing.com/search?q=Estimateurs+%c3%a9cologiques+d%c3%a9finition+m%c3%a9moire+fin+d%27%c3%a9tude>.

(9) Écologie - Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. <https://mffp.gouv.qc.ca/les-forets/inventaire-ecoforestier/ecologie/>.

(13) <https://louernos-nature.fr/indices-de-diversite-ecologie-ecosystemes/#:~:text=L'indice%20de%20Shannon%20permet,'indice%20H'%20%3D%200.>

(15) Le changement global et ses effets: cours de 5eme - Géographie.  
<https://www.schoolmouv.fr/cours/le-changement-global-et-ses-effets/fiche-de-cours>.

(16) Le changement global et ses effets: cours de 5eme - Géographie (schoolmouv.fr)

## **Résumé :**

Une station de *Quercus Suber* dans la forêt mizranna a été retenue afin d'étudier l'aspect quantitatif et qualitatif des différents représentants de la macrofaune du sol. La distribution verticale de la pédofaune a été appréciée au niveau des trois horizons successifs: la litière et les deux horizons suivants (0-10cm) et (10-20cm). Pour cela nous avons effectué un inventaire des macro-invertébrés des niveaux, rajouté à cela des analyses édaphiques de base (pH eau, et Carbone organique, Humidité, conductivité).

Cette étude nous a permis de mettre en évidence la présence d'une importante biodiversité pédofaunistique dans l'écosystème. Les résultats ont révélé l'existence d'un nombre important des macro-invertébrés répartis en 17 ordres, notamment le niveau 1 qui est le plus riche en espèces et en individus et puis la litière et en fin le niveau 2.

Les groupes les mieux représentés sont les Hyménoptères et les coléoptères. L'analyse factorielle utilisée en vue d'établir les relations possibles entre la répartition spatiale de la pédofaune et certains facteurs du milieu démontre l'effet positif du Carbone et de la conductivité sur la plupart des populations faunistiques du sol. Le pH du sol affecte aussi certains groupes taxonomiques.

**Mots clé :** *Quercus Suber* L .Forêt Mizranna. Litière.Niveau1.Niveau 2. Carbone organique. Conductivité. Répartition spatiale. Analyse factorielle. Humidité. Biodiversité pédofaunistique.

## **Abstract:**

A *Quercus Suber* station in the Mizranna forest was selected to study the quantitative and qualitative aspects of different representatives of soil macrofauna. The vertical distribution of the soil fauna was assessed in three successive horizons: the litter layer and the two following horizons (0-10cm) and (10-20cm). To do this, we conducted an inventory of macro-invertebrates in these layers, in addition to basic soil analyses (water pH, organic carbon, moisture, conductivity).

This study allowed us to highlight the presence of significant pedofaunistic biodiversity in the ecosystem. The results revealed the existence of a large number of macro-invertebrates distributed across 17 orders, with level 1 being the richest in species and individuals, followed by the litter layer, and finally, level 2.

The most well-represented groups are Hymenoptera and Coleoptera. The factorial analysis used to establish possible relationships between the spatial distribution of the soil fauna and certain environmental factors demonstrates the positive effect of carbon and conductivity on most faunal populations. Soil pH also affects certain taxonomic groups.