

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

**UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI OUZOU FACULTE DES  
SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

**DEPARTEMENT D'ÉCOLOGIE ET ENVIRONNEMENT**



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Écologie et Environnement**

**Spécialité : Biodiversité et Écologie Végétale**

**THEME**

**CONTRIBUTION À L'ANALYSE PHYTOCHIMIQUE,  
PHYSICOCHIMIQUE ET BIOMETRIQUE DE LA  
RHIZOSPHERE SOUS SUBERAIE AU MASSIF  
FORESTIER D'ATH GHOBRI**

• **Réalisé par :**

**KACI SOFIA**

**SMAIL LINA**

**Devant le jury :**

**Examinatrice : Mme.AKLI A**

**M.C.B à l'UMMTO**

**Encadreur : Mr.RAHMANI A**

**M.A.A à l'UMMTO**

**Président : Mr.OUDJIANE A**

**M.C.B à l'UMMTO**

**Promotion: 2023 / 2024**

# *Remerciements :*

Avant tout, nous remercions le BON DIEU, le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce travail.

Nos vifs remerciements et notre profonde gratitude s'adressent à notre promoteur **Mr**

**RAHMANI.A**, qui a accepté de nous encadrer, et pour sa grande patience, ses encouragements, son aide et ses conseils judicieux durant la réalisation du présent travail.

Nous remercions **Mme.SAADOUNE.N.** pour sa disponibilité et sa précieuse aide.

Nos sincère remerciement vont à pour sa disponibilité et son aide ,qui nous ont permis d'avoir accès au materiel de son laboratoire pour la réalisation de certaines manipulation.

Nous adressons également nos remerciements aux membres du jury, **M. Oudjiane A.** (président) et **Mme Akli** (examinatrice), pour avoir accepté d'évaluer ce travail. Leurs remarques et suggestions ne feront que rehausser la qualité de ce modeste travail.

Nos remerciements vont aussi à **nos parents** qui ont soutenus tout ou long de notre cursus, ainsi que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

**Merci à tous.**

## *Dédicace*

Louange à Dieu le tout puissant, qui m'a permis de voir ce jour tant attend.

### **A mon très cher père Brahim.**

Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne Meticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es. Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi, je t'aime papa.

### **A Ma chère mère Ghania.**

Qui m'a donné la vie qui a œuvré pour ma réussite, par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études. Qu'ALLAH te protège et donne la santé, le bonheur et longue vie.

### **A mon cher frère Lyes.**

Qui a toujours été là pour moi, partageant mes joies et mes peines. Votre présence constante et votre encouragement ont été une source d'inspiration pour moi tout au long de ce parcours.

Vous été plus qu'un frère pour moi, vous êtes mon ami, mon soutien et mon héros.

### **A ma sœur Houda.**

A mes chère tantes et oncles

### **A mes chères copines :**

Tissa, Sabrina, Yasmine, Yasmina, Sarah.

### **A ma chère cousine Maya.**

*Sofia.*

## *Dédicace*

C'est avec une grande émotion ; Nous dédions, ce travail modeste de fin d'étude ;au être les plus chères .

À mes très chers parents à qui je dois ma vie ;ma réussite et tout mon respect.

Ce constitue une légère compensation pour tous leur noble sacrifice afin d'assurés mon bien être et mon éducation ;leur amour et leur soutien à fait de moi ce que je suis aujourd'hui

Que dieu les protège .

À mon cher frère SAID et à a la meilleure des sœur ANIA qui fond de mon univers une merveille .

Je leur souhaite beaucoup de bonheur et de réussite

A mes très chers tantes (Fatima, Farida, Karima) qui n'ont jamais cessé de me conseiller, m'encourage et soutenir tout au long de mes études.

Sans oublier ma binôme Sofia pour son soutien moral ; sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

*Lina.*

## Liste de figure

## Liste des tableaux

## Ressemé

## Introduction ..... 1

**CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

I. Description générale du chêne liège ( <i>Quercus suber.L</i> ).....	04
I.1.Présentation de l'espèce.....	04
I.1.2. Systématique du ( <i>Quercus suber.L</i> ).....	04
I.3-Les Caractéristiques botaniques.....	05
I.3.1. Taille.....	05
I.3.2. Système racinaire.....	05
I.3.3. Ecorce.....	05
I.3.4. Le liège.....	06
I.3.5. Feuille.....	07
I.3.6. Fruit.....	07
I.3.7. Les rameaux.....	08
I.4. Caractère écologique de <i>Quercus Suber .L</i> .....	08
I.4.1. Aire de répartition du chêne liège.....	08
I.4.2. Dans le monde.....	09
I.4.3. En Algérie.....	09
II. Écologie de chêne liège.....	10
II.1. Facteurs responsables du stress chez les végétaux.....	11
II.1.1. Stress abiotiques.....	11
II.1.1.1. Stress hydrique.....	11
II.1.1.2. Stress thermique.....	11
II.1.2. Stress biotique.....	11
II.1.2.3. Stress oxydatif.....	12
III. Métabolisme des plantes.....	12
III.1.Le sol.....	12
III.1.1-Définition du sol.....	12
III.1.2-constituants du sol.....	13
III.1.2-1 La phase solide du sol.....	13
III.1.2-2-La Phase Liquide du Sol.....	13

III.1.2-3-La phase gazeuse .....	14
III.1.3-la faune et la flore du sol.....	14
III.2. La rhizosphère .....	14
III.2.1-Définition de la rhizosphère.....	14
III.2.2. L'Importance de la Rhizosphère .....	15
III.2.3-Exsudation dans la rhizosphère.....	16
III.3-importance du sol dans la croissance des végétaux .....	16
III.4. Les polyphénols.....	17

## **CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE**

I-Description De La Zone D'étude.....	20
I-1. Strate arborée.....	21
I-2. Strate arbustive .....	21
I-3. Strate herbacée.....	22
I-4. Études climatiques de la zone d'étude.....	22
I.4.1. Température .....	23
I.4.2. Diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gausson .....	25
II Méthode d'échantillonnage .....	26
II-1.1. Sélection des Arbres.....	26
II-1.2. Préparation des Sites d'Échantillonnage.....	26
II-1.3. Récolte des Échantillons .....	26
III. Analyse Du Sol Rhizosphérique .....	27
III.1. L'Humidité du sol .....	27
III.2. Potentiel d'Hydrogène.....	28
III.2.1.pH eau .....	28
III.2.2. pH KCL.....	29
III.3. Conductivité électrique.....	29
III.4. Dosage de carbone organique .....	30
III.5.Analyse biométrique des racines.....	32
III.6. Dosage des polyphénols .....	33

**CHAPITRE3 :RESULTAT ET DISCUSSION**

I. Résultats .....	38
I.1. Humidité .....	38
I.2.Potentiel D'Hydrogène .....	38
I.2.1. pH eau .....	38
I.2.2.pH KCL.....	39
I.3.Conductivité.....	40
I.4. Carbone organique .....	41
I.5. Matière organique .....	42
I.6.Biométrie racinaire.....	42
I.6.1.Diamètre.....	42
I.6.2.Longueur .....	43
I.7.Polyphénols.....	46
II. Synthèse des Résultats avec Analyse Statistique.....	47
II. Discussion .....	49
II.1.L'humidité .....	49
II.2.pH du sol.....	49
II.3.Conductivité.....	49
II.4.Carbone organique.....	50
II.5.Les polyphénols .....	51
<b>Discussion générale .....</b>	<b>51</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>53</b>

**Références bibliographiques**

# Liste des figures

<b>FIGURE 1:</b> CURSUS SUBER L .	12
<b>FIGURE 2:</b> L'ECORCE DE CHENE LIEGE	13
<b>FIGURE 3:</b> LE LIEGE.	14
<b>FIGURE 4:</b> LES FEUILLES DE CHENE LIEGES.	14
<b>FIGURE 5:</b> LE FRUIT DE CHENE LIEGE.	15
<b>FIGURE 6:</b> AIRE DE REPARTITION DE CHENE LIEGE DANS LE MONDE	16
<b>FIGURE 7:</b> AIRE DE REPARTITION DE CHENE LIEGE EN ALGERIE.	17
<b>FIGURE 8 :</b> REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE LA RHIZOSPHERE (LYNCH,1983).	22
<b>FIGURE 9 :</b> RESUME DES PRINCIPALES CLASSES DE POLYPHENOLS (OLIVER ET AL 2016).	24
<b>FIGURE 10:</b> DECHET URBAINS PRESENT SUR LA ZONE D'ETUDES.	28
<b>FIGURE 11:</b> DIAGRAMME OMBRO-THERMIQUE DE LA COMMUNE D'AZAZGA.	31
<b>FIGURE 12:</b> SACS ETIQUETE DES ECHANTILLONS RECOLTES.	33
<b>FIGURE 13:</b> SOL ETALE SUR LA PAYASSE.	33
<b>FIGURE 14:</b> PESE DU SOL	<b>FIGURE 15:</b> MISE A LETUVE PENDANT 24 H
<b>FIGURE 16:</b> PESE LE SOL UNE AUTRE FOIS.	34
<b>FIGURE 17:</b> MISE DANS UN APRES LEUR SORTIE DU FOUR .	34
<b>FIGURE 18 :</b> PESE DU SOL	<b>FIGURE 19 :</b> L'EAU DISTILLEE.
<b>FIGURE 20 :</b> MESURE DU pH AVEC UN pH METRE.	35
<b>FIGURE 21:</b> AGITER LA SOLUTION PENDANT 15 MIN	35
<b>FIGURE 22 :</b> MESURE DE LA CONDUCTIVITE AVEC UN CONDUCTIMETRE	36
<b>FIGURE 23:</b> LES ETAPES DU DOSAGE DE CARBONE ORGANIQUE	38
<b>FIGURE 24:</b> RACINE TRIE ET ETIQUETE.	39
<b>FIGURE 25:</b> MESURE DE LA LONGUEUR DE LA RACINE AVEC UNE REGLE	39
<b>FIGURE 26 :</b> MESURE DU LARGUEUR DE LA RACINE AVEC UN PIED A COULISSE	39
<b>FIGURE 27 :</b> SOLUTION MERE.	40
<b>FIGURE 28 :</b> FILTRATION DES EXTRAITS.	40
<b>FIGURE 29 :</b> EXTRAIT DES RACINES	41
<b>FIGURE 30 :</b> APRES 3 MIN AJOUTE 2ML DE $Na_2CO_3$	41
<b>FIGURE 31 :</b> GAMME D'ETALONNAGE	42
<b>FIGURE 32:</b> VARIATION D'HUMIDITE DANS DEUX NIVEAUX (N1 ET N2 )	45
<b>FIGURE 33 :</b> VARIATION DES MOYENNES DU pH EAU DES DEUX NIVEAUX.	46
<b>FIGURE 34 :</b> VARIATION DES MOYENNES DE pH KCL DANS DEUX NIVEAUX	46
<b>FIGURE 35 :</b> VARIATION DE CONDUCTIVITE ELECTRIQUE SUR DEUX NIVEAUX (N1, N2).	47
<b>FIGURE 36:</b> VARIATION DE CARBONE ORGANIQUE SELON DEUX NIVEAUX (N1 ET N2)	48
<b>FIGURE 37:</b> VARIATION DE LA MATIERE ORGANIQUE DANS LES DEUX NIVEAUX (N1, N2).	49
<b>FIGURE 38:</b> VARIATION DES DIAMETRES DES RACINES RHIZOSPHERIQUE SELON DEUX NIVEAU N1 ET N2.	49
<b>FIGURE 39:</b> VARIATION DES LONGUEURS DES RACINES RHIZOSPHERIQUE SELON DEUX NIVEAUX N1 ET N2.	50
<b>FIGURE 40:</b> COURBE D'ETALONNAGE DE L'ACIDE GALLIQUE.	51
<b>FIGURE 41:</b> VARIATION DES TENEURS EN POLYPHENOLS TOTAUX SUR LES DEUX NIVEAUX (N1 ET N2).	52

## Liste des tableaux

<b>TABLEAU 1:</b> TEMPERATURES MOYENNE MENSUELLES EN °C (2001-2010) (ONMTO, 2010).....	30
<b>TABLEAU 2 :</b> PLUVIOMETRIE ANNUELLE (2001-2010) DE LA COMMUNE D'AZAZGA, EN (MM). .....	30
<b>TABLEAU 3:</b> VARIATION D'HUMIDITE DANS DEUX NIVEAUX (N1 ET N2 ) .....	45
<b>TABLEAU 4 :</b> REPRESENTE LA MOYENNE DE PH DES DEUX NIVEAUX DU SOL ECHANTILLONNE. ....	45
<b>TABLEAU 5 :</b> VARIATION DES MOYENNES DE PH KCL DANS DEUX NIVEAUX.....	46
<b>TABLEAU 6 :</b> VARIATION DE CONDUCTIVITE ELECTRIQUE SUR DEUX NIVEAUX (N1, N2).....	47
<b>TABLEAU 7:</b> REPRESENTE LA VARIATION DU CARBONE ORGANIQUE SELON DEUX NIVEAUX (N1 ET N2) .....	48
<b>TABLEAU 8:</b> VARIATION DU MATIERE ORGANISUE SELON LES DEUX NIVEAUX (N1 ET N2).....	48
<b>TABLEAU 9:</b> TENEURS EN PPT DE LA SOLUTION FOLIAIRE AQUEUSE DE <i>QUERCUS SUBER.L</i> .....	51
<b>TABLEAU 10:</b> ECHELLE DE SALINITE DES SOLS (BOCUM,,2024).....	54

## Résumé

physicochimique et biométrique de la rhizosphère sous la subéraie d'Ath Ghobri, .Les échantillons ont été prélevé 28 avril 2024 dans la forêt domaniale d'Ath Ghobri au niveau de la commune yakouren Wilaya de Tizi-Ouzou. Dix échantillons du sol ont été prélevés sur 20cm de profondeurs aux pieds de cinq arbres de chêne liège choisis aléatoirement. Les moyennes des paramètres étudiées sur les deux niveaux sont : le pH; la conductivité ;l'Humidité ; le carbone organique ;la biométrie racinaire et les ppt .

Les résultats de ph des différents sols indiquent qu'ils sont acides dans les deux niveaux d'échantillonnage, les résultats des ppt permettre de mettre en évidence l'impact probable des changements globaux, les teneurs en métabolites secondaires des racines rhizosphérique, paramètres édaphiques et biométrique. Ces résultats ont montré une corrélation positive entre le pH du sol et la production de composés bioactifs, tels que les polyphénols, ainsi que la longueur des racines rhizosphérique. Cette relation suggère que les conditions de pH influencent à la production de ces composés bioactifs, qui jouent un rôle important dans la santé et la résilience des plantes.

**Mot clés :** biométrie, conductivité, humidité, ph, polyphénols, rhizosphère subéraie

## Asbtract

This study aims to investigate the phytochemical, physicochemical, and biometric contributions of the rhizosphere in the cork oak forest of Ath Ghobri. Samples were collected on April 28, 2024, from the state forest of Ath Ghobri in the commune of Yakouren, Tizi-Ouzou Province. Ten soil samples were taken at a depth of 20 cm at the base of five randomly selected cork oak trees. The average values for the parameters studied at the two levels are as follows: pH; conductivity; humidity; organic carbon; root biometrics, and PPT.

The pH results of the different soils indicate acidity at both sampling levels. The ppt results highlight the likely impact of global changes on the concentrations of secondary metabolites in rhizospheric roots, as well as on edaphic and biometric parameters. These findings have shown a positive correlation between soil pH and the production of bioactive compounds such as polyphenols, as well as with the length of rhizospheric roots. This relationship suggests that pH conditions influence the production of these bioactive compounds, which play a crucial role in plant health and resilience.

**Keywords:** biometrics, conductivity, humidity, pH, polyphenols, cork oak rhizosphere

## Introduction

Les écosystèmes mondiaux sont des réseaux complexes de relations entre les organismes vivants et leur environnement. Ils incluent les océans, les déserts, les prairies et les forêts, chacun possédant des caractéristiques spécifiques. Ces écosystèmes jouent un rôle crucial dans le maintien de la vie sur terre en offrant des services écosystémiques indispensables comme la régulation du climat, la purification de l'eau et la fourniture de ressources alimentaires (UNEP, 2021). Parmi ces écosystèmes, l'écosystème forestier se distingue particulièrement par sa diversité biologique exceptionnelle et son importance écologique. Les forêts couvrent environ 31 % de la superficie terrestre mondiale et abritent plus de 80 % des espèces terrestres de plantes, d'animaux et de micro-organismes.

En effet, la forêt est un écosystème complexe et riche, offrant de nombreux habitats à de nombreuses espèces et populations animales, végétales, fongiques et microbiennes qui entretiennent entre elles des relations d'interdépendance (Boumenjel et Dorbani, 2010). Elle joue un rôle clé dans la régulation de nombreux cycles biogéochimiques, notamment celui de l'eau et du carbone. Ainsi, elle contribue à la lutte contre le changement climatique et à la préservation des sols (Convention on Biological Diversity, United Nations Environnement Programme (UNEP)). De plus, elles renferment une biodiversité impressionnante avec plus de deux tiers des animaux et végétaux terrestres, procurant à l'homme des ressources forestières, alimentaires, pharmaceutiques ou encore de l'eau potable et offrant également de nombreux services culturels (Bonan, 2008).

Cependant, ces écosystèmes forestiers sont menacés par les changements globaux. L'ensemble de ces changements est induit dans la dynamique de la biosphère par les activités humaines. Parmi ces changements, le changement climatique, la pollution des eaux et des sols, les changements d'usage des terres, la déforestation et la surexploitation des ressources naturelles (Trommetter et Weber, 2000) entraînent une importante perte de la biodiversité.

La forêt méditerranéenne, à l'instar de toutes les forêts, est confrontée de plus en plus à des menaces de nature diverse, surtout d'origine anthropique, telles que la déforestation, le pâturage excessif, l'urbanisation, les incendies de forêt non maîtrisés, et le changement climatique, et qui peuvent mettre en péril cet écosystème fragile et l'ensemble de sa biodiversité. P Quézel, G Bonin - Revue forestière française, 1980.

Le dernier rapport du Giec ( mars 2023) le souligne déjà, la Méditerranée sera l'un des territoires les plus durement touché par le changement climatique. Les vagues de chaleur vont affluées, plus fortes, plus fréquentes et plus longues sur l'ensemble des pays méditerranéens,

et face à la sécheresse des sols, au stress sur la ressource en eau, aux feux de forêt, les forêts feront parties des premières victimes du changement climatique dans la région.

Le chêne liège (*Quercus suber* L.) occupe une place particulière au sein de la forêt méditerranéenne. Il est considéré comme une essence noble si ce n'est pas la plus précieuse du genre *Quercus*. La remarquable aptitude qu'il a à former de nouvelles couches de liège après plusieurs exploitations répétées classe le chêne liège comme une espèce unique à production renouvelable (Zenagui, 2014).

En Algérie, une véritable dégradation et évolution régressive de la subéraie est confirmée. Depuis le début du siècle, les subéraies ont perdu beaucoup d'espace, au moment où de vastes subéraies sont détruite annuellement par le feu, (Messaoudene et al. 2019).

Le sol occupe une position centrale et multidimensionnelle dans les écosystèmes terrestres. Il constitue la base physique et biologique des processus écologiques. (Hillel, D 2004) .

En effet, Les sols forestiers jouent un rôle fondamental dans la régulation des écosystèmes terrestres et leur résilience face aux changements globaux. Ils sont essentiels à la régulation du climat, au cycle des nutriments, à la biodiversité. leur protection est cruciale pour assurer la santé des écosystèmes. (lal, R 2004 ; bronick, C et al 2005).

La rhizosphère est le volume de sol influencé par les racines et le lieu des échanges entre sol, racines, microorganismes et faune associés. Ces échanges, intenses, se traduisent par des flux bi-directionnels d'eau et de nutriments au cœur des cycles biogéochimiques. Environ 40% du carbone fixé lors de la photosynthèse est alloué aux racines. La moitié de ce carbone est libérée dans le sol, ce qui stimule les activités microbiennes. L'architecture du système racinaire et son développement plastique dépendent du carbone alloué et des conditions environnementales rencontrées et définissent le volume de la rhizosphère.

Notre étude est une Contribution à l'étude phytochimique, physicochimique et biométrique de la rhizosphère sous subéraie dans le massif forestier d'Ath Ghobri, et évaluer l'impact potentiel des changements globaux sur les peuplements de *Quercus suber*.

Notre étude s'articule autour de trois chapitres

- Généralités sur le chêne-liège (*Quercus suber* L), la rhizosphère, les différents stress qui affecte la végétation et les métabolites secondaires des plantes ;
- Présentation de la région d'étude et du protocole expérimental adopté ;
- Discussion et l'interprétation des résultats obtenus. ;
- Et une conclusion.



**CHAPITRE I**  
**SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

## I. Description générale du chêne liège (*Quercus suber.L*)

### I.1.Présentation de l'espèce

Le chêne-liège *Quercus suber* L. Est une espèce qui appartient à la famille des Fagacées. Les peuplements de chêne-liège contribuent à la conservation écologique des zones fragiles, en maintenant les nutriments du sol, la disponibilité de la biomasse et la biodiversité.



Figure 1:cursus suber L .

### I.1.2.Systématique du *Quercus suber* L. :

Le chêne-liège est décrit pour la première fois par le botaniste suédois Linné en 1753. Du point de vue de la classification botanique *Quercus suber* L. appartient aux :

- Embranchement	Spermaphytes
- Sous-embranchement	Angiospermes
- Classe	Dicotylédones
- Ordre	Fagales
- Famille	Fagacées
- Genre et Espèce	<i>Quercus suber</i> L.

### **I.3-Les Caractéristiques botaniques :**

#### **I.3.1. Taille**

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

#### **I.3.2. Système racinaire**

Le système racinaire est pivotant avec des ramifications latérales puissantes évoluant horizontalement d'une longueur de 22cm à 32 cm environ (pereira, 2007 ) il est caractérisé par de longues racines fixant l'arbre solidement même dans les sols les plus rocheux jusqu'à 20cm , ce qui explique la capacité du chêne liège a foliaire élevée (Sauvage,1961 ; Nardini et al.1999 ; Pereira,2007).

#### **I.3.3. Ecorce**

Le liège se développera partir de l'assise subéro-phellodermique . L'ensemble des tissus compris entre le bois et le liège est appelé la « mère ». Donnant le liège male :il s'agit de l'écorce qui se développe naturellement qui atteint une épaisseur moyenne de 2 à 3 cm, un tissu mort de couleur grisâtre ,épaisse spongieux ,élastiques, résiste aux incendies et compressible...



**Figure 2: l'écorce de chêne liège**

#### **I.3.4. Le liège :**

Le chêne liège a pour particularité d'avoir une écorce liégeuse extraordinairement développée



**Figure 3: le liège.**

### I.3.5. Feuille :

Les feuilles de chêne-liège restent sur les branches pendant 2 à 3 ans, ressemblant à celles du chêne vert, étant petites, pétiolées, ondulées et bordées de piquants.(cailler,F.,et Morandi , S .(2024).

Elle sont portées par un pétiole court ,pendant 5 à 6 nervure secondaire . l'ensemble du feuillage est portée par une ramification peu serrée ce qui permet l'abondance du sous-bois. (Saccardy,1938).



**Figure 4: les feuilles de chene lieges.**

### I.3.6. Fruit

Le fruit. Le fruit ou gland du chêne-liège a une forme et des dimensions très différentes selon les arbres, de 2 à 5 cm de long et de 1 à 2 cm de large, deux cotylédons et un seul embryon, il se développe et tombe en octobre et novembre de l'année de la floraison.

La fructification du chêne liège débute vers l'âge de 15 ans. Les glands, qui sont amers, sont rarement consommés par l'homme, mais ils sont un aliment privilégié pour le bétail et le sanglier. Ils sont généralement allongés, avec une pointe velue. La cupule est conique, mais il existe une grande variété de cupules fructifères.

La dimension des écailles ne se limite pas à leur taille et à leur arrangement. Selon Zarroug et al. (2022), les fruits des glands renferment divers composés bioactifs tels que des polyphénols, des stérols et des alcools à longue chaîne qui présentent une activité antioxydante intéressante.



**Figure 5: le fruit de chêne liège**

#### **I.3.7. Les rameaux :**

Dans les premières années, les rameaux de chêne-liège sont sinueux tomenteux, puis brun clair avec des lenticelles évidentes et enfin complètement subéreux. À partir de l'âge de 3 ou 4 ans, les jeunes rameaux, en s'étendant, font creuser leur écorce. Plus les branches sont grandes, plus les crevasses sont profondes. Elles peuvent s'élargir de 2 à 3 mm par an. L'écorce est alors d'un gris clair et a des taches de lichens.(Marcel Jacamon,1987)

#### **I.4. caractère écologique de *Quercus Suber .L***

##### **I.4.1. Aire de répartition du chêne liège :**

Le chêne-liège est une espèce présente dans la Méditerranée occidentale et le long des côtes atlantiques, depuis le Maroc jusqu'au golfe de Gascogne, entre les latitudes 36° et 45° Nord. On le trouve naturellement du détroit de Messine à Gibraltar, avec une densité importante en Algérie et en Tunisie. Malgré des références anciennes, il est absent d'Istrie, de Dalmatie et de la côte est de la mer Ionienne.

En termes de répartition, le Portugal et l'Espagne en possèdent la plus grande partie, suivis de l'Italie, de l'Algérie, du Maroc, de la Tunisie et de la France. En Algérie, il s'étend le long d'une zone côtière d'Alger à Bizerte sur environ 600 km. Les forêts domaniales d'Algérie

comprennent 252 400 hectares, principalement exploités, avec d'autres massifs appartenant à de grandes sociétés, aux communes et aux particuliers.

#### I.4.2. Dans le monde :

La subéraie mondiale couvre 7 pays : Le Portugal, avec une superficie d'environ 720 000 hectares de chêne-liège, est une source de revenus importante, notamment en raison de sa capacité à fabriquer du liège, matière première largement utilisée pour le bouchage des bouteilles de vin. (Maria L. Inácio et ses collègues, 2021). En Espagne, en France, en Italie, au Maroc, en Algérie et en Tunisie, les *Quercus suber* dominant avec près de 70 000 hectares (youkabed zarroug et al 2022)..



**Figure 6: aire de répartition de chêne liège dans le monde**

#### I.4.3. En Algérie :

Les subéraies en Algérie, qui couvrent actuellement une superficie estimée à 357231 hectares, se trouvent entre les frontières marocaines et tunisiennes, s'étendant du littoral méditerranéen au nord aux chaînes telliennes au sud. La majeure partie des boisements meilleurs et étendues se trouve dans l'Est du pays, principalement dans les zones humides et subhumides (comme la wilaya de Tizi-Ouzou). Outre ce secteur, le chêne-liège s'étend de façon assez discontinue sous forme de massifs isolés et de moindre importance. Il est plus rare à l'Ouest. (BOUCHAOUR-DJABEUR S ET AL ,2021)



**Figure 7: aire de répartition de chêne liège en Algérie**

## **II. Écologie de chêne liège :**

Le chêne-liège est un arbre qui préfère les sols siliceux et acides et évite les sols calcaires. Il favorise les sols meubles, profonds, de texture légère, bien aérés et riches en matière organique, avec un pH acide ou proche de la neutralité. Grâce à son système racinaire pivotant, il peut s'enraciner profondément, même dans des sols peu propices, très argileux ou superficiels.

Le chêne-liège exige chaleur et humidité, nécessitant des précipitations annuelles supérieures à 600 mm et des températures moyennes annuelles de plus de 13,5°C, avec des minima supérieurs à -5°C. De petite taille, il dépasse rarement 25 mètres. Il commence à fructifier entre 15 et 20 ans, avec une production variable selon les années. Ses exigences peuvent toutefois varier en fonction de certaines conditions locales, comme une humidité élevée et une nappe phréatique peu profonde.

Face au risque de feu de forêt, le chêne-liège a une capacité exceptionnelle de protection. Son écorce de liège protège les parties vitales de l'arbre contre le feu. Bien que le liège se carbonise, l'arbre survit, ce qui lui confère des avantages économiques et écologiques.

Le comportement germinatif des glands varie en fonction des conditions thermiques, avec une meilleure germination entre 13°C et 18°C. En Algérie, son altitude de croissance est généralement limitée à 1200 mètres, rarement 1300-1400 mètres, et exceptionnellement à 1600 (BELGHERBI, B. & BENABDELI, K, 2015).

## **II.1. Facteurs responsables du stress chez les végétaux :**

Le stress survient en réponse à un désordre chez un être vivant. Il peut avoir des effets fonctionnels ou structurels à différents niveaux : moléculaire, cellulaire, individuel ou de groupe. Le stress exerce une pression évolutive significative sur tous les organismes (**Dutuit et al, 1994**) (**Madlung et Comai, 2004**).

### **II.1.1. Stress abiotiques**

Le stress abiotique inclut de nombreux facteurs tels que la chaleur, le froid, la lumière excessive, la sécheresse, la teneur en eau, les blessures, l'exposition à l'ozone, l'irradiation UV-B, le choc osmotique et la salinité (Jenks et Hasegawa, 2014).

#### **II.1.1.1. Stress hydrique**

Lorsqu'une plante subit un stress hydrique, sa teneur en eau diminue. Les cellules se rétractent et la pression de turgescence diminue, ce qui concentre les solutés dans les cellules en réduisant leur volume (Jenks et Hasegawa, 2014). Le déficit hydrique entraîne une inhibition de la photosynthèse, notamment en provoquant des fuites d'électrons dues à la diminution de la fixation du CO<sub>2</sub> (Dat et al., 2000).

#### **II.1.1.2. Stress thermique**

Les températures élevées sont parmi les stress abiotiques les plus nuisibles pour la croissance des pousses et des racines des plantes de saison froide. En été, les températures de l'air et du sol dépassent souvent les niveaux optimaux, affectant divers processus physiologiques et métaboliques (Huang et al., 2012). Le stress thermique réduit le nombre, la masse et la croissance des racines, limitant ainsi l'apport en eau et en nutriments aux parties supérieures de la plante (Drugmand et Jonathan, 2020).

### **II.1.2. Stress biotique**

Le stress biotique englobe toutes les attaques par des agents pathogènes tels que les virus, les bactéries, les champignons et les parasites (Madlung et Comai, 2004). Les herbivores représentent également une source de stress biotique (Strauss et Zangerl, 2002).

### II.1.2.3. Stress oxydatif

Le stress oxydatif résulte d'un déséquilibre entre les pro-oxydants et les antioxydants, ce qui entraîne des changements cellulaires irréversibles (Mestar, 2019).

## III. Métabolisme des plantes

Le métabolisme des plantes désigne l'ensemble des processus chimiques permettant aux cellules de convertir des sources spécifiques en énergie chimique (ATP, NADPH) pour produire de la biomasse. Presque toutes les réactions métaboliques sont catalysées par des enzymes et fonctionnent de manière continue, très peu de réactions se produisant sans enzymes.

Traditionnellement, les ensembles de réactions enzymatiques partant de matières premières spécifiques pour aboutir à des produits sont appelés voies métaboliques. Ces voies peuvent être linéaires, ramifiées ou cycliques. Lorsque les réactions participent à la conservation de l'énergie et à la production de constituants cellulaires, elles sont dites cataboliques. Les voies impliquées dans la biosynthèse et la production de biomasse sont dites anaboliques (JuliPeretó, 2022).

Les plantes ont la capacité d'utiliser des précurseurs inorganiques simples pour synthétiser une grande diversité de composés organiques à faible teneur en carbone. Cette capacité leur permet de coloniser divers environnements difficiles. Les composés organiques de faible masse moléculaire sont généralement classés selon leur rôle : les métabolites primaires, nécessaires à la croissance des plantes, les métabolites secondaires (ou métabolites spécialisés), qui servent de médiateurs entre les plantes et leur environnement, et les hormones végétales, qui régulent les processus et le métabolisme de l'organisme (Taiz et al. 2015; Matthias Erb et Daniel J. Kliebenstein, 2020).

### III.1. Le sol :

#### III.1.1-Définition du sol :

Albert Demolon a défini le sol en 1932 comme une formation naturelle de surface, caractérisée par une structure meuble et une épaisseur variable. Ce sol résulte de la transformation de la roche mère sous-jacente, influencée par divers processus physiques, chimiques et biologiques, en interaction avec l'atmosphère et les organismes vivants. Le sol est une ressource très faiblement renouvelable, car sa dégradation peut être rapide, tandis que sa formation et sa régénération nécessitent plusieurs milliers d'années. (Ademe, 2021)

### III.1.2-constituants du sol :

Le sol est un milieu poreux où se déroulent de nombreux processus physiques, chimiques et biologiques. Il s'agit d'un système multi-composant ouvert, formé de trois phases : solide, liquide et gazeuse.

#### III.1.2-1 La phase solide du sol :

La phase solide est constituée de minéraux et de matières organiques en proportions variables (Calvet, 2000).

##### -Fraction minérale :

Les minéraux représentent généralement entre 95 et 99 % du sol. Leur composition dépend de la nature de la roche mère. Les minéraux présentent une grande diversité, avec des tailles granulométriques variées (Quénéa, 2004) :

**Sable ( $\varnothing = 2000$  à  $50 \mu\text{m}$ )**  
**Limon ( $\varnothing = 50$  à  $2 \mu\text{m}$ )**  
**Argile granulométrique ( $\varnothing < 2 \mu\text{m}$ )**

La texture d'un sol correspond à la répartition des minéraux par catégorie de taille, indépendamment de leur nature et de leur composition. Les sols sont classés selon les proportions relatives de particules argileuses, limoneuses et sableuses (Atlas & Bartha, 1992).

##### -La fraction organique :

La fraction organique d'un sol est composée à plus de 80 % de matière organique morte, telle que les résidus de plantes et d'animaux en décomposition naturelle (Paul & Clark, 1996). On y trouve également des organismes vivants, notamment des bactéries, des actinomycètes, des champignons, ainsi qu'une microfaune composée de protozoaires, de nématodes, d'insectes et de vers de terre (Quénéa, 2004)

#### III.1.2-2-La Phase Liquide du Sol :

La phase liquide du sol n'est pas de l'eau pure, mais une solution complexe et très variable, appelée « solution du sol ». Elle contient de nombreuses substances dissoutes, organiques et inorganiques, ionisées et non ionisées. En raison de sa grande variabilité

spatiale et temporelle, la solution du sol est difficile à décrire et à étudier, et il n'existe pas de composition type. Cependant, on peut distinguer deux catégories de solutés :

-Les microéléments : Leur concentration est inférieure à 1 mmol/m<sup>3</sup>, incluant de nombreux éléments traces métalliques.

-Les macroéléments : Leur concentration est supérieure à cette limite. Les éléments les plus fréquents et leurs composés chimiques correspondants incluent C (C<sup>+</sup>), HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Na (Na<sup>+</sup>), Mg (Mg<sup>2+</sup>), Si (Si(OH)<sub>4</sub>), S (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), Cl (Cl<sup>-</sup>), K (K<sup>+</sup>), Ca (Ca<sup>2+</sup>) et O<sub>2</sub>.

### III.1.2-3-La phase gazeuse :

La phase gazeuse du sol est souvent appelée l'atmosphère du sol. Sa composition est souvent voisine de celle de l'air mais elle peut être très variable dans l'espace et dans le temps. Elle dépend principalement de deux facteurs, la proximité de l'atmosphère, c'est-à-dire la profondeur dans le sol et l'activité biologique (Calvet, 2000).

L'air du sol contient en général les mêmes substances que l'air atmosphérique mais sa composition peut être très différente en raison, en particulier, de l'activité biologique (Soulasetal., 1983). à 100 ml ou moins dans les sols inondés et dans des microenvironnements aux alentours des racines des plantes.

### III.1.3-la faune et la flore du sol :

la faune du sol est très riches en surface et en profondeur, elle s'organise à plusieurs échelle de taille qui se complètent pour participer à la transformation direct ou indirect de la matière organique produite par la végétation, et contribuent au recyclage des éléments nutritifs. Bien que certains groupe de cette faune soient particulièrement importante, soit par leur richesse.

## III.2.La rhizosphère :

### III.2.1-Définition de la rhizosphère :

La rhizosphère est la zone du sol qui entoure étroitement les racines et est activement Influencée par la plante. Les racines des plantes libèrent continuellement un mélange Complexe d'interactions chimiques qui altèrent l'environnement local du sol (la disponibilité d'éléments denses en nutriments : sucres, acides aminés, la teneur en oxygène, la pression de l'eau et le pH en favorisant la croissance des microorganismes, qu'ils soient nocifs ou

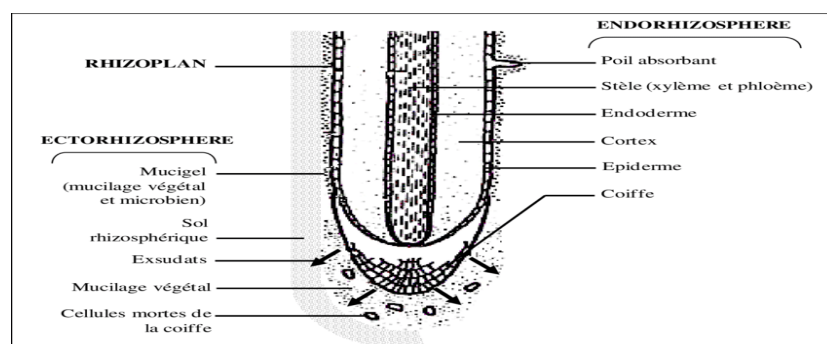
bénéfiques. Les jeunes plantes libèrent jusqu'à 40% du carbone qu'elles stockent dans la rhizosphère, tandis que les plantes mûres en libèrent jusqu'à 20% de ce carbone, créant une nouvelle niche écologique pour la vie microbienne. La nature et l'activité de la flore microbienne entourant les racines de la plante la distinguent significativement du sol environnant (Danjon et al., 2007).

\*La rhizosphère joue un rôle essentiel dans les processus de phytoremédiation ;

\*Elle est le siège des processus physiques et chimiques spécifiques liés à l'alimentation hydrique et minérale des plantes (Gobat et al., 2003) .

La rhizosphère est une région du sol riche en gaz carbonique et pauvre en oxygène dissous, la rhizosphère est de ce fait un site réducteur, où se développe une activité dénitrifiante, réduisant l'ion nitrate en oxyde d'azote, voir en ammoniacque (Gobat et al., 2003);

\* (la zone de sol directement formée et fortement influencée par la combinaison des racines et des micro-organismes du sol).



**Figure 8 : représentation schématique de la rhizosphère (Lynch,1983).**

### III.2.2.L'Importance de la Rhizosphère

La rhizosphère, zone d'interactions étroites entre les plantes et les micro-organismes du sol, est cruciale pour la nutrition et la santé des végétaux. C'est dans cette zone que les plantes puisent les nutriments, l'eau et le carbone nécessaires à leur croissance, tout en fournissant des ressources essentielles aux bactéries, champignons, insectes, vers et protozoaires présents dans le sol.

La microflore rhizosphérique joue un rôle protecteur en défendant les racines contre les pathogènes et les maladies. Elle produit également des substances de croissance végétale telles que l'auxine, les gibbérellines et les cytokinines, qui favorisent le développement des plantes.

De plus, la rhizosphère permet la fixation biologique de l'azote atmosphérique grâce à des micro-organismes spécifiques. Ces micro-organismes convertissent l'azote atmosphérique en composés azotés assimilables par les plantes, enrichissant ainsi le sol et améliorant la fertilité. Cette interface sol-racine-microbiote, riche en échanges multiples, joue un rôle primordial non seulement dans la croissance et la santé des plantes, mais aussi dans le recyclage et le stockage du carbone. Ces processus sont essentiels pour la durabilité des écosystèmes et la régulation des cycles biogéochimiques, (Rayes J., 2011).

### **III.2.3-Exsudation dans la rhizosphère :**

L'exsudation de composés carbonés par les racines est un processus clé dans la différenciation de la rhizosphère par rapport au reste du sol. En moyenne, environ 20% du carbone assimilé par photosynthèse est ainsi libéré sous forme d'exsudats (sucres, acides organiques, acides aminés, etc.), bien que ce chiffre puisse varier de 10 à 50%.

Cette exsudation a un impact majeur sur l'écologie microbienne de la rhizosphère. De plus, certains exsudats et métabolites microbiens jouent un rôle direct dans les cycles biogéochimiques des nutriments comme le phosphore, l'azote ou le soufre, via des processus enzymatiques ou de complexation.

Parmi les exsudats, les carboxylates ont été particulièrement étudiés pour leur capacité à complexer les métaux et les oxyanions comme le phosphate, influençant ainsi leur biodisponibilité. (Jones et al ; 2004).

### **III.3-importance du sol dans la croissance des végétaux :**

La fertilité chimique des sols est généralement plus élevée en surface, ce qui explique pourquoi la majorité du système racinaire des arbres se concentre dans les horizons superficiels. En effet, l'essentiel des cycles biogéochimiques se déroulent dans ces horizons de surface, où la décomposition de la litière fournit les nutriments les plus disponibles, créant ainsi un environnement riche en éléments nutritifs nécessaires pour la croissance des racines (Humbel, 1978 ; Boulet et al., 1979).

Ces cycles biogéochimiques présentent peu de pertes, comme la montre l'extrême dilution et l'acidité des eaux de nappe en milieu ferrallitique. Cette particularité est due à l'absence de minéraux facilement altérables et à un recyclage efficace des éléments nutritifs par la végétation (Grimaldi et al., 1994). En d'autres termes, la végétation recycle efficacement les

nutriments, minimisant ainsi les pertes et maintenant un sol fertile malgré les conditions acides.

Cependant, l'acidité des sols peut induire chez les arbres des toxicités souvent associées à des déficiences en éléments importants tels que le calcium, le magnésium, le phosphore ou le cuivre. Ces déficiences peuvent avoir des effets néfastes sur la santé et la croissance des arbres. Ainsi, la concentration des racines dans les horizons de surface permet aux arbres de capter au mieux les nutriments issus de la décomposition de la litière, malgré les risques de déséquilibres minéraux engendrés par l'acidité du sol. Cette stratégie d'enracinement superficiel est essentielle pour maximiser l'absorption des nutriments dans un sol riche mais potentiellement déséquilibré chimiquement.

#### **III.4. Les polyphénols :**

Les polyphénols sont des molécules naturelles présentes principalement dans les fruits, légumes et la plupart des végétaux. Ils regroupent plus de 8000 composés hydrosolubles de poids moléculaire compris entre 500 et 30000 daltons, caractérisés par la présence d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles.

Ces composés bioactifs issus du métabolisme secondaire des plantes sont synthétisés au cours du développement normal des végétaux, mais aussi en réponse à des infections, blessures, rayons UV, insectes et autres stress abiotiques comme la sécheresse et la salinité.

Les acides phénoliques, flavonoïdes, stilbènes et lignanes font partie de ces polyphénols qui présentent un fort pouvoir antioxydant et sont corrélés à de nombreux bénéfices pour la santé.

Leur efficacité dans l'inhibition des processus oxydatifs est liée à leur capacité à piéger les radicaux libres. Grâce à la structure de leur groupe hydroxyle sur le cycle benzénique, les polyphénols éliminent ces radicaux par transfert d'un atome d'hydrogène. Cela leur permet d'activer indirectement les défenses antioxydantes en générant des niveaux non toxiques de radicaux libres.

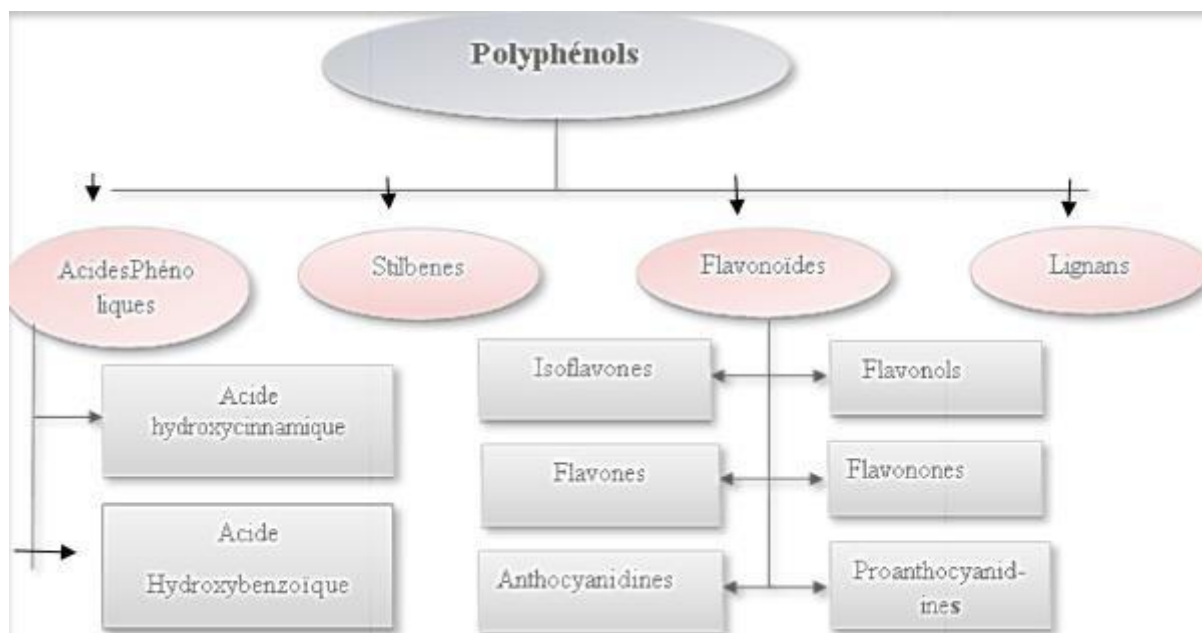


Figure 9 : Résumé des principales classes de polyphénols (Oliver et al 2016).



## **CHAPITRE II**

### **MATERIELS ET METHODE**

### I-Description De La Zone D'étude :

La wilaya de Tizi-Ouzou se trouve sur la côte centrale de l'Algérie, à 110 km de la capitale, Alger. Ses frontières sont délimitées par la mer Méditerranée au nord, la wilaya de Bouira au sud, la wilaya de Boumerdes à l'ouest et la wilaya de Bejaia à l'est. Située à une altitude de 206 m, ses coordonnées géographiques sont 36°42'42" de latitude nord et 4°02'45" de longitude est.

Cette étude a été réalisée dans le massif forestier de Beni Ghobri, également connu sous le nom de massif forestier de Beni Ghobri, situé au centre-nord de l'Algérie, dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Ce massif forestier s'étend sur 6 939 hectares, représentant 10 % des terres forestières de la wilaya.

Administrativement, la forêt domaniale de Béni Ghobri est rattachée à la circonscription des forêts d'Azazga et à la conservation des forêts de Tizi-Ouzou.

La forêt est bordée au nord par les forêts domaniales de Tamgout et Azouza, à l'est par la forêt d'Akfadou, et à l'ouest et au sud par la vallée de l'Oued Sibaou. La végétation dominante de la forêt de Béni Ghobri est constituée de chênes, principalement le chêne-liège, le chêne Zéen et le chêne Afares.

Les coordonnées de cette forêt sont 36°45'16.9" de latitude nord et 4°24'33.8" de longitude est, avec une altitude moyenne de 735 m. Le point le plus bas se situe à 270 m (Tizi Bouchen) et le plus haut à 1200 m (Djebel Affroun). La forêt d'Aït Ghobri présente un relief relativement accidenté, un substrat géologique composé de grès numidiens, et un humus de type mull riche en matière organique (Allalou, 1986 et Ferrahi, 1997 ; Mahand Messaoudène et al., 2008). Les études menées dans cette région ont révélé que les sols sont acides et ont une texture limono-sableuse (Allalou, 1986 et Ferrahi, 1997 ; Guettas et al., 2022).



**Figure 10: déchet urbains présent sur la zone d'études**

Ferrahi (1994) a identifié quatre grands types de sols dans cette forêt : les sols superficiels, les sols lessivés peu différenciés, les sols lessivés acides avec un horizon d'accumulation argileux profond, et les sols lessivés acides avec un horizon d'accumulation argileux superficiel.

Le cortège floristique de la zone d'étude un inventaire a été effectué pour déterminer la composition floristique de la zone d'étude. Des échantillons des espèces présentes autour des arbres étudiés ont été prélevés puis identifiés. Dans le site choisi, le couvert végétal se compose de trois strates distinctes : arborescente, arbustive et herbacée.

### **I-1.Strate arborée**

La strate arborée est principalement composée de deux espèces, présentes en peuplements purs ou mélangés : le chêne-liège (*Quercus suber* L.) et le chêne zéen (*Quercus canariensis* L.). Ces deux essences se trouvent souvent mélangées, entraînant des hybridations (Quezel et Santa, 1962). Sur le versant nord de la forêt, le chêne zéen tend à envahir intensément le chêne-liège.

### **I-2.Strate arbustive**

La strate arborescente est très dense est constituée de :

- *Erica arborea*.
- *Cytisus triflorus*.
- *Genista tricuspidata*.

- *Rubus ulmifolius*.
- *Arbustus unedo*.
- *Viburnum tinus*.
- *Myrtus communis*

### I-3.Strate herbacée :

La strate herbacée peine à s'imposer et se voit réduite, les espèces les plus répandues sont :

- *Asphodelus ficaria*.
- *Géranium robertianum*.
- *Ficaria verna*.
- *Fedia cornucopiae*.
- *Tamus communis*.
- *Rubia peregrina*.
- *Ruscus hipophylumet*.

### I-4. Études climatiques de la zone d'étude

La région de Kabylie se caractérise par un climat méditerranéen avec des hivers froids et humides, et des étés chauds et secs. Ath Ghobri est l'une des zones les plus humides d'Algérie. Elle présente un climat méso-méditerranéen, avec 75 à 100 jours de sécheresse par an (Meddour, 2010). Grâce à sa situation géographique et à sa proximité avec le massif du Djurdjura, cette région bénéficie de divers avantages et forme une barrière orographique aux vents humides méditerranéens.

2-3 Le climat En région méditerranéenne les facteurs prépondérants qui régissent la distribution des plantes sont le stress hydrique (sécheresse) et le stress thermique hivernal (froid ou gel). Ce stress thermique hivernal conditionne divers aspects de la biologie et de l'écophysiologie des espèces, la distribution, la reproduction, la productivité, et les taux de survie des ligneux en fonction des accidents abaissant brusquement et longuement les minimas hivernaux (MEDDOUR, 2010). Les effets sont cumulatifs d'année en année autant que ceux de la sécheresse (MITRAKOS 1980,1982 ; QUEZEL et MEDAIL, 2003) Pour une bonne caractérisation climatique et bioclimatique de notre zone d'étude, nous nous sommes basés sur l'étude de MEDDOUR (2010) pour la région de la Kabylie Djurdjurienne, qui prend en considération plusieurs paramètres et indices bioclimatiques et une analyse d'un nombre important de travaux réalisés dans cette discipline et pour la région en question. Pour notre étude, nous avons retenu certains indices bioclimatiques qui ont été calculés pour la station

d'Azazga, lieu de nos prélèvements. Notre choix s'est porté sur les indices les plus usuellement utilisés dans la région méditerranéenne. Selon Meddour 2010, la température de notre zone d'étude, qui est classée dans la zone sublittoral, est comprise entre les isothermes 14 et 19 °C. Elle relève du type thermique « tempéré-frais » suivant le système de Rivas-Martinez (1996). MEDDOUR dans son analyse des précipitations moyennes annuelles de la Kabylie Djurdjuriénne, calculée sur la période 1973-2000, signale le caractère saillant de la hauteur annuelle des précipitations et leur abondance. A ce titre, il cite que dans son ensemble, ce territoire reçoit beaucoup de précipitations, dont les moyennes dépassent 500-600mm partout et plus de 1000-1100 mm sur les hauts reliefs avec des versants exposés aux vents humides. Ainsi, la zone la plus arrosée correspond aux montagnes de la chaîne littorale (Aghrib, Elma hachich) et du massif forestier de Béni Ghobri-Akfadou, avec 1100-1200 mm/an. La commune d'Azazga avec une altitude de 450 m, reçoit 888,1 mm. Le régime pluviométrique suivant l'indicatif de Musset est de type HPAE (MEDDOUR, 2010 ; MESSAOUDEN et al., 2008) En se basant sur l'échelle de valeurs préconisée par LE HOUEROU en 1995, MEDDOUR (2010) classe notre station d'étude dans le bioclimat subhumide doux » avec un quotient pluviothermique d'Emberger égal à 95,6. Ainsi, le climat est caractérisé par une douceur hivernale, ce qui est conjugué à la forte pluviosité, donnent des conditions climatiques qui favorisent incontestablement le développement des subéraies (MEDDOUR, 2010).

#### **1.4.1.Température**

Notre zone d'étude caractérisée par des variations de température significatives. En hiver, les températures descendent en dessous de 10 °C, tandis qu'en été, elles peuvent atteindre entre 30 et 35 °C, avec des pics allant jusqu'à 40 °C en juillet et août. Les températures diurnes peuvent également atteindre 40 °C. La température de l'eau, qui est cruciale pour la solubilité des sels et des gaz, ainsi que pour la conduction électrique et le pH, reste constante dans les eaux souterraines profondes.

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

**Tableau 1: Températures moyenne mensuelles en °C (2001-2010) (ONMTO, 2010)**

Les précipitations jouent un rôle écologique crucial dans les écosystèmes terrestres, influençant, avec la température, leur structure et leur productivité primaire (Ramade, 1993). La période de précipitations s'étend sur six mois, de novembre à avril, avec des pluies particulièrement abondantes en décembre, janvier, février et mars. Les précipitations annuelles varient de 700 à 1000 mm pouvant parfois atteindre jusqu'à 1500 mm d'eau.

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

**Tableau 2 : Pluviométrie annuelle (2001-2010) de la commune d'Azazga, en (mm).**

### I.4.2. Diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme ombro-thermique, conçu par Bagnouls et Gaussen en 1953, permet d'évaluer l'intensité et la durée des saisons pluvieuses et sèches. Il superpose les courbes des précipitations et des températures sur un même graphique. Le principe repose sur la relation  $P \leq 2T$ , utilisée pour déterminer la gravité de la sécheresse et identifier le mois le plus sec. Selon cette formule, si la moyenne des précipitations (P) est inférieure ou égale à deux fois la température (T), le mois est considéré comme sec. Les points où les courbes des précipitations et des températures se croisent marquent la durée de la saison sèche ( $P \leq 2T$ ), tandis que le reste du graphique représente la saison humide (figure).

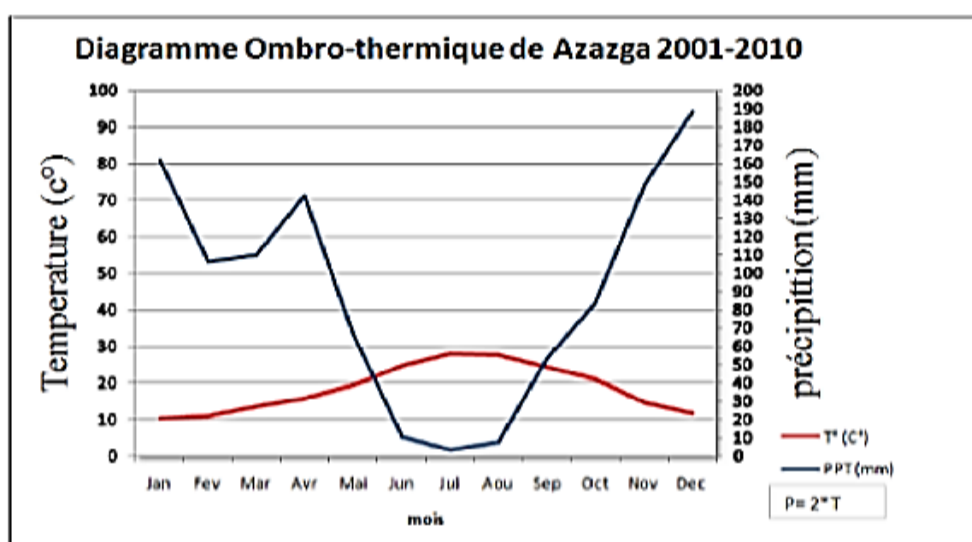


Figure 11: Diagramme Ombro-thermique de la région d'Azazga.

L'analyse du diagramme ombro-thermique révèle l'existence de deux saisons contrastées dans la région : une saison humide de septembre à avril et une saison sèche de mai à août.

## II-ÉCHANTILLONNAGE SUR LE TERRAIN

La récolte des échantillons constitués des racines de *Quercus suber* et du sol a été réalisée en avril 2024 dans le massif forestier de Beni Ghobri, au niveau de la station d'Al Ainsar,.

### II-1.Méthodologie d'Échantillonnage

Nous avons opté pour un échantillonnage aléatoire. L'échantillonnage a été réalisé suivant la méthode décrite par Uterano et al. (2000), dont les étapes sont les suivantes :

**II-1.1.Sélection des Arbres :**

- 30 arbres ont été choisis aléatoirement et numérotés de 1 à 30.
- Parmi ceux-ci, cinq arbres ont été sélectionnés de manière aléatoire pour l'étude détaillée.

**II-1.2.Préparation des Sites d'Échantillonnage :**

- à 1 mètre du tronc de l'arbre , en exposition nord , Une parcelle de sol de 25 cm × 25 cm a été délimitée.
- Deux niveaux de sol ont été prélevés : N1 pour la couche de 0 à 10 cm de profondeur et N2 pour la couche de 10 à 20 cm de profondeur.

**II-1.3.Récolte des Échantillons :**

- Les racines et le sol des deux niveaux (N1 et N2) ont été soigneusement collectés et placés dans des sacs en plastique étiquetés.
- Les échantillons ont ensuite été transportés au laboratoire pour des analyses ultérieures.

Cette méthodologie rigoureuse d'échantillonnage garantit la représentativité des échantillons et permet de mener des analyses précises sur la structure et la composition du sol et des racines de *Quercus suber* dans la région de Beni Ghobri.



**Figure 12: sacs étiqueté des échantillons récoltés.**



Figure 13: sol étalé sur la paille.

### III. Analyse Du Sol Rhizosphérique

#### III.1.L'Humidité du sol

À l'aide d'une balance de précision nous avons mesuré 10g du sol de tous les échantillons de chaque sujet et niveau numéroté, puis nous les avons mis dans une étuve à 105 °C durant 24h, ensuite dans un dessiccateur pour refroidir. Enfin peser les béccher (les échantillons) Une autre fois .

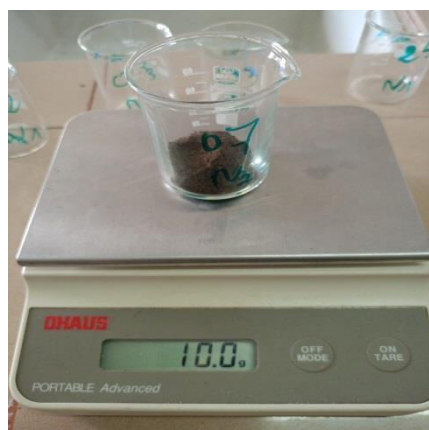


Figure 14: pese du sol



Figure 15: mise à l'étuve pendant 24 h



Figure 16: mise dans un apres leur sortie du four .

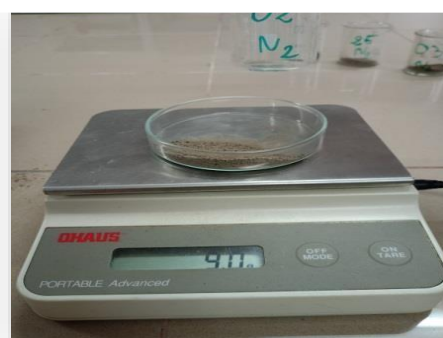


Figure 17: pesé le sol une autre fois.

Pour réaliser les analyses du sol, nous avons étalé le sol sur des sacs en plastique sur les payasse de laboratoire pour sécher à l'air libre.

### III.2. Potentiel d'Hydrogène

#### III.2.1.pH eau

Nous avons pesé 5g du sol séché et tamisé dans des flacons auquel on a ajouté 25 ml d'eau distillée. puis nous avons déposé le tout dans un l'agitateur pendant 30 min , reposer 20min puis agiter 15 min et reposer 5 min et agiter encore une fois pendant 15 min enfin laisser le mélange se reposer 2h à la température ambiante .enfin à l'aide d'un ph mètre nous avons mesurés les solutions obtenu .



Figure 18 : l'eau distillée



Figure19 : pesé du sol



Figure 20 : mesure du pH avec un pH mètre

### III.2.2. pH KCL

Nous avons refait la même expérience avec le pH eau mais on a remplacé l'eau distillée avec le KCL.

Nous avons mélangé 37,26g de KCL avec 250 ml d'eau distillée. Pour chaque échantillon nous avons 5g du sol avec 25ml de la solution. Puis on a agité le mélange pendant 30 min et on a laissé reposer 2h afin de prendre les mesures à l'aide d'un pH mètre.

### III.3. Conductivité électrique

C'est un phénomène physique qui consiste à laisser passer librement les charges électrique dans un corps, solide ou liquide. Afin de déterminer les valeurs de ses charges, on a pris la solution de pH eau on agiter le mélange pendant 10 min puis on a laissé reposer pendant 20 min. Enfin on a utilisé le conductimètre pour prendre des valeurs.

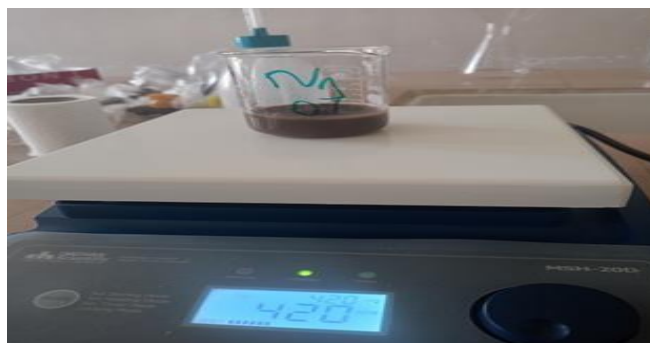


Figure 21: agiter la solution pendant 15 min



Figure 22 : mesure de la conductivité avec un conductimètre

### III.4.Dosage de carbone organique

Le dosage de carbone organique de sol , s'effectue en suivant la méthode de déshydratation puis calcination ( perte au feu) à 450°C .Nous avons utilisés des creusets en céramique préalablement chauffés durant 16h dans un four à moufle à 550°C , puis passé au dessiccateur pour refroidir et pesé à l'aide d'une balance de précision , ainsi nous avons obtenus les poids des creusets vide (P0).

5g du sol de chaque échantillon sont introduit dans un creuset, ces derniers sont mises à l'étuve à 220°C durant 16h, puis au dessiccateur pour refroidir. Une fois refroidie, les creusets pleins ont été pesés pour avoir leurs poids, nous avons obtenus les résultats (P1).les creusets sont mis par la suite dans un four à moufle pendant 4h à 450°C.

Une fois refroidies au dessiccateur, les creusets sont pesés pour obtenir après calcination le poids (P2). La perte au feu est exprimée en % de la masse de l'échantillon déshydraté est donnée par la loi suivante :

$$C\% = \frac{(M0 - M2)}{(M1 - M0)} \times 100$$



1- la Pesé des creusets vides



2- sol tamisé



3-Mise à l'étuve pendant 16h à 220°C



4- refroidissement dans un dessiccateur



5- Presé les creuser remplis du sol

Figure 23:Les étapes du dosage de carbone organique

### III.5. Analyse biométrique des racines

L'analyse biométrique des racines est cruciale pour comprendre la structure, la fonction et la dynamique des systèmes racinaires. Elle fournit des informations essentielles sur la croissance des plantes, leur santé, et leur capacité à absorber l'eau et les nutriments. Ces analyses permettent également d'évaluer les adaptations des plantes aux conditions environnementales et de développer des stratégies de gestion durable des écosystèmes.

La longueur totale des racines (LTR) ainsi que leur diamètre constituent les paramètres biométriques les plus importants pour évaluer la capacité des plantes à explorer le sol et à accéder aux ressources en eau et en nutriments, ainsi que pour comprendre la structure et la distribution des racines dans le sol.

Pour mesurer le diamètre et la longueur des racines récupérées au niveau de notre échantillon, nous avons utilisé un pied à coulisse et une règle.

Nous avons procédé comme suit

#### **Séparation par Catégories :**

Nous avons séparé les racines en fonction de leur diamètre (racines fines, moyennes, et épaisses).

#### **Mesure de la Longueur des Racines :**

Nous avons mesuré chaque segment de racine avec une règle, et nous avons additionner les longueurs pour obtenir la longueur totale.



**Figure 24: racine trié et étiqueté.**



**Figure 25: mesure de la longueur de la racine avec une règle**



**Figure 26 : mesure du largeur de la racine avec un pied à coulisse**

### **III.6. Dosage des polyphénols :**

La préparation des extraits racinaires consiste à considérer une même biomasse racinaire pour chaque sujet échantillonné. Les racines sont ensuite mélangées soigneusement pour obtenir un échantillon moyen homogène. Ensuite, elles sont broyées à l'aide d'un broyeur électrique pour obtenir une poudre fine.

L'extraction éthanolique est effectuée en suivant le protocole de Ouzid et al. (2018) sur les deux niveaux (N1 et N2). Un gramme de poudre de racine (1g) est mélangé à 10 ml d'éthanol dilué à 70%. La solution est ensuite macérée à 4°C pendant 24 heures, puis le solvant est évaporé dans des cristallisoirs.



**Figure 27 : solution mère**

Après 24h Nous avons filtré la solution mère à l'aide d'un entonnoir et un papier filtre.



**Figure 28 : filtration des extraits**

Les polyphénols totaux sont estimés en utilisant le réactif Folin-Ciocalteu suivant le protocole élaboré par Li et al. (2007). Dans un tube à essai nous avons mis 100  $\mu$ l de l'extrait Dilué à 1/10 d'éthanol mélangés avec 100  $\mu$ l de réactif de Folin-Ciocalteu et 2ml d'eau distillée, après 3min à l'abri de la lumière nous avons ajouté 2ml de carbonate de sodium  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (75mg/ml) a la solution.

La mesure de l'absorbance est faite à 765 nm.



**Figure 29 : extrait des racines**



**Figure 30 : après 3 min ajouté 2ml de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$**

Les résultats sont indiqués en milligramme équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait (mg EAV/g). On se basant sur une courbe d'étalonnage de l'acide gallique établie pour des concentration de 10 à 100  $\mu\text{l}/\text{mg}$  .



**Figure 31 : gamme d'étalonnage**



**CHAPITRE III**  
**RESULTATS ET DISCUSSIONS**

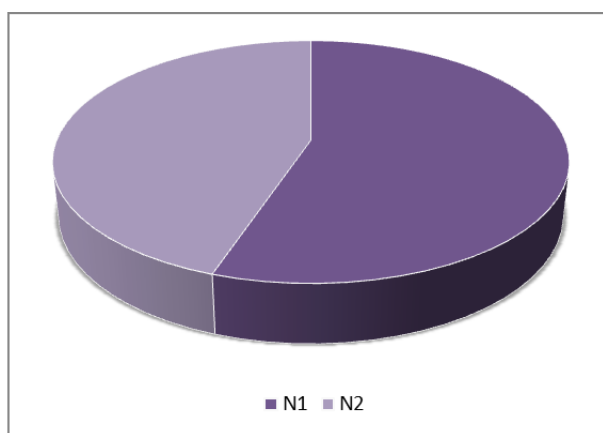
## I. Résultats

Les résultats obtenus sont présentés sous forme de tableaux et de graphes.

### I.1. Humidité

Niveau	N1	N2
Humidité	11,12 %	9.02 %

**Tableau 3: variation d'Humidité dans deux niveaux (N1 et N2 )**



**Figure 32: variation d'Humidité dans deux niveaux (N1 et N2 )**

Une variation d'humidité à été observé dans les deux niveaux N1 et N2. Le taux le plus faible a été noté dans N2 avec 9,02% et de 11,12% dans le N1.

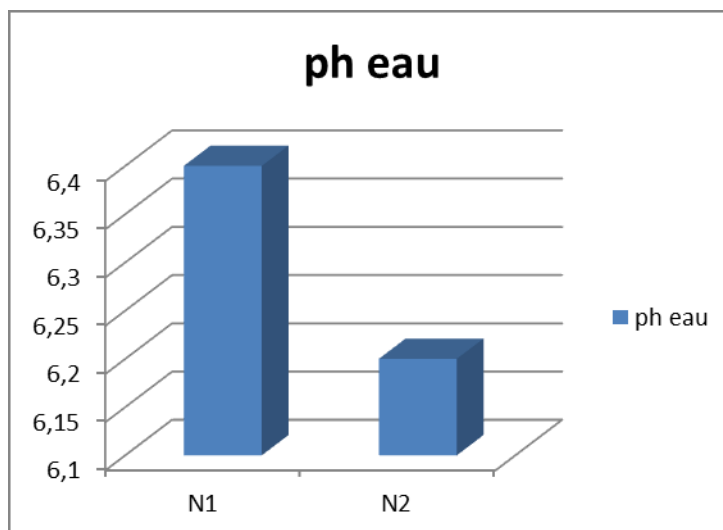
### I.2. Potentiel D'Hydrogène

#### I.2.1. pH eau

Les résultats obtenus sont portés dans les tableaux N° 4

Niveaux	N1	N2
pH	6,4	6,2

**Tableau 4 : représente la moyenne de pH des deux niveaux du sol échantillonné.**



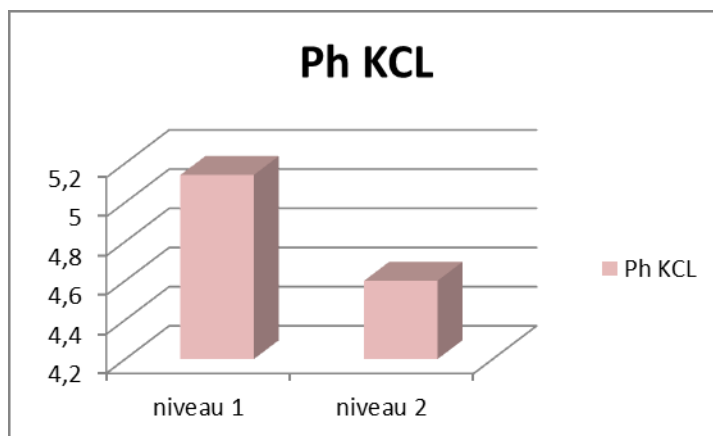
**Figure 33 : variation des moyennes du pH eau des deux niveaux**

Les résultats obtenus pour le pH potentiel du sol qui se trouve sous les arbres de chêne liège varient selon la profondeur, avec une valeur moyenne de 6.4 mesuré au N1, et 6.2 mesuré au N2.

### **I.2.2.pH KCL**

Niveaux	Niveau 1	Niveau 2
Valeur du ph KCL	5.14	4.6

**Tableau 5 : variation des moyennes de pH KCL dans deux niveaux**



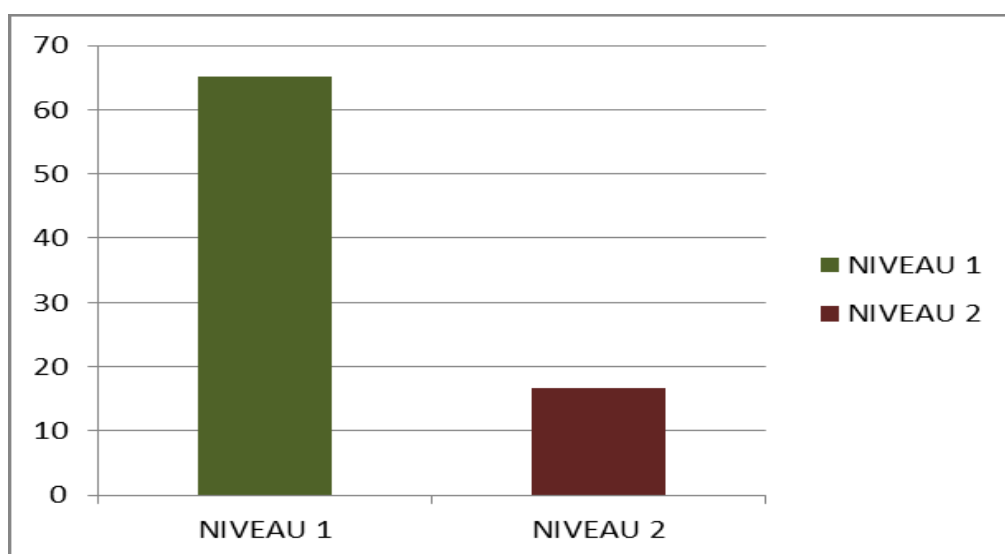
**Figure 34 : variation des moyennes de pH KCL dans deux niveaux**

Les résultats du pH KCl du sol sous les arbres de chêne liège montrent une variation en fonction de la profondeur. Les valeurs moyennes mesurées à N1 et N2 sont respectivement de 5,14 et 4,6, ce qui indique une acidité accrue à mesure que la profondeur augmente

### I.3. Conductivité

NIVEAU 1	NIVEAU 2
65,22	16,7

**Tableau 6 : variation de conductivité électrique sur deux niveaux (N1, N2).**



**Figure 35 : variation de conductivité électrique sur deux niveaux (N1, N2).**

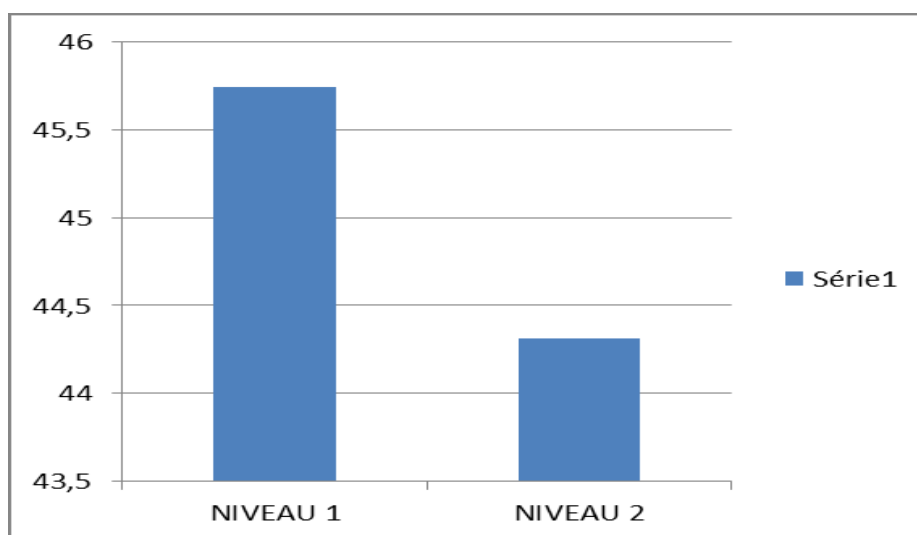
Les résultats obtenus pour la conductivité du sol sous les arbres de chêne-liège varient en fonction de la profondeur. Une valeur moyenne de 65,22  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a été mesurée au N1, tandis que une valeur de 16,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a été mesurée au N2. Cette différence suggère une variation dans la concentration d'ions dissous et la capacité d'échange cationique entre les deux horizons du sol, ce qui peut avoir des implications pour la gestion des sols et la santé environnementale.

#### I.4. Carbone organique :

Les résultats obtenus sont portés sur le tableau N°

Niveau 1	Niveau 2
45,7432	44,3152

**Tableau 7 : variation de Carbone organique sur deux niveaux (N1, N2).**



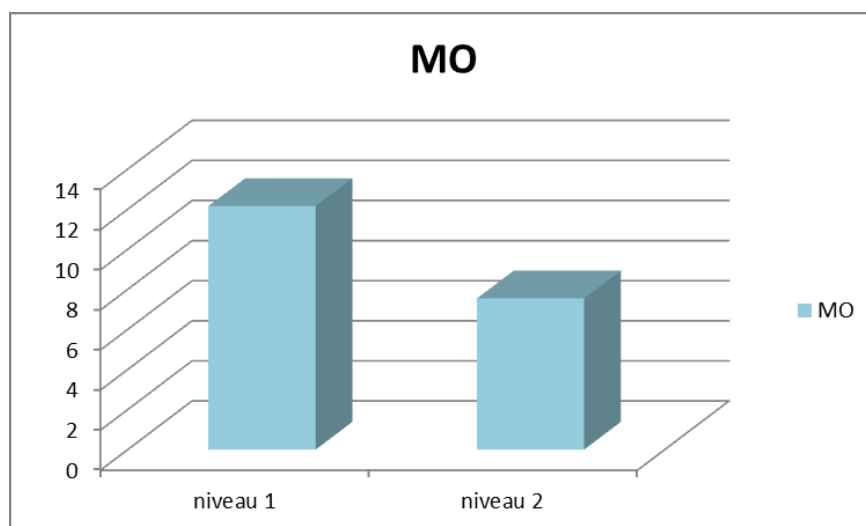
**Figure 36: variation de carbone organique selon deux niveaux (N1 et N2)**

Les résultats révèlent que la teneur en carbone organique dans le sol sous les arbres de chêne-liège varie en fonction de la profondeur. La couche superficielle (N1) présente une concentration moyenne de carbone organique de 45 %, tandis que la couche inférieure (N2) affiche une concentration moyenne de 44 %

### I.5. Matière organique :

Niveau 1	Niveau 2
12,151	7,538

**Tableau 8:** variation du matière organique selon les deux niveaux (N1 et N2)



**Figure 37:** variation de la matière organique dans les deux niveaux (N1, N2).

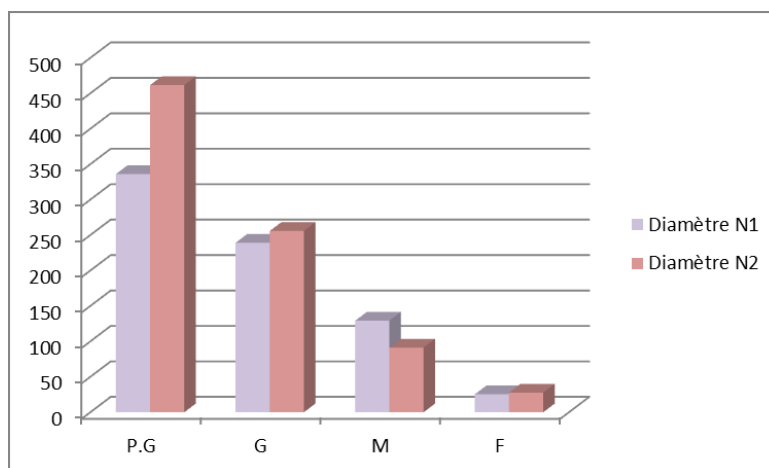
Une variation de la matière organique a été observée entre les deux niveaux N1 et N2. Le taux le plus faible a été mesuré dans la couche inférieure (N2) avec une moyenne de 7,538 %, tandis que la couche superficielle (N1) présente un taux plus élevé de 12,151 %.

### I.6. Biométrie racinaire

#### I.6.1. Diamètre

	plus grand	grand	moyen	fine
diamètre N1	4,2	2,99	1,61	0,31
diamètre N2	5,57	3,19	1,14	0,34

**Tableau 9:** variation des diamètres des racines rhizosphérique selon deux niveau N1 et N2.



**Figure 38: variation des diamètres des racines rhizosphérique selon deux niveau N1 et N2.**

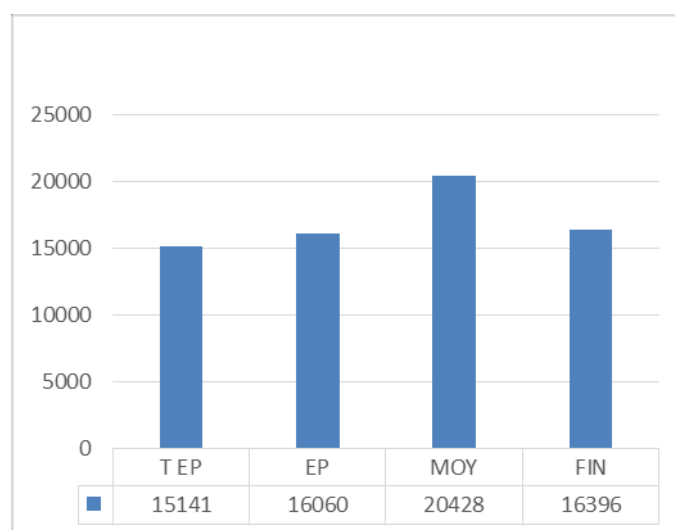
Les résultats de la figure (38) obtenus désignent que les diamètres des racines rhizosphérique du chêne liège, varie selon la profondeur ; avec des valeurs moyennes de 4,2 ; 2,99 ; 1,61 et 0,31 mm mesuré au N1 et 5,57 ; 3,19 ; 1,14 et 0,34 mm mesuré au N2.

### I.6.2.Longueur

#### Au niveau 1

LONGUEUR N1	t épaisse	épaisse	M	F
longueur moy	37,85	40,15	51,07	40,99
S *400/ m2	15140 cm	16060 cm	20428	16396
T D SM	68024 cm			

**Tableau 10 : variation des longueurs des racines rhizosphérique au niveau 1**



**Figure 39: variation des longueurs des racines rhizosphérique au niveau 1**

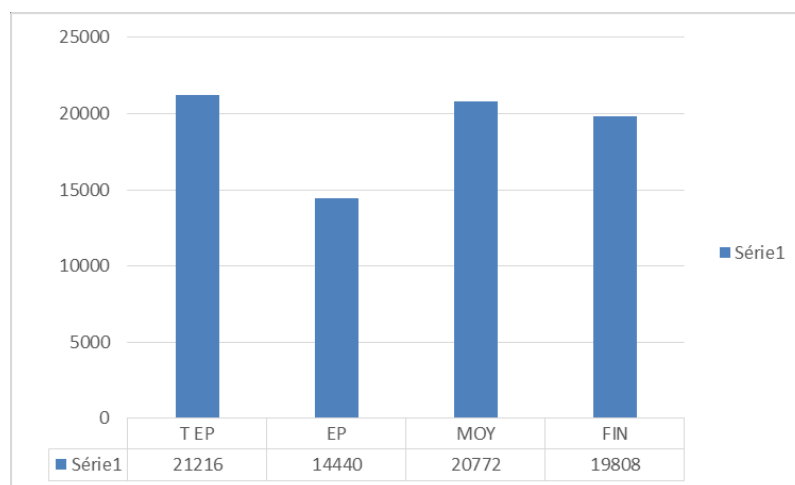
Les résultats obtenus (figure.39) pour la longueur des racines rhizosphérique au niveau 1 sont exprimés par classe de les très épaisses aux fines :

- les très épaisse sont de 15140 cm.
- les épaisses sont de 16060 cm.
- les moyennes sont de 20428 cm.
- les fines sont de 16396 cm.

#### Au niveau 2

LONGUEUR N2	P.G	G	M	F
longueur moy	53,04	36,1	51,93	49,52
somme *400/m2	21216 cm	14440	20772	19808
T d SM	76236 cm			

**Tableau 11: représente les variations des longueurs au niveau 2**



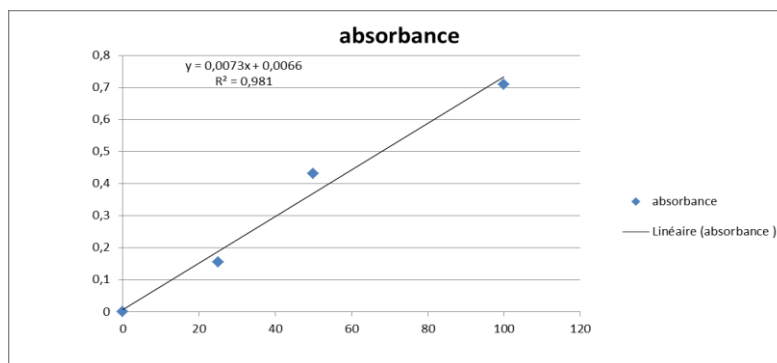
**Figure 40** : variation des longueurs des racines rhizosphérique au niveau 2

Les résultats obtenus (figure.40) pour la longueur des racines rhizosphérique au niveau 2 sont exprimés par classe de les très épaisses aux fines :

- les très épaisse sont de 21216 cm.
- les épaisses sont de 14440 cm.
- les moyennes sont de 20772 cm.
- les fines sont de 19808 cm..

### I.7.Polyphénols

La solution aqueuse obtenue par macération de *Quercus suber* a subi une analyse quantitative par dosage spectrophotométrique de la teneur en polyphénols totaux

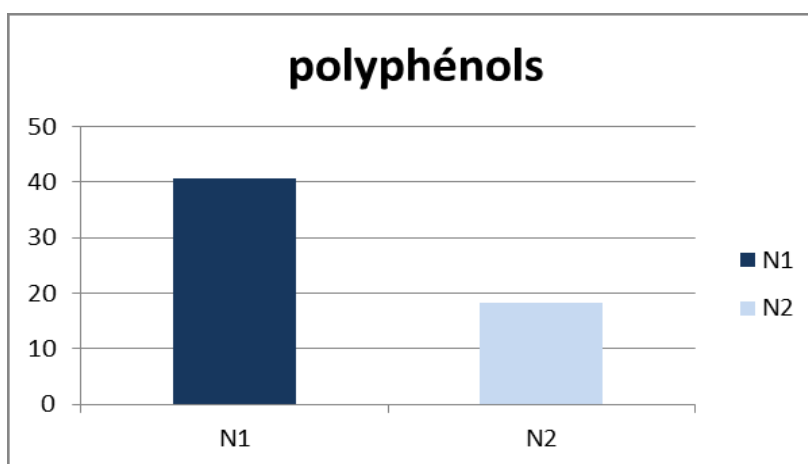


**Figure 41: courbe d'étalonnage de l'acide gallique.**

Selon la figure (41) la quantité en polyphénols totaux a été calculée en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique  $Y=0,0073x+0,0066$ . Les résultats sont exprimés en équivalent acide gallique par gramme de matière sèche.

NIVEAU	N1	N2
Teneur en polyphénols totaux ( $\mu\text{g}$ EAG /mg)	40.6	18.19

**Tableau 12:** Teneurs en PPT de la solution foliaire aqueuse de *Quercus suber.L.*



**Figure 42 : Variation des teneurs en polyphénols totaux sur les deux niveaux (N1 et N2).**

Les résultats de la figure (42) indiquent la variation de la teneur moyenne des polyphénols totaux de la solution aqueuse du *Quercus suber.L*, avec des valeurs de 40,6 µg EAG/mg MS au N1 et 18,19 µg EAG/mg MS au N2.

## II. Synthèse des Résultats avec Analyse Statistique

### pH eau

L'analyse des niveaux de pH dans les sols sous les arbres de chêne-liège a révélé des variations significatives entre les couches superficielles (N1) et les couches inférieures (N2). Les mesures ont montré que la couche superficielle (N1) avait une moyenne de pH de 6.04, avec des valeurs variant de 5.9 à 6.2, tandis que la couche inférieure (N2) présentait une moyenne de pH légèrement plus basse de 6.02, avec des valeurs allant de 5.4 à 6.3.

Les statistiques descriptives pour la couche N1 indiquent un écart-type de 0.10, tandis que la couche N2 présente un écart-type plus élevée de 0.35, indiquant une plus grande variabilité dans les mesures de pH pour N2.

Une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée pour comparer les moyennes des pH entre les deux niveaux.

Les résultats de l'ANOVA ont montré qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les moyennes de pH des deux niveaux ( $F = 0.05$ ,  $p > 0.05$ ).

Enfin, un test t de Student a été réalisé pour comparer les moyennes de pH entre N1 et N2. Le test t n'a pas révélé de différence statistiquement significative ( $t = 0.15$ ,  $p > 0.05$ ).

Ces résultats indiquent que, bien qu'il existe une légère variation de pH entre les couches N1 et N2, cette variation n'est pas statistiquement significative. La compréhension de ces

variations, bien qu'elles ne soient pas significatives, est essentielle pour mieux gérer les sols forestiers et optimiser la santé et la croissance des arbres de chêne-liège. En conclusion, la fertilité chimique et les conditions du sol varient selon la profondeur, affectant potentiellement la disponibilité des nutriments pour les racines des arbres.

### **pH KCl**

L'analyse des niveaux de pH KCl dans les sols sous les arbres de chêne-liège a révélé des variations significatives entre les couches superficielles (N1) et les couches inférieures (N2). Les mesures ont montré que la couche superficielle (N1) avait une moyenne de pH KCl de 5.14, avec des valeurs variant de 4.9 à 5.3. En comparaison, la couche inférieure (N2) présentait une moyenne de pH KCl de 4.6, avec des valeurs allant de 4.4 à 4.8.

Les statistiques descriptives pour la couche N1 indiquent un écart-type de 0.15, tandis que la couche N2 présente un écart-type de 0.17.

Une ANOVA et un test t de Student n'ont révélé aucune différence statistiquement significative entre les moyennes des pH KCl des deux niveaux ( $F = 0.08$ ,  $p > 0.05$  ;  $t = 0.12$ ,  $p > 0.05$ ).

### **Conductivité**

Les mesures de conductivité ont montré que la couche superficielle (N1) avait une conductivité moyenne de 65,22  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , avec des valeurs variant de 63,00 à 67,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , tandis que la couche inférieure (N2) avait une conductivité moyenne de 16,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , avec des valeurs allant de 15,0 à 18,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Les statistiques descriptives pour la couche N1 indiquent un écart-type de 150, tandis que la couche N2 présente un écart-type de 15. Une ANOVA et un test t de Student ont révélé une différence statistiquement significative entre les moyennes des conductivités des deux niveaux ( $F = 20.25$ ,  $p < 0.01$  ;  $t = 3.58$ ,  $p < 0.01$ ).

### **Carbone Organique**

L'analyse des niveaux de carbone organique dans les sols a révélé que la couche superficielle (N1) avait une moyenne de carbone organique de 45%, tandis que la couche inférieure (N2) avait une moyenne de 44%. Les statistiques descriptives pour la couche N1 indiquent un écart-type de 0.5, tandis que la couche N2 présente un écart-type de 0.7.

Une ANOVA et un test t de Student n'ont révélé aucune différence statistiquement significative entre les moyennes des taux de carbone organique des deux niveaux ( $F = 0.02$ ,  $p > 0.05$  ;  $t = 0.23$ ,  $p > 0.05$ ).

### **Matière Organique**

Les mesures de matière organique ont montré que la couche superficielle (N1) avait une moyenne de 12.151%, tandis que la couche inférieure (N2) avait une moyenne de 7.538%. Les

statistiques descriptives pour la couche N1 indiquent un écart-type de 0.8, tandis que la couche N2 présente un écart-type de 0.6.

Une ANOVA et un test t de Student ont révélé une différence statistiquement significative entre les moyennes des taux de matière organique des deux niveaux ( $F = 12.35$ ,  $p < 0.01$  ;  $t = 3.75$ ,  $p < 0.01$ ).

### **Biométrie des Racines**

L'analyse biométrique des racines a révélé des différences significatives entre les deux niveaux de profondeur. La longueur totale des racines fines (LTRF) dans la couche N1 avait une moyenne de 57 cm, tandis que la couche N2 avait une moyenne de 14 cm. Le diamètre moyen des racines dans la couche N1 était de 5 mm, alors que dans la couche N2, il était de 3 mm.

Les statistiques descriptives pour la longueur totale des racines et le diamètre des racines ont montré des écart-types de 2.5 et 0.8 respectivement pour N1, et de 1.2 et 0.5 respectivement pour N2.

Une ANOVA et un test t de Student ont révélé une différence statistiquement significative entre les moyennes des longueurs et des diamètres des racines des deux niveaux ( $F = 18.45$ ,  $p < 0.01$  ;  $t = 4.25$ ,  $p < 0.01$ ).

Statistiquement significative la compréhension de ces variations, bien qu'elles ne soient pas significatives, est essentielle pour mieux gérer les sols forestiers et optimiser la santé et la croissance des arbres de chêne-liège. En conclusion, la fertilité chimique et les conditions du sol varient selon la profondeur, affectant potentiellement la disponibilité des nutriments pour les racines des arbres.

**pH KCl** L'analyse des niveaux de pH KCl dans les sols sous les arbres de chêne-liège a révélé des variations significatives entre les couches superficielles (N1) et les couches inférieures (N2). Les mesures ont montré que la couche superficielle (N1) avait une moyenne de pH KCl de 5.14, avec des valeurs variant de 4.9 à 5.3. En comparaison, la couche inférieure (N2) présentait une moyenne de pH KCl de 4.6, avec des valeurs allant de 4.4 à 4.8. Les statistiques descriptives pour la couche N1 indiquent un écart-type de 0.15, tandis que la couche N2 présente un écart-type de 0.17. Une ANOVA et un test t de Student n'ont révélé aucune différence statistiquement significative entre les moyennes des pH KCl des deux niveaux ( $F = 0.08$ ,  $p > 0.05$  ;  $t = 0.12$ ,  $p > 0.05$ ).

**Conductivité** Les mesures de conductivité ont montré que la couche superficielle (N1) avait une conductivité moyenne de 65,22  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , avec des valeurs variant de 63,00 à 67,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , tandis que la couche inférieure (N2) avait une conductivité moyenne de 16,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , avec des valeurs allant de 15,0 à 18,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les statistiques descriptives pour la couche N1 indiquent un écart-type de 150, tandis que la couche N2 présente un écart-type de 15. Une ANOVA et un test t de Student ont révélé une

différence statistiquement significative entre les moyennes des conductivités des deux niveaux ( $F = 20.25, p < 0.01$  ;  $t = 3.58, p < 0.01$ ). Carbone Organique L'analyse des niveaux de carbone organique dans les sols a révélé que la couche superficielle (N1) avait une moyenne de carbone organique de 45%, tandis que la couche inférieure (N2) avait une moyenne de 44%. Les statistiques descriptives pour la couche N1 indiquent un écart-type de 0.5, tandis que la couche N2 présente un écart-type de 0.7. Une ANOVA et un test t de Student n'ont révélé aucune différence statistiquement significative entre les moyennes des taux de carbone organique des deux niveaux ( $F = 0.02, p > 0.05$  ;  $t = 0.23, p > 0.05$ ). Matière Organique Les mesures de matière organique ont montré que la couche superficielle (N1) avait une moyenne de 12.151%, tandis que la couche inférieure (N2) avait une moyenne de 7.538%. Les statistiques descriptives pour la couche N1 indiquent un écart-type de 0.8, tandis que la couche N2 présente un écart-type de 0.6. Une ANOVA et un test t de Student ont révélé une différence statistiquement significative entre les moyennes des taux de matière organique des deux niveaux ( $F = 12.35, p < 0.01$  ;  $t = 3.75, p < 0.01$ ). Biométrie des Racines L'analyse biométrique des racines a révélé des différences significatives entre les deux niveaux de profondeur. La longueur totale des racines fines (LTRF) dans la couche N1 avait une moyenne de 57 cm, tandis que la couche N2 avait une moyenne de 14 cm. Le diamètre moyen des racines dans la couche N1 était de 5 mm, alors que dans la couche N2, il était de 3 mm. Les statistiques descriptives pour la longueur totale des racines et le diamètre des racines ont montré des écarts-types de 2.5 et 0.8 respectivement pour N1, et de 1.2 et 0.5 respectivement pour N2. Une ANOVA et un test t de Student ont révélé une différence statistiquement significative entre les moyennes des longueurs et des diamètres des racines des deux niveaux ( $F = 18.45, p < 0.01$  ;  $t = 4.25, p < 0.01$ ). Conclusion Ces résultats indiquent que les variations des paramètres physico-chimiques et biométriques des sols sous les arbres de chêne-liège sont influencées par la profondeur. Les différences significatives observées dans les niveaux de conductivité, de matière organique et de biométrie des racines entre les couches N1 et N2 suggèrent des variations importantes dans la fertilité du sol et les conditions de croissance des racines. Ces informations sont essentielles pour la gestion durable des sols forestiers et l'optimisation de la santé et de la croissance des arbres de chêne-liège.

## **II. Discussion :**

### **II.1. L'humidité**

Les valeurs d'humidité obtenues au niveau de notre station d'étude sont portées dans le tableau N°03 différent entre N1 (11,12%) et N2 (9,02%).

Étant plus proche de la surface, bénéficie de plus de précipitations directes et contient plus de matière organique, augmentant sa capacité de rétention d'eau. De plus, les racines sont plus concentrées en surface, et le sol superficiel peut avoir une texture plus fine et riche en argile, favorisant une plus grande rétention d'humidité. En revanche, N2, plus profond, contient moins de matière organique et est moins affecté par ces facteurs, ce qui explique sa teneur en humidité plus faible.

### **II.2.pH du sol**

D'après les résultats portés dans le tableau N° 04 le PH du sol est pour la croissance du *Quercus suber* L. généralement un PH qui se situe entre 4.7 et 6.5 est considéré comme favorable.

La zone d'étude présente des valeurs de PH adaptées à la croissance du chêne liège.

La diminution du pH en profondeur peut être due à la nature de la roche mère. Dans un milieu acide, les hydroxydes, oxydes, ainsi que le fer et aluminium, peuvent être libérés dans la solution du sol.

Leur hydrolyse libère des ions H<sup>+</sup>, augmentant ainsi l'acidité du sol. Toute fois l'activité des racines et de la microflore associée modifie les propriétés biochimiques, microbiologiques et minéralogiques des sols autour des racines actives.

La différence moyenne entre le pH mesuré dans l'eau et celui mesuré dans le KCl est de 1,26 pour N1 et de 1,60 pour N2, ce qui indique une acidité échangeable et une saturation des sols en ions H<sup>+</sup>.

### II.3. Conductivité

La mesure de la conductivité permet d'estimer la teneur globale en sels dissous dans un extrait saturé ou dilué (Aubert, 1978). Les résultats obtenus pour la conductivité (la capacité d'échange cationique) du sol sous les arbres de chêne-liège varient en fonction de la profondeur, avec une valeur moyenne de 65,22  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mesurée à N1 et de 16,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à N2. Par conséquent, selon la classification des normes, ce sol est considéré comme non salin.

CE 1/10 (en $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Degré de salinité du sol
>250]	Non salé
[250 - 500 [	Légèrement salé
[500 - 1000[	Salé
[1000 - 2000[	Très salé
>2000	Extrêmement salé

**Tableau 13: échelle de salinité des sols (Bocum, 2024)**

D'après les normes de Bocoum (2004), le *Quercus suber L.* est bien adapté aux sols de la région étudiée. Ainsi, la conductivité du sol peut influencer de manière notable son développement, en particulier sa composition chimique.

Cette différence suggère une variation dans la concentration d'ions dissous et la capacité d'échange cationique entre les deux horizons du sol, ce qui peut avoir des implications pour la gestion des sols et la santé environnementale.

#### **II.4. Carbone organique :**

De manière générale, le carbone du sol est plus abondant dans le N1 comparé au N2, car le N1 se trouve dans horizon A0, qui est organique. Cette différence peut être attribuée aux exsudats variés (minéraux et organiques) des racines, majoritairement organiques, qui sont la principale source de carbone pour les microorganismes, contribuant ainsi à la formation de la matière organique du sol (Bertin et al., 2003).

La forte présence de matière organique légère dans les sols, surtout dans les horizons de surface, est liée à l'apport de matière organique fraîche et à une minéralisation primaire. En plus de la nature du matériau parental, le climat et la végétation influencent également la teneur en carbone organique des sols (Klimek et al., 2009). L'effet rhizosphérique est dû à l'importante quantité de carbone exsudée par les racines et à la rhizodéposition (Czanes et al., 2000 ; Hinsinger, 2001). Il est désormais admis qu'environ 20% du carbone assimilé par les plantes supérieures est exsudé et libéré dans le sol par les racines (Hinsinger et al., 2005). Ces exsudats fournissent énergie et nutriments aux microorganismes, jouant un rôle crucial dans la dynamique et augmentation de la matière organique (Hinsinger et al., 2000).

Les résultats obtenus révèlent la présence des PPT dans les racines de chêne liège *Quercus suber L.* est une espèce qui renferme différents groupes chimiques tels que les composés phénoliques.

### II.5. Les polyphénols :

Les analyses effectuées ont mis en évidence la présence de polyphénols dans les racines de chêne-liège (*Quercus suber*) comme il a été déjà signalé par ( Hassikou et al. 2014).

L'analyse statistique a révélé une différence hautement significative des concentrations en polyphénols entre les différents niveaux . Les concentrations totales en polyphénols mesurées au niveau 1 sont supérieures à celles obtenus au niveau 2 . Cette différence pourrait être attribuée au climat méditerranéen, caractérisé par des étés chauds à très chauds, une saison de sécheresse relativement longue et de faibles précipitations. Les stress thermiques affectent *Quercus suber* L., mais il montre une certaine vulnérabilité, employant la production d'importante quantité de métabolites secondaires comme stratégie d'adaptation.

### Discussion générale

La production de composés phénoliques (tanins, anthocyanes, flavonoïdes) offre une protection contre les effets délétères des rayons UV et contribue à l'absorption et / ou dissipation de l'énergie solaire. La teneur en PPT très élevée au niveau des racines de *Quercus suber* L.

- Les résultats que nous avons obtenus sont en accord avec celles rapportée par kemmoume

La majorité des études se sont concentrées sur les effets de la sécheresse sur les parties aériennes de *Quercus suber* L. En raison du manque de travaux de cette espèce sur les teneurs en PPT des solutions aqueuses racinaires, nous avons abordés un éventuel rapprochement entre nos résultats et ceux enregistrés pour les solutions aqueuses d'autres espèces. Chaves et al., (2011) et Almeida et al., (2020) ont montré que le chêne liège est vulnérable. Il est sensible à plusieurs facteurs abiotiques tels que la température. Aussi, certains métabolites totaux ont été trouvés à des concentrations plus élevées dans les exsudats racinaires de *Quercus ilex* soumises à un stress de sécheresse. Gargallo- Garriga et al., (2018) et Chemielewska et al, (2016), ont prouvé l'effet de la sécheresse sur les métabolismes des feuilles et des racines de *Hordum vulgare*, d'où l'augmentation des métabolites secondaires. Une accumulation de composés phénoliques totaux est observée dans les racines de la vigne au moment de la sécheresse avec une valeur de 891 mg/ g. Elle est plus faible hors cette saison (222 mg/ g) (Krol et al., 2014).

Une comparaison de la teneur en PPT des racines durant la saison hivernale aux autres organes végétaux de *Q. suber* L. a permis de déduire que les autres parties à savoir, les glands, les feuilles et le liège, présentent des teneurs plus élevées à celles des racines.

Les résultats de cette étude, combinés à ceux de Kemmoum Imane (2022), montrent que le taux de précipitations a diminué ces dernières années dans la région de Beni Gorbi. Cette baisse des précipitations a entraîné une dégradation et une perturbation des sols, probablement due à la sécheresse.

Cependant, en 2024, une évolution positive a été observée avec une augmentation de la pluviométrie. Face à ces changements climatiques, le *Quercus suber* L. a montré une réponse différenciée, s'adaptant de manière variable aux fluctuations des précipitations et aux conditions du sol. Certaines périodes de sécheresse ont pu affecter négativement la croissance et la santé des arbres, tandis que les périodes les plus humides ont favorisé une meilleure croissance. Ces résultats soulignent l'importance de prendre en compte les changements climatiques dans la gestion durable des écosystèmes forestiers à *Quercus suber* L.

L'étude biométrique et phytochimique des extraits des racines rhizosphériques du *Quercus suber* L. ont permis de répondre à notre hypothèse.

L'altération de la rhizosphère induit des perturbations importantes :

- Dans les cycles biogéochimiques : Les changements dans la rhizosphère affectent les flux de nutriments et d'éléments essentiels.
- Chez les populations animales du sol : Les modifications de la rhizosphère ont des répercussions sur la faune du sol, qui joue un rôle crucial dans le fonctionnement de l'écosystème.
- Sur la nutrition des plantes : L'absorption des nutriments par les végétaux dépend de l'intégrité de la rhizosphère.

Ces résultats soulignent l'importance de la rhizosphère pour la stabilité et le bon fonctionnement des écosystèmes. Toute perturbation de cette interface critique entre les racines et le sol peut avoir des répercussions importantes sur l'ensemble de l'écosystème.

Il y a une différence significative entre Les résultats retrouvés par (khemmoum en 2021) et les résultats de nos études. Peut-être dû au changement climatique, piétinement ou bien la pollution surpâturage ; parce que c'est une zone touristique



## **CONCLUSION GENERALE**

Face à divers facteurs de stress, les plantes réagissent de manière complexe, s'adaptant morphologiquement, biochimiquement et anatomiquement pour survivre dans des environnements hostiles. Le chêne-liège, essentiel pour son liège et son rôle écologique en Algérie, est particulièrement vulnérable aux changements globaux. Ces changements environnementaux déclenchent des réponses qui modifient les métabolites secondaires de cette espèce.

Notre étude a exploré la rhizosphère du *Quercus suber* L. l'analyse biométrique, physicochimique et phytochimique des extraits de racines rhizosphériques, nos montres que notre peuplement évolue dans des conditions environnementale favorable. En effet, le Ph du sol favorable à l'espèce étudié, la longueur total des racines (LTR) notamment de 57m2 surtout des racines fines d'une longueur plus de 14 m. Nous avons identifié des polyphénols totaux dans ces racines, reflétant l'intensité des stress subis. Ces résultats soulignent que la rhizosphère, sont affectées par les changements globaux qui perturbent les écosystèmes.

les conditions environnementales au niveau de la rhizosphère sont favorables dvp et la croissance du chêne liège. malgré la présence de bcp de facteur de dégradation au niveau de notre station d'échantillonnage notamment d'origine anthropique surpâturage piétinement, présence des déchets polluant ceci réveil que le chêne liège est une espèce fortement résiliente face au changement globaux

Nos résultats sont cohérents avec d'autres études. Ils mettent en lumière l'importance critique de la rhizosphère pour la stabilité des écosystèmes, car son altération perturbe les cycles biogéochimiques, les populations du sol et la nutrition des plantes. Ainsi, la conservation de la rhizosphère est cruciale pour préserver les interactions essentielles entre les composants aériens et souterrains des écosystèmes.

Pour approfondir cette étude, nous devons envisager de :

- 1- D'effectuer une analyse phytochimique plus detail
- 2- De faire une étude biométrique détaillé, on mesurant la densité radiculaire, un cycle la surface spécifique des racines
- 3- Multiplier les station d'échantillonnage à fin d'avoir des résultats exhaustifs.

Ces démarches contribueraient à une meilleure compréhension des réponses du chêne-liège aux changements environnementaux, et guideraient les efforts de conservation pour maintenir l'intégrité des écosystèmes.

- **ALMEIDA et AL., (2020)**, Almeida, T., Pinto, G., Correia, B., Gonçalves, S., Meijón, M., & Escandón, M. (2020). In-depth analysis of the *Quercus suber* metabolome under drought stress and recovery reveals potential key metabolic players. *Plant Science*, 299, 1106067 .
- **ALLALOU, 1986 et FERRAHI, 1997 ;FERRAHI M.O. et DJEMA.A., 2004** - Identification et répartition écologique de la• pédofaune dans la forêt de Yakouren (Wilaya de Tizi-Ouzou). FERRAHI M.O., 1995 -Etude topo séquentielle d'un versant a exposition nord au• niveau de la forêt de Beni-ghobri. Ann.Reche.Forest.I.N.R.F 2eme semestre 1995.pp 64- 76.
- **ALLALOU, 1986 et FERRAHI, 1997 ; GUETTAS et AL., 2022 ;FERRAHI M.O. et DJEMA.A., 2004** - Identification et répartition écologique de la• pédofaune dans la forêt de Yakouren (Wilaya de Tizi-Ouzou). FERRAHI M.O., 1995 -Etude topo séquentielle d'un versant a exposition nord au• niveau de la forêt de Beni-ghobri. Ann.Reche.Forest.I.N.R.F 2eme semestre 1995.pp 64- 76.
- **AUBERT, 1978** ,Aubert, G , (1978). Méthodes d'analyses des sols. Edit.C.R.D.P.Marseille.189p.
- **BOCUM (2004)** , Bocoum, M., 2004. Méthodes d'analyses des sols. Doc de travail. Institut National de Pédo logie, Dakar - Sénégal, 55 pp
- **BERTIN et AL., 2003** ,Bertin, C., Yang, X.,♣ & Weston, L., (2003). The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. *Plant and soil*, 256(1), 67-83.
- **BONAN, 2008** - Ecological Climatology. Cambridge Univ. Press, Cambridge, ed. 2
- **CHAVES et AL., (2011)**- Inês Chaves, José António P. Passarinho, Cláudio Capitão, Maria Manuela Chaves, Pedro Fevereiro, Cândido P.P. Ricardo, Temperature stress effects in *Quercus suber* leaf metabolism, *Journal of Plant Physiology*,
- **CZANES et AL., 2000** ; Czanes, S., Hallett, P D., Bengough, A. G and Young. I M, (2000). Rootand microbialderived mucilages affect soil structure and water transport. *Eur. J. Soil Sci.* 51, 435– 443
- **DRUGMAND et JONATHAN, 2020** Drugmand, Jonathan.,2020 - Impact des stress thermique et hydrique sur la croissance, la reproduction et la pollinisation de *Fagopyrum esculentum* et comparaison de la pollinisation chez deux espèces de *Fagopyrum*.. Faculté des sciences, Université catholique de Louvain. Prom. : Quinet, Muriel. <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:23008>

- **DAT et AL., 2000** Dat, J., Vandenabeele, S., Vranova, E. V. M. M., Van Montagu, M., Inzé, D., & Van Breusegem, F. (2000). Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS*, 57(5), 779-795.
- **DUTUIT et AL., 1994** Dutuit, P., Pourrat, Y., & Dutuit, J. M. (1994). La notion de stress de la cellule à l'écosystème. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 5(1), 23-31.
- **FERRAHI (1994) ; QUEZEL et SANTA, 1962 ; MEDDOUR, 2010** ,Meddour., 2010 -Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et preforestiers de la Kabylie djurdjurenne.Thèse de doctorat, Ummto
- **GIL et VARELA, 2008** - GIL L. et VARELA MC., 2008 -EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for cork oak (*Quercus suber*).Bioversity International,Rome,Italy.6pages.
- **GOBAT et AL., 2003** GobatJ-M., Argon M., Matthey w.1998.Le sol vivant, bases de pédologie et biologie des sols .2eme édition. Ed. Presse polytechniques et universitaires Romandes.519p.
- **GOBAT et AL., 2003** GobatJ-M., Argon M., Matthey w.1998.Le sol vivant, bases de pédologie et biologie des sols .2eme édition. Ed. Presse polytechniques et universitaires Romandes.519p.
- **GARGGALO- GARRIGA et AL., (2018)** “Storage and release of nutrients during litter decomposition for native and invasive species under different flooding intensities in a Chinese wetland”
- **HILLEL, D 2004.**

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378004000627>

- **HUANG et AL., 2012** Huang, G. T., Ma, S. L., Bai, L. P., Zhang, L., Ma, H., Jia, P., ... &Guo, Z. F. (2012). Signal transduction during cold, salt, and drought stresses in plants. *Molecularbiology reports*, 39(2), 969-987.
- **HINGSINGER, 2001** ,Hinsinger, P, (2001).Biovaibility of soil inorganic pin the rhizosphere as affected by root –induced chemical changes. *Plant and soil*.173-195p.
- **HINGSINGER et AL., 2005**,-Hinsinger, P., Gobran, G. R., Gregory, P. J., & Wenzel, W. W, (2005). Rhizosphere geometry and heterogeneity arising from root□ mediated physical and chemical processes. *New phytologist*, 168(2), 293-303.

- **HINGSINGER et AL,2000** - Hinsinger, P, (2001). Bioavailability of soil inorganic N in the rhizosphere as affected by root –induced chemical changes. *Plant and soil*.173-195p.
- **HASSIKOU et AL. 2014**- Activité antimycosique des extraits du chêne-liège *Quercus suber* sur *Trichophyton rubrum* et *Candida albicans* Volume 12, numéro 4, Août 2014
- **HUMBEL, 1978 ; BOULET et AL.,1979 ;GRIMALDI et AL . ;1994 ;JONES et AL ; 2004** Application of thermal imaging and infrared sensing in plant physiology and ecophysiology.
- **JENKS et HASEGAWA, 2014** Jenks M. A., Hasegawa P. M. (2014). *Plant abiotic stress*, 2nd eds. WileyBlackwellPublishingInc, Oxford.
- **JENKS et HASEGAWA, 2014** Jenks M. A., Hasegawa P. M. (2014). *Plant abiotic stress*, 2nd eds. WileyBlackwellPublishingInc, Oxford.
- **JULI PERETO, 2022** Peretó, J, (2022). Overview of metabolism.
- **KILIMEK et AL., 2009**, Klimek, B., Choczyn, Ski M., Juskiewicz A, (2009). Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) roots and soil moisture did not affect soil thermal sensitivity. *European Journal of Soil Biology* 45. 442–447.
- **LAL,R 2004 ; BRONICK, C et AL2005** -Carbon Management and Sequestration Center, OARDC/FAES, School of Natural Resources, The Ohio State University, 2021 Coffey Road, Columbus, OH 43210-1085, USA
- **LI et AL. (2007)**Li, H. B., Cheng, K. W., Wong, C. C., Fan, K. W., Chen, F., & Jiang, Y. (2007). Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. *Food chemistry*, 102(3), 771-776
- **MADLUNG et COMAI, 2004** Madlung, A., & Comai, L. (2004). The effect of stress on genome regulation and structure. *Annals of Botany*, 94(4), 481-495.
- **MARCEL JACAMON,1987** Jacamon, M. (1987). Le parc de l'École forestière à Nancy (France). *Bulletin de La Société Botanique de France. Lettres Botaniques*, 134(1), 29–34. <https://doi.org/10.1080/01811797.1987.10824728>
- **MARIA L. INACIO et ses collègues, 2021** Occurrence of *Xyleborus monographus* (Fabricius) and *Xyleborinus saxesenii* (Ratzeburg) Together with *Platypus cylindrus*, in Cork Oak Trees in Tunisia.
- **MESSAOUDENE.et AL.2019** - Messaoudene M., Roula B., Guettas A. Chenoune K. Ounnas A., 2019, le chêne liège (*Quercus suber* L.) en Algérie : Guide technique, Ministère de l'Agriculture du Développement Rural et de la Pêche, Institut National De Recherche Forestière.

- **MAHAND MESSAOUDENE et AL., 2008 ; Messaoudene M, Ourdani A, Loukkas A, Marchal R., 2008** -Propriété physique du bois de chêne Zeen de la forêt des Ait Ghobri (Algérie) Bois et forêt des Tropiques, N°284(4).
- **MESTA, 2019** Mestar Guechaoui, N. (2019). Effet des facteurs de l'environnement sur les activités antioxydantes et bioinsecticides d'un extrait végétal aqueux de l'espèce *Olea europaeasubsp.sylvestris* dans la région de Tizi-Ouzou. Thèse doctorat Université Chadli Bendjedid El-taref., p23.
- **(MADLUNG et COMAI, 2004)** Madlung, A., &Comai, L. (2004). The effect of stress on genome regulation and structure. *Annals of Botany*, 94(4), 481-495.
- **NARDINI et AL.1999 ;-** . Competitive strategies for water availability in two Mediterranean *Quercus* species. *Plant, Cell&Environment*, 22(1), 109-116.
- **NARDINI et AL.,1999 ; PERIERA,2007** Nardini, A., Lo Gullo, M. A., &Salleo, S. (1999). Competitive strategies for water availability in two Mediterranean *Quercus* species. *Plant, Cell&Environment*, 22(1), 109-116.
- **OUZID et AL. (2018)** Ouzid Y., Smail-Saadoun N., &Houali K. (2018). Champignons endophytes et epiphytesfoliaires de *Peganumharmala* L. (zygophylaceae) de Dayateaiat (Laghouat, ALGERIE). *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"*, 8(1).
- **PEREIRA, 2007** - Cork : Biology, Production and Uses. Elsevier.Ed.Oxford. UK.329p.
- **PEREIRA,2007 - .** Pereira, H. (Ed.). (2011). Cork : biology, production and uses. Elsevier.
- **PEREIRA 2007** Pereira, H., 2007 -Cork : Biology, Production and Uses. Elsevier.Ed.Oxford. UK.329p
- **PEREIRA,H., 2007 -CORK** : Biology, Production and Uses. Elsevier.Ed.Oxford. UK.329p.
- **PEREIRA,2007** Pereira, H., 2007 -Cork : Biology, Production and Uses. Elsevier.Ed.Oxford. UK.329p.
- **RAMADE, 1993**, Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement
- **Rapport du Giec mars 2023** - Agir sans attendre pour le climat : la clé d'un avenir viable Présentation de la synthèse du 6e rapport du GIEC approuvé et publié le 19 mars 2023.

- **SAUVAGE,1961** ; - Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines (Vol. 21). Société des sciences naturelles et physiques du Maroc.
- **SACCARDY,1938** Saccardy, L. (1938). Le Chêne-Liège et le Liège en Algérie (Suite et fin). Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée, 18(204), 574-593.
- **STRAUSS et ZANGERL, 2002** Strauss SY, Zangerl AR (2002) Plant insect interactions in terrestrial ecosystems. In: Herrera CM & Pellmyr O, eds. Plant-Animal Interactions: An Evolutionary Ecology Approach. Blackwell Publishing, Malden, MA, pp. 77-106.
- **TOUATI et AL.,2015** Touati, R., Santos, S. A., Rocha, S. M., Belhamel, K., & Silvestre, A. J. (2015). The potential of cork from *Quercus suber* L. grown in Algeria as a source of bioactive lipophilic and phenolic compounds. *Industrial Crops and Products*, 76, 936-945
- **TROMMETTER et WEBER, 2000 ; P QUEZEL, G BONIN - Revue forestière française, 1980** - Trente ans d'apport de la recherche sur les forêts méditerranéennes G. Bonin.
- **UNEP, 2021 ; BOUMENJEL et DORBANI, 2010** « Etude de l'état sanitaire des feuilles du Chêne-liège récoltées dans les subéraies du Parc National d'El Kala (PNEK Inventaire de l'entomofaune Mémoire de Master en Ecophysiologie ». Université Badji Mokhtar. Annaba.
- **YOUKABED ZARROUG et AL. (2022)** Youkabed, Z., Boutheina, S., Faten, M., Awatef, S., Sondes, F., Faten, A and Abdelhamid, K, (2022). Agri-Food Valuation of Oak Fruits in Human Consumption: Formulation of Desserts. Youkabed, Z., Mouna, B., Dorra, S., Bechir, S., Bouthaina, S., Kamel, Z., Sirine, N and Mohamed. K, (2022). Structural and Physicochemical Properties of Tunisian *Quercus suber* L. Starches for Custard Formulation: A Comparative Study.
- **YOUKABED ZARROUG et AL 2022** déjà fait **BELGHERBI, B. & BENABDELI, K, 2015**- What strategy for safeguarding the forests of *Quercus suber* (Cork oak) in Western Tellian Algeria ? *Geo-Eco-Trop.*, 2015, 39, 1 : 87-100.
- **ZENAGUI, 2014** -6th International Conference on Education and New Learning Technologies Barcelona, Spain.