

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMÈRI DE TIZI-OUZOU

FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

DÉPARTEMENT D'ÉCOLOGIE ET ENVIRONNEMENT



## Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master II

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Biodiversité et Ecologie Végétale.

*Thème*

**Contribution à l'étude phytochimique, physicochimique,  
et biométrique de la rhizosphère sous la subéraie  
d'Ath Ghobri**

**Dirigé par :**

▪ Mr. RAHMANI.A.M

**Présenté par :**

▪ M<sup>elle</sup> KEMMOUM Imene

**Devant le jury :**

Mme. BRAHMI. K

Professeur à l'UMMTO

**Présidente.**

Mr. OUDJIANE.A

MAA à l'UMMTO

**Examineur.**

Mr. RAHMANI.A.M

MAA à l'UMMTO

**Promoteur**

Année universitaire : 2021/2022

# *Remerciements*

*Je tiens avant tout à exprimer ma reconnaissance à Mon promoteur **Mr Rahmani.A.M** pour avoir accepté de m'encadrer dans cette étude. Je le remercie pour son implication, son soutien et ses conseils tout au long de ce travail.*

*Je souhaite également remercier **Mme Brahmi.M** Professeur l'UMMTO d'avoir accepté de présider le jury de soutenance et d'examiner mon travail.*

*Je remercie aussi **Mr Oudjiane.A** d'avoir accepté d'examiner mon travail.*

*Je tien a remercié **Mr HOUALI.K** Professeur à l'Université Mouloud Mammeri, de nous avoir aidé à réaliser l'analyse phytochimique au sein du laboratoire de recherche d'UMMTO*

*Je remercie également **Mme Chikhi** ingénieure du laboratoire d'analyse physicochimiques et tout le personnel de la station régionale d'éruption d'eau Taksebet (SEAAL).*

*Je remercie **Mr Ramdini** et **Mr Faci** docteurs a l'UMMTO qui ont accepté de m'aider afin de réaliser les analyses statistiques.*

*Enfin, merci à toute personne qui m'a aidée de près ou de loin à réaliser ce travail.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à mes chers parents pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements durant ces années d'études.*

*A mes chers frères et ma chère sœur.*

*A tous mes amis en particulier Zakia. A tous ceux qui me sont chers et qui me portent dans leurs cœurs.*

# *Table des matières*

Remerciements

Dédicace

Table des matières

Liste des illustrations

Liste des abréviations

Introduction ..... 02

## Chapitre 01 : synthèse bibliographique

I. Description générale du chêne liège (*Quercus suber*)..... 07

I.1. Présentation de l'espèce ..... 07

I.2. Taxonomie et systématique du *Quercus suber* L ..... 08

I.3. Caractères botanique du *Quercus suber* ..... 08

I.3.1. Taille et longévité ..... 08

I.3.2. Les feuilles ..... 08

I.3.3. Le tronc ..... 09

I.3.4. Les fleurs..... 10

I.3.5. Le fruit ..... 10

I.3.6. Les racines ..... 11

I.3.7. Rameaux ..... 12

I.4. Caractères écologique du *Quercus suber* L..... 12

I.4.1. Aire de répartition de chêne liège..... 12

I.4.2. Dans le monde ..... 12

I.4.3. Aire de répartition Algérienne..... 13

I.5. Production du liège ..... 13

I.6. Ecologie du chêne liège ..... 14

I.7. Les facteurs anthropiques ..... 15

<b>II. Importance de la caractérisation de la rhizosphère du Quercus suber L sol /racines ..</b>	<b>16</b>
<b>II.1. Sol .....</b>	<b>16</b>
<b>II.1.1.Définitions du sol .....</b>	<b>16</b>
<b>II.1.2.Rôles des racines et leur spécialisation .....</b>	<b>17</b>
<b>II.2. La rhizosphère .....</b>	<b>17</b>
<b>II.2.1.Définition de la rhizosphère .....</b>	<b>17</b>
<b>II.2.2.Zones de la rhizosphère .....</b>	<b>18</b>
<b>II.2.3. Exsudats racinaires et effet sur le fonctionnement de la rhizosphère .....</b>	<b>19</b>
<b>III. Facteurs responsables du stress chez les végétaux .....</b>	<b>20</b>
<b>III.1. Stress abiotiques .....</b>	<b>21</b>
<b>III.2. Stress hydrique .....</b>	<b>21</b>
<b>III.3.Stress thermique .....</b>	<b>21</b>
<b>III.4. Stress biotique .....</b>	<b>21</b>
<b>III.4.Stress oxydatif .....</b>	<b>21</b>
<b>VI. Métabolisme des plantes .....</b>	<b>21</b>
<b>VI.1. Métabolisme primaire .....</b>	<b>22</b>
<b>VI.2.Métabolisme Secondaire .....</b>	<b>22</b>
<b>VI.3. Les polyphénols .....</b>	<b>24</b>

## Chapitre 02 : Matériels et méthodes

<b>I. Description de la zone d'étude .....</b>	<b>27</b>
<b>II. Exposition de la station aux différentes activités anthropiques .....</b>	<b>28</b>
<b>III. Le cortège floristique de la zone d'étude .....</b>	<b>30</b>
<b>III.1. Strate arborée .....</b>	<b>30</b>
<b>III.2. Strate arbustive .....</b>	<b>30</b>
<b>III.3. Strate herbacée .....</b>	<b>30</b>
<b>IV. études climatique de la zone d'étude .....</b>	<b>31</b>
<b>IV.1. Température .....</b>	<b>31</b>

IV.2. Précipitations.....	31
IV.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	32
IV.4 L'étage bioclimatique de la zone d'étude .....	33
V. Echantillonnage sur le terrain.....	34
VI. Analyse du sol rhizosphérique .....	35
IV.1. Potentiel d'hydrogène .....	35
IV.2. Dosage du Carbone .....	37
IV.4. Conductivité .....	39
V. Analyse phytochimique .....	40
V.1.Biométrie racinaire .....	40
V.2.Préparation des extraits racinaires .....	41
V.3.Dosage des phénols totaux .....	42
VI. Analyse statiques .....	44
VI.1.Teste de corrélation : .....	44
<b>Chapitre 03 Résultats et discussions</b>	
I. Résultats.....	46
I.1.Résultats de l'étude édaphique .....	46
I.1.1Résultats du potentiel d'Hydrogène (pH).....	46
I.1.2.Résulta des mesures du pH Kcl .....	47
I.1.3.Résultat du carbone organique .....	47
I.1.4.Résultat de la conductivité .....	48
I.2. Résultats de l'étude biométrique des racines rhizosphérique .....	49
I.2.1.Diamètre des racines.....	49
I.2.2.Longueur des racines .....	49
I.3.Résultats de l'étude phytochimique .....	50

<b>I.3.1.Polyphénols totaux .....</b>	<b>50</b>
<b>I.4. Matrice de corrélation .....</b>	<b>51</b>
<b>II. Discussions .....</b>	<b>53</b>
<b>II.1. Polyphénols .....</b>	<b>53</b>
<b>II.2. pH du sol .....</b>	<b>54</b>
<b>II.3.Carbone du sol .....</b>	<b>55</b>
<b>II.4.Conductivité du sol .....</b>	<b>56</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>58</b>

## **Références Bibliographie**

## *Liste des figures*

<b>Figure 1</b> : Arbres de chêne liège dans la station de Beni Ghobri (kemmoum, 2022). .....	07
<b>Figure 2</b> : feuilles de chêne liège (Jimniy, 2007). .....	09
<b>Figure 3</b> : tronc de chêne liège (Quercus suber) (kemmoum, 2022). .....	10
<b>Figure 4</b> : fruit de chêne liège (Raph, 2008).....	11
<b>Figure 5</b> : Carte de l'aire de répartition géographique dans le bassin méditerranéen du chêne liège (Quercus suber L.) .....	12
<b>Figure 6</b> : carte géographique de Quercus suber L en Algérie .....	13
<b>Figure 7</b> : types du liège (kemmoum.2022) .....	14
<b>Figure 8</b> : différentes zones de la rhizosphère. (David, McNear, 2013). .....	18
<b>Figure 9</b> : schéma de classification des parties du sol racinaire. (Hirsh et Mouchlin, 2012) .....	19
<b>Figure 10</b> : les microorganismes et les exsudats racinaires (Bikle Montgomery, 2016).....	20
<b>Figure 11</b> : Rôles des composés organiques chez les plantes (Erb et Kliebenstein, 2022). .....	23
<b>Figure 12</b> : principales classes de polyphénols (Susan Oliver et al, 2016). .....	25
<b>Figure 13</b> : carte géographique de la forêt de Beni-Ghobri (source : google Maps).....	28
<b>Figure 14</b> : déchet urbains présent sur la zone d'études.....	29
<b>Figure 15</b> : le surpâturage au niveau de la zone d'études .....	29
<b>Figure 16</b> : Diagramme ombrothermique de la commune d'Azazga. ....	32
<b>Figure 17</b> : l'étage bioclimatique de la station d'el Ainseur projeté sur le climagramme d'Emberger .....	34
<b>Figure 18</b> : sacs étiquetés .....	35
<b>Figure 19</b> : étapes de mesure du Ph .....	36
<b>Figure 20</b> : étapes du dosage du carbone.....	38
<b>Figure 21</b> : étapes de protocoles de la mesure de la conductivité .....	39
<b>Figure 22</b> : nettoyage des racines .....	40

<b>Figure 23</b> : Mesure du diamètre des racines avec un pied à coulisse électronique .....	40
<b>Figure 24</b> : Broyage des racines .....	41
<b>Figure 25</b> : Préparation des extraits racinaires .....	42
<b>Figure 26</b> : protocole du dosage de polyphénols et d'acide gallique .....	43
<b>Figure 27</b> : Variation du pH dans deux niveaux N1 et N2.....	45
<b>Figure 28</b> : Variation du pH Kcl dans deux niveaux N1 et N2 .....	46
<b>Figure 29</b> : variation de carbone dans deux niveaux N1 et N2 .....	47
<b>Figure 30</b> : variation de la conductivité dans deux niveau N1 et N2 .....	47
<b>Figure 31</b> : Variation des diamètres des racines rhizosphérique selon deux niveaux N1 et N2..	48
<b>Figure 32</b> : Variation des longueurs des racines rhizosphérique selon deux niveaux N1 et N2..	49
<b>Figure 33</b> : Variation des teneurs en polyphénols Totaux (PPT) selon deux niveaux .....	49

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1.</b> Classification botanique du <i>Quercus suber L</i> .....	08
<b>Tableau 2.</b> Températures moyenne mensuelles et annuelles en °C (2001-2010) (ONMTO, 2010) .....	31
<b>Tableau 3.</b> Pluviométrie annuelle (2001-2010) de la commune d'Azazga, en (mm) .....	32
<b>Tableau 4.</b> Comparaison des teneurs en PPT des organes végétaux de <i>Quercus suber L</i> .....	53
<b>Tableau 5.</b> présente les différentes classes de sols. ....	56

## *Liste des abréviations*

**C** : carbone organique

**EAG** : Equivalant acide gallique

**N 1** : niveau 1

**N 2** : niveau 2

**MO** : matière organique

**Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** : carbonate de sodium

**pH** : potentiel d'Hydrogène

**PPT** : Polyphénols totaux

**PV** : Poudre végétale

**UV** : Ultraviolet

## Introduction

---

La biodiversité concerne l'ensemble des êtres vivants, leurs interactions entre eux et avec leur milieu. Tous les niveaux d'organisation du vivant sont concernés : du gène à l'individu, puis à l'espèce et ses populations constitutives jusqu'à l'association d'espèces différentes au sein des écosystèmes (Joyard Jacques, 2022).

Cependant dans une indifférence quasi générale, notre planète entre dans une phase d'extinction de masse causée par l'homme, la sixième depuis que la vie s'est diversifiée sur Terre il y a de cela 500 millions d'années. Les hommes se livrent à une destruction massive des écosystèmes à l'échelle planétaire, et notre mode de développement condamne probablement une espèce toutes les 20 minutes (Billé R, 2014). Avec la disparition des espèces, la Terre perd à jamais une partie de son héritage génétique, limitant ainsi fortement le potentiel d'évolution biologique actuel ou à venir et modifiant en particulier leur potentiel d'évolution face aux changements globaux en cours (Hattenschwiler, 2018).

Les changements globaux, sont la conséquence d'une empreinte écologique humaine considérable, suite à l'utilisation de la biodiversité fossile (gaz, charbon, pétrole) à un niveau jamais égalé, affectant tant le climat de la planète, les cycles biogéochimiques et la physiologie des organismes vivants (Chapin et al., 2000).

En effet la Surexploitation des ressources, le changement climatique, la déforestation, la fragmentation et la destruction des habitats, la pollution des eaux et des sols, les changements d'utilisations des terres et des pratiques sylvicoles sont autant de facteurs constituant les changements globaux, qui bouleversent la biodiversité (Marion Gosselin, Frédéric Gosselin, 2020).

Les écosystèmes forestiers sont les écosystèmes terrestres les plus diversifiés et les plus complexes. Ils présentent une grande biodiversité faunistique et floristique. Les forêts séquestrent aussi de grande quantité de carbone et jouent à ce titre un rôle écologique majeur dans la lutte contre les changements globaux notamment climatiques. Cependant ils sont fortement soumis à l'action de plusieurs facteurs de dégradations provoquant des graves conséquences, telles que la réduction de la croissance et même le dépérissement des forêts (Dai, 2012 ; Camarero et al., 2018).

## Introduction

---

En effet, plusieurs facteurs contribuent à la dégradation des écosystèmes forestier (le dioxyde de carbone atmosphérique, la pollution par les nutriments, ainsi que des changements dans les régimes d'incendie et de précipitations), ces facteurs ont considérablement modifié les cycles biogéochimiques du carbone (C), de l'azote (N) et du phosphore (P), ce qui a un impact sur la productivité primaire des écosystèmes forestiers et, à son tour, affecte la qualité et la quantité des ressources qui entrent dans le réseau alimentaire du sol. (Nadia I. Maaroufi et Jonathan R. ,2020).

Le sol, un compartiment majeur des écosystèmes terrestres, représente un écosystème très particulier puisqu'il constitue un des réservoirs de biodiversité les plus importantes de la planète. Bactéries, insectes, champignons, racines des arbres et d'autres organismes vivants, vivent et interagissent dans le sol cette richesse biologique très hétérogène est à l'origine même du fonctionnement du sol et de tous les services écosystémiques qu'il rend à l'homme. Mieux le caractériser mieux le comprendre ne pourra que nous aider à mieux le gérer pour le sauvegarder et pérenniser le trésor qu'il constitue pour les futures générations. (Vincent Quentin, et al, 2022).

En outre, les sols fournissent un support physique et mécanique pour l'établissement des plantes et de l'eau, de l'oxygène et des nutriments pour leur croissance et leur entretien. Chaque espèce végétale a sa propre gamme d'exigences et de contraintes liées au sol. Elles déterminent sa répartition géographique, en conjonction avec les facteurs climatiques, historiques et évolutifs et les interactions avec d'autres organismes. En outre, certaines plantes peuvent fortement modifier les propriétés du sol, améliorant ainsi les conditions de leurs habitats en générant des boucles de rétroaction positive entre les compartiments de la plante et du sol (Isabel Serrasolses et al., 2009).

Les changements dans la structure du sol peuvent avoir un effet dramatique sur les plantes en modifiant les propriétés physiques qui contrôlent la croissance des plantes, c'est-à-dire la résistance à la pénétration des racines, la disponibilité de l'eau et l'aération.

En effet, le système racinaire représente la principale zone d'échange de nutriments et d'eau entre le sol, les microorganismes et les plantes. La rhizosphère, à la jonction entre le sol et la plante, favorise de plus une activité intense en raison de la stimulation de la microflore par la rhizodéposition et de la variété des micro-habitats. Un lien étroit existe entre les microorganismes du sol et la plante, en particulier lorsque l'on considère les plantes pérennes

## Introduction

---

qui, se maintiennent d'année en année au même endroit, présentant des communautés particulièrement adaptées à leur environnement. (Jossi, Maryline, 2008).

Plusieurs auteurs ont démontrés l'importance de la rhizosphere : (Huang et al., 2014 ; Badri et al., 2013 ; Bardi et al. 2012 ; Weston et al., 2012 ; Lynch et al., 2001).

Les espèces végétales existent depuis plus de 400 millions d'années (Hagg et al., 2013). Elles constituent un pilier de la chaîne alimentaire en tant que producteurs primaires de la matière organique (Rahantaniaina, 2018), et utilisent l'oxygène, via le métabolisme aérobie, pour fournir l'énergie nécessaire à leur croissance et à leur développement (Parent et al., 2008). Cependant, elles rencontrent des stress environnementaux, constituant des stimulations biotiques et abiotiques (Borges et al., 2017 ; Al Naser, 2018).

Les changements globaux influencent le calendrier des différentes étapes du cycle de vie des plantes, notamment la floraison au printemps et le flétrissement des feuilles à l'automne (Roberto, 2022), ils entraînent des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent la croissance et la productivité (Aziz et al., 2008 . Clark et al., 2008 ; Smetanska, 2008).

Pour faire face à ces changements globaux, les plantes se protègent et s'adaptent elles exsudent davantage de composés secondaires (y compris des antioxydants). Les composés phénoliques, faisant partie des métabolites secondaires, jouent un rôle dans l'interaction de la cellule avec son environnement. (Pagare et al., 2015).

Lorsque le niveau des espèces réactives à l'oxygène dépasse les mécanismes de défense, une cellule est dite en état de " stress oxydatif " (Sharma et al., 2012).

La forêt méditerranéenne, considérée comme l'un des principaux hot spots du monde, en raison de sa riche biodiversité, qui comprend de nombreuses espèces endémiques, est particulièrement soumise à l'action des changements globaux. Notamment, des événements plus fréquents et plus extrêmes, à savoir des vagues de chaleur et de sécheresses, perturbant ainsi, les espèces forestières et affectant leur productivité et la qualité des produits (Francisca Reisa et al., 2009).

Le chêne-liège (*Quercus suber L*) est l'une des espèces à feuilles persistantes les plus importantes du bassin méditerranéen occidental, avec une valeur économique et écologique importante en raison de la production de liège qui alimente une chaîne industrielle dédiée (Daniela Costa et al., 2022).

## Introduction

---

Cette espèce est bien adaptée aux conditions défavorables de la Méditerranée, c'est-à-dire aux conditions estivales longues et sèches avec des radiations solaires élevées, et un déficit de pression de vapeur d'eau, et peu de précipitations. (Isabel Miranda, 2022).

Cependant le déclin du chêne-liège a été de plus en plus signalé au cours des dernières décennies et semble être lié aux changements climatiques, qui peuvent augmenter la sensibilité aux attaques de pathogènes et faciliter l'infection par des pathogènes opportunistes. (Daniela Costa et al,2022).

L'objectif de notre travail consiste à déterminer l'impact probable, des changements globaux sur la rhizosphère du chêne liège *Quercus suber L*, en analysant les paramètres biométriques et phytochimiques de cette partie de la plante. Le choix de la station d'études s'est porter sur la forêt de Beni Ghobri circonscriptions d'Azazga, cette stations est soumis ces dernières années à des fortes pression anthropiques.

Notre travail est subdivisé en trois grands chapitres :

- Des généralités sur le chêne-liège (*Quercus suber L*), la rhizosphère, les différents stressés qui affecte la végétation et les métabolites secondaires des plantes.
- De la présentation de la région d'étude et du protocole expérimental adopté.
- De la discussion et l'interprétation des résultats obtenus.

Nous avons terminé le travail par une conclusion générale et des perspectives.

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

### I.1. Présentation de l'espèce

Le chêne-liège *Quercus suber* L. est une espèce végétale qui appartient à la famille des Fagacées (Youkabed Zarroug et al., 2022), c'est un arbre circonscrit en Méditerranée occidentale depuis l'ère tertiaire.

Le genre *Quercus* regroupe tous les arbres producteurs de glands, il comprend plus de 500 espèces d'arbres et d'arbustes dans le monde entier dont 6 existent en Afrique du Nord. 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.

Les forêts de chêne liège sont associées à une biodiversité remarquable et constituent des écosystèmes uniques connus par leur haute valeur écologique et paysagère son bois est de bonne valeur calorifique et ses glands très appréciés par les animaux sauvages et domestiques (Silva and Catry 2006).

L'écorce externe (liège) de *Quercus suber* est collectée de manière durable et utilisée pour plusieurs produits, principalement des bouchons des bouteilles de vin.



**Figure 1** : Arbres de chêne liège dans la station de Beni Ghobri (kemmoum, 2022).

## I.2. Taxonomie et systématique du *Quercus suber L*

La classification botanique de *Quercus suber* est présentée dans le tableau suivant (Chase et Reveal, 2009).

Classification	
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Fagales
Famille	Fagaceae
Genre	Quercus
Espèce	<i>Quercus suber</i>

Tableau 1 : classification botanique du *Quercus suber L*

## I.3. Caractères botanique du *Quercus suber*

### I.3.1. Taille et longévité

Le chêne liège est une essence de moyenne grandeur, les arbres les plus grands ne dépassent pas 14 à 16 m de hauteur exceptionnellement jusqu'à 20 à 25 m de haut. La longévité de l'arbre est de 80 à 100 ans dans l'étage bioclimatique semi-aride et 200 ans et plus dans l'humide, l'âge limite naturel d'un chêne-liège est compris entre 200 et 500 ans, Cependant, pour un arbre régulièrement écorcé, cette limite n'est plus que de 150 à 200 ans. (Marcel Jacamon, 1987).

### I.3.2. Les feuilles

D'après Ana Rodrigues et al., 2020, le chêne-liège *Quercus suber L* est une espèce d'arbre sclérophylle à feuilles persistantes.

Elles sont bien conçues pour faire face à un climat imprévisible.

Elles sont sclérophylles, ce qui signifie qu'elles sont raides, épaisses et cireuses.

Elles sont alternes, entières, très variables, coriaces, vertes et lisses en dessus, gris blanchâtre et duveteuses en dessous.

Le nombre de stomates est d'environ 430 par mm<sup>2</sup>.

Leur taille varie de 4 à 7 cm de longueur et 2 à 3 cm de largeur.

La variation de la forme et la taille des feuilles est très grande aussi bien entre les arbres que sur un même arbre. La durée de vie des feuilles, soit approximativement 14 mois en moyenne (Marcel Jacamon, 1987).



**Figure 2** : feuilles de chêne liège (Jimniy, 2007).

### **I.3.3. Le tronc**

Le tronc est caractérisé par son écorce assez épaisse (entre 15-20 cm) et crevassée appelée le liège, est de couleur grisâtre. Il se compose de deux parties distinctes l'une comprend l'épiderme, la couche subéreuse et le mésoderme, l'autre l'enveloppe herbacée le liber et l'endoderme. Le liège est un tissu parenchymateux qui recouvre généralement le tronc et les branches dès la cinquième année de la vie de l'arbre (Marcel Jacamon, 1987).

Le liège de première formation (liège mâle) est un tissu mort, dur, spongieux, élastiques et compressible dont le rôle principal est de protéger l'arbre contre le passage des incendies. Après avoir été enlevée des arbres, l'écorce se régénère en donnant un nouveau liège, appelé liège femelle ou de « reproduction ». Cette nouvelle écorce prend une coloration rouge foncée puis noire. Le liège femelle qui se développe après le démasclage est moins crevassé, plus homogène et plus élastique que le liège mâle, on le prélevé après chaque 5 à 9 ans. (Marcel Jacamon, 1987).



**Figure 3** : tronc de chêne liège (*Quercus suber*) (kemmoum, 2022).

#### **I.3.4. Les fleurs**

Les fleurs femelles poussent isolées ou en groupes de trois au maximum et apparaissent sur une nouvelle croissance vigoureuse.

La floraison se déroule au printemps en Avril et/ou en Mai et les fleurs fécondées donnent naissance à des glands qui se forment et mûrissent entre Octobre et Janvier

Elles sont de taille variable comprise entre 2,5 et 3 cm, allongées, surmontés d'une pointe courte et velue

A l'automne, les glands qui sont de couleur vert puis brun à maturité tombent sur le sol et au printemps suivant, les premières chaleurs activent le gland encore humide des dernières pluies d'hiver et la germination commence. Les cotylédons gorgés d'eau font éclater l'enveloppe du gland d'où s'échappe le jeune chêne ou plantule (Marcel Jacamon, 1987).

#### **I.3.5. Le fruit**

Le fruit ou le gland du chêne-liège présente une forme et des dimensions très variables suivant les arbres, de 2 à 5 cm en longueur et 1 à 2 cm en largeur, il possède en général, deux cotylédons et un seul embryon, il mûrit et tombe aux mois d'octobre et de novembre de l'année de la floraison.

Le chêne liège commence à fructifier vers l'âge de 15 ans, les glands, sont amers, sont rarement consommés par l'homme mais ils constituent un aliment de choix pour le bétail et le sanglier, ils sont en général allongés, à pointe velue ; la cupule est conique, mais il existe une grande diversité aussi parmi les cupules fructifères, autant pour ce qui concerne la forme et la

dimension des écailles que pour leur grandeur et leur disposition. Les fruits des glands contiennent plusieurs composés bioactifs tels que des polyphénols, des stérols et des alcools à longue chaîne avec une activité antioxydante intéressante (Youkabed Zarroug et al., 2022).



**Figure 4 :** fruit de chêne liège (Raph, 2008).

### **I.3.6. Les racines**

Le système racinaire de chêne liège est pivotant avec des ramifications latérales puissantes, épaisses présentant une extension horizontale avec beaucoup de racines superficielles, permettant un enracinement profond qui fixe l'arbre sur des sols légers peu profonds et même rocheux (Marcel Jacamon, 1987).

La racine pivotante peut pénétrer plusieurs mètres vers le bas dans le sol, notamment dans les sols profonds, ce qui lui permet une fixation solide, sur le sol rocheux, l'arbre profite de la moindre fissure pour enfoncer ses racines et puiser l'eau et les éléments minéraux dont il a besoin. En effet, la racine du chêne liège montre dès son plus jeune âge c'est-à-dire dès la phase de germination du gland, une disposition naturelle à s'enfoncer verticalement et avec vigueur dans le sol. L'association du système racinaire avec différents mycorhizes est très fréquente (Marcel Jacamon, 1987).

### I.3.7. Rameaux

Les rameaux de chêne-liège sont sinueux tomenteux les premières années, puis bruns clairs avec lenticelles marquées et enfin entièrement subéreux. Dès qu'ils ont 3 ou 4 ans, les jeunes rameaux, en grossissant, font crevasser leur écorce, plus les branches sont grosses plus les crevasses sont profondes, elles peuvent s'élargir de 2 à 3 mm par ans, l'écorce est alors grise claire, elle porte des taches de lichens (Marcel Jacamon, 1987).

## I.4. Caractères écologique du *Quercus suber* L

### I.4.1. Aire de répartition de chêne liège

Le chêne-liège (*Quercus suber* L.) est une espèce de chêne originaire des zones méditerranéennes du sud-ouest de l'Europe et du nord-ouest de l'Afrique, (Maria L. Inácio et al. 2021) où il est présent depuis plus de 60 millions d'années (M. ABASSI et al., 2019).

Le chêne-liège, il couvre environ 2000000 hectares dont 1.420 198 en Europe et pratiquement 698.891 hectares en Afrique du Nord d'où l'Algérie occupe la quatrième place après le Portugal, l'Espagne et le Maroc.



**Figure 5** : Carte de l'aire de répartition géographique dans le bassin méditerranéen du chêne liège (*Quercus suber* L.)

### I.4.2. Dans le monde

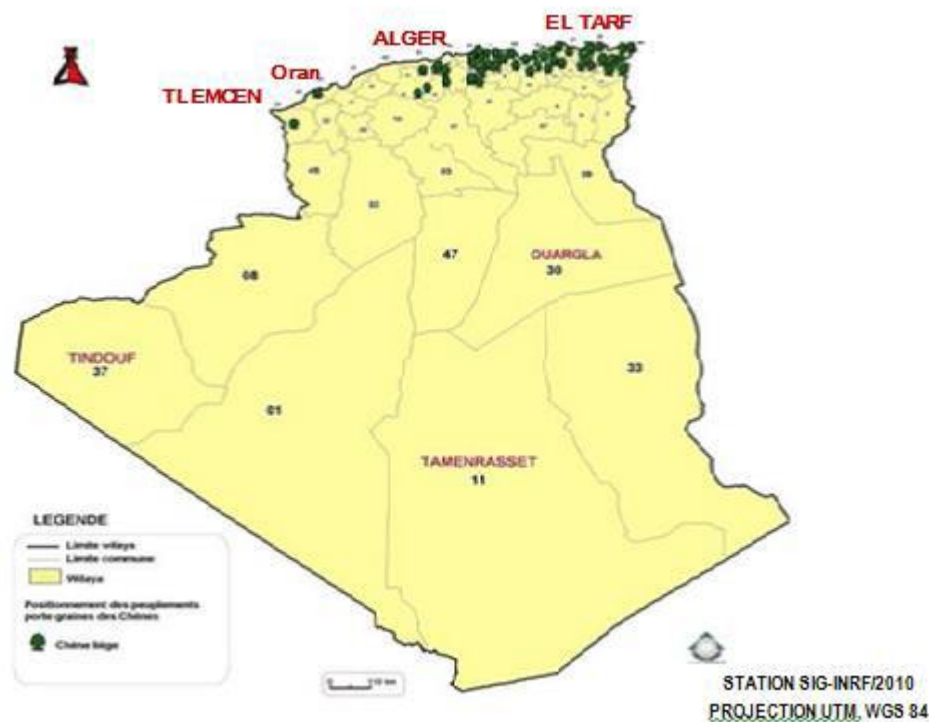
La subéraie du monde s'étend sur 7 pays :

Portugal, dont les paysages de chêne-liège couvrent environ 720 000 ha, ce qui constitue une source de revenus essentielle, notamment en raison de sa capacité à produire du liège, une matière première largement utilisée pour le bouchage des bouteilles de vin. (Maria L. Inácio et al., 2021). Espagne, France, Italie, Maroc, Algérie et Tunisie, les arbres *Quercus suber* occupent près de 70 000 ha et prédominent. (Youkabed Zarroug et al., 2022).

### I.4.3. Aire de répartition Algérienne

Les subéraies algériennes qui tapissaient une superficie estimées actuellement à 357231 ha, se situent entre les frontières Marocaines et Tunisienne et s'étendant du littoral méditerranéen au nord aux chaînes telliennes au sud.

La grosse masse des meilleurs et vastes boisements se rencontre à l'Est du pays, essentiellement dans les zones humides et subhumides (comme la wilaya de Tizi-ouzou). En dehors de cette région, le chêne-liège s'étend d'une manière assez discontinue sous forme de massifs isolés et de moindre importance. A l'Ouest, il est moins fréquent. (BOUCHAOUR-DJABEUR S et al., 2021).



**Figure 6 :** carte géographique de *Quercus suber L* en Algérie

### I.5. Production du liège

Le liège normal de première formation (liège male) est dur crevassé et de peu de valeur (agglomérés).

Le liège de qualité (liège femelle de reproduction) se forme après enlèvement du premier. On prélève ensuite tous les 9-15 ans (démasclage), les prélèvements traumatisants, ne doivent pas être excessifs.

Le démasclage commence quand l'arbre a atteint 50-70 cm de circonférence, il se fait la première fois sur 1 m de hauteur, cette hauteur augmente avec le démasclage ultérieurs pour atteindre 2-2,5m selon la grosseur de l'arbre.



**Figure : 7 types du liège (kemmoum.2022)**

### **I.6. Ecologie du chêne liège**

Le chêne-liège est un arbre au tempérament généralement calcifuge, se plaisant sur tout le substrat siliceux et acide (schistes et grès). Il recherche des sols meubles, profonds, de texture légère, bien aérés et riches en matière organique au pH acide ou proche de la neutralité. Grâce à un système racinaire pivotant lui permettant un enracinement très profond, le chêne-liège peut se développer dans des sols peu propices, fortement argileux ou très superficiels.

Le chêne-liège est un arbre assez exigeant en ce qui concerne la chaleur et l'humidité. Il requiert des précipitations annuelles supérieures à 600 mm, et des températures moyennes annuelles supérieures à 13,5°C environ, avec des minimal supérieures à -5°C.

De petite taille, le Chêne-liège ne dépasse que très rarement les 25 mètres. Il fructifie à partir de 15 à 20 ans, avec une importance variable suivant les années. Ces exigences peuvent néanmoins varier en fonction de certaines particularités stationnelles : humidité élevée et fraîcheur relative due à une nappe phréatique peu profonde.

Devant le risque " feu de forêt ", le Chêne-liège a un comportement particulièrement exceptionnel. En effet, le liège protège les parties vitales de l'arbre lors du passage du feu. Le liège est carbonisé, mais la vie est protégée. Cette vertu lui confère de multiples avantages, économiques et écologiques, qui font de lui un arbre remarquable. (BELGHERBI, B. & BENABDELI, K, 2015).

Le comportement germinatif des glands varie fortement en fonction des conditions thermiques. C'est aux températures moyennes axillant entre 13°C et 18°C que l'aptitude à la germination des fruits est meilleure.

En Algérie son extension en altitude est généralement limitée à la cote 1200m, rarement 1300m à 1400m exceptionnellement 1600m ( Teniet-el-had, qui est l'une des stations les plus éloignés du littorale.)

### **I.7 : Les facteurs anthropiques**

Les subéraies sont depuis longtemps des forêts exploitées par l'homme, souvent de manière permanente au regard des produits qu'elles offrent : le liège, le bois de chauffage, le charbon de bois, le liège mâle (extrait lors du premier écorçage ou démasclage) ou le tan (écorce). Les tailles ont été souvent abusives afin de rentabiliser l'exploitation de ces produits. Celles-ci sont néfastes pour l'arbre, qui en sort affaibli et plus sensible aux dégâts dus à la sécheresse, aux maladies et aux insectes ravageurs. En outre, la taille abusive éclaircit excessivement le houppier, à tel point que le sous-bois est envahi par des espèces héliophiles qui dégradent la subéraie, provoquant la diminution de la production de liège et de glands. (QUEZEL, 2000).

L'élevage est une autre utilisation traditionnelle de la forêt de Chêne liège : dans certains cas, on a procédé à des éclaircies et remplacé le sous-bois par un pâturage saisonnier. Cette opération change radicalement l'aspect d'une forêt dense et la transforme en un espace de parcours dégradé. Souvent, on s'est servi du feu comme instrument pour tenter de constituer des pâturages.

En outre, lors de l'exploitation du liège, un écorçage tardif effectué en été, ce qui n'est pas rare, peut mettre les arbres dans des conditions très difficiles. La récolte du liège devient exceptionnellement nocive lors des jours de Chergui, vent chaud venant du Sahara, qui souffle à cette époque de l'année. Cette pratique peut donc être à l'origine du mauvais état dans lequel se trouvent certaines subéraies. (BELGHERBI, B. & BENABDELI, K, 2015).

## **II. Importance de la caractérisation de la rhizosphère du *Quercus suber* L sol /racines**

### **II.1. Sol**

#### **II.1.1. Définitions du sol**

Les sols sont habituellement considérés comme des ressources naturelles non renouvelables car leur taux de formation dans le temps est généralement faible ou très faible (Carmelo Dazzi Giuseppe Lo Papa, 2021).

Ils sont des écosystèmes complexes comprenant des minéraux, de la matière organique, des micro-organismes et d'autres composants solides. Ces matrices comprennent également diverses particules fines d'argile inorganique et organique qui sont d'une importance cruciale pour la qualité de l'eau.

Ces composants biotiques et abiotiques interagissent ensemble via une série de processus physiques, chimiques et biologiques, ce qui entraîne la formation de divers complexes organiques minéraux ou chélates.

Les minéraux argileux sont les composants les plus actifs des sols, qui comprennent principalement des minéraux silicatés en couches, des oxydes cristallins et des oxydes amorphes (Qi Li et al., 2022).

Les interactions minérales-organiques modifient les charges de surface, les surfaces spécifiques et les groupes fonctionnels dans les sols (Engel et al., 2021).

Le sol interagit avec l'atmosphère, la biosphère, l'hydrosphère et la lithosphère, les minéraux et la matière organique du sol contiennent de grandes quantités de O, H, N, C, Ca et P, et de nombreux autres éléments sont également présents.

Le sol émet du CO<sub>2</sub>, du CH<sub>4</sub> et du N<sub>2</sub>O ; l'air du sol contient en moyenne N (79 %), O<sub>2</sub> (20,6 %) et CO<sub>2</sub> (0.2%). Les organismes du sol décomposent les matières organiques afin de libérer des nutriments pour les plantes (Hassan El-Ramady et al., 2022).

Les sols constituent le plus grand réservoir du Carbone terrestre ; ce réservoir joue donc un rôle décisif dans le cycle global du Carbone. La décomposition microbienne est un processus crucial pour transformer la matière organique d'origine végétale et favoriser la formation de la matière organique du sol, Par conséquent, l'abondance et l'activité des micro-organismes déterminent le cheminement du carbone depuis les premiers stades de la litière végétale jusqu'à la matière organique persistante. À son tour, le microbiome est contrôlé par l'environnement du sol, où des facteurs biologiques, chimiques et physiques déterminent la croissance et l'activité microbienne (Kristina Witzgall et al, 2021).

Les sols sont un élément central dans de nombreux défis environnementaux actuels. Ils jouent un rôle de premier plan dans la durabilité écologique, l'atténuation du changement climatique, les services écosystémiques, l'utilisation et l'aménagement du territoire ainsi que dans la sécurité alimentaire. Malgré cela, presque partout, les sols présentent des problèmes évidents de dégradation en raison de plusieurs menaces qui sapent leur capacité à produire des biens et des services (Carmelo Dazzi Giuseppe Lo Papa, 2021).

### **II.1.2.Rôles des racines et leur spécialisation**

Chez les plantes ligneuses, et en particulier chez les arbres, on peut distinguer trois fonctions du système racinaire.

La fixation de l'arbre dans le sol, assurée par les grosses racines ligneuses dont la configuration s'adapte aux contraintes de l'environnement.

Le stockage des réserves (carbone sous forme de sucre solubles, d'amidon ou de lipides, azote sous forme de protéines...) nécessaire à la reprise de la végétation au printemps, ces réserves sont distribuées à la fois dans le parenchyme radiale du bois et dans les tissus corticaux des racines fines non lignifiées.

Et en fin, assurer L'alimentations en eau et la nutrition minérale de l'arbre à partir des ressources du sol. Cette fonction est entièrement dévolue aux racines les plus fines (Christophe Drénou, 2006).

## **II.2. La rhizosphère**

### **II.2.1.Définition de la rhizosphère**

La rhizosphère est la zone du sol située autour des racines et caractérisée par une activité microbiologique intense (Mohammad K. Hassan et al., 2019).

C'est un environnement écologique dynamique où les microorganismes et les plantes interagissent pour l'exploitation des micros et macronutriments du sol présent en quantité

limitée, également capables de procurer des avantages à la plante hôte, comme la prévention des infections fongiques et bactériennes.

Chaque organisme qui habite la rhizosphère joue un rôle dans les processus écologiques, par exemple le cycle des nutriments, la compétition, la symbiose et même la prédation microscopique. (Courtney Horn Herms et al, 2022).

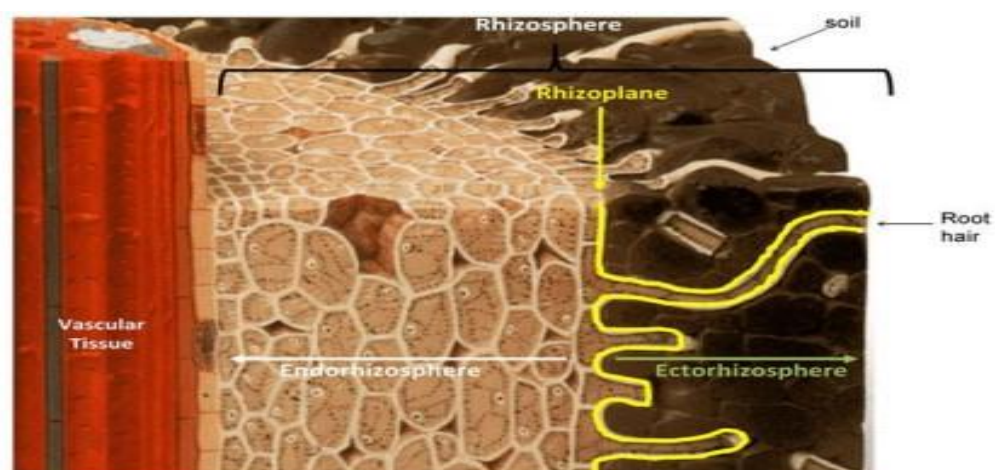
C'est également un environnement caractérisé par un volume très élevé de substances racinaires favorisant une grande population microbienne.

La rhizosphère ne représente pas seulement la zone commerciale dans laquelle les pathogènes ou les racines voisines interagissent avec la plante, mais elle est aussi une zone tampon microbienne préventive qui protège contre les infections (Mohammad K. Hassan et al, 2019).

Elle joue un rôle important dans la résistance des sols à l'érosion, au gel, aux incendies, aux inondations, etc. De même pour la résilience de ces sols et des plantes cultivées (Les enjeux sont donc également agronomiques (Krafczyket al, 1984).

### II.2.2.Zones de la rhizosphère

La rhizosphère comporte trois zones principales : l'endorhizosphère, le rhizoplane et l'ectorhosphère. La première zone, l'endorhizosphère, comprend le tissu cortical et endodermique de la racine, tandis que le rhizoplane englobe l'épiderme de la racine et le mucilage associé L'ectorhizosphère couvre le sol près de la racine. Mohammad K. Hassan et al., 2019.



**Figure 8 :** différentes zones de la rhizosphère. (David, McNear, 2013).

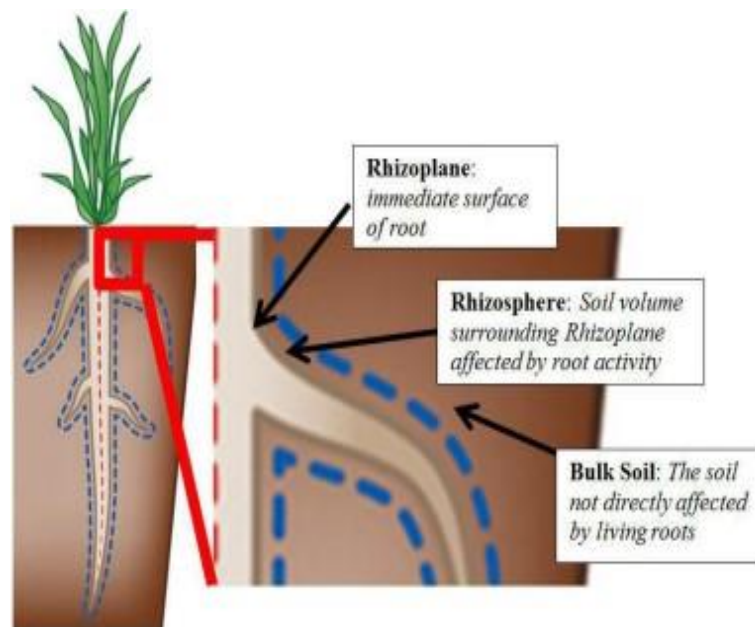
### II.2.3. Exsudats racinaires et effet sur le fonctionnement de la rhizosphère

Les exsudats racinaires sont des molécules, par exemple des sucres, des acides aminés et des acides organiques, sécrétés par la plante, et responsables de l'attraction des bactéries du sol vers la rhizosphère. Ils créent un environnement hospitalier pour les micro-organismes en servant de source de carbone et en fournissant les nutriments nécessaires. (Courtney Horn Herms, 2022)

Les racines produisent et sécrètent une pléthore de composés biologiquement actifs potentiels, dont beaucoup ne sont pas encore connus.

Les racines en croissance modifient les aspects physico-chimiques de l'environnement à proximité qui ont un impact sur les organismes, y compris les micro-organismes, qui habitent cet espace.

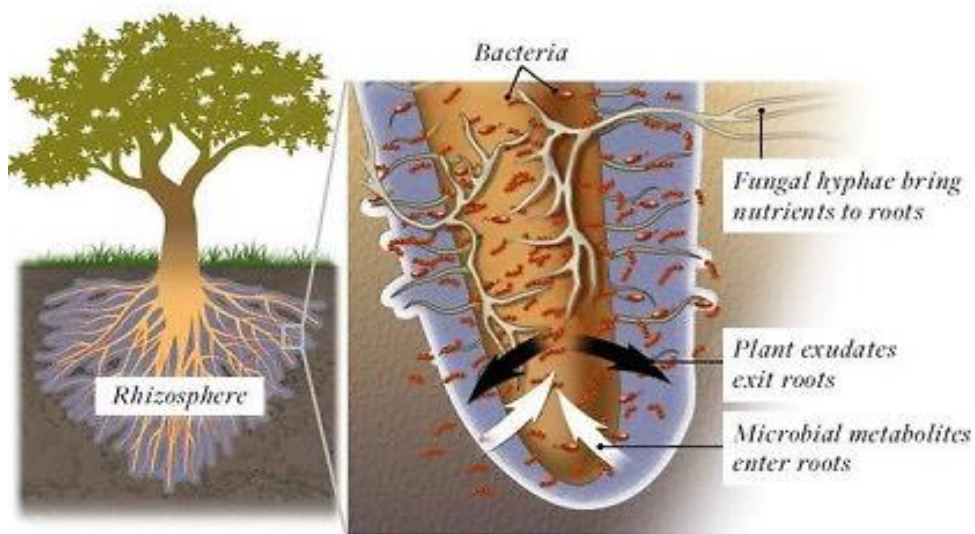
Les racines produisent non seulement des substrats organiques, mais modifient également le pH et la concentration des composés inorganiques, y compris l'azote (N) et le phosphore (P), ainsi que les conditions physiques et d'humidité. (Jingjing Chang et al., 2022).



**Figure 9 :** schéma de classification des parties du sol racinaire. (Hirsh et Mouchlin, 2012)

Les exsudats racinaires et les cellules de bordure des racines sont des composants vitaux de la rhizosphère qui affectent de manière significative la capacité de colonisation des racines et la multiplication des microbes de la rhizosphère, ainsi que la sécrétion de composés organiques bioactifs.

La rhizosphère est une niche écologique, dans laquelle les bactéries bénéfiques entrent en compétition avec d'autres microbiotes pour les composés organiques et interagissent avec les plantes par le biais de l'activité de colonisation des racines au sol (Mohammad K. Hassan et al, 2019).



**Figure 10 :** les microorganismes et les exsudats racinaires (Bikle Montgomery,2016)

Les interactions bénéfiques entre les plantes et les microorganismes dans la rhizosphère sont déterminantes pour la santé des plantes et la fertilité des sols (Gholami et al. 2012).

Il est reconnu que ces interactions sont dépendantes des racines vivantes ou du matériel végétal mort disponible, mais également de l'agronomie et de l'écologie (Barea et al. 2005).

Les microorganismes du sol sont d'une grande importance dans le cycle des nutriments et dans l'entretien de la santé et de la qualité du sol (Jeffries et al., 2003).

Ils sont impliqués dans les activités fondamentales qui assurent la stabilité et la productivité du système agricole et de l'écosystème naturel (Barea et al., 2005).

### III. Facteurs responsables du stress chez les végétaux

Le stress se manifeste suite à un désordre observé chez un être vivant. Tous les stress peuvent avoir un effet fonctionnel ou structural aussi bien au niveau moléculaire, cellulaire, individuel ou bien en groupe (Dutuit et al, 1994). Il exerce une forte pression évolutive sur tous les organismes (Madlung et Comai, 2004)

### III.1. Stress abiotiques

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

### III.2. Stress hydrique

Pendant que la plante subit un stress hydrique, sa teneur en eau diminue. Les cellules se rétractent et la pression de turgescence diminue, la diminution du volume cellulaire concentre les solutés dans les cellules (Jenks et Hasegawa, 2014). Le déficit hydrique entraîne une inhibition de la photosynthèse et plus précisément la fuite d'électrons due à la diminution de la fixation du CO<sub>2</sub> (Dat et al, 2000).

### III.3. Stress thermique

La température élevée est l'un des stress abiotiques les plus néfastes pour la croissance des pousses et des racines des espèces végétales de saison froide, Les températures en été de l'air et du sol en été dépassent souvent les niveaux optimaux, nuisant à divers processus physiologiques et métaboliques(Huang et al.,2012). Le stress thermique impacte le nombre, la masse et la croissance des racines, ce qui peut limiter l'apport en eau et en nutriments aux parties supérieures de la plante (Drugmand etJonathan,2020).

### III.4. Stress biotique

Les stress biotiques représentent toutes les attaques des agents pathogènes, telle que les virus, les bactéries, les champignons et les parasites (Madlung et Comai, 2004). L'herbivore est aussi une source de stress biotique (Strauss et Zangerl, 2002).

### III.4.Stress oxydatif

Le stress oxydatif résulte d'un déséquilibre dans la balance pro-oxydants et antioxydants, les conséquences d'un tel déséquilibre induit des changements irréversibles sur la cellule (Mestar, 2019).

## VI. Métabolisme des plantes

Le métabolisme fait référence à la machinerie chimique qui permet aux cellules de transformer des sources spécifiques en énergie chimique (ATP, NADPH) pour la production de biomasse. Pratiquement toutes les réactions métaboliques sont catalysées par des enzymes et fonctionnent en régime permanent. Très peu de réactions cellulaires se produisent de manière non enzymatique.

Traditionnellement, les sous-ensembles de réactions enzymatiques menant d'une ou plusieurs matières premières spécifiques à un ou plusieurs produits sont connus sous le nom de métabolisme. Elles peuvent être linéaires, ramifiées ou cycliques, lorsqu'elles participent à des réactions de conservation de l'énergie et à la production d'éléments constitutifs, les voies sont dites cataboliques. Les voies impliquées dans la biosynthèse et la production de biomasse sont dites anaboliques. ( Juli Peretó , 2022).

Les plantes peuvent utiliser des précurseurs inorganiques simples pour synthétiser une grande diversité de composés organiques à faible teneur en carbone. Cette capacité de synthèse aide les plantes à coloniser divers et difficiles environnements. Les composés organiques de faible masse moléculaire sont généralement séparés, en fonction de leur rôles, en métabolites primaires, qui sont directement nécessaires à la croissance des plantes et en métabolites secondaires (également appelés métabolites spécialisés) qui servent de médiateurs entre les plantes et l'environnement et les hormones végétales qui régulent les processus et le métabolisme de l'organisme. (Taiz et al., 2015), (Matthias Erb, et Daniel J. Kliebensteinb, 2020).

### **VI.1. Métabolisme primaire**

Les molécules de la catégorie des glucides, des acides aminés, des acides gras, nucléotides et polymères dérivés de ceux-ci (polysaccharides, protéines, lipides, ADN, ARN, etc.), qui sont essentiels à la survie de la plante, sont décrits comme des métabolites primaires. (Monica BUTNARIU, 2022).

Sont hautement conservés et directement nécessaires à la croissance et au développement des plantes. (Matthias Erb, et Daniel J. Kliebensteinb, 2020).

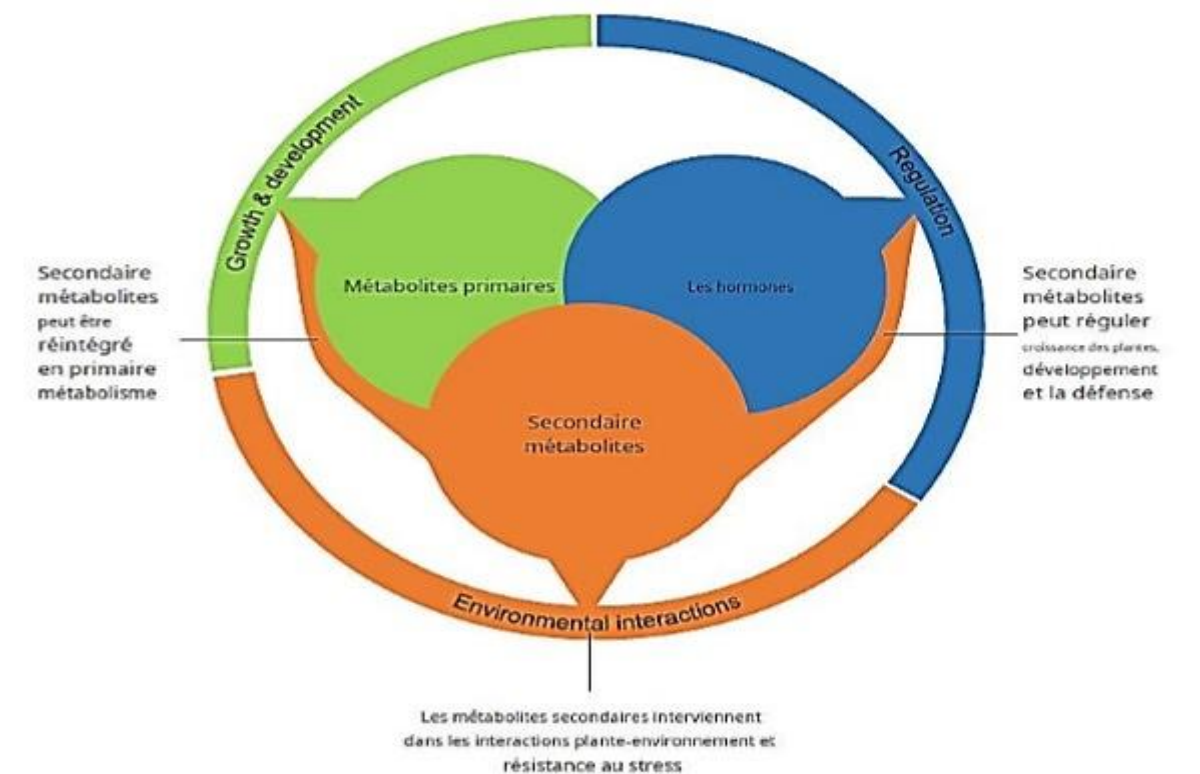
### **VI.2. Métabolisme secondaire**

Les métabolites secondaires sont multifonctionnels ; ils peuvent fonctionner comme de puissants régulateurs de la croissance et de la défense des plantes, ainsi que comme des régulateurs primaires de l'environnement.

La multifonctionnalité des métabolites secondaires peut fournir de nouvelles explications sur les schémas ontogénétiques de la production de défense et peut affiner notre compréhension de l'interaction plante-herbivore. Ils sont libérés lors d'une attaque d'herbivores ou de pathogènes et sont capables d'induire ou d'amorcer directement les voies de signalisation de défense résistance.

Il est maintenant confirmé qu'au moins cinq classes de métabolites secondaires (glucosinolates, benzoxazinoïdes, terpènes, aromatiques et volatiles de feuilles vertes) agissent comme régulateurs potentiels des défenses dans les plantes. (Matthias Erb, et Daniel J. Kliebenstein, 2020).

Les métabolites secondaires peuvent aussi avoir des propriétés hormonales en se liant à des protéines réceptrices spécifiques (Katz et al, 2011). Plusieurs ont une capacité antioxydants. Ces antioxydants comprennent principalement des polyphénols, des flavonoïdes, des polyamines et des caroténoïdes. (Valentina Fritz et al., 2022). Ces derniers absorbent l'énergie lumineuse et participent au processus de photosynthèse, en cédant l'énergie absorbée à la chlorophylle. Certains organismes secondaires déterminent le goût et l'arôme des aliments. (Monica BUTNARIU et al., 2022).



**Figure 11 :** Rôles des composés organiques chez les plantes (Erb et Kliebenstein, 2022).

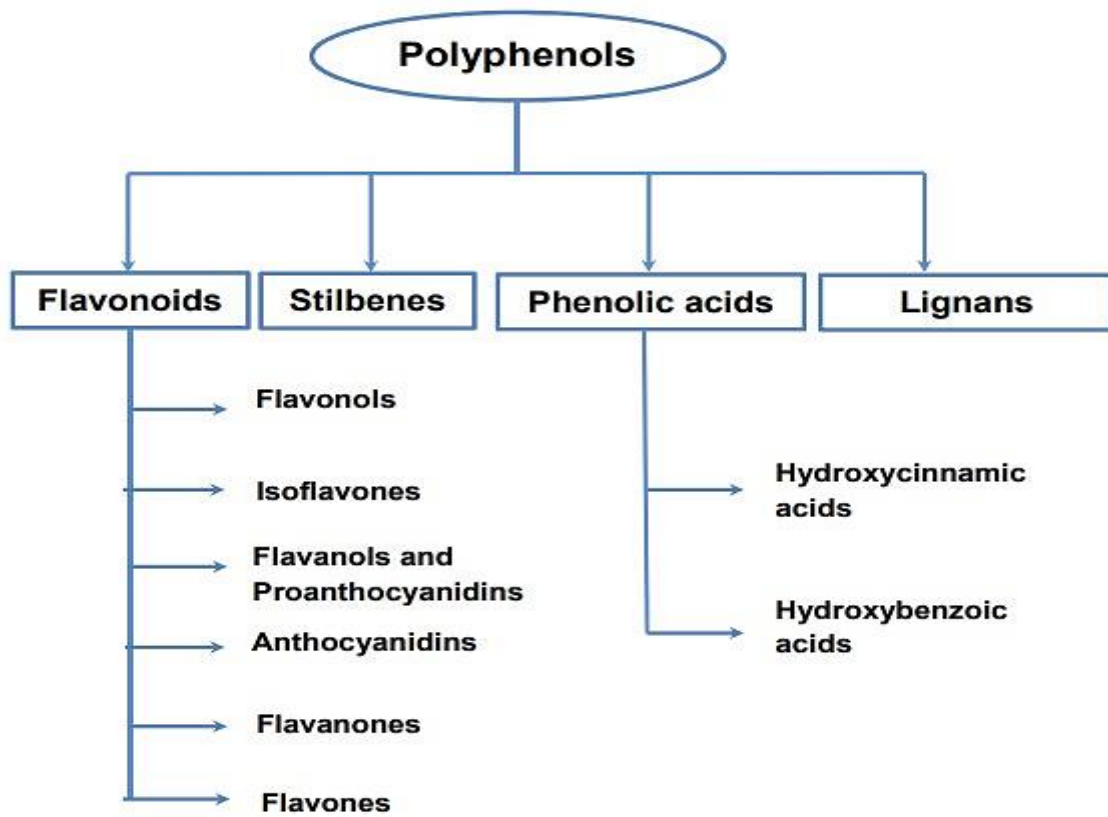
**VI.3. Les polyphénols**

Les polyphénols sont des substances naturelles que l'on trouve principalement dans les fruits, les légumes et la plupart des matières végétales. Ils regroupent un vaste ensemble de plus de 8 000 molécules (Hennebelle et al., 2004). Ils sont hydrosolubles de poids moléculaire compris entre 500 et 30000 daltons (Mestar, 2019). Ils sont caractérisés par la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH) (Hennebelle et al., 2004).

Les polyphénols sont un ensemble de composés bioactifs, issus du métabolisme secondaire des plantes. Ces composés sont synthétisés par des plantes au cours de leur développement normal, en réponse à des infections, des blessures, des rayons Ultra-violet (UV) et des insectes. (Anila Antony et Mohammed Farid, 2022). ainsi que d'autres stress abiotique comme la sécheresse et la salinité. (Xiaofei Wang, Yue Qi and Hao Zheng, 2022).

Ces composés (Les acides phénoliques, les flavonoïdes, stilbenes et lignans sont tous des types de polyphénols) sont d'un grand intérêt, car ils ont montré un pouvoir antioxydant élevé et sont corrélés à de nombreux avantages pour la santé, (Anila Antony et Mohammed Farid, 2022).

L'efficacité des composés phénoliques dans l'inhibition des processus oxydatifs est potentiellement liée à leur activité de piégeage des espèces réactives. En raison de la structure du groupe hydroxyle sur le cycle benzénique, les polyphénols éliminent les radicaux libres par le transfert d'un atome d'hydrogène du groupe OH actif du polyphénol au radical libre. Cela permet aux polyphénols d'activer indirectement les réponses antioxydantes et de générer des niveaux non toxiques de radicaux libres. (Xiaofei Wang, Yue Qi and Hao Zheng, 2022).



**Figure 12** : principales classes de polyphénols (Susan Oliver et al, 2016).

**I. Description de la zone d'étude**

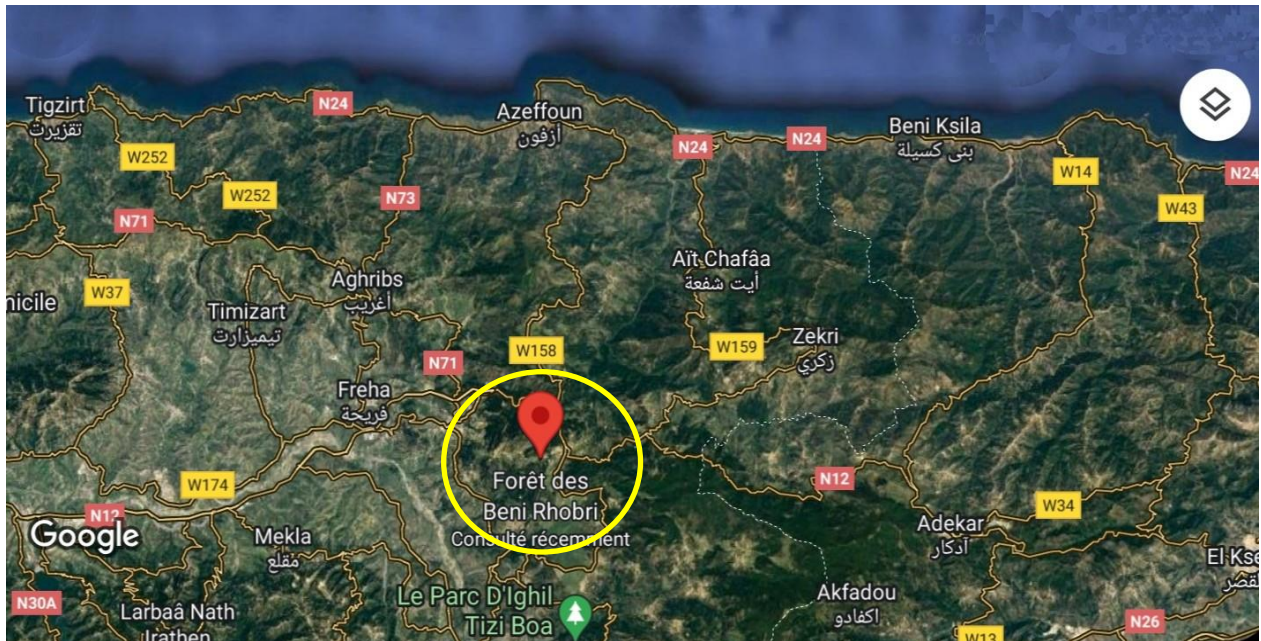
La wilaya de Tizi-Ouzou est située sur le littoral centre du pays à 110 km de la capitale, Alger. Elle s'étend sur une superficie de 2 992,96 km<sup>2</sup>. Elle est limitée par : La mer méditerranéenne au nord, la wilaya de Bouira au sud, la wilaya de Boumerdes à l'ouest et la wilaya de Bejaia à l'est. Elle est située à 206 m d'altitude : à une latitude de 36°42'42" Nord et une longitude de 4°02'45" Est.

La présente étude a été menée au sein du massif forestier de Yakouren (centre nord de l'Algérie wilaya de Tizi-Ouzou) dénommé également massif forestier de Beni Ghobri. D'une superficie de 6 939 ha, soit 10 % du total des terres forestières de la wilaya de Tizi-Ouzou. La forêt domaniale de Béni Ghobri est rattachée administrativement à la circonscription des forêts d'Azazga et à la conservation des forêts de Tizi-Ouzou.

Elle est délimitée au nord par les forêts domaniales de Tamgout et Azouza, à l'est par la forêt d'Akfadou, et par la vallée de l'Oued Sibaou vers l'Ouest et le Sud.

La forêt de Béni Ghobri est une forêt de chênes dominée par le chêne-liège, le chêne Zéen et le chêne Afares.

Les coordonnées angulaires sont: 36°42'-36° 47' de latitude nord et 40 22-40°27 de longitude, avec une altitude moyenne de 735 m, le point le plus bas est de 270 m (Tizi Bouchen) et le plus haut est de 1200 m (Djebel Affroun).



**Figure 13:** carte géographique de la forêt de Beni-Ghobri (source : google Maps).

La forêt d'Aït Ghobri se caractérise par un relief plus ou moins accidenté, un substrat géologique composé de grès numidiens et d'un humus de type mull riche en matière organique (Allalou 1986 et Ferrahi, 1997 ; Mahand Messaoudène et al., 2008 ). Les résultats des études menées dans cette région ont montré que les sols de cette région sont acides à  $\text{pH} \leq 6$ , et présentent une texture limono-sableuse (Allalou 1986 et Ferrahi, 1997 Guettas et al., 2022).

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

## II. Exposition de la station aux différentes activités anthropiques

L'ensemble des environnements dans notre pays et dans l'ensemble de la planète est influencé par les activités humaines, dont les impacts peuvent modifier la structure et l'intégrité des écosystèmes de façon durable

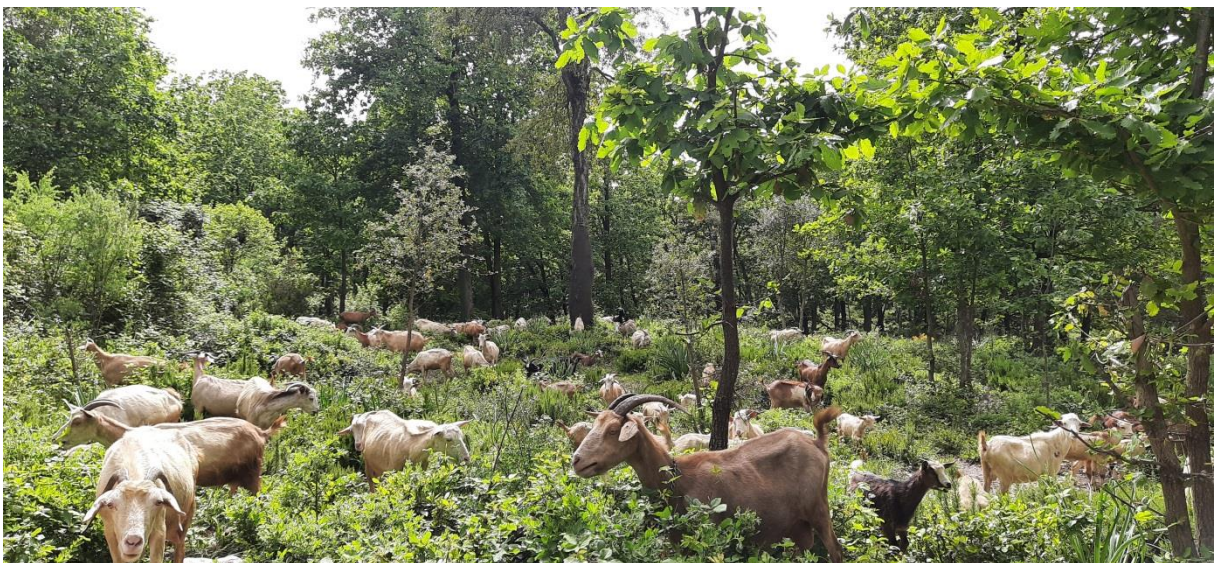
Les polluants que l'on retrouve sont souvent d'origine anthropique, c'est-à-dire produits par les activités humaines ou d'origine naturelle (émissions par la végétation, l'érosion du sol, les volcans, les océans, etc).

Tous les secteurs d'activité humaine sont susceptibles d'émettre des polluants : les activités industrielles, les transports (routiers et non routiers), les activités domestiques, l'agriculture, la sylviculture, le tourisme...

Notre région d'étude et l'une des zones touchées par les activités anthropique dont en remarque la présence de trace humaine sous forme d'incendie, d'élevage (trace de bétail), exploitation intensive du liège ainsi que le jet d'ordure sous forme de bouteilles de verre.



**Figure 14:** déchet urbains présent sur la zone d'études



**Figure 15 :** le surpâturage au niveau de la zone d'études

**III. Le cortège floristique de la zone d'étude**

Un inventaire a été réalisé pour déterminer le cortège floristique de la station. On a prélevé des échantillons des espèces tout autour des arbres étudiés ensuite on les a identifiés.

Dans le site d'étude choisi, le couvert végétal est constitué de trois strates bien distinctes, arborescentes, arbustives et herbacées.

**III.1. Strate arborée**

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

**III.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.* .

**III.3. Strate herbacée**

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

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

**IV. études climatique de la zone d'étude**

La région de Kabylie est une région caractériser par un climat méditerranéen connu pour son hiver froid et humide et sont été chaud est secs.

Ath Ghobri est l'une des zone les plus humide en Algérie en effet elle s'inscrit dans le climat méso-méditerranéen qui présent 75 à 1000 jour de sècheresse (Meddour, 2010), vu sa situation géographique et son rapprochement su massif de Djurdjura ainsi que ses divers avantage, elle forme une barrière orographique aux vents humides méditerranéen..

**IV.1. Température**

Notre zone d'étude est une zone instable, elle se caractérise par un hiver froid (<10°) et été chaud avec une température pouvant atteindre jusqu'à 30° voir 35° en mi-juillet et aout,

La température dans la zone d'étude (Azazga) est très fluctuante. Elle est faible en hiver (<10 °C) et relativement élevée en été. Plus précisément, en juillet et août (25-35°C).

Les températures diurnes peuvent atteindre jusqu'à 40°C. Pour ce qui concerne la T° de l'eau qui est si important car elle joue un rôle dans la mesure de la solubilité des sels et des gaz, de la conduction électrique et du pH en constate qu'elle est constante au niveau des eaux souterraine profonde.

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 02.**Températures moyenne mensuelles en °C (2001-2010) (ONMTO, 2010)

**IV.2. Précipitations**

Les précipitations représentent un facteur écologique fondamental dans les écosystèmes terrestres, car elles conditionnent avec la température, la structure et la productivité primaire de ces derniers (Ramade, 1993).

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

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

Tableau 03. Pluviométrie annuelle (2001-2010) de la commune d'Azazga, en (mm).

### IV.3. Diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gausсен

Le diagramme ombro-thermique a été développé par Bagnouls et Gausсен en 1953 pour déterminer l'intensité et la durée des saisons de pluies et des saisons sèches. Ils rassemblent les deux courbes des précipitations et des températures dans le même graphique.

Le principe est  $P \leq 2T$ . Ce chiffre est défini en fonction de la gravité de la sécheresse et du mois le plus sec selon la formule suivante : Pour l'équation suivante :  $P, moy \leq 2T$ , donc le mois est sec. Les points d'intersection des deux courbes, pluviothermique et thermique délimitent la durée de la saison sèche lorsque  $P \leq 2T$  et l'autre partie correspond à la saison humide (figure 16).

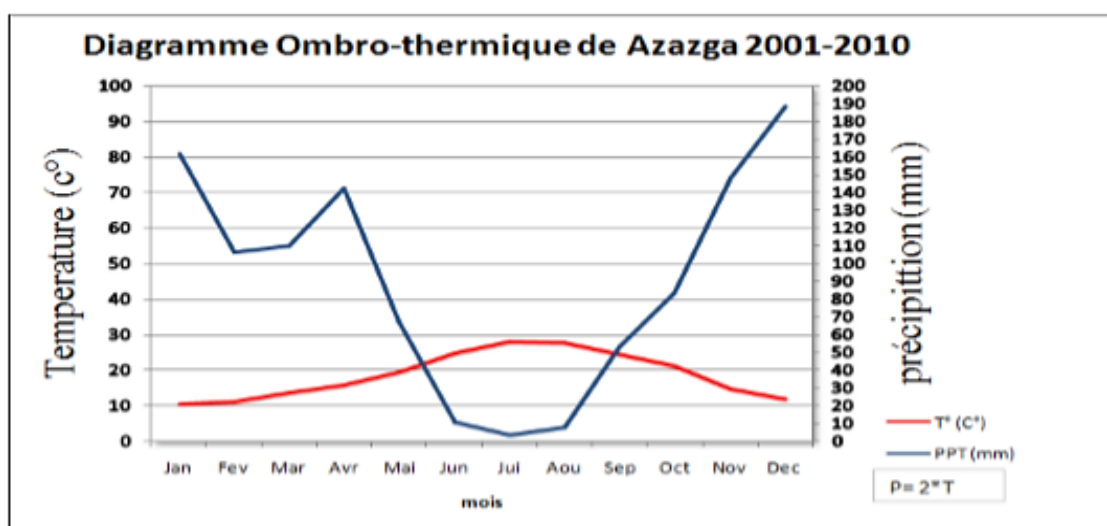


Figure 16: Diagramme ombro-thermique de la commune d'Azazga.

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

#### **IV.4 L'étage bioclimatique de la zone d'étude**

Le climagramme d'Emberger permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une région donnée.

Emberger a précisé cinq étages bioclimatique : humide, subhumide, aride, semi-aride, et saharien, et quatre variantes thermiques :

- Hiver froid :  $m < 0^{\circ}\text{C}$
- Hiver frais :  $0 < m < 3^{\circ}\text{C}$
- Hiver doux ou tempéré :  $3 < m < 7^{\circ}\text{C}$
- Hiver chaud :  $m > 7^{\circ}\text{C}$

Le climagramme est déterminé à partir de la formule modifiée :

$$Q2 = 2000 \frac{P}{M - m}$$

Q2 : Quotient pluviothermique.

P : précipitations moyennes annuelle.

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

M-m : L'amplitude thermique.

$P = 1077.51\text{mm}$  ;  $M = 27.7^{\circ}\text{C}$  ;  $m = 10.24^{\circ}\text{C}$  ; D'où  $Q2 = 211.36$

Le calcul du quotient (Q2) nous permet de classer la zone d'étude de Tizi-Ouzou dans l'étage bioclimatique humide à hiver chaud.

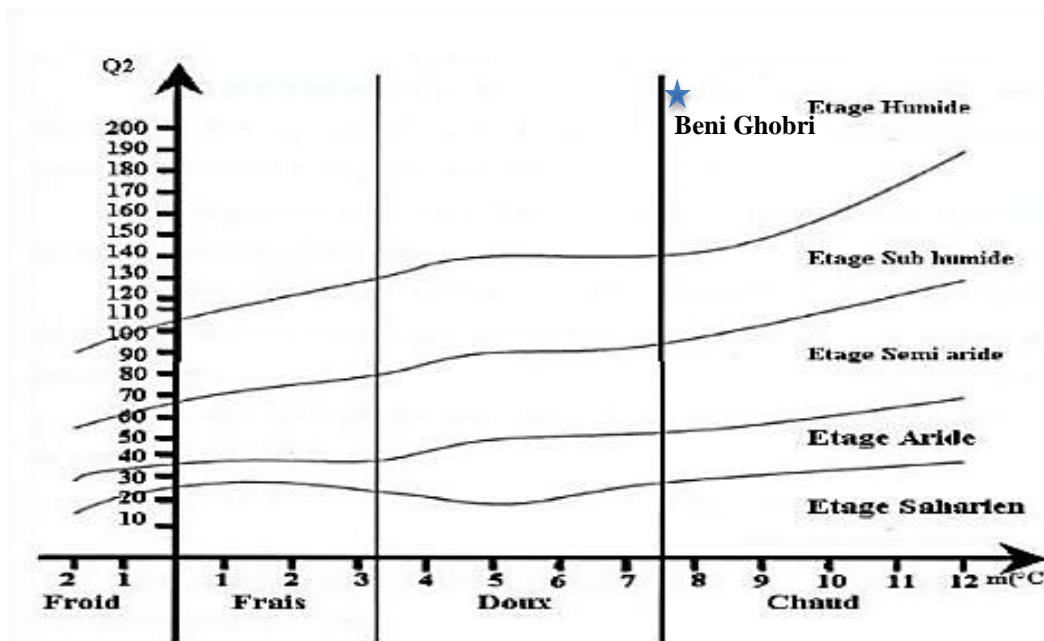


Figure 17 : l'étage bioclimatique de la station d'el Ainseur projeté sur le climagramme d'Emberger

### V. Echantillonnage sur le terrain

La récolte des échantillons constitués des racines de *quercus suber* et le sol a été faite pendant le mois d'avril 2022 au niveau du massif forestier de Beni Ghobri, dans la région de Yakouren wilaya de Tizi-Ouzou.

On a choisi 30 arbres aléatoirement numéroté de 1 à 30, pour certains sujet ils sont à proximité de la route les autres au milieu de forêt, ensuite les 6 sujet étudiant ont été choisi par tirage au sort.

Les racines de *Quercus suber L* et le sol ont été récoltées suivant la méthode d'Uterano et al. (2000). Nous avons mesuré 25\*25 en utilisant un mètres ruban a 1m vers le nord aux pieds de chacun de six arbres de *Quercus suber L*, ensuite deux niveau sont récoltés, N1 pour le 1 er niveau (de 0 à 10cm) le N2 pour le deuxièmes niveau (de 10 à 20cm).

Les racines et les sols des deux niveaux (N1 et N2) ont étai récupérés dans des sacs en plastiques. Ces derniers sont conduits au laboratoire afin de les traiter.



**Figure18** : sacs étiquetés

## **VI. Analyse du sol rhizosphérique**

Afin de réaliser les analyses du sol, nous avons laissé sécher notre sol à l'Air libre et à l'obscurité, puis tamisé à l'aide d'un tamis de 2mm pour obtenir une portion fine.

### **IV.1. Potentiel d'hydrogène**

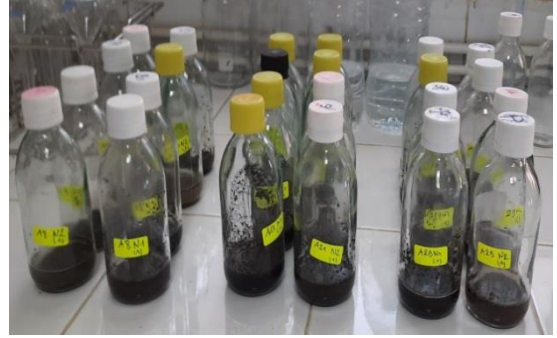
Afin d'effectuer une analyse du potentiel hydrogène qui est une méthode chimique utiliser pour indiquer selon une échelle logarithmique comprise entre 0 et 14 la quantité d'ions H<sup>+</sup> contenus dans un sol , on procède à une méthode qui consiste à :

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

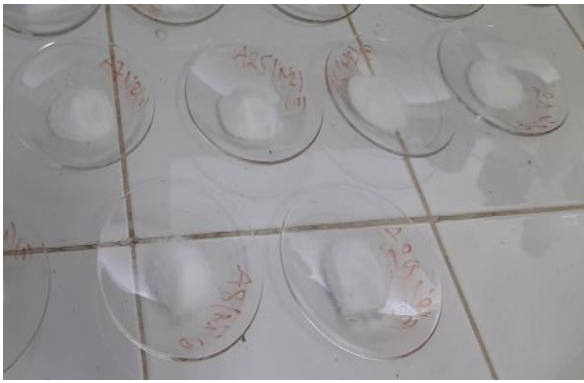
Pour le pH KCl nous avons ajouté aux échantillons précédents 3,72g de KCl, nous avons procédé à une agitation de 15 min à l'aide d'un agitateur, suivie de 45 min de repos à température ambiante, le pH KCl est mesuré a l'aide Dun pH mètre.



1. Peser du sol



2. Échantillons agité



3. Ajout du Kcl



4. Mesure du pH avec un pH mètre

Figure19 : étapes de mesure du Ph

**IV.2. Dosage du Carbone**

Le dosage du carbone organique du sol, a été effectué suivant la méthode par déshydratation puis calcination à 450°C où 2 échantillons de 5g de sol tamisé et nettoyé méticuleusement ont été pris.

Ensuite nous avons utilisé des creusets en céramique préalablement chauffés durant 16 h dans un four électrique à 550°C, puis passé au dessiccateur et pesé à l'aide d'une balance à précision, ainsi nous avons obtenus les poids des creusets vide (M0). 5g de sol de chaque échantillon sont introduit dans un creuset, ces derniers sont mis à l'étuve à 220°C durant 16 h, puis au dessiccateur pour refroidir.

Une fois refroidies, les creusets pleins sont été pesés, le résultat obtenu (masse M1).

Les creusets sont mis par la suite dans un four électrique pendant 04 h à 450°C. Une fois refroidies au dessiccateur, les creusets sont pesés pour obtenir après calcination le poids (masse M2) (figure 20).

Une fois les résultats obtenus, la perte au feu exprimée en % de la masse de l'échantillon déshydraté est donnée par la loi suivante :

$$\text{Perte au feu en \%} = (M1 - M2) / (M1 - M0) \times 100$$



**2. Pesée du sol**



**1. Mise à l'étuve pendant 16h à 220° C**



**3. Mise au four à 450° C**



**4. Mise dans un dicicateur après sortie du four**

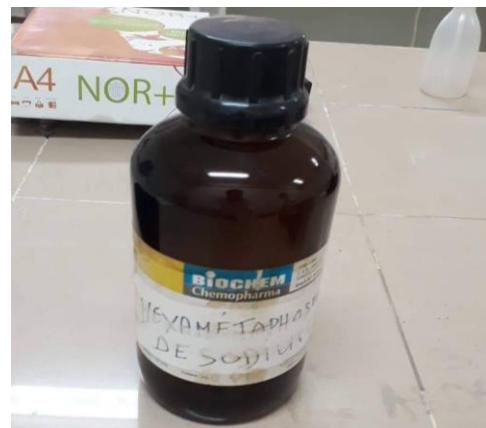
**Figure 20 : étapes du dosage du carbone**

**IV.4. Conductivité**

Afin de déterminer la capacité d'échanges cationique nous avons tamisé 20 g du sol au travers d'un tamis de 2 mm, ensuite nous avons utilisé des bécher de 250 ml, nous avons ajouté 100 ml d'eau distillée puis nous avons procédé à une agitation de 2 min avec un agitateur mécanique, suivie de 30min de repos. La solution a été filtrée et refiltrée pour obtenir un filtrat clair, à qui nous avons ajouté 2 gouttes d'examétaphosphate de sodium à 0.1%. La conductivité est mesurée à l'aide d'un conductimètre.



**1. Pesée du sol**



**2. Ajouter l'examétaphosphate**



**3. Filtrage de la solution**



**4. Mesure de la conductivité avec un conductimètre**

**Figure 21 : étapes de protocoles de la mesure de la conductivité**

## V. Analyse phytochimique

### V.1. Biométrie racinaire

Les racines ont été nettoyées au laboratoire, à l'aide d'une brosse fine, afin d'extraire tout le sol rhizosphérique et le rhizoplan. Ces dernières sont gardées soigneusement dans des sacs en plastique pour éviter toute contamination afin de les analyser.



**Figure 22** : nettoyage des racines

A l'aide d'un pied à coulisse et d'une règle nous avons mesuré le diamètre ainsi que la longueur des racines. Les racines sont par la suite séchées à l'air libre et à l'obscurité.



**Figure 23** : Mesure du diamètre des racines avec un pied à coulisse électronique

**V.2.Préparation des extraits racinaires**

Une même biomasse racinaire est considérée pour chaque sujet échantillonné. On les a mélangés soigneusement afin d'avoir un échantillon moyen homogène. Puis broyé à l'aide d'un broyeur électrique afin d'avoir une poudre fine.

**1. Broyage des racines****2. Poudre des racines****Figure 24: Broyage des racines**

L'extraction méthanolique est réalisée suivant le protocole utilisé par Ouzid et al., (2018). Cette extraction est réalisée pour une saison (printemps 2022) et sur deux niveaux (N1 et N2). 2g de poudre de racine sont mélangés à 20 ml de méthanol dilué à 70 %. Cette étape est suivie d'une agitation pendant 30 min, la solution est ensuite mise en macération à 4°C pendant 24 heures. Une centrifugation est effectuée à 4000 tours/minute pendant 15 min pour recueillir le surnageant. Ce processus a été répété trois fois. Ensuite, le solvant a été éliminé par évaporation dans des cristallisoirs.



1. Pesée la poudre



2. Agitation pendant 30 min



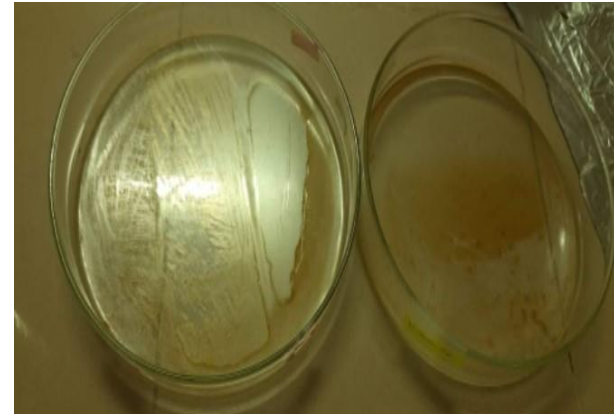
3. Conservation à 4 °C



4. Centrifugation



5. Récupération du surnageant



6.Évaporation

Figure 25 : Préparation des extraits racinaires

V.3.Dosage des phénols totaux

Les polyphénols totaux sont estimés en utilisant le réactif Folin-Ciocalteu suivant le protocole élaboré par Li et al.,(2007). 200 µl de l'extrait sont mélangés avec 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué au 1/10. Après 4 min, 800 µl de carbonate de sodium  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (75mg/ml) est rajouté à la solution. Après 2h d'incubation à température ambiante, la mesure de l'absorbance est faite à 765 nm (Figure 25).



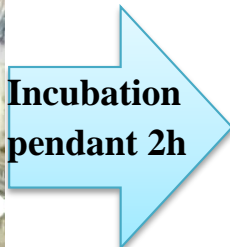
**1. 200 µl de la solution aqueuse ou d'acide**



**2. rajouté 1 ml de folin-ciocalteu**



**3. après 4 min ; ajouté 800 µl de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$**



**4. Lecteur par spectrophotomètre (absorbance 765 nm)**

Figure 26: protocole du dosage de polyphénols et d'acide gallique

Une gamme étalon allant de 10 à 100 µg/ml a été préparée avec de l'acide gallique et les résultats sont exprimés en mg d'acide gallique par g de poudre végétale (mg EAG/g PV) en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de l'acide gallique.

## **VI. Analyse statistiques**

Toutes les données obtenues sont exprimées en moyenne et traitées par l'analyse de variance a un seul facteur (ANOVA).L'analyse a été effectuée en utilisant le logiciel R VERDION 4.1.0, cette analyse est proposée par Dagnelie (1975). Son interprétation est étudiée comme suit

- Si la probabilité est  $>$  à 0.05 la différence est non significative.
- Si la probabilité est  $<$  à 0.05 la différence est significative.
- Si la probabilité est  $<$  à 0.01 la différence est hautement significative.
- Si la probabilité est  $<$  à 0.001 la différence est très hautement significative.

### **VI.1. Teste de corrélation**

Une analyse de corrélation est réalisée à l'aide du logiciel past3 pour mettre en évidence les corrélations. Cette méthode permet de mettre en évidence les interactions entre les facteurs édaphiques (pH, teneur en matière organique et conductivité) et Le taux de polyphénols totaux.

## I. Résultats

Notre étude qui a été réalisée au massif forestier de Beni Ghobri dans la localité d'Ainseur a permis de comprendre la réaction d'une subéraie face à plusieurs sources de stress.

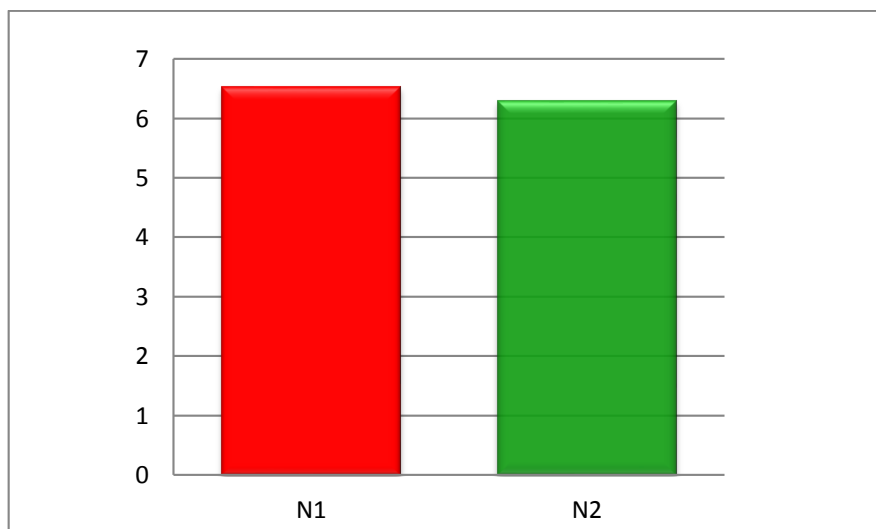
Les résultats obtenus révèlent une différence entre le N1 et N2. Le N1 se situe dans l'horizon A0 qui est un horizon organique, la teneur en PPT, le pH, le carbone organique du sol et la longueur ainsi que le diamètre des racines, les résultats obtenues dans ce niveau sont supérieures au niveau deux (N2).

### I.1. Résultats de l'étude édaphique

#### I.1.1 Résultats du potentiel d'Hydrogène (pH)

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 6.53 mesuré au N1, et 6.28 mesuré au N2 concédèrent ainsi le sol modérément à légèrement acide.

L'analyse de variance montre qu'il y'a pas de différence significative entre les niveaux de profondeur, vérifié par la valeur de  $P = 0.414$  au risque de 5%.

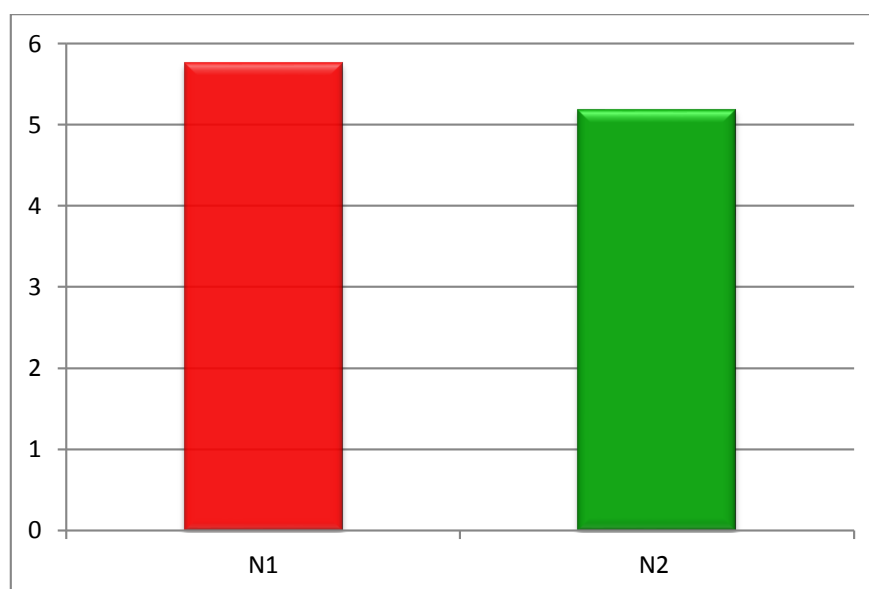


**Figure 27:** Variation du pH dans deux niveaux N1 et N2.

### I.1.2. Résultat des mesures du pH Kcl

Les résultats obtenus pour le pH Kcl du sol qui se trouve sous les arbres de chêne liège varient selon la profondeur, avec une valeur moyenne de 5.76 mesuré au N1, et 5.19 mesuré au N2 concéderont ainsi le sol plus acide.

L'analyse de variance montre qu'il y'a pas de différence significative entre les niveaux de profondeur, vérifié par la valeur de  $P = 0.098$  au risque de 5%

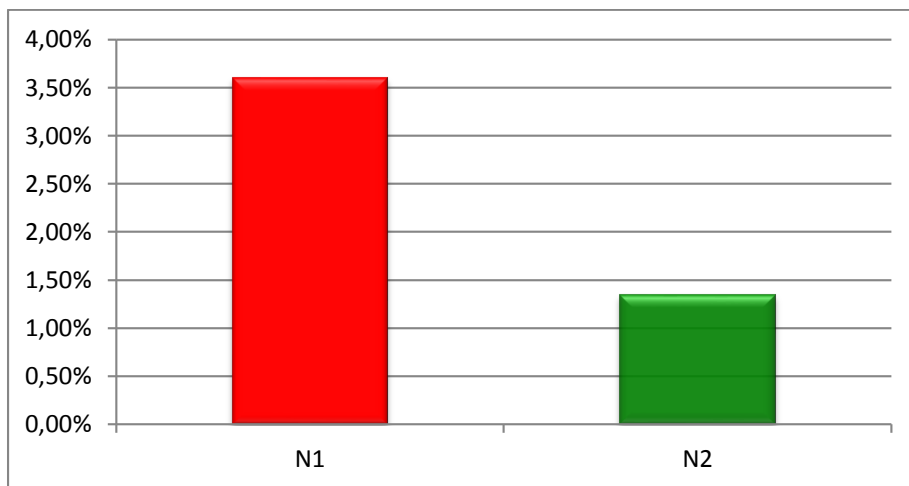


**Figure 28:** Variation du pH Kcl dans deux niveaux N1 et N2

### I.1.3. Résultat du carbone organique

Les résultats obtenus pour le carbone organique du sol qui se trouve sous les arbres de chêne liège varient selon la profondeur, N1 est plus riche en matière organique avec une valeur moyenne estimée de 3,6%, tant dit que le N2 à une valeur estimée à 1,35%.

L'analyse de variance montre qu'il y'a une différence significative entre les niveaux de profondeur, vérifié par la valeur de  $P = 0.08$  au risque de 5%.

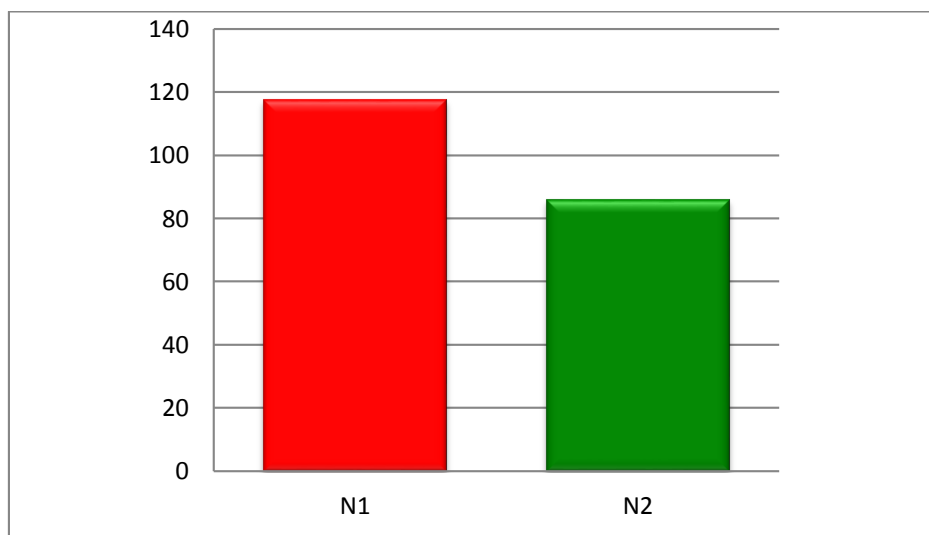


**Figure 29 :** variation de carbone dans deux niveaux N1 et N2

#### I.1.4.Résultat de la conductivité

Les résultats obtenus pour la conductivité (la capacité d'échange cationique) du sol qui se trouve sous les arbres de chêne liège varient selon la profondeur, une valeur moyenne de 117,66  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mesuré au N1 et 85,83  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mesuré au N2.

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



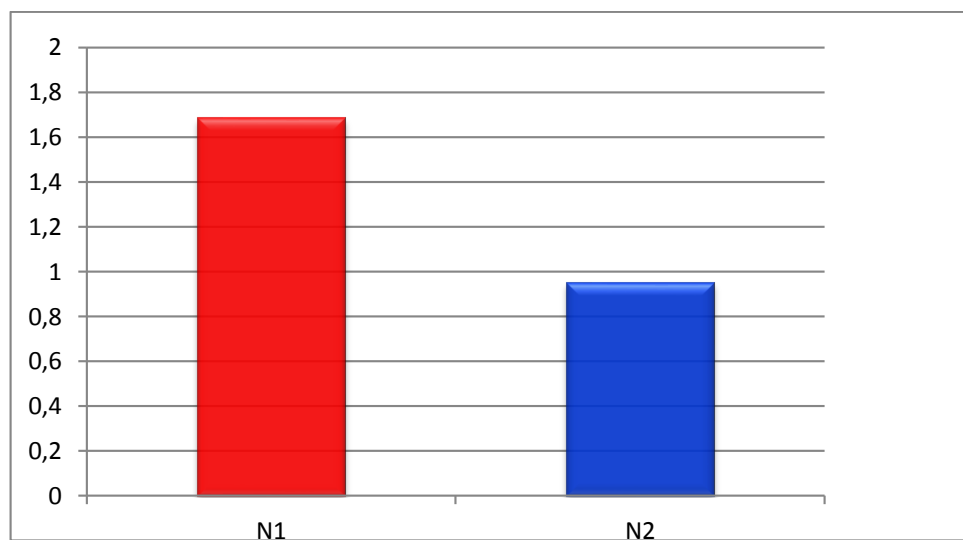
**Figure 30:** variation de la conductivité dans deux niveau N1 et N2

## I.2. Résultats de l'étude biométrique des racines rhizosphérique

### I.2.1. Diamètre des racines

Les résultats obtenus pour le diamètre des racines des arbres chêne liège varient selon la profondeur, avec une valeur moyenne de 1,68 mm mesuré au N1, et 0,94 mm mesuré au N2.

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative avec une valeur de  $P=0.006$  pour la biométrie racinaire.

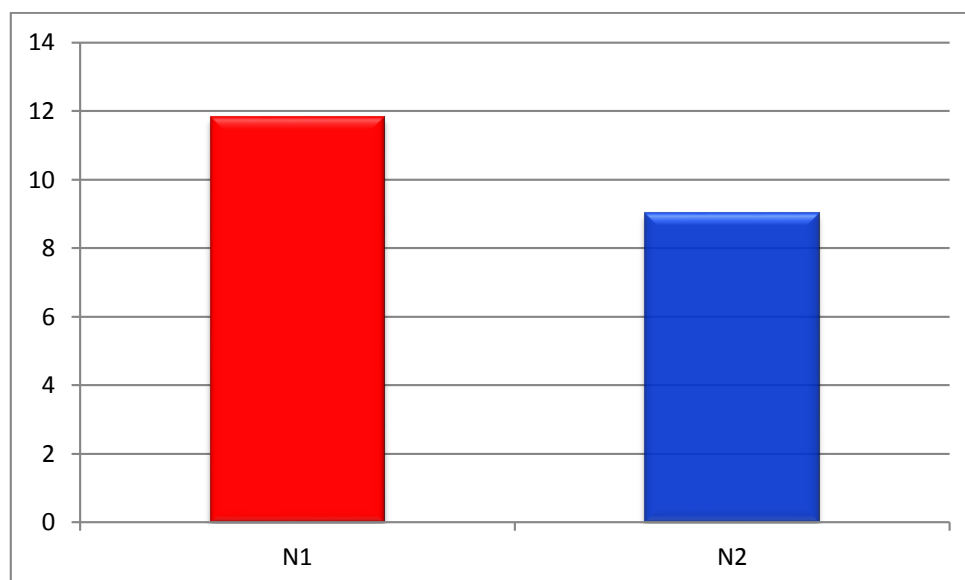


**Figure 31 :** Variation des diamètres des racines rhizosphérique selon deux niveaux N1 et N2

### I.2.2. Longueur des racines

Les résultats obtenus pour les longueurs des racines des arbres chêne liège varient selon la profondeur, avec une valeur moyenne de 11,82 cm mesuré au N1, et 9.01 cm mesuré au N2.

L'analyse de la variance montre que la différence n'est pas significative qui est vérifié par la valeur de  $P= 0.33$  au risque de 5%.



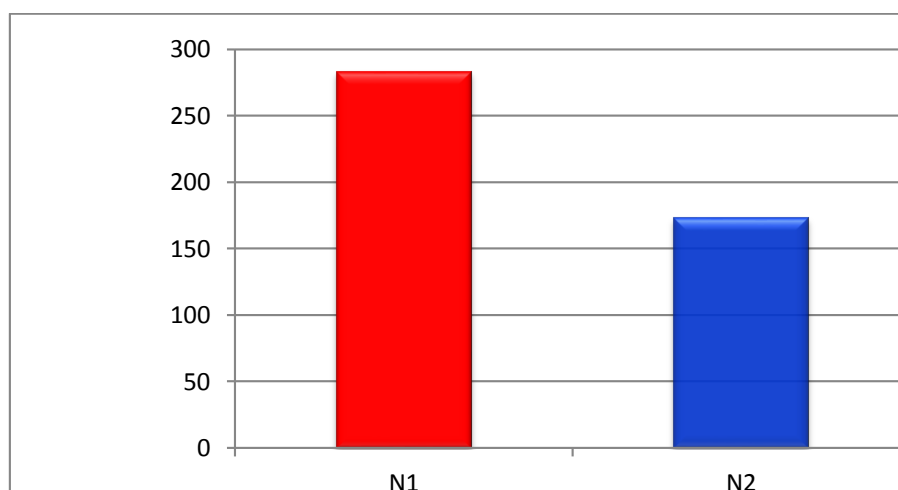
**Figure 32:** Variation des longueurs des racines rhizosphériques selon deux niveaux N1 et N2

### I.3. Résultats de l'étude phytochimique

#### I.3.1. Polyphénols totaux

L'étude phytochimique de deux niveaux des racines de *Quercus suber L* du révèle la présence des composés phénoliques (PPT)

Les valeurs obtenues expriment une richesse en PPT dans les deux niveaux, cependant nous avons constatés qu'il existe une variation entre les deux niveaux (N1 et N2) de la teneur en Polyphénols totaux(PPT).



**Figure 33 :** Variation des teneurs en polyphénols Totaux (PPT) selon deux niveaux

La teneur en PPT est de  $282,791 \pm 2,701 \mu\text{g EAG/mg}$  dans le N1 et de  $173.312 \pm 1.641 \mu\text{g EAG/mg}$  dans le N2. La teneur la plus importante a été enregistrée dans Le niveau N1.

L'analyse de la variance montre que la différence n'est pas significative qui est vérifié par la valeur de  $P= 0.049$  au risque de 5%.

#### **I.4. Matrice de corrélation**

Pour essayer de comprendre les différentes interactions qui existent entre les facteurs édaphiques, phytochimique et l'étude biométrique racinaire, nous avons réalisé une matrice de corrélation (Tableau 4 et 5).

La matrice de corrélation donne des coefficients de corrélation entre les différents paramètres étudiés. Parmi les corrélations significatives certaines sont positives ce qui signifie que les variables varient dans le même sens, d'autre sont négatives ce qui signifie que les variables varient dans des sens opposés.

Matrice de corrélation entre les paramètres de la rhizosphère de *Quercus suber L* dans le N1

Des corrélations positives sont notées comme celle entre

- le taux de polyphénols, la longueur des racines
- le taux de polyphénols et la conductivité du sol

Ainsi que d'autres corrélations négatives entre

- le taux de polyphénols, les diamètres des racines.
- Le taux de polyphénols le pH Kcl.

Matrice de corrélation entre les paramètres de la rhizosphère de *Quercus suber L* dans le N2

Des corrélations positives sont notées comme celle entre

- le taux de polyphénols, la longueur des racines,

Ainsi que d'autres corrélations négatives entre

- le taux de polyphénols, la conductivité
- le taux de polyphénols les diamètres des racines.

**II. Discussions****II.1. Polyphénols**

La présence de polyphénols (PPT) dans les racines de *Quercus suber L*, indique une richesse en métabolites secondaires de cette partie de la plante.

La production de composés phénoliques (tanins, anthocyanes, flavonoïdes) qui, en plus de contribuer à l'absorption et / ou dissipation de l'énergie solaire, offrent une protection contre les effets délétères des rayons UV, tels que les dommages tissulaires induits directement par les UV-B ou la formation de radicaux libres et d'autres espèces oxydantes (Sampaio et al., 2016)

Gunn et Farrar,(1999), ont démontré que la température affecte la masse totale de la plante et la respiration des racines ce qui entraîne une élévation des métabolites secondaire.

La teneur en PPT très élevée des racines de *Quercus suber L* pourrait être due au climat méditerranéen caractérisé par des étés chauds ou très chauds avec l'existence d'une saison de sécheresse, relativement longue avec de faibles précipitations voire nulles (Peñuelaset al., 1998 ;Gil-Pelegri et al., 2017) .La saison sèche peut s'étaler quelques fois sur cinq mois (de mai à octobre) dans la région d'études et parfois sur plusieurs années, exposant les espèces végétales à de fortes radiations solaires ce qui se traduit par un stress hydrique et thermique (Quézel et Médail, 2003), et une augmentation de taux de polyphénols.

Les stressés thermiques affectent *Quercus suber L* cependant il montre une certaine vulnérabilité malgré qu'il soit une espèce xérique, parmi les stratégies d'adaptation qu'emploie cette espèce à ce type de stress la production d'importante quantité de métabolites secondaires (Almeida et al. 2020)

Le *Quercus suber L*. est une espèce ectomycorhizienne (Daoudi et al., 2016), en effet l'augmentation de la teneur en polyphénols pourrait être due à la présence d'une population indigène de champignons mycorhiziens

La majorité des études se sont concentrées sur la teneur en polyphénols des parties aériennes de *Quercus suber L*. En raison du manque de travaux sur les teneurs en polyphénols des racinaires de cette espèce, nous avons abordés un éventuel rapprochement entre nos résultats et ceux enregistrés pour les parties aériennes.

Les travaux réalisés par Saouli, 2009., Yasmine Adjamia et al.,2016 sur les teneurs en PPT du gland du chêne liège sont inférieure comparativement à nos résultats et cela peut être expliqué par la faculté de la rhizodéposition que possèdent les racines. D'après Weston et al. (2012), les quantités de métabolites secondaires sont plus importantes chez les racines comparativement à d'autres organes et dépend aussi de l'environnement, du sol mais également de la santé des racines.

Organe végétale	Teneur en PPT	Auteur
Glands	108 et 111 mg GAE/g du poids sec	Yasmine Adjamia et al.,2016
	154,8 mg GAE/g poids sec	Saouli, 2009
	18.93 mg GAE/g.	Faten Mezni., 2021
Feuilles	65,97 ± 0,74 mg EAG/g	Mezahem, 2015
Lièges	17 ± 0.2 mg EAG/ g d'extrait	Custódio et al., (2014).
Racines	282,791 ± 2,701 µg EAG/mg dans le N1	Kemmoum, 2022.
	173.312 ± 1.641 µg EAG/mg dans le N2	

**Tableau 4.** Comparaison des teneurs en PPT des organes végétaux de *Quercus suber L.*

## II.2. pH du sol

En ce qui concerne les traits pédologiques, nous avons constaté une grande plasticité de *Quercus suber L* aux conditions du substrat, notamment le pH de la rhizosphère

D'après les données de la littérature, le pH du sol est critique pour la croissance du chêne-liège, généralement un pH compris entre 4,7 et 6,5 est considéré comme favorable (Maria Daria Fumi et al ,2014).

La zone d'étude présente des valeurs de pH adaptées à la croissance de *Quercus suber*.

La baisse du pH en fonctions de la profondeur peut s'expliquer par la nature de la roche mère, les hydroxydes et les oxydes en milieu acide le fer et l'Al peuvent être libéré dans la solution du sol. Leur hydrolyse produit des ions H<sup>+</sup> contribuant ainsi à acidifier le sol (Duchaufour, 1995). Cependant, l'activité racinaire et celle de la microflore associée sont à l'origine de modifications des propriétés biochimiques et microbiologiques (Arvieu, 1998 ;

Stengel et Gelin, 1998 ; Römheld et Neumann, 2006) et minéralogiques (Turpault et al., 2007) des sols à proximité immédiate des racines actives.

La différence moyenne entre les pH eau-pH KCl est de 0.77 pour le N1 est de 1.09 pour le N2 ce qui indique une acidité échangeable et la saturation des sols en H<sup>+</sup> (Bonneau et Souchier 1994)

### **II.3.Carbone du sol**

D'après David Scott Howlett et al., 2016 l'importance du carbone (C) stocké dans les sols dépend d'un certain nombre de facteurs, dont les caractéristiques physiques et chimiques du sol, les conditions climatiques et autres conditions environnementales.

La profondeur du sol est un facteur significatif de stockage de carbone du sol, les résultats obtenus par Davide Scott Howlett, 2016 et al, sont similaire à nos résultats, le taux de carbone est plus élevé dans le 1<sup>er</sup> niveau de profondeur du sol, cela pourrait être dû à la stabilisation préférentielle de la matière organique (MO) dans les macroagrégats par rapport aux petits agrégats. La présence des racines et d'hyphes en décomposition à l'intérieur des macroagrégats non seulement augmentent les concentrations de (C) mais contribue également à leur stabilisation.

De façon générale, le carbone du sol augmente dans le N1 par rapport au N2 du fait que le N1 est localisé dans l'horizon A0 qui est organique. Cette différence peut s'expliquer par le fait que les racines exsudent des composés variés (minéraux et organiques), les plus essentiels sont de nature organique, qui sont la source principale de carbone pour les microorganismes dans le but de reconstituer la matière organique dans le sol (Sollins et al., 1996 ; Uren, 2000 et Bertin et al., 2003). L'importance de la matière organique légère dans tous les sols particulièrement dans les horizons de surface est liée aux apports de la matière organique fraîche d'une part, d'une minéralisation primaire d'autre part. En plus de la nature du matériau parental, le climat et la végétation jouent un rôle dans la teneur des sols en carbone organique (Klimek et al., 2009).

L'effet rhizosphérique est lié au flux de carbone considérable exsudé par les racines et la rhizodéposition (Czanes et al.,2000 ; Hinsinger, 2001). Il est désormais admis qu'en moyenne 20% du carbone assimilé par les végétaux supérieurs, sont exsudés et libérés dans le sol par les racines (Hinsinger et al., 2005). Ces exsudats représentent une source d'énergie et

d'aliments nutritifs pour les microorganismes qui sont impliqués dans la dynamique et l'augmentation de la matière organique (Morel, 1989 ; Hinsinger, 2000)

#### II.4. Conductivité du sol

La mesure de la conductivité permet d'obtenir une estimation de la teneur globale en sels dissous sur un extrait saturé ou dilué (AUBERT, 1978).

Les résultats obtenus pour la conductivité (la capacité d'échange cationique) du sol qui se trouve sous les arbres de chêne liège varient selon la profondeur, une valeur moyenne de 117,66  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mesuré au N1 et 85,83  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mesuré au N2. Et par conséquent, ce sol est non salin selon la classification des normes (Bocoum, 2004).

**Tableau 5** présente les différentes classes de sols. (Bocoum, 2004).

Conductivité électrique	Sol
< 250	Non salin
250-500	Légèrement salin
500-1000	Salin
1000_2000	Très salin
> 2000	Extrêmement salin

Selon les normes de (Bocoum, 2004) le *Quercus suber L.*, est bien adaptée au sol de la région d'études par conséquent, la conductivité peut agir de façon sensible sur son développement et plus précisément, sa composition chimique.

## Conclusion et perspective

---

Faces aux multiples facteurs de stress les plantes réagissent d'une manière plus complexe. La capacité de la plupart des plantes à survivre dans un environnement défavorable est attribuée à des stratégies d'adaptation morphologiques, biochimiques, et anatomiques.

Le chêne liège est une espèce cible de choix par son intérêt économique (liège) et écologique. C'est une espèce représentative de la végétation d'Algérie, très exposée aux changements globaux.

Les facteurs environnementaux activent des réponses qui entraînent des changements dans les métabolites secondaires de cette espèce.

Notre travail a été effectué afin de soulever les effets des changements globaux sur la rhizosphère du *Quercus suber L.*

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

Cette étude nous a permis de mettre en évidence l'existence des polyphénols totaux dans les racines rhizosphériques du *Quercus suber L.*, dont des taux qui révèlent l'importance et l'intensité des facteurs de stress.

En effet ces résultats nous indiquent que les racines sont soumises à un stress au niveau de la racine rhizosphériques, pouvant être dû aux changements globaux affectant tous les compartiments de l'écosystème.

Ces résultats concordent avec les résultats (Huang et al., 2014 ; Badri et al., 2013; Bardi et al. 2012 ; Weston et al. 2012 ; Lynch et al. 2001) et montrent l'importance de la rhizosphère dans la stabilité des écosystèmes. En effet, l'altération de la rhizosphère induit des perturbations au niveau des cycles biogéochimiques, et des populations animales du sol, ainsi que dans la nutrition des plantes.

D'où l'importance de conserver la rhizosphère, afin de protéger l'ensemble des processus écologiques importants et des interactions des composants aériens et souterrains de l'écosystème.

En perspective, il serait intéressant de compléter cette étude avec une analyse phytochimique plus approfondie, afin de :

- Déterminer d'autres composés phénoliques totaux.
- déterminer le taux de polyphénols des autres parties du chêne liège.
- déterminer la nature et l'intensité de facteur stress agissant au niveau de la subéraie.

- **ABASSI, M., ZOUAOU, M., MGUI, K., YOUSSEF A., BEJAOU, Y, (2019).** Réponses morpho-physiologique et anatomique de jeunes plants de chêne liège (*Quercus suber*. L) face aux effets de l'ombre et du stress hydrique.
- **Al Naser, O ; (2018).** Effet des conditions environnementales sur les caractéristiques morpho-physiologiques et la teneur en métabolites secondaires chez *Inula montana*: une plante de la médecine traditionnelle Provençale (Doctoral dissertation).
- **Al Naser, O, (2018).** Effet des conditions environnementales sur les caractéristiques morpho-physiologiques et la teneur en métabolites secondaires chez *Inula montana*: une plante de la médecine traditionnelle Provençale (Doctoral dissertation).
- **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
- **António, M, (2022).** Kinship Analysis and Pedigree Reconstruction of a Natural Regenerated Cork Oak (*Quercus suber*) Population.
- **Arviu, J. C, (1998, August).** Bioavailability of soil P and K: concepts and factors. In 16. Congrès Mondial de Science du Sol.
- **Aubert, G , (1978).** Méthodes d'analyses des sols. Edit.C.R.D.P.Marseille.189p.
- **Augusta, C., Inês, B., Célia, M., et José, G, (2021).** Variation of cork porosity along the stem in harvested cork oak (*Quercus suber* L.) trees.
- **Author, L., Open, O., panel, C., Dazzi, G., Lo, P., (2022).** A new definition of soil to promote soil awareness, sustainability, security and governance.
- **Author, L., Open, O., Panel, G., Lavado .,Luis, L, Ramón, C , (2012).**Cork oak (*Quercus suber* L.) leaf extracts potential use as natural antioxidants in cooked meat
- **Aziz, M., Mohamed, G., Mohamed, E., Kaouther, B., Djamel, A, (2021).** Cartographie des déterminants de l'invasion par le pin maritime, *Pinus pinaster* Ait., de la subéraie de Haddada dans le nord-est de l'Algérie.
- **Barea, JM., Pozo, MJ., Azcon, R., Azcón-Aguilar, C, (2005).** Microbial co-operation in the rhizosphere.
- **BELGHERBI, B., et BENABDELI, K, (2015).** Quelle stratégie pour la préservation des formations de *Quercus suber* (Chêne liège) en Algérie occidentale tellienne ?

- **Bertin, C., Yang, X., & Weston, L. A, (2003).** The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. *Plant and soil*, 256(1), 67-83.
- **Bertin, C., Yang, X., & Weston, L., (2003).** The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. *Plant and soil*, 256(1), 67-83.
- **Billé, R., Cury, P., Loreau, M., Maris, V, (2014).** Biodiversité : vers une sixième extinction de masse.
- **Bocoum, M., 2004.** Méthodes d'analyses des sols. Doc de travail. Institut National de Pédologie, Dakar - Sénégal, 55 pp.
- **Bonneau, M., & Souchier, B. (1994).** Pédologie. 2. Constituants et propriétés du sol (No. 631.4 B716 1994). Masson.
- **Bonneau, M., et Souchier, B. (1994).** Pédologie. 2. Constituants et propriétés du sol (No. 631.4 B716 1994). Masson
- **Borges, CV., Minatel, I.O., Gomez-Gomez, H.A., Lima, G.P.P, (2007).** Medicinal Plants: Influence of Environmental Factors on the Content of Secondary Metabolites. In Ghorbanpour M, Varma A. (eds) *Medicinal Plants and Environmental Challenges*. Springer, Cham
- **Borges, CV., Minatel, I.O., Gomez-Gomez, H.A., Lima, G.P.P, (2007).** Medicinal Plants: Influence of Environmental Factors on the Content of Secondary Metabolites. In Ghorbanpour M, Varma A. (eds) *Medicinal Plants and Environmental Challenges*. Springer, Cham.
- **BOUCHAOUR-DJABEUR, S., BENABDELI, K. et TAIB. N, (2021).** Glands de chêne-liège de la subéraie Hafir-Zarieffet (Tlemcen, Algérie) : caractéristiques, état sanitaire et infestation par les insectes.
- **Bruna, M., Teresa, S., Marta, A. Antunes., Hugo, M., Filipe, C., Carla, B., Fernanda, S., Ana, U., Maria, H .A., Chase., M. W., & Reveal, J. L, (2009).** A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the linnean Society*, 161(2), 122127.
- **Chang, J., van Veen, JA., Tian, C., EE Kuramae, (2022).** A review on the impact of domestication of the rhizosphere of grain crops and a perspective on the potential role of the rhizosphere microbial community for sustainable rice crop production.
- **Chapin. F. S, III, chapitre 25, (2000).** *Polar Systems*.
- **Christophe, D, (2006).** Les racines fac caché des arbres, Institut pour le dévalément forestier

- **Custódio, L., Patarra, J., Alberício, F., Neng, N. R., Nogueira, J. M. F., & Romano, A. (2013).** Extracts from *Quercus* sp. acorns exhibit in vitro neuroprotective features through inhibition of cholinesterase and protection of the human dopaminergic cell line SH-SY5Y from hydrogen peroxide-induced cytotoxicity. *Industrial crops and products*, 45, 114-120.
- **Czanes, S, Hallett, P.D, Bengough, A.G and Young, I.M, (2000).** Root and microbial derived mucilages affect soil structure and water transport. *Eur. J. Soil Sci.* 51, 435– 443.
- **Czanes, S., Hallett, P D., Bengough, A. G and Young. I M, (2000).** Root and microbial derived mucilages affect soil structure and water transport. *Eur. J. Soil Sci.* 51, 435– 443
- **Daniela, C., Rui, M. Tavares., Paula, B ET Teresa. L, (2022).** The influence of bioclimate on soil microbial communities of cork oak.
- **Daniela. C., Vitor. R., Rui. M.T., Paula. B ET Teresa., 2022.** Phylogenetic analysis and genetic diversity of the xylariaceous ascomycete *Biscogniauxia mediterranea* from cork oak forests in different bioclimates.
- **Daoudi, H., Derridj, A., Hannachi, L., & Mevy, J. P. (2016).** Growth, ectomycorrhization and biochemical parameters of *Quercus suber* L. seedlings under drought conditions. *African Journal of Biotechnology*, 15(38), 2082-2090
- **Daoudi, H., Derridj, A., Hannachi, L., & Mevy, J.P.(2016).** Growth, ectomycorrhization and biochemical parameters of *Quercus suber* L. seedlings under drought conditions. *African Journal of Biotechnology*, 15(38), 2082-2090.
- **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.
- **David, S. H .,a Gerardo, M., Maria, R., Mosquera, L., Ramachandran, N and Vimala D. Nai, (2016) .** Soil carbon storage as influenced by tree cover in the Dehesa cork oak silvopasture of central-western Spain.
- **Dazzi,D., papa.GL, (2021)** A new definition of soil to promote soil awareness, sustainability, security and governance.
- **Drugmand, J., & Quinet, M, (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*.
- **Duchaufour, P. H, (1995).** Abridged pedology.

- **Engel, M., Juan S., Lezama, P., Vincent, N., Kristin, B. and Scott, F., (2021).** Organic compounds alter the preference and rates of heavy metal 1 adsorption on ferrihydrite.
- **Faten, M., Boutheina, S., Awatef, S., Faten, A., Abdelhamid, K ET Nizar, M, (2021).** Effect of Growing Area on Total Polyphenols, Flavonoids, Tannins and Antimicrobial Activity in *Quercus suber* L. Acorn Oil.
- **Faten. M., Boutheina. S., Awatef. S., Faten. A., Abdelhamid. K and Nizar. M, (2021).** Effect of Growing Area on Total Polyphenols, Flavonoids, Tannins and Antimicrobial Activity in *Quercus suber* L. Acorn Oi.
- **Francisco, I., Pugnaire., José, A., Morillo., Josep Peñuelas<sup>3,4</sup>, Peter B. Reich<sup>5,6</sup>, Richard D. Bardgett<sup>7</sup>, Aurora Gaxiola<sup>2,8,9</sup>, David A. Wardle<sup>10</sup>, Wim H. van der Putten<sup>11,12</sup> Marion. G, Frédéric. G, (2020).** Indicateurs et suivis de biodiversité forestière.
- **Ghefar, M., Rachid, T Bouhraoua, A, (2012).** FACTORS AFFECTING POST-FIRE VITALITY AND RECOVERY OF CORK OAK TREES IN YFRI FOREST (NORTH-WEST OF ALGERIA).
- **Gholami, A., Biyari, A., M Gholipour., Rahmani, HA, (2012).** Growth Promotion of Maize (*Zea mays* L.) by Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria under Field Conditions.
- **Gil-Pelegrín, E., Peguero-Pina, J. J., & Sancho-Knapik, D. (Eds.), (2017).** Oaks Physiological Ecology: Exploring the Functional Diversity of Genus *Quercus* L (Vol. 7). New York, NY: Springer.
- **Gunn, S., et Farrar, JF, (1999).** Effets d'une augmentation de température de 4 ° C sur la répartition de la surface foliaire et de la masse sèche, la respiration des racines et les glucides. *Écologie fonctionnelle*, 13, 12-20.
- **Hägg, J. F., Zagrobelny, M., & Bak, S, (2013).** Plant defense against insect herbivores. *International journal of molecular sciences*, 14(5), 10242-10297.
- **Hassan, E., Eric C, Brevik., Tamer, E., Alaa El-Dein, O., Megahed, A., Mohamed, A., Ahmed, El and József Prokisch, (2022).** Soil and Humans: A Comparative and A Pictorial Mini-Review.
- **Hattenschwiler, S., Barantal, S., Ganault, P., Gillespie, L., & Coq, S, (2018).** Quels enjeux sont associés à la biodiversité des sols?. *Innovations Agronomiques*, 69, 1-14.

- **Hennebelle, T., Sahpaz, S., & Bailleul, F, (2004).** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 2(1), 3-6.
- **Herms, CH., Hennessy, RC., Bak, F., Dresbøll, DB and Nicolaisen, MH, (2022).** Back to our roots: exploring the role of root morphology as a mediator of beneficial plant–microbe interactions.
- **Hinsinger P.2001.**Bioavailability of soil inorganic pin the rhizosphere as affected by root –induced chemical changes. *Plant and soil*.173-195p.
- **Hinsinger, P, (2001).**Bioavailability of soil inorganic pin the rhizosphere as affected by root –induced chemical changes. *Plant and soil*.173-195p.
- **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.
- **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. *Molecular biology reports*, 39(2), 969-987.
- **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. *Molecular biology reports*, 39(2), 969-987.
- **Huang, X. F., Chaparro, J. M., Reardon, K. F., Zhang, R., Shen, Q., & Vivanco, J. M, (2014).** Rhizosphere interactions: root exudates, microbes, and microbial communities. *Botany*, 92(4), 267-275.
- **Isabel, S., Marian, P., Devesa, Alberto, V., Juli, G., Pausas., Teresa, S., Jordi,C., ET Ramon. V, (2009).** Soil Properties Constraining Cork Oak Distribution.
- **Isabel. S., Marian. P., Alberto. V., Juli. G. P., Teresa. S., Jordi. C., and V. Ramon.V, (2009).** Soil Properties Constraining Cork Oak Distribution.
- **Jeffries, P., Gianinazzi, S., Perotto, S Turnau., K, (2003).** The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility.
- **Jenks, M. A., Hasegawa, P. M, (2014).** Plant abiotic stress, 2nd eds. Wiley-Blackwell Publishing Inc, Oxford.
- **Jossi .M, (2008).** Rhizosphere bacterial communities associated with *Lolium perenne*: structuration and plant-mediated influences.
- **Joyard. J,2022.** Qu'est-ce que la biodiversité ?.

- **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.
- **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.
- **Krafczyk, IG., Trolldenier, H., Beringer, (1984).** Soluble root exudates of maize: Influence of potassium supply and rhizosphere microorganisms.
- **Kristina, W., Alix, V., David, S., Carme, H., Steffen A, Schweizer., Franz. B., Valérie, P., Claire, C Et Carsten W, Mueller, (2021).** Particulate organic matter as a functional soil component for persistent soil organic carbon.
- **Madlung, A., & Comai, L, (2004).** The effect of stress on genome regulation and structure. *Annals of Botany*, 94(4), 481-495
- **Marcel, J.1987.** Guide de dendrologie, Tome II , Ecole nationale de génie rural, des sols et des forets.
- **Maria, L., Inácio., José, M., Arlindo, L., Edmundo., S and Filomena, N, (2021).** *Raffaelea quercina* sp. nov. Associated with Cork Oak (*Quercus suber* L.) Decline in Portugal.
- **Maria. D., Valeria. M., Elisa. N., Roberta. G., Matteo. B., Mohamed. B., Abdennaceur. H., Andrew. H., Iain. M., Agostino. P., Pino .., Cristina. S., Adélia. V, (2014).** Pedologic characteristics and fungi community in unmanaged cork oak forest soil of two Mediterranean regions: Sardinia and Tunisia.
- **Matthias, Erb., Daniel J., Kliebensteinb, (2020).** Plant Secondary Metabolites as Defenses, Regulators, and Primary Metabolites: The Blurred Functional Trichotomy.
- **Mejda, A., Khaled, M., Ammari, Y., Zoubeir, B, (2019).** *Journal of new sciences*.
- **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 europaea* subsp *sylvestris* dans la région de Tizi-Ouzou. Thèse doctorat Université Chadli Bendjedid El-taref., p23.
- **Mezahem, T; Khettal, B, (2015).** L'étude de l'activité antioxydants et antityrosinase par les extraits de plantes.
- **Mohammad, K., Hassan,John, A., McInroy,Joseph, W., Kloepper, (2019).** The Interactions of Rhizodeposits with Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in the
- **Monica, B, (2022).** The biological role of primary and secondary plants metabolites.

- **Morel, J. L, (1989).** Etats de contrainte et cinématique de la chaîne rifaine (Maroc) du Tortonien à l'actuel. *Geodinamica acta*, 3(4), 283-294
- **Morel, J. L, (1989).** Etats de contrainte et cinématique de la chaîne rifaine (Maroc) du Tortonien à l'actuel. *Geodinamica acta*, 3(4), 283-294.
- **Nadia I. Maaroufi and Jonathan R. De Long, (2020).** Global Change Impacts on Forest Soils: Linkage Between Soil Biota and Carbon-Nitrogen-Phosphorus Stoichiometry.
- **OUELMOUHOUB Samir, et BENRIMA Atika, (2021).** ESQUISSE BOTANIQUE DANS UNE SUBERAIE RELIQUE DE L'ATLAS BLIDÉEN (RÉGION DE CHRÉA, ALGÉRIE)
- **Pagare, S., Bhatia, M., Tripathi, N, (2015).** Secondary metabolites of plants and their role: Overview *CurrTrendsBiotechn&Pharmy* 9:293-30
- **Parent, C., Capelli, N., & Dat, J, (2008).** Formes réactives de l'oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes. *Comptes Rendus Biologies*, 331(4), 255–261.
- **Peñuelas, J., & Estiarte, M, (1998).** Can elevated CO2 affect secondary metabolism and ecosystem function?. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(1), 20-24
- **Peñuelas, J., & Estiarte, M, (1998).** Can elevated CO2 affect secondary metabolism and ecosystem function?. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(1), 20-24.
- **Peretó, J, (2022).** Overview of metabolism.
- **Qi Li, A., Yanhong, W., Yichun, L., Linfeng, L., Mingdeng, T., Weifang, H., Li, C., Shaoying, (2022).** Speciation of heavy metals in soils and their immobilization at micro-scale interfaces among diverse soil components.
- **Quézel, P., & Médail, F, (2003).** Que faut-il entendre par" forêts méditerranéennes. *Forêt méditerranéenne*, 24(1), 11-31.
- **Quézel, P., & Médail, F, (2003).** Que faut-il entendre par" forêts méditerranéennes. *Forêt méditerranéenne*, 24(1), 11-31.
- **Rahantaniaina, M. S. (2018).** Vers une meilleure compréhension des systèmes antioxydants chez la plante face aux contraintes environnementales: approches expérimentales et modélisation mécaniste (Doctoral dissertation).
- **Riccardo,S ., Tommaso,L., Rafael,D. , Giovanna,S. , Giuseppe,M., Pizzurro., Andrea, G., Salvatore, P.(2020).** The cork oak in the Mountains of Palermo (Italy): ecological insights from the south-eastern edge of its distribution range.

- **Rita, S., Ana, R., Suzana F., Isabel, M., Helena, P, (2020).** Chemical Composition of Cuticular Waxes and Pigments and Morphology of Leaves of *Quercus suber* Trees of Different Provenance
- **Rita, S., Isabel, M and Helena, P, (2022).** Effect of Seasonal Variation on Leaf Cuticular Waxes' Composition in the Mediterranean Cork Oak (*Quercus suber L.*).
- **Roberto, S., Sergio. R, (2022).** Climate change is altering the seasonal rhythm of plant life-cycle events.
- **Romheld, V., Neuman G, (2006)** The rhizosphere: Contributions of the Soil-Root interface to sustainable soil systems in Biological Approach, to sustainable soil systems. Ed. CRC Taylor and Francis Group, 91-103
- **Saidi,D., Bissonnais,Y., Duval,O., Daoud,Yet D. Tessie, (2008).** Estimation et signification de la capacité d'échange cationique des sols salés du Cheliff (Algérie).
- **SAOULI, A, (2009).** Caractérisation des composés chimiques des glands du chêneliège. Etude de la germination; Interaction Glands-Insectes (Doctoral dissertation, Université de Annaba-Badji Mokhtar).
- **Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., & Pessarakli, M. (2012).** Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. Journal of botany.
- **Sollins, P., Homann, P., & Caldwell, B. A, (1996).** Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. Geoderma, 74(1-2), 65-105.
- **Sollins, P., Homann, P., & Caldwell, B. A, (1996).** Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. Geoderma, 74(1-2), 65-105
- **Stengel, P., & Gelin, S, (1998).** Sol: interface fragile. Editions Quae.
- **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.
- **Tom,V., Sarah,L., Stien, B., Martine M., Sofie. G , (2016).** *Streptomyces* as a plant's best friend.
- **Turpault, M.P., Gobran, G.R. et Bonnaud, P, (2007).** Temporal variations of rhizosphere and bulk soil chemistry in a Douglas fir stand. Geoderma 137, 490-496.
- **Turpault, M.P., Gobran, G.R., et Bonnaud, P, 2007.** Temporal variations of rhizosphere and bulk soil chemistry in a Douglas fir stand. Geoderma 137, 490-496.

- **Uren, N. C, (2000).** Types, amounts, and possible functions of compounds released into the rhizosphere by soil-grown plants. In *The rhizosphere* (pp. 35-56). CRC Press.
- **Uren, N. C. (2000).** Types, amounts, and possible functions of compounds released into the rhizosphere by soil-grown plants. In *The rhizosphere* (pp. 35-56). CRC Press.
- **Valentina, F., Gonzalo, T., Christian, S., Boris, C., Pablo, C., Paulo, A., Avelar, F and Antonieta, R, (2022).** Effect of Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Fungicide Application on the Secondary Metabolism of *Solanum tuberosum* Leaves.
- **Vincent, Q., Auclerc, A., Leyval, C, (2022).** La biodiversité des sols.
- **Virginie. G, 2018.** Contrainte mécanique et exsudation racinaire du maïs : incidence de la morphologie du système racinaire.
- **Weston, J., Ratle, F., Mobahi, H., & Collobert, R, (2012).** Deep learning via semi-supervised embedding. In *Neural networks: Tricks of the trade* (pp. 639-655). Springer, Berlin, Heidelberg.
- **Witzgall, K., Vida, A., Schubert, D., Carmen, H., Steffen, S., Franz, B., Valérie, P., Claire, C., Carsten, M, (2021).** Soil organic carbon under lockdown: Fresh plant litter as the nucleus for persistent carbon.
- **Xiaofei, W., Yue, Q., and Hao, Z, (2022).** Dietary Polyphenol, Gut Microbiota, and Health Benefits.
- **Yasmine, A., Rym, G., Hiba. D., Mohamed, L., Juli, P., Abdelmadjid, B, (2016).** Influence de l'attaque des Carpophages sur les métabolites des glands du chêneliège (*Quercus suber*).
- **Youkabed, Z., Bouthaina, 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.

## Résumé

La plante au cours de son évolution rencontre des stress biotiques et abiotiques qui peuvent présenter des changements, dans la production de différentes classes de métabolites en particulier dans les écosystèmes méditerranéens.

Le chêne-liège (*Quercus suber L*) est l'une des espèces à feuilles persistantes les plus importantes du bassin méditerranéen occidental, avec une valeur écologique et économique importante en raison de la production de liège qui alimente une chaîne industrielle dédiée.

Dans une optique de conservation des écosystèmes subérais face à une menace probable des changements globaux, nous nous sommes intéressés à un compartiment de l'écosystème qui est la rhizosphère, dans notre cas nous avons pris la station d'Ainseur dans la forêt de Beni Ghobri.

Dans notre travail nous avons procédé à plusieurs mesures, notamment des paramètres édaphiques de bases qui sont le pH, la concentration en matière organique, la conductivité, et les paramètres biométriques des racines. Nous avons également mesuré les teneurs en polyphénols totaux contenus dans des extraits racinaires rhizosphériques. Nos résultats nous ont permis de mettre en évidence l'impact probable des changements globaux sur la rhizosphère du *Quercus suber L*. Grâce au test de corrélation. Nous avons aussi pu observer une corrélation positive entre la teneur en polyphénols, la conductivité du sol et la longueur des racines rhizosphériques.

**Mots clé : Rhizosphère, biométrie, polyphénols. Quercus suber L.**

## Abstract

The plant during its evolution encounters biotic and abiotic stresses that can present changes, in the production of different classes of metabolites especially in Mediterranean ecosystems.

The cork oak (*Quercus suber L*) is one of the most important evergreen species of the western Mediterranean basin, with an important economic value due to the production of cork that feeds a dedicated industrial chain.

From the point of view of conservation of the subterranean ecosystems in front of a probable threat of global changes, we are interested in a compartment of the ecosystem which is the rhizosphere, in our case we have taken the station of Ainseur in the forest of Beni Ghobri.

In our work we have made several measurements, including the basic edaphic parameters which are the pH, the concentration of organic matter, conductivity, and biometric parameters of the roots. We also measured the contents of total polyphenols contained in rhizosphere root extracts. Our results allowed us to highlight the probable impact of global changes on the rhizosphere of *Quercus suber L*. Thanks to the correlation test. We could also observe a positive correlation between polyphenol content, soil conductivity and rhizosphere root length.

**Key words: Rhizosphere, biometry, polyphenols, Quercus suber L.**