

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE MOULOD MAMMARI DE TIZI-OUZOU

**FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES
AGRONOMIQUES**

DEPARTEMENT D'ECOLOGIE 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, physico-chimique et biométrique
de la rizhosphere sous chêne liège au niveau de la forêt de Mizrana**

Dirigé par :

✓ **Mr. RAHMANI.A.M**

Devant le jury :

Mme. ZERROUKI.N Professeur à l'UMMTO

Mr. OUDJIANE.A MCB à l'UMMTO

Mr. RAHMANI.A.M MAA à l'UMMTO

Présenté par :

✓ **Melle BATTOU Thamila**

Présidente.

Examineur

Promoteur.

Année universitaire : 2022 /2023

Remerciements

Je remercie DIEU le tout Puissant de m'avoir accordée le courage, la force et la patience pour mener à bien ce modeste travail.

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 Zerrouki N** d'avoir acceptée de présider le jury de soutenance et d'examiner mon travail.*

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

*Je tiens a remerciée **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 tiens a remerciée les doctorantes **AIT ISSAD.H** et **BELOUNIS.Y** et **CHAOUCHI.O***

*Je tiens a remerciée **Mr Bibek Amar** ingénieur de labo*

*Je tiens a remerciée **Melle Maali smali** .*

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

Dédicaces

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, L'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement avec joie que je dédie ce mémoire ...à mon défunt père et à ma mère ; aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterais jamais. Que Dieu, le tout puissant, t'accorde santé, bonheur et longue vie et fait en sorte que jamais je ne te décevrai maman. Que Dieu, accorde miséricorde et paix à mon père. Et mon grand-père Hadj Ammar.

A mon cousin Gerard pour sa tendresse, son aide et son soutien...

A mon fiancé Billy que j'aime énormément, grâce à son amour, son soutien, sa fidélité et son courage j'ai toujours pu garder espoir et avancer vers le meilleur.

A mes frères Mustapha et Vujma, que j'adore énormément.

A mon grand Oncle Abdella, qui est pour moi une source d'inspiration, et un exemple de haute qualité, que j'estime beaucoup, que je considère comme mon père

A mes oncles et tantes paternelles et maternelles que j'estime beaucoup.

A mes belles-sœurs Nacira, Djidji, Ferroudja, Dehbia, Djoudja que je considère également comme mes grandes sœurs que j'admire énormément.

A mes cousines et cousins pour leurs tendresses, leurs aides et leurs soutien...

A mes amies : Taoues, Fatima, Katia, Thanina, Ferial, Dyhia, Fariza, Qamar avec lesquelles j'ai partagé des moments inoubliables.

Et mes beaux-parents Ahmed et Fazia.

Mes beaux-frères : Farid, Ahmed, Ghani.

Thamila BATTOU

Table des matières

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Table des matières

Liste des illustrations

Liste des abréviations

Introduction..... 02

Chapitre I: synthèse bibliographique

<i>I. Description générale du chêne liège (Quercus suber)</i>	03
<i>I.1. Présentation de l'espèce</i>	03
<i>I.2. Taxonomie et systématique du Quercus suber L</i>	04
<i>I.3. Caractères botaniques du Quercus suber</i>	04
<i>I.3.1. Taille et longévité</i>	04
<i>I.3.2. Les feuilles</i>	04
<i>I.3.3. Le tronc</i>	05
<i>I.3.4. Les fleurs</i>	06
<i>I.3.5. Le fruit.</i>	07
<i>I.3.6. Les racines</i>	08
<i>I.3.7. Rameaux</i>	08
<i>I.4. Caractères écologiques du Quercus suber L</i>	08
<i>I.4.1. Aire de répartition de chêne liège</i>	08
<i>I.4.2. Dans le monde</i>	09
<i>I.4.3. Aire de répartition Algérienne</i>	10
<i>I.5. Production du liège</i>	10
<i>I.6. Ecologie du chêne liège</i>	11
<i>I.7. Les facteurs anthropiques</i>	11
<i>II. Importance de la caractérisation de la rhizosphère du Quercus suber L sol /racines</i>	11
<i>II.1. Sol</i>	11

Table des matières

<i>II.1.1. Définitions du sol</i>	11
<i>II.1.2. Rôles des racines et leur spécialisation</i>	12
<i>II.2. La rhizosphère</i>	13
<i>II.2.1. Définition de la rhizosphère</i>	13
<i>II.2.2. Zones de la rhizosphère</i>	13
<i>II.2.3. Exsudats racinaires et effet sur le fonctionnement de la rhizosphère</i>	13
<i>III. Facteurs responsables du stress chez les végétaux</i>	14
<i>III.1. Stress abiotiques</i>	14
<i>III.2. Stress hydrique</i>	14
<i>III.3. Stress thermique</i>	15
<i>III.4. Stress biotique</i>	15
<i>III.4. Stress oxydatif</i>	15
<i>VI. Métabolisme des plantes</i>	15
<i>VI.1. Métabolisme primaire</i>	15
<i>VI.2. Métabolisme Secondaire</i>	15
<i>VI.3. Les polyphénols</i>	16

Chapitre II : Matériels et méthodes

<i>I. Description de la zone d'étude</i>	18
<i>II. Exposition de la station aux différentes activités anthropiques</i>	18
<i>III. Le cortège floristique de la zone d'étude</i>	18
<i>III.1. Strate arborée</i>	19
<i>III.2. Strate arbustive</i>	19
<i>III.3. Strate herbacée</i>	19
<i>IV. études climatiques de la zone d'étude</i>	20
<i>IV.1. Température</i>	20
<i>IV.2. Précipitations</i>	20

Table des matières

<i>IV.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен</i>	20
<i>IV.4 L'étage bioclimatique de la zone d'étude</i>	20
<i>V. Echantillonnage sur le terrain</i>	20
<i>VI. Analyse du sol rhizosphérique</i>	21
<i>IV.1. Potentiel d'hydrogène</i>	21
<i>IV.2. Dosage du Carbone</i>	22
<i>IV.4. Conductivité</i>	24
<i>V. Analyse phytochimique</i>	25
<i>V.1. Biométrie racinaire</i>	25
<i>V.2. Préparation des extraits racinaires</i>	27
<i>V.3. Dosage des phénols totaux</i>	29
<i>VI. Analyse statiques</i>	30
<i>VI.1. Teste de corrélation</i>	30

Chapitre III Résultats et discussions

<i>I. Résultats</i>	31
<i>I.1. Résultats de l'étude édaphique</i>	31
<i>I.1.1 Résultats du potentiel d'Hydrogène (pH)</i>	31
<i>I.1.2. Résultat du carbone organique</i>	31
<i>I.1.3. Résultat de la conductivité</i>	32
<i>I.1.4. Résultat de l'humidité</i>	33
<i>I.2. Résultats de l'étude biométrique des racines rhizosphérique</i>	33
<i>I.2.1. Diamètre des racines</i>	33
<i>I.2.2. Longueur des racines</i>	34
<i>I.3. Résultats de l'étude phytochimique</i>	35
<i>I.3.1. Polyphénols totaux</i>	35
<i>I.4. Matrice de corrélation</i>	35

Table des matières

<i>II. Discussions.....</i>	<i>36</i>
<i>II.1. Polyphénols</i>	<i>37</i>
<i>II.2. PH du sol.....</i>	<i>37</i>
<i>II.3. Carbone du sol.....</i>	<i>38</i>
<i>II.4. Conductivité du sol.....</i>	<i>38</i>
<i>II.5. Humidité du sol.....</i>	<i>39</i>
<i>Conclusion.....</i>	<i>40</i>

Références Bibliographie

Annexe

Liste des figures

<i>Figure 1 : Arbres de chêne liège dans la station de Mizrana (BATTOU, 2023).</i>	03
<i>Figure 2 : feuilles de chêne liège (Jimniy, 2007)</i>	05
<i>Figure 3 : tronc de chêne liège (Quercus suber) (BATTOU, 2023)</i>	06
<i>Figure 4 : fruit de chêne liège (Raph, 2008)</i>	07
<i>Figure 5 : Carte de l'aire de répartition géographique dans le bassin méditerranéen du chêne liège (Quercus suber L.)</i>	12
<i>Figure 6 : carte géographique de Quercus suber L en Algérie</i>	13
<i>Figure : 7 types du liège (Battou.2023)</i>	14
<i>Figure 8 : différentes zones de la rhizosphère. (David, McNear, 2013).</i>	
<i>Figure 9 : schéma de classification des parties du sol racinaire. (Hirsh et Mouchlin, 2012)..</i>	15
<i>Figure 10 : les microorganismes et les exsudats racinaires (Bikle Montgomery, 2016.....)</i>	17
<i>Figure 11 : Rôles des composés organiques chez les plantes (Erb et Kliebenstein, 2022)</i>	18
<i>Figure 12 : principales classes de polyphénols (Susan Oliver et al, 2016).</i>	20
<i>Figure 13: carte géographique de la forêt de Mizrana (source : google Maps)</i>	21
<i>Figure 14: Diagramme ombrothermique de la commune d'Tigzirt.</i>	
<i>Figure15 : sacs étiquetés</i>	22
<i>Figure16 : étapes de mesure du Ph</i>	23
<i>Figure 17 : étapes du dosage du carbone</i>	24
<i>Figure 18: étapes de protocoles de la mesure de la conductivité</i>	26
<i>Figure 19 : nettoyage des racine</i>	26
<i>Figure 20 : Mesure du diamètre des racines avec un pied à coulisse électronique</i>	27
<i>Figure 21: Broyage des racines</i>	28
<i>Figure 22 : Préparation des extraits racinaires</i>	29
<i>Figure 23: protocole du dosage de polyphénols et d'acide gallique</i>	31
<i>Figure25:Variation du pH dans deux niveauxN1 et N2</i>	32
<i>Figure 26 : variation de carbone dans deux niveaux N1 et N2</i>	32
<i>Figure 27: variation de la conductivité dans deux niveau N1 et N2</i>	33

Figure 28 : Variation des diamètres des racines rhizosphérique selon deux niveaux N et N2.34

Figure 29: Variation des longueurs des racines rhizosphérique selon deux niveaux N1 et N234

Figure 30 : Variation des teneurs en polyphénols Totaux (PPT) selon deux niveaux.....35

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification botanique du Quercus suber L 04

Tableau 2. Présente les différentes classes de sols..... 38

Liste des abréviations

C : carbone organique

EAG : Equivalant acide gallique

N 1 : niveau 1

N 2 : niveau 2

MO : matière organique

Na₂CO₃ : carbonate de sodium

pH : potentiel d'Hydrogène

PPT : Polyphénols totaux

PV : Poudre végétale

UV : Ultraviolet

Introduction générale

Introduction générale

Couvrant un tiers des terres de la planète, les forêts fournissent un habitat pour de nombreux organismes vivants, et des biens et services pour les hommes (production de bois, de résine, de fruits, de champignons, espace récréatif...) (Bronstein et al., 2006).

De nombreux risques pèsent de plus en plus sur la structure et le fonctionnement des forêts (les changements climatiques et activités anthropiques observés à l'échelle globale depuis plusieurs décennies, l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre (GES) notamment) (Rousseau, 2018).

La dégradation des forêts est un changement de sa structure et de son fonctionnement ce qui conduit à une perte certaine de la biodiversité, de production de biens et de services et à un accroissement de la vulnérabilité aux changements globaux (Hassan, 2019).

Les écosystèmes forestiers méditerranéens sont reconnus pour être une source très importante de biens (bois, liège, fourrage, plantes aromatiques et médicinales, miel, fruits, etc...) mais également de services (espace de pâturage, purification de l'eau, protection des sols contre l'érosion, absorption de carbone, récréation, paysages, etc.). En termes de biodiversité, ils représentent également une richesse exceptionnelle et un patrimoine unique de ressources génétiques forestières. Estimée à 25 000 espèces ou 30 000 espèces et sous-espèces, la richesse floristique de la région méditerranéenne équivaut à environ 10 % des végétaux supérieurs du globe présents sur seulement 1,6 % de la surface terrestre, Médail & Quézel, 1997.

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

Le dernier rapport du Giec(mars 2023) le souligne déjà, la Méditerranée sera l'un des territoires les plus durement touché par le changement climatique. Les vagues de chaleur vont affluées, plus fortes, plus fréquentes et plus longues sur l'ensemble des pays méditerranéens, et face à la sécheresses des sols, au stress sur la ressource en eau, aux feux de forêt, les forêts feront parties des premières victimes du changement climatique dans la région.

La vulnérabilité des écosystèmes forestiers en Algérie et liée à des facteurs naturels et anthropiques qui peuvent tous les deux s'amplifier sous l'effet des changements climatiques. Cependant, les connaissances relatives à la vulnérabilité et aux impacts attendus des changements climatiques sur les principaux écosystèmes, ainsi qu'à leurs diversités biologiques, demeurent limitées (Direction générale des forêts 2016).

En effet les dégradations multiples ont fragilisé et rompu de nombreuses interdépendances et interconnexions des réseaux trophiques et des flux de matière et d'énergie, conduisant à des modifications (Closset et KOPP,2014).

Le bio-fonctionnement des sols regroupe un ensemble de fonctions assurées par les organismes vivants et qui sont en interaction avec les composantes physiques et chimiques d'un sol, permettant la dynamique de la matière organique et de l'eau, ainsi que le recyclage des nutriments (Lavelle et Spain,2001 ; decaens, 2010).

Introduction générale

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).

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.

On s'est intéressé à la zone racinaire parce qu'elle 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. (Jossi, Maryline, 2008).

Plusieurs auteurs ont démontré l'importance de la rhizosphère : (Huang et al., 2014 ; Badri et al., 2013 ; Bardi et al. 2012 ; Weston et al., 2012 ; Lynch et al., 2001). La rhizosphère joue un rôle actif dans la régulation des interactions phyto-micro organiques (Hirsch et al, 2003), Il s'agit d'un espace vivant, où la racine exsude, d'une part, permet le développement d'une faune et d'une flore spécifiques et d'autre part, permettre le développement d'une flore en symbiose qui assure une bonne croissance des plantes, par la production de substances propices à la croissance comme les polyphénols (Decarne et al. 2010).

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 porté sur la forêt de Mizrana, 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 stress 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 général et des perspectives.

Chapitre I

synthèse bibliographies

I :Description générale du chêne liège (*Quercus suber*) :**I.1. Présentation de l'espèce :**

*Le chêne liège (*Quercus suber* L.) est l'une des espèces les plus caractéristiques du pourtour méditerranéen. Il est présent en Méditerranée occidentale depuis plus de 60 millions d'années (Aafi, 2007).*

Cette essence est originale car sa principale production n'est pas le bois, mais son écorce de liège qui peut être récoltée sans dommage aux arbres -moyennant certaines précautions- tous les 9 à 15 ans, selon la fertilité des stations. Ce liège est un matériau écologiquement renouvelable, aux remarquables propriétés physico-chimiques (Amandier, 2013).

Le chêne liège est une espèce parfaitement résiliente vis-à-vis des feux de forêts, en effet, son liège est un parfait isolant qui empêche le feu d'atteindre les tissus conducteurs. Néanmoins, Son aire de répartition s'est fortement réduite pour donner suite à des fortes variations climatiques et surtout de l'action anthropique (Benabid, 1989 in Aafi, 2007).



Figure1 : Arbres de chêne liège dans la station de Mizrana (Battou ,2023).

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

*Chêne-liège (*Quercus suber* L.) est une espèce végétale qui appartient à :*

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

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

I.3.1. Taille et longévité :

Le Chêne-liège est un arbre de grandeur moyenne, atteignant une hauteur de 10 à 15 mètres (parfois 20 mètres et plus) et une circonférence de 5 mètres. En peuplement mélangé, Il se trouve essentiellement associé au Chêne vert, au Chêne pédonculé et au Pin maritime dans le cadre d'une futaie irrégulière ou d'un taillis sous futaie. Dans le cadre de la production de liège, on le trouve enfutai régulière et en peuplement pur (Younsi, 2006).

Le chêne-liège est le seul arbre au monde doté d'une écorce (le liège) aux caractéristiques uniques, avec une remarquable longévité puisqu'il vit,

En moyenne, plus de 200 ans, hébergent desespères uniques et qui bénéficient même de statut de protection. Les subéraies contribuent à séquestrer le carbone. Moins de 1,5 hectare de subéraie est nécessaire pour réduire les émissions annuelles de dioxyde de carbone d'une voiture moyenne. (Maria da Conceição, et al., 2009).

I.3.2. Les feuilles :

Le Chêne-liège est un arbre à feuilles persistantes (2 à 3 ans). Elles sont de taille et de forme très variables (oblongue, ovale, ou ovale lancéolée), elles mesurent 3 à 5 cm de long sur 1,5 à 4 cm de large. Certains arbres (rares) ont des feuilles typées (En cuiller,"longues et fines, etc.) ; sur d'autres la morphologie des feuilles varie avec leur position sur le rameau et sur l'arbre et avec l'année (FRAVAL, 1991).

Selon de nombreux auteurs, les feuilles du Chêne-liège passent 2 à 3 années sur l'arbre avant de tomber. Le débourrement (ou apparition de nouvelles feuilles) a lieu au printemps, en effet la majorité des anciennes

feuilles tombent graduellement au fur et à mesure que les nouvelles se forment, de sorte que l'arbre n'est jamais complètement dépouillé (NATIVIDADE, 1956).

Les feuilles sont plus polymorphes coriaces et arrondies, plus ou moins dentées ; elles sont d'un vert brillant au-dessus et pubescentes sur la face inférieure. Elles sont renouvelées au printemps (Aime, 1976 ; Palaisance, 1977).



Figure 2 : Feuilles de chêne liège (Raph,2008).

I.3.3. Le tronc :

Généralement court et se ramifie à une faible hauteur. Il est recouvert d'un liège épais fortement crevassé longitudinalement (Natividade, 1956).

Selon les conditions environnementales, le tronc (arbre nu) atteint généralement une circonférence de 70 cm entre 30 et 40 ans. Dans les forêts anciennes d'Algérie, certains arbres peuvent atteindre une circonférence de 3,5 m voire 5 m (Renou, 1942).



Figure 3 : Tronc du chêne liège (Quercus suber) (Battou ,2023).

L'écorce : Le liège est un tissu parenchymateux formé par l'assise subero-phellodermique, il couvre le tronc et les branches. Le liège de première formation (liège male) est dur, crevassé et inexploitable mais représente une bonne protection de l'arbre contre le feu. Il est prélevé (démasclage) dès que le tronc atteint 30 cm de circonférence, généralement à 30 ans.

Le liège de qualité (liège femelle ou de reproduction) se forme après enlèvement du premier (liège male). Le prélèvement du liège femelle se fait tous les 9 ans en plaine et tous les 12 ans en montagne et ce quand l'épaisseur commercialisable de 2,5 cm est atteinte. L'accroissement annuel de l'épaisseur du liège est fonction des aléas climatiques (COSTA et al. 2002).

L'arbre commence à donner un liège de bonne qualité de plus en plus riche en subérine vers l'âge de 45-50 ans (NATIVIDADE, 1956 ; COSTA et OLIVEIRA, 2001). Il atteint son optimum de production vers 120 à 150 ans (ARGILLIER et al. 1999 ; CANELLAS et MONTERO, 2002).

I.3.4. Les fleurs :

Le chêne-liège est une espèce monoïque, les fleurs mâles pendent en chatons à l'extrémité des rameaux de l'année précédente.

Les fleurs femelles sont des petits boutons écailleux, qui poussent isolées ou en groupe de trois au maximum sur les rameaux de l'année en cours.

Le climat et l'exposition conditionnent la floraison qui commence dès l'âge de 12 - 15 ans et se déroule entre la fin avril et la fin mai (Piazzetta, 2005).

Selon (Fraval,1991), les chênes-lièges sont allogames, avec des fleurs mâles pendantes en chatons de 4 à 8 cm de long à l'extrémité des rameaux de l'année précédente. Les fleurs femelles sont de petits bourgeons ressemblant à des écailles qui poussent seuls ou en groupes de trois sur les pousses de l'année en cours.

Les futurs glands se retrouveront dans leurs cupules protectrices. Les conditions climatiques et d'exposition dictent que la floraison commence à 5 ans et a lieu entre fin avril et fin mai (Piazzetta, 2005). Chaque chaton porte 2 à 5 fleurs sous forme de petits calices en forme d'écailles, mais la corolle et le calice sont peu développés (Gil et Varela, 2008).

I.3.5. Le fruit :

Le fruit est un akène solitaire ou groupé, entouré chacun d'une cupule de nature collinaire squameuse ou épineuse (Benabid, 2000). Les glands présentent une forme et des dimensions très variables 2 à 5 cm en longueur et 1 à 2 cm en largeur. Leur maturation a lieu dans l'année de floraison, et ils tombent en octobre et novembre, parfois jusqu'en janvier (Piazzetta, 2005). Selon (Saccardy, 1937), les bonnes glandées se répètent tous les 2 ou 3 ans. Les glands sont amers, ils sont rarement consommés par l'homme, mais ils constituent un aliment du choix pour le bétail et le sanglier.

Glands primaires : ce sont des glands de l'année précédente, qui mûrissent en septembre, octobre. Ils sont produits en petite quantité mais sont très gros.

Glands secondaires : ils sont produits en grosse quantité de novembre à décembre et leur taille est moyenne.

Glands tardifs : qui tombent fin janvier.



Figure 4 : Fruit du chêne liège (Raph ,2008).

I.3.6. Les racines :

Le système racinaire est constitué de deux types de racines ; un puissant et profond pivot, qui atteint les horizons profonds du sol, et un système latéral qui se situe dans les 40 à 50 cm sous la surface du sol (Veillon,1998).

Le chêne-liège est doté d'un système racinaire pivotant avec des ramifications latérales puissantes, permettant un enracinement profond qui fixe l'arbre sur des sols légers peu profonds et même rocheux (Khalla, 2006). (Natividade,1956), souligne que dès le jeune âge, le chêne-liège montre des dispositions naturelles à s'enfoncer verticalement et avec vigueur dans le sol trois mois après le semis, les racines atteignaient 55 à 60 cm, tandis que la partie aérienne atteint 9 cm. Les racines superficielles présentent l'aptitude de former des drageons, et peuvent être mycorhizées par les champignons (Veillon, 1998).

I.3.7. Rameaux et Houppier :

Le houppier est constitué d'une cime légère grâce à ses feuilles élancées (étroites et allongées) et ses branches lâches.

L'arbre forme un port largement distribué dans un endroit isolé, une forme ronde, étroite et haute (Piazzetta, 2005).

D'après (Vignes, 1990). Les chênes-lièges ont un tronc court et une cime étalée en touffes ouvertes (influence humaine) ou un tronc long et une cime élancée en touffes denses (Seigue, 1985). Son port est variable selon la densité de population, il possède un couvert léger qui laisse passer la lumière (Boudy, 1951).

I.4. Caractères écologiques du *Quercus suber* L :**I. 4.1. Aire de répartition de chêne liège :****Dans le monde :**

Les chênes-lièges occupent un espace naturel relativement limité ; En effet, sa distribution est restreinte au bassin méditerranéen , alors qu'elle inonde le long de la côte atlantique ; elle est présente dans sept pays, quatre européens (Portugal, Espagne, France, Italie) et trois nord-africains (Algérie, Tunisie et Maroc) (Houard, 1912 ;Peyrimhoff, 1941 ; Boudy, 1950 ; Natividade, 1956 ; Quézel et Santa, 1962 ; Goumand et Rousse, 1988).

Selon le Code international des pratiques du liège (C.I.P.S, 2005), la superficie potentielle du chêne-liège est de 12,5 millions d'hectares. Cependant, la superficie totale de cette espèce dans le monde est actuellement d'environ 2,5 millions d'hectares, dont 1,5 million d'hectares en Europe et près de 1 million d'hectares en Afrique du Nord (Pausas et al, 2009).

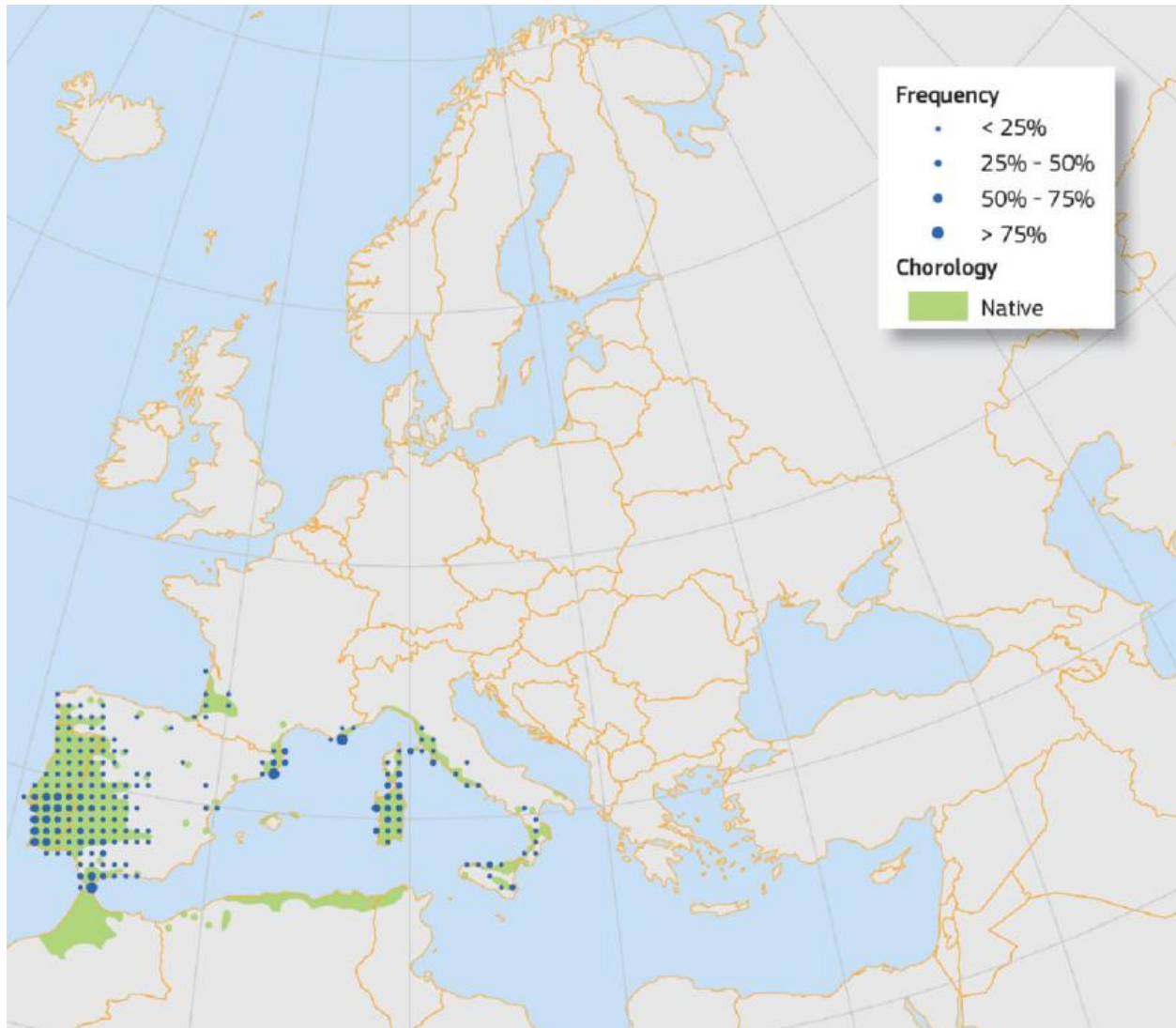


Figure : Aire de répartition naturelle de Q. suber L. (Houston et al., 2016).

1.4.3. Aire de répartition Algérienne :

Les principales subéraies sont situées essentiellement en zones humides et subhumides du Nord-Est de l'Algérie jusqu'à la frontière tunisienne, où elles s'étendent de la mer jusqu'à 1200 voire 1500 m d'altitude (Zeraia, 1982). Dans le Centre et l'Ouest, les subéraies se présentent sous forme de petites forêts très disséminées (Saccardy, 1937) .

Les subéraies occupent une superficie potentielle de 440 000 ha entre forêt proprement dites et maquis, la superficie productive est de l'ordre de 220 000 ha (D.G.F, 2004). Là aussi, les superficies avancées par de nombreux travaux x sont dissemblable.

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



Figure 6. Répartition de chêne liège (*Quercus suber* L.) en Algérie.

I.5. Production du liège :

La péninsule ibérique (Espagne et Portugal) enregistre les taux les plus élevés d'extraction mondiale de liège, soit plus de 80 %. Le Maghreb (Maroc, Algérie et Tunisie), représente une zone importante de la forêt de chêne-liège mais, avec un faible niveau d'exploitation (Sierra et al. 2015).

❖ Utilisations du liège :

L'utilisation principale du liège reste les bouchons, il est employé aussi en quantité très faible, mais parfois irremplaçable dans de nombreux domaines. Les produits, après transformation, sont principalement destinés aux activités industrielles suivantes :

- la construction en général (isolement thermique et acoustique, revêtement, décorations, cloisons).
- l'industrie du froid (chambres froides et transports frigorifiques).
- la construction navale (isolation, revêtement, décoration, ...).
- l'industrie mécanique en général (joints d'étanchéité, ...).
- l'industrie chimique, pharmaceutique et la parfumerie (bouchage et conditionnement des produits).
- l'industrie de la chasse et pêche (bourre de cartouches, bouées, flotteurs, ...).
- l'industrie de la chaussure (semelles, talons, ...).
- l'industrie des emballages (granulés et laine de liège).

I.6. Ecologie du chêne liège :

Ce type de subéraie se présente, en générale, en futaie pure, d'une hauteur moyenne de 10-12 m, parfois plus élevée (15m) et parfois de moindre taille (8-9m). La strate arborescente est formée presque uniquement par *Quercus suber*, qui assure un recouvrement très variable (25-35%). Le chêne zéen peut être localement présent par régénération naturelle ; La strate frutescente d'une hauteur de 1.5 à 2.5 m, est en général très dense (70-90% de recouvrement). Elle est caractérisée par l'abondance de *Cytisus villosus*, qui est la plus mésohygrophile des Fabacées arbustives présentes dans les subéraies. De nombreux nanophanérophyles typiquement méditerranéens dominent : *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Phillyrea media*, *Myrtus communis*, *Crataegus monogyna*, *Viburnum tinus*, *Ruscus hypophyllum*, *Daphne genkwa*, *Calicotome spinosa*, *Genista spicata*, *Cistus salvifolius*, *Cistus monspeliensis* et *Lavandula stoechas*. Mais les arbustes sclérophylles, tels que *Rhamnus alaternus* subsp. *alternus*, *Pistacia lentiscus* et *Olea europaea* subsp.

Sylvestris, figurent à peine dans ce groupement. Les lianes y sont nombreuses et bien développées : *Asparagus acutifolius*, *Rubiaperigrina*, *Smilax asperasubspmauritanica*, *Loniceraimplexa*, *Loniceracommunis*, *Rosa simpervirens* et *Rubusulmifolius*(Meddour, 2010).

Les forêts de chênes-lièges présentent d'énormes avantages socio-économiques, principalement dus à la production de bois et de liège ; D'un point de vue écologique, il peut maintenir une biodiversité très importante.

En altitude, le chêne-liège *Quercus suber* L. culmine de 0 m à 1200 et 1300 m en Afrique du Nord (mais se rencontre au Maroc jusqu'à 2200 m dans le Grand Atlas). C'est donc une espèce de plaine et de moyenne montagne (Boudy, 1955).

Le chêne-liège a une forte demande en chaleur et en humidité, ce qui explique sa répartition en région méditerranéenne.

Ces exigences varient selon la localisation et les caractéristiques du terrain (Nord/Sud, fond de vallée, proximité de la mer, etc.) (Lamey, 1993).

Selon le même auteur, le chêne-liège est de nature calcifiante, il préfère les sols aérés, profonds, frais, riches en matière organique, acides et siliceux (roche, granit, porphyre, schiste ou grès). Il a peur de l'eau du sol. Il montre clairement sa préférence pour les terrains siliceux, comme les grès numides (Algérie-Tunisie) ou les grès pliocènes (Maroc) (RachedKanouni, 2013).

I.7 : Les facteurs de dégradation anthropiques :

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

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

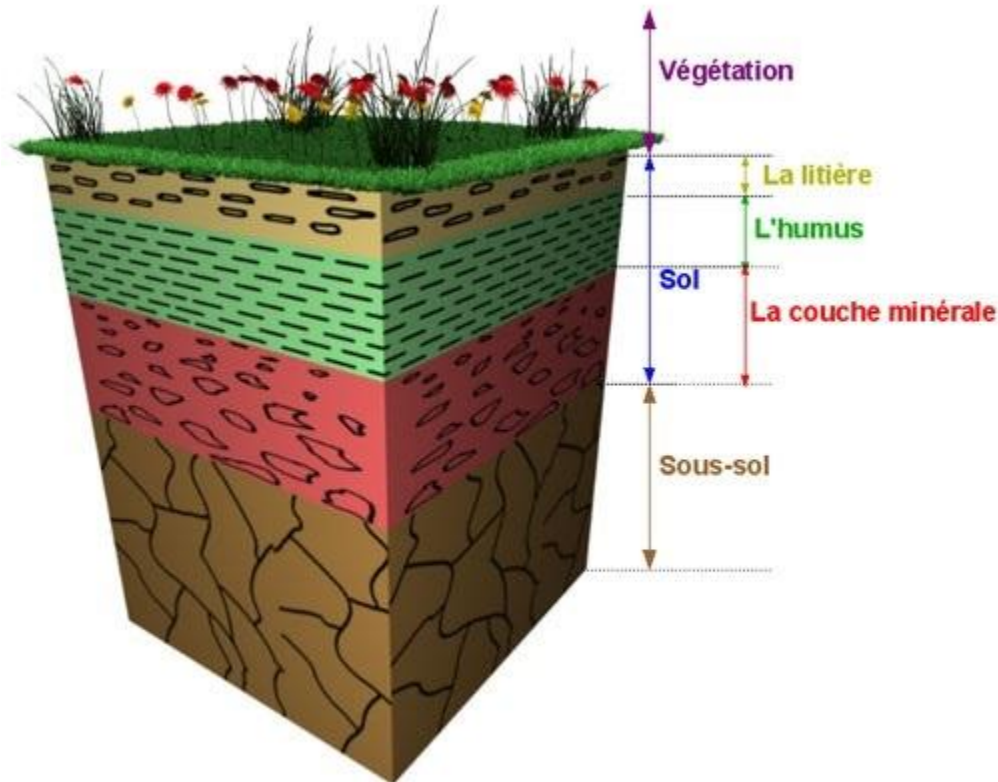
En Algérie, les écologues et les forestiers confirment l'évolution régressive du chêne liège. Depuis le début du siècle les subéraies ont perdu beaucoup d'espace et souvent remplacé par des pinèdes. Cette régression continue résulte de l'action combinée de plusieurs facteurs : historique, socioéconomique,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

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

II.1. Sol :

II.1.1. Définitions du sol :

C'est la formation naturelle de surface, à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus, physique, chimique et biologique, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants (Albert demolon).



Titre: Schéma d'une coupe de sol

Figure 7 : schéma d'une coupe de sol. (Albert demolon).

D'un sol à un autre, les propriétés peuvent être très variables. Elles dépendent de la nature du mélange complexe entre les différentes fractions granulaires. Selon la quantité de cailloux, de graviers, de sables, d'argiles, de colloïdes, de matières organiques, d'eau et de gaz, les propriétés de la terre sont changeantes. C'est souvent la fraction dominante d'un sol qui régit les propriétés fondamentales du matériau. Ces propriétés sont également tributaires de la nature minéralogique et de leur chimie constitutive, de la nature et de la quantité des matières organiques. La quantité en oxyde de fer, de magnésium ou de calcium, en carbonates et en sulfates peut caractériser la terre d'un point de vue chimique. Le sulfate de calcium, particulièrement gonflant à l'hydratation peut être très néfaste ; sa solubilité dans l'eau peut augmenter la sensibilité des argiles (Guillaud, 1989).

Le sol est un milieu poreux déformable qui sert de support physique pour les plantes. Il est aussi à la fois un réservoir et un conducteur pour les éléments nutritifs, l'eau et l'air (Vomocil et Flocker, 1961). Les propriétés du sol qui influencent l'enracinement sont donc d'une grande importance (Lévy, 1968), puisqu'elles déterminent indirectement l'efficacité du système racinaire pour l'ancrage et le prélèvement d'eau et de nutriments. Ces propriétés du sol sont des caractéristiques mesurables susceptibles d'être modifiées par le scarifiage.

Le régime thermique du sol influence directement le fonctionnement du système racinaire. Plusieurs études ont déjà montré que l'activité racinaire était réduite dans des substrats froids (0-10 °C) (Tryon et Chapin, 1983 ; Lopushinsky et Kaufmann, 1984 ; Lieffers et Rothwell, 1986 ; Grossnickle, 1987). L'absorption d'eau (et de nutriments) y est réduite en raison de la diminution de la perméabilité des racines (Kaufmann, 1977) et d'une plus grande viscosité de l'eau (Cooper, 1973). Généralement, la croissance des racines

augmente avec la température du sol jusqu'à un certain maximum (20-30 °C) (Voorhees et al, 1981), au-delà duquel les températures s'avèrent létales pour les plantes (45-60 °C).

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.2. La rhizosphère :

II.2.1. Définition de la rhizosphère :

La rhizosphère est le volume de sol entourant la racine vivante d'une plante (Hinsinger,2010.) c'est la mince couche du sol qui entoure les racinaires et dont la composition est profondément modifiée. Elle diffère de la masse du sol par son pH, le potentiel redox (Eh), l'abondance et la composition de la matière organique qui se traduit par une teneur élevée en Carbone (Darrah,1993).

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).

II.2.2. Zones de la rhizosphère :

La rhizosphère comporte trois zones principales : l'endo rhizosphère, le rhizo-plane et l'ecto-rhizosphère. La première zone, l'endo rhizosphère, comprend le tissu cortical et endodermique de la racine, tandis que le rhizo-plane englobe l'épiderme de la racine et le mucilage associé L'ecto-rhizosphère couvre le sol près de la racine. (Mohammad K. Hassan et al., 2019).

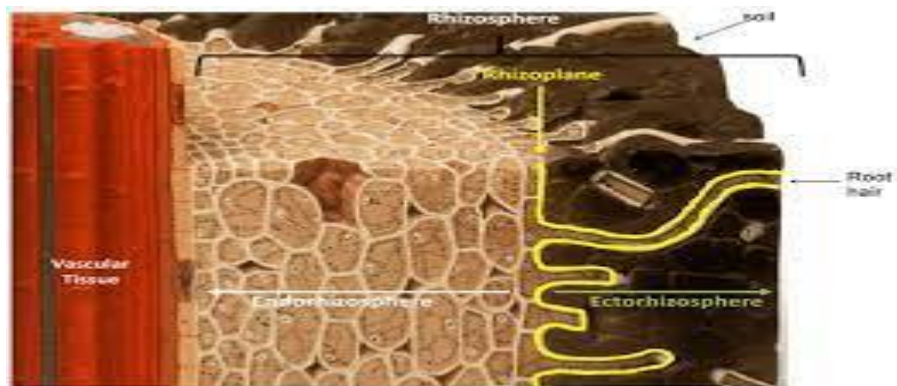


Figure8 : Différentes zones de la rhizosphère (David, McNear,2013).

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

Les exsudats de racine des plantes interviennent dans une multitude d'interactions rhizosphérique et multi trophiques, 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.

Distribution de la vie biologique dans la rhizosphère.

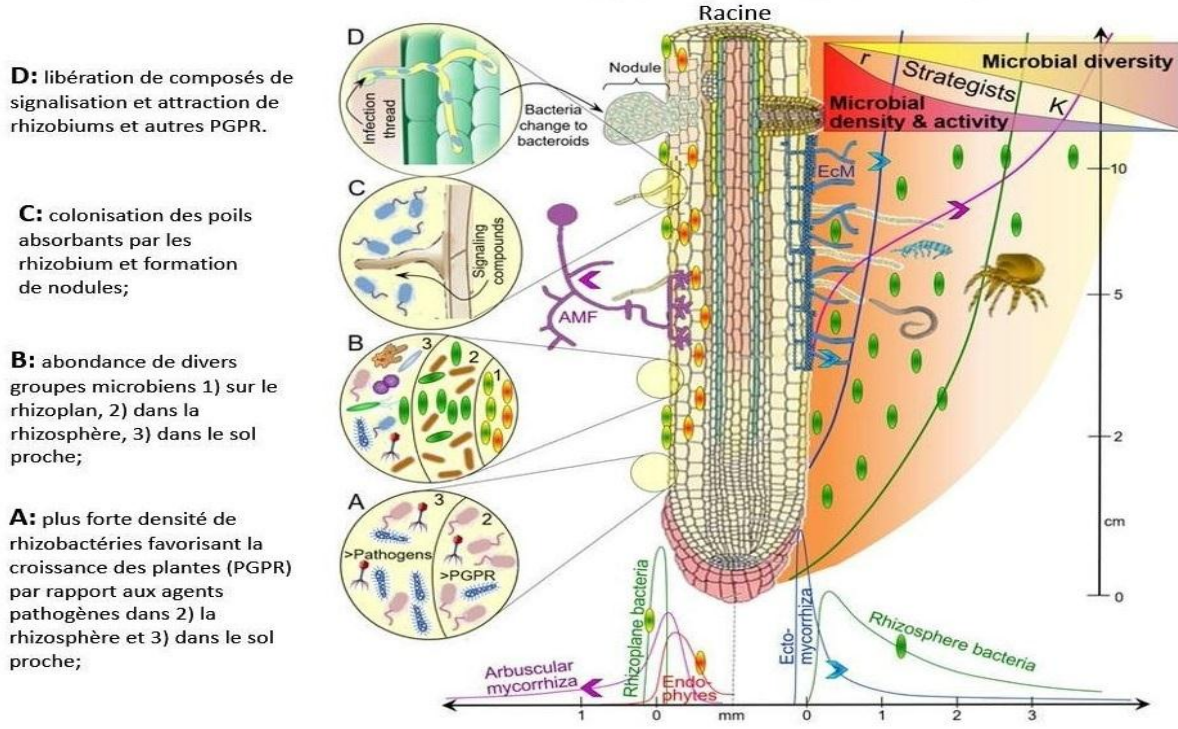


Figure 9 : les exsudats racinaires et les microorganismes.

III. Facteurs responsables du stress chez les végétaux :

Le stress se manifeste par suite d'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 CO2 (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 et Jonathan, 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.5. Stress oxydatif :

Le stress oxydatif résulte d'un déséquilibre dans la balance pro-oxydants et antioxydants (Fig, 09), les conséquences d'un tel déséquilibre induit des changements irréversibles sur la cellule (Mestar, 2019).

VI. Métabolisme des plantes :

Le règne végétal produit des centaines de milliers de composées organiques, sur la base des fonctions supposées de ces composées, ils sont classés en trois groupes principaux : le métabolite primaire qui sont directement nécessaires à la croissance des plantes, métabolite secondaires (spécialisés) qui interviennent dans les interactions plante environnement et les hormones qui régulent le processus et le métabolisme de l'organisme (Erb et Kilebenstein, 2020).

VI.1. Métabolisme primaire :

Le métabolisme primaire est l'ensemble des voies de synthèses de la plante assurant l'ensemble des processus physiologique de base. Tout les composés produits sont impliqués dans la structure et la physiologie des cellules et des tissus et assure la croissance et la survie des plantes (Calatayud et al, 2013) 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.)

VI.2. Métabolisme secondaire :

Métabolisme secondaire groupe toutes les substances présentes chez les organismes et qui ne participent pas directement aux processus de base de la cellule vivante (Djermane et Arhab, 2021) 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.

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).

Il existe trois classe principales de métabolites secondaires chez les plantes : composés phénoliques, les terpènes ,alcaloïdes (Raven et al,2007)

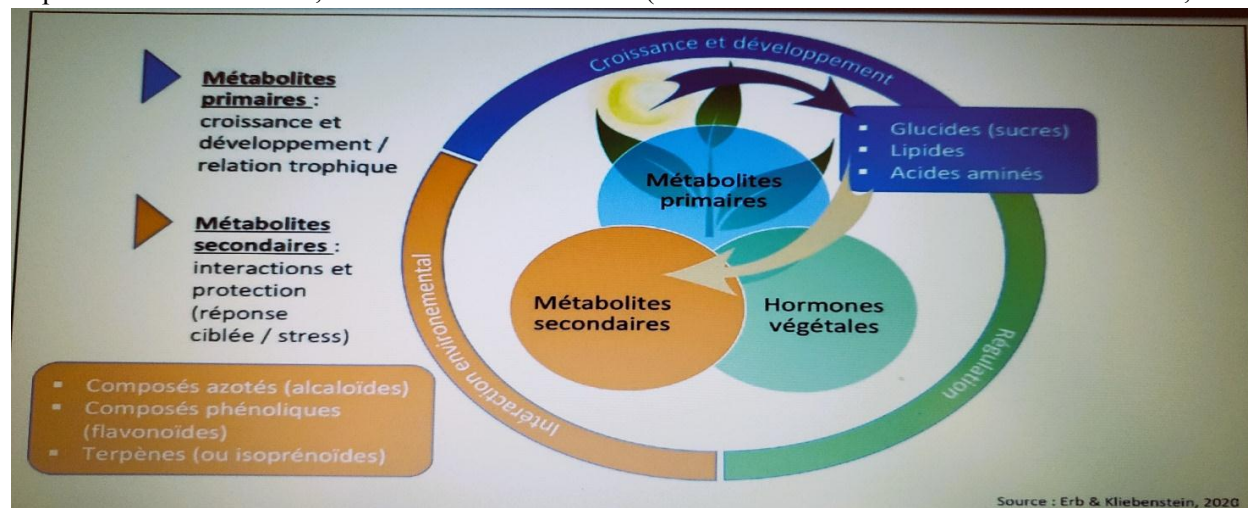


Figure 10 : Les métabolites primaires et secondaires de la plante (Erb et kliebenstein, 2020).

VI.3. Les polyphénols :

Les polyphénols, nommés aussi composés phénoliques, sont des molécules spécifiques du règne végétal et qui appartiennent à leur métabolisme secondaire (Torreggiani A. et al.,2005, Hynes M.J. et O’Coinceanainn M., 2001)

On les trouve dans les plantes, depuis les racines jusqu’aux fruits. Leurs fonctions ne sont pas strictement indispensables à la vie du végétal, cependant ces substances jouent un rôle majeur dans les interactions de la plante avec son environnement (Hynes M.J. et O’Coinceanainn M.2004).

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). 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, stilbènes et lignas 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).

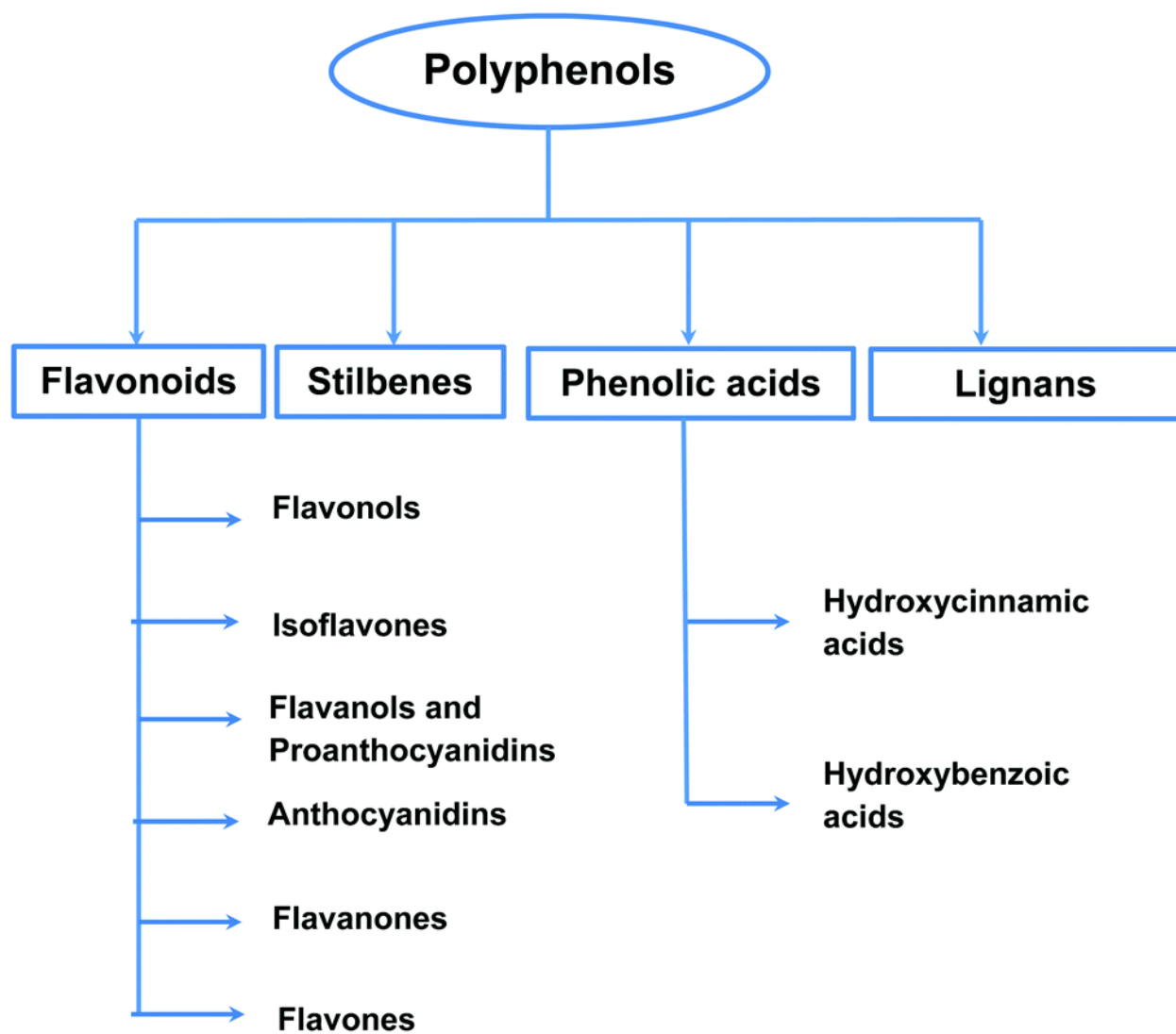


Figure 11 : principales classes de polyphénols (Susan Oliver et al,2016).

chapitre II

Matériel et méthodes

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 km².

Elle est limitée par : La mer Méditerranée au nord, la wilaya de Bouira au sud, la wilaya de Boumerdes à l'ouest et la wilaya de Bejaia à l'est. 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 Mizrana, qui est située à 93 km à l'est d'Alger, précisément dans la zone littorale méditerranéenne de la Kabylie (36°50' de latitude Nord et 4°4' de longitude Est) et 850m d'altitude. Elle est délimitée au nord par la mer méditerranéenne, à l'ouest par la wilaya de Boumerdes Et l'est la commune de Tizirt et au sud par la commune de Makouda (figure13)

Cette forêt s'étend sur une superficie de 342 ha. Selon la classification ; Emberger (1991), cette station se caractérise par un bioclimat de type subhumide à variante tempérée. L'été est sec et les précipitations sont irrégulières et s'étendent généralement de novembre à mai.



Figure 13 : carte géographique de la forêt de Mizrana (source, google Maps).

Le cortège floristique de la zone d'étude :

Différentes essences forestières sont environnées dans cette zone, tel le chêne liège (*Quercus suber*) qui est le plus dominant,

On note également la présence des Cytise à longues grappes *Cytisus triflorus*, la filaire à feuilles étroites (*Phillyrea angustifolia*), la bruyère (*Erica arborea*) le genêt épineux (*calycotome spinosa*), l'arbousier (*arbutus unedo*), l'aubépin monogyne (*Crataegus monogyma*), le myrte (*Myrtus communis*) formant des groupements différents suivant les faciès.

Situation géographique :

Le centre d'enfouissement technique d'oued Falli est situé à la limite communale séparant Draa ben khedda et Termitine. Le site est situé au Sud-ouest du centre de la ville de Tizi Ouzou au lieu-dit Tadjouint. Il couvre une superficie de 20 hectares selon le rapport des domaines. Selon le plan cadastral, le site occupe la section 11 de DBK qui englobe pratiquement les îlots n° 16, 4,5et6 :

- A l'est, il est bordé par l'îlot n° 16, section 11 du plan cadastral
- A l'ouest, il est bordé par l'îlot n° 4, section 11 du plan cadastral
- Au nord, il est bordé par une piste agricole
- Au sud, il est bordé par l'îlot n° 5, section 11 du plan cadastral

Climat :

Le climat de la zone d'étude est méditerranéen avec hiver frais et pluvieux et un été chaud et sec. La zone d'étude est parcourue par des vents dominants venant de l'Ouest et du Nord-Ouest.

1. Température :

Notre zone d'étude est une zone instable, elle se caractérise par un hiver froid et été chaud avec une température pouvant atteindre jusqu'à 30° voir 35° en mi-juillet et août, La température dans la zone d'étude 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

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.

Selon BOUDY (1955), la moyenne de la pluviométrie pour une période de 20 années est de 1200 mm pour Elma-Hacheche. Les résultats de (BEKDOUCHE et MEZAIR, 1992 ; ABED, 1993) montre que la pluviométrie annuelle moyenne est de 1288 mm pour la station d'Elma-Hacheche, la période pluvieuse est de six mois s'étale de mois d'octobre à mars avec trois mois très humides (novembre, décembre, janvier), totalisant eux seuls (45,8 %) de la pluviosité annuelle globale, les mois de juin, juillet, août avec seulement (3,5 %) de la pluviosité annuelle.

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.

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 bioclimatiques : humide, subhumide, aride, semi-aride, et saharien, et quatre variantes thermiques :

$P=1077.51\text{mm}$; $M=27.7^{\circ}\text{C}$; $m=10.24^{\circ}\text{C}$; 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.

V. Echantillonnage sur le terrain :

La récolte des échantillons constitués des racines de *Quercus suber* et le sol a été faite pendant le mois de juin 2023 au niveau du massif forestier de Mizrana, dans la région de Tizirt wilaya de Tizi-Ouzou.

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

Les racines de *Quercus suber* L et le sol ont été récoltés suivant la méthode d'Uterano et al. (2000).

Nous avons mesuré une parcelle 25x 25 a 1m de l'arbre vers le nord aux pieds de chacun de six arbres choisis nous avons effectué notre échantillonnage a Deux niveaux de profondeur, 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 été récupérés dans des sacs en plastiques. Ces derniers sont conduits au laboratoire afin de les traiter.



Figure 16 : sacs étiquetés (Battou ,2023)

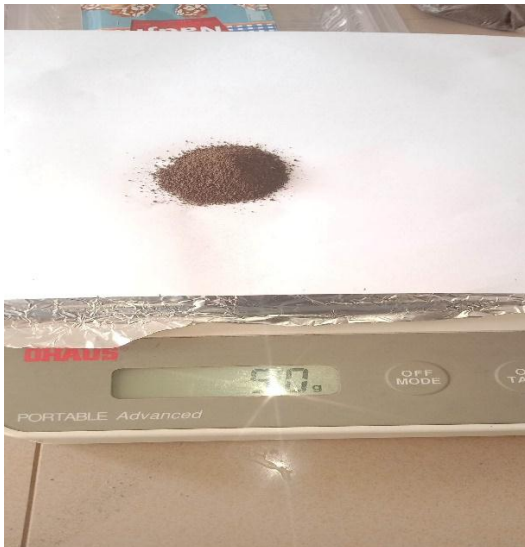
VI. Analyse du sol rhizosphérique :

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⁺ contenus dans un sol, nous avons procédé comme suit : 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 mesuré à l'aide d'un pH-mètre.



1. Peser du sol



2. Echantillons agité



3. Mesure du PH avec un PH mètre

IV.2. Dosage du Carbone :

Le dosage du carbone organique du sol, a été effectué suivant la méthode par déshydratation puis calcination (perte en feu) 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 j'ai obtenu les poids des creusets vide (M_0). 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 ont été pesés, le résultat obtenu (masse M_1).

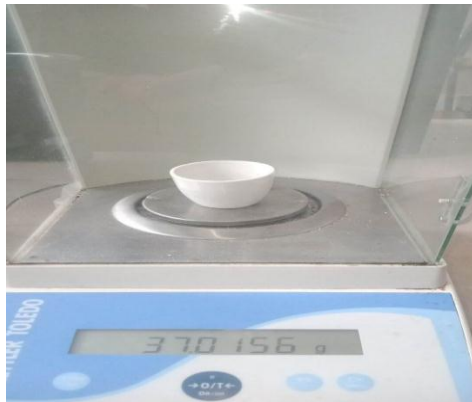
Les creusets sont mis par la suite dans un four électrique pendant 04 h à 450°C. Une fois refroidies au dessiccateur, les creusets sont pesés pour obtenir après calcination le poids (masse M_2). Une fois les résultats obtenus, la perte au feu exprimée en % de la masse de l'échantillon déshydraté est donnée par la loi suivante :

$$\text{Perte au feu en \%} = (M_1 - M_2) / (M_1 - M_0) \times 100$$

M_0 : Poids du creuset vide.

M_1 : Poids du creuset plein.

M_2 : Poids du creuset après calcination.



2. pesée du creuset



1. Mise à l'étuve pendant 16h à 220 C



3. pesés du sol après sortie de l'étuve



4. mettre les creusets au four à 450°C



5. mettre au dessiccateur pour refroidir



6. pesés du sol après

Figure 19 : étapes du dosage du carbone.

IV.4. Conductivité :

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



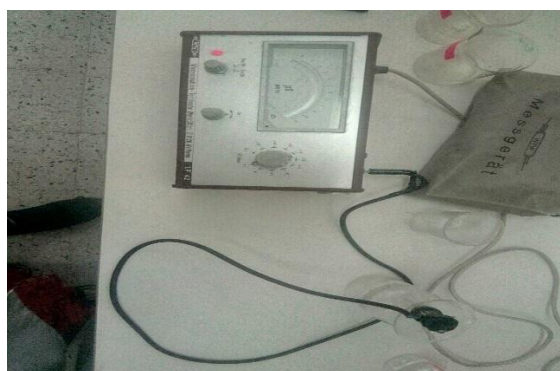
1. Pesée du sol



2. Ajouter l'examétaphosphate



3. Filtrage de la solution



4. Mesure de la conductivité avec un conductimètre

Figure 20 : étapes de protocoles de la mesure de la conductivité.

IV.5. Humidité (H%) :

L'humidité est la quantité d'eau contenue dans un échantillon quelconque et qui disparaît sous l'effet du chauffage, elle est quantifiée en masse perdue de sol par dessiccation à l'étuve dans des conditions déterminées.

Cette méthode consiste à sécher (passer dans un four à 105 °C) un échantillon de sol pendant 24h et connaître ensuite par pesée finale (ramenée à la pesée initiale) le poids d'eau contenu par l'échantillon. Le pourcentage d'humidité relative au poids est calculé par la formule suivante :

$$H \% = [(P_i - P_f) / P_i] * 100$$



1. Pesée du sol



2. échantillons préparés et mis au four à 105 °C

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 21 : 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 22 : 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. Nous l'avons 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.utilisation d'un broyeur pour broyage des racines



2.Poudre des racines

Figure 23 : Broyage des racines

L'extraction méthanolique est réalisée suivant le protocole utilisé par (Ouzid et al., 2018). Cette extraction est réalisée 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 4500 tours/minute pendant 20 min pour recueillir le surnageant.

Ensuite, le solvant a été éliminé par évaporation dans des boîtes de pétris.



1. Pesée la poudre



2. Agitation pendant 30 min



3. conservation a 4 c



4. centrifugation



5. Récupération du surnageant



6. évaporation

Figure 24 : 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 μ l de l'extrait sont mélangés avec 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué au 1/10. Après 4 min, 800 μ l de carbonate de sodium Na_2CO_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.

Une gamme étalon allant de 10 à 100 μ g/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.

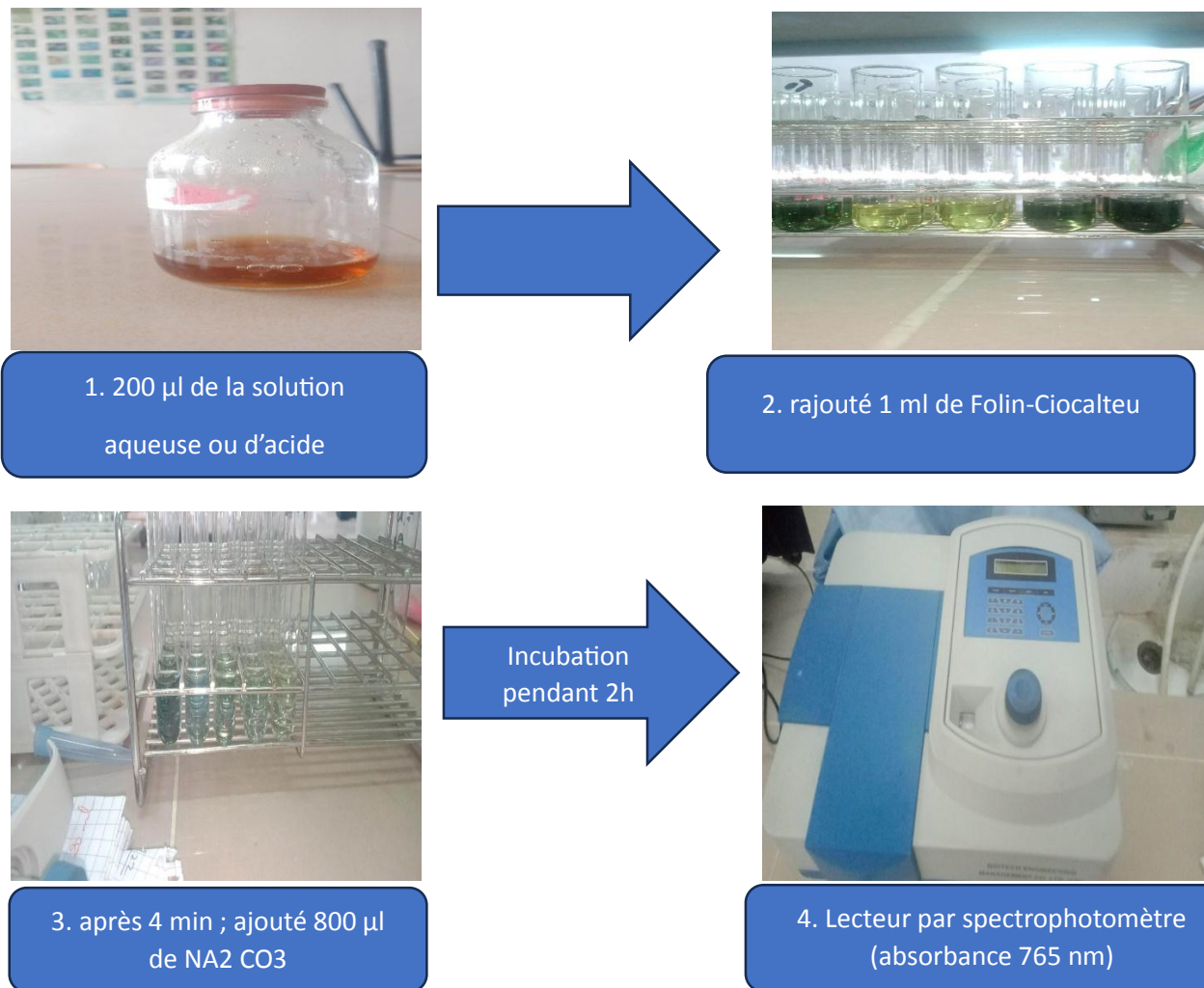


Figure 26: protocole du dosage de polyphénols et d'acide gallique

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 RVERDION 4.1.0, cette analyse est proposée par Dagnelie (1975). Son interprétation est étudiée comme suit :

- Si la probabilité est > 0.05 la différence est non significative.
- Si la probabilité est < 0.05 la différence est significative .
- Si la probabilité est < 0.01 la différence est hautement significative.
- Si la probabilité est < 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 l'humidité et Le taux de polyphénols totaux et biométrie racinaires).

Chapitre III

Résultats et discussions

I:Résultats :

Notre étude qui a été réalisée à la forêt de Mizrana dans la localité d'Tigzirt a permis de comprendre la réaction d'une subéraie face à plusieurs sources du 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 obtenus dans ce niveau sont supérieurs au niveau deux (N2).

I.1.Résultats de l'étude édaphique :**I.1.1Résultats 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 6.145 mesuré au N1, et 5.801 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 $P = 0.13$ au risque de 5%.

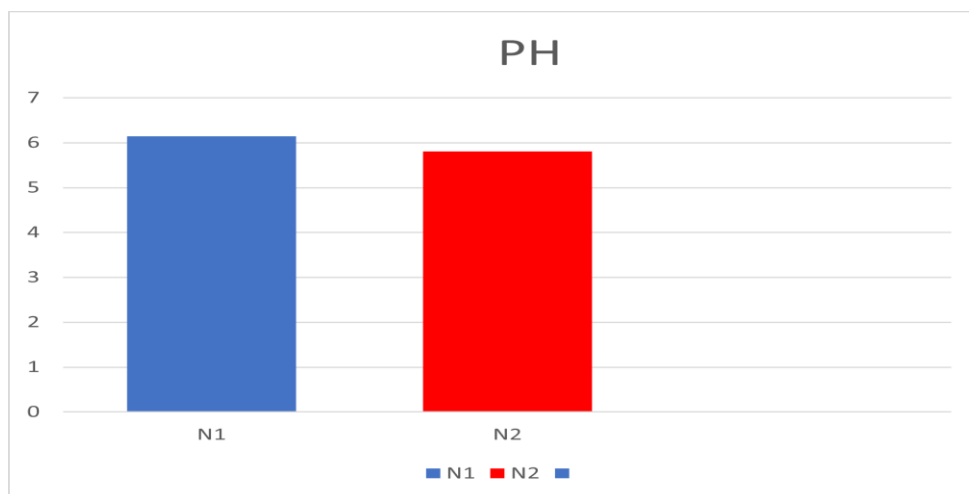


Figure 26 : Variation du pH dans deux niveaux N1 et N2

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 5.795% tant dit que le N2 à une valeur estimée à 4.959%.

L'analyse de variance montre qu'il y'a une différence hautement significative entre les niveaux de profondeur, vérifié par la valeur de $P = 0.005$ au risque de 5%.

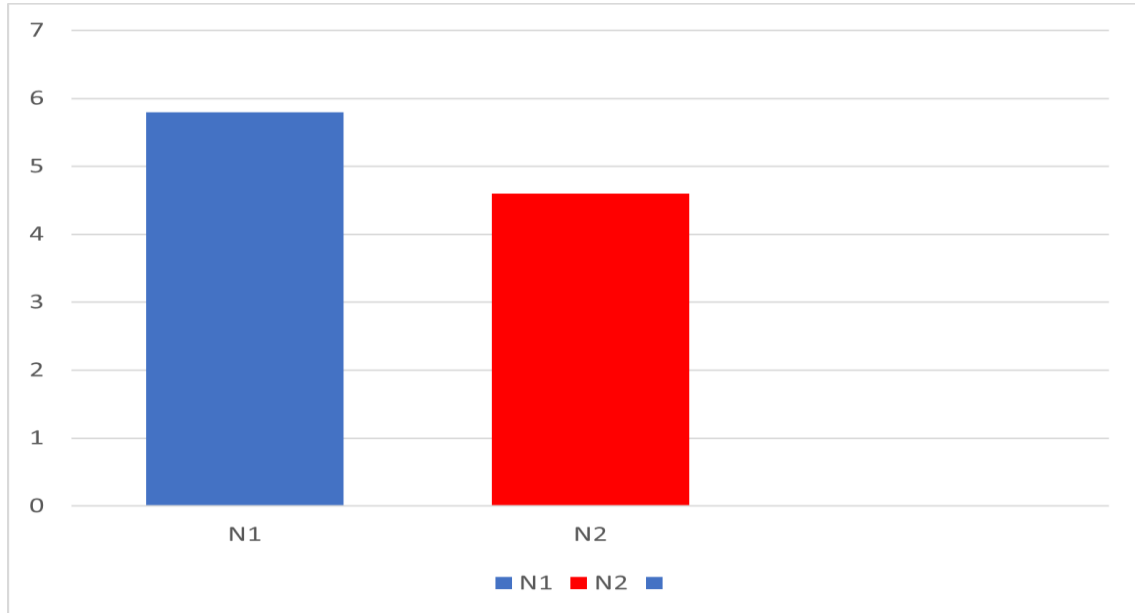


Figure 29 : variation de carbone dans deux niveaux N1 et N2

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 187.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mesuré au N1 et 122.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mesuré au N2.

L'analyse de variance montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux niveaux de profondeur $P=0.25$ au risque de 5%.

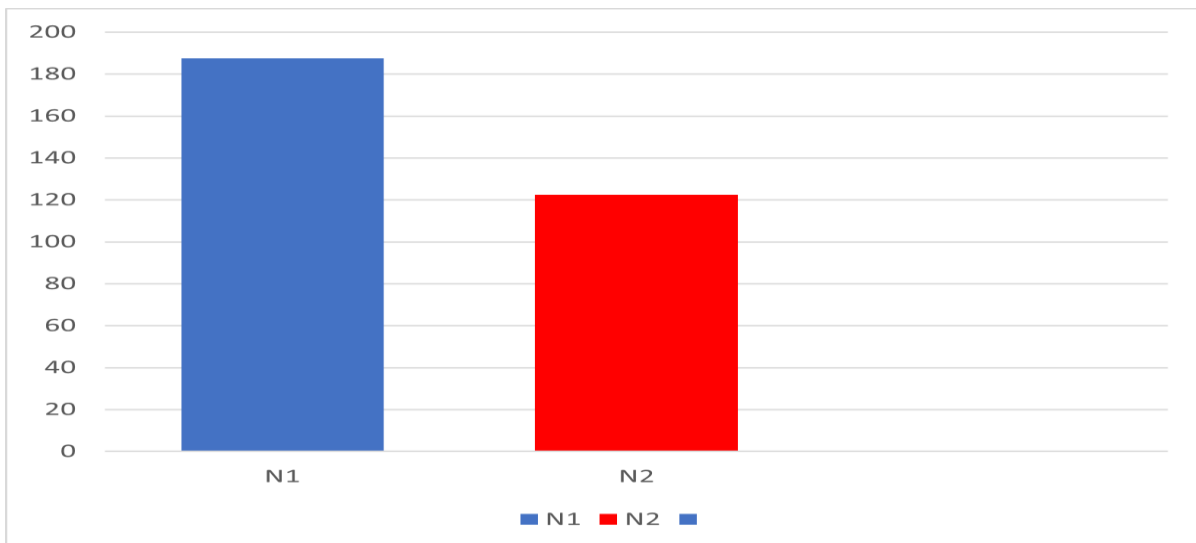


Figure 29 : Variation de la conductivité dans deux niveaux N1 et N2.

I.1.1 Résultats de la teneur en humidité H :

Les résultats obtenus pour la teneur en humidité du sol qui se trouve sous les arbres de chêne liège varient selon la profondeur, une valeur moyenne de 20% mesuré au N1 et 17.833% mesuré au N2

L'analyse de variance montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux niveaux de profondeur $P= 0.24$ au risque de 5%.

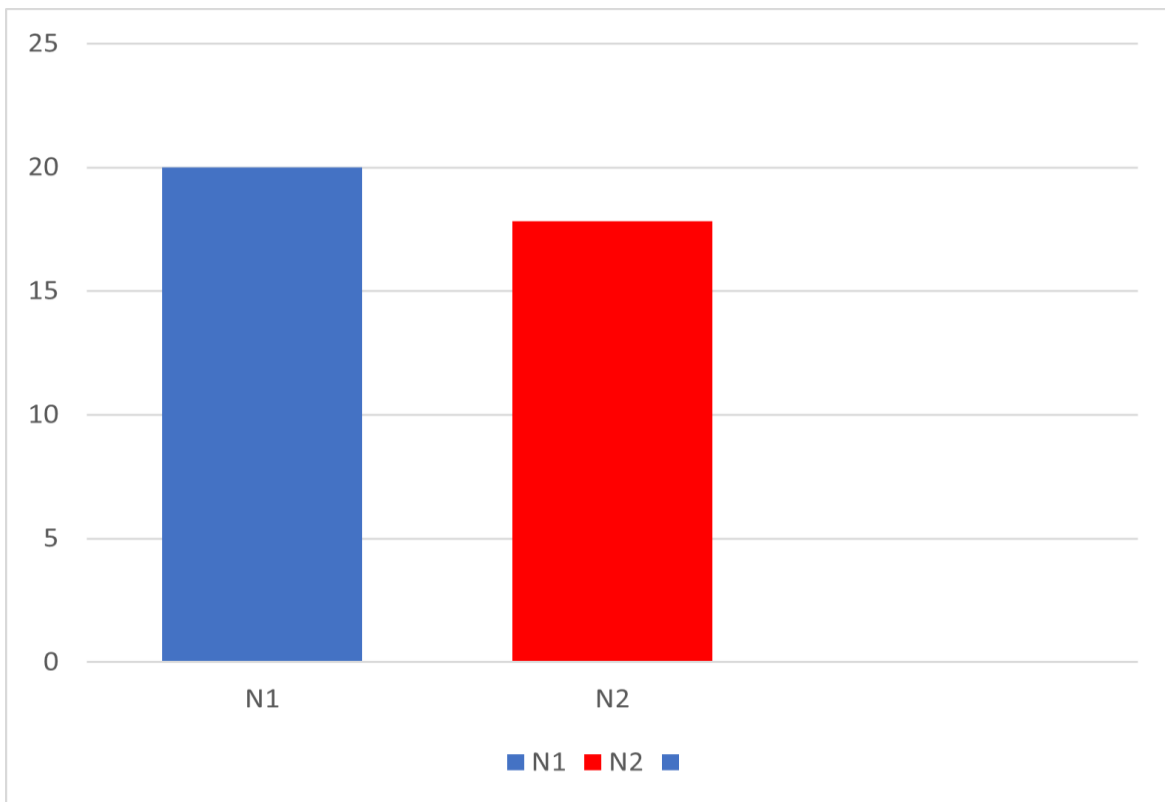


Figure 30 : Variante de la teneur en humidité au deux niveaux N1 et N2

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 2.92 mm mesuré au N1, et 1.39 mm mesuré au N2.

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative avec une valeur de $P=0.0027$ pour la biométrie racinaire.

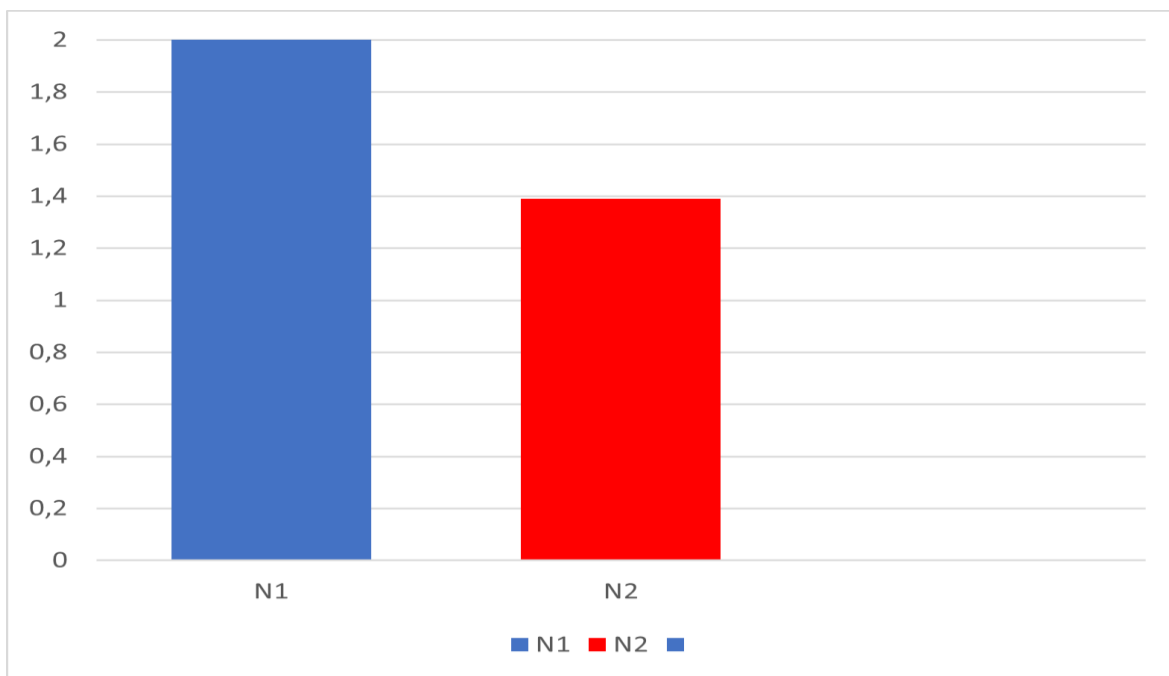


Figure 31 : variation des diamètres des racines rhizosphérique selon deux niveaux N1 et N2

1.2.2. 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%.

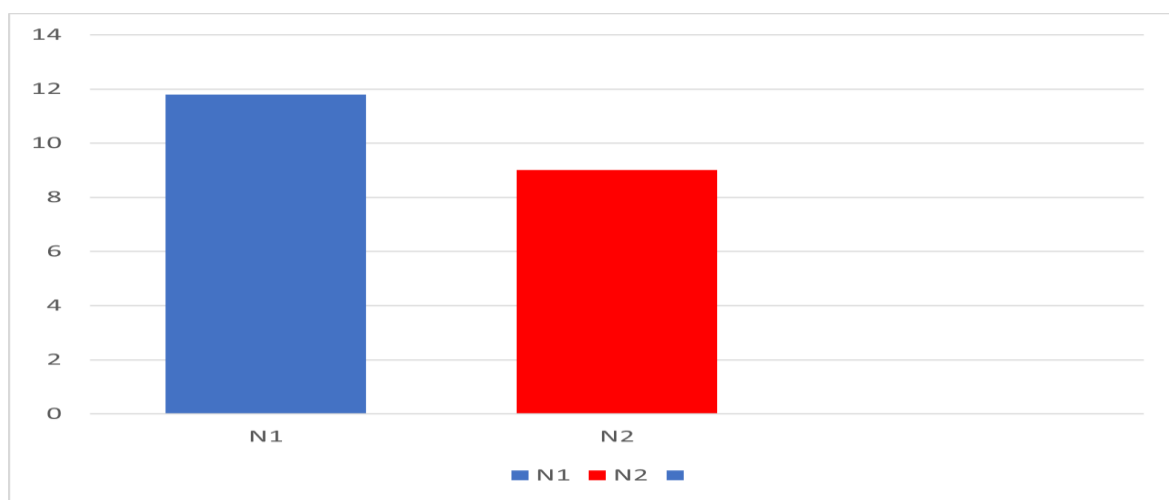


Figure 32 : Variation des longueurs des racines rhizosphériques selon deux niveaux N1 et N2.

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). La teneur en PPT est de $405,31 \pm 2,701 \mu\text{g EAG/mg}$ dans le N1 et de $221,989 \pm 1,641 \mu\text{g EAG/mg}$ dans le N2. La teneur la plus importante a été enregistrée dans Le niveau N1. L'analyse de la variance montre que la différence est significative qui est vérifié par la valeur de $P= 0,012$ au risque de 5%.

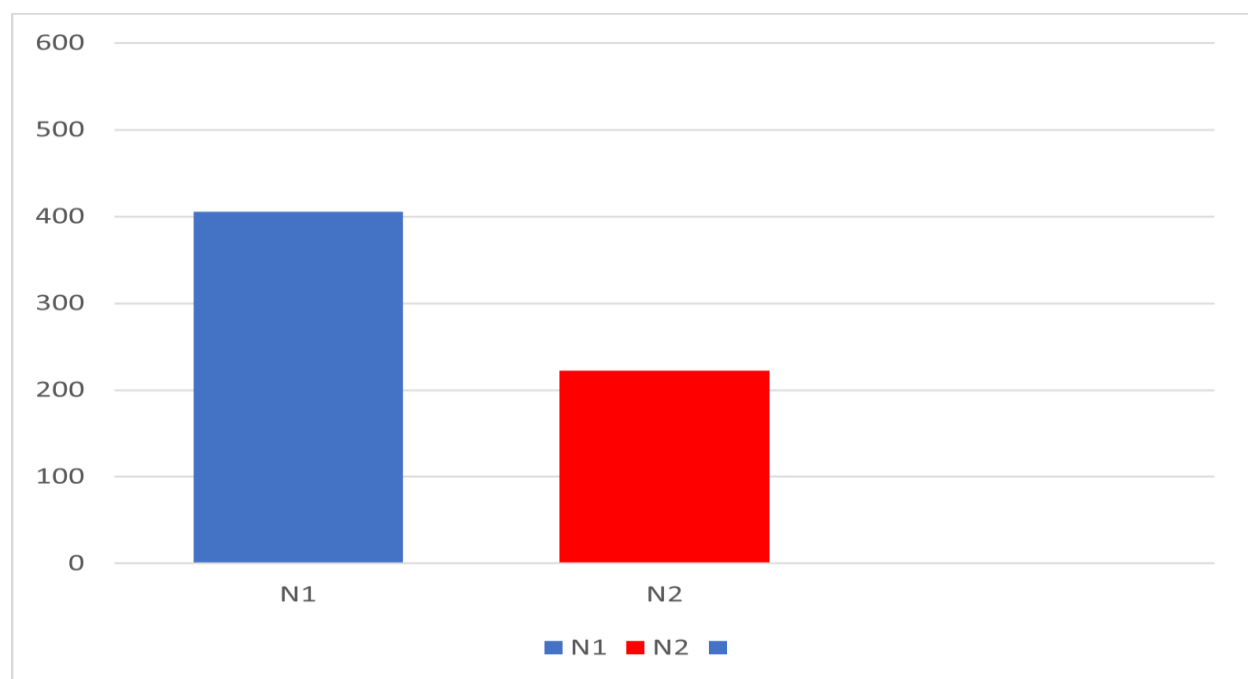


Figure 33 : Variation des teneurs en polyphénols totaux (PTT) selon deux niveaux N1 et N2

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. 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 l'humidité du sol.

- Le taux de polyphénols et le ph.

Ainsi que d'autres corrélations négatives entre

le taux de polyphénols, les diamètres des racines.

Le taux de polyphénols la conductivité

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 (Peñuelas et al., 1998 ; Gil-Pelegrín 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'emploi cette espèce à ce type de stressé la production d'importante quantité de métabolites secondaires (Almeida et al. 2020)

Le *Quercus suber* L. est une espèce ecto mycorrhizienne (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 mycorrhiziens

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 racinaire 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 inférieur 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.

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*.

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 (David Scott Howlett, 2016) et al, sont similaire à nos résultats, le taux de carbone est plus élevé dans le 1^{er} niveau de profondeur du sol, cela pourrait être dû à la stabilisation préférentielle de la matière organique (MO) dans les macro-agrégats par rapport aux petits agrégats. La présence des racines et d'hyphes en décomposition à l'intérieur des

Macro-agrégats 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 localise 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 187.5 µS/cm mesuré au N1 et 122.5 µS/cm mesuré au N2. Et par conséquence, ce sol est non salin selon la classification des normes (Bocoum, 2004).

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

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

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.

II.5. Humidité du sol :

La mesure de l'humidité du sol permet d'obtenir une estimation de la teneur globale en eau dissous dans le sol

Les résultats obtenus pour l'humidité du sol qui se trouve sous les arbres de chêne liège varient selon la profondeur, une valeur moyenne de 20% mesuré au N1 et 17.83% mesuré au N2. Ce qui démontre que le sol est brun et qui est très riche en matière organique.

Conclusion et perspective

Conclusion générale :

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 rhizo-sphérique 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 rhizo-sphériques 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 rhizo-sphériques, pouvant être dû aux changements globaux affectant tous les compartiments de l'écosystème. 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 :

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

Références Bibliographie :

- **Aafi, (2007)** : étude de la diversité floristique de l'écosystème de chêne liège de la forêt de la Momora.
- **Ammandier L, (2013)** : étude floristique et structurelle de quelques forêts matures de Provence – Alpes-Cotes d'Azur. Comparaisons avec des forêts ordinaires.
- **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
- **Arvieu, J. C, (1998, August)**. Bioavailability of soil P and K: concepts and factors. In 16. Congrès Mondial de Science du Sol
- **ARGILLIER et al, (1999), Camellas et montero ,(2002)**
- **Aubert, G, (1978)**. Méthodes d'analyses des sols. Edit.C.R.D.P.Marseille.189p.
- **Benabid, (1989)** : la forêt de chêne liège au Maroc, dégradation et disparition. Revue Abaad FYKARYA ASSOC.AUT.MAROC. Edit ; Trad et Public, Rubut.
- **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.
- **Bocoum, M., 2004**. Méthodes d'analyses des sols. Doc de travail. Institut National de Pédologie, Dakar - Sénégal, 55 pp.
- **Boudy, P. (1950)** : **Economie forestière Nord-africaine-Tome 4**, Ed.
- **Boudy, P. (1955)** : **Economie forestière nord-africaine. T. 1** : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. La rose Edition, Paris, France 483p.
- **Catalayud et al, 2013** : Contributions to a revision of *Cercidospora* (Dothideales), 2: Species on *Lecanora* sl, *Rhizoplaca* and *Squamarina*
- **Costa et al, (2002)**: Climate response of cork growth in the Mediterranean oak (*Quercus suber* L.) woodlands of southwestern Portugal.
- **Costa A, Pereira H, Oliveira A (2004)**: The effect of cork-stripping damage on diameter growth of *Quercus suber* L.
- **Cooper et al,2013**: Treatment of phenolic compounds in Olive Mill Wastewater and lowering the phytotoxicity of effluent
- **Czanes, S, Hallett, P.D, Bengough, A.G and Young, I.M, (2000)**. Rootand microbialderived mucilages affect soil structure and water transport. *Eur. J. Soil Sci.* 51, 435– 443.
- **Carmelo Dazzi Guisepe Lo Papa , (2020)**:Land set-up systems in Italy: A long tradition of soil and water conservation sewed up to a variety of pedo-climatic environments

Références Bibliographie :

- **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.
- **Darrah, (1993)** : The rhizosphere and plant nutrition: a quantitative approach.
- **Djermane, N., & Arhab, R. (2021)** : Evaluation des activités biologiques d'huiles essentielles et d'extraits végétaux de plantes médicinales et fourragères.
- **DGF (1999)** Manual de instruções para o trabalho de campo do Inventário Florestal Nacional. Direcção-Geral das Florestas, Lisboa
- **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*.
- **Dutuit, P., Pourrat, Y., & Dutuit, J. M. (1994)** : La notion de stress de la cellule à l'écosystème. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 5(1), 23-31.
- **Daniela, C., Rui, M. Tavares., Paula, B ET Teresa. L. (2022).** The influence of bioclimate on soil microbial communities of cork oak.
- **David, Mc Near, 2013:** The Rhizosphere-Roots.
- **El Antry Tozi et al, (2008)** :
- **Erb, M., & Kliebenstein, D. J. (2020):** Plant secondary metabolites as defenses, regulators, and primary metabolites: the blurred functional trichotomy. *Plant physiology*, 184(1), 39-52.
- **Fraval A., (1991)** : Contribution à la connaissance des rythmes de floraison du chêne-liège en forêt de la Mamora. In *Annales de la recherche forestière au Maroc* (Vol. 25, pp. 102-118).
- **Gil, L., & Varela, M. C. (2008):** Technical Guidelines for genetic conservation of Cork oak (*Quercus suber*). Bioversity International.
- **Goumand B., ET Rouse A., (1988)** : Transformation et consommation de liège en France. *Forêt Méditerranéenne*, 10(1), 172-177.
- **Guillaud, (1989)** :
- **Grossinckle, (1987)** :
- **Hennebelle et al, 2004** : Etude phytochimique de *Marrubium peregrinum* L. et intérêt potentiel dans la prévention de maladies liées au stress oxydatif
- **Hinsinger P. 2001.** Bioavailability of soil inorganic pin the rhizosphere as affected by root induced chemical changes. *Plant and soil*. 173-195p.

Références Bibliographie :

- **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. *Molecularbiology 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
- **Heynes.M.J et O'Coincenanian M.2004 :** tamA interacts with LeuB, the homologue of *Saccharomyces cerevisiae* Leu3p, to regulate *gdhA* expression in *Aspergillus nidulans*
- **Hynes.M.J et O'Coincenanian M.2001 :**GENETICS AND MOLECULAR BIOLOGY-A Gene from *Aspergillus nidulans* with Similarity to URE2 of *Saccharomyces cerevisiae* Encodes a Glutathione S-Transferase Which Contributes to ...
- **HOUARD C., (1912)** Les Zoocécidies du nord de l'Afrique. *Annales de la Société Entomologique de France*, 81 : 1-235.
- **Jenks M. A., Hasegawa P. M. (2014):** Plant abiotic stress, 2nd eds. WileyBlackwellPublishingInc, Oxford.
- **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.
- **Lamey, A. (1893).** : Le chêne-liège : sa culture et son exploitation. Berger-Levrault.
- **Lamey T. C., (1993).**: Territorial aggression, timing of eggloss, and egg-size differences in rockhopperpenguins, *Eudyptes c. chrysocome*, on New Island, Falkland Islands. *Oikos*, 293-297.
- **Madlung, A., &Comai, L. (2004):** The effect of stress on genome regulation and structure. *Annals of Botany*, 94(4), 481-495.
- **Maria da conceicao, et al (2019):** genetic variability in *Quercus Suber* L somatic embryogenesis.
- **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.
- **Meddour-Sahar, O., &Derridj, A. (2010).** : Le risque d'incendie de forêt : évaluation et cartographie. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 21(3), 187-195.
- **Messaoudène et al, (2009).**
- **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.

Références Bibliographie :

- **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.
- **Morsli, (2014):** Effects of growth regulators and types of culture media on somatic embryogenesis in date palm (*Phoenix dactylifera* L. cv. Degla Beida)
- **Natividade, J. V. (1956):** Subericulture. *Ecolenational des eaux et des forêts*. Nancy. Francia 281p.
- **Nadia I. Maaroufi and Jonathan R. De Long, (2020).** Global Change Impacts on Forest Soils: Linkage Between Soil Biota and Carbon-Nitrogen-Phosphorus Stoichiometry
- **Ouzid Y., Smail-Saadoun N., & Houali K. (2018).** Champignons endophytes et épiphytes foliaires de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) de Dayateaiat (Laghouat, ALGERIE). *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"*, 8(1).
- **Piazzetta R., (2005).** Etat des lieux de la filière liège française. Institut Méditerranéen du liège - Vivès. P 13-17.
- **Pagare, S., Bhatia, M., Tripathi, N, (2015).** Secondary metabolites of plants and their role: Overview *Curr Trends Biotechn & Pharmy* 9:293-30
- **Quézel, P., & Médail, F, (2003).** : Que faut-il entendre par " forêts méditerranéennes. *Forêt méditerranéenne*, 24(1), 11-31.
- **Rached kanouni, 2013 :** Effets d'une température fraîche et d'un apport exogène de régulateurs de croissance sur des semis de chêne liège
- **Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2007).** *Biologia vegetal*. In *Biologia vegetal* (pp. 830-830).
- **Renou G., 1942.** Allergic Reaction in Exanthematic Typhus. *Arch. Inst. Pasteur d'Algerie*, 20(4), 314-16.
- **Sollins, P., Homann, P., & Caldwell, B. A, (1996).** Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma*, 74(1-2), 65-105.
- **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.
- **Seigue, A. (1985).** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes (Vol. 5). Maisonneuve & Larose.
- **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.

Références Bibliographie :

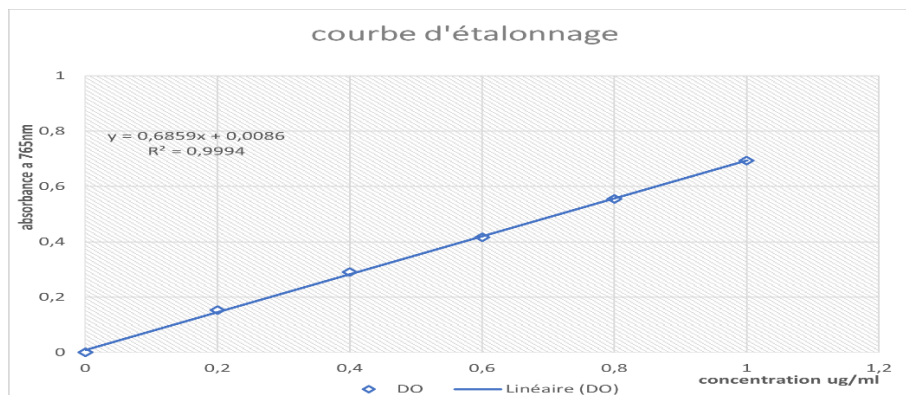
- **Veillon, (1998):** Guide technique de subériculture dans les Pyrénées orientales typologie de peuplement et études préliminaire, Fif - ENGREF, France.
- **Vignes, (1990) :** Traitement du taillis du chêne dans le Var. O.N.F arborescence.
- **Younsi S., 2006.** Diagnostic des essais de reboisement et de régénération du chêne liège (*Quercus suber* L.) dans la région de Jijel. Mémoire Magister, Univ. Constantine, p142.
- **Xiaofei, W., Yue, Q., and Hao, Z, (2022):.** Dietary Polyphenol, Gut Microbiota, and Health Benefits.
- **Weston, J., Ratle, F., Mobahi, H., & Collobert, R, (2012).** Deep learning via semisupervised embedding. In Neural networks: Tricks of the trade (pp. 639-655). Springer, Berlin, Heidelberg. Witzgall, K., Vida, A., Schub

Références Bibliographie :

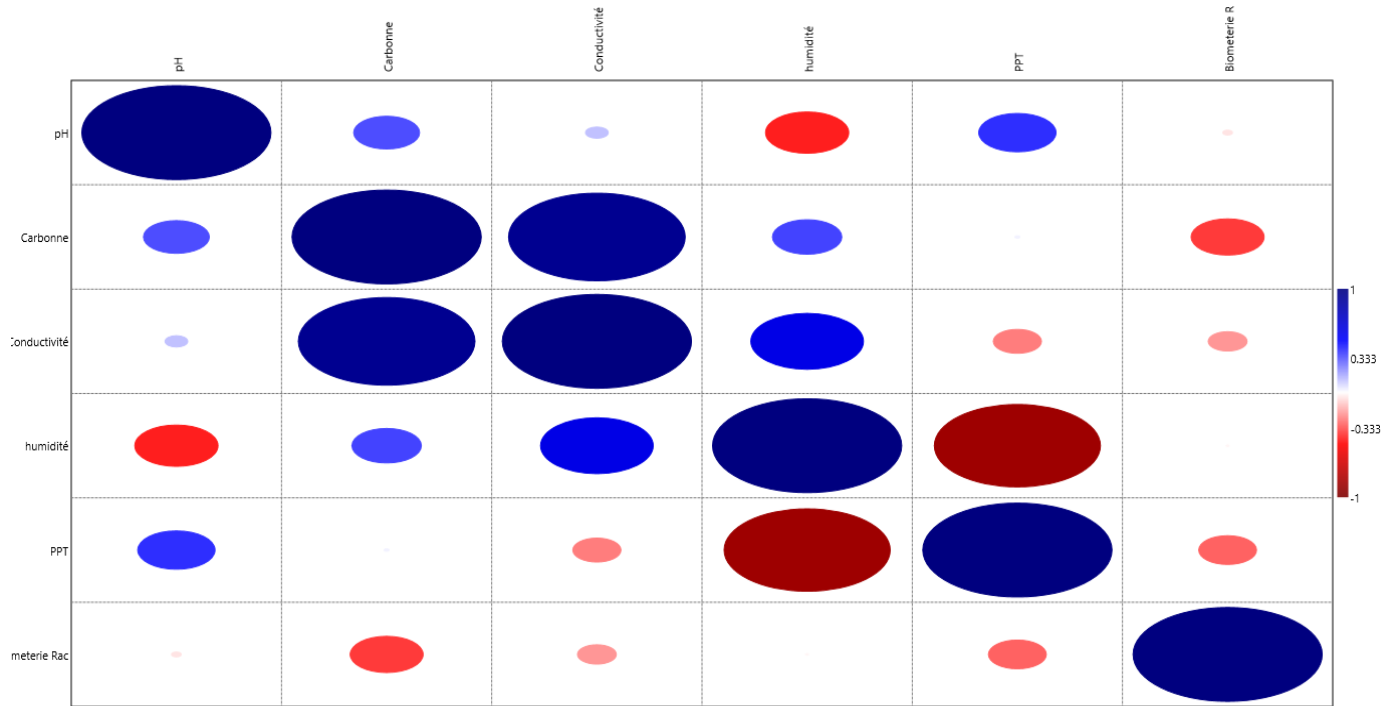
Annexe 1 : Tableau récapitulatif des données

	Ph	Conductivité	Carbonne	Humidité
N1	6,06	5,24	135	21
N1	6,09	6,84	420	23
N1	6,55	6,2	200	18
N1	6,29	5,5	100	20
N1	6,3	5,6	160	18
N1	5,58	5,31	110	20
N2	5,9	5,45	100	18
N2	5,29	4,07	110	16
N2	6,38	4,9	110	18
N2	5,7	4,22	80	16
N2	6,04	4,09	185	21
N2	5,5	4,8	150	18

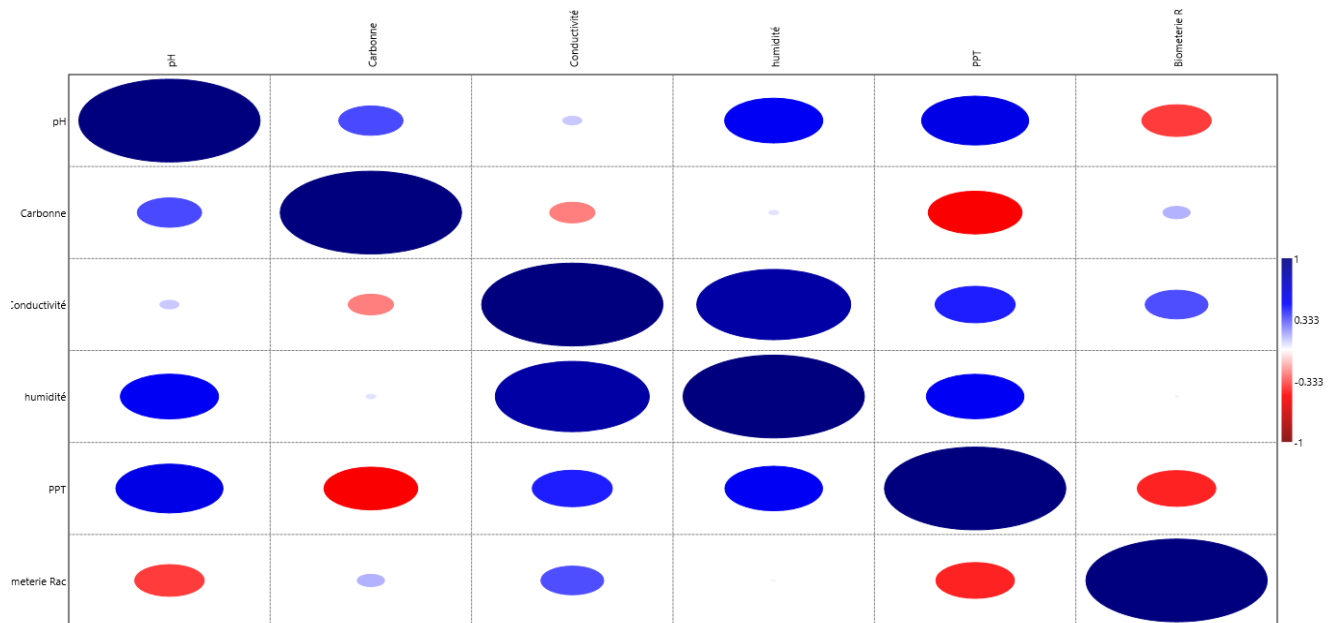
Annexe 2: Courbe d'étalonnage.



Annexe 3 : Résultats corrélation niveau 1



Annexe 4: Resultats corrélation niveau 2



Résumé

Le chêne-liège (*Quercus suber* L.) est une espèce d'importance écologique et sociale, elle a également une valeur économique importante en raison de la production du liège.

A des fins de conservation des écosystèmes subéraies face à 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 de Mizrana (Azrubar).

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, l'humidité, et les paramètres biométrique racinaires. 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 cork oak (*Quercus suber* L.) is a species of ecological and social importance, it has also an important economic value because of the production of cork.

For the purposes of conservation of cork ecosystems in the face of global changes, we are interested in a compartment of the ecosystem, which is the rhizosphere, in our case we took the Mizrana station (Azrubar).

In our work we carried out several measurements, in particular basic edaphic parameters which are pH, organic matter concentration, conductivity, humidity, and root biometric parameters. We also measured the contents of total polyphenols contained in rhizospheric 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 were also able to observe a positive correlation between the polyphenol content, soil conductivity and the length of rhizospheric roots.

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

