

République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERRI – Tizi -Ouzou

Faculté des Sciences Biologique et Des sciences Agronomique

Département de Biologie



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en biologie

Spécialité : Biologie de la conservation

Thème

Importance de la caractérisation phytochimique et biométrique de la rhizosphère dans le cadre de la conservation de l'écosystème subéaraie.

Réalisé par :NADI Ahmed

Le jury :

Président : BRAHMI. K Professeur

Promoteur : RAHMANI.M MAA

Examineur :OUDJIANE.A MAA

Promotion : 2020-2021

Remerciements :

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce aux efforts de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre gratitude.

Je tiens avant toutes chose, remercier celle sans qui nous je n'aurais rien pu faire. Celle qui a sus êtres une deuxième mère. Celle qui a toujours cru en moi. Celle à qui je demandais toujours conseil, celle qui nous a appris à apprendre. Celle qui à planter en moi une graine d'espoir. A madame Boudiaf Nait Kaci Malika notre chere enseignante, notre chère maman partis trop tôt puissiez-vous reposer en paix et un grand merci pour tout ce que vous avez fait pour nous.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire :

A monsieur RAHMANI pour m'avoir aidé malgré la tragédie.

A madame MESTAR GUECHAOUIde m'avoir orienté dans notre travail.

A madame SMAIL qui m'a permis d'avoir accès aux matériels de son laboratoire pour la réalisation de certaines de mes manipulations.

A madame BRAHMI qui a accepté de présidé le jury.

A monsieur OUDJIANE qui a accepté d'examiné mon travail.

En fin, pour tous ceux qui ont contribués de prés et de loin pendant la réalisation de ce travail.

Figure 01. Chênaïed'Ath Ghobri.....	5
Figure 02. Tronc du chêne liège.....	6
Figure 03. Feuilles de chêneliège.....	7
Figure 04. Fleurs du chêneliège.....	8
Figure 05. Répartition du chêne liège dans le bassin méditerranéen.....	9
Figure 06. Air de répartition du chêne liège en Algérie. (Silva et Carty, 2006).....	10
Figure 07. Représentation schématique de la rhizosphère (Lynch,1983).....	11
Figure 8. Schéma des différentes interactions des racines et le sol (Huang et al.,2014)	12
Figure 9. Modèle d'équilibre entre les pro-oxydants et les antioxydants (Bayala,2014)	14
Figure 10. Rôles des composés organiques chez les plantes (Erb et Kliebenstein,2020)	15
Figure 11. Composés phénoliques (Velderrain-Rodríguez et al.,2014).....	16
Figure12. Résumé des principales classes de polyphénols (Oliver et al.,2016) modifiée	17
Figure13. Structure de base des flavonoïdes (Ghasemzadeh et Ghasemzadeh,2011).	17
Figure 14. Carte de la région d'étude.....	19
Figure 15. Diagramme ombrothermique de la commune d'Azazga	22
Figure 16. Repère du prélèvement.....	23
Figure 17. Méthodes d'échantillonnage des racines de <i>Quercus suber</i> L.....	24
Figure 18. Nettoyage des racines.....	25
Figure 19. Mesure du diamètre des racines avec un pied à coulisse électronique.	25
Figure 20. Broyage des racines	26
Figure 21. Préparation des extraits	27
Figure 22. Dosage des polyphénols totaux	28
Figure23. Dosage des flavonoïdes totaux	29
Figure 24. Mesure du pH avec un pH-mètre.....	30
Figure 25. Etape du dosage du carbone	31
Figure 26. Variation des teneurs en polyphénols Totaux (PPT) selon deux niveaux..	34
Figure 27. Variation des teneurs en flavonoïdes Totaux (FT) selon deux niveaux	35
Figure 28. Variation du pH et du pH KCl dans deux niveaux N1 et N2.....	35
Figure 29. Variation du carbone organique dans deux niveaux N1 et N2.....	36

Figure 30. Variation des diamètres des racines rhizosphérique selon deux niveaux N1 et N2 37

Figure 31. Variation des longueurs des racines rhizosphérique selon deux niveaux N1 et N2 37

Tableau 01. Températures moyenne mensuelles annuelles en °C (2001-2010) (ONMTO, 2010)..... 21

Tableau 02. Pluviométries moyennes annuelles (2001-2010) de la commune d'Azazga, en (mm) 22

Liste des abréviations

EAG : Equivalant acide gallique

EQ : Equivalent quercétine

ERO : Espèces réactives d'oxygène

PPT : Polyphénols totaux

FT : Flavonoïdes totaux

PV : Poudre végétale

ROS : Reactiveoxygenspecies

RS : Résidu sec

pH : potentiel d'Hydrogène

C : carbone organique

N 1 : niveau 1

N 2 : niveau 2

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction1

Chapitre 1

I. Généralité sur *Quercus suber* L.4

I.1. Présentation de l'espèce4

I.1.1. Systématique4

I.1.2. Caractéristiques botaniques4

I.1.2.1. Système racinaire.....5

I.1.2.2. Ecorce5

I.1.2.3. Les feuilles.....6

I.1.2.4. Inflorescence.....7

I.1.2.5. Fruits.....8

I.1.3. Ecologie du chêne liège.....8

I.2. Géographie du chêne liège9

I.3. Importance des subéraies en Algérie10

II. Importance de la caractérisation de la rhizosphère du *Q. suber* sol/racine..10

II.1. Importance du sol dans la conservation des subéraies10

II.1.1. Sol10

II.1.2. Rhizosphère11

II.1.3. Rhizodéposition11

II.1.4. Exsudats racinaires et effet sur le fonctionnement de la rhizosphère12

III. Facteurs responsables du stress chez les végétaux12

III.1. Stress abiotiques13

III.1.2. Stress thermique13

III.2. Stress biotiques13

III.3. Stress oxydatif13

IV. Métabolisme des plantes.....14

IV.1. Métabolisme primaire15

IV.2. Métabolisme secondaire15

IV.2.1. Composés phénoliques.....16

IV.2.2. Flavonoïdes17

Chapitre 2

I. Etude du Milieu	19
I.1. Situation géographique	19
I.2. Géologie	20
I.3. Géomorphologie.....	20
I.4. Climat	20
I.5. Température.....	20
I.6. Précipitations	21
I.7. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	22
II. Echantillonnage.....	23
II.1. Récolte des racines et des sols	23
III. Biométrie racinaire	24
III.3. Préparation des extraits racinaires.....	25
III.4. Dosages	28
III.4.1. Détermination des phénols totaux.....	28
III.4.2. Détermination des flavonoïdes totaux	29
III.5. Analyse du sol rhizosphérique	29
III.5.1. pH rapport 1/5	29
III.5.2. Dosage du Carbone.....	30
III.6. Analyse statistique	31

Chapitre 3

I. Morphologie du profil pédologique de la station d'étude	32
I.1. Description des horizons.....	32
I.2. Végétation	33
I.2.1. Strate arborée	33
I.2.2. Strate arbustive.....	33
I.2.3. Strate herbacée	33
II. Résultats de l'étude phytochimique.....	33
II.1. Polyphénols totaux	33
II.2. Flavonoïdes totaux	34
III. Résultats de l'étude édaphique.....	35
III.1. Potentiel d'Hydrogène (pH).....	35
III.2. Carbone organique	36
IV. Résultat de l'étude biométrique des racines rhizosphérique	36

Introduction

Notre planète perd des espèces à un taux comparable à celui observé lors des extinctions de masse qui ont affecté la Terre dans un passé lointain (Dirzo et Raven 2003 ; Ceballos et al., 2010, 2015). Selon Millennium EcosystemAssessment (2005), 60 % des écosystèmes sont dégradés à des degrés plus ou moins importants. Les échanges commerciaux, le changement climatique et les changements d'usages des terres favorisent les émergences de pathogènes avec des conséquences importantes pour la santé des êtres vivant, La fragmentation des habitats et les bioinvasions augmentent les taux d'extinction des espèces, L'exploitation sur de très grandes superficies des OGMs est une réponse de nombreux pays à la demande d'intensification de la production agricole (Morand, 2006).

Le facteur principal de cette perte de biodiversité est lié aux activités anthropiques. Tandis que les changements d'utilisation des terres induisent une perte d'habitat pour les organismes, l'utilisation croissante d'énergies fossiles par l'Homme engendre un dérèglement climatique qui menace les organismes en modifiant leurs conditions de vie (Chapin et al., 2000). Cette érosion globale de biodiversité, souvent désignée par l'expression de « crise de la biodiversité », est alarmante pour plusieurs raisons. 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 se distinguent de toute forme de transformation ou perturbation naturelle des écosystèmes par trois caractères : le premier est qu'il s'agit de modifications de grande ampleur qui affectent de manière « globale » l'environnement de la planète, notamment la biosphère et l'atmosphère. Le deuxième est que ces modifications sont d'origine anthropique et le troisième est que leur inertie est telle que l'inflexion de leurs trajectoires ne pourra se faire que sur des durées très longues, de l'ordre de plusieurs siècles à plusieurs millénaires (Blondel,2008).Ils 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 que la physiologie des organismes vivants.Le facteur principal de cette perte de biodiversité est lié aux activités anthropiques.

L'humain, produit de l'évolution, est la seule espèce en mesure d'affecter l'ensemble de la biosphère, et donc les capacités adaptatives et le futur de toutes les autres espèces (Morand, 2006).

Introduction

La biodiversité peut être une assurance écologique, sociétale, contre les risques et les incertitudes associés à ces changements globaux (Deprince, 2003).

Les plantes, sont à l'interface entre les compartiments aériens et souterrains des écosystèmes, et jouent un rôle absolument crucial dans le fonctionnement du sol. Différentes espèces de plantes peuvent imposer un contrôle fort sur les communautés d'organismes du sol qui représente plus de 80 % de la biodiversité animale (Deprince, 2003). En effet, le système racinaire représente la principale zone d'échange de nutriments et d'eau entre le sol, les microorganismes et les plantes. Dans la rhizosphère, les racines modifient très fortement les propriétés physiques chimiques du sol et agissent sur les communautés d'organismes (Hinsinger et al., 2006). De plus, des associations avec des organismes mutualistes, notamment les champignons mycorhiziens, et les bactéries fixatrices d'azote, influencent fortement les cycles biogéochimiques (Lambers et al., 2009). Les différentes espèces de plantes se distinguent fortement par rapport à leurs associations avec des microorganismes mutualistes et de la rhizosphère, mais aussi par rapport aux traits fonctionnels et à l'architecture (profondeur et densité) de leur système racinaire avec des forts impacts sur le fonctionnement du sol et de l'écosystème dans sa globalité (Bardgett et al., 2014 ; Derrien et al., 2016 ; Mariotte et al., 2018).

La protection des sols reste une préoccupation actuelle du domaine de la biologie de la conservation.

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

Plusieurs auteurs ont démontré l'importance de la rhizosphère on peut citer (Huang et al., 2014 ; Badri et al., 2013 ; Bardi et al. 2012 ; Weston et al. 2012 ; Lynch et al. 2001)

Parmi les essences endémiques du bassin méditerranéen, le chêne-liège (*Quercus suber* L.) Cette dernière est l'une des plus remarquables mais aussi l'une des plus précieuses compte tenu du rôle indéniable des forêts de chêne-liège sur le plan environnemental (érosion, résistance aux incendies, séquestration du carbone et lutte contre l'effet de serre) et socio-économique (qualité de ses ressources naturelles) (Harfouche et al, 2003).

Introduction

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 phytochimique de cette partie de la plante.

La présentation de notre travail s'articule autour de trois chapitres qui traiteront respectivement:

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

Généralité sur *Quercus suber* L.**I.1.Présentation de l'espèce**

L'Algérie possède six espèces de chêne (Quezel et Santa,1962) et parmi lesquelles le chêne liège (*Quercus suber* L.), apparu au tertiaire (Seigue,1985).

Le chêne liège est originaire de la région méditerranéenne occidentale et il est un descendant de la flore pliocène supérieure (Boudy,1950 ; Quezel,2000).

I.1.1.Systématique

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

Règne : Plantae

Clade : Angiospermes

Clade : Dicotylédone vraie

Clade : Rosidées

Clade : Fabidées

Ordre : Fagales

Famille : Fagacées

Genre : *Quercus*

Espèce : *Quercus suber* L.

I.1.2. Caractéristiques botaniques

Le chêne-liège est un arbre de taille variable allant de 10 à 15m en moyenne (Fig 01), il peut atteindre 20 à 25 m en peuplements denses. Son port varie en fonction de la densité du peuplement.

Il peut vivre jusqu'à 300 ans mais les levées successives de liège, les éventuels incendies et les conditions situationnelles, diminuent fortement cette longévité jusqu'à environ 150 à 200 ans (Gil et Varela,2008)



Figure01.Chênaied'Ath Ghobri.

I.1.2.1. Système racinaire

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

I.1.2.2. Ecorce

L'écorce peut atteindre une épaisseur de 15cm, sa partie extérieur est composée d'un tissu compact élastique et thermiquement isolant (Touati et *al.*,2015), de cellules mortes aux parois très imperméables (Pereira, 2007). La première récolte de liège a lieu lorsque l'arbre a environ 30 ans, puis à un intervalle de 9 à 12 ans (Silva et *al.*,2005) (figure 02).



Figure 02. Tronc du chêne liège

II.1.2.3. Les feuilles

Le chêne-liège est une espèce sclérophylle à feuillage persistant, de 2 à 3 ans. Les feuilles (Fig. 3) sont de forme et de dimension variables d'un arbre à un autre et même sur le même arbre. De forme ovale et dentée, celles-ci sont dures, coriaces, de couleur vert foncé, lustrées sur la face supérieure, tomenteuses et gris-blanchâtre sur la face inférieure (Saccardy, 1938).

Le chêneliège peut perdre fortement ses feuilles après une forte glandée, à la suite de conditions atmosphériques défavorables ou après une récolte exagérée de liège (Silva et al., 2005 ; Petroselliet al., 2013).



Figure 03. Feuilles de chêneliège

I.1.2.4. Inflorescence

Le chêne-liège est un arbre monoïque, les fleurs mâles en chatons filiformes (Fig.4) de 4 à 8 cm apparaissent sur les rameaux de l'année précédente. Les fleurs femelles en chatons courts de 0.5 à 4 cm de long groupées par 2 ou 3 à l'extrémité des rameaux de l'année, elles sont plus courtes et plus rigides (Natividade,1956 ; Lamey,1938).

Pour Lamey(1983), le climat et l'exposition conditionnent la floraison qui commence vers l'âge de 12 à 15 ans et se déroule entre la fin avril jusqu'à la fin du mois de mai.



Figure04. Fleurs du chêneliège

I.1.2.5. Fruits

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

I.1.3. Ecologie du chêne liège

Les exigences écologiques du chêne liège sont en nombre de quatre : exigence en lumière, chaleur, humidité et refus des sols calcaires (Bekdouche,2010).

C'est une espèce strictement calcifuge qui colonise surtout les sols siliceux (Quézel et Médail,2003). Elle préfère les sols à pH acide, avec peu de contraintes pour la pénétration et la prospection des racines (Pausas,2009).

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

La subéraie occupe une place bien particulière au sein de la forêt méditerranéenne, elle constitue un complexe d'écosystèmes en interrelations fonctionnelles (Bennadja,2015).

D'après Letreuch-Belarouciet *al.*(2010), les subéraies sont affectées par plusieurs agents de dégradation directe :

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

I.2. Géographie du chêne liège

Quercus suber L. est une espèce strictement méditerranéenne distribuée dans la partie occidentale, entre le sud-ouest de l'Europe et l'Afrique du Nord (Mechergui,2021). Il couvre actuellement une surface totale d'environ 1,43 million d'hectares en Europe et 0,85 million d'hectares, dans le nord de l'Afrique. Plus de la moitié de cette surface se trouve dans la péninsule Ibérique (APCOR,2008) (figure 05).

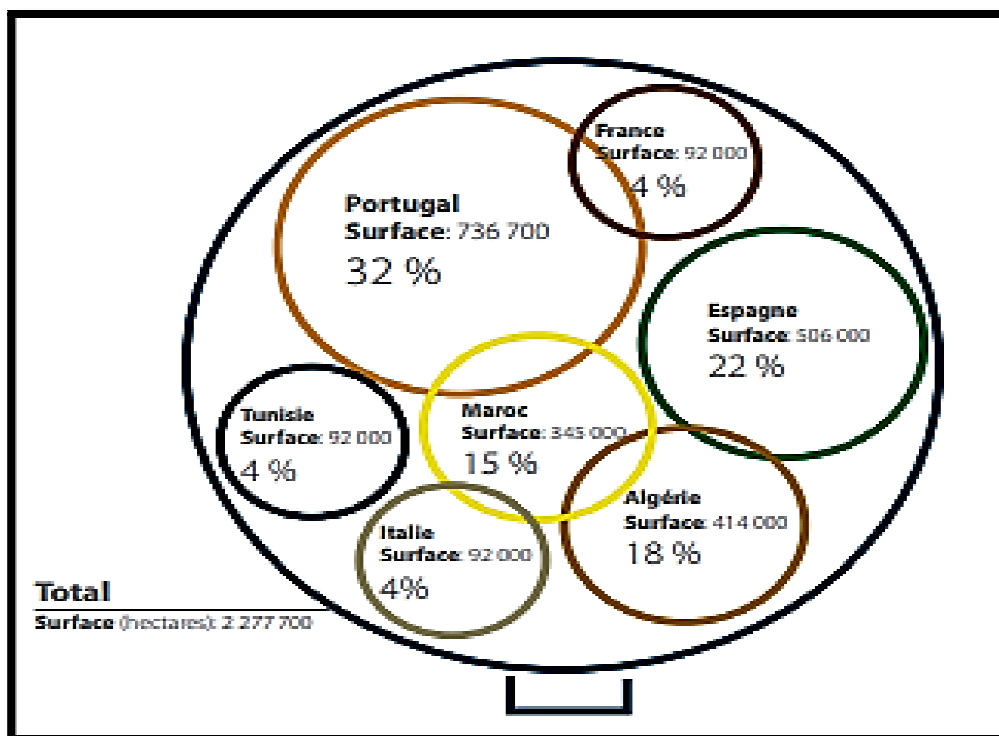


Figure 05. Répartition du chêne liège dans le bassin méditerranéen

I.3. Importance des subéraies en Algérie

Le chêne-liège domine dans les secteurs humides, de l'Est d'Alger jusqu'à la frontière tunisienne. Il s'étend d'une manière assez continue le long de la zone littorale où il offre le maximum de son aire de répartition dans la partie Ouest, il reste disséminé et constitue des îlots de moindre importance (Bekdouche,2010).

L'Algérie offre une superficie appréciable de 410 000 hectares selon les estimations données par Silva et Catry(2006) (figure 06).



Figure 06 .Aire de répartition du chêne liège en Algérie. (Silva et Carty, 2006)

II.Importance de la caractérisation de la rhizosphère du *Q. suber* sol/racine

II.1. Importance du sol dans la conservation des subéraies

II.1.1. Sol

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

Le sol, lieu de vie des arbres, constitue le patrimoine de base de tout propriétaire forestier. Le sol forestier est une structure biologique, physique et chimique complexe et sensible en tant qu'interface entre de nombreux cycles de matières. Il sert entre autres de lieu d'échange pour l'eau, les éléments nutritifs et les polluants qui ont un impact direct sur la biodiversité. La

principale caractéristique des sols forestiers est leur stabilité grâce à la présence d'un enracinement permanent et d'un humus (Baize et Jabiol,1995 ; Vigneron,2011).

II.1.2. Rhizosphère

La rhizosphère est le volume de sol entourant la racine vivante d'une plante (Hinsinger,2010),C'est la mince couche de sol qui entoure les racines et dont la composition est profondément modifiée. Elle diffère de la masse du sol par son pH, le potentiel redox (Eh), l'abondance et la composition de la matière organique qui se traduit par une teneur élevée en CO₂ (Darrah,1993 ; Duchaufour,2001).

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

Il existe trois zones distinctes dans la rhizosphère :l'endorhizosphère, le rhizoplan et l'ectorhizosphère (Lynch,1987) (figure 07).

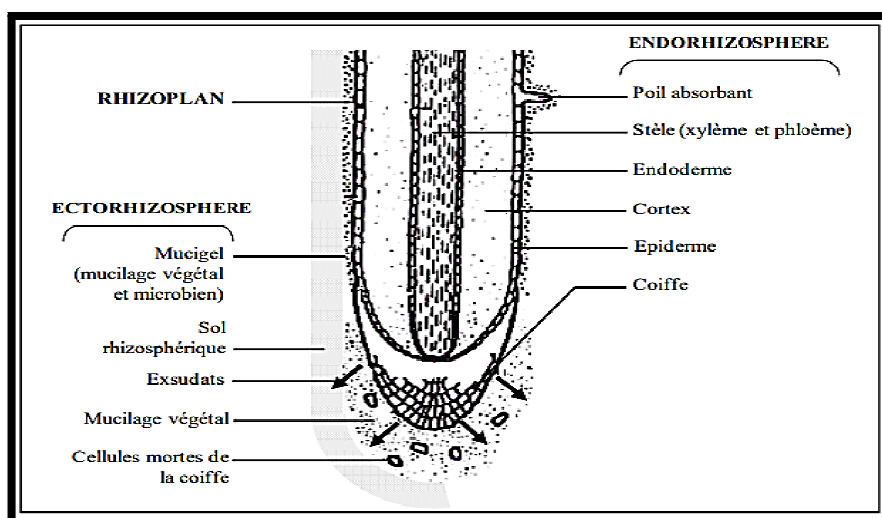


Figure 07.Représentation schématique de la rhizosphère (Lynch,1983)

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

II.1.3.Rhizodéposition

Les racines exsudent près de 20% du carbone issu de la photosynthèse dans la rhizosphère (Siciliano et *al.*,1997).

Les matériaux déposés ou bien exsudés par les racines dans l'interface sont répartis en deux groupes, le premier regroupe tous ce qui est soluble dans l'eau comme les métabolites

primaires et secondaires, le deuxième regroupe les matériaux insolubles dans l'eau comme les parois cellulaires, les matériaux de desquamation et autres débris racinaires (Lynch, 2001).

II.1.4. Exsudats racinaires et effet sur le fonctionnement de la rhizosphère

Les exsudats des racines des plantes interviennent dans une multitude d'interactions rhizosphériques et multitrophiques (Huang et al., 2014). La structure des communautés animales, microbiennes et fongique varie selon la génétique, l'âge de la plante et la nature des exsudats racinaires (Badri et al., 2013) (figure 08).

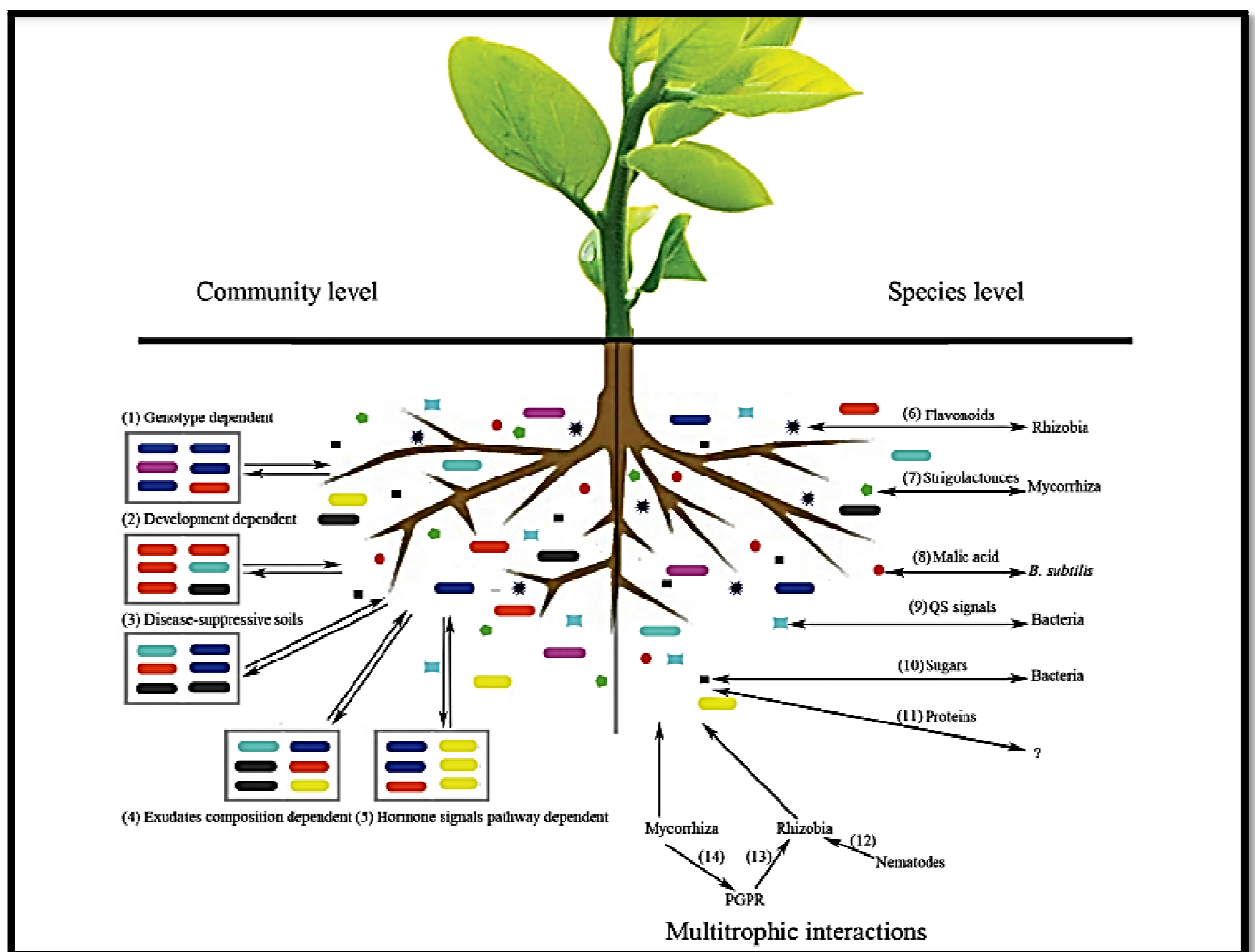


Figure 8. Schéma des différentes interactions des racines et le sol (Huang et al., 2014)

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.1.1. 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.1.2. 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.2. Stress biotiques

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'herbivorie est aussi une source de stress biotique (Strauss et Zangerl,2002).

III.3 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).

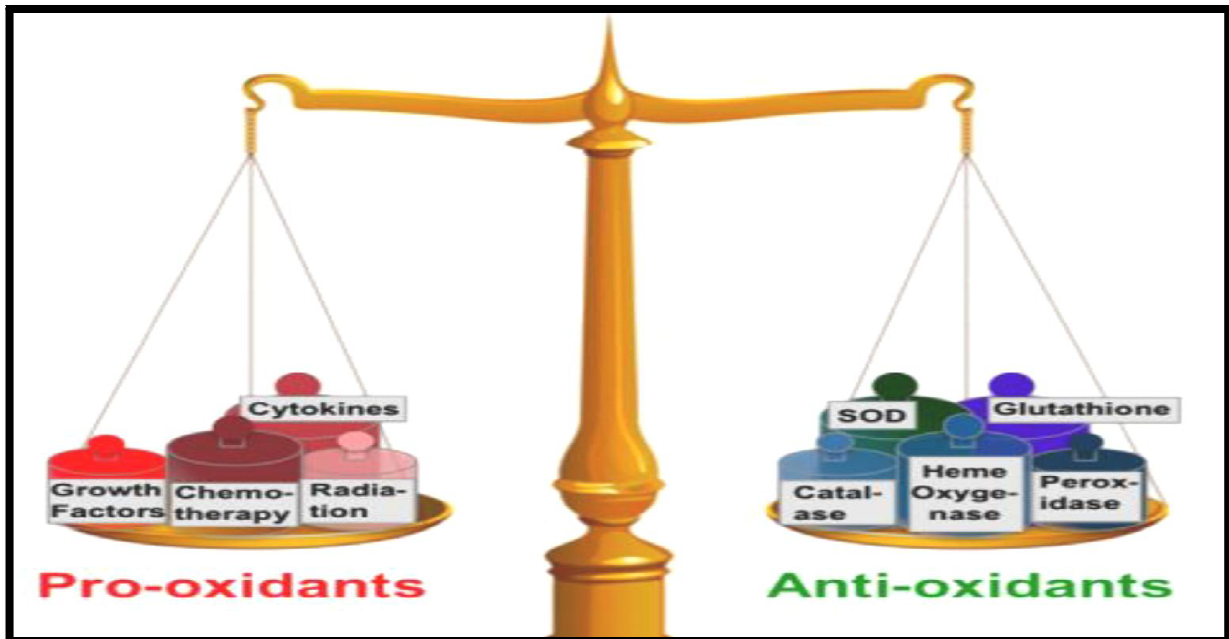


Figure 9. Modèle d'équilibre entre les pro-oxydants et les antioxydants (Bayala,2014).

IV. Métabolisme des plantes

Le règne végétal produit des centaines de milliers de composés organiques. Sur la base des fonctions supposées de ces composés, ils sont classés en trois groupes principaux (Fig. 10), les métabolites primaires qui sont directement nécessaires à la croissance des plantes, métabolites secondaires (ou spécialisés) qui interviennent dans les interactions plante-environnement et les hormones qui régulent les processus et le métabolisme de l'organisme (Erb et Kliebenstein, 2020).

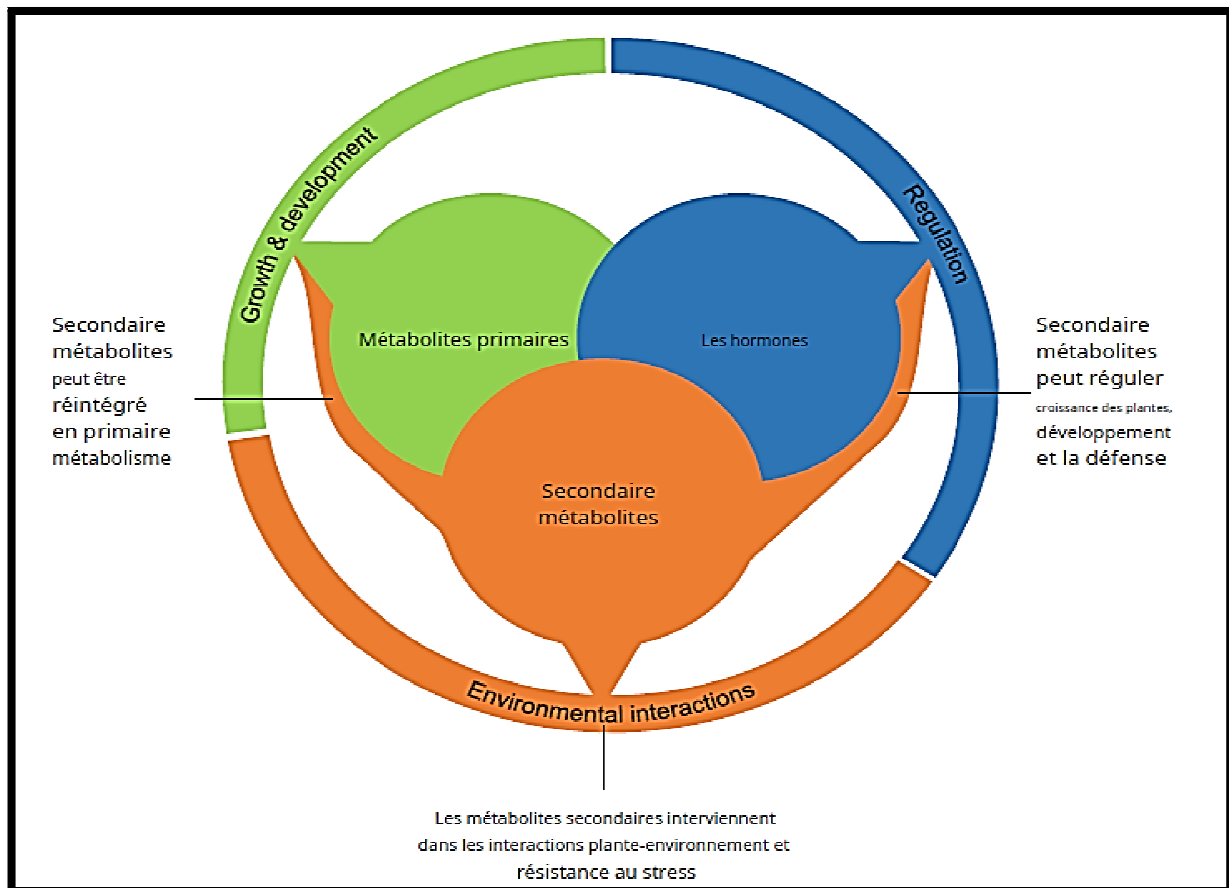


Figure 10. Rôles des composés organiques chez les plantes (Erb et Kliebenstein,2020)

IV.1. Métabolisme primaire

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

IV.2.Métabolisme secondaire

Le métabolisme secondairedregroupe toutesles substances présentes chez un organisme et qui ne participent pas directement aux processus de base de la cellule vivante (Djermane et Arhab,2021). Ces métabolitesont souvent spécifiques à la lignée et aident lesplantes à interagir avec l'environnement biotique et abiotique(Erb et Kliebenstein,2020). Ainsi,les composés produits peuvent être associés à un système de défense de la plante contre les insectes et autres organismes (Fraenkel,1959 in Calatayud et *al.*, 2013).

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

IV.2.1 Composés phénoliques

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 carboneslui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH)(Hennebelleet *al.*,2004) (fig11).

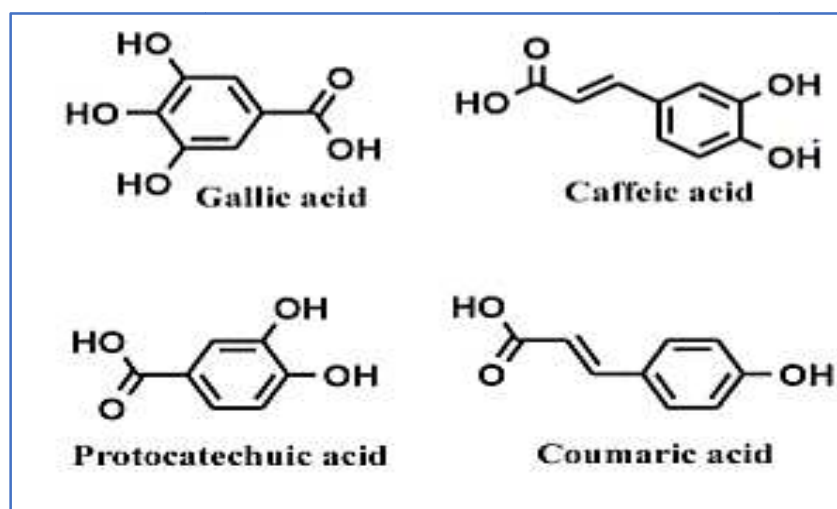


Figure 11.Composés phénoliques (Velderrain-Rodríguez et *al.*,2014)

Les composés phénoliques sont fortement antioxydants et anti-inflammatoires et peuvent avoir des propriétés antivirales(Diallo,2005).Ils comprennentles phénols simples, coumarines, lignines, lignanes, tanins condensés et hydrolysables, stilbènes, acides phénoliques et flavonoïdes (Soto-Vaca et *al.*, 2012 ;Khoddami et *al.*, 2013) (figure 12).

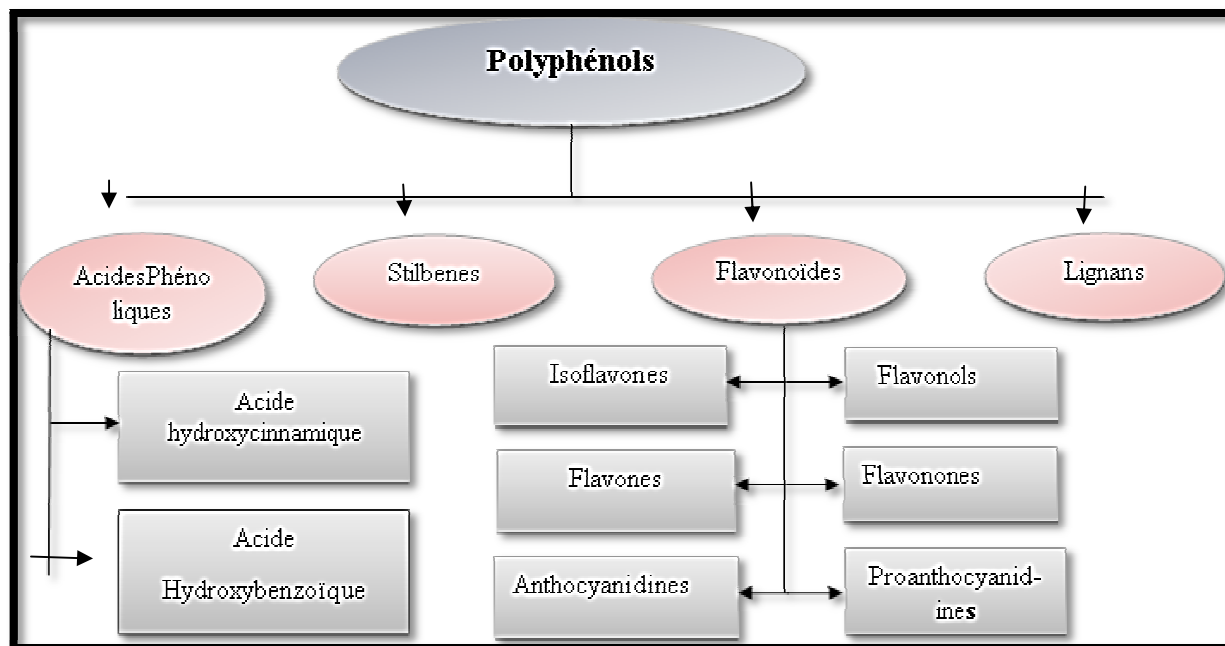


Figure12. Résumé des principales classes de polyphénols (Oliver et al.,2016) modifiée.

IV.2.2 Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont présents chez la plupart des plantes, ce sont des pigments polyphénoliques qui sont responsables dans la plupart des colorations des fleurs et des fruits (Diallo, 2005). Plus de 10 000 flavonoïdes sont identifiés de nos jours (Hassan et Mathesius, 2012). Cependant, certaines classes présentent une distribution plus large que d'autres, les flavones et flavanols sont universels alors que les isoflavones et biflavonyls sont spécifiques à certaines familles de plantes (Mestar, 2019).

En l'occurrence, les flavonoïdes partagent le squelette structurel de base C6-C3-C6, constitué de deux cycles aromatiques en C6 (A et B) et d'un cycle hétérocyclique (C) qui contient un atome d'oxygène (Ghasemzadeh et Ghasemzadeh, 2011) (fig 13).

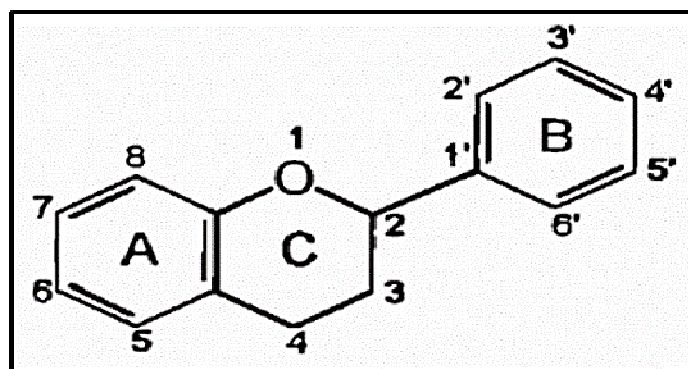


Figure13. Structure de base des flavonoïdes (Ghasemzadeh et Ghasemzadeh, 2011)

Les flavonoïdes ont différents rôles chez les plantes, La diversité de ces derniers représente un vaste système de défense contre les attaques des herbivores et un système de protection contre les dommages au matériel génétique causé par les rayons ultraviolets (Rocha-Guzmán et *al.*,2019). Ils présentent également des activités antioxydantes, anti-inflammatoires et anti tumoraux (Wang et Mazza,2002).

Chapitre 2 Matériel et méthodes

I. Etude du Milieu

I.1. Situation géographique

L'étude est menée dans la forêt des Beni-Ghobri (Fig. 17) située à environ 40 Km à l'est de Tizi-Ouzou, elle s'étend sur une superficie de 5705 ha elle est limitée :

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

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

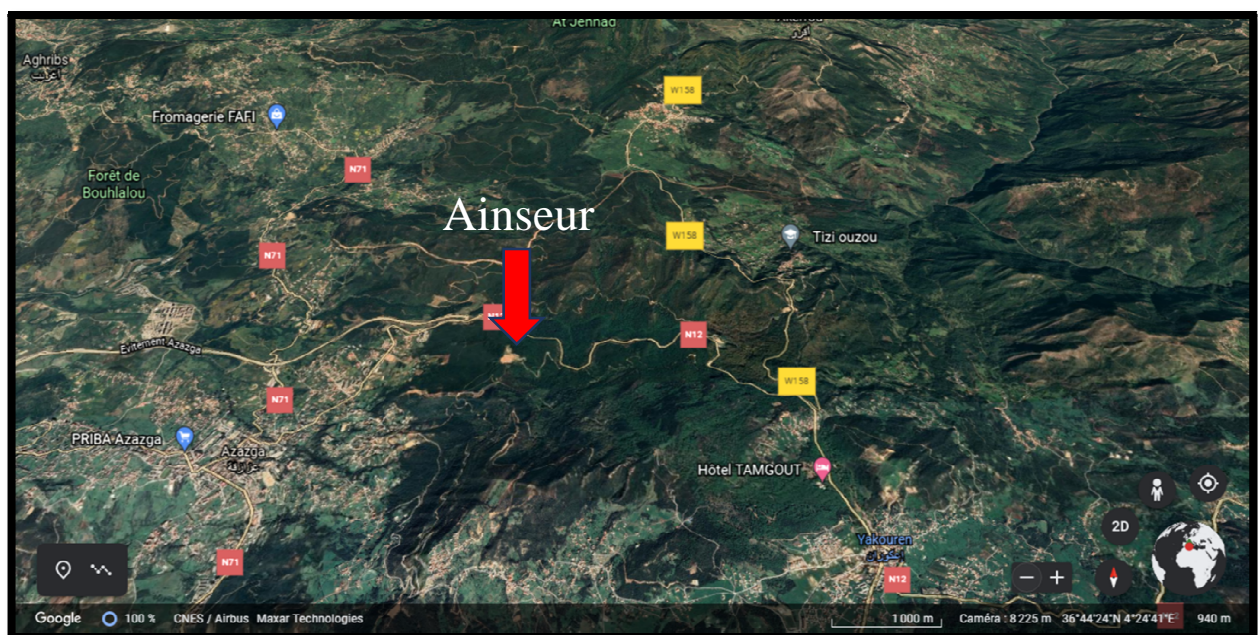


Figure 14. Carte de la région d'étude

Chapitre 2 Matériel et méthodes

I.2. Géologie

D'après Gelard(1978), le grès numidien constitue le substrat géologique le plus répandu dans la région de Beni-Ghobri. Parfois, il se trouve masqué par une formation récente d'éboulis et de glissement du quaternaire. A la faveur de certains replats au niveau de la forêt de Beni-Ghobri et suite à un affaissement de terrain occasionné par un jeu de faille (à l'ouest de la forêt), c'est la couche de l'argile sous-numidien qui affleure en surface. Sous le numidien, se situe directement le Flysh de Tagdimt (Flysh à microbrèche et marnes à plaquettes), qui ne débord pas des affleurements gréseux sauf au niveau des clairières qui montrent un niveau sous-jacent au numidien (Yakouren de Tizi-Ouffelah).

I.3. Géomorphologie

La région de Beni-Ghobri est formée par un chaînon de montagnes orienté NW-SE qui correspond à un affleurement massif de grès numidien profondément entaillé par un réseau hydrographique dense. Ce dispositif montagneux se raccorde par sa partie septentrionale à la chaîne littorale du djebel Tamgout et par sa partie sud-est au chaînon de l'Akfadou (Benhassaine.1980).

I.4. Climat :

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

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

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

I.5. Température :

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

Les températures diurnes peuvent atteindre jusqu'à 40°C. Le tableau 6 montre la température mensuelle moyenne pour ces années. La température des eaux souterraines est constante. Dans les puits profonds, il ne change que dans la plage de 2-3 ° C. Plus l'aquifère est

Chapitre 2 Matériel et méthodes

profond, plus la variabilité est grande. Connaître la température de l'eau est très important. Car il joue un rôle dans la mesure de la solubilité des sels et des gaz, de la dissociation des sels dissous, et donc de la conduction électrique et du Ph (Rodier, 1996) (tableau 01).

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

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

I.6. Précipitations :

L'un des principaux facteurs climatiques est la précipitation. Pour l'analyse des précipitations, la période d'observation est de 2001 à 2010 pour deux stations, Azazga et Yakouren dont les coordonnées Lambert sont les suivantes :

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

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

Chapitre 2 Matériel et méthodes

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

Tableau02. Pluviométries moyennes annuelles (2001-2010) de la commune d'Azazga, en (mm)

I.7. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Le diagramme ombrothermique a été développée par Bagnouls et Gausсен en 1953 pour déterminer l'intensité et la durée des saisons de pluies et des saisons sèches. Ils ont créé le graphique en traçant des données climatiques telles que la température et les précipitations soient sur le même graphique. Le principe est $P = 2T$. Ce chiffre est défini en fonction de la gravité de la sécheresse et du mois le plus sec selon la formule suivante : Pour l'équation suivante : $P, moy \leq 2T$, donc le mois est sec. Les points d'intersection des deux courbes, pluviothermique et thermique délimitent la durée de la saison sèche lorsque $P < 2T$ et l'autre partie correspond à la saison humide (figure 15).

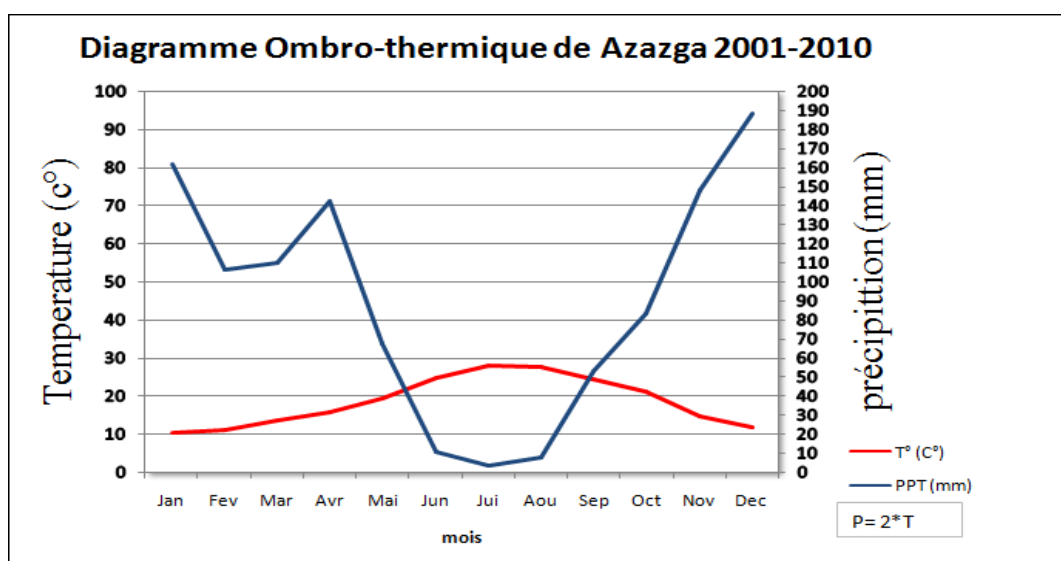


Figure 15. Diagramme ombrothermique de la commune d'Azazga

Chapitre 2 Matériel et méthodes

La lecture du diagramme ombrothermique 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.

II. Echantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé en saison printanière. Les prélèvements ont eu lieu au mois d'avril (2021), 30 arbres ont été choisis dans la station. Suite à cela, 6 individus ont été tiré au sort, sous chaque arbre le point nord est pris comme repère pour notre prélèvement (figure 16).



Figure 16. Repère du prélèvement

II.1. Récolte des racines et des sols

Dans ce travail nous avons marqué au hasard six (6) sujets dans une futaie régulière de *Quercus suber* L. dans la station El Ainseur, forêt de Beni Ghobri. La matière végétale et le sol ont été récoltés suivant la méthode de Uterano *et al.* (2000). Un volume de sol de 25x25x10 cm est prélevé dans chaque niveau de (profondeur).

Les racines et les sols de deux niveaux (N1 et N2) sont récupérés dans des sacs en papier. Ces derniers sont conduits au laboratoire afin de les traiter (figure 17).

Chapitre 2 Matériel et méthodes



a-Bêchage



b- Racines



c-récupération des racines dans des sachets en plastique.

Figure 17. Méthodes d'échantillonnage des racines de *Quercus suber* L.

III. 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 pour éviter toute contamination afin de les analyser (figure 18).

Chapitre 2 Matériel et méthodes

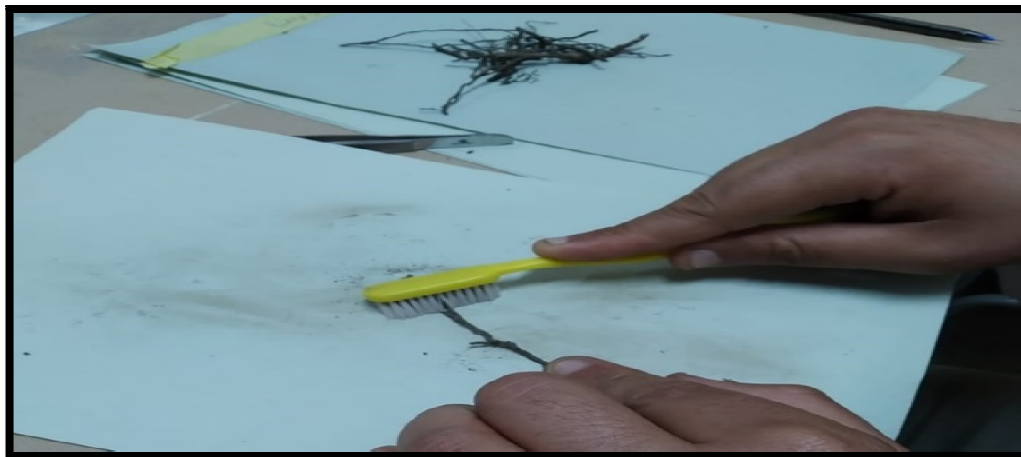


Figure 18. Nettoyage des racines

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 19).



Figure 19 .Mesure du diamètre des racines avec un pied à coulisse électronique.

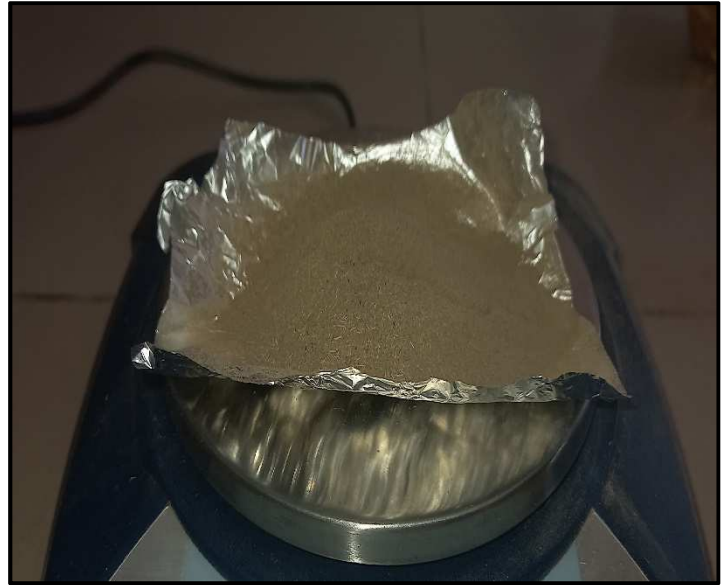
III.3. Préparation des extraits racinaires

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 (figure 20).

Chapitre 2 Matériel et méthodes



a-Broyage



b-Poudre de racines

Figure 20.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 2021) 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 (figure 21).

Chapitre 2 Matériel et méthodes



a- Peser la poudre
(30min)



b- Macération



c- conservation à 4°C (24H)



d- Centrifugation



e-Récupération du surnageant



f-Evaporation

Figure 21. Préparation des extraits.

Chapitre 2 Matériel et méthodes

III.4. Dosages

III.4.1. Détermination 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 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 (10/100 µg/ml) a été préparée avec l'acide gallique et les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par g de résidu sec (mg EAG/ g RS) (figure 22).

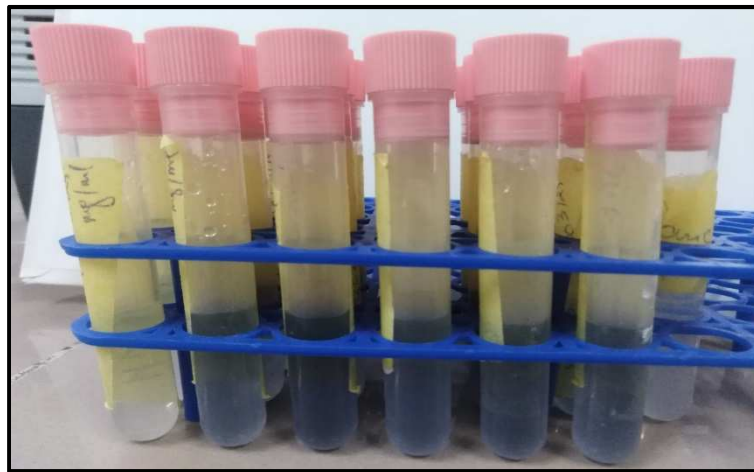


Figure 22. Dosage des polyphénols totaux

III.4.2. Détermination des flavonoïdes totaux

La détermination des flavonoïdes totaux est réalisée par la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium suivant le protocole élaboré par Ibrahim et *al.* (2015).

0,1 ml sont prélevés de chaque extraits (10 mg/ml) auxquels sont ajoutés 1,5 ml d'éthanol dilué à 70%, 0,1 ml de AlCl_3 à 10%, 0,1 ml de CH_3COOK (1M) et 2,8 d'eau distillée. Puis incubés à température ambiante pendant 30 min, la lecture est faite à 415 nm. Une gamme étalon (10/100 µg/ml) a été préparée avec de la quercétine et les résultats sont exprimés en mg équivalent de quercétine par g de résidu sec (mg EQ/ g RS) (figure 23).

Chapitre 2 Matériel et méthodes



Figure23. Dosage des flavonoïdes totaux

III.5. Analyse du solrhizosphérique

Le sol est séché à l'air libre et à l'obscurité, puis tamisé tamisage à l'aide d'un tamis de 2 mm, puis la portion fine a été récupérée.

III.5.1. pHrapport 1/5

Pour chaque échantillon, nous avons pris 5 g du sol, auquel 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. Le pH eau est mesuré à température ambiante (22°C) à l'aide d'un pH-mètre (figure 24).

Chapitre 2 Matériel et méthodes



Figure 24. Mesure du pH avec un pH-mètre

III.5.2. 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 pesés pour avoir leur poids, le résultat obtenu (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 (M2) (figure 25).

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

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

Chapitre 2 Matériel et méthodes



a- Peser du sol b-mise a l'étuve 16h a 220°C



c- mise au four a 450°C d-mise dans un dicicateur apres sorti dufoure

Figure 25. Etape du dosage du carbon.

III.6. Analyse statistique

Afin de mieux interpréter les resultats une analyse de la variance (ANOVA) au risque de 5% ainsi qu'un test de corrélation sont réalisés à l'aide du logiciel Minitab.

Chapitre 3 Résultats et discussion

Ces dernières années, les subéraies Algériennes ont perdu beaucoup d'espaces. Selon les chiffres, la subéraie productive occupe une aire de moins de 250 000 hectares, soit une perte d'environ 130 000 hectares. Cette régression continue est le résultat de la combinaison de facteurs historiques, socio-économiques, sylvicoles et naturels. Au défrichement par l'homme à la recherche de nouvelles terres de culture, s'ajoutent les incendies répétés (Nasrallah et Kefifa, 2009). Notre étude est réalisée dans les forêts Beni Ghobri dans la localité de Ainseur a permis de comprendre la réaction d'une subéraie face à plusieurs sources de stress.

Morphologie du profil pédologique de la station d'étude

- Date de prélèvement : 11-04-2021
- Localisation : Ainseur
- Altitude : 650 m
- Géomorphologie : Versant sur forte pente, Pente : 30 %, Exposition: Nord
- Matériau parental : grès numidien
- Végétation : Chêne liège
- Erosion : Absente
- Sol : sol lessivé peu différencié à profil de type A₁A₂C

I.1. Description des horizons

- 0-5 cm : Horizon A₀, organique de couleur noire.
- 5-30 cm : Horizon A₁ : 7,5 YR 6/2 présence de taches de décomposition de matière organique, texture limono-sableuse, structure particulaire, friable, présence de nombreuses racines et radicelles, une très bonne activité biologique, transition nette.
- 30-60 cm Horizon A₂ : 10YR 8/2, facilement décollable, texture limono argilo-sableuse, présence d'éléments grossiers, structure particulaire, enracinement dense, une bonne activité biologique.

I.2. Végétation

Chapitre 3 Résultats et discussion

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

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

I.2.1. Strate arborée

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

I.2.2. Strate arbustive

La strate arborescente est constituée de *Erica arborea*, *Cytisustriflorus*, *Genista tricuspidata*, *Rubus ulmifolius*, *Arbustusunedo*, *Viburnumtinus*, *Myrtuscommunis*, *Crataegusp.*, *Asparagus acutifolius* .

I.2.3. Strate herbacée

Les espèces rencontrées sont *Asphodelusficaria*, *Géranium robertianum*, *Ficariaverna*, *Fediacornucopiae*, *Tamuscommunis*, *Rubiaperegrina*, *Ruscushipophylum* et des Poacées ainsi que des fougères.

II. Résultats de l'étude phytochimique

L'étude phytochimique de deux solutions méthanolique (niveaux 1 et 2) des racines de *Quercus suber* L. du mois d'Avril, a révèle la présence des composés phénoliques (PPT) et des flavonoïdes.

II.1. Polyphénolstotaux

Les valeurs obtenues expriment une richesse en PPT dans les deux solutions. La figure 1 montre qu'il existe une variation entre les deux niveaux (N1 et N2) de la teneur en Polyphénols totaux(PPT) (fig 25). Les valeurs obtenues expriment une richesse en PPT dans les deux solutions.

Chapitre 3 Résultats et discussion

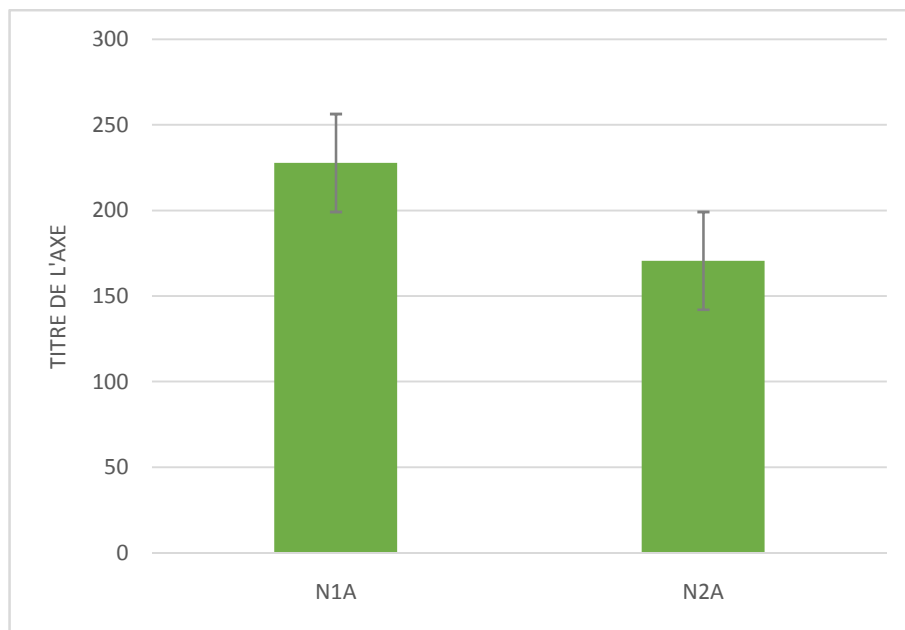


Figure 26. Variation des teneurs en polyphénols Totaux (PPT) selon deux niveaux.

La teneur en PPT est de 527.831µg EAG/mg dans le N1 et de 270.666µg EAG/mg dans le N2, pour la saison printanière (Avril). La teneur la plus importante a été enregistrée dans Le niveau 1.

Ce qui se traduit par une différence qui n'est pas significative qui est vérifié par la valeur de $P= 0.094$ au risque de 5%.

II.2. Flavonoïdes totaux

La teneur en FT est de 9.741176471µg EAG/mg dans le N1et de 5,888235294 µg EAG/mg dans le N2. La teneur est plus de 25% plus importante dans le N1.La (fig 26) révèle la présence d'une variation de la teneur en flavonoïdes totaux (FT) dans les deux niveau N1 et N2.Ce qui se traduit par une différence significative qui est vérifié par la valeur de $P = 0.015$ au risque de 5%.

Chapitre 3 Résultats et discussion

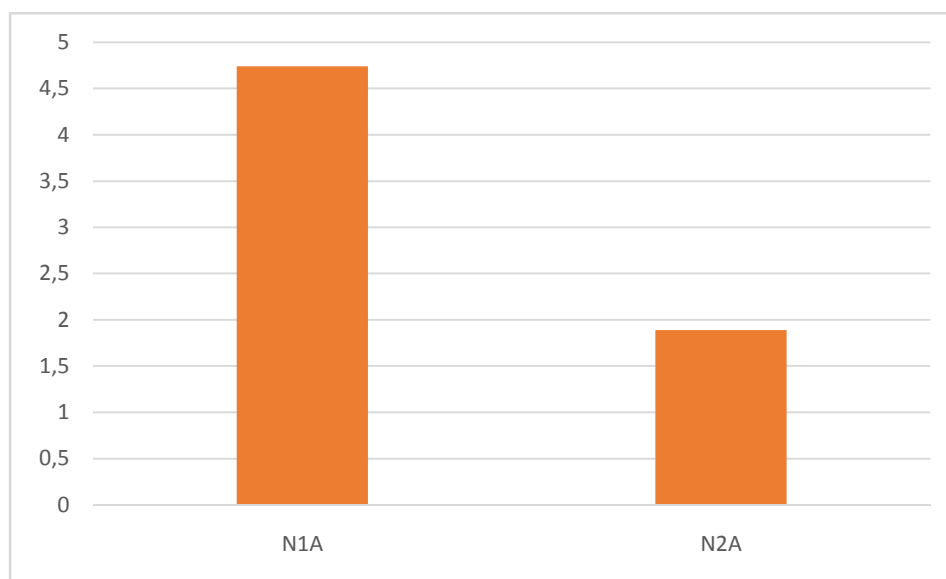


Figure 27. Variation des teneurs en flavonoïdes Totaux (FT) selon deux niveaux.

III. Résulta de l'étude édaphique

III.1. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH des sols varie de 6.7 dans N1 et de 5.96 dans le N2(fig 27), une acidification des sols est révélée en fonction de la profondeur.

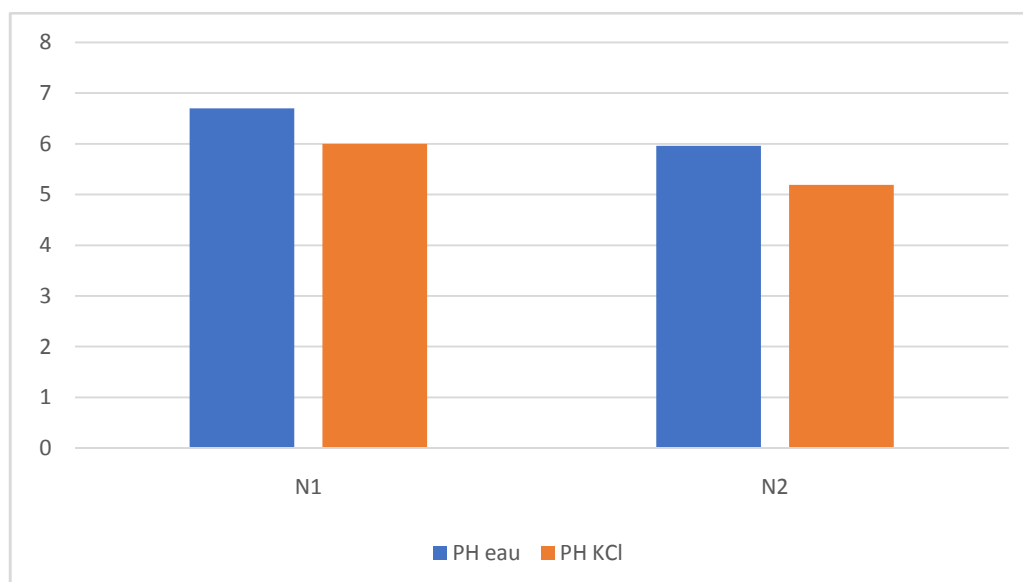


Figure 28. Variation du pH et du pH KCl dans deux niveaux N1 et N2

Une variation a été remarque pour le pH KCl des sols le niveau 2 (N2) est plus acide avec une valeur de 5.19pour 5.99 pour le N1 (fig 28).

Chapitre 3 Résultats et discussion

Ce qui se traduit par une différence significative qui est vérifié par la valeur de $P = 0.015$ au risque de 5%.

III.2. Carbone organique

Une variation du carbone organique a été observée dans les deux niveaux N1 et N2, le taux le plus faible a été noté dans N2 avec 7.37% et de 6.62% dans le N1 (fig 29).

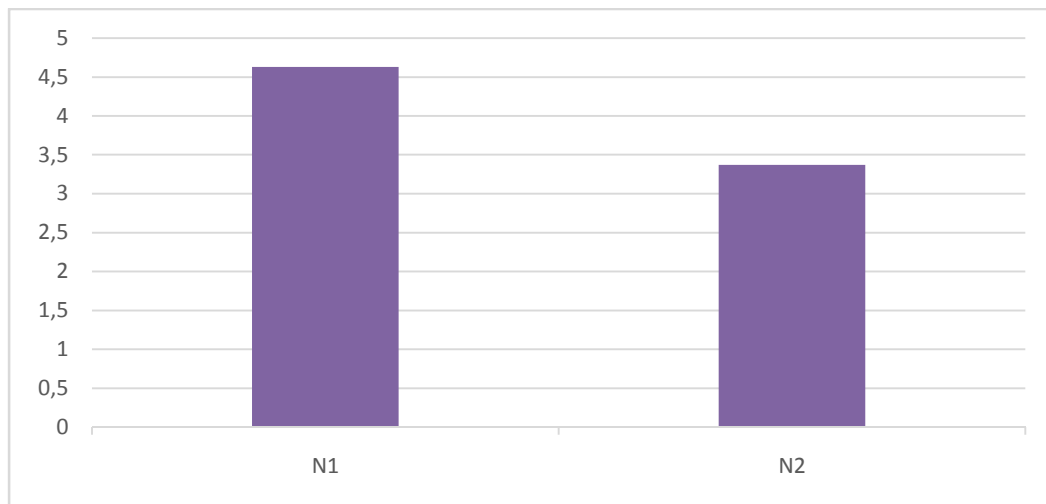


Figure29. Variation du carbone organique dans deux niveaux N1 et N2

Ce qui se traduit par une différence très hautement significative qui est vérifié par la valeur de $P= 0.000$ au risque de 5%.

IV. Résultat de l'étude biométrique des racines rhizosphérique

IV.1. Diamètre des racines

Le résultat du diamètre de la racine, indique que N1 à la moyenne la plus élevée contrairement aux N2 (fig 30).

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative avec une valeur de $P=0.000$ pour la biométrie racinaire.

Chapitre 3 Résultats et discussion

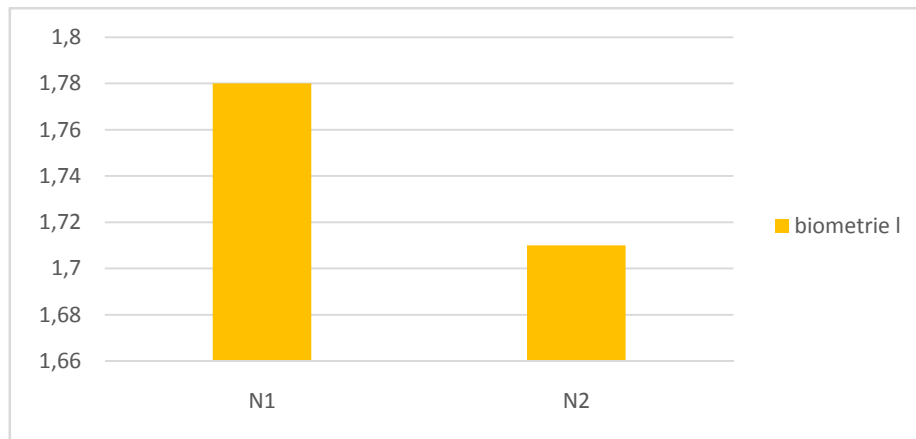


Figure 30. Variation des diamètres des racines rhizosphérique selon deux niveaux N1 et N2

IV.2. Longueur des racines

Les résultats manifestent que la longueur des racines présente une forte moyenne dans N1 et en faible moyenne dans N2 (fig 31).

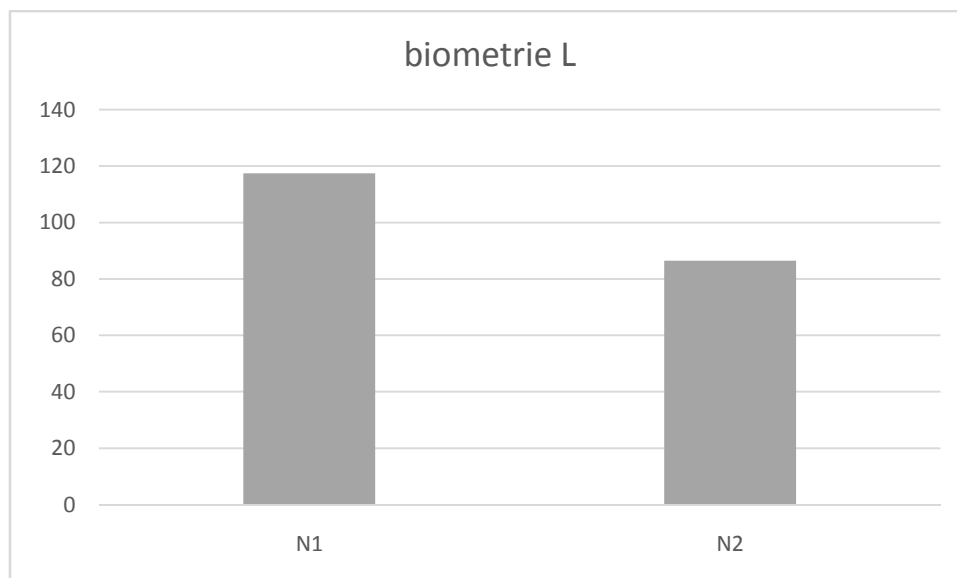


Figure 31. Variation des longueurs des racines rhizosphérique selon deux niveaux N1 et N2

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative avec une valeur de $P=0.000$ pour la biométrie racinaire.

Chapitre 3 Résultats et discussion

V. Discussion

Les résultats obtenus révèlent une présence de PPT et de FT dans les racines de *Quercus suber* L. ce qui indique une richesse en métabolites secondaires de cette partie de la plante.

Les travaux réalisés par Saouli(2009) sur les teneurs en PPT du gland du chêne liège sont inférieurs comparativement à nos résultats et cela peut être expliqué par la faculté de la rhizodéposition que possède 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.

Les résultats obtenus révèlent une variation entre le N1 et N2. Le N1 se situe dans l'horizon A0 qui est un horizon organique la teneur en PPT et FT mais aussi le pH, le carbone organique du sol et la longueur ainsi que le diamètre des racines, les résultats obtenus dans ce niveau sont supérieures au niveau deux (N2). L'étude effectuée par Bardi et *al.* (2012), confirme nos observations. Les différents microbiomes de l'horizon A0 induisent une augmentation des métabolites secondaires ainsi que la biomasse racinaire et affecte aussi le pH du sol. Le test de corrélation révèle une forte corrélation positive entre les FT et le Ph. D'après Lynch et *al.* (2001), le pH influence sur la nature de la rhizodéposition. Une autre forte corrélation positive est observée entre la teneur en PPT et la longueur des racines .

Les variations thermiques affectent *Q suber* en sachant que c'est une espèce xérique mais ce dernier montre une certaine vulnérabilité au changement climatique, parmi les stratégies d'adaptation qu'emploie cette espèce la production d'importante quantité de métabolites secondaires (Almeida et *al.* 2020)

L'étude réalisée par Daoudi et *al.* (2016), montre que les polyphénols sont synthétisés en grande quantité lors des stress hydriques ou par le stress thermique (les températures élevées), ou lors d'une exposition au rayonnement solaire. Cette étude a également montré que la production des quantités très importantes de polyphénols en conditions de sécheresse diminue le risque de mycorhization.

La baisse du pH en fonction 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 libérés dans la solution du sol. Leur hydrolyse produit des ions H⁺ contribuant ainsi à acidifier le sol (Duchaufour, 1995). Cependant, l'activité racinaire et celle de la microflore associée sont à l'origine de

Chapitre 3 Résultats et discussion

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 0.71 pour le N1 et de 0.77 pour le N2 ce qui indique une acidité échangeable et la saturation des sols en H^+ (Bonneau et Souchier 1994).

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 micro-organismes 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).

Conclusion et perspective

L'étude biométrique et phytochimique des extraits méthanoïque 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 PPT et FT dans les racines rhizosphériques du *Q.suber*, l'existence d'une forte corrélation positive entre les FT et le pH eau du sol, ainsi qu'une autre corrélation positive des PPT avec la longueur des racines rhizosphériques.

Ces résultats nous indiquent une présence d'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 complément à notre étude nous proposons de mener une étude afin de déterminer la nature du stress agissant au niveau de la subirais.

Références bibliographique

1. 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, 110606.
2. APCOR, 2008. Associação Portuguesa da Cortiça, a. www. corkmasters.com (browsed in February 2008).
3. Arrouays, D., & Ranger, J. (2014). La qualité des sols forestiers face aux changements globaux. *Revue Forestière Française*.
4. Arvieu, J. C. (1998, August). Bioavailability of soil P and K: concepts and factors. In *16. Congrès Mondial de Science du Sol*.
5. Assessment, M. E. (2005). Ecosystems and human well-being: wetlands and water.
6. Badri, D. V., Chaparro, J. H., Zhang, R., Shen, Q., and Vivanco, J. M. (2013). Application of natural blends of phytochemicals derived from the root exudates of *Arabidopsis* to the soil reveal that phenolic-related compounds predominantly modulate the soil microbiome. *J. Biol. Chem.* 288, 4502–4512
7. Baize, D., & Jabiol, B. (1995). *Guide pour la description des sols*. Quae.
8. Bardgett, R. D., & Van Der Putten, W. H. (2014). Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*, 515(7528), 505-511.
9. Bayala B. (2014). Etude des propriétés anti-oxydantes, anti-inflammatoires, antiprolifératives et anti-migratoires des huiles essentielles de quelques plantes médicinales du Burkina Faso sur des lignées cellulaires du cancer de la prostate et de glioblastomes. Thèse de doctorat, spécialité : Physiologie et génétique moléculaire. Université Blaise Pascal, France. 140 p.
10. Bekdouche, F. (2010). Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (nord algérien) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
11. Benhassaine, M. (1980). Recherche sur les modèles de relief et les formations superficielles dans la vallée de l'oued Sébaou. *These 3eme cycle, Université Paris VI, France*, 282.
12. Bennadja, S. A. L. I. M. A., de Bélair, G. É. R. A. R. D., & Ait Kaki, Y. (2013). La subéraie de la Numidie orientale: une source de biodiversité. *Quaderni di Botanica ambientale e applicata*, 24, 49-53.
13. 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.
14. Bertrand, I., & Hinsinger, P. (2000). Dissolution of iron oxyhydroxide in the rhizosphere of various crop species. *Journal of Plant Nutrition*, 23(11-12), 1559-1577.

Références bibliographique

15. Blondel, V. D., Guillaume, J. L., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of statistical mechanics: theory and experiment*, 2008(10), P10008.
16. Bonneau, M., & Souchier, B. (1994). *Pédologie. 2. Constituants et propriétés du sol* (No. 631.4 B716 1994). Masson.
17. Boudy, P. (1950). *Economie forestière Nord-africaine-Tome 2: monographies et traitements des essences forestières*.
18. Calatayud, P. A., Desneux, N., & Le Gall, P. (2013). Caractéristiques chimiques des plantes. *Interactions insectes-plantes*, 217-228.
19. Ceballos G., Ehrlich P.R., Barnosky A.D., Garcia A., Pringle R.M., Palmer T.M., (2015). Accelerated Modern Human-Induced Species Losses: Entering the Sixth Mass Extinction. *Science Advances* 1 (5):e1400253–e1400253.
20. Ceballos G., García A., Ehrlich P.R., (2010). The Sixth Extinction Crisis: Loss of Animal Populations and Species. *Journal of Cosmology* 8: 1821–1831.
21. Chase, M. W., & Reveal, J. L. (2009). A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(2), 122-127.
22. 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.
23. 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.
24. Darrah Pr., Jones D. 1994. Role of derived organic acids in the immobilisation of nutrient from the rhizosphere. *Plant and soil* .247-257p.
25. 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.
26. Deprince, A. (2003). La faune du sol. Diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 49(49), 123-138.
27. Derrien, D., Dignac, M. F., Basile-Doelsch, I., Barot, S., Cécillon, L., Chenu, C., ... & Barré, P. (2016). Stocker du C dans les sols. *Quels mécanismes, quelles pratiques agricoles, quels indicateurs*, 193-224.

Références bibliographique

28. **Diallo, A. (2005).** Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Syzygium guineense* Willd. (Myrtaceae). *PhD. of the University Bamako, Mali*, 38-47.
29. **Dirzo R., Raven P.H., 2003.** Global State of Biodiversity and Loss. *Annual Review of Environment and Resources* 28 (1): 137–167.
30. **Djermane, N., & Arhab, R. (2021).** Evaluation des activités biologiques d'huiles essentielles et d'extraits végétaux de plantes médicinales et fourragères.
31. **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*.
32. **Duchaufour Ph. 2001.** Introduction à la science du sol, végétation environnement .6eme Ed. Dunod. Paris.331p.
33. **Duchaufour, P. H. (1995).** Abridged pedology.
34. **Dufrêne, M., & Maebe, L. (2017).** Les services écosystémiques en forêt. *Le grand livre de la Forêt*, 187-193.
35. **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.
36. **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.
37. **Ghasemzadeh, A., & Ghasemzadeh, N. (2011).** Flavonoids and phenolic acids: Role and biochemical activity in plants and human. *Journal of medicinal plants research*, 5(31), 6697-6703.
38. **Gil, L., & Varela, M. C. (2008).** Technical Guidelines for genetic conservation of Cork oak (*Quercus suber*). Bioversity International.
39. **Gobat J-M., Argon M., Matthey w. 1998.** Le sol vivant, bases de pédologie et biologie des sols .2eme édition. Ed. Presse polytechniques et universitaires Romandes.519p.
40. **Hassan, S., & Mathesius, U. (2012).** The role of flavonoids in root–rhizosphere signalling: opportunities and challenges for improving plant–microbe interactions. *Journal of experimental botany*, 63(9), 3429-3444.
41. **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.

Références bibliographique

42. HENI, S., Bennadja, S., & Djahoudi, A. (2015). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Thymus ciliatus* growing wild in North Eastern Algeria. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5(12), 056-060.
43. 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.
44. Hinsinger P. 2001. Bioavailability of soil inorganic N in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes. *Plant and soil*. 173-195p.
45. 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.
46. 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.
47. 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.
48. Ibrahim, M. M., Sahli, A. A. A. A., Alaraidh, I. A., Al-Homaidan, A. A., Mostafa, E. M., & El-Gaaly, G. A. (2015). Assessment of antioxidant activities in roots of Miswak (*Salvadora persica*) plants grown at two different locations in Saudi Arabia. *Saudi journal of biological sciences*, 22(2), 168-175.
49. Jenks M. A., Hasegawa P. M. (2014). *Plant abiotic stress*, 2nd eds. Wiley-Blackwell Publishing Inc, Oxford.
50. Khoddami, A., Wilkes, M. A., & Roberts, T. H. (2013). Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*, 18(2), 2328-2375.
51. Khoddami, A., Wilkes, M. A., & Roberts, T. H. (2013). Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*, 18(2), 2328-2375.
52. Klimek B., Choczynski M., Juszkiwicz 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.
53. Lambers, H., Mougél, C., Jaillard, B., & Hinsinger, P. (2009). Plant-microbe-soil interactions in the rhizosphere: an evolutionary perspective. *Plant and soil*, 321(1), 83-115.
54. Lamey, A. (1893). *Le chêne-liège: sa culture et son exploitation*. Berger-Levrault.

Références bibliographique

55. Lamey, C. A. (1938). A dip-needle survey of the Toivola-Challenge Mine area, Michigan. *EconomicGeology*, 33(6), 635-646.
56. Letreuch-Belarouci, A., Boumediene, M., Letreuch-Belarouci, N., & Aumasson, P. (2010). Stratégie de développement et conservation des subéraies des monts de Tlemcen (Algérie). *Revue forestière française*.
57. Li, H. B., Cheng, K. W., Wong, C. C., Fan, K. W., Chen, F., & Jiang, Y. (2007). Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. *Food chemistry*, 102(3), 771-776
58. Lynch, J. M. (1983). *Soil biotechnology: Microbiological factors in crop productivity*. Blackwell Scientific Publications.
59. Lynch, J. M. (1987). Microbial interactions in the rhizosphere. *Soilmicroorganisms*, 30, 33-41.
60. Lynch, J. M., Brimecombe, M. J., & De Leij, F. A. (2001). Rhizosphere. *e LS*.
61. Madlung, A., & Comai, L. (2004). The effect of stress on genome regulation and structure. *Annals of Botany*, 94(4), 481-495.
62. Madlung, A., & Comai, L. (2004). The effect of stress on genome regulation and structure. *Annals of Botany*, 94(4), 481-495.
63. Mariotte, P., Mehrabi, Z., Bezemer, T. M., De Deyn, G. B., Kulmatiski, A., Drigo, B., ... & Kardol, P. (2018). Plant–soil feedback: bridging natural and agricultural sciences. *Trends in Ecology & Evolution*, 33(2), 129-142.
64. Mechergui, K., Saleh Altamimi, A., Jaouadi, W., & Naghmouchi, S. (2021). Climate change impacts on spatial distribution, tree-ring growth, and water use of stone pine (*Pinus pinea* L.) forests in the Mediterranean region and silvicultural practices to limit those impacts. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 14(2), 104.
65. Meddour-Sahar, O., & Derridj, A. (2010). Le risque d'incendie de forêt: évaluation et cartographie. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 21(3), 187-195.
66. MestarGuechaoui, N. (2019). Effet des facteurs de l'environnement sur les activités antioxydantes et bioinsecticides d'un extrait végétal aqueux de l'espèce *Olea europaeasubsp sylvestris* dans la région de Tizi-Ouzou. Thèse doctorat Université Chadli Bendjedid El-taref., p23.
67. MICHAUX, J., CHEDDADI, R., PARADIS, E., DE BELLOCQ, J. G., MORAND, S., LIBOIS, R., ... & RENAUD, S. (2006). Impact des changements climatiques globaux du Quaternaire chez plusieurs espèces de mammifères forestiers européens et un de leurs parasites. *Biodiversité et changement global*, 104.

Références bibliographique

- 68. 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.
- 69. Nardini, A., Lo Gullo, M. A., & Salleo, S. (1999).** Competitive strategies for water availability in two Mediterranean *Quercus* species. *Plant, Cell&Environment*, 22(1), 109-116.
- 70. Nasrallah, Y. and Kefifa A. 2015.** Les actes du Med Suber 1 : 1ère Rencontre Méditerranéenne ChercheursGestionnaires-Industriels sur la Gestion des Subéraies et la Qualité du liège. Les 19 et 20 octobre 2009 – Université de Tlemcen, pp : 107-117
- 71. Natividade, J. V. (1956).** Subericulture. Ecolenational des eaux et des forêts. Nancy. Francia 281p.
- 72. Oliver, J. E., & Rahn, W. M. (2016).** Rise of the Trumpenvolk: Populism in the 2016 Election. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 667(1), 189-206.
- 73. Ouzid Y., Smail-Saadoun N., & Houali K. (2018).** Champignons endophytes et epiphytesfoliaires de *Peganumharmala* L. (zygophyllaceae) de Dayateaiat (Laghouat, ALGERIE). *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"*, 8(1).
- 74. Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2009).** A burning story : the role of fire in the history of life. *BioScience*, 59(7), 593-601.
- 75. Pereira, H. (Ed.). (2011).** Cork : biology, production and uses. Elsevier.
- 76. Petroselli, A., Vessella, F., Cavagnuolo, L., Piovesan, G., & Schirone, B. (2013).** Ecological behavior of *Quercussuber* and *Quercus ilex* inferred by topographic wetness index (TWI). *Trees*, 27(5), 1201-1215.
- 77. Quézel, P. (2000).** Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen (Vol. 1, pp. 1-10). Paris : Ibis Press.
- 78. Quézel, P., & Médail, F. (2003).** Que faut-il entendre par" forêts méditerranéennes. *Forêt méditerranéenne*, 24(1), 11-31.
- 79. Quézel, P., & Santa, S. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.
- 80. Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2007).** Biologia vegetal. In *Biologia vegetal* (pp. 830-830).
- 81. Rocha-Guzmán, N. E., González-Laredo, R. F., Vázquez-Cabral, B. D., Moreno-Jiménez, M. R., Gallegos-Infante, J. A., Gamboa-Gómez, C. I., & Flores-Rueda, A. G. (2019).** Oak leaves as a new potential source for functional beverages: their

Références bibliographique

- antioxydant capacity and monomer flavonoid composition. In *Functional and Medicinal Beverages* (pp. 381-411). Academic Press.
- 82. Rodier, P. M., Ingram, J. L., Tisdale, B., Nelson, S., & Romano, J. (1996).** Embryological origin for autism: developmental anomalies of the cranial nerve motor nuclei. *Journal of Comparative Neurology*, 370(2), 247-261.
- 83. 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
- 84. Saccardy, L. (1938).** Le Chêne-Liège et le Liège en Algérie (Suite et fin). *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 18(204), 574-593.
- 85. SAOULI, A. (2009).** *Caractérisation des composés chimiques des glands du chêne-liège. Etude de la germination; Interaction Glands-Insectes* (Doctoral dissertation, Université de Annaba-Badji Mokhtar).
- 86. SAOULI, A. (2009).** *Caractérisation des composés chimiques des glands du chêne-liège. Etude de la germination; Interaction Glands-Insectes* (Doctoral dissertation, Université de Annaba-Badji Mokhtar).
- 87. Sauvage, C. (1961).** *Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines* (Vol. 21). Société des sciences naturelles et physiques du Maroc.
- 88. Seigue, A. (1985).** *La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes* (Vol. 5). Maisonneuve & Larose.
- 89. Siciliano, S. D., Germida, J. J., & Headley, J. V. (1997).** Evaluation of prairie grass species as bioindicators of halogenated aromatics in soil. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 16(3), 521-527.
- 90. Silva, J. S., & Catry, F. (2006).** Forest fires in cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. *International Journal of Environmental Studies*, 63(3), 235-257.
- 91. Silva, S. P., Sabino, M. A., Fernandes, E. M., Correlo, V. M., Boesel, L. F., & Reis, R. L. (2005).** Cork : properties, capabilities and applications. *International Materials Reviews*, 50(6), 345-365.
- 92. Sollins, P., Homann, P., & Caldwell, B. A. (1996).** Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma*, 74(1-2), 65-105.
- 93. Soto-Vaca, A., Gutierrez, A., Losso, J. N., Xu, Z., & Finley, J. W. (2012).** Evolution of phenolic compounds from color and flavor problems to health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(27), 6658-6677.
- 94. Stengel, P., & Gelin, S. (1998).** *Sol: interface fragile*. Editions Quae.

Références bibliographique

95. **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.
96. **Touati, R., Santos, S. A., Rocha, S. M., Belhamel, K., & Silvestre, A. J. (2015)**. The potential of cork from *Quercus suber* L. grown in Algeria as a source of bioactive lipophilic and phenolic compounds. *Industrial Crops and Products*, 76, 936-945.
97. **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.
98. **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.
99. **Uterano C., Turpault M.P. & Bonnaud P. (2000)**. Soil minerals: fine markers of the spatial and temporal variation. United Kingdom. *Journal of Conference Abstract*, 5(2) 1027A.
100. **Velderrain-Rodríguez, G. R., Palafox-Carlos, H., Wall-Medrano, A., Ayala-Zavala, J. F., Chen, C. O., Robles-Sánchez, M., ... & González-Aguilar, G. A. (2014)**. Phenolic compounds: their journey after intake. *Food & function*, 5(2), 189-197.
101. **Vennetier, M., Zanetti, C., Meriaux, P., & Mary, B. (2015)**. Tree root architecture: new insights from a comprehensive study on dikes. *Plant and Soil*, 387(1), 81-101.
102. **Wang, J., & Mazza, G. (2002)**. Inhibitory effects of anthocyanins and other phenolic compounds on nitric oxide production in LPS/IFN- γ -activated RAW 264.7 macrophages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(4), 850-857.
103. **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.
104. **Yakoub B. (2005)**. L'eau dans le bassin versant du Sébaou et la wilaya de TiziOuzou. Evaluation, contraintes et recommandations. Thèse de doctorat en Science de l'eau. Université de TiziOuzou, 20 - 66 p.

Annexes

Annexe 1

Analyse de la variance pH eau

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	1,6428	1,64280	28,06	0,000
Erreur	10	0,5854	0,05854		
Total	11	2,2282			

Annexe 2

Analyse de la variance pH KCl

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	1,781	1,7805	8,98	0,015
Erreur	9	1,785	0,1983		
Total	10	3,565			

Annexe 3

Analyse de la variance C

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	9,477	9,477	7,61	0,011
Erreur	22	27,381	1,245		
Total	23	36,858			

Annexe 4

Analyse de la variance FT

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	12,209	12,2089	16,91	0,015
Erreur	4	2,888	0,7219		
Total	5	15,096			

Annexe 5

Analyse de la variance PPT

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	4902	4902	4,77	0,094
Erreur	4	4111	1028		
Total	5	9013			

Annexes

Annexe 6

Analyse de la variance Biometrie

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Facteur	1	30100	30099,8	116,72	0,000
Erreur	10	2579	257,9		
Total	11	32679			

Annexe 7

Corrélation de Pearson

	PPT	FLV	Ph	PH KCl	carbone	biometrie l
FLV	0,431					
Ph	0,480	0,886				
PH KCl	0,419	0,909	0,988			
carbone	0,094	0,715	0,618	0,710		
biometrie l	0,344	0,121	-	-0,263	-0,132	
			0,238			
biometrie L_1	0,807	0,399	0,504	0,518	0,413	-0,072

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.

Dans une optique de conservation des écosystèmes subéraies 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 de Ainseur dans la forêt de BenniGhobri.

Dans notre travail nous avons procédé à plusieurs mesures, notamment des paramètres édaphiques de bases qui sont le pH et la concentration en matière organique. Également nous avons mesuré les teneurs en polyphénols totaux et flavonoïde contenus dans des extraits éthanolique racinaire rhizosphérique. Nos résultats nous ont permis de mettre en évidence l'impact probable des changements globaux les teneurs en métabolites secondaires des racines rhizosphériques, paramètres édaphiques et biométriques. Grâce au test de Pearson. Nous avons aussi pu observer une corrélation positive entre le pH et la teneur en flavonoïde, la longueur des racines rhizosphériques et les polyphénols.

Mots clé : Rhizosphère, biométrie, polyphénols, flavonoïdes, extraits méthanoliques.

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.

From the point of view of conservation of cork oak ecosystems in the face of the 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 BenniGhobri.

In our work we have made several measurements, including basic edaphic parameters which are the pH and the concentration of organic matter. Also we measured the contents of total polyphenols and flavonoid contained in ethanolic extracts racinaire rhizosphérique. Our results allowed us to highlight the probable impact of global changes on the contents of secondary metabolites of rhizospheric roots, edaphic parameters and biometrics. Thanks to the Pearson test. We could also observe a positive correlation between pH and flavonoid content, rhizosphere root length and polyphenol.

Key words: Rhizosphere, biometry, polyphenols, flavonoids, methanolic extracts.