

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE MOULOD MAMMERI DE TIZI-OUZOU**  
**FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES**  
**ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES**



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master en Agronomie :**

**Option : Sciences de la nature et de la vie**

**Spécialité : Sciences du sol**

**Thème**

**L'effet saisonnier sur la variation des propriétés physique  
et chimique (granulométrie, pH, phosphore) sous une  
subéraie Ait Hemad.**

**Présenté par :**

**KEDDOU Melissa**

**AIT AIDER Cilia**

**Devant le jury :**

**Président : Mr LARBI M.Y    M.A.A**

**Promoteur : Mr MERROUKI K.    M.C.B**

**Examineur : Mr CHERFOUH R.    M.C.B**

**Promotion 2020 / 2021 UMMTO.**

## *Hommage*

*A la mémoire du Professeur Boudiaf Nait Kaci M*

*Nous nous souvenons de ce jour où nous nous sommes dirigés vers vous pour nous proposer un thème. Nous avons été surprises le lendemain de votre accord. Vous êtes partie trop vite, sans que l'on puisse vous dire adieu.*

*Plus jamais y aura une enseignante comme vous, aussi passionnée aussi gentille, vous étiez la meilleure prof, d'un fort caractère toujours de bonne humeur, cool et qui ne cesse jamais d'aider et orienter les étudiants.*

*Nous vous remercions infiniment pour la chance que vous nous avez donné, merci pour vos conseils et pour tout ce que nous avons appris, vous nous avez fait aimer ce domaine, c'est triste de ne pas pouvoir vous montrer ce modeste travail, on vous promet d'appliquer ce que nous avons appris et de vous rendre fière de nous comme vous l'avez souhaité.*

*Vous êtes une grande personne dans un si petit monde, c'est une perte pour l'Université et pour la recherche scientifique, vos travaux parlent de vous à jamais.*

*On ne vous oubliera jamais.*

*Reposez En paix Professeur Boudiaf Nait Kaci M.*

## ***Remercîments***

*Nous remercions dieu tout puissant de nous avoir donné la sante et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire*

*Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé au sein de laboratoire de biotechnologie végétal dirigé par Professeur Boudiaf N'ait Kaci M qui nous a donnée de son temps malgré ces charges académiques et professionnel.*

*Nous remercions Mr Larbi qui a accepté de présider le juré*

*Nos plus profonds remerciement a notre promoteur Mr Merrouki qui a contribuer à la réalisation de nos analyses.*

*C'est avec un grand plaisir que nous exprimant notre gratitude et nos sincères remerciement a nôtres examinateur Mr Charfouh pour son orientation ses conseils qui nous on guider dans l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude*

*Un grand merci à Mr kadi et Md kadi qui nous on aider a la réalisation de notre travail*

*Nous remerciant aussi Mr Rabhi et la doctorante Aissaoui qui nous on aider a réaliser l'analyse statistiques des résultats.*

*Je dédie ce modeste travail :*

*Aux êtres les plus chers au monde, mon père, ma mère, source  
intarissable d'Amour, de tendresse et de sacrifice qui n'ont jamais  
cessés de m'encourager depuis toujours que dieu les gardes et les offres  
la sante*

*A mes chères sœurs Sabrina et la petite Liza*

*A mes chers frères Aghiles et Mohamed*

*Ainsi à toute ma famille et a tous ceux qui me sont chers.*

*A mes amis et a toute ma promotion du master science du sol.*

*Cilia A*

*Je dédie ce travail :*

*Aux êtres les plus chers au monde, mon père, ma mère,  
source intarissable d'amour, de tendresse et de sacrifice,  
que Dieu les protège et les entoure de sa bénédiction ;*

*A mes frères K. helifa et Idir ;  
à ma sœur Amel et son mari Malik;  
à mes grands-parents, oncles ;*

*A mes tantes :*

*Safia et ses enfants : Rayane, Mila, Salim ;*

*Nadia et ses Fils ;*

*à mes chères copines : Sabrina Benteyeb, Lydia Hammam,  
et ma binôme Ait aider Césia, c'était agréable de travailler  
ensembles, leurs compréhension et leurs patience me  
marqueront à vie.*

*Melissa K*

## Sommaire

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

### *Chapitre I : Synthèse bibliographique*

I-1 Définition du sol .....	03
1-2 Horizons du sol .....	03
1-2 Propriétés physiques du sol.....	04
1-3 Propriétés chimiques du sol .....	05
1-4 Propriétés biologiques du sol .....	07
II- Généralités sur <i>Quercus suber L.</i> .....	09
II-2-1 Systématique du chêne liège .....	09
II -2-1-1Repartition géographiques .....	09
II-2-2 Caractéristiques botaniques de <i>Quercus suber L.</i> .....	11
II-2-3 Exigences écologiques .....	16
II-2-4Importance socio-écologiques de <i>Quercus suber L.</i> .....	16
II-2-5 Principaux pathogènes de chênes liège.....	17
II-1-3 Etat sanitaires des subéraie en Algérie .....	18

### *Chapitre II : zone d'étude*

I-présentation de la zone d'étude .....	20
I-1 situation géographique.....	21
I-2 description de site d'étude .....	22

### *Chapitre III : Matériel et méthode*

I-Echantonnage du sol .....	23
-----------------------------	----

I-1 préparation des échantillons avant analyse .....	23
II-Analyses des caractéristiques physiques et chimiques .....	24
II-1 La granulométrie .....	24
II-2 Détermination de $pH_{eau}$ .....	26
II-3 Détermination de $pH_{kcl}$ .....	27
II-4 phosphore assimilable .....	27

### *Chapitre IV: résultat et discussions*

I-1 analyse granulométrique.....	31
I-2 pH de la solution du sol .....	32
I-2-1 $pH_{eau}$ .....	32
I-2-2 $pH_{KCL}$ .....	35
I-3Phosphore assimilable .....	38
II-Projection de l'ACP des paramètres analytiques .....	40
III Relation entre les paramètres analytiques .....	42
<b>Conclusion générale et perspective .....</b>	<b>44</b>

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

## Liste des figures

<b>Figure01.</b> Répartition actuelle du chêne-liège (Pausas et <i>al.</i> , 2009) .....	10
<b>Figure 02.</b> Carte des principales subéraies algériennes (Puyo, 2013).....	11
<b>Figure 03.</b> Morphologie de la Subéraie de Ait Hemmad. (Cliché Aissaoui et Guellal, 2020).....	12
<b>Figure 04.</b> Architecture racinaire superficielle sous chêne liège Subéraie Ait Hemmad. (Cliché Aissaoui et Guellal, 2020) .....	13
<b>Figure 05.</b> Tronc du chêne liège exploité Subéraie de Ait Hemmad (Cliché Aissaoui et Guellal, 2020).....	14
<b>Figure 06.</b> Feuilles du <i>Quercus suber</i> L. (Cliché Aissaoui et Guellal, 2020) .....	14
<b>Figure07.</b> Glands de <i>Quercus suber</i> L. (Cliché Aissaoui et Guellal, 2020) .....	15
<b>Figure 08.</b> Localisation de la zone d'étude (Google Earth, 2021) .....	20
<b>Figure 09.</b> Structure du peuplement (a, b, c, d, e, f) de la station d'étude (Hoceini, 2019).....	22
<b>Figure 10.</b> Méthodes d'échantillonnages du sol (S: sud, O: Ouest, N: Nord et E: Est). (Aissaoui et Guellal, 2020).....	23
<b>Figure 11.</b> Préparation de l'échantillon composite des quatre points cardinaux.....	24
<b>Figure12.</b> Etapes de destruction de la matière organique réalisé par la méthode perte au feu (a: étuve, b: four à moufle).....	25
<b>Figure 13.</b> Etapes de réalisation de granulométrie .....	26
<b>Figure 14.</b> Illustration de La mesure de pH de la solution de sol.....	27
<b>Figure 15.</b> Différentes étapes de réalisation de l'analyse de phosphore assimilable (méthode Olsen) .....	29

<b>Figure 16.</b> Résultat de l'analyse granulométrique des échantillons de sols de la saison d'été 2019.....	31
<b>Figure 17.</b> Résultat de l'analyse granulométrique des échantillons de sols de la saison d'hiver 2019.....	32
<b>Figure 18.</b> Variation de $\text{pH}_{\text{eau}}$ des échantillons de la saison d'hiver 2019.....	33
<b>Figure 19.</b> Variation de $\text{pH}_{\text{eau}}$ des échantillons de la saison d'été 2019.....	33
<b>Figure 20.</b> Variation de $\text{pH}_{\text{eau}}$ des échantillons des deux saisons (hiver et été 2019).....	34
<b>Figure 21.</b> Variation de $\text{pH}_{\text{KCl}}$ des échantillons de la saison d'été 2019.....	35
<b>Figure 22.</b> Variation de $\text{pH}_{\text{KCl}}$ des échantillons de la saison d'hiver 2019.....	36
<b>Figure 23.</b> Différence entre le $\text{pH}_{\text{KCl}}$ et le $\text{pH}_{\text{eau}}$ .....	37
<b>Figure 24.</b> Variation de phosphore assimilable des échantillons de la saison d'été 2019.....	38
<b>Figure 25.</b> Variation de phosphore assimilable des échantillons de la saison d'hiver 2019.....	39
<b>Figure 26.</b> Graphe représentatif de la projection de l'ACP des paramètres analytiques en fonction des arbres.....	40
<b>Figure 27.</b> Graphe de projection de l'ACP entre les paramètres analytiques et les deux niveaux.....	41
<b>Figure 28.</b> Graphe représentatif de la projection des trois paramètres analytiques en fonction de la saison.....	42

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 01</b> : Classification de <i>Quercus suber</i> L. ....	09
<b>Tableau 02</b> : Répartition mondiale de la subéraie selon (Silvia et Carty, 2006).....	10
<b>Tableau 03</b> : Situation géographique de la zone d'étude .....	21
<b>Tableau 04</b> : Analyse de la variance au seuil de 5% des données de pH <sub>eau</sub> .....	34
<b>Tableau 05</b> : Analyse de la variance au seuil de 5% des données de pH <sub>kcl</sub> .....	36
<b>Tableau 06</b> : Analyse de la variance au seuil de 5% des données du phosphore assimilable .....	38

## *La liste des abréviations*

**A**: Horizon superficiels

**A0** : Horizon organique

**A** : argiles

**E** : est

**C** : horizon de la roche mère

**Ca** : calcium

**H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>** : mono-ortho phosphate

**K** : potassium

**KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>** : mono potassium phosphate

**L** : limons

**Mg** : magnésium

**N** : nord

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : nitrate

**N1** : niveau 01

**N2** : niveau 02

**s** : sud

**S** : sables

**O** : ouest

**p** : phosphore

**pH**: potentiel hydrogène

The background features a white page with three blue circular elements of varying sizes. Each circle is composed of three concentric layers: a dark blue center, a medium blue ring, and a light blue outer ring. Two thin, light blue lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the central text. The text 'Introduction générale' is centered within this 'V' shape.

# Introduction générale

Le sol est un composant majeur de l'écosystème, véritable système ouvert, communiquant, échangeant avec tous les autres compartiments de l'environnement, échanges qui s'entendent en termes de transferts de matériels mais aussi d'énergie (Duchauffour, 1965). Il s'agit d'une interface fragile entre la lithosphère et la biosphère, il confère un équilibre dynamique avec les paramètres biotiques et anthropique, c'est une ressource non renouvelable et non susceptible d'évoluer rapidement (Ranger, 2001).

Dans le milieu forestier le sol généralement riche en matière organique, plus acides et pauvres en éléments nutritifs que les sols agricoles (Ranger, 2001) c'est le cas des sols des subéraies de chêne liège.

Le chêne liège est une essence très répandue dans les régions tempérées méditerranéennes, il forme de véritables subéraies qui jouent un rôle indésirable sur le plan écologique, économique et social. Toutefois, les multiples phénomènes dévastateurs rendent les écosystèmes à chêne liège très limités et tributaires des circonstances favorables.

L'alimentation des arbres dépend non seulement de la teneur du sol en éléments chimiques utiles, mais aussi de la quantité prospectée par les racines, or l'enracinement est sous l'influence des propriétés physiques du sol (Bonneau, 1994), ce qui permet la détermination de la fertilité du sol, quel est le degré de permanence naturelle de cette fertilité et quelle sont les possibilités d'alimentation de la productivité des sols pauvres ainsi sur le développement du profil au fur et à mesure que le sol devient plus ancien, néanmoins la composition minéralogique et chimique du sol (FAO, 2005)

Selon Hopkins (2003) pour un arbre supérieur un nombre relativement faible de nutriments suffit à l'accomplissement du cycle de développement et de croissance

Dans ce contexte l'objectif général de notre travail est de mettre en évidence les variations saisonnières et l'importance de la description et de caractérisations horizontale et spatiale des propriétés physiques et chimiques telles que la granulométrie, le pH et la biodisponibilité de phosphore sous dix arbres de chêne liège dans la forêt de At hemmad dans la commune de Zekri.

Ce manuscrit repart en quatre chapitres, en premier lieu nous essaierons de faire une synthèse bibliographique concernant notre thématique de recherche, puis un deuxième

chapitre sur l'étude de milieu et le troisième sur matérielles et les méthodes utiliser durons les manipulations au laboratoire, enfin le quatrième chapitre qui porte une discussion des résultats obtenus et une conclusion général.

The background features a decorative graphic consisting of three overlapping blue circles of varying sizes, arranged vertically. Two thin blue lines intersect at the top left and extend diagonally across the page, framing the central text. The circles are composed of concentric layers of different shades of blue, creating a 3D effect.

# **Chapitre I**

## **Synthèse bibliographie**

### **I.1. Définition du sol**

Le sol est la formation naturelle de surface à structure meuble et d'épaisseur variable, résultat de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus physiques, chimiques et biologiques (Dechoufour, 2001).

Le sol est un milieu vivant beaucoup plus complexe que l'air ou l'eau, il est un milieu poreux constitué d'un ensemble de trois phases : la phase solide, la phase liquide et la phase gazeuse (Morel, 1989). La décomposition du sol selon ses phases constitutives est purement conceptuelle, et que leur étude, entreprise isolement, doit s'accompagner de celle de leurs interactions réciproques (Musy et Soutter, 1991).

Les sols constituent une ressource naturelle non renouvelable en vue du processus lent qui caractérise leur formation, leur perte et leur dégradation sont difficilement récupérables (FAO, 2015).

Le sol est un mélange de particules solides pulvérisées, d'eau et d'air, qui servent de support aux éléments nutritifs des plantes. Il est la couche supérieure meuble de l'écorce terrestre. Elle comprend des roches qui ont été réduites en petits fragments et plus ou moins transformées chimiquement avec des débris de plantes et animaux qui vivent dessus et s'en servent (Ramann, 2013).

Il prend une individualité propre différente de la roche-mère dont il est issu ; il est constitué par 'les horizons supérieurs d'une roche qui a subi, plus ou moins, un changement sous l'influence de l'eau, de l'air et de différentes espèces d'organismes vivants'.

### **I.2. Horizons du sol**

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

#### **I.2.1. Horizon A**

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

Aoo- horizon de surface, formés de débris des végétaux facilement identifiables et non reliés ensemble par du mycélium.

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

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

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

### **I.2.2. Horizon B :**

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

### **I.2.3. Horizon C :**

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

### **I.2.4. Horizon R ou G**

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

## **I.3. Propriétés Physiques**

### **I.3.1 Texture et Structure du sol**

La texture du sol est définie par la répartition numérique des particules élémentaires en fonction de leurs géométries. La différenciation des sols sur la base de leur texture fait appel à la répartition pondérale des diamètres apparents des particules élémentaires (Argile, Limon, Sable) soit à leur granulométrie (Musy et Sotter ,1991).

La structure du sol découle essentiellement de la distribution granulométrique de ses éléments solides et de l'existence de forces de nature électrostatique dues aux sites chargés

des minéraux argileux et de l'humus. Ces forces confèrent aux éléments colloïdaux une fonction de ciments entre particules plus grossières, dont provient la cohésion des éléments structuraux (Musy et Soutter, 1991).

#### **I.4. Propriétés chimique du sol**

La dégradation de la roche mère par l'eau conditionne, dans une large mesure, la composition chimique du sol qui en est le résultat final (FAO, 2019).

##### **I.4.1. La matière organique**

Les constituants organiques du sol proviennent de la décomposition de la matière végétale, animale et bactérienne, ces substances sont en constante évolution dans le sol et sont transformées par divers processus géochimiques au fil du temps.

La matière organique augmente la capacité d'échange cationique des sols en plus de constituer un réservoir de nutriments assimilables pour la végétation (Brady et Weil, 2008). Elle améliore la structure du sol, contribue à son aération et augmente sa résistance à la compaction. La matière organique constitue une réserve d'eau servant de véhicule à la nourriture des plantes, retient les éléments minéraux et limite le lessivage.

D'après Pierre, (2005), le carbone est le principal composé de la matière organique dans le sol est la source énergétique des microorganismes hétérotrophes, c'est-à-dire ceux qui ne tirent pas leur énergie de la lumière du soleil (c'est le cas de la majorité des microorganismes).

La minéralisation de la matière organique libère les éléments nutritifs (N, P, K, S) contenus dans les molécules organiques. Ces éléments contribuent à l'alimentation des plantes.

##### **I.4.2. L'azote**

L'atmosphère est la principale source d'azote. On le rencontre principalement sous sa forme diatomique (N<sub>2</sub>). Il s'agit d'une molécule très stable. La plupart de l'azote du sol est constitué d'azote organique. Il est rendu disponible pour les plantes par minéralisation liée à l'activité des microorganismes. La matière organique constitue la principale réserve d'azote du sol. C'est sous la forme de nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) qu'il est principalement absorbé par les cultures,

exception faite de certains cas où la culture se développe en conditions d'anoxie. (Campbell, 1978).

### **I.4.3. Phosphore**

Le phosphore est présent chez tous les organismes vivants. Chez les végétaux, il constitue un composant majeur et un élément minéral essentiel. Il joue un rôle important dans le métabolisme énergétique, la synthèse et le métabolisme des glucides, participe à la composition du noyau cellulaire et se concentre dans les organes reproducteurs du végétal. Dans le sol, il se trouve sous forme minérale et organique (Mathieu et Peltain, 2003).

Le phosphore est absorbé par les plantes sous forme de mono-orthophosphate ( $H_2PO_4^-$ ), d'autres formes comme les pyrophosphates, les métaphosphates et certains phosphates organiques solubles peuvent être absorbés, mais leur altérabilité dans les milieux naturels les confine à un rôle secondaire (Tisdale et Nelson, 1975). Les phosphates de la solution du sol sont susceptibles d'être absorbés par les plantes ou d'être fixés sur les divers colloïdes du sol comme les argiles, la matière organique, et les hydroxydes de fer et d'alumine (Tisdale et Nelson, 1975).

### **I.4.4. Potassium**

Le potassium est un élément indispensable majeurs pour la nutrition des plantes, il se rencontre dans les minéraux silicaté qui se distinguent les uns des autres par leurs teneur en bases dont la potassium tel que les feldspaths, mica et argiles, ce dernier est considéré comme principal réservoir, il est aussi inclus dans humus (Mhiri, 2002)

Boyer (1978) à signaler que le K se présente dans le sol sous formes assimilable facilement accessible par la plante durant sa phase de croissance, il a mentionné également que l'obtention d'un potassium assimilable a partir des réservoirs est un mécanisme très, lent il se situe dans la solution de sol et la surface des complexe absorbant (Mhiri, 2002)

Le potassium assure diverses fonctions biochimiques et physiologiques pour la plante, tel qu'il est utile de circulation de la sève notamment il intervient dans le transport de sucre (Asheley et goodson, 1972).

### **I.4.5. Calcium et magnésium**

Ces deux éléments forment dans le sol entre 70% et 95% des bases échangeables, ils sont susceptibles de neutraliser indifféremment toutes les charges négatives des colloïdes qui permettent de créer des réserves en éléments nutritifs (Boyer, 1978 ; Drouet, 2007).

Le magnésium est presque toujours associé au calcium, et se trouve dans le sol presque sous les mêmes formes ioniques surtout dans les sols peu profonds ou la quantité de Ca et de Mg dans la solution de sol, et plus importante que dans les actions échangeables par rapport au sol très évolué où le calcium est fragile et faiblement proportionnel que le magnésium qui peut former des hydroxydes mixtes avec l'aluminium et des échanges avec le fer (Boyer, 1978).

Le Mg est un contributeur important dans la santé globale des plantes c'est un mécanisme spécifique de défense par les enzymes pectolytiques contre les agents pathogènes (Huber, 2013) étant donné que les cations Ca améliorent la survie des plantes dans des environnements défavorables comme la salinité (Boudsocq, 2010).

### **I.5 Propriétés biologiques :**

Selon Chaussod (1996), le fonctionnement du sol est assuré par l'abondance et la diversité des organismes vivants dans le sol aux différents horizons qui assure l'aération et la circulation de l'eau, la disponibilité de la matière organique après sa décomposition et aussi la stabilité structurale et protection contre l'érosion ainsi leur contribution aux cycles biogéochimiques des nutriments (Lambers et al., 2009) et leurs rôles comme bio-indicateurs contre les ravageurs, pathogènes et les arbres adventives dans le sol.

Les sols représentent l'un des habitats les plus complexes des écosystèmes terrestres, les communautés biologiques habitant les sols sont les plus diversifiées en forme de vie, taille et fonction (Decaëns, 2010).

La biomasse microbienne désigne l'ensemble des microorganismes qui représente la fraction vivante de la matière organique (Chaussod, 1996) regroupes les champignons, les protozoaires et les bactéries (Swift et al., 1979), ils déterminent l'évolution la qualité biologique des sols, plus précisément les activités enzymatiques d'origines microbiennes utilisées pour la minéralisation des matières organiques (Petitjean et al., 2019).

Les plantes sont considérées comme un interface entre la partie aérienne et souterraine, la rhizosphère représente la principale zone d'échange de nutriments et d'eau entre le sol, les microorganismes et plantes, les racines dans cette zone respirent, absorbent les nutriments et modifier très fortement les propriétés physico-chimiques qui influent sur les réactions à l'interface sol solide/solution du sol (Hinsinger et *al.*, 2006).

La biomasse animal est appelé aussi la faune du sol, Selon leurs tailles on distingue quatre grands groupes ; la microfaune, la mésofaune, le macrofaune et la mégafaune (Swift et *al.*, 1979), la répartition de ses organismes varie également verticalement dans le profil du sol. Deprince (2003), à distinguer trois catégories, les *épiédaphiques* sont les acariens et les collembolles qui vie à la surface du sol, les espèces de la litières sont dit *hemiedaphiques* celles de l'humus et de sol profond sont des *euédaphiques*.

## II. Généralités sur *Quercus suber* L.

Le chêne liège est une essence particulière de la partie occidentale du bassin de la méditerranée (Villement et Fraval, 1993). Il présente une grande valeur économique grâce à sa particularité physiologique qui le distingue des autres ligneux (Belaidi, 2010).

### II.1. Systématique du chêne liège

Le chêne liège appelé aussi *Quercus suber* L., est décrit par Linnée en 1753 et appartient à la section du sous genre *Cerris*, à la section *Suber* (Toribio et *al.*, 2005) du genre *Quercus*, appartenant à la famille des *Fagaceae*, de l'ordre des *Fagales* (Pereira et Gomez, 2002 et Pereira, 2007).

Chase et Reveal, (2009), signalent que la troisième version de la classification botanique des Angiospermes établie par Angiosperme Phylogeny Group (APG III) (Tab01), présente la taxonomie du *Quercus suber* L. comme suit :

**Tableau 01.** Classification de *Quercus suber* L.

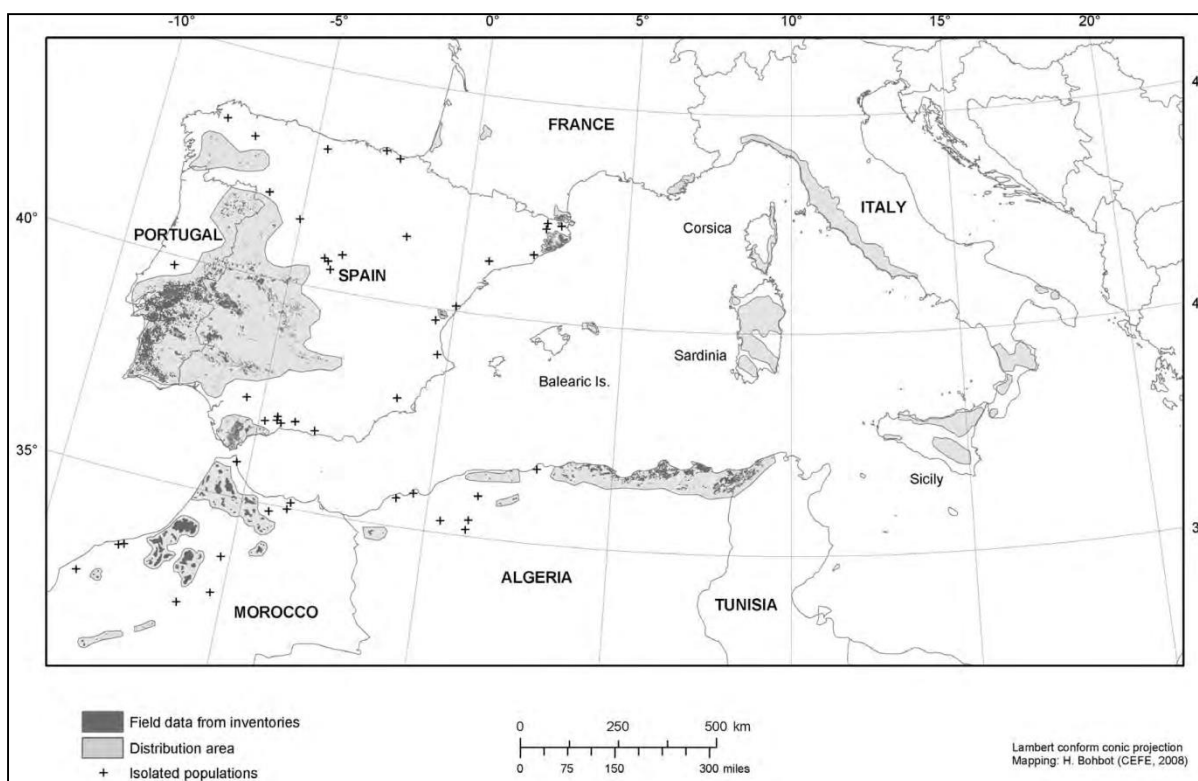
<b>Clade</b>	<b>Angiospermes</b>
<b>Clade</b>	Dicotylédone vraie
<b>Clade</b>	Rosidées
<b>Clade</b>	Fabidées
<b>Ordre</b>	Fagales
<b>Famille</b>	Fagacées
<b>Genre</b>	<i>Quercus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Quercus suber</i> L.

#### II.1.1. Répartition géographique

Le chêne liège est d'origine de la péninsule ibérique selon certains auteurs (Sauvage, 1961). Il couvre environ 2.5 million d'hectares dans le bassin méditerranéen occidental (Catry et *al.*, 2012). Avec une superficie d'environ 1.5 million d'hectares en Europe et 1 million d'hectares en Afrique du Nord (Bugalhu et *al.*, 2011).

Il est extrêmement polymorphe endémique de la région méditerranéenne occidentale, poussant dans différents pays et territoire européens et africains (Fig. 01), Portugal, sud de la

France, Slovénie, Sardaigne et Maroc (Torbio, 2005). Il est aussi remarquable dans l’Est de la France et de l’Espagne, en Italie, en Algérie, et en Tunisie (Tab. 02) (Gil-Pelegrin et al., 2017).



**Figure01.** Répartition actuelle du chêne-liège (Pausas et al., 2009).

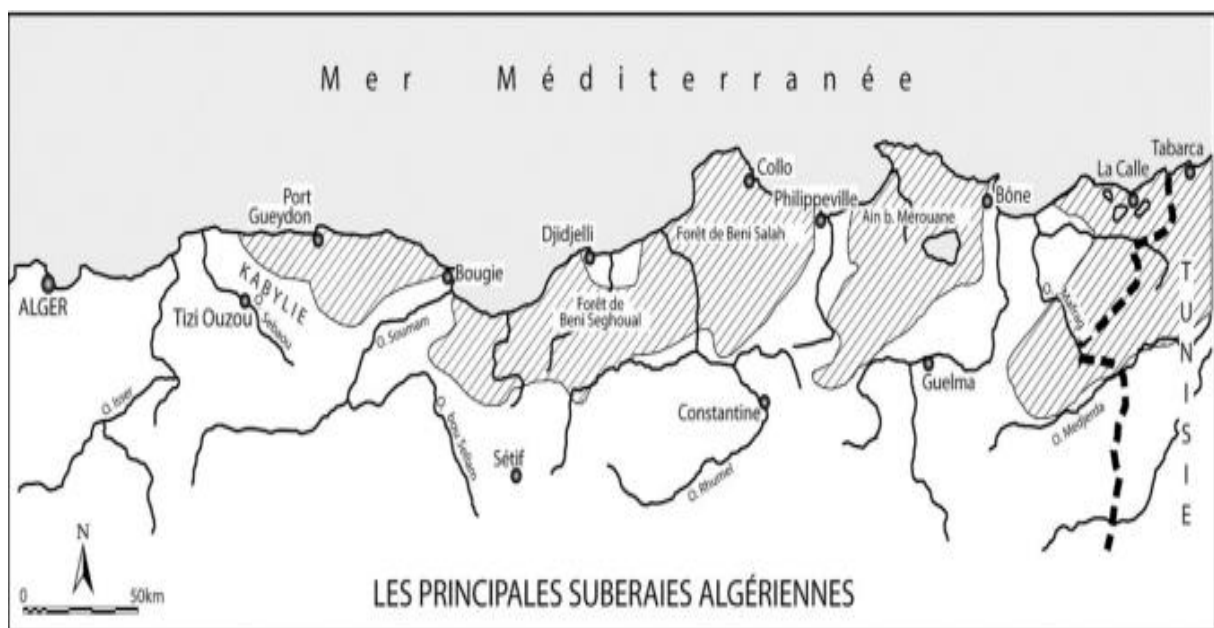
**Tableau 02.** Répartition mondiale de la subéraie selon (Silva et Catry , 2006)

Pays	Portugal	Espagne	France	Italie	Maroc	Tunisie	Algérie
Superficie en ha	713 000	475 000	6 8000	65 000	348 000	90 000	4400

Les subéraies Algériennes offrent historiquement une superficie de 230 000 ha (FAO, 2013), dominant dans les zones du bioclimat humide de l’Est jusqu’à la frontière tunisienne, il

s'étend d'une manière assez continue le long de la zone littorale ou il offre le maximum de son aire de répartition (Bekdouche, 2010).

Les suberaies sont distribuées sur 23 wilayas du littoral méditerranéen au Nord de l'Algérie (Fig. 02), jusqu'au chaîne tellienne du Sud, dont on trouve les 4/5 dans l'Est du pays (Bouhraoua et *al.*, 2014). La suberaie passe par Tizi-Ouzou, Jijel, El Kala, Guelma, et Souk-Ahras et également présent dans les régions de Tlemcen et Mascara (Louni, 1994 ; Touati et *al.*, 2015).



**Figure 02.** Carte des principales subéraies algériennes (Puyo, 2013).

## II.2. Caractéristiques botaniques de *Quercus suber* L.

Le *Quercus suber* présente un polymorphisme remarquable qui caractérise la forme des arbres, la période de la floraison, la forme et la taille des feuilles, des fleurs et des fruits (Manos et *al.*, 2001 ; Toribio et *al.*, 2005 ; Pereira, 2007 ). C'est un arbre de moyenne grandeur pouvant atteindre 10 à 15 mètres (Fig. 03), dans des conditions optimale il peut dépasser les 20 mètres (Seigue, 1985 ; Gil et Varela, 2008).



**Figure 03.** Morphologie de la Subéraie de Ait Hemmad. (Cliché Aissaoui et Guellal, 2020)

### II.2.1. Système racinaire

Le chêne liège est caractérisé par un système racinaire pivotant long avec des ramifications latérales épaisses, qui peuvent développer une grande expansion horizontale avec de nombreuses racines superficielles (Pereira, 2007) (Fig. 04).

Le maintien de l'hydratation foliaire durant l'été est assurée grâce à la pénétration de la racine centrale dans le sol, ce qui permet à l'arbre d'extraire l'eau des aquifères profonds (Nardini et al., 1999 et Pereira 2007). De plus, les racines de Cette espèce ont la capacité de contracter une double mycorhization (Aronson et al., 2009). Ces racines peuvent être mycorhizées par des champignons du genre : *Boletus*, *Russula* et *Lactarius* (Azul et al., 2010). Cette symbiose offre à l'arbre une résistance au stress hydrique et minéral (Aronson et al., 2009 ; Hamidi et al., 2017).



**Figure 04.** Architecture racinaire superficielle sous chêne liège Subéraie Ait Hemmad.

(Cliché Aissaoui et Guellal, 2020)

### II.2.2. Ecorce

C'est un tissu parenchymateux formé par l'assise subero-phellodermique qui couvre le tronc et les branches (Gil et Varela, 2008) (Fig. 05). Il peut atteindre une épaisseur de 15 cm, son écorce externe est composé d'un tissu compact élastique et thermique isolant dont le rôle principal est de protéger l'arbre (Gil et Varela, 2008 ; Touati et *al.*, 2015). La première récolte de liège a lieu lorsque l'arbre a environ 30 ans, la récolte du liège se pratique entre 9 à 12 ans (Silva et *al.*, 2005), un an est le temps nécessaire aux arbres pour faire former une nouvelle couche d'écorce d'une épaisseur qui arrive jusqu'à 30 mm (Bugalho et *al.*, 2011).



**Figure 05.**

Tronc du chêne liège exploité Subéraie de Ait Hemmad (Cliché Aissaoui et Guellal, 2020).

### II.2.3. Feuilles

Le chêne liège est une espèce forestière sclérophylle, à feuille persistantes (Saccardy, 1938 ; Silva et *al.*, 2005 ; Petrosselli et *al.*, 2013).

Les feuilles de *Quercus suber* sont alternées, coriaces et de couleur vert-foncé, glabres sur leur partie supérieure ; elles sont de formes ovale légèrement dentée (Gil et Varela, 2008) (Fig. 06).

Leur taille varie de 3 à 6 cm en longueur et de 2 à 4 cm en largeur, contenant 5 à 7 paires de nervures, elles sont portées par un pétiole assez court (Saccardy, 1938 ; Oil, 2005), avec une longévité courte environ une année (Pereira et *al.*, 1987 ; Escudero et *al.*, 1992).



**Figure 06.** Feuilles du *Quercus suber* L. (Cliché Aissaoui et Guellal, 2020)

### II.2.4. Inflorescences

Le chêne liège est une espèce monoïque (Saccardy, 1938 ; Gil et Varela, 2008 ; Pausa et *al.*, 2009). La fructification débute à l'âge de 15 à 20 ans, la saison de la floraison s'étend d'Avril à fin Mai (Saccardy, 1938 ; Pereira, 2007). Les inflorescences mâles sont en grappe, pédonculée et proviennent de bourgeons axillaires des branches de l'année précédente, les fleurs femelles poussent isolée ou en groupe de trois au maximum (Gil et Varela, 2008 ; Pausa et *al.*, 2009).

La pollinisation a lieu au printemps mais ce n'est qu'un mois et demi plus tard que les ovules terminent leur différenciation, la fécondation a lieu avec un seul ovule mûrissant avec succès en automne (Boavida et *al.*, 1999).

### II.2.5. Fruit

Le fruit du chêne liège est appelé «gland» qui se caractérise par une taille variable et de forme différente (Fig. 07), avec une longueur de moins de 2 cm à plus de 5 cm. Ils ne mûrissent pas en même temps à cause de la longue période de la floraison qui joue un rôle crucial sur la maturation des glands (Pereira, 2007).

La production des glands varie avec le temps et en fonction des facteurs environnementaux et des conditions météorologiques (Elena-Roselló et *al.*, 1993 ; Díaz-Fernandez et *al.*, 2004).

Les glands annuels arrivent à maturité la même année de leur production, alors que les glands bisannuels poussent et arrivent à maturité à l'automne de l'année suivante (Aronson et *al.*, 2009).



**Figure07.** Glands de *Quercus suber* L. (Cliché Aissaoui et Guellal, 2020).

### II.3. Exigences écologiques

Le chêne liège est une espèce sclérophylle du bassin méditerranéen, il se trouve dans les bioclimats humide, sub-humide et parfois semi-aride, très répandu dans l'étage supra-méditerranéen et meso-mediterranien et thermo-méditerranéen (Quezel et Medail, 2003).

Il pousse dans les régions montagneuses et en pentes à 2000 m d'altitude et même au-dessous de 600m (Carty et *al.*, 2009).

C'est une essence thermophile et plus résistante à la sécheresse estivale ses températures moyennes annuelles optimales comprises entre 13°C et 16°C (Pereira, 2007 ; Carty et *al.*, 2009), il s'adapte facilement aux grandes chaleurs qui dépassent les 40°C grâce à

son écorce, il supporte des minimas de température de  $-3^{\circ}$  (Quezel et Medail, 2003), sa croissance dépend aussi de la quantité des précipitation qu'est de 600 à 1000 mm comme moyenne annuelle (Catry et *al.*, 2009).

En ce qui concerne le sol, le chêne liège fuit le calcaire (Quazel et Medail, 2003), il exige un horizon organique bien préservé, présente peu de contraintes pour la pénétration des racines, avec un pH acide (El Antry Tazi et *al.*, 2008). Il peut se retrouver dans les condition édaphiques difficiles dans les sols peu profonds pauvres en éléments nutritifs, au Maroc dans la forêt de Mamora, il se développe dans les sols à texture sableuse avec un petit pourcentage d'argiles 4% à 5% (Villement et Fraval, 1993).

#### **II.4. Importance socio-économique de *Quercus suber* L.**

*Quercus suber* est une espèce forestière principale en Afrique du nord, tant en raison de la qualité et les superficies occupées, son bois, que de son importance économique (Silva et Catry, 2006 ; Bugalho et *al.*, 2011).

C'est une plante méditerranéenne atlantique, elle a un rôle dans l'industrie du liège et de la tannerie (Hassikou, 2014).

Son rôle écologique est la régularisation du cycle hydrologique et la protection contre la désertification, aussi la fixation du carbone (Aronson et *al.*, 2009). Le chêne liège peut remplacer d'autres matériaux non renouvelables comme le pétrole (Rives et *al.*, 2015).

Son bois conduit à la fabrication des traverses de chemin de fer, en construction des coques de navires de tonneaux, il est aussi utilisé en menuiserie (Bouhraoua, 2003).

L'écorce de chêne liège peut être utilisée comme bouchon de bouteilles du vin (Costa et *al.*, 2019), et dans la fabrication d'autres produits comme les joints de moteurs et de dilatation, les chaussures, les articles de pêche, les articles de sport, impression de couvertures des livres. Aussi il est utilisé dans l'aggloméré d'isolation de premier lieu pour les terrasses et parois pour son bon comportement au feu.

Les forêts de chêne liège sont un des rares exemples d'exploitation forestière totalement durable. Du point de vue économique, ces forêts peuvent être l'objet d'une gestion éternel, en partie, due au prix de marché du liège. Le liège constitue depuis longtemps un paysage forestier unique de la méditerranée occidentale et constitue aussi une importante ressource forestière économique de cette région (Peraira et Pausas, 2009).

## II.5. Principaux pathogènes du chêne liège

Les insectes ravageurs de chêne liège sont nombreux, mais les phyllophages et les xylophages sont les plus importants. En défoliant les arbres ou en creusant des galeries dans le bois, ils les affaiblissent et les rendent plus vulnérables aux différentes attaques d'autres insectes et de divers champignons pathogènes.

### II.5.1. Pathogènes des feuilles

Les agents pathogènes de feuilles de chêne liège les plus connus sont *Discula quercina*, *Cystodendron dryophilum*, *Lembosia quercina*, *Lymantria dispar* et *Dendrophoma myriadea* (Moricca et al., 2016). Les maladies des feuilles affaiblissent les arbres en interrompant la photosynthèse, les voies métaboliques, le taux de respiration, et en altérant la régulation thermique (Marcais et Desprez-Loustau, 2016).

### II.5.2. Pathogènes des racines

*Phytophthora cinnomomi* a un impact majeur dans le déclin du chêne liège dans les pays européens méditerranéens (Scanu et al., 2013), ce pathogène agit sur l'arbre par son infection en croissance individuelle ou en groupe, envahissant les racines, les colliers et les troncs, conduisant à une perte importante de racines latérales, petites, ligneuses et de fines racines. Aussi, le système racinaire est entravé dans l'absorption et le transport de l'eau et des nutriments ce qui provoque la mort de la plante, ainsi que le jaunissement des feuilles, l'amincissement de la couronne, suivies généralement d'un dépérissement de l'arbre entier (Camilo-Alves et al., 2013).

*Phytium spiculum* se trouve simultanément avec *Phytophthora cinnamomi* dans des peuplements de chêne liège en Espagne et en Portugal (Moricca et al., 2016). Ces deux agents pathogènes sont les plus actifs en différentes saisons en raison de leurs diverses structures de reproduction asexuée (De Vida et al., 2011).

### II.5.3. Pathogènes du bois

Ils existent plusieurs champignons ascomycètes comme agents de chancre et dépérissement. Ces agents causent des infections locales sur le tronc, les branches, et les brindilles (Moricca et al., 2016). Deux espèces en particulier, *Biscogniauxia mediterranea* et *Botryosphaeria sp* sont les agents les plus largement diffusés dans les forêts de chêne-liège en déclin.

### III. Etat sanitaire des subéraies en Algérie

L'aire de répartition de la subéraie s'est fortement réduite suite aux fortes variations climatiques et surtout à l'action anthropique (Benabid, 1989). Les agressions qui sont toujours marquées d'une manière directe par les délits de coupe, défrichement anarchique, utilisation par l'homme du capital forestier et le phénomène d'urbanisation ou d'une manière indirecte par le surpâturage et les incendies récurrents (Messaoudène, 2008).

Les incendies prennent de l'ampleur ces dernières années et touchent beaucoup les forêts des zones humides et subhumides en raison de leur forte intensité (Daly-Hassen et al., 2011). Le feu n'apparaît plus comme un phénomène totalement négatif, mais comme une perturbation ayant un impact fugace sur les propriétés des sols forestiers.

Selon Certini, (2005), la première conséquence visible du feu est la modification de la couleur des sols pouvant servir d'indication de sa sévérité. Le feu diminue la stabilité structurale des sols, et la capacité au champ des sols brûlés ce qui entraîne l'augmentation du ruissellement et des phénomènes d'érosion, diminuant ainsi les particules fines telles que les argiles (Boix Fayos, 1997 in Cézanne 2011).

Le feu dénature les acides organiques entraînant une forte augmentation du pH des sols. En revanche cette augmentation est négligeable dans les sols riches en carbonates au fort pouvoir tampon. Les incendies entraînent aussi la volatilisation de l'azote organique (Fisher et Binkley, 2000 in Cézanne, 2011).

Le phosphore du sol n'est pas altéré par le feu de la même manière que l'azote puisqu'il est peu volatil et difficilement lessivé (Cade-Menun et al., 2000; Certini, 2005).

The background features a decorative graphic consisting of three blue circles of varying sizes, each composed of concentric layers of different shades of blue. These circles are arranged vertically, with the largest at the top, a medium one in the middle, and the largest at the bottom. Two thin, light blue lines intersect at the top left and extend diagonally across the page, framing the central text.

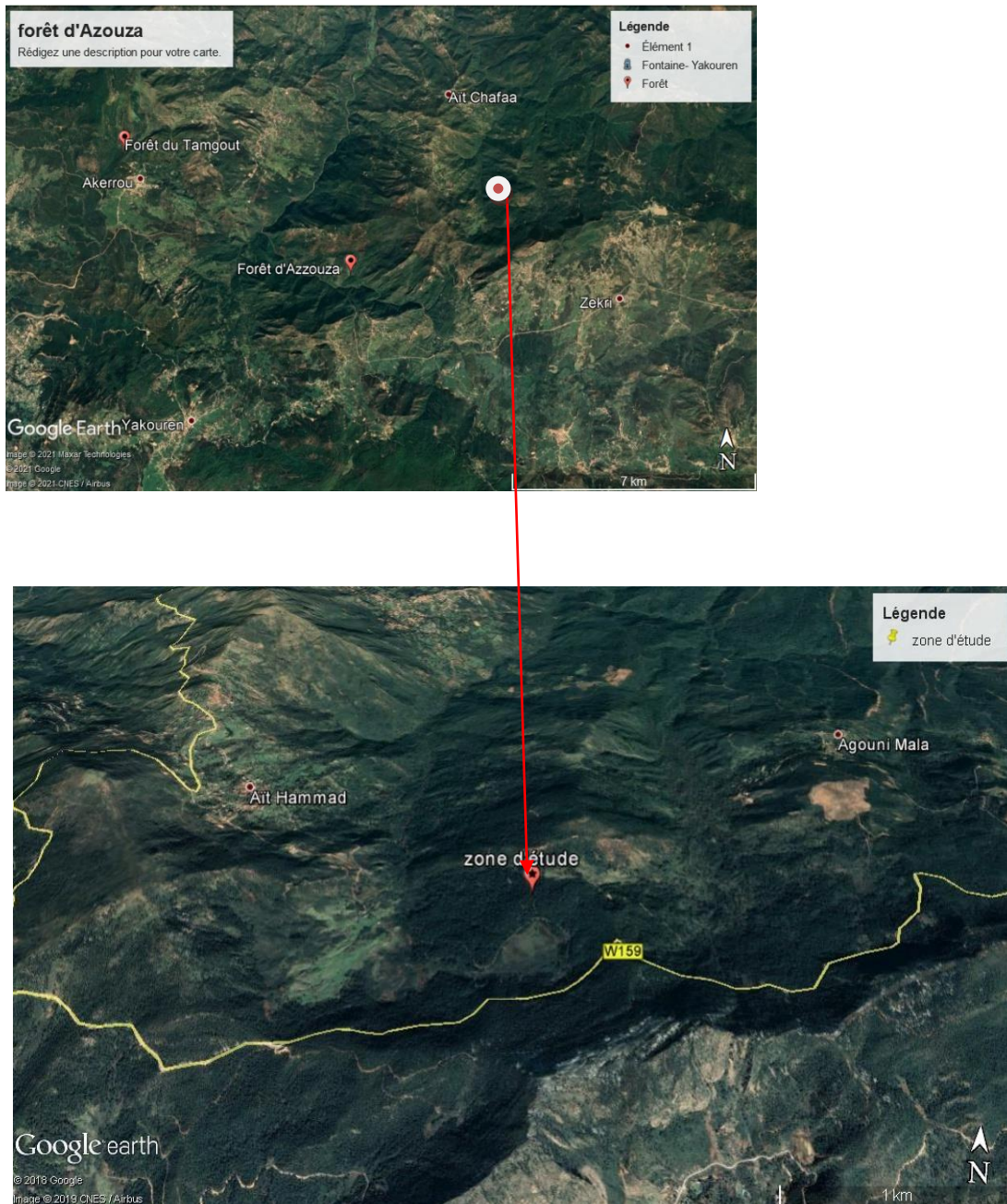
# **Chapitre II**

## **Matériél et méthode**

## I. Présentation de la zone d'étude

### I.1. Situation géographique

L'étude a été réalisée dans la forêt domaniale d'Azzouza située dans la commune de Zekri wilaya de Tizi-Ouzou. Sous une superficie de 2155 ha, limitée au nord par la forêt de Tigrine et au sud par la commune de Beni Zekki, à l'ouest par la commune de Yakouren et à l'est par la commune d'Acif El Hemmam (Fig.08).



**Figure 08.** Localisation de la zone d'étude (Google Earth, 2021).

**Tableau 3.** Situation géographique de la zone d'étude.

Nom de station	Altitude (m)	Latitude	Longitude(°)	Pente (°)	Superficie (m)	Orientatio n
Ait Hamad	800	E 004° 32' 40,1"	N36°47'24.8 "	0	50X50	N-E

### I.2 Description du site d'étude

La zone d'étude a été choisie en fonction de la roche mère et la structure morphologique des arbres dans une jeune futaie régulière, pure, homogène (Fig.09), situées sur une lithotoposéquence homogène. Cette parcelle Ait HAMAD, reliée via une piste forestière de 2km à la route W159, Yakouren, des traces de pâturage ont été observées sur le terrain ce qui révèle la dégradation des sols et du couvert végétal de ce milieu.

Ce peuplement se retrouve dans l'étage de végétation méso-méditerranéen, avec un régime saisonnier de type HP AE, elle est classée dans l'étage bioclimatique subhumide à variante tempérée.

Le sous-bois est dominé surtout par le cytise (*Cytisustriflorus*) qui atteint une hauteur de 1,5m associé aux ronces (*Rubusulmifolius*). Nous avons observé la présence du dis (*Ampelodesmamauritanica*) qui est une espèce indicatrice des milieux dégradé. Ainsi que, la présence de quelques champignons.



**Figure 09.** Structure du peuplement (a, b, c, d, e, f) de la station d'étude (Hoceini, 2019).

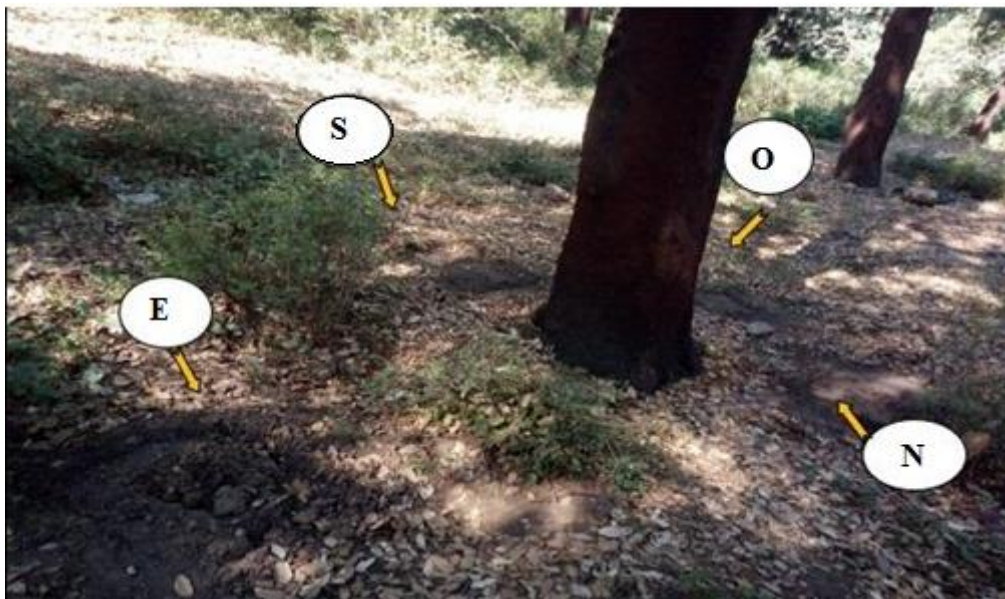
The background features a decorative graphic consisting of three blue circles of varying sizes, each with a darker blue center and a lighter blue outer ring. These circles are arranged in a vertical line, with the largest at the top and bottom, and a smaller one in the middle. Two thin, light blue lines intersect at the top left and extend diagonally across the page, framing the central text.

# **Chapitre III**

## **Résultats et discussions**

### I.L'échantillonnage du sol

L'échantillonnage du sol a été effectuée le mois janvier et juillet respectivement pour l'année 2020 sur dix(10) arbres, selon la méthode (Uterano et *al.*, 2000) avec un quadra de 25X25X5 cm<sup>3</sup>, sous chaque arbre quatre points cardinaux ont été choisis autour du tronc sous la canopée (Fig. 10). le prélèvement a été effectué par Hocieni.



**Figure 10.** Méthodes d'échantillonnages du sol (S: sud, O: Ouest, N: Nord et E: Est).  
(Aissaoui et Guellal, 2020).

#### I.1 Préparations des échantillons avant analyse

Pour l'étude analytique des sols, un échantillon composite a été préparé pour chaque niveau du sol (0-5cm et de 15-25cm) (Fig.11) de façon à minimiser les risques d'erreur sur la composition des sols liés à leur hétérogénéité. L'homogénéisation s'est ensuite faite par brassage manuel des 04 échantillons composites de 30g, afin d'avoir un échantillon composite final homogène pour chaque arbre et niveau du sol.



**Figure 11.** Préparation de l'échantillon composite des quatre points cardinaux

## II. Analyses des caractéristiques physiques et chimique

### II.1. La granulométrie

L'analyse granulométrique consiste à séparer la partie minérale du sol en catégories classées d'après la dimension des particules et à déterminer les proportions relatives de ces catégories (Mathieu et Pielain, 2003) (Fig. 13). Pour cela, nous avons procédé par la méthode internationale de la pipette de Robinson. Cette méthode est pratiquée sur la terre fine, après la destruction de la matière qui a été réalisé par (Bentayeb et Hammam, en cour) on suivant la méthode perte ou feu (Fig. 11).

Les différentes particules ont été séparées comme suit :

- Les particules minérales ont été dispersées à l'aide d'un dispersant alcalin (hexamétaphosphate de sodium) qui se suit par une dispersion mécanique.
- Après agitation de la suspension pour la rendre homogène on passe au prélèvement avec la pipette de Robinson des particules moyenne et fin qui sont obtenue par la mesure de sédimentation qui repose sur la loi de Stockes.
- Les particules de diamètre égal à  $20\mu$  (argile +limon fin) tombent de 10cm en 4min 48sec.
- Les particules de diamètre égal à  $2\mu$  (argile) tombent de 10cm en 8 heures.
- Les particules grossières sont récupérées après siphonage, par tamisage (tamis de 200 microns pour les sables grossier, tamis de 50 microns pour les sables fins), séchées à l'étuve à  $105^{\circ}\text{C}$ .

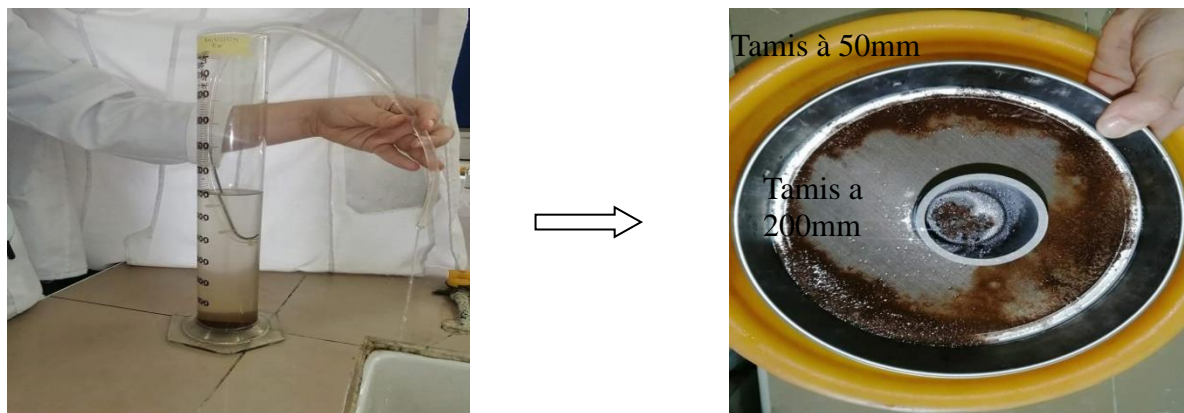
- Les limons grossiers sont déduits par différence.



(a)

(b)

**Figure12.**Etapes de destruction de la matière organique réalisé par la méthode perte au feu (a: étuve, b: four à moufle)



Siphonage

Tamisage

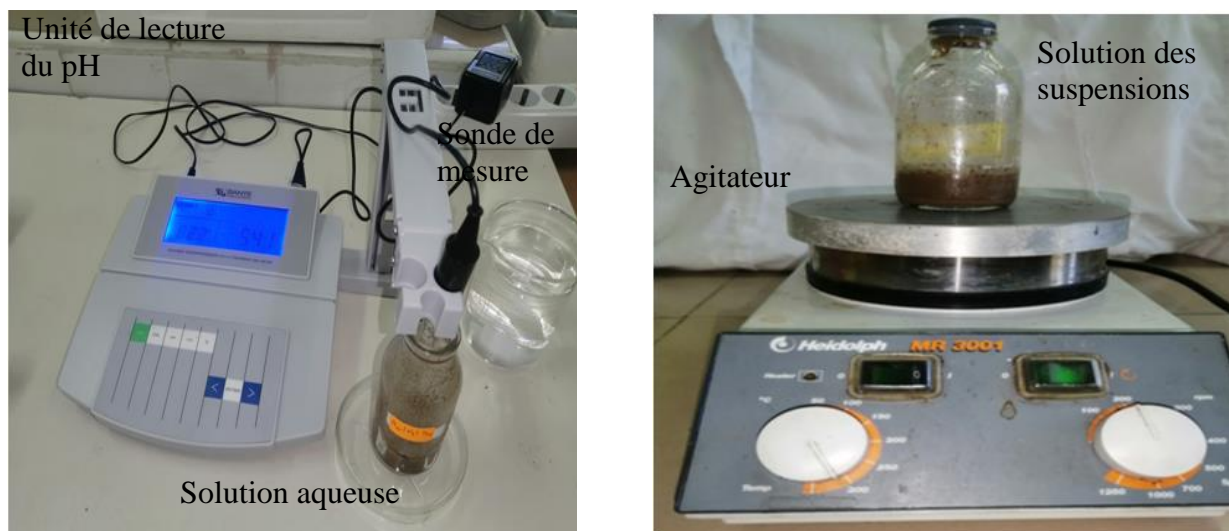


Récupération des sables fins et sables grossiers

**Figure 13.** Etapes de réalisation de granulométrie.

## . II.2. Détermination de $\text{pH}_{\text{eau}}$

Il est mesuré par la concentration en ions  $\text{H}^+$  de l'eau à l'aide d'un pH-mètre (Fig. 14) sur une solution sol/eau=1/2,5. On pèse 10g de terre fine, on ajoute 25ml de l'eau déminéralisées, après 10 min d'agitation à l'aide d'un agitateur, on la laisse reposer 2 heures, puis on plonge l'électrode dans le liquide surnageant, faire la lecture.



**Figure 14.** Illustration de La mesure de pH de la solution de sol.

### II.3. Détermination $pH_{KCl}$

C'est l'acidité de réserve qui consiste à ajouter 3.79g de KCl, agité puis refaire la lecture du pH.

### II.4. Phosphore assimilable

La détermination de phosphore assimilable est effectuée selon la méthode Olsen, qui permet l'extraction de phosphore alcalino-soluble par  $NaHCO_3$  tamponnée à  $pH=8,5$  (Fig. 15), elle contribue à la formation du complexe phosphomolybdique qui développe une couleur bleue après l'ajout de l'acide ascorbique, l'intensité de la coloration est simultanée avec la concentration en ortho phosphate, la lecture de dosage s'effectue à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 660 nm (Mathieu et pieltian, 2003 ).

Le mode opératoire est comme suite :

- On doit d'abord préparer tous les réactifs à utiliser.
- Peser 5g de terre fine pour chaque échantillon.
- Ajouter 100ml de la solution d'extraction et agiter pendant 30 min
- Filtrer à l'aide d'un papier filtre et l'introduire dans une fiole de 100 ml

- Prélever 5ml de filtrat et le verser dans une fiole jaugée de 100ml
- Ajouter 10 ml d'eau déminéralisé puis 10 ml de la solution de molybdate puis agiter légèrement.
- Ajouter 0,5ml d'acide ascorbique et agiter
- Préparation de témoin qui contient 0,5ml d'acide ascorbique et 100ml de la solution d'extraction
- On prend le témoin comme référence et ajuster à 0,00 l'abondance de spectrophotomètre
- Préparer la gamme étalon avec  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .
- on passe à lecture de l'intensité de la coloration bleue en abondance après 15 minute d'incubation.



Agitation de la terre fine introduite dans la solution d'extraction



Filtration de la solution D'extraction



Passage a la lecture de dosage par un spectrophotomètre



Préparation de la gamme étalon et échantillons de dosage de phosphore

**Figure 15.** Différentes étapes de réalisation de l'analyse de phosphore assimilable (méthode Olsen)

Afin de caractériser les propriétés physiques et chimiques des sols sous *Quercus suber* L., et pour décrire l'évolution des paramètres sur le plan horizontal et saisonnier, les résultats obtenus sont soumis à l'analyse statistique. La signification a été considérée au niveau de probabilité  $p < 0,05$ .

The background features a white page with three large, overlapping blue circles of varying sizes. Each circle is composed of concentric layers of different shades of blue, creating a 3D effect. Two thin, light blue lines intersect at the top left corner, forming a large 'V' shape that frames the central text.

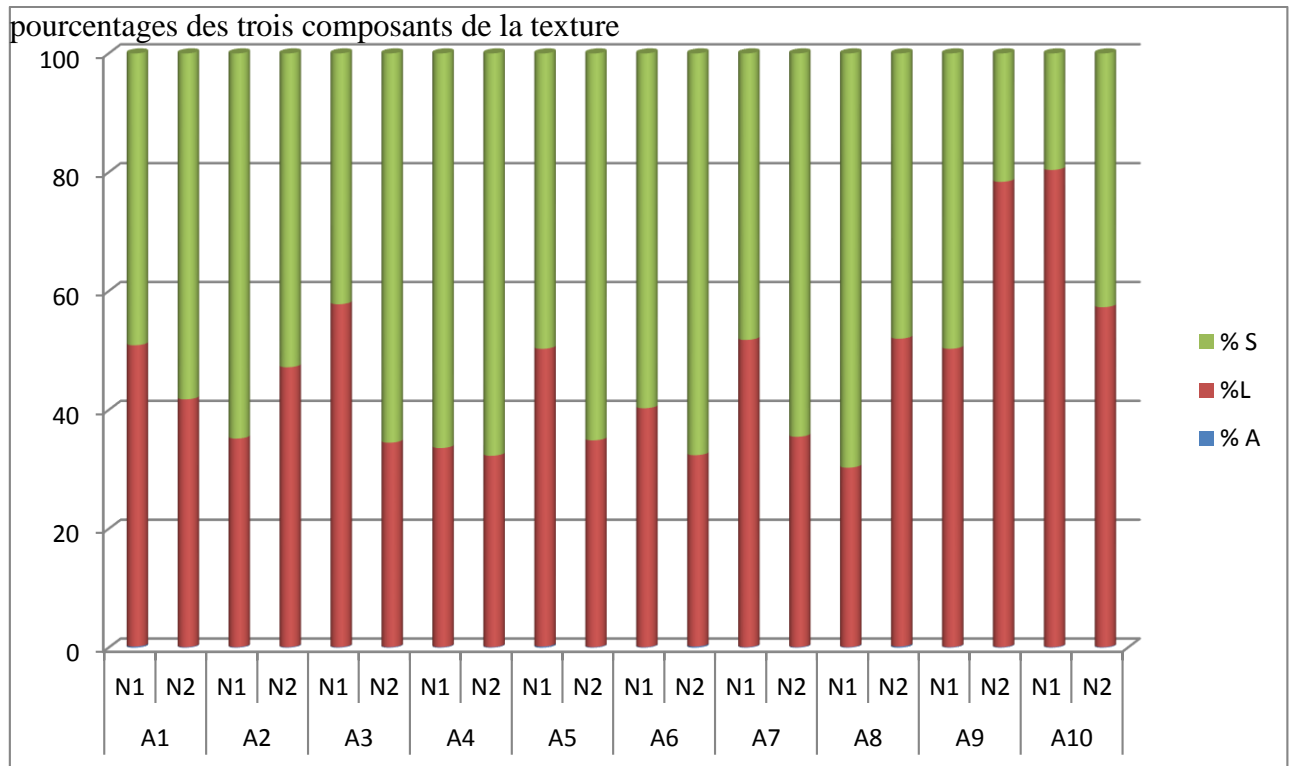
# Chapitre IV

## Résultats et discussion

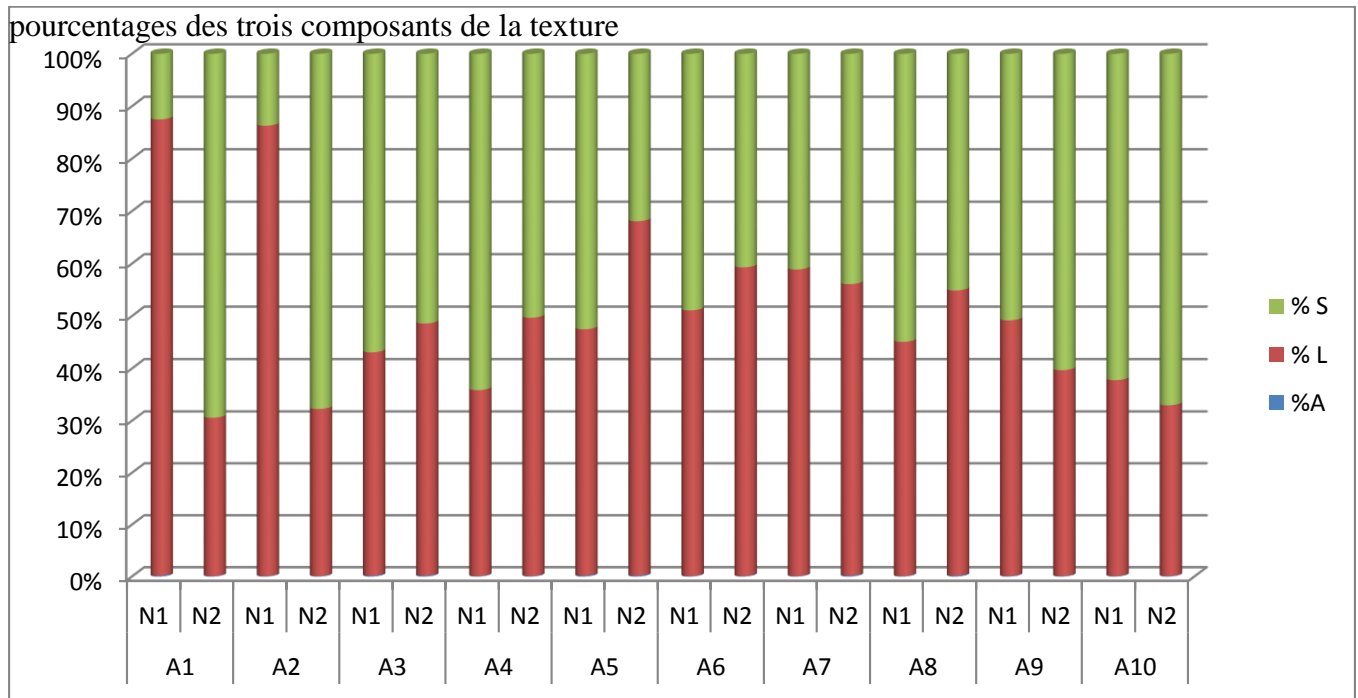
## I. Résultats et discussion

### I.1. Analyse granulométrique

La répartition des pourcentages des sables, limons et argiles dans le triangle de texture proposé par le département de l'agriculture des Etat-Unis (USDA), indique que la texture des parcelles étudiées pour les deux saisons est limono-sableuse (Fig. 16) (Fig. 17). Cette analyse nous permet de constaté l'homogénéité de la texture du sol étudié.



**Figure 16.** Résultat de l'analyse granulométrique des échantillons de sols de la saison d'été 2019.



**Figure 17.** Résultat de l'analyse granulométrique des échantillons de sols de la saison d'hiver 2019.

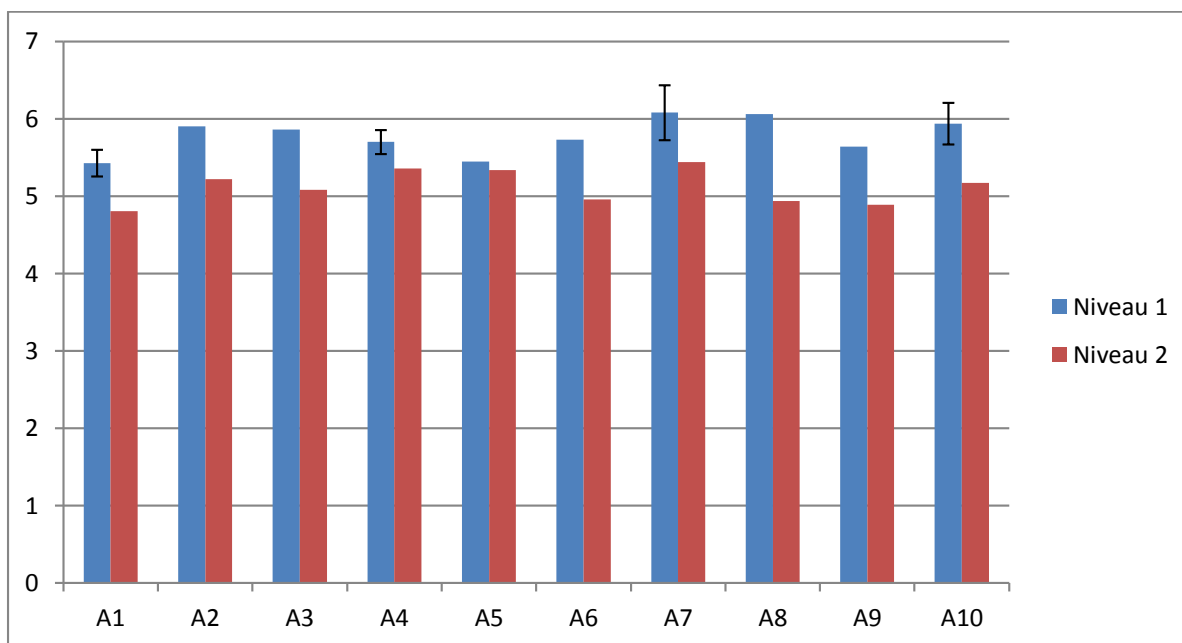
D'après les résultats obtenus on constate que dans la zone étudiée n'y a pas de différence de texture du sol entre les saisons.

## I.2. pH de la solution du sol

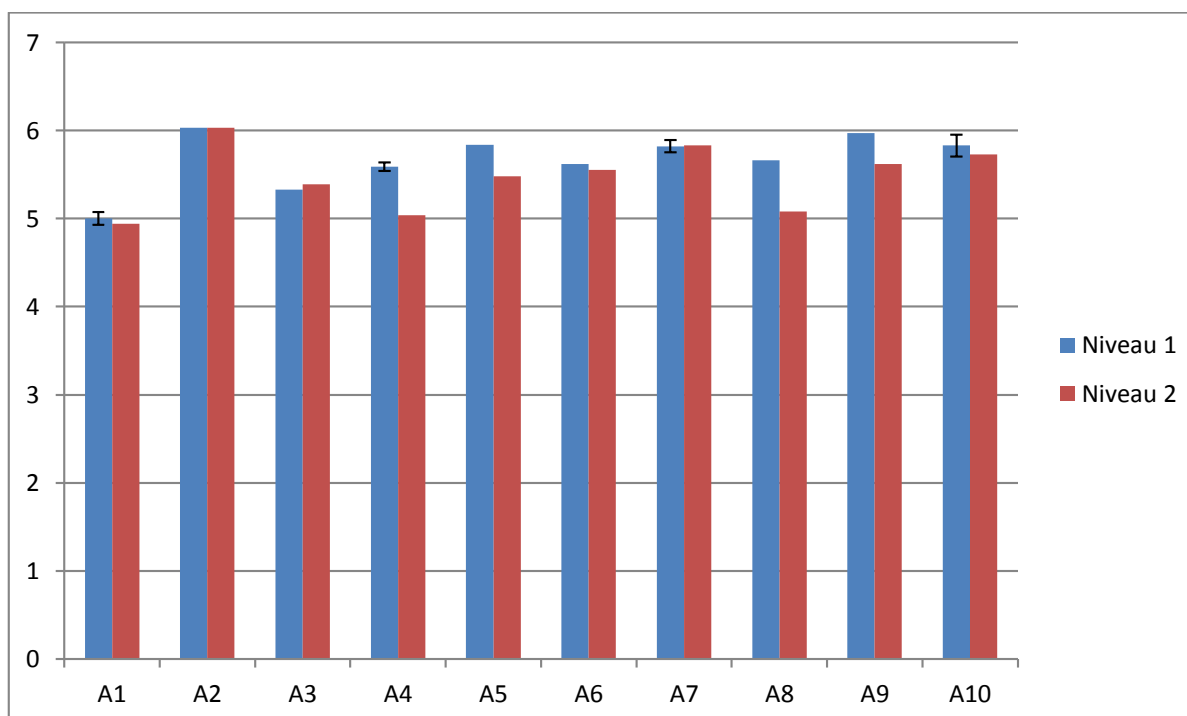
### I.2.1. $pH_{\text{eau}}$

La mesure du pH d'un sol permet de comprendre les échanges chimiques entre les différentes phases de sa dernière. La (Fig. 18) montre les résultats de la saison d'hiver qui varient d'une profondeur à une autre, au sein de niveau 1 le  $pH_{\text{eau}}$  moyen est variable de 5,43 à 6,08 et de 4,81 à 5,44 dans le niveau 2 ; le  $pH_{\text{eau}}$  enregistrés pour la saison d'été évoluent de 5 à 6,03 dans le niveau 1, et de 4,94 à 6,03 dans le niveau 2 (Fig. 19).

Selon les normes d'interprétation (Annexe 02) les résultats obtenus révèlent que le  $pH_{\text{eau}}$  du sol étudié est de fortement acide à très légèrement acide.

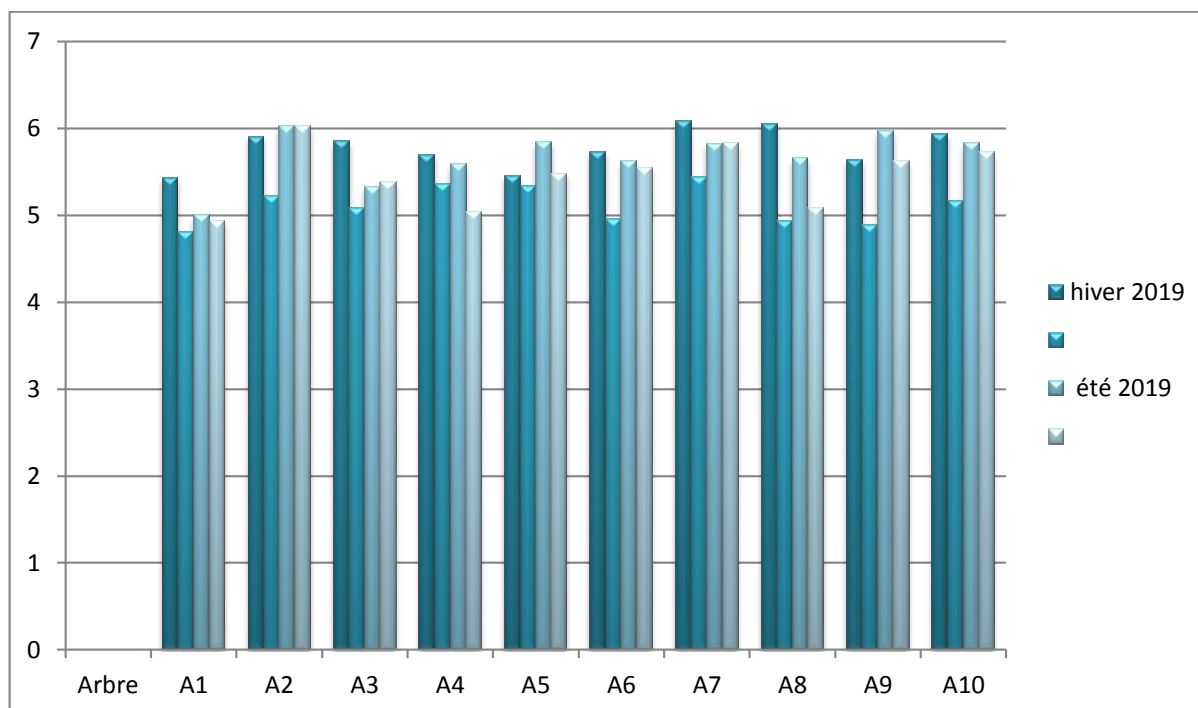


**Figure 18.** Variation de  $\text{pH}_{\text{eau}}$  des échantillons de la saison d'hiver 2019.



**Figure 19.** Variation de  $\text{pH}_{\text{eau}}$  des échantillons de la saison d'été 2019.

Les résultats de l'analyse de la variance du  $\text{pH}_{\text{eau}}$  ont montré que la différence entre les deux saisons (hivernale et estivale) et l'effet de l'arbre sont non significatifs, par contre l'effet niveau (N1, N2) montre une différence très hautement significative (Tab.04).



**Figure20.** Variation de pH<sub>eau</sub> des échantillons des deux saisons (hiver et été 2019).

La figure 20 nous permet de constater que les valeurs de pH<sub>eau</sub> de la saison hiver 2019 est plus élevée que celles de la saison d’été 2019.

**Tableau 04.** Analyse de la variance au seuil de 5% des données de pH<sub>eau</sub>

	DDL	S.C.E	C.M	TEST F	PROBA
<b>saison</b>	1	0,1392	0,13924	0,9969	0,3244
<b>Résiduels</b>	38	5,3076	0,13967		

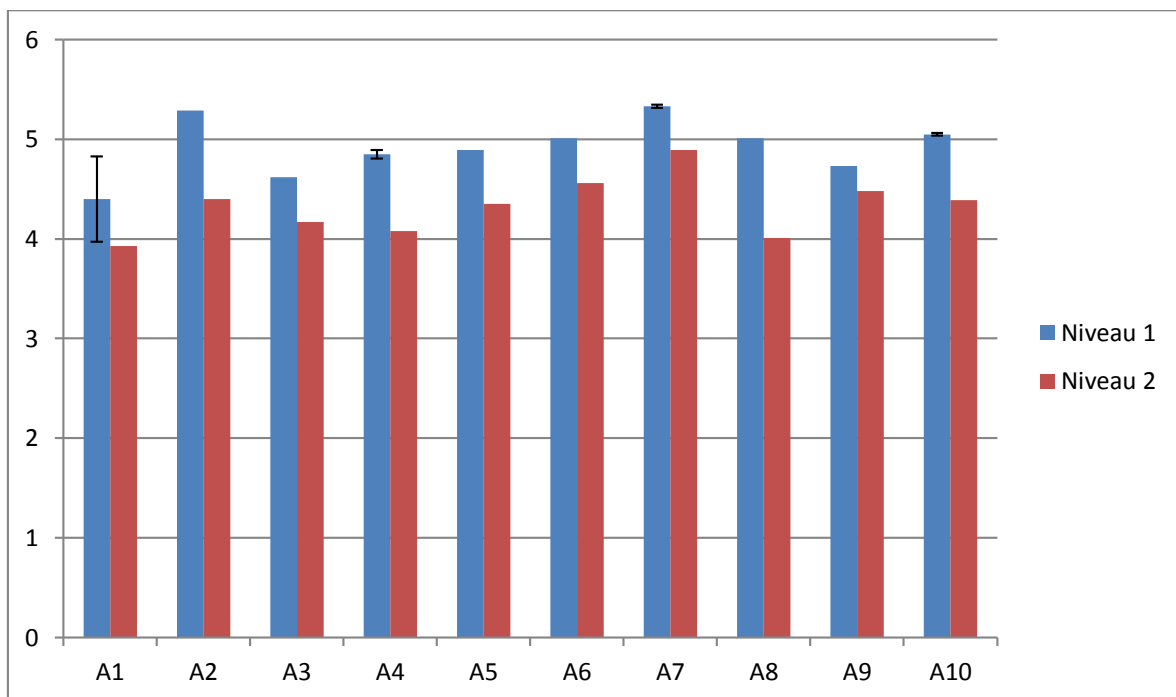
	DDL	S.C.E	C.M	TEST F	PROBA
<b>Arbre</b>	9	1,7241	0,19157	1,5437	0,1781
<b>Résiduels</b>	30	3,7227	0,12409		

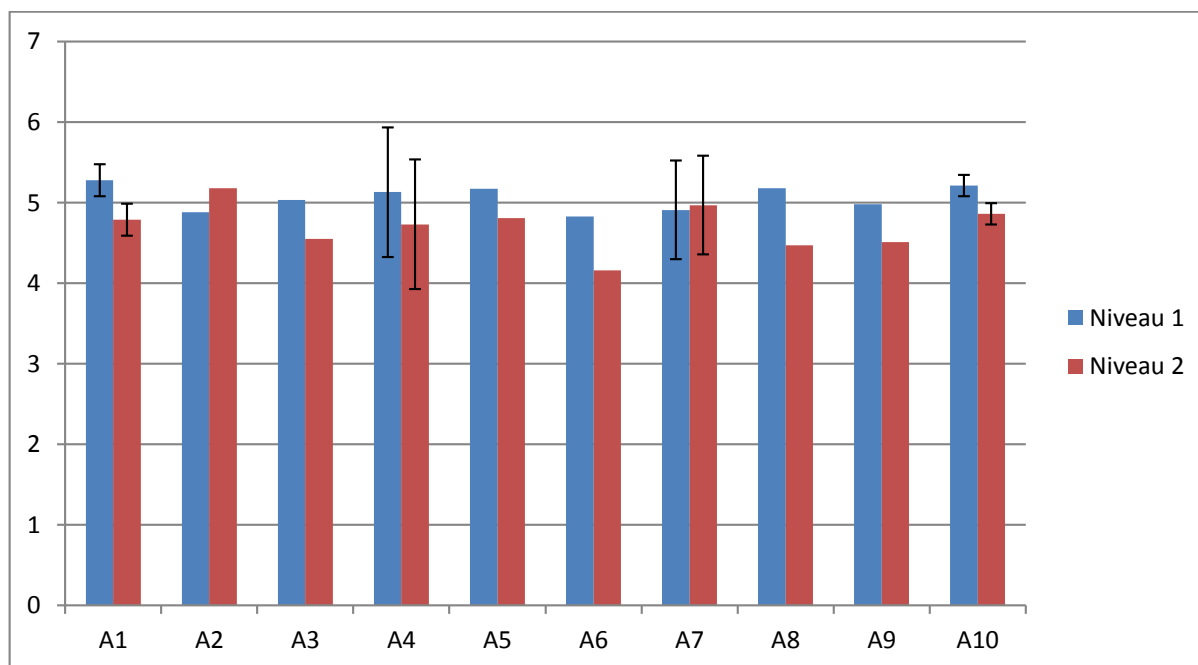
	DDL	S.C.E	C.M	TEST F	PROBA
<b>Niveau</b>	1	1,8404	1,84041	19,392	8,38E-05
<b>Résiduels</b>	38	3,6064	0,09491		

### I.2.2. pH<sub>KCl</sub>

Les résultats des pH<sub>KCl</sub> des deux saisons (Fig. 21) (Fig. 22) sont fortement acide, l'analyse statistique (tab. 05) a révélé que l'acidité potentielle varie en fonction des deux niveaux étudié, ce gradient est très hautement significatif, pour l'effet saison la variation des résultats est significatif ( $p = 0,02 < 0,05$ ), alors que pour l'effet arbre n'est pas significatif ( $p = 0,80$ ).



**Figure 21.** Variation de pH<sub>KCl</sub> des échantillons de la saison d'été 2019.



**Figure 22.** Variation de pH<sub>KCl</sub> des échantillons de la saison d'hiver 2019.

**Tableau 05.** Analyse de la variance au seuil de 5% des données de pH<sub>KCl</sub>.

	DDL	S.C.E	C.M	TEST F	PROBA
<b>saison</b>	1	0,6786	0,6786	5,3376	0,0264
<b>Residuals</b>	38	4,8312	0,12714		

	DDL	S.C.E	C.M	TEST F	PROBA
<b>Arbre</b>	9	0,8154	0,090597	0,579	0,8035
<b>Residuals</b>	30	4,6944	0,156481		

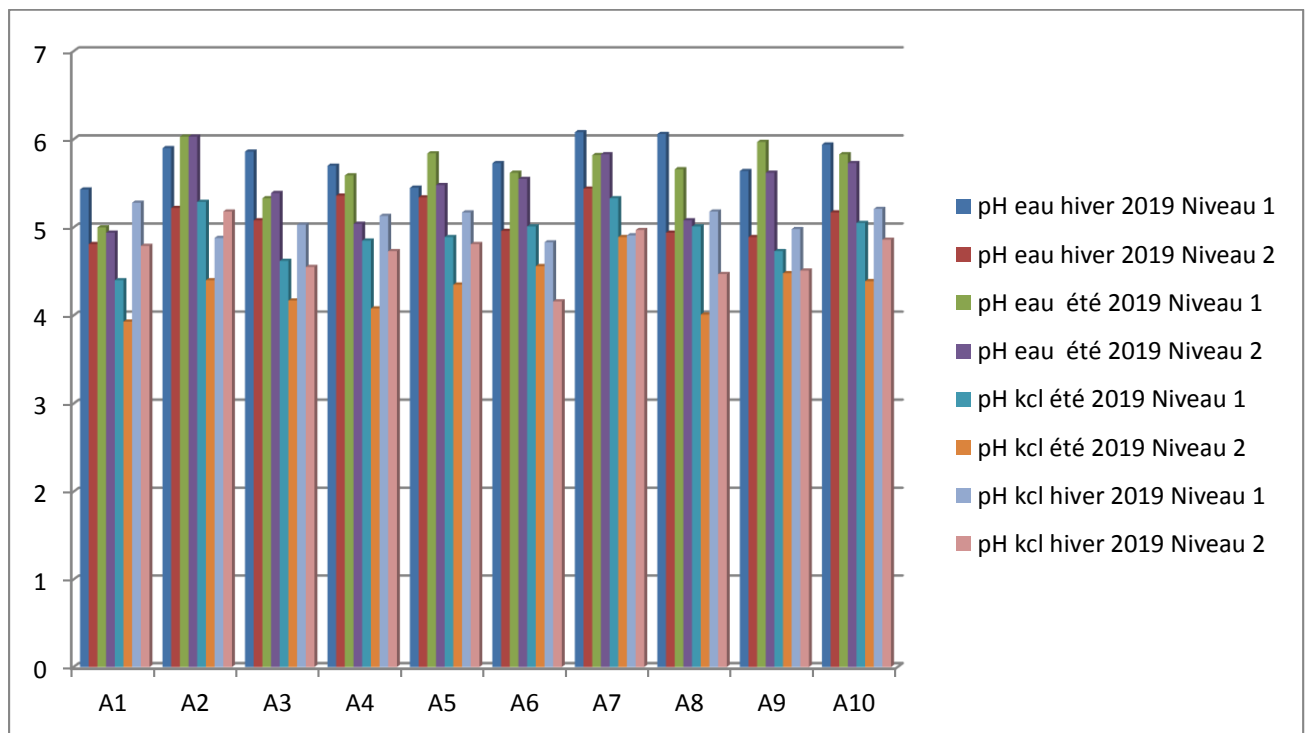
  

	DDL	S.C.E	C.M	TEST F	PROBA
<b>Niveau</b>	1	2,2515	2,2515	26,258	8,999e-à-
<b>Residuals</b>	38	3,2583	0,08574		

Duchaufour, (1995), affirme que la baisse de 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 libéré dans un la solution du sol, leur hydrolyse produit des ions  $H^+$  contribuant ainsi à acidifier le sol.

Le pH s'abaisse en raison de l'émission de proton par les racines lors de l'absorption des cations tels que  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $NH_4^+$  et la libération des composés organiques acides (Bonneau et Souchier, 1994 ; Turpault et *al.*, 2006).



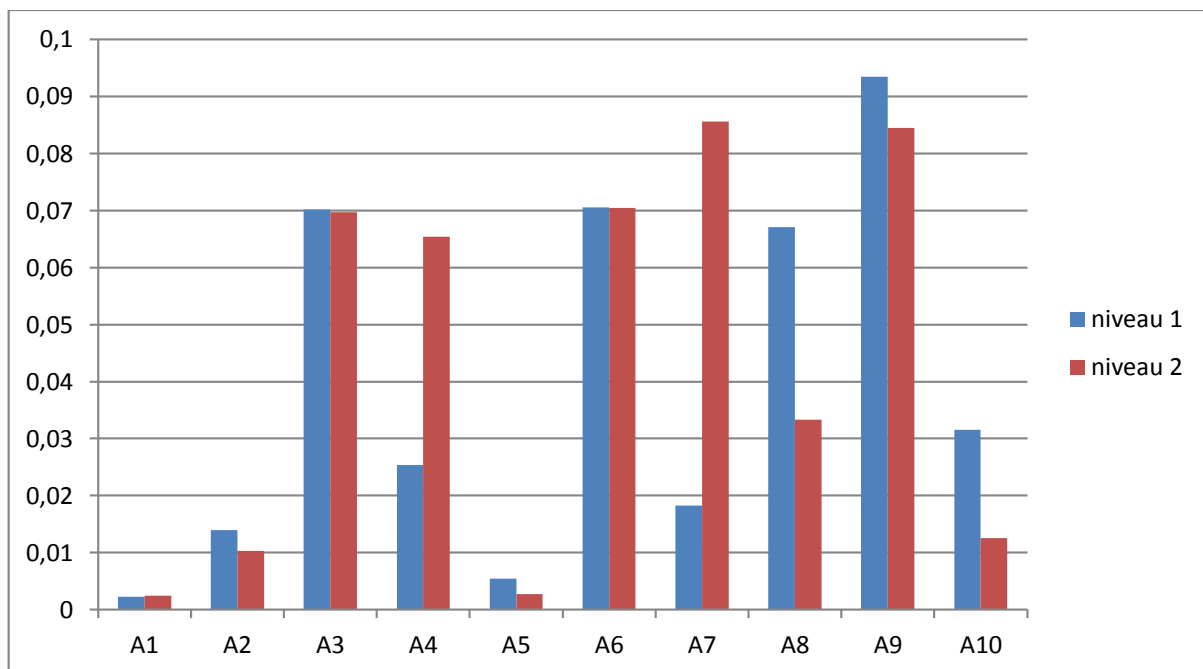
**Figure 23.** Différence entre le  $pH_{KCl}$  et le  $pH_{eau}$ .

On remarque a partir de se graph (Fig. 23) que le  $pH_{KCl}$  est plus acide que le  $pH_{eau}$  ce qui se passe dans la plupart des cas, ce la est expliqué par l'acidité potentiel.

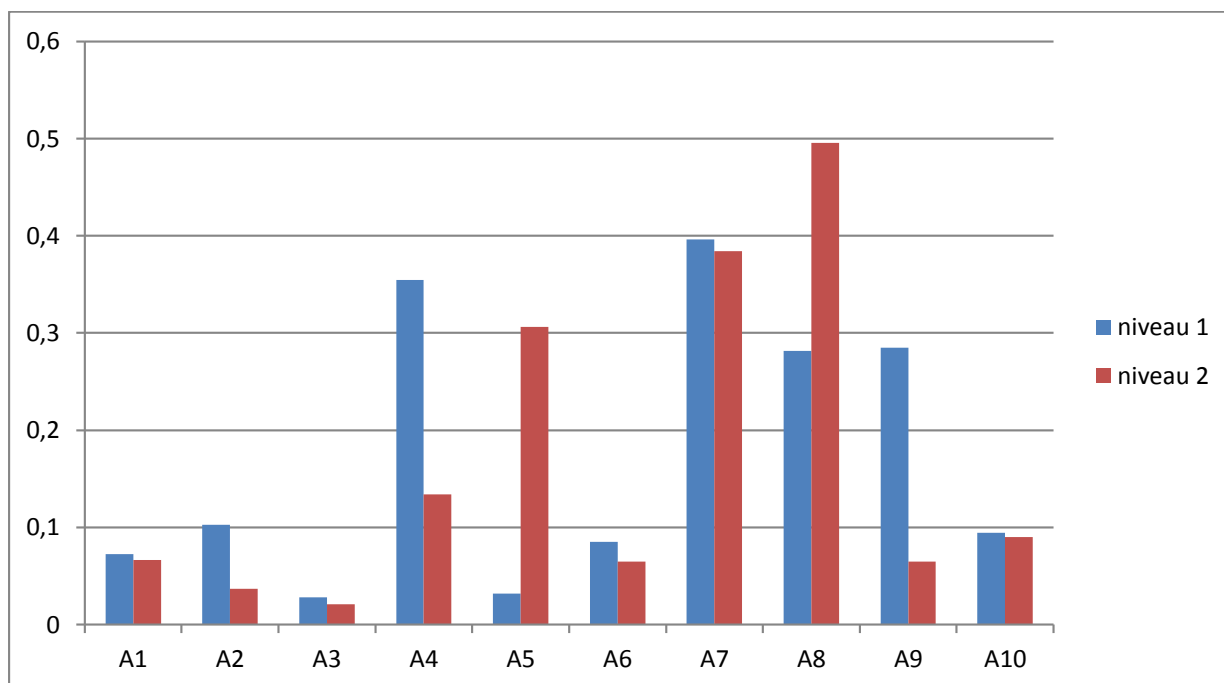
### I.3. phosphore assimilable

La méthode d'extraction utilisée dans cette étude est la plus adéquate pour évaluer la concentration en orthophosphates qui peut être biodisponible dans l'interface échange sol-racine. Les normes d'interprétation utilisé (Annexe 3) les teneurs on phosphore assimilable dosé sont très faibles.

Les résultats(Fig.24) (Fig.25) ont révèlè une différence de cette élément entre les deux niveaux et entre les arbres mais cette différence est non significative (Tab. 06). En revanche, la concentration de phosphore n'est pas la même dans les deux saisons et cette différence est très hautement significative



**Figure 24.** Variation de phosphore assimilable des échantillons de la saison d'été 2019.



**Figure 25.** Variation de phosphore assimilable des échantillons de la saison d'hiver 2019.

**Tableau 06.** Analyse de la variance au seuil de 5% des données du phosphore assimilable.

	DDL	S.C.E	C.M	TEST F	PROBA
<b>Echantillon</b>	1	0,16129	0,16129	13,521	0,0007267
<b>Résiduels</b>	38	0,45331	0,011929		

	DDL	S.C.E	C.M	TEST F	PROBA
<b>Arbre</b>	9	0,1824	0,020267	1,4068	0,2293
<b>Résiduels</b>	30	0,4322	0,014407		

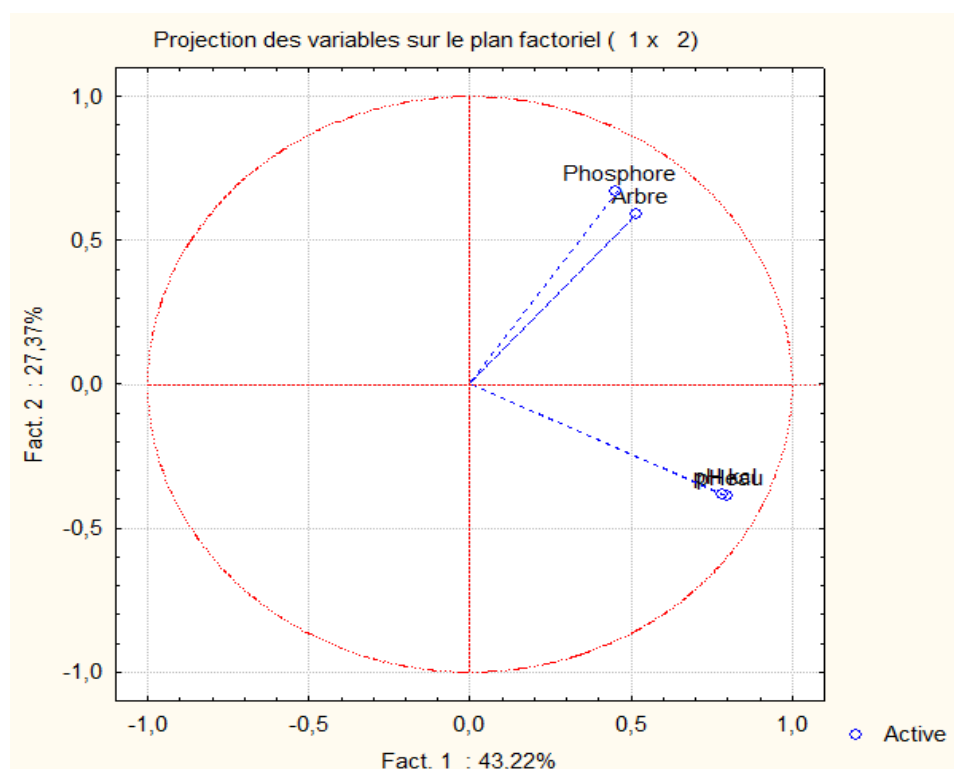
  

	DDL	S.C.E	C.M	TEST F	PROBA
<b>Niveau</b>	1	0,00001	0,00001	6,00E-04	0,9803
<b>Résiduels</b>	38	0,61459	0,016173		

Les faibles teneurs en ions des phosphates dosés à différentes profondeurs probablement due à la nature du matériau parental. La vitesse d'entrée des ions phosphates dans la racine, qui est de 40 à 50 fois supérieure à la vitesse de pénétration des molécules d'eau et que la racine peut sélectionner les éléments entrants pourrait être aussi à l'origine de ces faibles concentrations (Stengel et Gelin, 1998).

#### I.4.projection de l'ACP des paramètres analytiques

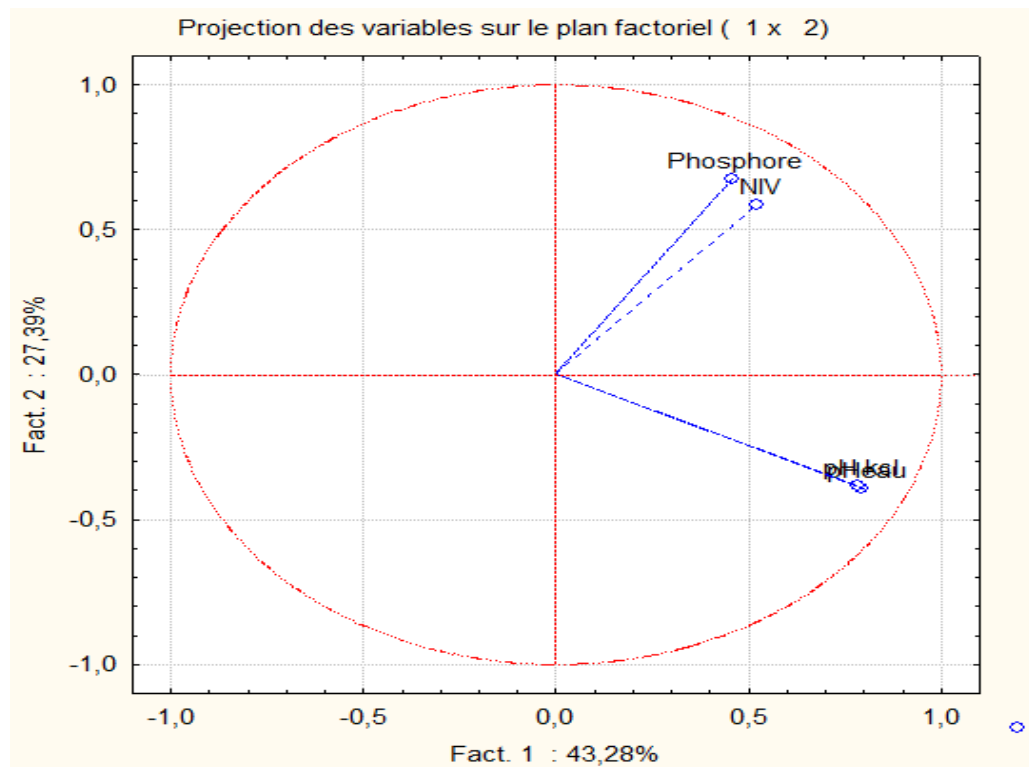
- En fonction des arbres



**Figure 26.** Graphe représentatif de la projection de l'ACP des paramètres analytiques en fonction des arbres.

Dans cette projection (Fig. 26), nous pouvons constater que les points phosphore et arbres sont proches, ce qui indique que ces 2 variables sont assez bien corrélées entre elles, la même interprétation pour le  $pH_{KCL}$  et  $pH_{eau}$  qui sont presque sur la même projection ce qui indique une très bonne corrélation entre eux, en revanche l'angle quasi droit formé entre arbre et  $pH_{eau}$  et  $pH_{kcl}$  et  $pH_{eau}$  qui indique que le positionnement des arbres n'influence pas sur les valeurs de  $pH_{eau}$  et  $pH_{kcl}$ , elles sont indépendantes entre elles. Néanmoins ces variables ne sont pas de même côté de l'axe donc les points sont tous corrélés négativement.

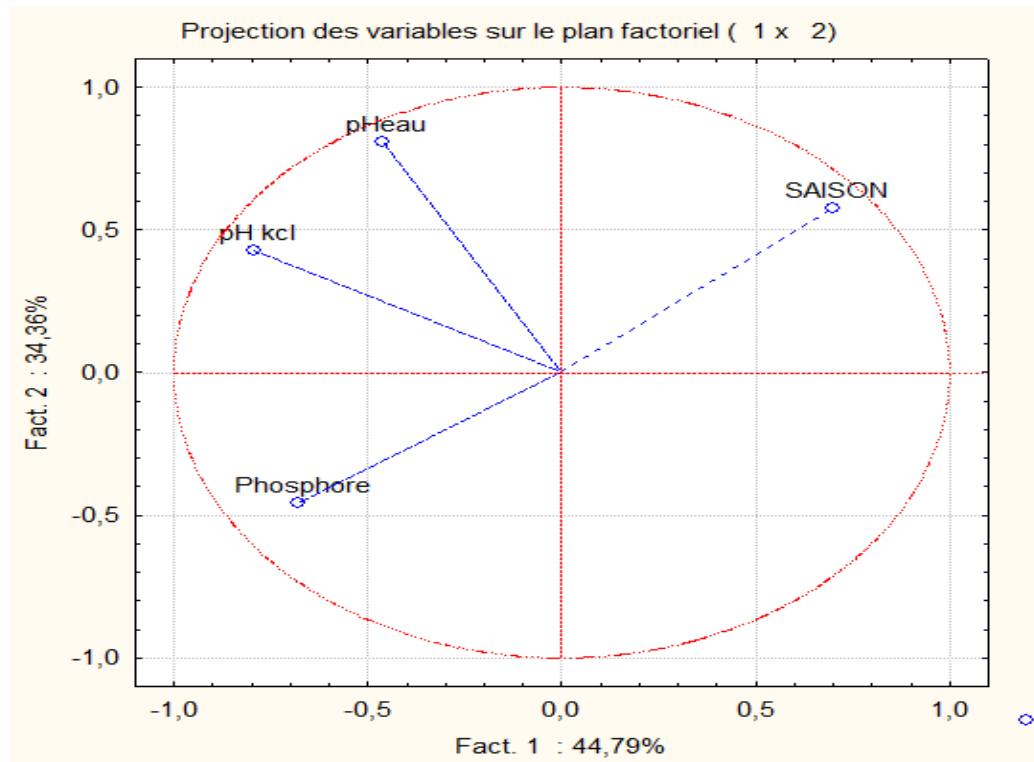
-en fonction des deux niveaux



**Figure27.** Graphe de projection de l'ACP entre les paramètres analytiques et les deux niveaux.

D'après cette figure le facteur niveau et le phosphore sont bien corrélés donc les deux niveaux influence sur le phosphore et il y a pas de différence de proportion de P entre les deux niveaux par rapport aux deux points pH<sub>eau</sub> et pH<sub>kcl</sub> qui sont négativement corrélés avec le facteur niveau et aussi les points sont pas projetés dans le même axe se qui indique une corrélation négative.

-en fonction des deux saisons



**Figure 28.** Graphe représentatif de la projection des trois paramètres analytiques en fonction de la saison.

On remarque dans cette projection (Fig. 28) que les variables sont toutes dispersées. Les points ne sont pas proches, ce qui indique qu'il n'y a pas de corrélation entre les variables. Les points ne sont pas dans le même axe, ce qui indique une corrélation négative, et on remarque une corrélation entre le  $\text{pH}_{\text{eau}}$  et le  $\text{pH}_{\text{kcl}}$  peut conclure donc que la variable principale qui est le facteur saison n'influence pas sur le  $\text{pH}_{\text{eau}}$ , le  $\text{pH}_{\text{kcl}}$  et le phosphore.

### I.5. Relation entre les paramètres $\text{pH}_{\text{eau}}$ et $\text{pH}_{\text{kcl}}$ , le phosphore assimilable et la granulométrie

Les ions orthophosphates représentent la seule forme de phosphore utilisable par les plantes, ils sont présents à faibles concentrations dans la solution de sol en raison de nombreux processus géochimiques contraignant leur solubilité et disponibilité. La capacité de sol à maintenir une intensité de phosphore en solution varie selon leur texture, leur genèse et le pH. Le dernier représente un effet variable avec le phosphore biodisponible selon (Plassard et al., 2015). Les modifications de pH dans la rhizosphère sont un levier puissant pour déterminer la biodisponibilité de phosphore, et que la quantité d'orthophosphates retenue par adsorption sur les sites d'échange dépend du pH du sol, de plus dans les sols neutres à alcalins le P est

représente par différentes formes de phosphate de Ca, tandis que dans les sols acides est profondément altéré, l'acidité de sol exerce un impact négatif sur la biodisponibilité de P. Le phosphate réagit avec le fer et l'aluminium et forme des composés solubles, ce qui réduit sa biodisponibilité pour les végétaux, et la biodisponibilité survient à pH neutre lorsque la fixation est minéralisée.

La texture a également un certain effet sur la biodisponibilité de P en solution qui dans le sol augmente quand la teneur en argile diminue, ceci s'expliquerait par le fait que mesure que la quantité d'argile augmente, il y a augmentation du nombre de sites d'absorption de P et par conséquent une diminution des quantités de P libre dans la solution de sol, donc plus de P devient échangeable avec la solution d'un sol ayant une teneur élevée en argile, la proportion de P total du sol sous forme inorganique et organique échangeable absorbée sur la surface du sol est inversement proportionnelle à la teneur en sable (O'Halloran *et al.*, 1987).

The background features a white page with three blue circles of varying sizes. Each circle is composed of three concentric layers: a dark blue inner circle, a light blue middle ring, and a medium blue outer ring. Two thin blue lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the circles. The text is positioned in the center-left area.

# Conclusion générale et perspective

Au terme de notre travail, dont le but de mettre en évidence La variation horizontale, saisonnière et spatiale des caractéristiques physiques et chimiques d'un sol forestier, un échantillonnage a été réalisé dans la forêt dominale d'Azzouza située dans la commune de Zekri wilaya de Tizi-Ouzou.

Au laboratoire nous avons effectué certaines analyses physique et chimique comme la granulométrie, l'acidité et le phosphore biodisponible, nous avons tiré les conclusions suivantes :

Le sol de la subéraie étudiée est de texture limono-sableuse qui est homogène sur toute la parcelle étudiée

Le  $\text{pH}_{\text{eau}}$  du sol est de fortement acide à très légèrement acide, le résultat de  $\text{pH}_{\text{kcl}}$  est fortement acide, ces résultats ont révélé que  $\text{pH}$  s'abaisse en fonction de la profondeur.

Le phosphore assimilable se trouve on très faible quantité, sa concentration varie on fonction des deux niveaux cela et due a la vitesse d'entrée des ions phosphates dans la racine.

Dans le but d'établir et d'approfondir davantage caractérisation des sols de cette région forestière étudiée, il est souhaitable de compléter ce travail par une augmentation du nombre d'arbre, le dosage des formes d'azote et de potassium et d'autre paramètre physique et chimique.

## Références Bibliographiques.

---

**Angers, S., Salahpour, A., & Bouvier, M. (2002).** Dimérisation : un concept émergent pour l'ontogénie et la fonction des récepteurs couplés aux protéines G. *Revue annuelle de pharmacologie et toxicologie*, 42 (1), 409-435.

**Aronson J., João S. Pereira, Juli G, and Pausas, 2009.** Cork Oak Woodlands on the Edge Ecology, Adaptive Management, and Restoration. 7-89 pg 1 -307.

**Ashley, DA et Goodson, RD (1972).** Effet du temps et du statut K de la plante sur le mouvement du photosynthate marqué au <sup>14</sup>C dans le coton 1. *CropScience* , 12 (5), 686-690.

**Azul, A.M., Sousa, J.P., Agerer, R., Martin, M.P. and Freitas, H., 2010.** Land use practices and ectomycorrhizal fungal communities from oak woodlands dominated by *Quercus suber* L. considering drought scenarios. *Mycorrhiza* 20 (2), 73–88. doi:10.1007/s00572-009-0261-2

**Bekdouche, F. (2010).** *Evolution après feu de l'écosystème suberaie de kabylie (nord algérien)* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

**Belaidi, A. (2010).** *Etude comparative de trois provenances de chêne liège (quercus suber L) élevées sur différents substrats en pépinière hors-sol de Guerbes (wilaya de Skikda)* (Doctoral dissertation, Batna, Université El Hadj Lakhdar. Faculté des Sciences).

**Bellakhdar J 2006** Plantes médicinales au Maghreb et soins de base (Précis de phytothérapie moderne). Éditions Le Fennec, Casablanca (Maroc), ISBN: 9954-415- 31-9, p. 386.

**Benabid, A. L., & Jeaugey, L. (1989).** Cells of the rat lateral habenula respond to high-threshold somatosensory inputs. *Neuroscience letters*, 96(3), 289-294.

**Binkley, J. K., Eales, J., & Jekanowski, M. (2000).** The relation between dietary change and rising US obesity. *International journal of obesity*, 24(8), 1032-1039.

**Boavida, L.C., Varela, M.C., Feijó, J.A (1999).** Sexual reproduction in the cork oak (*Quercus suber* L.). I. The progamic phase. *Sexual Plant Reproduction* 11, 347–353.

**Boix Fayos C. B. (1997).** The roles of texture and structure in the water retention capacity of burnt Mediterranean soils with varying rainfall. *Catena*, 31(3), 219-236.

**Bonneau M., et Souchier B., 1994.** *Pédologie 2. Constituants et propriétés du sol.* Ed Masson Paris. 460p.

**Bonneau, M., & Souchier, B. (1994).** *Pédologie. 2. Constituants et propriétés du sol* (No. 631.4 B716 1994). Masson.

**Boudsocq, M. (2010).** Plant calcium sensors in osmoticsignaling. *Biologie aujourd'hui*, 204(1), 21-31

## Références Bibliographiques.

---

- Boudy, P., (1955)** Economie forestière nord-africaine. Tome 4 : Description forestière de l'Algérie et la Tunisie. Larose, Paris, 483p.
- Bouhraoua, R. T., Piazzetta, R., & Berriah, A. (2014).** Les reboisements en chêne-liège en Algérie, entre contraintes écologiques et exigences techniques. *Forêt méditerranéenne*.  
Boulaine J., (2003). Géographie des sols. PUF : 42pp.
- Boulaine, J. (1980).** La contribution de Georges Aubert et de la section de pédologie de l'ORSTOM à l'orientation de la pédologie française. *Cahiers ORSTOM. Série Pédologie*, 18(3-4), 163-171.
- Boulaine, J. (1980).** La contribution de Georges Aubert et de la section de pédologie de l'ORSTOM à l'orientation de la pédologie française. *Cahiers ORSTOM. Série Pédologie*, 18(3-4), 163-171.
- Boyer, J. (1978).** Le calcium et le magnésium dans les sols des régions tropicales humides et sub-humides.
- Bugalho, M. N., Caldeira, M. C., Pereira, J. S., Aronson, J., & Pausas, J. G. (2011).** Mediterranean cork oak savannas require human use to sustain biodiversity and ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(5), 278-286.
- C., DeBano, L. F., & Ffolliott, P. F. (1999).** Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest ecology and management*, 122(1-2), 51-71.
- Camilo-Alves, C. S. P., Clara, M. I. E., and Ribeiro, N. M. C. A. 2013.** Decline of Mediterranean oak trees and its association with *Phytophthora cinnamomi*: a review. *Eur. J. For. Res.* 132:411-432.
- Campbell C.A. 1978.** Soil organic carbon, nitrogen and fertility. Dans: Schnitzer M., Khan S.U. (eds.) Soil organic matter. Elsevier, Amsterdam. 173 - 271.
- Carrière, S. (2003).** *Les orphelins de la forêt: pratiques paysannes et écologie forestière (Ntumu, Sud-Cameroun)*. IRD Editions.
- Catry, F. X., Moreira, F., Pausas, J. G., Fernandes, P. M., & Rego, F. (2012).** Cork Oak Vulnerability to Fire: The Role of Bark Harvesting. *Tree Characteristics and*.
- Catry, FX, Rego, FC, Bação, FL, & Moreira, F. (2009).** Modélisation et cartographie du risque d'incendie de forêt au Portugal. *International Journal of WildlandFire* , 18 (8), 921-931.
- Chaussod, R., Breuil, M. C., Echairi, A., Nouaïm, R., Nowak, V., & Ranjard, L. (1996).** La qualité biologique des sols. *Évaluation et implications, Étude et gestion des sols*, 3, 261-278.
- Certini, G. (2005).** Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143(1), 1-10.
- Cézanne, C., & Saglietto, L. (2011).** Capital humain, prestataires de services logistiques et frontières de la firme. *Revue d'économie industrielle*, (135), 71-88. Neary, D. G., Klopatek, C.

## Références Bibliographiques.

---

- 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.
- Chivers, DP, Brown, GE et Smith, RJF (1995).** Familiarité et cohésion des bancs chez les têtes-de-boule (Pimephales promelas): implications pour le comportement anti-prédateur. *Journal canadien de zoologie*, 73 (5), 955-960.
- Cvender-Bares, J., Cortes, P., Rambal, S., Joffre, R., Miles, B., Rocheteau, A., (2005).** Summer and winter sensitivity of leaves and xylem to minimum freezing temperatures: a comparison of co-occurring Mediterranean oaks that differ in leaf lifespan. *New Phytologist* 168, 597–61.
- Daly Hassen, H., Sabaté Jorba, S., & Gyenge, J. E. (2011).** Securing water for trees and people: possible avenues.
- Dauchaufour Ph., 1995 :** Pédologie : sol, végétation environnement ; 4<sup>ème</sup> Ed. Masson ;Paris ; 324p.
- De Vita, P., Serrano, M. S., Belbahri, L., García, L. V., Ramo, C., & Sánchez, M. E. (2011).** Germination of hyphal bodies of *Pythium spiculum* isolated from declining cork oaks at Doñana National Park (Spain). *Phytopathologia Mediterranea*, 50(3), 478-481.
- Decaëns, T. (2010).** Macroecological patterns in soil communities. *Global Ecology and Biogeography*, 19(3), 287-302.
- 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.
- Díaz-Fernández, P. M., Climent, J., & Gil, L. (2004).** Biennial acorn maturation and its relationship with flowering phenology in Iberian populations of *Quercus suber*. *Trees*, 18(6), 615-621.
- Drouet, T., Herbauts, J., Gruber, W., & Demaiffe, D. (2007).** Natural strontium isotope composition as a tracer of weathering patterns and of exchangeable calcium sources in acid-leached soils developed on loess of central Belgium. *European journal of soil science*, 58(1), 302-319.
- Duchaufour P., (2001).** Introduction à la science du sol : Sol, végétation, environnement, 6<sup>ème</sup> édition. Editions Dunod, 331p.
- Duchaufour, P. (1965).** Précis de pédologie. *Soil Science*, 100(1), 75.
- El Antry-Tazi, S., Berred, K., & El Harchaoui, H. (2008).** Evaluation du stock du carbone et dynamique de la décomposition de la matière organique dans les sols de la Maâmora. In *Annales de la recherche forestière au Maroc* (Vol. 39, pp. 185-194). Centre national de la recherche
- Elena-Rosellcó, J. A., R. Lumaret, E. Cabrera, and H. Michaud. (1992)** Evidence for hybridization between sympatric holm-oak and cork-oak in Spain based on diagnostic enzyme markers. *Vegetatio* 99–100:115–118.

## Références Bibliographiques.

---

- Escudero, A. Delarco, J.M., Sanz, I.C., Ayala, J., (1992).** Effects of leaf longevity and retranslocation efficiency on the retention time of nutrients in the leaf biomass of different woody species. *Oecologia* 90, 80–87.
- FAO, (2013).** Etats des forets méditerranéennes 2013.
- FAO, 2015,** « Les sols sont en danger, mais la dégradation n'est pas irréversible », site internet (<http://www.fao.org/news/story/fr/item/357221/icode/>), consulté le 19 août 2019.
- Fao, G. (2005).** Hypothesis on cyanobacteria bloom-forming mechanism in large shallow eutrophic lakes. *Acta ecologica sinica/Shengtai Xuebao*, 25(3), 589-595.
- Fayos, C. B. (1997).** The roles of texture and structure in the water retention capacity of burnt Mediterranean soils with varying rainfall. *Catena*, 31(3), 219-236.
- Gil, L., & Varela, M. C. (2008).** EUFORGEN Technical guidelines for genetic conservation and use for cork oak (*Quercus suber*). Bioversity International. Rome, Italy, 6.
- Gil-Pelegrín, E., Saz, M. Á., Cuadrat, J. M., Peguero-Pina, J. J., & Sancho-Knapik, D. (2017).** Oaks under Mediterranean-type climates: functional response to summer aridity. In *Oaks physiological ecology. Exploring the functional diversity of genus Quercus L.* (pp. 137-193). Springer, Cham.
- Hallaire, V., Lamandé, M., & Heddadj, D. (2004).** Effet de l'activité biologique sur la structure des sols soumis à différentes pratiques culturales. *Impacts sur leurs propriétés de transfert. EGS*, 11, 47-58.
- Hamidi, O., Talbi, Z., Chliyah, M., Touhami, A. O., Selmaoui, K., Benkirane, R., & Douira, A. (2017).** Effect of Endomycorrhizal Inoculation on the Young Cork Oak Plants (*Quercus suber*) Growth. *Annual Research & Review in Biology*, 1 -11.
- Hinsinger, P., Plassard, C., & Jaillard, B. (2006).** Rhizosphere: a new frontier for soil biogeochemistry. *Journal of Geochemical Exploration*, 88(1-3), 210-213.
- Hopkins, WG (2003).** *Physiologie végétale*. De Boeck Supérieur
- Huber, DM et Jones, JB (2013).** Le rôle du magnésium dans les maladies des plantes. *Plante et sol*, 368 (1), 73-85.
- Jain, S. M., & Gupta, P. K. (Eds.). (2005).** *Protocol for somatic embryogenesis in woody plants* (Vol. 77). Dordrecht: Springer.
- Kim, H., Lee, J. H., & Na, S. H. (2017, September).** Predictor-estimator using multilevel task learning with stack propagation for neural quality estimation. In *Proceedings of the Second Conference on Machine Translation* (pp. 562-568).
- 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.

## Références Bibliographiques.

---

- Lamey, A. (1893). *Le chêne-liège: sa culture et son exploitation*. Berger-Levrault.
- Manos PS, Cannon CH, Oh S-H (2008) Phylogenetic relationships and taxonomic status of the paleoendemic Fagaceae of Western North America: recognition of a new genus, *Notholithocarpus*. *Madroño* 55:181 –190
- Manos, P. S., & Stanford, A. M. (2001). The historical biogeography of Fagaceae: tracking the tertiary history of temperate and subtropical forests of the Northern Hemisphere. *International Journal of Plant Sciences*, 162(S6), S77-S93.
- Marçais, B., & Desprez-Loustau, M. L. (2014). European oak powdery mildew: impact on trees, effects of environmental factors, and potential effects of climate change. *Annals of Forest Science*, 71(6), 633-642.
- Mathieu C., (2003). Analyse physique des sols. Pp : 19-20. Mediterranean cork oak savannas require human use to sustain biodiversity and ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(5), 278-286.
- Messaoudène, M., Tafer, M., Loukkas, A., & Marchal, R. (2008). Propriétés physiques du bois de chêne zéen de la forêt des Aït Ghobri (Algérie). *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 298, 37-48.
- Mhiri, A. (2002). Le potassium dans les sols de Tunisie. *Atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, acquis et perspectives de la recherche*. INA Editions, Tunisie.
- Morel R., (1989). Les sols cultivés. Ed. Technique & Documentation
- Moricca, S., Linaldeddu, B. T., Ginetti, B., Scanu, B., Franceschini, A., & Ragazzi, A. (2016). Endemic and emerging pathogens threatening cork oak trees: Management options for conserving a unique forest ecosystem. *Plant Disease*, 100(11), 2184-2193.
- Musy A., Soutter M., (1991). Physique du sol. Première édition ISBN 2-88074-211-0, 1991, Presses polytechniques et universitaires romandes. 331p.
- Musy, A., & Soutter, M. (1991). *Physique du sol* (Vol. 6). PPUR presses polytechniques.
- Nardini, A., & Pitt, F. (1999). Drought resistance of *Quercus pubescens* as a function of root hydraulic conductance, xylem embolism and hydraulic architecture. *New Phytologist*, 143(3), 485-493.
- O'HALLORAN, IP, & Kachanoski, RG (1987). Influence de la texture et des pratiques de gestion sur les formes et la distribution du phosphore du sol. *Revue canadienne des sciences du sol*, 67 (1), 147-163
- Ouali, K. (2016). *Teneurs en éléments traces métalliques des sols agricoles de la wilaya de Tizi-Ouzou* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Ouali, K. (2016). *Teneurs en éléments traces métalliques des sols agricoles de la wilaya de Tizi-Ouzou* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri)

## Références Bibliographiques.

---

**Pausas J.G., Pereira J.S & Aronson J. 2009.** The tree. Pp :11-21, In : J.Aronson, J.S. pereira & J.G . Pausas (eds).Cork oak woodlands on the edge.Ecology, adaptive management and restauration .Island Press,Abingdon, Oxfordshire, UK.

**Pausas JG. 1997.** Resprouting of Quercussuber in NE Spain after fire. *J VegSci* 8: 703–706.

**Pereira J.S., Pausas J. 2009.** « Cork Oak Woodlands on the Edge : Conservation, Adaptive Management and Restoration », Island Press, New York. Du chêne-liège au liège .Un système durable.P9

**Pereira, H. (Ed.). (2011).** *Cork: biology, production and uses*. Elsevier.

Pereira.H, 2007. Biology, Production and Uses. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.103-125

**Pernes-Debuyser, A. et D. Tessier.** « Influence du pH sur les propriétés des sols : l'essai de longue durée des 42 parcelles à Versailles. » *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, volume 15, numéro hors-série, 2002, p. 27–39.

**Petitjean, C., Philibert, A., Manneville, V., Amiaud, B., Perrin, A. S., Charrier, X., ... & Piutti, S. (2019).** Biomasse microbienne carbonée et activités enzymatiques: gammes de valeurs obtenues pour différents sols agricoles français et belges. *Etude et Gestion des Sols*, 26, 81-92

**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.

**Pierre, K., & Pellerin, L. (2005).** Monocarboxylate transporters in the central nervous system: distribution, regulation and function. *Journal of neurochemistry*, 94(1), 1-14.

**Plassard, C., Robin, A., Le Cadre, E., Marsden, C., Trap, J., Herrmann, L., ... & Hinsinger, P. (2015).** Améliorer la biodisponibilité du phosphore: comment valoriser les compétences des plantes et les mécanismes biologiques du sol. *Innovations Agronomiques*, 43, 115-138

**Quézel, P., & Médail, F. (2003).** Que faut-il entendre par" forêts méditerranéennes. *Forêt méditerranéenne*, 24(1), 11-31.

**R. Hassikou, H. Oulladi, M. Arahou (2014)** Activité antimycosique des extraits du chêne-liège Quercus suber sur Trichophyton rubrum et Candida albicans. *Pharmacognosie*. pp 6-7.

**Ranger, J., Marques, R., & Jussy, J. H. (2001).** Forest soil dynamics during stand development assessed by lysimeter and centrifuge solutions. *Forest Ecology and Management*, 144(1-3), 129-145.

**Saccardy, L. (1938).** Le Chêne-Liège et le Liège en Algérie. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 18(203), 488-497.

**Sauvage, C. (1961).** *Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines* (Vol. 21). Société des sciences naturelles et physiques du Maroc.

## Références Bibliographiques.

---

**Scanu, B., Linaldeddu, B. T., Franceschini, A., Anselmi, N., Vannini, A., and Vettraino, A. M. (2013).** Occurrence of *Phytophthora cinnamomi* in cork oak forests in Italy. *For. Pathol.* 43:340-343.

**Seigue, A. (1985).** Forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Maisonneuve et Larose.

**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.

Smith, JA (1995). Entretiens semi-structurés et analyse qualitative.

**Sudharshan, P. J., Petitjean, C., Spanhol, F., Oliveira, L. E., Heutte, L., & Honeine, P. (2019).** Multiple instance learning for histopathological breast cancer image classification. *Expert Systems with Applications*, 117, 103-111.

**Swift, MJ, Heal, OW, Anderson, JM et Anderson, JM (1979).** Décomposition dans les écosystèmes terrestres.

**Tisdale S.L., Nelson W.L. 1975.** Soil Fertility and Fertilizers. Macmillan Publishing Co. Inc. New York. U.S.A. 694 p.

**Toribio, M., Celestino, C., & Molinas, M. (2005).** Cork Oak, *Quercus suber* L. In Protocol for somatic embryogenesis in woody plants (pp. 445-457). Springer, Dordrecht.

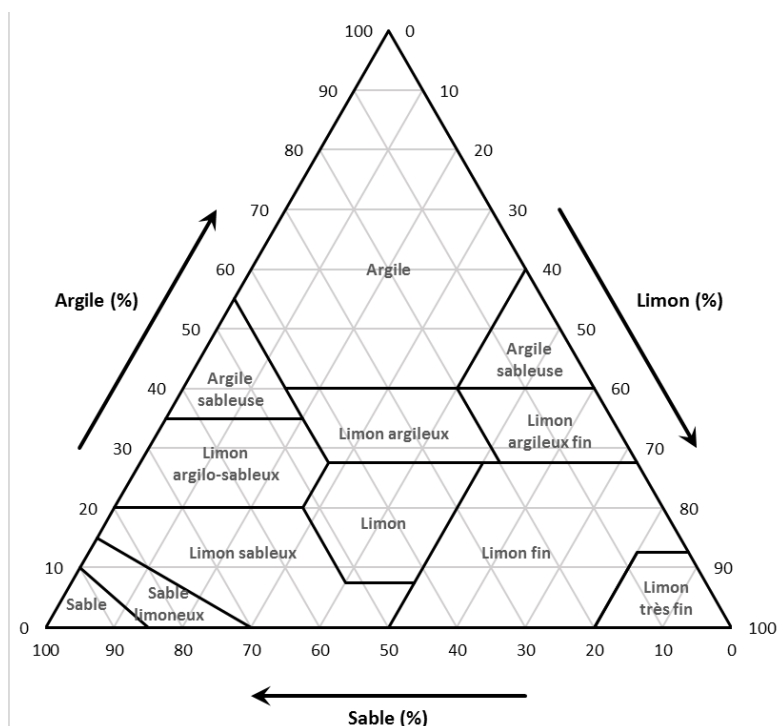
**Touati, R., Santos, S. A., Rocha, S. M., Belhamel, K., & Silvestre, A. J. (2015).** The potential of cork from *Quercus suber* L. grown in Algeria as a source of bioactive lipophilic and phenolic compounds. *Industrial Crops and Products*, 76, 936- 945.

**Villemant, C. L. A. I. R. E., & Andrei-Ruiz, M. C. (1999).** Life-cycles and biological features of egg predators of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) in the Mamoracork oak forest, Morocco. *European Journal of Entomology*, 96(1), 29-36.

The background features a decorative graphic consisting of three blue circles of varying sizes, each with a gradient from light to dark blue. Two thin blue lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the circles. The word "Annexes" is centered in a dark blue, serif font with a subtle drop shadow.

# Annexes

## Annexes



**Annexe01. Triangle de la texture des sols.**

Qualification du sol	Valeur du Ph
<b>Ultra acide</b>	< 3,5
<b>Extrêmement acide</b>	3,5 à 4,4
<b>Très fortement acide</b>	4,5 à 5,5
<b>Fortement acide</b>	5,1 à 5,5
<b>Modérément acide</b>	5,6 à 6,0
<b>Légèrement acide</b>	6,0 à 6,6
<b>Neutre</b>	6,6 à 7,3
<b>Légèrement alcalin</b>	7,4 à 7,8
<b>Modérément alcalin</b>	7,9 à 8,4
<b>Fortement alcalin</b>	8,5 à 9,0
<b>Très fortement alcalin</b>	9,0

**Annexe02. Tableau plages descriptives du pH dans les sols.**

## Annexes

---

Phosphore (ppm)	abondance
0 à 5	très basse
5 à 10	basse
10 à 22	moyenne
> 22	élevé

**Annexe03. Norme d'interprétation pour le phosphore assimilable.**

**Résumé.** L'objectif de ce travail est de caractériser l'effet saisonnier sur la variation des propriétés physique et chimique (granulométrie, pH, phosphore) dans la rhizosphère du *Quercus suber* L., qui constitue l'une des plus importantes essences forestières en Algérie, en raison de sa valeur écologique et socio-économique. La santé de l'arbre ainsi sa productivité subéreuse dépend de la biodisponibilité des éléments nutritifs dans les sols, caractéristique essentielle de leur fertilité. Le sol étudié est d'une texture limono-sableuse qui est homogène sur tout la parcelle, avec un pH fortement acide à très légèrement acide, la teneur en phosphore assimilable dosé est très faibles.

Mot clé : sol – phosphore – granulométrie.

**Abstract.** The objective of this work is to characterize the seasonal effect on the variation of physical and chemical properties (particle size, pH, phosphorus) in the rhizosphere of *Quercus suber* L., which constitutes one of the most important forest species in Algeria, because of its ecological and socio-economic value. The health of the tree and its cork productivity depends on the bioavailability of nutrients in the soils, an essential characteristic of their fertility. The soil studied has a silty-sandy texture which is homogeneous over the entire plot, with a strongly acidic to very slightly acidic pH, the content of phosphorus dosed is very low.

**Keywords:** soil – phosphorus – particle size.