

**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**

**Variation spatiale des propriétés physique chimique  
(granulométrie, pH, carbone organique) sous une  
subéraie Ait Hemad.**

**Présenté par :**

**BENTAYEB Sabrina**

**HAMMAM Lydia**

**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.*

## REMERCIEMENTS

A l'issue de ce modeste travail, nous tenons à remercier notre promoteur, Mr MERROUKI K , d'avoir accepté de diriger ce mémoire. Pour ces conseils, ces encouragements, et pour la confiance qu'il nous a témoigné aux cours de la réalisation de ce travail.

M<sup>elle</sup> HOCEINI Melia , doctorante à l'université Ibn Khaldoun de Tiaret d'avoir partagé son savoir, et sa grande disponibilité et ces conseils.

Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements au Professeur NAIT KACI BOUDIAF M., pour sa patience, son orientation, son soutien, son encouragement, pendant la réalisation de ce mémoire.

Nous exprimons nos chaleureuses remerciements à Mr CHERFOUH R. d'avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Nous remercions Mr KADI S.A., d'avoir accepté notre demande d'accéder à son laboratoire et à l'utilisation de son matériel pour réaliser une partie de nos manipulations.

Nos chaleureuses remerciements pour Mr RABHI K de nous avoir aidé dans les résultats statistiques.

Nos sincères remerciements pour toute l'équipe du laboratoire de département biologie et agronomie en particulier Dr KADI BENNANE L. et Mr CHERFOUH R. pour leurs autorisation d'utiliser leurs matériels.

Nous tenons aussi à remercier toutes les personnes qu'on n'a pas pu citer leurs noms ici, et qui ont participé de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

Nous remercions l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation.

# Dédicaces

*Aux être les plus chères au monde, mon père, ma mère, source d'amour, de tendresse et de sacrifice, pour les conseils et leurs précieuse aide morale et financière, que dieu les protège et les entours de sa bénédiction ;*

*A mes chers frères, Mouhammed, Kamel, Samir, Chafaa.*

*A mes chères sœurs, Nadia, Djidjiga, Samira, Nacéra, Lina.*

*A mon cher neveu, Adem.*

*A mes adorables nièces, Salma, Rania, Asma.*

*A mes chers beaux frères, Achour, Samir, Mouhammed.*

*A ma belle famille, mes beaux parents, mes beaux frères, ma belle sœur.*

*A mon cher fiancé, Cherif Yazzi.*

*à mes chères copines : Keddou Melissa, Ait aïder Célia, et ma binôme Bentayeb Sabrina ; c'était agréable de travailler ensemble, leurs compréhension et leurs patience me marqueront à vie.*

*A mes cousins et cousines.*

*A mes camarades de la promo science du sol.*

# Dédicaces

*Aux être les plus chères au monde, mon père, ma mère, source d'amour, de tendresse et de sacrifice, pour les conseils et leurs précieuse aide morale et financière, que dieu les protèges et les entours de sa bénédiction ;*

*À mon très chère frère : Farid.*

*À mes très chères sœurs : Ouiza, Farida, Ghania, Sadjia.*

*À mes adorables nièces : Hannane, Yasmine.*

*À mes chers neveux : Rayane, Yacine, Amine, Mouhamed walid, Yanis.*

*À mes chers beaux frères, Boudjemaa Bessighi, Amar Tadount, Farid Bouarour.*

*À la personne la plus proche de moi Amazigh Hamdous.*

*à mes chères copines : Keddou Melissa, Ait aïder Célia, et ma binôme Hammam Lydia c'était agréable de travailler ensemble, leurs compréhension et leurs patience me marqueront à vie.*

*À mes cousins, et cousines et toute la famille Bentayeb.*

*À mes chers camarades de la promo science du sol.*

# *Sommaire*

<b>Introduction.....</b>	<b>01</b>
--------------------------	-----------

## **Chapitre I. Synthèse Bibliographique**

I. Généralités sur le <i>Quercus suber</i> L.....	03
I.1 Systématique du chêne liège .....	03
I.2. Répartition géographique .....	03
I.3. Caractéristiques botaniques de <i>Quercus suber</i> L.....	05
I.3.1.Système racinaire .....	06
I.3.2. L'écorcc. ....	07
I.3.3. Feuilles .....	08
I.3.4. Inflorescence .....	09
I.3.5. Fruit.....	09
I.4. Exigences écologiques .....	10
I.5. Importance socio-économique de <i>Quercus suber</i> L .....	11
I.6. Principaux pathogènes du chêne liège .....	11
I.6.1 Pathogènes des feuilles .....	12
I.6.2. Pathogènes des racines.....	12
I.6.3. Pathogènes du bois.....	12
I.7. Etat sanitaire des subéraies en Algérie.....	13
II. Propriétés physiques et chimiques du sol .....	14
II.1. Définition du sol .....	14
II.2. Horizons du sol .....	14
II.2.1. Horizon A .....	15
II.2.2. Horizon B .....	15
II.2.3. Horizon C .....	15
II.2.4. Horizon R ou M.....	15
II.3. Propriétés physiques du sol .....	16

II.3.1. Texture et structure du sol .....	16
II.3.2. Densité apparente (Da) .....	16
II.4. Propriétés chimiques du sol .....	16
II.4.1. La matière organique .....	16
II.4.2. L'azote .....	17
II.4.3. Phosphore .....	17
II.4.4. Potassium .....	17
II.4.5. Calcium et magnésium .....	18
II.5. Propriétés biologiques .....	18
II.5.1. Biologie du sol .....	18
II.5.2. Organismes du sol .....	19
II.5.3. Biomasse microbienne .....	19
II.5.4. Biomasse végétale .....	19
II.5.5. Biomasse animale .....	20

## **Chapitre II. Présentation de la zone d'étude.**

I. Présentation de la zone d'étude .....	21
I.1. Situation géographique .....	21
I.2. Description de site d'étude .....	22

## **Chapitre III. Matériels et Méthodes**

II. L'échantillonnage du sol .....	23
II. Préparation des échantillons avant analyse .....	24
III. Analyse des caractéristiques physiques et chimiques du sol .....	24
III.1. Granulométrie .....	24
III.2. Mesure de l'acidité des sols .....	26
III.2.1. L'acidité actuelle (pH <sub>eau</sub> ) .....	26
III.2.2. pH <sub>KCl</sub> .....	26
III.3. Dosage du carbone organique .....	26

## **Chapitre IV. Résultats et Discussion.**

III.1. Analyse granulométrique .....	29
III.2. Le pH <sub>eau</sub> .....	30
III.3. Le pH <sub>KCl</sub> .....	31
III.4. Carbone organique .....	33
III.5. La variance des paramètres étudiés .....	34
III.5.1. Analyse de pH <sub>eau</sub> .....	34
III.5.2. Analyse de pH <sub>KCl</sub> .....	34
III.5.3. Analyse de carbone organique .....	35
III.6. Interaction entre paramètres analytiques.....	35
III.6.1. Projection de l'ACP des paramètres analytiques en fonction des saisons .....	35
III.6.2. Projection de l'ACP des paramètres analytiques en fonction des niveaux .....	36
III.6.3. Projection de l'ACP des paramètres analytiques en fonction des arbres.....	37
<b>Conclusion générale et perspective .....</b>	<b>38</b>

### **Références bibliographiques**

### **Annexes**

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Répartition actuelle du chêne-liège.....	03
<b>Figure 2.</b> Carte des principales subéraies algériennes .....	05
<b>Figure 3.</b> Morphologie de la Subéraie de Ait Hamad.....	06
<b>Figure 4.</b> Architecture racinaire superficielle sous chêne liège Subéraie Ait Hamad.....	07
<b>Figure 5.</b> Tronc du chêne liège exploité Subéraie de Ait Hamad.....	08
<b>Figure 6.</b> Feuilles du <i>Quercus suber</i> L. ....	09
<b>Figure 7.</b> Glands de <i>Quercus suber</i> L, Subéraie Ait Hamad .....	10
<b>Figure 8.</b> Classification des organismes vivants de sol par apport à leur taille proposé par (Swift et al 1979).....	19
<b>Figure 9.</b> Localisation de la zone d'étude (Google Earth, 2021) .....	21
<b>Figure 10.</b> État de peuplement de station d'étude (Hoceini, 2019).....	23
<b>Figure 11.</b> Méthodes d'échantillonnages du sol. (Aissaoui et Guellal, 2020).....	23
<b>Figure 12.</b> Préparation de l'échantillon composite des quatres points cardinaux .....	24
<b>Figure 13.</b> Siphonage.....	25
<b>Figure 14.</b> Récupération des sables .....	25
<b>Figure 15.</b> pH-mètre .....	26
<b>Figure 16.</b> L'étuve à 220°C .....	28
<b>Figure 17.</b> Le four à moufle 450C° .....	28
<b>Figure 18.</b> Les différentes fractions granulométriques des sols étudié en hiver .....	29
<b>Figure 19.</b> Les différentes fractions granulométriques des sols étudié en été .....	29
<b>Figure 20.</b> Variations du Ph <sub>eau</sub> en hiver. ....	30
<b>Figure 21.</b> . Variations de pH <sub>eau</sub> en été .....	31
<b>Figure 22.</b> Variations du pH KCl pour la saison d'hiver.....	32
<b>Figure 23.</b> Variations du pH KCl pour la saison d'été .....	32
<b>Figure 24.</b> Variations du carbone organique pour la saison d'hiver.....	33

<b>Figure 25.</b> Variations du carbone pour la saison d'été.....	33
<b>Figure 26.</b> Projections de l'ACP des paramètres analytiques et cercle de corrélation en fonction de saison. ....	36
<b>Figure 27.</b> Projection de l'ACP des paramètres analytiques en fonction des deux niveaux .....	37
<b>Figure 28.</b> Projection de l'ACP des paramètres analytiques en fonction des arbres.....	38

## Liste des tableaux

<b>Tableau n°1.</b> Classification de <i>Quercus suber</i> L.....	03
<b>Tableau n°2.</b> Répartition mondiale de la subéraie .....	03
<b>Tableau n°3.</b> Situation géographique de la zone d'étude.....	21
<b>Tableau n°4.</b> Analyse de la variance au seuil de 5% pour le pH <sub>eau</sub> .....	34
<b>Tableau n°5.</b> Analyse de la variance au seuil de 5% pour le pH KCl.....	34
<b>Tableau n°6.</b> Analyse de la variance au seuil de 5% pour le carbone organique. ....	35

## Liste des abréviations

**C°** : degré celsius

**%** : pourcentage

**Cm** : centimètre

**m** : mètre

**ha** : hectare

**Km** : kilomètre

**Cm<sup>3</sup>** : centimètre cube

**mm** : millimètre

**g** : gramme

**ml** : millilitre

**N.P.K.S** : engrais fertilisants (azote, phosphore, potassium)

**N<sub>2</sub>** : azote

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

**H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>** : acide phosphorique

**K** : potassium

**Mg** : magnésium

**Ca** : calcium

**KCl** : potassium chlorique

**CO<sub>2</sub>** : dioxyde de carbone

**Da** : densité apparente

**FAO** : Organisation des Nations Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture

The background features a decorative graphic consisting of three blue circles of varying sizes, each with a lighter blue outer ring and a darker blue inner circle. These circles are arranged vertically, with the largest at the top and bottom, and a smaller one in the middle. Two thin blue lines intersect at the center, forming a large 'X' shape that frames the central text.

# Introduction générale

*Quercus suber* L. est une espèce de chêne des régions méditerranéennes occidentales, dont le liège atteint une très grande épaisseur permettant son exploitation industrielle avec une distribution assez étroite (Kim et al., 2017). *Quercus suber* L. à une capacité de régénération de nouvelle écorce externe chaque 9 ans (Bugalhou et al.,2011). Cette dernière présente une résistance aux attaques microbiennes et aux maladies (Touati et al.,20015).

Le sol est la couche superficielle meuble de la lithosphère terrestre, présentant une épaisseur variable de quelques centimètres à plusieurs mètres. Il est constitué par un mélange de matériaux minéraux et organiques, qui forme un support et un milieu naturel pour la croissance des plantes et espèces. Il est le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent (Aubert et Boulaine, 1980).

Le sol forestier est fortement impactées par l'activité racinaire ou les plantes fixent leurs racines et puisent leurs nutriments. Les propriétés physiques, chimiques et biologiques d'un sol déterminent ce qui se passe dans un sol (Calibrix, 2005).

Le sol est un réservoir de carbone de la biosphère continentale qui contient deux fois le stock de carbone atmosphérique et trois fois le stock de carbone contenu dans la végétation .L'augmentation des stocks du carbone organique des sols cultivés joue un rôle dans la limitation des émissions nettes de gaz à effet de serre vers l'atmosphère en stockant du CO<sub>2</sub> atmosphérique dans la MO des sols (CALR,2011).

Le carbone organique du sol, principal constituant des matières organiques, est une préoccupation d'intérêt majeur en raison des enjeux agronomiques et environnementaux qui lui sont liés.

La perte de la matière organique, donc du carbone organique, se traduit par la dégradation de la structure du sol, par une grande vulnérabilité à l'érosion et par une réduction de fertilité des sols (Smith et al., 1995).

L'objectif principal de notre travail consiste à évaluer la variation saisonnière et la caractérisation horizontale et spatiale des propriétés physico-chimiques, le pH, l'analyse granulométrique et la biodisponibilité de carbone sous dix arbres de chêne liège dans le foret d'Ait Hemmad de la commune de Zekri.

Il est représenté en quatres parties :

Le premier chapitre est consacré pour la synthèse bibliographique sur l'espèce étudié qui est *Quercus suber* L., systématique du chêne liège, répartition géographique, caractéristiques botaniques, exigences écologiques, importance socio-économique, les principaux pathogènes du chêne liège. Le deuxième chapitre représente la situation géographique, et la description du site d'étude. Le troisième chapitre est la détermination des caractéristiques physiques et chimiques de la parcelle étudiée (granulométrie, pH, carbone) suivant des protocoles précis. Enfin le quatrième chapitre qui est l'interprétation et la discussion des résultats obtenus puis une conclusion générale.

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, forming a large 'V' shape that frames the central text. The circles are composed of concentric layers of different shades of blue, creating a 3D effect.

# **Chapitre I**

## **Synthèse bibliographie**

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

Le chêne liège est une essence méditerranéo-atlantique, sa répartition géographique est définie par ses exigences écologiques en lumière, chaleur et humidité. C'est une espèce calcifuge stricte se plaisant sur tous les substrats siliceux et acides (schistes, granite, grès, gneiss) et craignant l'hydromorphie, s'accommode sur des sols peu fertiles, superficiels ou lourds, mais recherche plutôt des structures légères, bien aérées et riches en matière organique (Arnaudis, 2014).

### I.1. Systématique du chêne liège

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

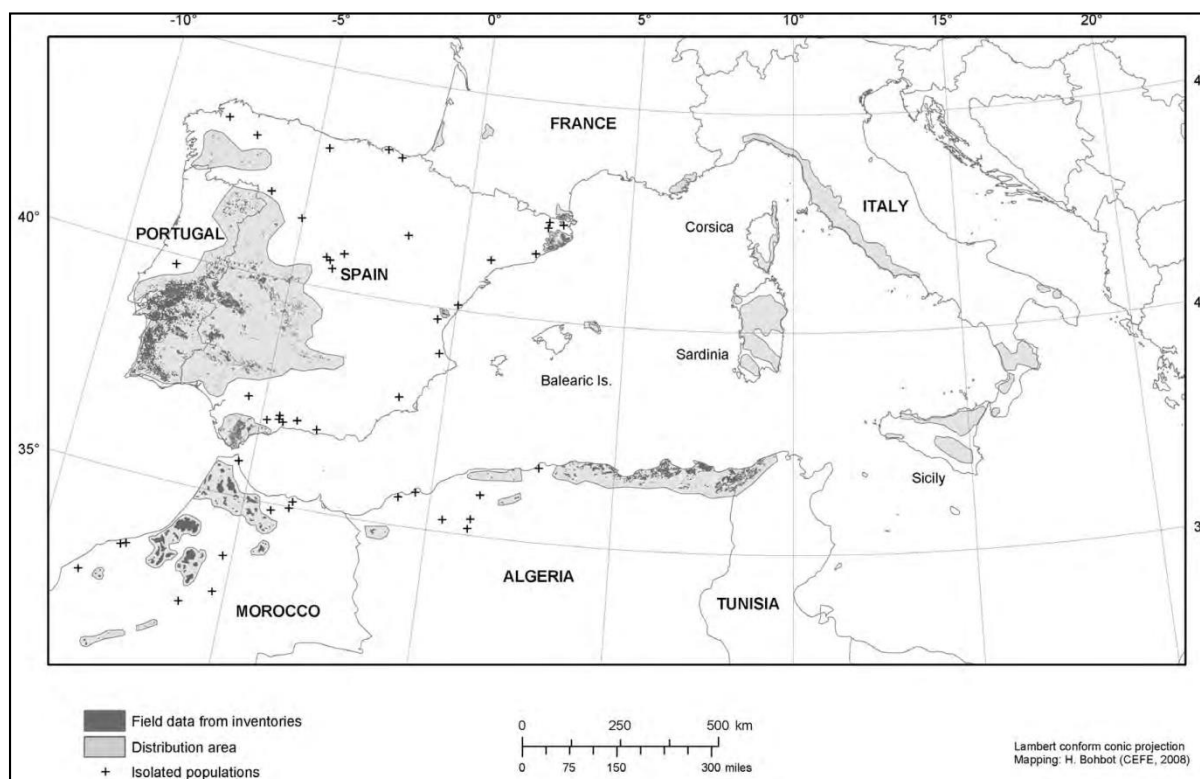
**Tableau 01.** Classification de *Quercus suber* L.

<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.

### I.2. 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 territoires 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-Pelegri *et al.*, 2017).



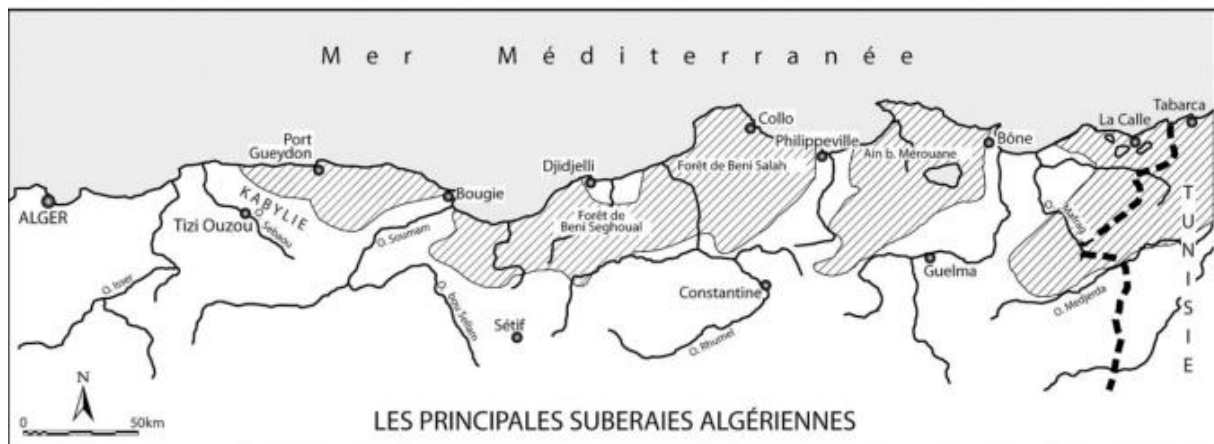
**Figure01.** Répartition actuelle du chêne-liège (Pausas *et al.*, 2009).

**Tableau 02.** Répartition mondiale de la subéraie (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), se domine dans les zones des bioclimats humides 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).

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



**Figure02.** Carte des principales subérais algériennes (Puyo, 2013).

### I.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 fleur et des fruit (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 optimales, il peut dépasse les 20 mètre (Seigue, 1985 ; Gil et Varela, 2008).



**Figure03.** Morphologie de la Subéraie de Ait Hemmad. (Cliché Aissaoui et Guellal, 2020)

### I.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 ; 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).



**Figure04.** Architecture racinaire superficielle sous chêne liège Subéraie Ait Hemmad.  
(Cliché Aissaoui et Guellal, 2020)

### **I.2.2. L'écorce**

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 principale et 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 arrivé jusqu'à 30 mm (Bugalho et *al.*, 2011).



**Figure05.** Tronc du chêne liège exploité Subéraie de Ait Hemmad (Cliché Aissaoui et Guellal, 2020).

### I.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 alternée, coriaces et de couleur vert-foncé, glabres sur leur parties 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).



**Figure06.** Feuilles du *Quercus suber* L. (Cliché Aissaoui et Guellal, 2020).

#### **I.2.4. Inflorescence**

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 isolées 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).

#### **I.2.5. Fruit**

Le fruit du chêne liège est appelé « glands » 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, Subéraie Ait Hemmed (Cliché Aissaoui et Guellal, 2020).

### I.3. Exigences écologiques

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

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

C'est une essence thermophile et plus résistant a la sècheresse estivale ses températures moyenne annuelle optimal comprise entre 13°C et 16°C(Pereira,2007 ; Carty et *al.*, 2009), il s'adapte facilement aux grande chaleurs qui dépasse les 40°C grâce à son écorce, il supporte des minima de température -3°(Quazel et Medail, 2003), sa croissance dépend aussi de la quantité des précipitation qu'est de 600 a 1000 m comme moyenne annuelle (Carty 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 contrainte pour la pénétration des

racines, a pH acide (El Antry Tazi *et al.*, 2008),il peut se retrouver dans les condition édaphique difficile dans les sols peut profond pauvre en élément nutritifs,au Maroc dans la forêt de Mamora il se développe dans les sols a texture sableuse avec un petit pourcentage des argiles 4% à 5% ( Villement et fraval, 1993).

#### **I.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 de 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 (Bouhraoua, 2003), de tonneaux, il est aussi utilisé en menuiserie.

L'écorce de chêne liège peut être utilisée comme bouchon de bouteilles du vin (Costa *et al.*, 2019), et dans la fabrication d'autre produits comme les joints de moteur 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 l'isolation de premier lieu pour les terrasses et parois pour son bon comportement au feu.

Les forets de chêne liège sont un des rares exemples d'exploitation forestière totalement durable .De point de vue économique, ces forets 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).

#### **I.5.principaux pathogènes du chêne liège**

Les insectes ravageurs de chêne liège sont nombreux, mais les phyllophages et les xylophage 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 champignon pathogènes. .

### **I.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 métabolique, le taux de respiration, et en altérant la régulation thermique (Marcais et Desprez-Loustau ,2016).

### **I.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 agisse 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 peuplement 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 divers structures de reproduction asexuée (De Vida et al.,2011).

### **I.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.

**II. Etat sanitaire des subéraies en Algérie**

L'air 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.

**II. Propriétés physiques et chimiques du sol**

Le sol forestier est fortement impacté par l'activité racinaire particulièrement sa rhizosphère. Les racines exercent des actions physiques, chimiques et biochimiques, auxquelles le sol réagit dans toutes ses composantes, parmi les quelles, le potentiel hydrique, les variations du pH et l'activité microbienne (Girard et *al.*, 2005).

**II.1. Définition du sol**

Le sol est la formation naturelle de surface à structure meuble et d'épaisseur variable, résultats 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 isolément, 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'.

**II.2. Horizons du sol**

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

**II.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.

A<sub>oo</sub>- horizon de surface, formés de débris des végétaux facilement identifiables et non reliés ensemble par de mycélium.

A<sub>o</sub>- 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 A<sub>1</sub>.

A<sub>1</sub>-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.

A<sub>2</sub>- 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.

**II.2.2.Horizon B**

Horizon majeur situé au dessous de 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.

**II.2.3.Horizon C**

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

**II.2.4.Horizon R ou M**

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,...).

**II.3. Propriétés Physiques****II.3.1 Texture et Structure du sol**

La texture du sol est définie par la répartition numérique des particules élémentaires en fonction de leur géométrie. 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 Soutter, 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).

**II.3.2. Densité apparente (Da)****II.4. Propriétés chimiques 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).

**II.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.

#### **II.4.2.L'azote**

L'atmosphère est la principale source d'azote. On le rencontre principalement sous sa forme diatomique ( $N_2$ ). 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 ( $NO_3^-$ ) qu'il est principalement absorbé par les cultures, exception faite de certains cas où la culture se développe en conditions d'anoxie. (Campbell, 1978).

#### **II.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).

#### **II.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 (1973) 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 à 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).

#### **II.4.5. Calcium et magnésium**

Ces deux éléments forment dans le sol entres 70% et 95% des bases échangeables, ils sont susceptibles de neutralisée indifféremment tous les charges négatives des colloïdes qui permettent de crée des réserves en éléments nutritif (Boyer, 1978 ; Drouet, 2007).

Le magnésium est presque toujours associer au calcium, et se trouves dans le sol presque sous les mêmes formes ioniques surtout dans les sols peu profond ou la quantité de Ca et de Mg dans la solution de sol, et plus importante que dans les cations échangeables par apport au sol très évoluer ou le calcium est fragiles et faibles proportionnelles que le magnésium qui peut former des hydroxyde mixte avec l'aluminium et des échanges avec le fer (Boyer, 1978).

Le Mg un contributeurs importants dans la sante globale des plantes c'est un mécanisme spécifiques de défonce par les enzymes pectolityques contre les agentes pathogène (huber., 2013) étant donné que les cations Ca améliore la survie des plantes dans des environnement défavorable comme la salinité (Boudsocq, 2010 ).

#### **II.5. Propriétés biologiques**

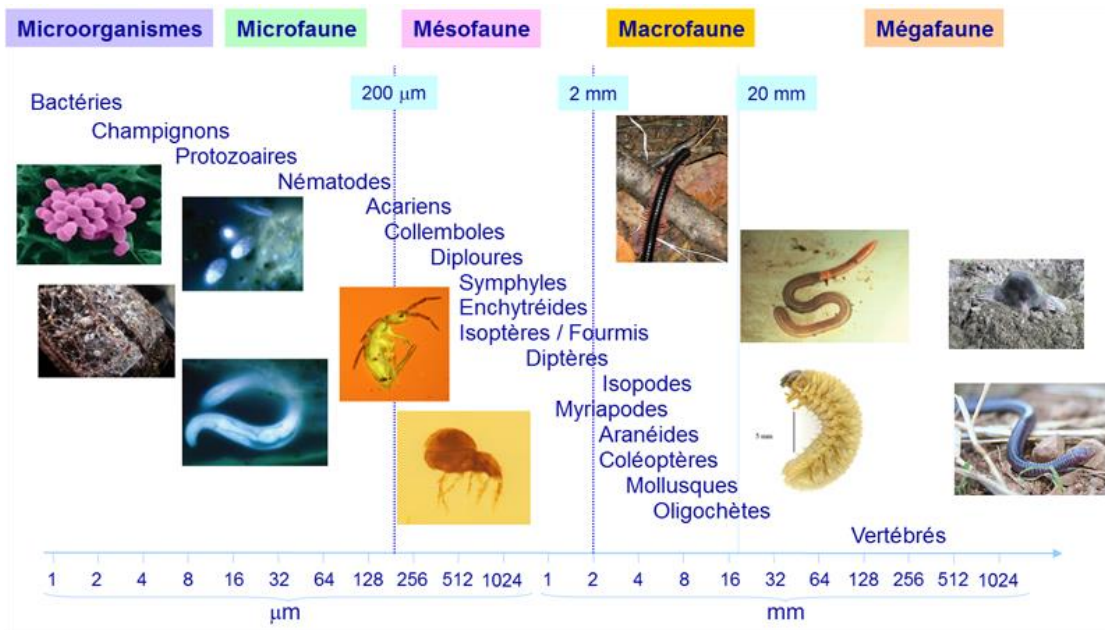
##### **II.5.1. Biologie du sol**

Selon Chaussed (1996), Le fonctionnement du sol est assuré par l'abondance et la diversités des organismes vivants dans le sol au différents horizons qui assure l'aération et la circulation de l'eau, la disponibilité de la matière organiques après sa décomposition et aussi la stabilité structurelle et protection contre l'érosion ainsi leurs contribution au cycles bio-

géo-chimiques des nutriments (Lambers et *al.*, 2009) et leurs rôles comme bio-indicateurs contre les ravageurs, pathogènes et les arbres adventives dans le sol.

**II.5.2.Organismes du 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) (Fig08).



**Figure08 :** Classification des organismes vivants de sol par rapport à leur taille proposé par (Swift et al 1979)

**II.5.3.Biomasse microbienne**

ensemble des microorganismes qui représente la fraction vivante de la matière organique (Chaussed, 1996) regroupe 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 (Petitjeanet *al.*, 2019).

**II.4.4.Biomasse végétale**

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 (Hinsingeret *al.*,2006 ).

#### **II.4.5.Biomasse animale**

appelé aussi la faune du sol, Selon leurs taille on distingue quatre grands groupes ; la microfaune, la mésofaune, la 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 collemboles 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*.

The background features three large, overlapping blue circles of varying sizes, each with a darker blue center and a lighter blue outer ring. Two thin, light blue lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the central text.

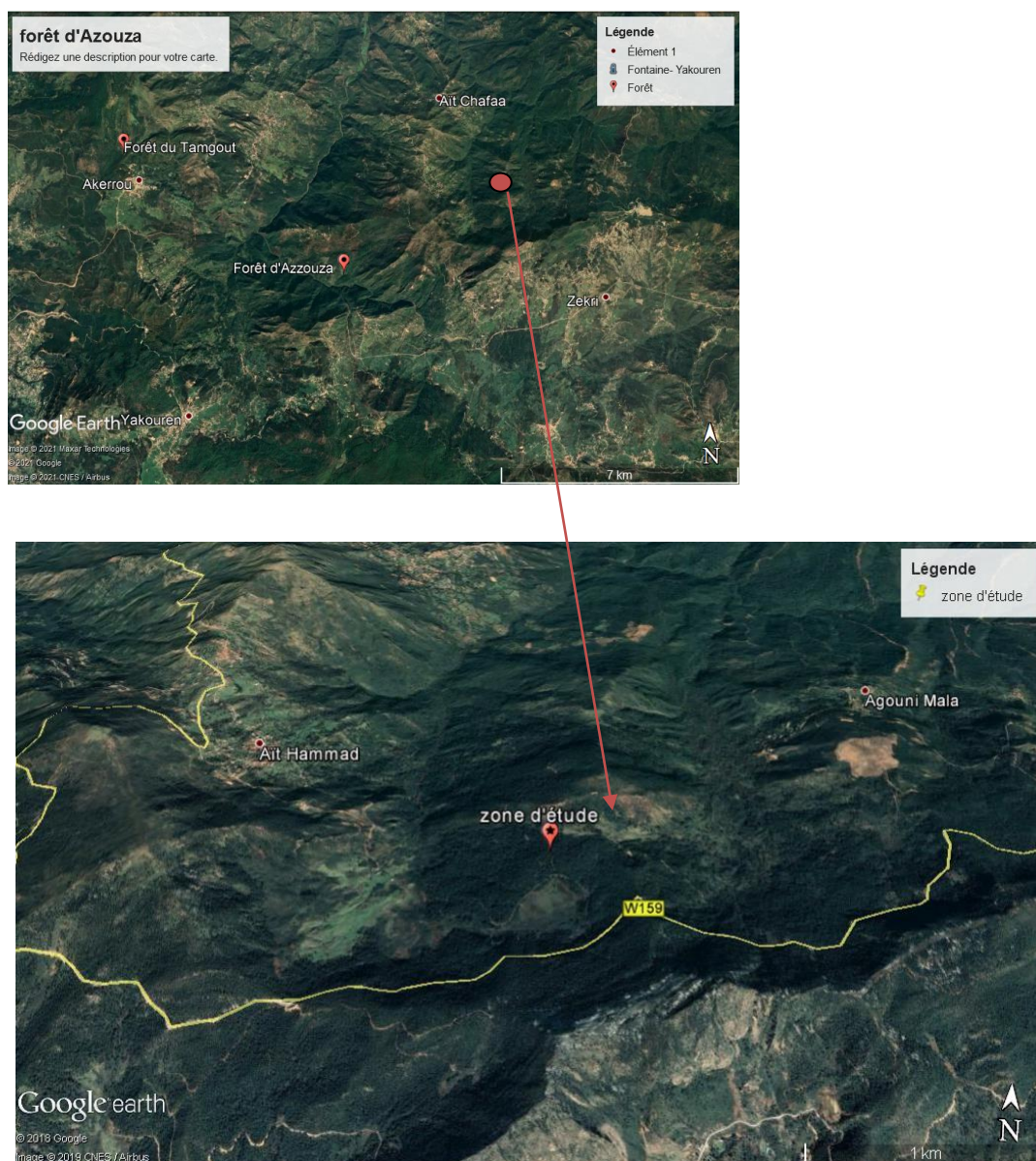
# **Chapitre II**

## **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.09)



**Figure09.** 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)	Orientation
Ait Hamad	800	E 004° 32' 40,1"	N36°47'24.8 "	0	50X50	N-E

## I.2 Description du site d'étude

Le site d'étude à été choisi en fonction de la roche mère et la structure morphologique des arbres dans une jeune futaie régulière, pure, homogène (Fig.10), situé sur une lithotoposéquence homogène. Cette parcelle Ait HAMAD, est reliée via une piste forestière de 2 km 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 HPAE, elle est classée dans l'étage bioclimatique subhumide à variante tempérée.

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



Figure10. État de peuplement de 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 blue lines intersect at the center, forming an 'X' shape that divides the page into four quadrants.

# **Chapitre III**

## **Résultats et discussions**

## II. L'échantillonnage du sol

L'échantillonnage a été effectué par M<sup>m</sup> HOCEINI, selon la méthode (Uterano et *al.*, 2000) avec un quadra de 25X25X5 cm<sup>3</sup>. Les prélèvements se sont faits sur dix (10) arbres, en mois janvier et juillet respectivement pour l'année 2020, sous chaque arbre quatre (04) points cardinaux ont été choisis autour du tronc sous la canopée (Fig.11).



**Figure11.** Méthodes d'échantillonnages du sol. (Aissaoui et Guellal, 2020).

Les sols ont été récupérés dans des sachets en plastique, séchés à l'air libre puis tamisé avec un crible à un calibre de 2mm de diamètre, puis conditionné dans un endroit sec, où il sera destiné pour des analyses physico-chimiques.

### II.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.12) 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.



**Figure12.** Préparation de l'échantillon composite des quatre points cardinaux

## **II. Analyses des caractéristiques physiques et chimique**

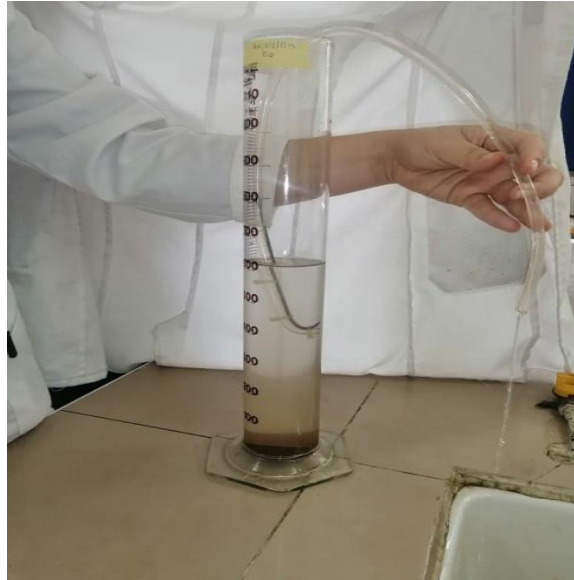
### **II.3. Granulométrie**

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 Pieltain, 2003). Cette analyse a été effectuée par la méthode internationale de la pipette de Robinson, qui consiste à détruire la matière organique selon la méthode perte au feu (fig.16) (fig.17). Les analyses ont été mises en œuvre suivant les méthodes standards dans le laboratoire de pédologie et dans le laboratoire commun à UMMTO.

Tous les échantillons de sol ont été nettoyés à l'aide d'une pince pour éliminer les débris de racine et de cailloux pour ne garder que la terre fine.

Utilisation d'héxamétaphosphate de sodium associé avec une agitation qui aboutit à la dispersion des particules, les prélèvements des argiles et les limons fins avec la pipette de robinson dans des éprouvettes après un temps de sédimentation (repose sur la loi de stock) à des profondeurs et des moments bien déterminées en tenant en compte la température du liquide.

Récupération des sables fins et sables grossiers après siphonage (Fig13), est réalisée par tamis (200 microns pour les sables grossiers, tamis 50 microns pour les sables fins) (Fig14) puis séchées à l'étuve à 105°C.



**Figure.13** Siphonage.



**Figure.14** Récupération des sables.

### II.1 Mesure de l'acidité des sols

Selon AFNOR (1996), le pH est un paramètre plus important caractéristique physicochimique des sols, car la mobilité et la biodisponibilité des éléments chimiques sont liées à sa valeur. Il est mesuré par la concentration en ions  $H^+$  de l'eau à l'aide d'un pH-mètre sur une solution sol/eau = 1/2.5 (Dudka et Driano, 1997) (Fig.15).



**Figure.15** pH-mètre.

### **II.1.1 L'acidité actuelle (pH eau)**

Le pH du sol est une mesure de l'acidité et de l'alcalinité des sols. Il est considéré comme l'une des principales variables en exprimant les propriétés chimiques des sols. Telle que la solubilité des éléments, et la nutrition des plantes (Soultner, 2004). Il est mesuré à l'aide d'un pH-mètre sur une suspension de terre fine dont le rapport sol/eau est de 1/2,5. 10g de terre fine dans 25 ml d'eau distillée sont agités pendant 10 min puis laissés reposer 2 heures. Plonger l'électrode dans le liquide surnageant, faire la lecture.

### **II.1.2 pH KCl**

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

### **II.4. Dosage du carbone organique**

Le carbone organique a été déterminé par la méthode de la perte au feu, qui indique le taux de la matière organique et la teneur en carbone organique du sol, consiste à une déshydratation à 220°C puis la calcination à 450°C dont la matière organique est oxydé et transformé sous forme de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) (Clement, 2003).

La méthode est comme suit

- Peser 5g pour chaque échantillon de sol après avoir le mélanger pour que ça soit homogène.

- On élimine manuellement à l'aide d'une pince le maximum des débris végétaux et animaux des échantillons du sol.
- Chauffer les creusets durant 16 heures dans un four à moufle à  $550^{\circ} \pm 10^{\circ}$  et laisser refroidir.
- Introduire 5g de terre ( $< 20$  mm) dans un creuset.
- Le mettre à l'étuve à  $220^{\circ} \pm 5^{\circ}$  durant 16 heures, puis laisser refroidir (fig16)
- Obtenir les poids des creusets et l'échantillon déshydraté :( M1).
- Mettre les creusets et leur contenu dans le four électrique à  $450^{\circ}$  pendant 4 heures (fig17).
- Refroidissement dans un dessiccateur.
- Peser les creusets et leur contenu.
- Recommencer la calcination jusqu'à ce que la différence de poids entre les deux pesées successives soit de moins de 0,01g :(M2).
- Cette méthode est exprimée en % suivant l'expression :

$$\text{Perte au feu} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} * 100$$



Figure 16. L'étuve à 220°C



Figure 17. Le four à moufle 450°C

The background features a white page with a large, light blue triangle pointing downwards from the top-left corner. Three decorative elements, consisting of concentric circles in shades of blue, are positioned within the triangle: a large one at the top, a medium one in the middle, and a large one at the bottom right. The text is centered within the triangle.

# **Chapitre IV: Résultats et discussions**

III. Résultats et Discussion

L'étude expérimentale a été réalisée sur dix (10) arbres, la première étape réaliser du travail est la caractérisation physico-chimique du sol. L'objectif de cette étude est d'arriver à une connaissance approfondie du milieu (pH, granulométrie, carbone).

III.1. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique consiste à déterminer le pourcentage des différentes fractions du sol (argile, limons, sable), en utilisant la méthode internationale de la pipette de Robinson pour déterminer les différentes fractions à des temps précis suivant la loi de stock.

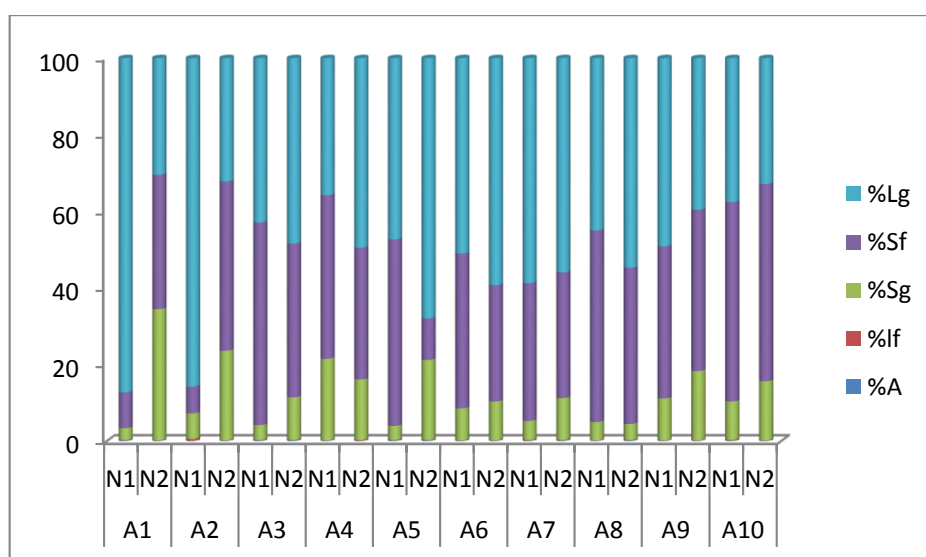


Figure 18. Les différentes fractions granulométriques des sols étudié en hiver.

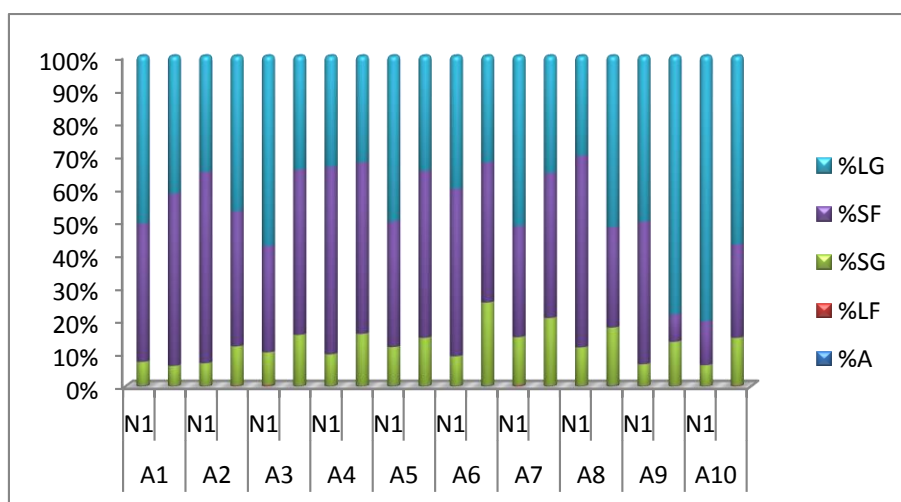


Figure 19. Les différentes fractions granulométriques des sols étudié en été.

Selon les résultats obtenues et après la projection des échantillons sur le triangle international des textures (Annex01), nous avons constaté que les sols de la forêt d'Ait Hamade dans les deux saisons été et hiver est limono-sableuse. Les pourcentages des différentes éléments : argiles, limons, sables pour les deux saisons sont représenté dans les deux figures (Fig18) (Fig19).

Les résultats obtenus montrant un grand pourcentage pour les sables qui varie de 8.3% à 58.1% et les limons varie de 30.1% à 80.2% et les argiles entre 0.1% à 0.2% pour les échantillons d'été.

Le pourcentage des sables à était évalué entre 19.6% à 67.7% et les limons évalué entre 30.2% à 80.3% et les argiles entre 0.1% à .02%. Pour les échantillons d'hiver.

### III.2.Le pH<sub>eau</sub>

Les résultats de paramètre du pH de la solution du sol des échantillons prélevé pour la parcelle étudier pour les deux saisons été et hiver sont porté dans les deux figures suivantes (Fig20) (Fig21).

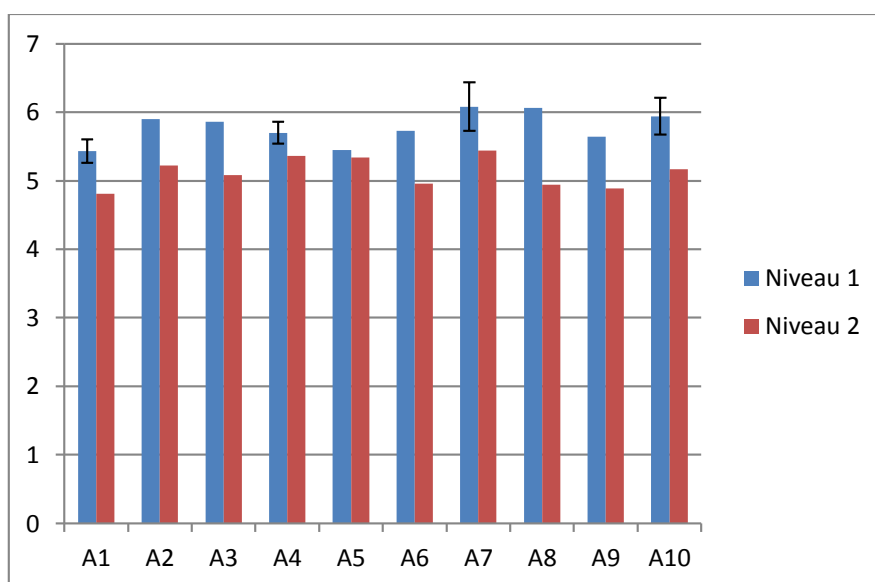
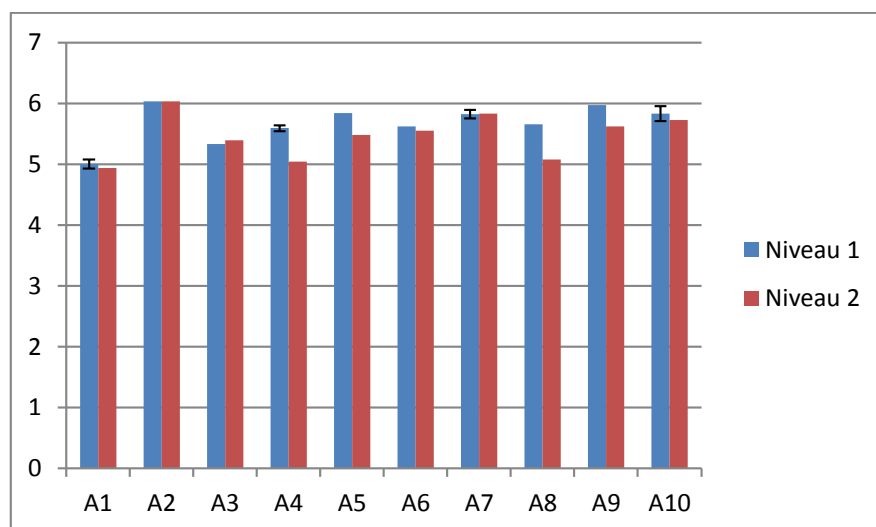


Figure 20. variations du Ph<sub>eau</sub> en hiver.



**Figure 21.** Variations de pH<sub>eau</sub> en été.

Le pH du sol est une expression synthétique des conditions physico-chimiques telles que la solubilité des éléments, par conséquent la nutrition minérale des plantes (Soltner 2004). En revanche les valeurs enregistrées pour l'analyse du pH par rapport à la profondeur des deux niveaux (N1 : 0-5cm) et (N2 : 15-25cm) évoluent dans l'intervalle de 5.00 à 6.03 pour le N1 de la parcelle, et varie entre 4.95 à 6.03 pour le N2 alors que le pH moyen de la parcelle est de 5.57 pour la saison d'été.

Les valeurs enregistrées pour la saison d'hiver montrent que le pH eau varie entre 5.9 et 6.08 pour le N1, et entre 4.44 et 5.44 pour le N2 alors que le pH moyen pour cette saison est de 5.45. Ceci indique que la réaction du sol pour cette parcelle est extrêmement acide à légèrement acide (Annexe 02), cette catégorie du pH est peut être enregistrée par rapport à leurs teneurs en matière organiques, et à la différenciation de la taille de système racinaire.

L'observation des résultats du pH obtenus indique que le pH des échantillons étudiés augmente de façon croissante en fonction des deux niveaux du sol, ceci confirme le transfert des cations basiques et leurs accumulations.

### III.3. pH<sub>KCl</sub>

Ce paramètre est réalisé avec le même mode opératoire que le pH eau en ajoutant 3,79g de KCl à la solution du sol, les échanges déroulés dans la solution servent à remplacer les ions K<sup>+</sup> sur le complexe adsorbant par les ions H<sup>+</sup> qui sont libérés dans la solution.

Les résultats obtenus pour le pH KCl de la solution du sol des échantillons prélevés de la parcelle étudiée pour les deux saisons hiver et été sont portés dans les deux figures suivantes : (Fig22, Fig23).

Les valeurs de pH KCl enregistrés en hiver varient entre 4,83 à 5,28 pour le niveau N1 et entre 4,16 à 5,18 pour le niveau N2 sachant que le pH KCl moyen pour cette saison est de 4.88.

En revanche pH KCl en été varient entre 4,4 à 5,29 pour le niveau N1 et de 3,93 à 4,89 pour le niveau N2 alors que le pH KCl moyen en cette saison est de 4.62. Les résultats montrent que le pH KCl est inférieur à  $pH_{eau}$  sur toute la parcelle. Ces résultats nous laissent penser à une désaturation du complexe adsorbant.

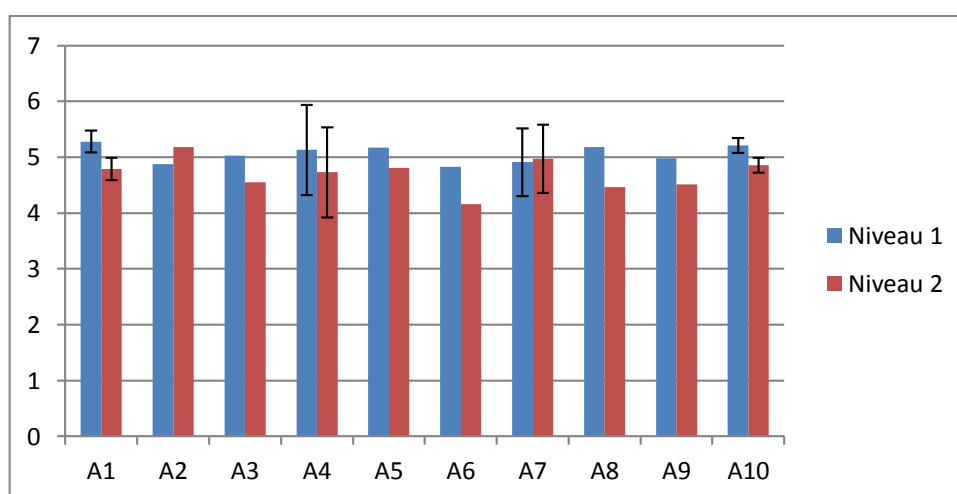


Figure22. Variations du pH KCl pour la saison d’hiver.

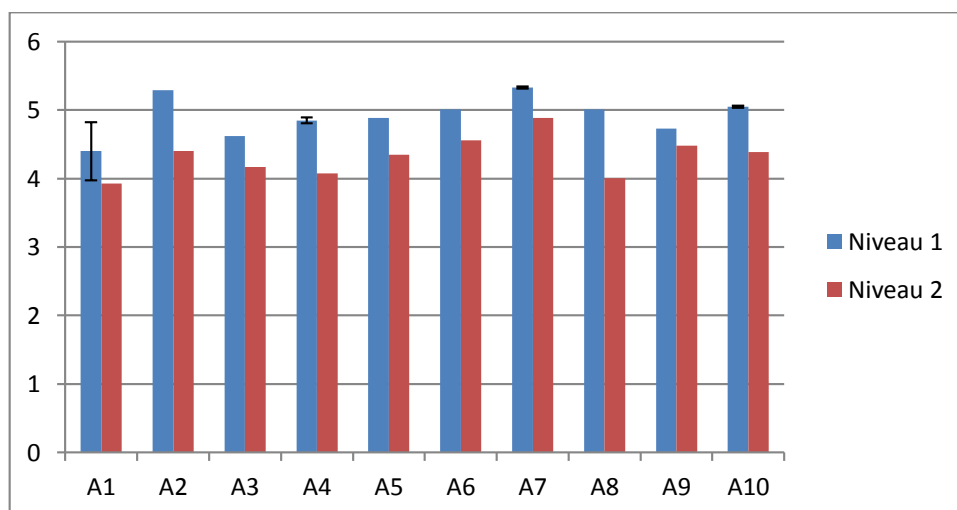


Figure 23. Variations du pH KCl pour la saison d’été.

III.4. carbone organique

Les taux de matière organique des différents échantillons du sol de la parcelle étudiée sont estimés à partir des taux de carbone organique sont illustrée dans les deux figures suivantes : (Fig 24, Fig 25).

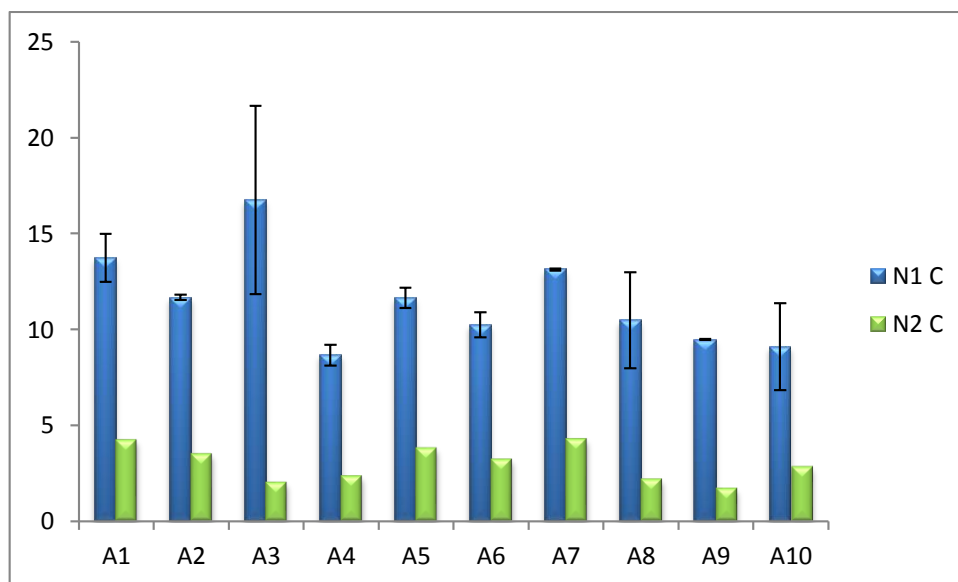


Figure 24 : variations du carbone organique pour la saison d’hiver.

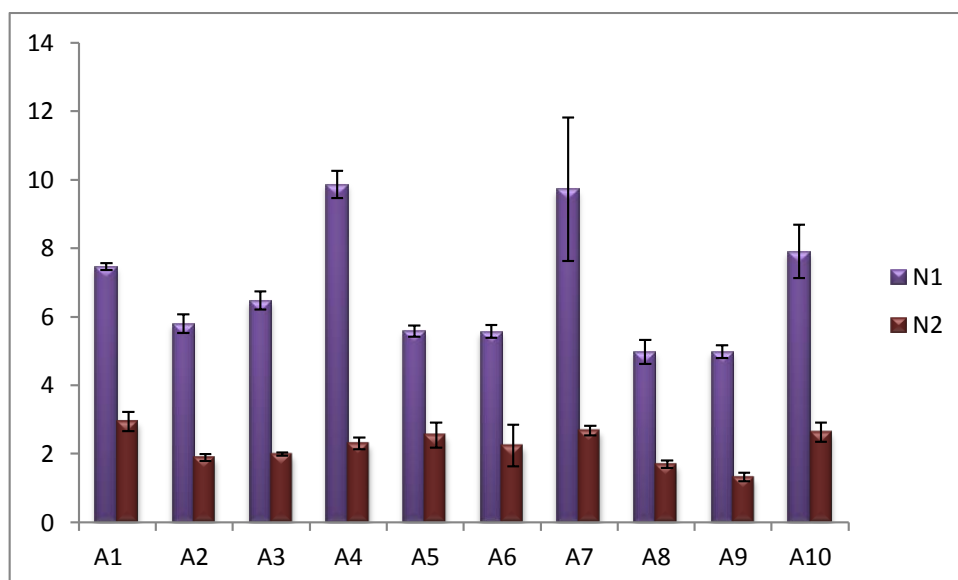


Figure 25 : variations du carbone pour la saison d’été.

Les teneurs en matière organique pour la saison d’hiver évoluent de 8,66% à 16,74% au niveau N1 et de 2,02% à 4,28% au niveau N2.

Les teneurs enregistrées pour la saison d'été évoluent de 4,97% à 9,72% au niveau N1 et de 1,31% à 2,94% au niveau N2.

Les variations de taux de carbone montrent que le sol de la parcelle étudiée est riche à très riche en matière organique (Annexe02).

**III.5. La variance des paramètres étudiés**

**III.5.1 Analyse de pH<sub>eau</sub>**

Les résultats de l'analyse de la variance obtenus sont représentés dans le tableau suivant (Tab04).

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

	DDL	S.C.E	C.M	TEST F	PROBA
Saison	1	0,1392	0,13924	0,9969	0,3244
Résiduels	38	5,3076	0,13967		
Arbre	9	1,7241	0,19157	1,5437	0,1781
Résiduels	30	3,7227	0,12409		
Niveau	1	1,8404	1,84041	19,392	8,38E-05
Résiduels	38	3,6064	0,09491		

L'analyse de la variance montre qu'il ya une différence non significative pour les arbres et les deux saisons hivernale et estivale, en revanche les résultats montrent que l'effet des niveaux N1 et N2 pour pH<sub>eau</sub> sont très hautement significative.

**III.5.2. Analyse de pH<sub>KCl</sub>**

Les résultats de l'analyse de la variance obtenus au seuil de 5% pour pH<sub>KCl</sub> sont représentés dans le tableau suivant (Tab05).

**Tableau05.** Analyses de la variance au seuil de 5% de pH<sub>KCl</sub>

	DDL	S.C.E	C.M	TEST F	PROBA
Saison	1	0,6786	0,6786	5,3376	0,0264
Résiduels	38	4,8312	0,12714		
Arbre	9	0,8154	0,090597	0,579	0,8035
Résiduels	30	4,6944	0,156481		
Niveau	1	2,2515	2,2515	26,258	8,999
Résiduels	38	3,2583	0,08574		

L'analyse de la variance montre qu'il ya une différence significative pour les arbres et les deux saisons hivernale et estivale, par contre la différence était très hautement significative pour les deux niveaux N1 et N2.

### III.5.3. Analyse de carbone organique.

Les résultats de l'analyse de la variance obtenus sont représentés dans le tableau suivant (Tab06).

**Tableau06.** Analyse de la variance au seuil de 5% pour le carbone organique.

	DDL	S.C.E	C.M	TEST F	PROBA
Saison	1	3,125	3,1248	1,4557	0,2351
Résiduels	38	81,573	2,1467		
Arbre	9	9,389	1,0432	0,4156	0,9166
Résiduels	30	75,309	2,5103		
Niveau	1	26,244	26,244	17,061	0,0001914
Résiduels	38	58,454	1,5383		

L'analyse de la variance montre qu'il ya une différence non significative pour les arbres et les deux saisons hivernale et estivale, par contre elle était très hautement significative pour les deux niveaux N1 et N2.

### III.6. Interaction entre paramètres analytiques

La qualité de projection de l'analyse composante principale (ACP) est mesurée par le pourcentage des analyses des paramètres étudiés.

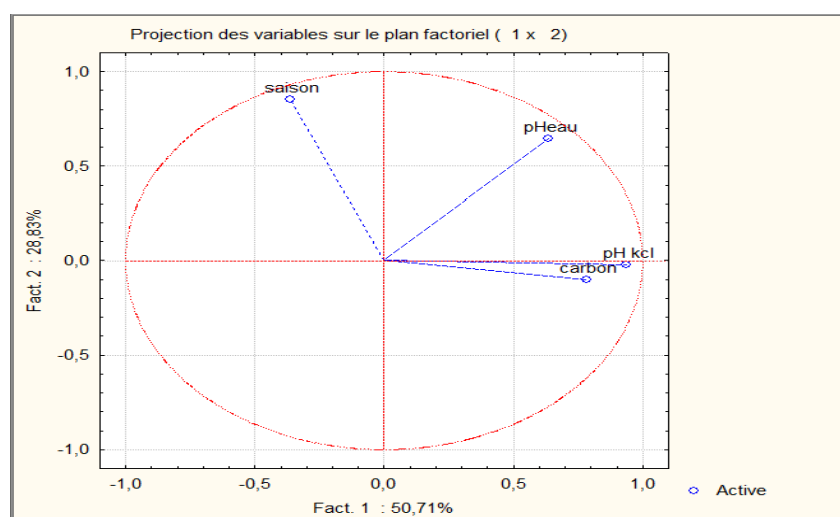
L'interprétation des figures se base essentiellement sur la proximité des paramètres pH<sub>eau</sub>, pH KCl, carbone des deux axes. Les points qui sont assez proches d'un des axes, et assez loin de l'origine sont généralement les plus intéressants.

Les éléments très proches de l'axe ont une forte contribution contrairement à ceux qui sont loin contribuent faiblement à la construction de l'axe.

#### III.6.1. Projection de l'ACP des paramètres analytiques en fonction des saisons

Sur la figure ci-dessous (Fig26), on voit clairement que les paramètres pH KCl et carbone assez corrélé négativement avec l'axe horizontal, alors que le pH<sub>eau</sub> est plus corrélé positivement à l'axe vertical en fonction de la saison.

Le pH du sol est diminué significativement par les transformations que subissent les matières organiques, il dépend de la concentration en ions H<sup>+</sup> résultant de l'oxydation de carbone de la matière organique (Mustin,1987).

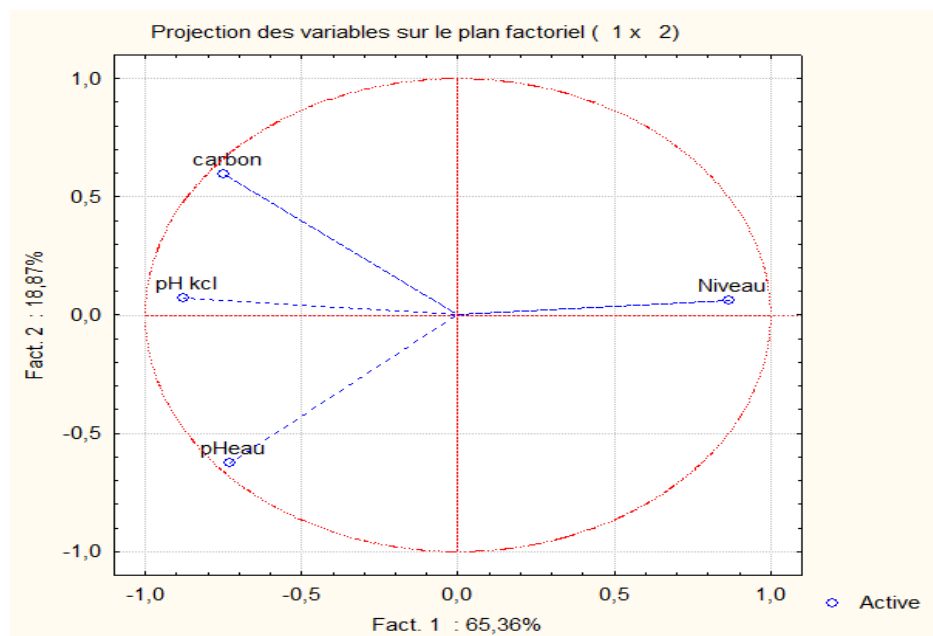


**Figure26.** Projections de l'ACP des paramètres analytiques et cercle de corrélation en fonction de saison.

### III.6.2. Projection de l'ACP des paramètres analytiques en fonction des deux niveaux

Sur la figure suivante (fig27), on voit que les paramètres pH KCl et carbone sont corrélés positivement avec l'axe horizontal, alors que pH KCl est corrélé négativement avec le même axe en fonction des deux niveaux.

La nature des amendements organiques et la durée de dégradation sont deux paramètres importants dans la réduction du pH du sol (Koull et al.,2016).



**Figure27.** Projection de l'ACP des paramètres analytiques en fonction des deux niveaux.

### III.6.3. Projection de l'ACP des paramètres analytiques en fonction des arbres

La figure suivante montre que les paramètres pH eau est corrélé positivement avec l'axe horizontal, en revanche, pH KCl et carbone sont corrélés négativement avec le même axe en fonction des arbres.

Les propriétés des sols notamment le pH sont profondément modifiées par les pratiques de fertilisation et d'amendements.

La libération des groupements acides diminue le pH du sol (Schinzer et Khan,1985).

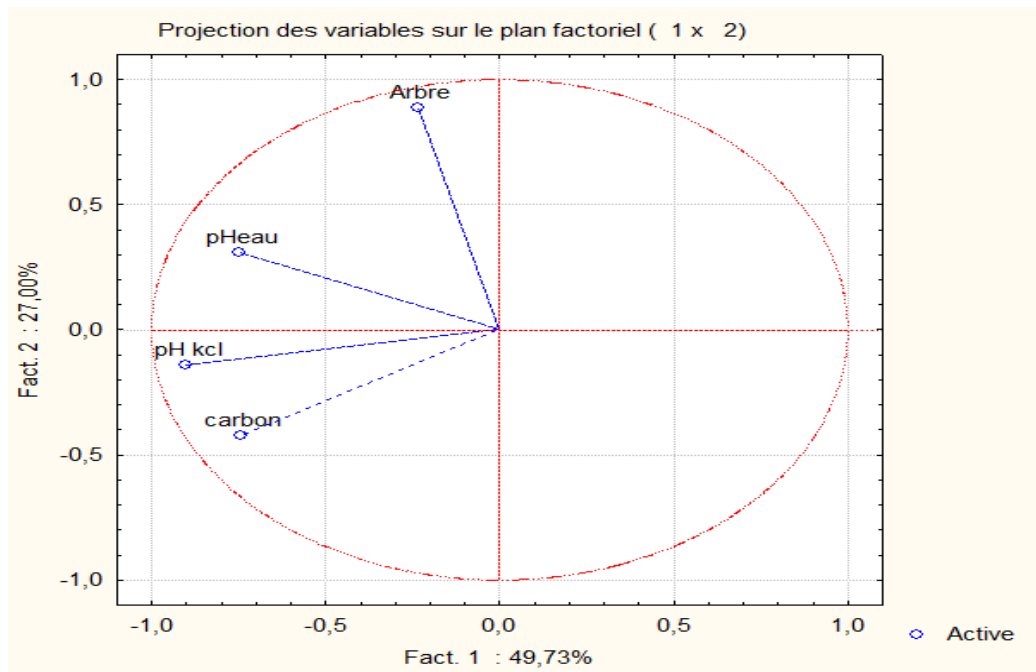


Figure28. Projection de l'ACP des paramètres analytiques en fonction des arbres.

The background features a white page with three blue circular graphic elements. Each circle is composed of three concentric rings: a dark blue inner circle, a medium blue middle ring, and a light blue outer ring. Two thin blue lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the top and right sides of the page. The text is centered in the lower-left quadrant.

# Conclusion générale et perspective

## Conclusion Générale

---

Nous sommes intéressés dans ce travail à la caractérisation des propriétés physico-chimique de la parcelle étudiée telles que la granulométrie, pH, carbone organique, dans la région de zekri, foret d'Ait Hamade.

Les sols de cette région à dominance de chêne liège, avec une présence des débris végétaux.

L'analyse granulométrique des échantillons montrent que les sols de cette parcelle est de texture limono-sableuse.

Les analyses chimiques pour les échantillons des paramètres de pH, ca nous permet d'enregistrer les informations suivantes :

- Les résultats du pH<sub>eau</sub> montrent que notre sol est légèrement acide à neutre ; les valeurs varient entre 5,00 à 6,03 et 4,95 à 6,03 pour la saison d'été, et varient aussi entre 5,99 à 6,08 et 4,44 à 5,44 pour la saison d'hiver avec une augmentation en fonction des deux niveaux.
- Les valeurs de pH<sub>KCl</sub> sont inférieurs à celles de pH<sub>eau</sub> sur toute la parcelle elles varient entre 4,83 à 5, et entre 4,16 et 5,18 pour la saison hivernale et varient entre 4,4 à 5,33 et entre 3,93 à 4,89 pour la saison éternelle.
- Les teneurs au taux de matière organique varient entre 8,66 à 16,74 et entre 2,02 à 4,28 pour les deux niveaux d'hiver.
- Les teneurs au taux de matière organique varient entre 4,97 à 9,72 et entre 1,31 à 2,94 pour les deux niveaux d'été.

On déduit alors que le sol étudié est classé de très pauvre à riche en matière organique selon les deux saisons, hiver et été, et les deux niveaux N1, N2.

Il est souhaitable de compléter ce travail par :

- Une étude physique approfondie du sol portant sur la porosité, la densité, la battance, et le bilan hydrique.
- Détermination des teneurs en tous les éléments minéraux.
- Une détermination du statut potassique et azoté des sols.

## 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.

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

**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.

## Références Bibliographiques.

---

- 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.
- 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.
- 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.

## Références Bibliographiques.

---

- 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.
- 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, 6ème 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-Roselló, 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.
- 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.

## Références Bibliographiques.

---

- 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.
- 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*). Bioersity 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., Chliyeh, 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.
- 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.
- 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.

## Références Bibliographiques.

---

- 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.
- Mustin, M., 1987.** Le Compost, gestion de la matière organique. F. Dubuse 954 pages.
- 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.
- 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)
- 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 *Quercus suber* 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.

## Références Bibliographiques.

---

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

**Pernes-Debuysse, 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.

**Petroselli, A., Vessella, F., Cavagnuolo, L., Piovesan, G., & Schirone, B. (2013).** Ecological behavior of *Quercus suber* 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.

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

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

**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.

**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.

**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.

## Références Bibliographiques.

---

**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.

**orocco.** *European Journal of Entomology*, 96(1), 29-36.

**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

Mamoracorkoak forest, M **Koull, N., & Halilat, M. T. (2016).** Effets de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla (Algérie). *Etude et Gestion des sols*, 23, 9-23.

**Vaughan, D., & Ord, B. G. (1985).** Introduction soil organic Matter—a perspective on its nature, extraction, turnover and role in soil fertility. In *Soil organic matter and biological activity* (pp. 1-35). Springer, Dordrecht.

The background features a white page with a decorative graphic. Two thin, light blue lines originate from the top left and extend towards the right, forming a wide 'V' shape. Three blue circles are arranged vertically along the right side of this 'V'. The top circle is the largest, the middle one is the smallest, and the bottom one is the largest. Each circle is composed of three concentric layers: a dark blue inner circle, a medium blue middle ring, and a light blue outer ring. The text 'Chapitre IV: Résultats et discussions' is centered on the page in a bold, dark blue serif font.

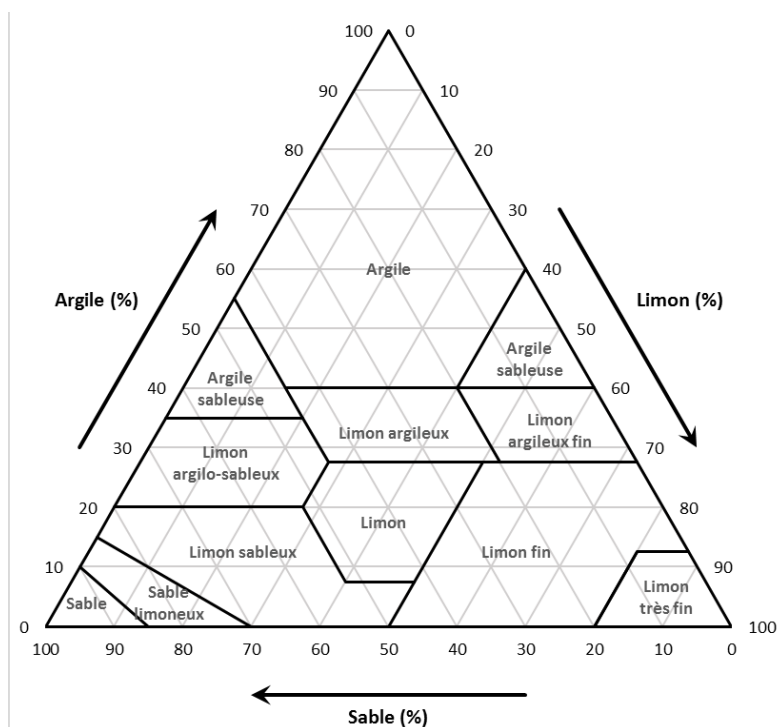
# **Chapitre IV: Résultats et discussions**

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

**Annexe01. Tableau plages descriptives du pH dans les sols.**

M O (%)	Sol
< 1%	Taux très faible; sol très pauvre en MO.
1,2%	Taux faible; sol pauvre en MO.
2,4%	Bonne; sol riche en MO.
>4%	Très bonne ; sol très riche en MO.

**Annexe02. Classifications des teneurs en matière organique (MO) dans le sol. (DEJON et al 1998 in Tir 2001).**



**Annexe03. Triangle de la texture des sols.**

## **Résumé**

L'objectif de notre travail est la détermination des propriétés physico-chimiques du sol du forêt d'Azzouza, commune de Yakouren, Wilaya de Tizi-Ouzou.

La démarche suivie pour caractériser ce sol à consisté au prélèvement des échantillons, à l'analyse et l'interprétation des résultats d'analyses physico-chimiques du sol (granulométrie, pH, carbone organique).

Les résultats d'analyses nous permettent de dire que la texture de ce sol est limoneux-sableuse homogène pour les différents arbres étudiés.

La mesure du pH montre que la réaction des échantillons est basique, varie entre 4.95 à 6.02 pour la saison d'été, pareil pour la saison d'hiver dans le pH varie entre 4.44 à 6.08.

Les teneurs en carbone organique obtenus démontrent que le sol étudié est riche à très riche en matière organique.

La connaissance des propriétés physiques et chimiques des sols permet de développer le secteur agricole, un domaine en plein essor dans notre pays aujourd'hui.

**Mots clés** : sol – carbone organique – physico-chimique – texture.

## **Abstract**

The objective of our work is the determination of the physicochemical properties of the soil of the Azzouza forest, municipality of Yakouren, Wilaya of Tizi-Ouzou.

The approach followed to characterize this soil consists of taking samples, analyzing and interpreting the results of physico-chemical analyzes of the soil (particle size, pH, organic carbon). The results of the analyzes allow us to say that the texture of this soil is homogeneous sandy loam for the different trees studied. The pH measurement shows that the reaction of the samples is basic, varies between 4.95 to 6.02 for the summer season, the same for the winter season in the pH varies between 4.44 to 6.08. The organic carbon contents obtained demonstrate that the soil studied is rich to very rich in organic matter. Knowledge of the physical and chemical properties of soils helps develop the agricultural sector, a booming field in our country today.

**Key words**: Soil – organic carbon – physicochemical – texture.