

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**

**Département des Sciences Agronomiques**



## **Mémoire de fin d'études**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sciences Agronomiques**

**Spécialité. Réhabilitation et restauration des sols**

### **Thème**

**Impact des incendies sur les caractéristiques de la rhizosphère :  
cas d'une subéraie mise en défens (Taksebt, Zekri).**

**Réalisé par : M<sup>elle</sup> Khelfaoui Lamia**

**M<sup>elle</sup> Saad Lynda**

**Devant le jury :**

**M<sup>r</sup> Metahri M.S.**

**M.C.A.**

**U.M.M.T.O.**

**Président**

**M<sup>me</sup> Boudiaf Nait Kaci M.**

**M.C.A.**

**U.M.M.T.O.**

**Promotrice**

**M<sup>me</sup> Metna Djouaher N.**

**M.A.A.**

**U.M.M.T.O.**

**Examinatrice**

**M<sup>r</sup> Merrouki K.**

**M.C.B.**

**U.M.M.T.O.**

**Examinateur**

**Soutenu le 29-09- 2016**

# *Remerciements*

C'est avec un grand plaisir que nous exprimons notre gratitude et nos sincères remerciements à notre promotrice M<sup>me</sup> Boudiaf Nait Kaci M. pour son orientation judicieuses et d'avoir accepté de nous encadrer.

Nos vifs remerciements vont aussi pour M<sup>f</sup> Metahri M.S., Maître de Conférence au département des sciences agronomiques à l'U.M.M.T.O., pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury.

Nous tenons à remercier M<sup>f</sup> Merrouki K., et M<sup>me</sup> Metna DJouaher N., Enseignants au département des sciences agronomiques de l'U.M.M.T.O., d'avoir accepté d'évaluer et d'examiner ce travail.

Nous remercions le personnel du laboratoire Ressources Naturelles.

Nous remercions aussi M<sup>f</sup> Kaci A. responsable des services des forêts d'Azazga, M<sup>f</sup> Mebarki N., chef de district de Zekri et son aimable équipe de nous avoir accompagné et aidé sur le terrain.

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier nos familles, nos enseignants et tous ceux qui, de près ou de loin nous ont aidé pour la réalisation de ce travail.

# Dédicaces

**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,  
que Dieu les protège et les entoure de sa bénédiction ;

à mon frère Djamel ;

à mes sœurs Ouiza, Rebiha, Sabrina et son époux Mourad ;

à mon fiancé Hamid et toute sa famille ;

à mes grands-parents, oncles, tantes, cousins et cousines ;

à Lynda Saad et sa famille, c'était agréable de travailler  
ensemble, sa compréhension et sa patience me marqueront à  
vie ;

à mes amies Naima, Sonia ;

à toute la 1<sup>ère</sup> promotion du master réhabilitation et  
restauration des sols ainsi que tous mes amis (es)  
d'agronomie.

**Lamia K.**

**Je dédie ce travail :**

**à mes chers parents pour leur soutien moral et matériel, leur compréhension, amour, tendresse et sacrifices. Que Dieu leur offre la santé ;**

**à mes frères et sœurs**

**et à tous ceux qui me sont chers.**

**Lynda S.**

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau01</b> : Précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station de Tizi-Ouzou période (2005-2015). .....	16
<b>Tableau02</b> : Répartition des températures moyennes mensuelles (°C) de la station de Tizi-Ouzou période (2005-2015). .....	17
<b>Tableau 03</b> : analyse de la variance des propriétés chimiques étudiées. ....	33

## *Listes des figures*

<b>Figure 1</b> : distribution de chêne liège dans le monde.....	6
<b>Figure 2</b> : répartition de la subéraie en Algérie.....	7
<b>Figure 3</b> : Représentation schématique des interactions physico-chimiques entre racine, solution et constituants minéraux du sol dont la rhizosphère est le siège (Hinsinger, 2001)...	10
<b>Figure 4</b> : carte de situation de la commune de zekri.....	14
<b>Figure 5</b> :présentation de la zone d'étude.....	15
<b>Figure 6</b> :Diagramme ombrothermique de Bagnoulset Gausse pour la région de Tizi-Ouzou période (2005-2015) .....	18
<b>Figure 7</b> : prélèvement des sols .....	19
<b>Figure 8</b> :description du profil.....	26
<b>Figure 9</b> :résultats de l'analyse granulométrique .....	27
<b>Figure 10</b> :variation des pHeau des sols par profondeur .....	28
<b>Figure 11</b> :valeurs de $\text{pH}_{\text{KCl}}$ des échantillons par profondeurs .....	29
<b>Figure 12</b> :résultats du carbone organique .....	30
<b>Figure 13</b> :variation de phosphore assimilable.....	32

## *Liste des abréviations*

**A<sub>0</sub>** : horizon organique

**Al** : aluminium

**C%** : pourcentage de carbone organique

**C.M.** : Carré moyen.

**C.V.** : Coefficient de variation.

**Ca<sup>2+</sup>** : Ion calcium.

**DDL** : Degré de liberté.

**D.G.F** : direction générale des forêts.

**Eh** : Potentiel d'oxydo-réduction

**E.T** : Ecart type.

**F1** : Facteur 1.

**F2** : Facteur 2.

**Fe** : fer

**H** : horizon

**H<sup>+</sup>** : hydrogène.

**HCl** : Acide chlorhydrique.

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : eau oxygénée

**I.M.L** : institut méditerranéenne de liège

**K<sup>+</sup>** : Potassium.

**KCl** : chlorure de potassium

**KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>** : di-hydrogenophosphate de potassium

**L** : limons

**L.A** : limono-argileuse

**M** : mole

**MO %**: pourcentage de matière organique

**N** : Normale.

**Na<sup>+</sup>** : Sodium

**NaF** : Fluorure de sodium.

**NaHCO<sub>3</sub>** : bicarbonate de sodium

**ONM** : Office National de Météorologie

**O<sub>2</sub>** : Oxygène.

**ppm** : partie par million

**pH** : Potentiel d'hydrogène.

**S.C.E** : Sommes des Carrés des Ecart.

**S** : Sables.

**S G** : Sol global.

**S Rh** : Sol rhizoshérique

## *Sommaire*

Introduction .....	1
--------------------	---

### *Chapitre I : synthèse bibliographique*

I. Le chêne liège .....	3
I. 1. Place taxonomique et systématique du chêne-liège .....	3
I.2. Principales caractéristiques botaniques .....	3
I.3. Exigences écologiques de l'espèce étudiée .....	4
I.4. Importance socio-économique .....	5
I.5. Répartition de chêne liège .....	5
I. 5. 1. Aire de répartition mondiale .....	5
I.5.2. Aire de répartition en Algérie .....	6
I.6. Problématique des subéraies algériennes .....	7
I.6.1. Incendies .....	7
I.6.2. Action anthropique .....	8
II. Impacte des incendies sur les propriétés des sols .....	8
II.1. Propriétés physiques .....	8
II.2. Propriétés chimiques .....	8
II.3. Propriétés biologiques .....	9
III-Interface sol-racine .....	9
III.1. Définition de La rhizosphère .....	10
III.2. Effet rhizosphérique .....	11
III.3. Fonctions de la rhizosphère .....	11
IV. Importance de la subéraie dans la réhabilitation des sols .....	12

## ***Chapitre II. Etude du milieu***

I. Situation administrative et géographique.....	14
II. Description de la station étudiée.....	15
III. Synthèse bioclimatique .....	16
III. 1. Pluviométrie .....	16
III. 2. Température.....	17
III. 3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	17

## ***Chapitre III. Matériels et méthodes***

I. Echantillonnage des sols .....	19
II. Etude analytique .....	20
II.1. Analyses physiques .....	20
II.1. 1. Analyse granulométrique .....	20
II.2. Analyse chimique.....	21
II. 2.1. Mesure de l'acidité des sols.....	21
a. L'acidité actuelle ou le pH eau .....	21
b. L'acidité potentielle ou le pH <sub>KCl</sub> .....	21
II. 2.2. Dosage du carbone organique .....	21
II. 2. 3. Dosage du phosphore assimilable par la méthode Olsen .....	22
III- Analyse statistique .....	23

## ***Chapitre IV. Résultats et discussions***

I. Morphologie et description d'un profil pédologique .....	24
I.1. Discription de profil .....	25
Caractéristiques physiques et chimiques .....	27
II. 1. Analyses physiques.....	27
II. 1. 1. Granulométrie .....	27
II. 2. Analyses chimiques .....	28
II. 2. 1. pH eau.....	28
II. 2. 2. pH <sub>KCl</sub> .....	29
II.2.4. Carbone organique .....	30
II.2.6. Le phosphore assimilable .....	31
III. Analyse statistique .....	33

**Conclusion** .....

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Le chêne-liège (*Quercus suber* L.), est une essence forestière remarquable, qui présente une grande valeur économique, grâce à sa particularité physiologique qui le distingue des autres ligneux, à reproduire une nouvelle écorce subéreuse appelée communément : liège et ayant des qualités spécifiques de légèreté, de souplesse et d'élasticité, d'autant plus que cette espèce est assez rare puisque son aire de répartition se limite au pourtour méditerranéen (Zeraia, 1981 ; Piazzetta, 2005).

Cette espèce est la plus résistante aux incendies. Les arbres exploités résistent encore plus au feu, parce que le liège, un des tissus végétaux le plus isolant, renforce la résistance du végétal vis-à-vis de ce dernier (Varela, 2004). Cependant, le bilan des feux de forêts (1975-2013) établie sur les massifs du Nord-Est algérien, montre que le chêne liège demeure l'essence la plus affectée en comparaison avec les autres essences, avec une superficie brûlée de 126412,88 ha (48%). Cette région est très touchée par les feux de forêt puisqu'elle enregistre un cumul de 18732 feux, dégradant ainsi une superficie forestière totale de 635471,55 hectares.

En Algérie, l'état actuel des subéraies est préoccupant; peuplements arrivés au terme de leur exploitabilité, déficience de la régénération naturelle, faible rendement à l'hectare, diminution progressive des quantités de liège récoltés annuellement de 43 461 quintaux en 1983 à 7 820 quintaux en 2009 (DGF, 2009 in Belaidi, 2010).

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 lesquelles, le potentiel hydrique, les variations du pH et l'activité microbienne. Les processus de la rhizosphère des arbres sont l'un des facteurs importants de leur développement et qui vont aussi décider de leur survie, par une influence bénéfique sur les cycles biogéochimiques des nutriments (Dinesh et *al.*, 2010), ceci est d'autant plus vrai dans un milieu méditerranéen à fortes contraintes.

Les forêts retiennent le carbone à la fois dans la biomasse vivante et morte, dans les matières organiques en décomposition et dans les sols. Ce sont les processus de photosynthèse, de respiration, de transpiration, de décomposition et de combustion qui entretiennent la circulation naturelle du carbone entre la forêt et l'atmosphère. Le stockage

du carbone dans les sols est reconnu actuellement comme l'une des solutions de lutte contre le réchauffement climatique. Plus anciennement, étant connu le rôle du carbone dans la préservation et l'amélioration de la fertilité des sols. Le sol est le plus important réservoir du cycle terrestre du carbone. Il peut contenir trois fois plus de carbone que la végétation et deux fois plus de carbone que celui contenu dans l'atmosphère (Rajeew et al., 2006).

L'objectif de ce travail est de décrire et caractériser les sols de la subéraie de Taksebt, Zekri et comprendre l'effet rhizosphérique sur leurs propriétés physiques et biochimiques sur plusieurs profondeurs. Toutefois, cette subéraie a connu de longues perturbations conduisant à son instabilité et sa dégradation suite aux incendies récurrents. Un projet de mis en défens est en cours avec un reboisement. Pour cela, après avoir posé la problématique, une synthèse bibliographique est présentée dans le chapitre I. Le chapitre II est consacré à la présentation de la zone d'étude, suivi du matériel et méthodes utilisés dans le chapitre III, puis les résultats et discussion dans le chapitre IV.. Une conclusion vient clore ce travail avec des perspectives.

## I. Le chêne liège

Le chêne liège (*Quercus suber* L.), est une essence plutôt méditerranéenne atlantique, lié aux substrats non calcaires. Il affectionne surtout les substrats friables voire arénacés, facilement accessibles à son système racinaire. Il apparait comme nettement plus thermophile et plus résistant à la sécheresse estivale (Quezel, 1979 ; Elantry, 2016).

### I.1.Taxonomie du chêne-liège

L'arbre a été décrit pour la première fois par Linné en 1753. Le chêne liège est relativement polymorphe, de nombreuses variétés ont été décrites (Nativade, 1956).Aime,(1976), signale que le genre *Quercus* pose un problème polygénétique qui n'est toujours pas résolu, il met l'accent sur le problème posé par *Quercus suber* et les espèces voisines telles que *Quercus pseudo suber* et *Quercus cerris*.

La systématique du chêne liège selon (Quezel, 1979) est comme suit :

Embranchement	:	Spermaphytes
Sous embranchement	:	Angiospermes
Classe	:	Dicotylédones
Ordre	:	Fagales
Famille	:	Fagacées
Sous famille	:	Quercinées
Genre	:	<i>Quercus</i>
Espèce	:	<i>Quercus suber</i> L.

Le genre *Quercus* est le genre le plus important de la famille des Fagacées, un genre qui comprend de 200 à 500 espèces dont 6 existent en Afrique du Nord (El Antry Tazy et al., 2008).

### I.2. Principales caractéristiques botaniques du chêne liège

Le chêne liège est un arbre de taille moyenne de 10 à 15 mètres, peut atteindre 20 à 25 m, la cime est irrégulière, s'étalant en longueur, l'arbre présente un couvert léger laissant passer la lumière. A l'état isolé le tronc est couvert de grosses branches étalées, quand il vit en massif le tronc est plus droit et plus long.L'arbre peut vivre jusqu'à 300 ans, mais les levées successives de liège diminuent fortement cette remarquable longévité à environ 200 ans.

Cependant, les levées successives de liège, avec des rotations de 9 à 11 ans, sont possibles jusqu'à 50 à 200 ans (Vignes, 1990).

## 1.2.1. Ecorce

Cette partie prend un aspect liégeux vers 5 à 6 ans, donnant le liège mâle très irrégulier crevassé qui atteint une épaisseur moyenne de 2 à 3 cm entre 30 à 40 ans (Piazetta, 2005). Le liège femelle qui se développe après démasclage est moins crevassé plus homogène et plus élastique, ce dernier est exploité au bout de 9 à 12 ans (Bouhraoua, 2003).

## 1.2.2. Racines

Le chêneliège est muni d'un système racinaire pivotant avec des ramifications latérales puissantes, permettant un enracinement profond qui fixe l'arbre sur des sols légers peu profonds et même rocheux (Khalla, 2006).

## 1.2.3. Feuilles

Elles sont plus polymorphes, coriaces et arrondies, plus ou moins dentées. De couleur vert brillant au-dessus et pubescente sur la face inférieure. Elles sont renouvelées au printemps (Aime, 1976 ; Palaisance, 1977).

## 1.2.4. Fruit

C'est un gland de taille variable, il mesure 2,5 à 3 cm, de couleur marron allongé. Ce fruit est quelque fois doux, sa maturité à lieu en une année (Hachemi, 2011).

## 1.2.5. Inflorescences

Le chêne liège est monoïque et allogame, les fleurs mâles pendent en chatons filiformes à l'extrémité des rameaux de l'année. Par contre les fleurs femelles se présentent en chatons courts qui apparaissent sur les rameaux de l'année (Fraval, 1991 in Belaidi, 2010).

## 1.3. Exigences écologiques de l'espèce étudiée

Le chêne liège est une essence nettement calcifuge. Il apprécie les sols à pH acide, avec peu de contraintes pour la pénétration des racines, suffisamment drainés et avec un horizon organique bien préservé (El Antry Tazi *et al.*, 2008).

Pour la température, *Quercus suber* est une espèce relativement thermophile, liée aux variantes non froides des bioclimats humides et subhumides, voire semi-aride en cas de compensation hydrique telle que la nappe phréatique ou une forte humidité de l'air (El Antry Tazi *et al.*, 2008 ; Adouane, 2011). Il demande une température douce, dont l'optimum se situe entre 13°C et 18°C, cependant les gelées de -9°C lui sont nuisibles, (Boudy, 1952 in Belaidi, 2010).

En ce qui concerne leur exigence en matière de lumière, c'est une essence héliophile, de ce fait exige une forte insolation (Frochot et Levy, 1986). L'augmentation de l'éclairement provoque la levée de dormance d'une partie du stock de glands au sol et permet une photosynthèse plus intense. Des observations quantifiées confirment que la survie des semis et leurs croissances augmentent sensiblement avec l'éclairement relatif (Chollet, 1997).

Pour les précipitations, l'espèce est remarquablement plastique, sa moyenne annuelle varie entre 441 à 1700 mm. Toutefois, il est exigeant en humidité atmosphérique, surtout en saison sèche (El Antry Tazi *et al.*, 2008 ; Bekdouche, 2011).

## **I.4. Importance socio-économique**

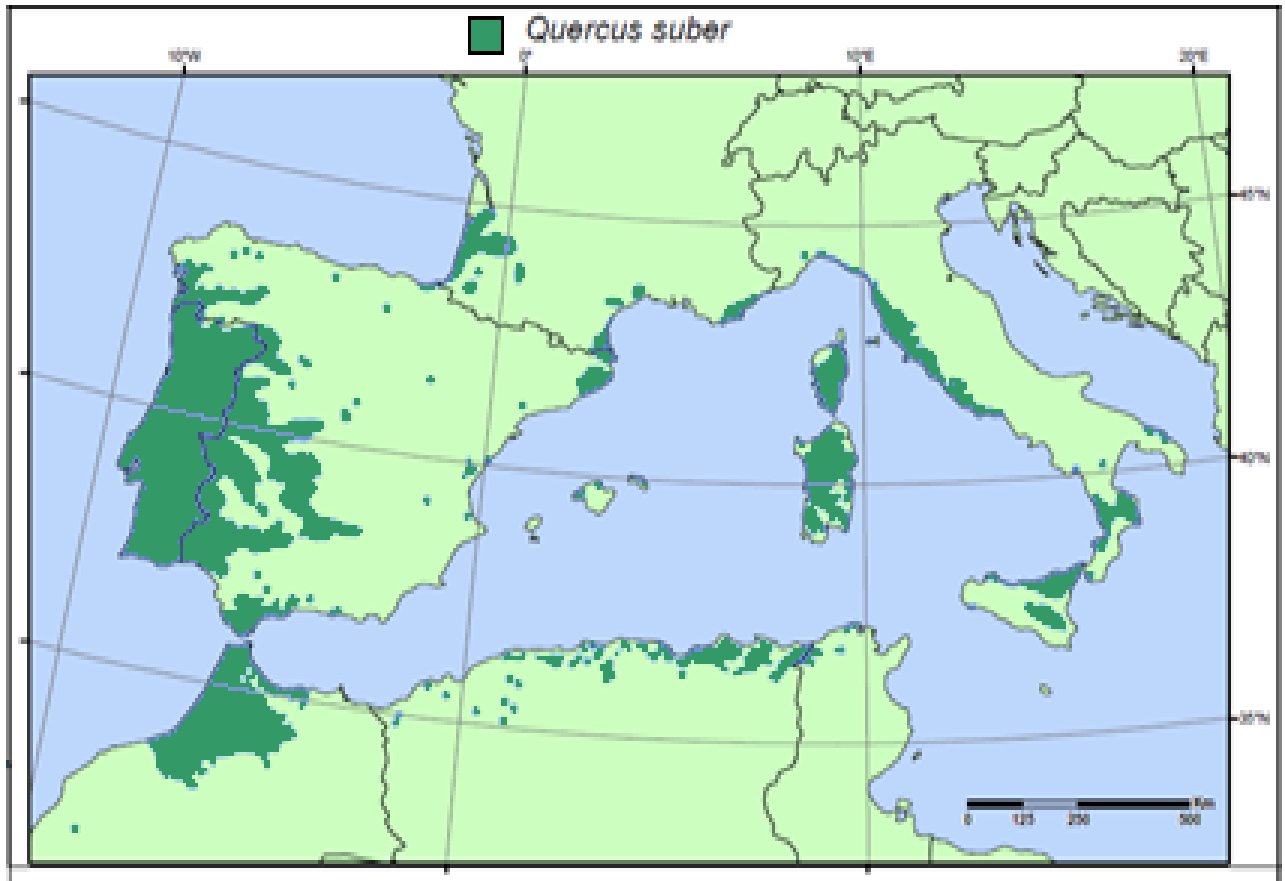
En raison de la qualité, de la valeur de son écorce et de son bois, le chêne-liège est de point de vue économique l'essence forestière la plus importante d'Afrique du nord. Son écorce (liège) est une ressource exploitable dans plusieurs domaines. Il est utilisé dans la fabrication des bouchons, des panneaux d'agglomérés et l'isolation, pour la décoration et le revêtement et article divers. Il contient du tanin utilisé dans l'industrie de tannage. Son bois sert à la fabrication des traverses de chemin de fer, de tonneaux et autres usages en menuiserie. C'est un bois rouge clair compact (Boudy, 1952 in Belaidi, 2010 ; Laakili *et al.*, 2016)

## **I.5. Répartition de chêne liège**

### **I.5.1. Aire de répartition mondiale**

Le chêne liège est circonscrit à la région de la méditerranée occidentale et déborde le long du sud de la façade atlantique, où les influences de la mer et de l'océan permettent de tempérer la grande amplitude des oscillations thermiques et l'aridité de la saison d'été du climat méditerranéen au sens strict (Cantat *et al.*, 2005).

C'est une essence endémique de la méditerranée occidentale. Débordant sur les côtes atlantiques depuis le Maroc jusqu'au golfe de Gascogne entre les latitudes Nord 31 et 45(Fig.1) (Zeraia, 1981 ; Piazzetta, 2005).

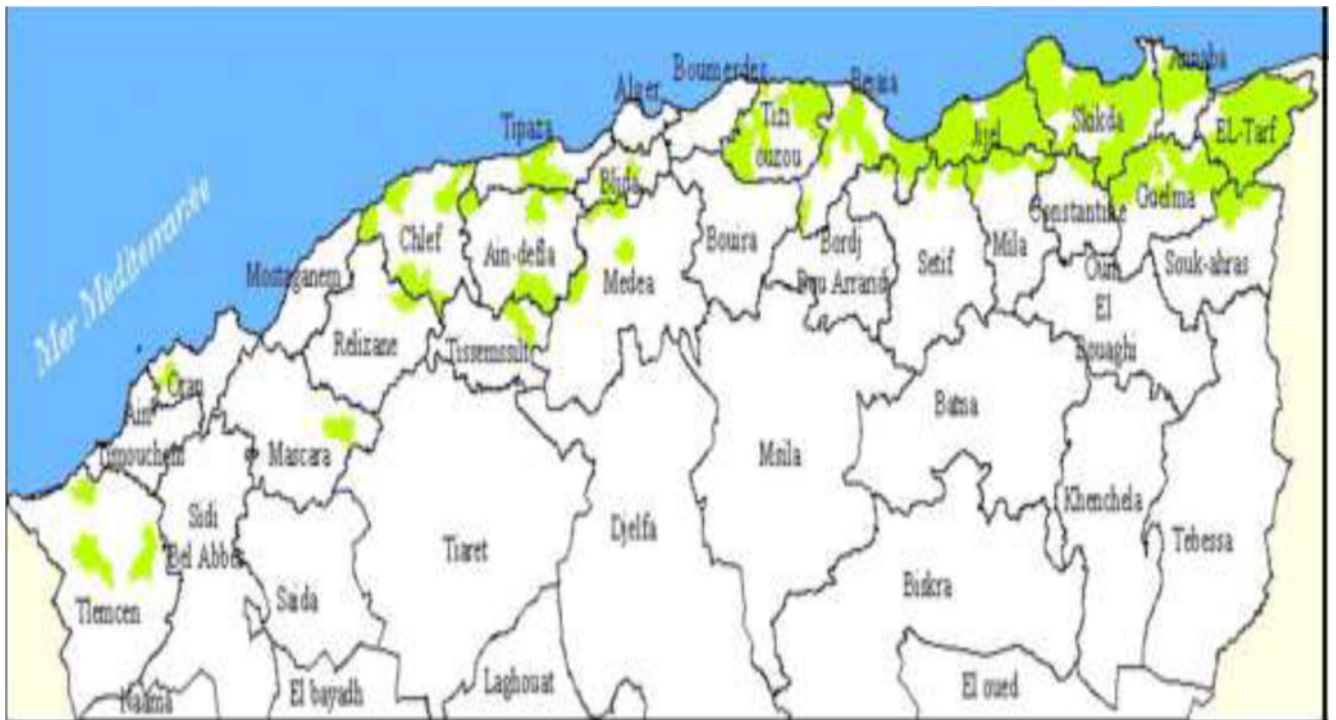


(Source : Quezel et Médail, 2003)

**Figure 1** : distribution du chêne liège dans le monde

### I.5.2. Aire de répartition en Algérie

Le chêne liège est une espèce forestière principale en Algérie, tant en raison des superficies occupées, que de son importance économique. Il est présent sur 450 000 ha, mais ne constitue de véritables subéraies que sur 150 000 ha. Ces dernières se situent entre les frontières Marocaines et Tunisiennes et s'étendent du littoral méditerranéen au Nord aux chaînes telliennes au sud, sur une largeur ne dépassant pas les 100 km (Bouhraoua, 2003). Yessad (2000), a montré que les subéraies Algériennes couvrent trois faciès : l'occidental montagnard, l'oriental littoral et l'oriental montagnard (Fig. 2).



Source: D. G. F.2003 in Bouregbi I., 2014

Figure 2 : répartition de la subéraie en Algérie (en vert)

## I.6. Problèmes de la subéraie algérienne

Malgré la superficie importante couverte par cette espèce, elle reste néanmoins moins étudiée et plusieurs facteurs de dégradation ont contribué à sa régression : absence de la régénération naturelle par glands ou par rejet de souches, exploitations abusives et surpâturage. Par ailleurs, l'absence d'outils scientifiques performants pour évaluer la Ressource, complique davantage la gestion de ces peuplements (Merouani, 2015).

### I.6.1. Incendies

L'incendie est le facteur de dégradation le plus redoutable de la forêt algérienne méditerranéenne (Bouregbi, 2014). La fréquence et l'intensité des incendies enregistrés en rendent la stabilité de ces forêts difficile (Ouelmouhoub, 2003 ; Bekdouche, 2010).

### I.6.2. Action anthropique

En plus du ramassage de bois sec, de la cueillette du doum (*Chamaerops humilis*), du Bgenêt (*Telinelinifolia*) ou de la bruyère (*Erica arborea*), de la récolte des glands, les

écosystèmes de chêne-liège subissent des coupes délictueuses et des défrichements. La disparition du sous-bois sous l'effet de la cueillette et du surpâturage a transformé certaines subéraies en forêt-parc (Seigue, 1985 et Benabid, 2000 in Bouregbi, 2014).

A tous ces facteurs s'ajoute le vieillissement des subéraies, ce qui les rend plus vulnérables. D'une façon générale, les causes avancées par les services des forêts en Algérie, et même ailleurs, sont spécialement les conditions climatiques, à savoir la faible hygrométrie et la sécheresse persistante, qui ont marqué ces dernières années (Meddour-Sahar, 2008).

## **II. Impact des incendies sur les sols sous subéraies**

### **II.1. Propriétés physiques**

Certini, (2005) synthétise les données des effets du feu sur les propriétés des sols forestiers. La première conséquence visible du feu est la modification de la couleur des sols pouvant servir d'indicateur de la sévérité du feu. Suite à une seule période incendiaire, on observe généralement une diminution de la stabilité structurale des sols. L'effet diminue la capacité au champ des sols brûlés et en conséquence entraîne l'augmentation du ruissellement et des phénomènes d'érosion diminuant ainsi les particules fines telles que les argiles (BoixFayos, 1997 in Cézanne 2011).

### **II.2. Propriétés chimiques**

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). Cependant, une fraction de cet azote organique peut persister telle quelle ou être transformée dans les sols brûlés lorsque l'intensité du feu est faible ou modérée (Certini, 2005).

Le phosphore du sol n'est pas altéré par le feu de la même manière que l'azote puisque il est peu volatile et difficilement lessivé. Néanmoins, le brûlage de la végétation et des litières modifie fortement sa disponibilité notamment en minéralisant le phosphore organique en orthophosphate (Cade-Menun *et al.*, 2000 Certini, 2005). Cette disponibilité du phosphore dans le temps est fortement variable et dépend de nombreux facteurs (in Cézanne, 2011).

La disponibilité d'autres nutriments est également affectée par le feu mais dans une moindre mesure et à plus court terme. Cette disponibilité dépend évidemment du type de nutriments, des espèces végétales qui ont brûlé, des propriétés du sol, des processus de lessivage (Kutiel et Shaviv, 1992) et de leur solubilité. Khanna et Raison, (1986) montrent que les concentrations en  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{SO}_4^{2-}$  dans la solution du sol augmentent immédiatement après incendie (in Cézanne, 2011).

## II.3. Propriétés biologiques

Les effets d'un incendie sur le sol dépendent de l'intensité et la durée du feu, du type de végétation et des paramètres physico-chimiques du sol tels que l'épaisseur des horizons, la Qualité et la quantité de la matière organique et la porosité (DeBano et al., 1998).

Les couches superficielles du sol, où l'abondance et l'activité des micro-organismes sont les plus importantes, et plus impactés par les incendies (Neary et al., 1999). L'élévation de la température induite par le feu entraîne une diminution de la biomasse microbienne (DeBano et al., 1998; Pietikäinen, 1999) pouvant aller jusqu'à la quasi stérilisation des Couches superficielles (Prieto-Fernández et al., 1998)

L'humidité des sols est le facteur majeur qui contrôle l'impact du feu sur les propriétés biologiques des sols. En effet, Choromanska et DeLuca, (2002) in Cézanne, (2011) ont montré que, sous l'effet du feu, la vitesse de propagation des températures augmentait avec l'humidité des sols, probablement à cause d'une meilleure conduction de la chaleur par l'eau par rapport à l'air, ce qui engendrait une perte supérieure de biomasse microbienne.

## III. Interface sol-racine

Au voisinage des racines fines se trouvent une interface fonctionnelle essentielle entre la plante et le sol, cette zone de transition sous l'influence de la racine est la «rhizosphère». Ce terme rhizosphère (rhiza: racine, sphair: ce qui entoure) a été proposée pour décrire la zone de sol qui entoure la racine et qui est directement ou indirectement influencée par celle-ci (Gobatet al., 1998).

### III.1. Définition de la rhizosphère

La rhizosphère peut être définie comme la zone du sol immédiatement en contact avec le système racinaire des plantes et qui est sous son influence (Chen et *al.*, 2006 ; Zhu et *al.*, 2006). L'extension de la rhizosphère varie avec la nature de la plante, les éléments nutritifs considérés et les propriétés physiques du sol. Ainsi, pour les éléments peu mobiles tels que le phosphore et la plupart des oligoéléments, l'extension de la

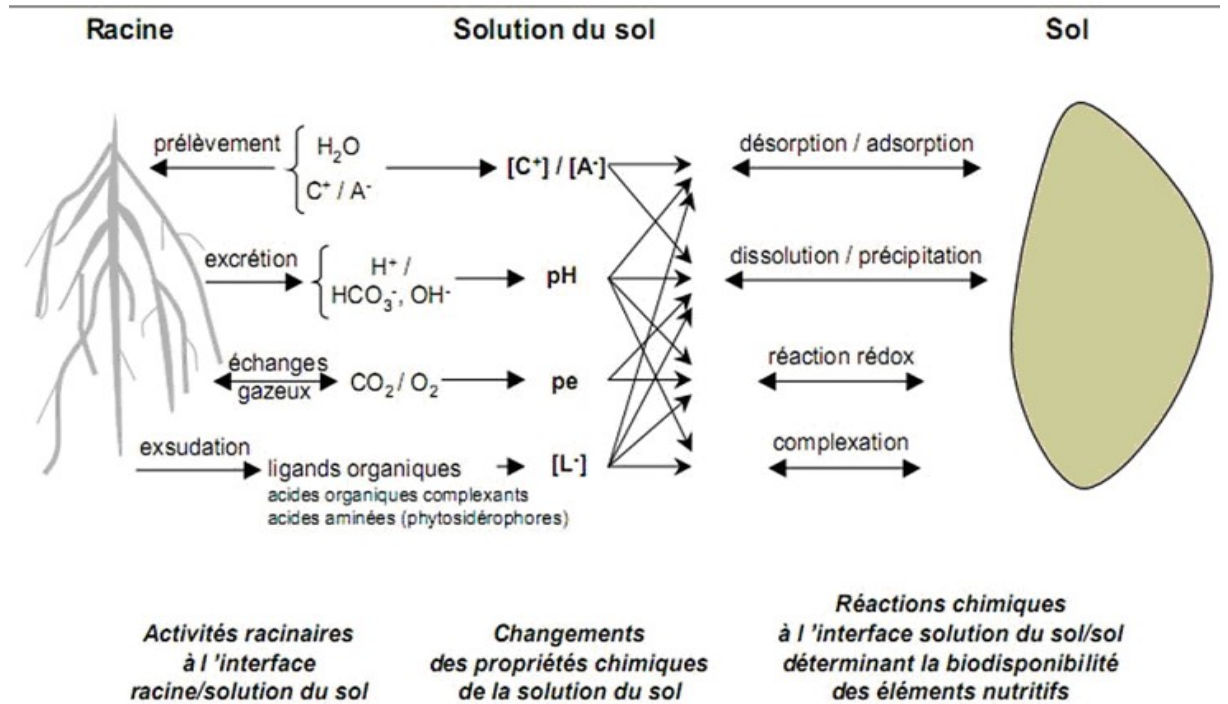


Figure 3 : représentation schématique de la rhizosphère (Hinsinger, 2001).

Rhizosphère est souvent limitée à moins d'un millimètre alors que pour des éléments fortement mobiles, tels que l'azote sous forme de nitrates, la rhizosphère peut s'étendre sur quelques centimètres (Hinsinger, 1998 ; Chaignon, 2001 ; Hinsinger et *al.* 2005).

**III.2. Effet rhizosphérique**

Hinsinger et *al.*, (2005) définissent l'effet rhizosphérique comme étant toute modification des caractéristiques physiques, chimiques et biochimiques du sol provoquées par la racine. Ils expliquent ce phénomène par le fait de prélèvements racinaires d'eau et d'éléments minéraux, mais surtout par la libération des composés organiques (Marschner, 1995 ; Gregory, 2006 ; Jones et al., 2009). Ce processus est défini comme la rhizodéposition (Alexis 1988, Nguyen, 2009).

La rhizodéposition consiste en l'accumulation des substances organiques et minérales émises par la partie active des racines.

Les rhizodépôts sont constitués majoritairement de composés carbonés mais également, en quantité moins importante, de composés azotés (Rovira, 1969). Il est désormais admis qu'en moyenne 20% du carbone assimilé (Hinsinger et *al.*, 2005), 40% ou plus de la matière sèche (Lynch et Whipps, 1990) produite par les végétaux supérieurs via la photosynthèse sont émis par les racines vivantes dans le sol.

D'une façon plus générale, la libération d'une partie des photosynthétats dans le sol contribue à la formation des sols. La rhizodéposition comprend différents composés organiques, certains libérés de façon active (sécrétions, mucilages) d'autres de façon passive (exsudats, lysats). Ces composés gélatineux de nature polysaccharidique produits à la fois par les racines et les populations microbiennes de la rhizosphère. Ainsi, le contact entre les particules de sol et la surface racinaire est favorisé avec une amélioration du transfert des éléments minéraux et de l'eau vers les racines en plus de la facilité de progresser dans le sol.

**III.3. Fonctionnement de la rhizosphère**

Les rhizodépôts représentent une source d'énergie et d'éléments nutritifs qui stimulent la croissance des communautés microbiennes hétérotrophes (Stengel et Gelin, 1998 ; Gregory 2006, Nguyen 2009). Celles-ci vont être sensiblement plus denses que celles du sol indemne d'activité racinaire (Darrah 1993 ; Arocena et Glowka, 2000 ; Nguyen et Henry 2002). Cependant, l'abondance et la diversité des populations diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la racine (Davet, 1996).

Le premier processus chimique qui a été décrit dans la rhizosphère est une conséquence directe de la principale fonction des plantes : l'absorption de l'eau et des nutriments par la racine, responsable de considérables changements dans la concentration des solutés (Hinsinger et *al.*, 2006).

La rhizosphère et les processus qui s'y déroulent sont fortement influencés par les molécules et les ions organiques ou inorganiques libérés par les racines. Ces derniers peuvent directement mobiliser des éléments nutritifs, mais ils peuvent également modifier certaines conditions du milieu comme le pH qui est influencé par l'excrétion de substances racinaires (Alexis, 1988).

Le pH est un paramètre que les racines peuvent directement modifier (Hinsinger et *al.*, 2009) à travers de multiples processus parmi lesquels, principalement, la respiration racinaire et la libération de  $H^+$  ou  $OH^-$  pour compenser un excédent net de cations ou d'anions (Hinsinger et *al.*, 2001). Ainsi, le pH de la rhizosphère peut différer de une à deux unités pH de celui du sol distal (Hinsinger et *al.*, 2005 ; Maraschner et Römheld, 2006).

Cette différence peut être due à plusieurs phénomènes tels que les prélèvements racinaires des cations  $K^+$  et  $Ca^{2+}$  qui sont accompagnés d'excrétion d'acides (protons  $H^+$  et acides organiques), contribuant ainsi à l'acidification du sol (Darrah et Jones, 1994) ou encore à une plus importante absorption de cations ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ) que d'anions ( $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ) par les racines (Hinsinger, 1998), c'est le déséquilibre ionique (Grinsted et *al.*, 1982). Dans les sols légèrement acides et pauvres en azote, les plantes acidifient leur rhizosphère par la libération de protons résultant d'un prélèvement moindre en anions qu'en cations, parce que l'azote est soit faiblement disponible, soit il est sous forme de  $NH_4^+$  plutôt que sous la forme de  $NO_3^-$  (Turpault et *al.*, 2003 ; Girard et *al.*, 2005).

#### **IV. Importance de la subéraie dans la réhabilitation des sols**

La subéraie offre une série d'avantages que ce soit en matière de régulation du régime des eaux ou de lutte contre les érosions ce qui, selon Quézel, (1976) in Benseghir, (2002) en fait un milieu où se concrétise l'équilibre le plus stable entre la végétation et le milieu édaphique ou climatique (Adouane, 2011).

Il faut souligner cependant, que ce genre d'écosystème influe de façon sensible sur les conditions climatiques en induisant, notamment une augmentation considérable de l'humidité atmosphérique. La forêt atténue l'évapotranspiration, modère la vitesse des vents et favorise les précipitations. Elle intervient sur la qualité de l'air, en épurant ce dernier par la fixation de polluants (recyclage) et en le purifiant par diffusion d'essences et de composés volatiles (Ouelmouhoub, 2005).

Sur le plan édaphique, la subéraie permet le maintien des sols, elle assure une protection physique et une stabilisation en diminuant le risque d'érosion des crues torrentielles et les chutes de pierres (Abdelghafour, 1974 in Adouane, 2011). En raison de la constitution du liège et de ses qualités intrinsèques, la subéraie est au centre d'enjeux écologiques importants puisqu'elle développe une résistance remarquable contre les incendies et offre l'avantage de reconstituer rapidement une importante couverture végétale.

Bonin (1992) in Benseghir (2002), souligne également la faculté de régénération remarquable du chêne-liège face à l'action de destruction humaine puisque seul l'arrachage de ses racines peut venir à bout de cet arbre.

Par ailleurs, en raison sans doute de sa longévité et de sa stabilité, la subéraie est le biotope forestier par excellence qui abrite un grand nombre d'espèces animales, mais également végétales.

Pour la conservation de la couverture pédologique, l'écosystème subéricole algérien présente sous forme de futaie ouverte de chêne-liège à sous-bois constitué de bruyère, arbousier, cytise à trois fleurs, Asphodèle, Ronce sauvage, lentisque, Myrte, Ciste à feuilles de sauge, Olivier, Lavande stoechade, Menthe, Thym... ou de maquis denses (arborés) provenant d'anciens incendies (Adouane, 2011).

I. Situation administrative et géographique

La subéraie de Taksebt est une forêt domaniale, rattachée administrativement au district d’Azzazga. Cette forêt est localisée dans la commune de Zekri à environ de 70 Km du chef –lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou et s’étend sur une superficie de 9851 hectare (Laguel et Tahir, 2013).

Les coordonnées de cette forêt sont comprises entre 36° 46' 39.42"N et 4° 37' 42.07"E.Elle est limitée au nord par la commune d’Ait-Chaffa, à l’est par la Wilaya de Bejaia, à l’ouest par les communes d’Ait-Chaffa et de Yakouren et au sud par la Wilaya de Bejaia.



Figure 4 : carte de situation géographique et administrative de la commune de zekri

### II. Description de la station étudiée

La zone d'étude s'étend sur une superficie de 9 ha avec une exposition générale nord – ouest. Le chêne liège se trouve à l'état pur mais impacté négativement par l'action anthropique et les incendies récurrents. Dans cette forêt la pente varie entre 10-25%.

La végétation de la forêt de Taksebt est formée de trois strates ; arborescente, arbustive et herbacée. Le *Quercus suber* L. est dominant malgré les dégâts subis, la strate arbustive diffère d'un point à un autre, composée de bruyère, (cytise et l'arbusier. Les espèces rencontrées de la strate herbacée sont les fougères, daphné) et le dys qui sont connus comme des espèces indicatrices des sols dégradés.

La faune de la forêt de Taksebt est peu connue, pratiquement peu d'études existent si ce n'est celles en cours de réalisation au sein du laboratoire ressources naturelles de l'UMMTO.



→ : Chêne liège

→ : Le sous-bois avec dominance de bruyère

**Figure 5 : état de la végétation de la zone d'étude**

Toutefois, un projet de mis en défens est mis en place depuis 2014. Malgré les efforts fournis, nous avons remarqué que le taux de survie des plants de chêne liège était très faible.

**III. Synthèse bioclimatique**

Certains auteurs distinguent le climat à partir de certains paramètres, les précipitations et les températures sont les plus importantes.

La zone d'étude se situe dans l'étage de végétation thermo-méditerranéen à variante tempérée, la température maximale est de 28.84 pour le mois d'aout et la température minimale est de 10.95 pour janvier. Néanmoins, les précipitations s'étalent du mois de septembre au mois de mai et le reste de l'année c'est sec.

**III.1. Pluviométrie**

La pluviométrie annuelle de Tizi-Ouzou diminue sensiblement du nord vers le sud ainsi que des sommets vers les plaines. Les précipitations les plus abondantes sont enregistrées au niveau des massifs les plus élevés (l'O.N.M de Tizi-Ouzou). Les moyennes mensuelles des précipitations ont été enregistrées au niveau de la station de l'O.N.M de Tizi-Ouzou (2005-2015) sont présentés dans le tableau comme suit:

**Tableau. 1 :** Précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station de Tizi-Ouzou période (2005-2015).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
<b>P (mm)</b>	114.62	124,19	112,1	80,33	69,24	16,8	3,11	6,18	43,21	72,65	126,99	112,8	882,3

(Source: ONM de Tizi-Ouzou, 2015)

### III.2. Température

Pour l'analyse thermique de Tizi-Ouzou, les températures minimales et maximales ont été prises en considération. La station météorologique de Boukhalfa qui est proche de notre zone d'étude, nous a fourni des données climatiques plus ou moins complètes pour la période 2005-2015. Les moyennes thermiques mensuelles de la station d'étude pour la période de 2005-2015 sont données dans le (tab.2):

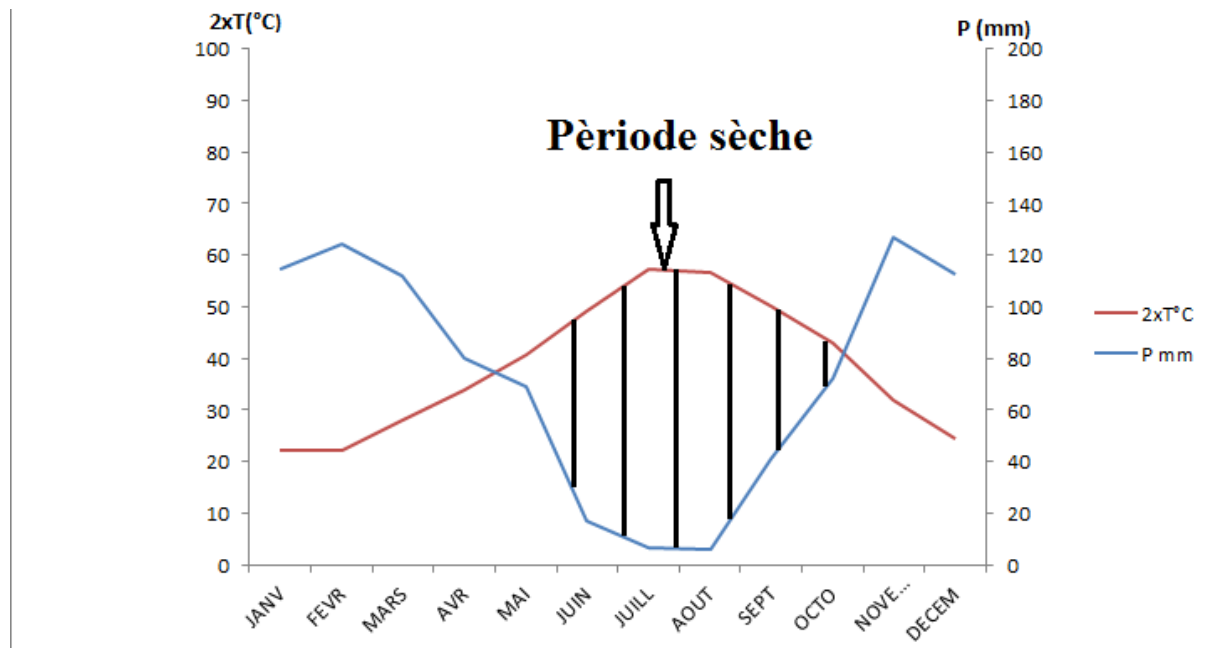
**Tableau.2 :** Répartition des températures moyennes mensuelles (°C) de la station de Tizi-Ouzou période (2005-2015).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T(°C)	10,73	10,8	13,23	16,42	19,63	23,94	28,02	28,03	24,23	20,53	15,18	12,07

(Source: O.N.M de Tizi-Ouzou, 2015)

### III.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Bagnouls et Gaussen ont établi un diagramme qui permet de dégager la durée de la période sèche en s'appuyant sur la comparaison des moyennes mensuelles de températures en degrés Celsius avec celles des moyennes mensuelles des précipitations en mm, en admettant qu'un mois est sec lorsque le double de la température moyenne mensuelle est supérieure ou égale à la moyenne mensuelle des précipitations ( $P \text{ mm} < 2T^{\circ}\text{C}$ ), (Bagnouls et Gaussen 1953, in Meddour., 1992).



**Figure 6 :** diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausse pour la région de Tizi – Ouzou période (2005-2015)

La synthèse climatique nous révèle que la subéraie de Taksebt subit des saisons sèches importantes. Cette période sèche est nettement marquée, elle est de 5 mois, allant du mois de mai jusqu'à la mi-octobre (Fig. 6). Cette variation climatique impactera d'une manière significative la récurrence des incendies et la dynamique de la végétation de cet écosystème. Par ailleurs la réussite du projet de reboisement et de réhabilitation de ces sols seront liés à la gestion de la ressource hydrique.

### I. Échantillonnage des sols

Nous avons réalisé l'échantillonnage du sol le 12 novembre 2016 dans la forêt de Taksebt, commune de Zekri. Les points de prélèvement ont été choisis en fonction du couvert végétal et de la récurrence des incendies. Six arbres adultes de *Quercus suber* L., ont été marqués et sélectionnés, d'une manière aléatoire. Cette station est géologiquement homogène. A l'aide d'un quadrat de  $(25 \times 25 \times 10)$  cm<sup>3</sup> (Fig.7), nous avons prélevé quatre (04) profondeurs sous chaque arbre.



Figure 7 : méthode de prélèvement

---

Pour chaque profondeur échantillonnée nous avons trié et séparé les sols rhizosphériques des sols globaux, les analyses physico-chimiques ont été effectuées sur ces fractions.

## II. Etude analytique

L'analyse des sols permet de suivre l'état de la fertilité du sol. Mais avant d'y procéder il faut d'abord mettre les sols à sécher à l'air libre pendant deux semaines environ, puis les broyer avant de les tamiser au crible de deux millimètres de diamètre. Par la suite il faut les conserver dans un endroit sec à une température ambiante. Nous avons procédé aux différentes analyses suivant les méthodes standards de pédologie (Jackson, 1967).

### II.1. Analyses physiques

Les propriétés physiques des sols peuvent être considérées comme des qualités ou des défauts, selon qu'elles favorisent ou non le développement des plantes (Duchaufour, 1968).

#### II. 1. 1. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique est déterminée selon la méthode internationale par l'emploi de la pipette de Robinson. Les étapes adoptées sont :

- la destruction de la matière organique par l'eau oxygénée ( $H_2O_2$ ) ;
- la dispersion des particules par l'examétoposphate de Na avec une agitation mécanique ;
- prélèvements des échantillons de la suspension au cours de la sédimentation à une profondeur et à des moments bien précis pour isoler les fractions fines du sol (argiles et limons fins) ;
- séparer après siphonage et par tamisage avec des mailles conformes (tamis 200 microns pour les sables grossiers, tamis 50 microns pour les sables fins) puis séchées à l'étuve à 105°C les sables grossiers et fins ;
- détermination des limons grossiers par différence.

La classe texturale est définie selon le triangle des textures (Duchaufour, 1995).

## II.2. Analyse chimique

### II.2.1. Mesure de l'acidité des sols

L'acidité du sol est définie par la concentration en ions  $H^+$ . Le pH se mesure avec un pH-mètre sur une suspension de sol bien déterminée.

#### a) Le pH eau

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre sur une suspension de terre fine dont le rapport sol/eau est de 1/5.10g de la terre fine et 50 ml d'eau distillée sont agités pendant 10 mn puis laissés reposer pendant 2 heures.

Introduire l'électrode dans la solution et lire la mesure correspondante.

#### b) Le pH $KCl$

Peser 10 g de terre fine en joutant 50ml de la solution chlorure de potassium 1N.

Agiter pendant 10 mn à l'aide de l'agitateur va et vient ; laisse reposer pendant 2 heures et faire la lecture du  $pH_{KCl}$ .

### II.2.2. Carbone organique

Le carbone organique contenu dans le sol est déterminé par la méthode d'Anne. C'est une oxydation par voie humide du carbone organique par un mélange de bichromate de potassium et d'acide sulfurique. L'excès de bichromate est titré par le sel de Mohr (sulfate d'ammonium et de fer) en présence de diphénylamine et du fluorure de sodium dont la couleur passe du violet au vert.

Le mode opératoire est comme suit :

- peser 0,25g de terre fine pour les horizons superficiels et 0,5 pour les profonds dans un bécher ;
- ajouter 10 ml de solution de bichromate de potassium à 8% ;
- ajouter 15 ml d'acide sulfurique concentré et recouvrir avec un verre de montre ;
- mettre à ébullition modérée pendant 5 mn compter après la formation de la première goutte de condensation ;
- après refroidissement, transvaser dans des flacons de 200 ml et ajuster avec de l'eau distillée ;

- prélever 20 ml de cette solution et les transvaser dans un Erlen Meyer puis diluer à 150 ml avec l'eau distillée ;
- ajouter 3 à 5 gouttes de diphénylamine, c'est l'indicateur de coloration ;
- ajouter 5 ml de NaF à 3% ;
- ainsi l'excès des bichromates de potassium est titré avec la solution de sel de Mohr, la couleur passe du brun violet au vert.

Le taux de matière organique est estimé par la formule suivante :

$$\text{MO\%} = \text{C \%} \times 1,72$$

### II.2.3. Dosage du phosphore assimilable par la méthode Olsen

Cette méthode consiste à extraire le phosphore du sol par le bicarbonate de sodium à 0.5M dont le pH est ajusté à 8,5. Le dosage est basé sur la formation et la réduction d'un complexe chloromolybdique de coloration bleu, après l'ajout de l'acide ascorbique. L'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration en orthophosphate. La solution est passée au colorimètre à une longueur d'onde de 660 nm, après avoir préparé minutieusement une gamme étalon avec du  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (Boudiaf Nait Kaci, 2014).

Le mode opératoire consiste à suivre les étapes suivantes :

- peser 5g de la terre fine et les introduire dans un Erlen Meyer ;
- ajouter 100 ml de la solution d'extraction  $\text{NaHCO}_3$  à pH : 8,5 ;
- agiter pendant 30mn ;
- filtrée avec du papier sans cendres ;
- prélever 5 ml du filtrat et verser les dans une fiole jaugée de 25 ml ;
- ajouter 5 ml de la solution de molybdate d'ammonium et agiter légèrement ;
- ajouter 0.5 ml de la solution d'acide ascorbique ;

- quand le dégagement de gaz carbonique s'arrête, ajouter avec de l'eau déminéralisée ; bien agiter par renversement ;
- après 15 mn passé au colorimètre à 660 nm

### **III. Analyse statistique**

Afin de caractériser les propriétés physiques et chimiques des sols sous *Quercus suber* L., d'évaluer l'ampleur de l'effet racinaire et des incendies, les résultats obtenus sont soumis à un test de normalité des variables, et une fois ce test confirmé on passe à l'analyse de la variance de ces propriétés en utilisant les logiciels StatBox et Statistica.

## I. Morphologie et description du sol

La description et l'organisation morphologique des sols se fait en tenant compte de la texture, la couleur, la présence du calcaire et la structure. Ces caractéristiques nous aideront d'une part à comprendre la genèse et d'autre part l'essentiel de leur fertilité (Ruellan, 2006).

Dans cette forêt, la nature du sol semble être très influencée par la nature du matériau parental dominé par les grès numidiens, le type de climat et l'action anthropique. Le problème, prévisible, est que cette occupation humaine, qui s'est beaucoup accélérée, se fait, le plus souvent, dans des conditions désastreuses. Elle conduit à la destruction totale de cet écosystème, qui est biologiquement et économiquement très riches et qui joue, localement et régionalement, des rôles écologiques fondamentaux, en particulier dans les domaines économique, hydrologique et atmosphérique. Le développement durable en réhabilitant cette forêt est-il possible d'où notre intérêt à cette subéraie et quelle est la meilleure démarche à suivre. De nombreuses expériences sont en cours comme celles menées sur l'étude de la faune et la flore. Cependant, il est à signaler que nous nous sommes basés sur la présence des signes de dégradation liés à la récurrence des incendies en tenant compte du suivi du projet de mise en défens.

### I.1. Fiche descriptive du profil pédologique

Date de prélèvement : 6 mai 2015

Temps : ensoleillé

Climat : frais

Localisation : versant sud de la forêt de Magoura Taksebt Zekri

Exposition : ouest

Pente : 5 %

Latitude : 36°46'41.76" N

Longitude : 4°37'39.08"E

Altitude : 798 m

Végétation : *Quercus suber* L. peu abondant et dans un stade de dégradation avancée.

Sous-bois à dominance de :

*Erica arborea*, *Phyllaria engrustifolia*, *Genista tricuspidata*, *Ampelodesma mauritanica*, *Myrtus communi*, *Cistus menstpeleensis*, *Cistus salvifolius*, *Calycotone spinosa*, *Asphodelus microcarpus*, *Crataegus monogyna*, *Arbutus unedo*, *Lavandula angustifolia*.

Les orchidées et les lichens sont observés avec une abondance et diversité importantes.

Roche mère : alternance de couches de grés et d'argiles.

Erosion : pas de traces visibles à l'érosion

Sol : représenté par un profil de type : A<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>, (B), C (Fig. 8).

## I.2. Description de profil

Horizon A<sub>0</sub> : horizon organique composé de litière avec un humus peu dégradé.

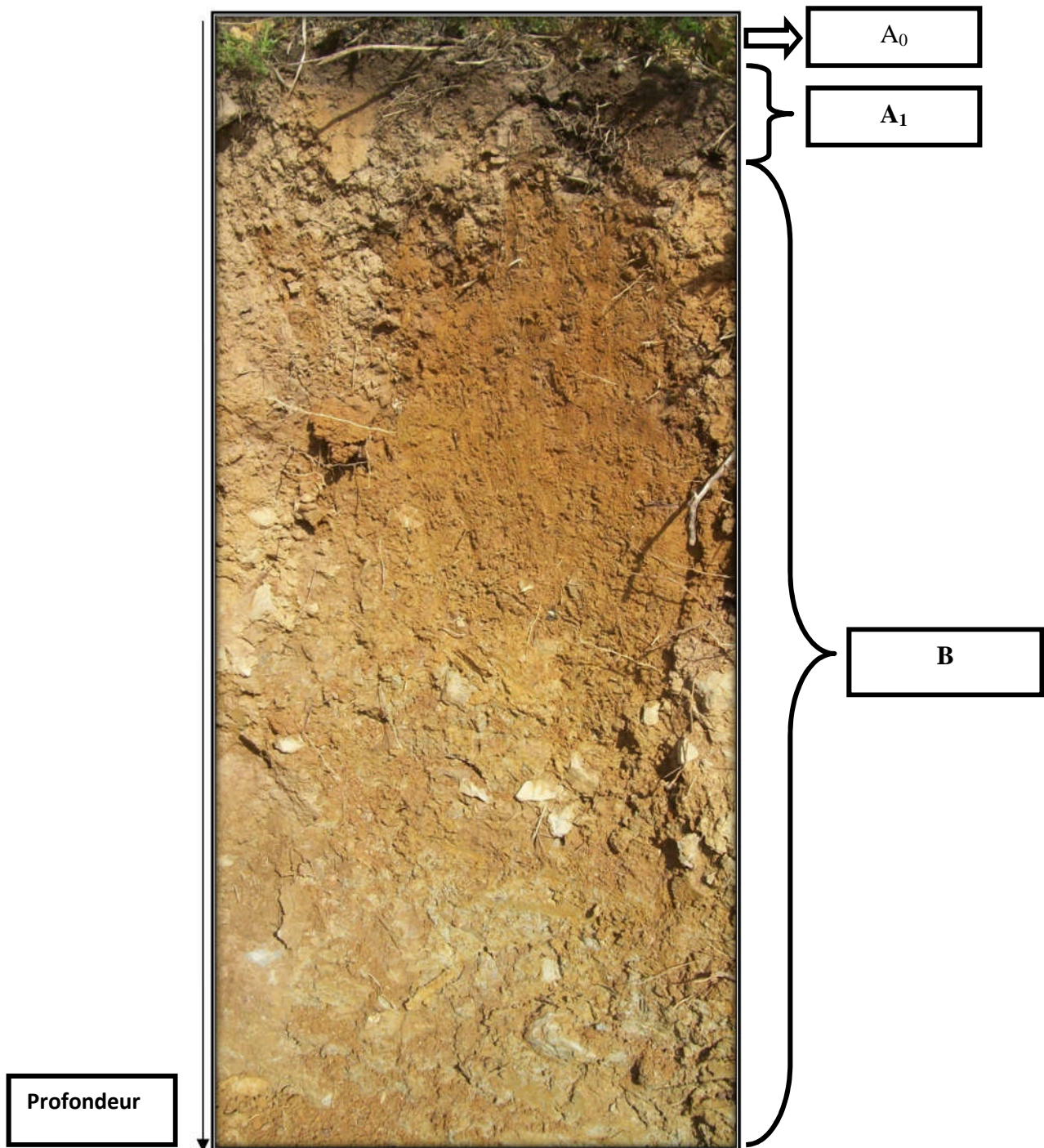
Horizon A<sub>1</sub> : **0 - 8cm**, sec et de couleur noir, l'écrasement du sol à la main laisse des taches noires qui sont dues au charbon très apparent issu des incendies. Racines abondantes, faible présence d'éléments grossiers. Moyenne activité biologique. La transition est diffuse.

Horizon (B) : subdivisé en deux parties bien distinctes.

**8- 54 cm.** Couleur brune claire avec des taches rouges, texture limono-argilo-sableuse, structure polyédrique subangulaire, peu compact au test du coteau, racines et éléments grossiers peu abondants, faible activité biologique.

**54- 102 cm.** Cet horizon est surmonté par une charge caillouteuse dans les quinze premiers centimètres de couleur brune claire. Le reste de l'horizon est en vert clair qui est due aux argiles ; pas d'activité biologique, absence de racines et faible présence des éléments grossiers, une texture argilo-limoneuse.

Il est à mentionner que le test à l'HCl, le long du profil, ne donne aucune effervescence, ce qui signifie l'absence de calcaire. Par contre l'observation des taches rougeâtres est liée à l'oxydation du fer et les verdâtres à la présence des argiles fines. Cette synthèse est déduite après plusieurs prospections dans la zone d'étude. Cette description morphologique nous permet de dire que le sol de cette forêt est un Cambisol (WRB, 1998).



**Figure 8:**profil pédologique du sol de la subéraie incendiée.

## II. Caractéristiques physiques et chimiques

Les résultats des caractéristiques physiques et chimiques des sols de la subéraie de Taksebt sont discutés en se référant aux normes d'interprétation proposées dans le mémento de l'agronome, (1993).

### II.1. Analyses physiques

#### II.1. 1. Granulométrie

L'analyse granulométrique nous indique que l'ensemble des sols a une texture limoneuse à limono-argileuse (Fig. 9). Nous signalons que l'analyse granulométrique est effectuée uniquement pour trois arbres, ceci est dû au manque de moyens au niveau du laboratoire. Cependant, cette analyse est déjà faite plusieurs fois par Laguel et Tahir, (2013) Allam et Saad, (2015), les différences entre les points de prélèvement n'étaient importantes, ce qui confirme l'homogénéité de la lithoposéquence étudiée si ce n'est pour vérifier l'effet de la récurrence des incendies sur les propriétés des sols.

Cependant, une légère différence des pourcentages des fractions est observée entre les sols globaux et les sols rhizosphériques (Fig.9). Les taux d'argiles et limons fins enregistrés sont importants dans les sols globaux comparativement aux sols rhizosphériques, contrairement aux limons grossiers qui sont plus élevés dans la rhizosphère.

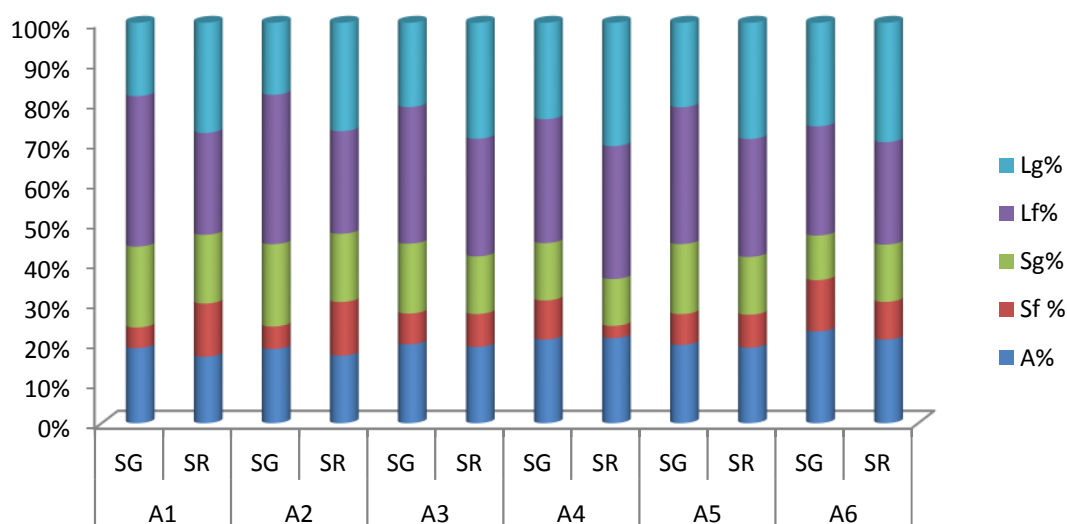


Figure 9 : résultats de l'analyse granulométrique

Cette variation au niveau de l'interface racinaire peut s'expliquer par une forte altération des grès numidiens dans cet écosystème fragilisé par les incendies récurrents. Cependant, ce type de classe texturale est favorable pour l'enracinement des végétaux, ce qui explique la présence des racines sur toutes les profondeurs explorées. Il est connu que ce type de textures facilite le drainage des sols avec une influence positive sur l'enracinement des plantes (Callot *et al.*, 1982).

## II. 2. Analyses chimiques

### II. 2. 1. pH eau

Les pH des sols étudiés sont fortement acides, oscillant entre 4,45 et 6,60 (Fig. 10). Une légère augmentation de ces derniers est observée dans les sols globaux par rapport aux sols rhizosphériques (Tab.3), cette variation est non significative. Néanmoins, ces pH diminuent (Fig. 10) de façon très hautement significative de la surface vers la profondeur ( $P=0,00001$ ).

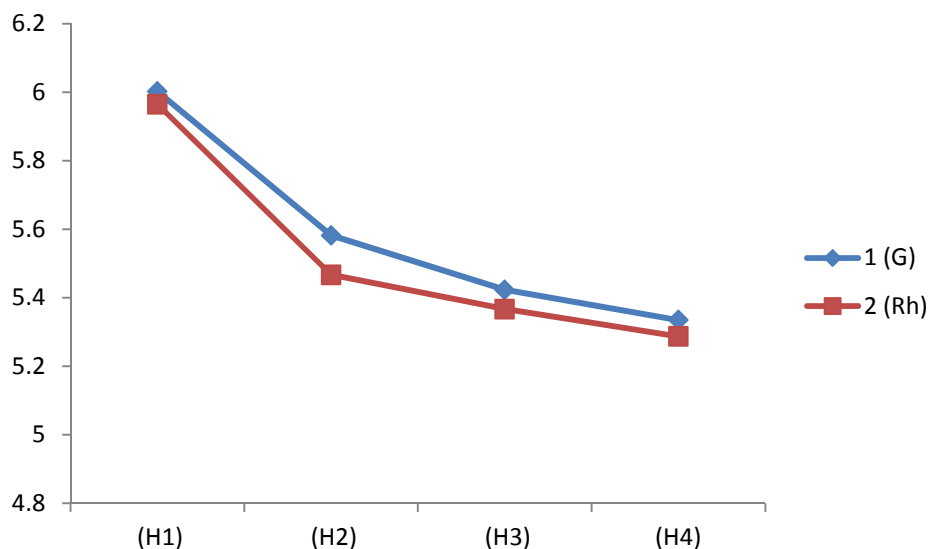


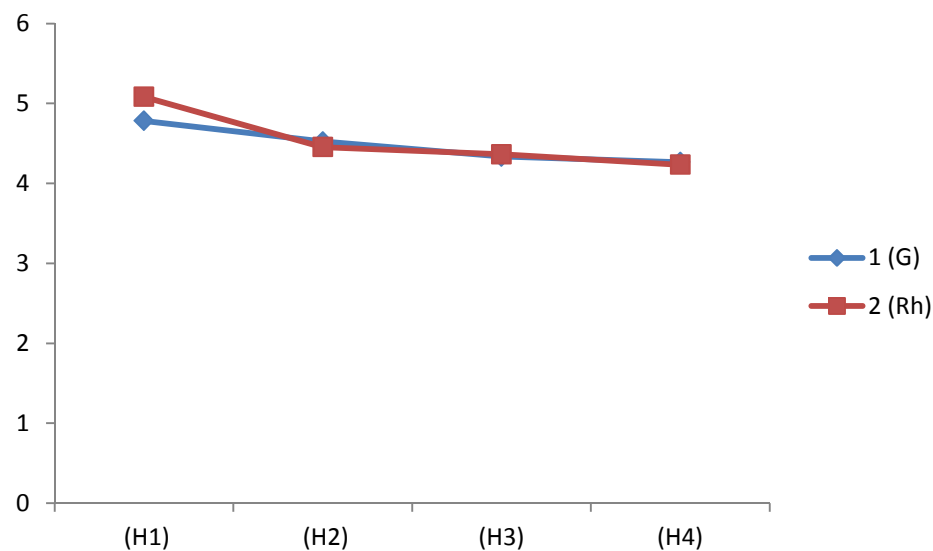
Figure 10: pH eau des sols selon la profondeur

Le test de NEWMAN-KEULS (Tab 4) au seuil d'erreur  $\alpha = 5 \%$  fait ressortir deux groupes homogènes, le groupe B regroupant les horizons 2/3 et 4 avec des moyennes de 5,52/5,39 et 5,31, tandis que l'horizon 1 se situe dans le groupe A qui présente la plus grande valeur qui est de 5,98.

### II. 2. 2. $\text{pH}_{\text{KCl}}$

Les résultats des  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  sont très fortement acides. Cette variation est importante dans les sols rhizosphérique mais d'une manière non significative. Toutefois, l'analyse statistique a révélé que l'acidité potentielle varie en fonction de la profondeur, ce gradient est très hautement significatif ( $P=0,00003$ ).

La différence moyenne entre les  $\text{pH}_{\text{eau}}-\text{pH}_{\text{KCl}}$  est de 1,11 pour les sols globaux est de 1,01 pour les sols rhizosphérique ce qui indique une acidité échangeable élevée et la saturation des sols en  $\text{H}^+$  (Bonneau et Souchier 1994).



**Figure 11:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  des sols par profondeurs.**

Duchaufour, (1995), affirme que le pH s'abaisse en raison de l'émission de protons par les racines lors de l'absorption des cations tels que  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{NH}_4^+$  et la libération des composés organiques acides (Bonneau et Souchier, 1994, Turpault et *al.*, 2006). Selon Jaillard (2001), la respiration des racines et des microorganismes qui lui sont associés contribue également à la diminution du pH de la rhizosphère en augmentant la concentration en acide carbonique. En somme, le pH de la rhizosphère est toujours plus acide que celui du sol distal à cause des protons  $\text{H}^+$  libérés par les racines et leur diffusion dans le sol et aussi l'exsudation racinaire (Darrah et Jones, 1994).

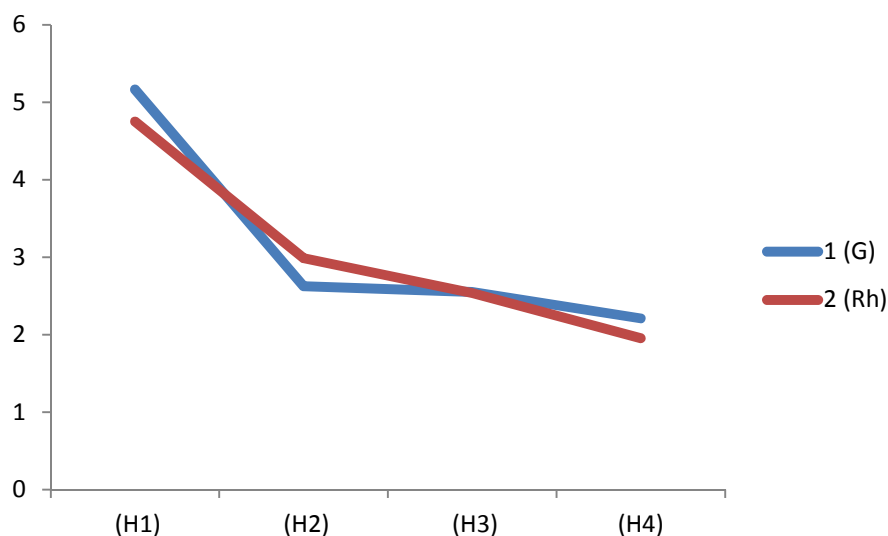
Les racines sont responsables des changements du pH rhizosphérique par plusieurs processus, il peut varier de 1 à 2 unité (Hinsinger et *al.*, 2005).

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 libérés dans la solution du sol. Leur hydrolyse produit des ions  $H^+$  contribuant ainsi à acidifier le sol (Duchaufour., 1995.). Cependant, l'activité racinaire et celle de la microflore associée sont à l'origine de modifications des propriétés biochimiques et microbiologiques (Arvieu, 1998 ; Stengel et Gelin, 1998 ; Römheld et Neumann, 2006) et minéralogiques (Turpault et *al.*, 2009) des sols à proximité immédiate des racines actives.

#### II.2.4. Carbone organique

Le taux de carbone organique varie dans les deux fractions du sol avec une légère augmentation dans les sols globaux d'une manière non significative ( $P=0,81$  Tab.3), cependant la diminution du carbone du sol avec la profondeur est très hautement significative ( $P=0$  Tab. 3)

Le taux moyen de carbone varie de 2.61% pour les sols globaux à 2.60% pour les sols rhizosphériques.



**Figure 12 : résultats du carbone organique**

Le test de NEWMAN-KEULS (Tab.5) au seuil d'erreur  $\alpha = 5\%$  fait ressortir deux groupes homogènes, le groupe B regroupant les horizons 2/3 et 4 avec des moyennes de 2,80/2,54 et 2,08, tandis que l'horizon 1 se situe dans le groupe A qui présente la valeur la plus élevée qui est de 4,95.

De façon générale, le carbone du sol augmente dans le sol rhizosphérique par rapport au sol global à toutes les profondeurs. Cette différence peut s'expliquer par le fait que les racines exsudent des composés variés (minéraux et organiques), les plus essentiels sont de nature organique, qui sont la source principale de carbone pour les micro-organismes dans le but reconstituer la matière organique dans le sol (Sollins et *al.*, 1996 ; Uren, 2000 et Bertin et *al.*, 2003).

L'importance de la matière organique légère dans tous les sols particulièrement dans les horizons de surface est liée aux apports de la matière organique fraîche d'une part, d'une minéralisation primaire d'autre part. Deux à trois ans après une dégradation, le sol perd jusqu'à 50% du stock du carbone initialement présent (Lounis, 1998).

En plus de la nature du matériau parental, le climat et la végétation jouent un rôle dans la teneur des sols en carbone organique (Klimek et *al.*, 2009).

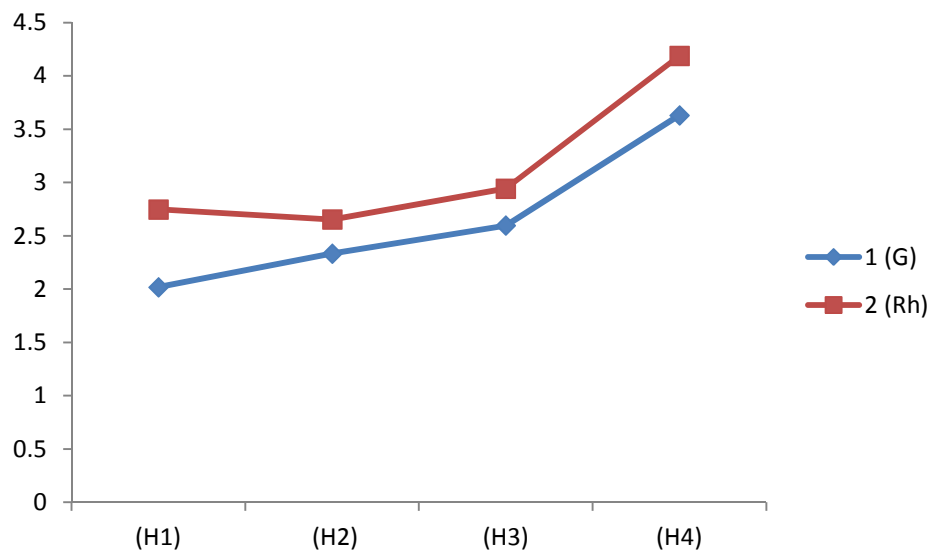
L'effet rhizosphérique est lié au flux de carbone considérable exsudé par les racines et la rhizodéposition (Czanes et *al.*, 2000 ; Hinsinger, 2001). Il est désormais admis qu'en moyenne 20% du carbone assimilé par les végétaux supérieurs, sont exsudés et libérés dans le sol par les racines (Hinsinger et *al.*, 2005). Ces exsudats représentent une source d'énergie et d'aliments nutritifs pour les microorganismes qui sont impliqués dans la dynamique et l'augmentation de la matière organique (Morel, 1989 ; Hinsinger, 2000).

#### **II.2.6. Phosphore assimilable**

La méthode d'extraction utilisée dans cette étude est reconnue comme la plus adéquate pour évaluer la concentration en orthophosphates qui peut être biodisponible dans l'interface échange sol-racine. La connaissance de cette interface, permet une meilleure prise en compte des besoins des plantes. Afin de comprendre la durabilité du système de production des milieux forestiers dans un environnement changeant avec une évaluation de l'adaptation (Boudaif Nait Kaci, 2014). Selon les normes d'interprétation utilisées (Annexe 6) les teneurs en phosphore assimilable dosé selon la méthode Olsen sont très faibles.

Les résultats ont révélé une légère augmentation de cet élément dans les sols rhizosphériques par rapport aux sols globaux. Cette différence est non significative ( $P=0,4542$  Tab. 3).

En revanche, les concentrations en phosphore augmente avec la profondeur, mais cette variation n'est pas significative ( $P=0,31$ ).



**Figure 13 : variation de phosphore assimilable**

Test de NEWMAN KEULS non significatif

Les faibles teneurs en ions phosphates dosées 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).

L'augmentation de phosphore au voisinage des racines peut être due à l'acidification du milieu, selon (Mousain, 1997) la disponibilité en orthophosphate de la rhizosphère augmente avec l'acidité de sol, elle favorise le passage du phosphore sous forme  $H_2PO_4^-$ .

Les processus racinaire qui se déroulent dans cette zones tel que la respiration et l'absorption d'eau et de nutriments en font un milieu complexe et hétérogène très singulier en terme de caractéristiques physiques (Hisinger et al., 2005), physicochimiques (pH, minéraux, potentiel hydrique) ou biologiques (densité et stimulation de l'activité microbienne) en comparaison avec le sol distal (Stengel et Gelin, 1998 ; Romheld et Neumann, 2006).

**Tableau 3 : analyse de la variance des propriétés chimiques étudiées.**

		S.C.E	DDL	C.M	TESTE F	PROBA	E.T	C.V
pH <sub>eau</sub>	VAR.TOTAL	6,9	47	0,147				
	VAR.FACTURE1	3,235	3	1,078	11,967	0,00001		
	VAR.FACTURE2	0,049	1	0,049	0,0549	0,46979		
	VAR.INTER F1*2	0,011	3	0,004	0,041	0,98839		
	VAR.RESIDUELLE 1	3,605	40	0,09			0,3	5,41%
pH <sub>KCl</sub>	VAR.TOTAL	7,614	47	0,162				
	VAR.FACTURE1	3,265	3	1,088	10,722	0,00003		
	VAR.FACTURE2	0,039	1	0,039	0,39	0,54829		
	VAR.INTER F1*2	0,252	3	0,084	0,826	0,48977		
	VAR.RESIDUELLE 1	4,06	40	0,101			0,319	7,07%
C <sub>org</sub>	VAR.TOTAL	111,806	47	2,379				
	VAR.FACTURE1	58,662	3	19,554	15,031	0		
	VAR.FACTURE2	0,072	1	0,072	0,055	0,8102		
	VAR.INTER F1*2	1,038	3	0,346	0,266	0,85088		
	VAR.RESIDUELLE 1	52,035	40	1,301		1,141	36,84%	
P <sub>Olsen</sub>	VAR.TOTAL	215,237	47	4,58	1,207			
	VAR.FACTURE1	17,608	3	5,869	0,587	0,31949		
	VAR.FACTURE2	2,852	1	2,852	0,023	0,4542		
	VAR.INTER F1*2	0,334	3	0,111		0,99		
	VAR.RESIDUELLE 1	194,443	40	4,861			2,205	76,35%

F<sub>1</sub> : solF<sub>2</sub> : profondeur**Tab.4 :** Test de NEWMAN-KEULS pour le paramètre pH<sub>eau</sub> de différents horizons.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
1.0	H1	5,983	A
2.0	H2	5,524	B
3.0	H3	5,395	B
4.0	H4	5,311	B

**Tab.5 :** Test de NEWMAN-KEULS pour le paramètre carbone organique des différents Horizons.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
1.0	H1	4,958	A
2.0	H2	2,805	B
3.0	H3	2,543	B
4.0	H4	2,08	B

Les résultats de phosphore total de sol effectués en 2013 confirme notre résultats de phosphore assimilable, selon Maire,(2005) l'augmentation du phosphore total au voisinage de la racine est du aux dissolution du phosphore total précipité par modification du pH et/ou des propriétés redox et autre réaction de complexation par exsudation de composés organique.la production d'enzymes comme les phosphatases et les phytases par les racines et les microorganismes sont capable de dégrader de composés organiques et libérer ainsi des ions phosphore dans la solution .

La forêt de Taksebt est domaniale, rattachée administrativement au district d'Azazga et localisée dans la commune de Zekri W. de Tizi Ouzou. Il est connu que la forêt permet le maintien des sols, elle assure une protection physique et une stabilisation en diminuant le risque d'érosion.

Ce travail comporte deux parties, dans un premier temps, «*in situ* » nous avons ouvert puis décrit un profil pédologique. Par la suite nous avons fait un échantillonnage des sols sous six arbres de chêne liège. Cependant cette subéraie est étudiée et suivie depuis 2012.

Au laboratoire nous avons effectué certaines analyses physiques et chimiques comme la granulométrie, l'acidité, le carbone organique et le phosphore biodisponible.

Au terme de ce travail, la morphologie et la description du profil ainsi que l'étude analytique nous permettent de classer ce sol comme un Cambisol (WRB, 1998).

Les principaux résultats auxquels nous sommes parvenus nous ont révélé que le sol de la subéraie étudiée est de texture limoneuse à limono-argileuse. Le pH<sub>eau</sub> de sol global et du sol rhizosphérique est faiblement à très fortement acide. Cependant, la différence entre le pH<sub>eau</sub> et le pH<sub>KCl</sub> varie de 1,11 à 1,01 pour le sol global et le sol rhizosphérique, ce qui indique une acidité échangeable élevée. La teneur en carbone organique est moyenne à très élevées dans les deux fractions de sol. Les concentrations en phosphore assimilable des sols sont faibles, mais nous avons observé une augmentation de ce dernier dans les sols rhizosphériques.

Dans le but d'établir et d'approfondir davantage caractérisation des sols de cet écosystème fragilisé et de bien réussir le projet de mise en défens, il est souhaitable de compléter ce travail par une augmentation du nombre d'arbres et de comparer l'interface racinaire des sujets adultes avec celle des plants introduits dans ce reboisement. Le dosage des formes d'azote et de potassium nous permettront de bien conclure sur la caractérisation des sols incendiés surtout cerner l'impact des incendies sur l'écosystème, suivi d'un diagnostic foliaire.

## ***Résumé***

*Quercus suber* L., 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. Celle-ci est améliorée dans la rhizosphère par les processus liés à l'activité racinaire et aux microorganismes qui lui sont associés. De plus, l'importance des changements du sol à proximité de la racine dépend considérablement de la nature de l'espèce végétale accompagnant le chêne liège aussi bien que des caractéristiques initiales du sol. L'étude est menée dans une subéraie incendiée plusieurs fois et mise en défens depuis deux ans de la région de Zekri. Nous avons échantillonné les sols globaux (indemne de toute activité racinaire), les sols rhizosphériques et les racines sur quatre profondeurs. Les caractéristiques physiques et chimiques des sols sont déterminées par les méthodes standard d'analyses en pédologie. Le sol est un Cambisol, acide à texture limoneuse à limono-argileuse, les teneurs en carbone organique sont élevées. Les concentrations en phosphore assimilable dosé avec la méthode Olsen sont faibles. Nous observons une variation des propriétés déterminées est en relation avec la profondeur. Le taux de carbone organique et le pH de sol diminuent avec la profondeur, cependant les teneurs en phosphore augmentent en fonction de la profondeur.

Mots clés : *Quercus suber* L. - Sol - Profondeur - Phosphore assimilable - Carbone - incendie.

### *Summary*

*Quercus suber* L., is one of the most important tree species in Algeria, because of its ecological value and socioeconomic. The health of the tree and its corky productivity depends on the bioavailability of nutrients in the soil, essential characteristic of their fertility. It has improved in the rhizosphere by processes related to the root activity and microorganisms associated with it. Moreover, the importance of soil changes near the root greatly depends on the nature of the plant species accompanying the cork oak as well as the initial characteristics of the soil. The study is conducted in a cork oak forest on fire several times and deferred grazing for two years of Zekri region. We sampled the overall soil (free from any root activity), rhizosphere soil and roots on four depths. The physical and chemical characteristics of soils are determined by standard analytical methods in soil science. Soil is a Cambisol, silty texture acid silty clay, the organic carbon content is high. The concentrations of available phosphorus dosed with the Olsen method is low. We see a variation of certain properties is related to the depth. organic carbon levels and the soil pH decrease with depth, however phosphorus contents augment as a function of depth.

keywords: *Quercus suber* L. - G - Depth - assimilable Phosphorus - Carbon - fire.