

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
جامعة عمار ثليجي بالأغواط  
UNIVERSITÉ AMAR TELIDJI LAGHOUAT  
كلية العلوم  
FACULTÉ DES SCIENCES  
قسم البيولوجيا  
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



## ***MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES***

*En vue de l'obtention du diplôme de Master*

**Domaine :** Science de la nature et de la vie (S.N.V)

**Filière :** Sciences Écologiques

**Option :** Écologie végétale et Environnement

### **THÈME**

---

**Contribution à la comparaison du taux de mycorhization chez *Juniperus phoenicea* L. dans deux étages bioclimatiques dans la wilaya de Laghouat**

---

**Réalisé par :**

**ALLALI Amina**

**HADJI Abdelkarim El-Mokhtar**

**Devant le jury :**

**Président(e) : M. Bensouilah Soufyane. Université Amar Telidji Laghouat.**

**Examineur (rice) : Mme. Souffi Ibtissem. Université Amar Telidji Laghouat.**

**Rapporteur : M. Youcefi Mostafa Naceur. Université Amar Telidji Laghouat.**

**Co-rapporteur (rice) : Mlle. Touzri Kenza. Université Amar Telidji Laghouat.**

**Année Universitaire : 2021-2022**

# Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu tout puissant qui nous a donné la santé, le courage et la patience pour mener à bien ce modeste travail.

Nous exprimons toutes nos profondes gratitudee à notre encadrant **M. Youcefi Mostafa** d'avoir accepté de nous encadrer et qui a su nous laisser la liberté nécessaire à l'accomplissement de notre recherche avisée. Merci pour votre rigueur scientifique et vos conseils toujours judicieux et aussi d'avoir eu la patience de corriger notre mémoire et de nous avoir responsabilisés du début jusqu'à la fin de notre travail.

En particulier, nous exprimons nos sincères remerciements à **Mlle Kenza Touzri** pour son aide précieuse et son soutien sans lesquels ce travail n'aura jamais abouti, nous n'oublierons jamais sa disponibilité, son professionnalisme et surtout son infini dévouement.

Nous adressons aussi nos vifs remerciements aux membres de jury **M. BENSOUILAH Soufyane** et **Mme. SOUFFI Ibtissem** pour avoir bien voulu examiner et juger ce travail.

En fin nous remercions tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à réaliser de ce modeste travail l'effectifs du labo de Biologie, l'effectifs du labo de l'ENS et principalement : **Dr. Tadj Taher, Dr. Benrramdane Taibe et Mr. Silaa Abdelkader**, nos sincères remerciements.

# Dédicace

*A la lumière de ma vie, à celle qui m'a donné à la vie, qui s'est sacrifié pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère « **Messaouda** »*

*A mon père « **Mouaz** », qui a été mon ombre durant toutes les années des études, qui a veillé à me donner l'aide et l'encouragement et me protéger*

*A mes deux frères **Aymen** et **Mustapha** Et mes sœurs*

*Spécialement pour qui attendaient avec impatience ces moments, mais le destin ne m'a pas permis de partager cette joie avec eux, À vos âmes pures « **Abdelkader, Bakhta** » Rabi yerhamkoum Inch'Allah ...*

*A toute mes amis, Mes camarades de promotion de deuxième année master écologie végétale (2021-2022) Sans exception  
A tous ceux qui ont contribué de près Ou de loin à la réalisation De ce travail*

***Abdelkarim.***

## Dédicaces

*Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.*

*A l'homme de ma vie, mon précieux offre de dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père **Mahmoud**.*

*A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère **Allali Dehiba**.*

*A mon adorable meilleure amie, ma moitié, ma sœur **Meriem**, et mon frère **Abderrahmane** et sa femme **Ilham** et la petite nièce **Ines**. Et à mes petits frères : **Abdullah Mohamed El amine, Omar El farouk**, qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.*

*A la mémoire de mon grand-père **Hadj Omar** et ma grand-mère **Hadja Meriem** paix a ses âmes.*

*A mon cher grand-père **Hadj Ali**, ma chère grand-mère **Hadja Fatma Elhachemiya**.*

*A mes amies : **Widad, Souna, Zola, Rania, Mohammed**. Merci pour leurs amours et leurs encouragements.*

*A tous mes camarades de promotion de deuxième année **Master Écologie Végétale** (2021-2022) sans exception.*

**Merci**

**Amina**

## LISTE DES FIGURES

---

### LISTE DES FIGURES :

<b>Figure 1 :</b> Echanges de nutriments dans les symbioses mycorhiziennes .....	5
<b>Figure 2.</b> Les différents compartiments de la mycorrhizosphère . .....	6
<b>Figure 3.</b> Principaux types mycorhiziens représentés sur une coupe transversale de racine .....	10
<b>Figure 4.</b> Différentes espèces du genre <i>Juniperus</i> . .....	14
<b>Figure 5.</b> Photo représentative des feuilles de <i>Juniperus phoenicea</i> L. ....	16
<b>Figure 6.</b> Photo représentative des branches du Genévrier de <i>Juniperus phoenicea</i> L. . .....	17
<b>Figure 7.</b> Photos représentatives des fleurs mâle et femelle du <i>Juniperus phoenicea</i> L. ....	17
<b>Figure 8.</b> Photo représentative des fruits de <i>Juniperus phoenicea</i> L. ....	18
<b>Figure 9.</b> Aire de répartition des Genévriers du groupe <i>phoenicea</i> en région méditerranéenne ..	22
<b>Figure 10.</b> Cartes représentatives du la région d'étude.....	24
<b>Figure 11.</b> Carte des Pentes et réseaux hydrographiques de la région d'étude.....	26
<b>Figure 12.</b> Carte de végétation du domaine forestier national de la Wilaya de Laghouat. ....	28
<b>Figure 13.</b> Extrait de la carte d'occupation des sols de la wilaya de Laghouat.. .....	29
<b>Figure 14.</b> Carte bioclimatique de la Wilaya de Laghouat .....	30
<b>Figure 15.</b> Carte Topographique de Laghouat (la zone étudiée se situe entre 1000 et 1400m d'altitude) .....	31
<b>Figure 16.</b> Variation des températures moyennes mensuelles dans la région d'étude.....	32
<b>Figure 17.</b> Variation des précipitations annuelle dans la région d'étude « Aflou ».....	33
<b>Figure 18.</b> Le régime pluviométrique saisonnier de la région d'étude « Aflou ».....	34
<b>Figure 19.</b> Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région d'étude "Aflou". .....	36
<b>Figure 20.</b> Situation de la région d`Aflou sur le Climagramme d`Emberger (1955). .....	38
<b>Figure 21.</b> La localisation de Djebel Sidi-Okba par rapport la commune d'Aflou. ....	40
<b>Figure 22.</b> La localisation de la commune et les communes limitrophes dans la wilaya de Laghouat.....	42
<b>Figure 23.</b> La localisation de la commune dans la wilaya de Laghouat. ....	43
<b>Figure 24.</b> Spectrophotomètre à flamme pour la lecture du Sodium et du Potassium .....	48
<b>Figure 25.</b> Spectrophotomètre à absorption atomique pour la lecture du Phosphore. ....	48

## LISTE DES FIGURES

---

<b>Figure 26.</b> Préparation de la solution .....	49
<b>Figure 27.</b> Filtration de la solution .....	49
<b>Figure 28.</b> La procédure de titrage volumétrique.....	50
<b>Figure 29.</b> Tamiseuse de labo à vibrations.....	51
<b>Figure 30.</b> Classification des textures pédologiques.....	51
<b>Figure 31.</b> Modèle de positionnement du prélèvement .....	52
<b>Figure 32.</b> Modèle d'un échantillon stocké dans un sac en plastique. ....	52
<b>Figure 33.</b> Photos représentant les étapes de traitement des racines pour l'analyse du mycorhize (original 2022).....	54
<b>Figure 34.</b> Notation du degré de mycorhization des fragments racinaires.....	55
<b>Figure 35.</b> Variation du pH moyen dans les trois stations.....	57
<b>Figure 36.</b> Variation de conductivité électrique des trois stations.....	59
<b>Figure 37.</b> Variation du calcaire total dans les trois stations.....	60
<b>Figure 38.</b> Variation de taux de phosphore dans les trois stations.....	61
<b>Figure 39.</b> Taux de teneur en sels solubles (Na et K) dans les trois stations.....	62
<b>Figure 40.</b> Structures mycorhiziennes arbusculaires (des vésicules) observées .....	63
<b>Figure 41.</b> Structures mycorhiziennes intercellulaires (des vésicules) observées .....	64
<b>Figure 42.</b> Structures mycorhiziennes intracellulaires (des arbuscules) observées .....	64
<b>Figure 43.</b> Taux de fréquence de mycorhization F% dans les trois stations.....	66
<b>Figure 44.</b> Taux de l'intensité de mycorhization M% dans les trois sites d'étude.....	66

## LISTE DES TABLEAUX

---

### LISTE DES TABLEAUX:

<b>Tableau 1.</b> Températures moyennes mensuelles de la région d'étude de 2011 à 2020 .....	32
<b>Tableau 2.</b> Précipitations mensuelles enregistrées de l'année 2011 jusqu'à l'année 2020 .....	33
<b>Tableau 3.</b> Régime pluviométrique saisonnier de station d`Aflou (2011-2020). .....	34
<b>Tableau 4.</b> Quotient pluviothermique de la région d'étude « 2011-2020 ».....	37
<b>Tableau 5.</b> L'échelle d'interprétation d'acidité du sol en fonction de pH du sol .....	45
<b>Tableau 6.</b> L'Echelle d'interprétation de la salinité du sol en fonction de la conductivité .....	46
<b>Tableau 7.</b> L'échelle de classification des sols selon la teneur en matière organique .....	47
<b>Tableau 8.</b> Normes d'appréciation du calcaire total du sol.....	50
<b>Tableau 9.</b> L'échelle d'interprétation d'acidité du sol en fonction de pH du sol .....	58
<b>Tableau 10.</b> Interprétation des résultats obtenus dans l'échelle de salinité . .....	59
<b>Tableau 11.</b> Interprétation des résultats obtenus selon le taux du calcaire total. ....	60
<b>Tableau 12.</b> Résultats de l'analyse Granulométrique obtenus par tamisage.....	62
<b>Tableau 13.</b> Les différents paramètres d'estimation du degré de colonisation des racines.....	65

## LISTE DES ABREVIATIONS

---

### LISTE DES ABREVIATIONS :

<b>CE</b>	Conductivité Electrique
<b>cm</b>	Centimètre
<b>CMA</b>	Champignon mycorhizien à arbuscule
<b>F %</b>	Fréquence de la colonisation mycorhizienne
<b>Fig.</b>	Figure
<b>J</b>	<i>Juniperus</i>
<b>Max</b>	Maximale
<b>Méd</b>	Méditerranéen
<b>Min</b>	Minimale
<b>MO</b>	Matière organique
<b>Moy</b>	Moyenne
<b>mS/cm</b>	Milli Siemens par centimètre
<b>P</b>	Précipitation
<b>pH</b>	Potentiel d'Hydrogène
<b>Q<sub>2</sub></b>	Quotient pluviothermique d'Emberger.
<b>T</b>	Température.
<b>Tab.</b>	Tableau
<b>KOH</b>	Solution de Potasse
<b>P</b>	Phosphore
<b>K</b>	Potassium
<b>Na</b>	Sodium
<b>M %</b>	Intensité de la colonisation du cortex racinaire

**Sommaire**

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTON ..... 1

**CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

1.1	Généralité sur les mycorhizes .....	4
1.1.1	Symbiose mycorhizienne : .....	4
1.2	Historique : .....	6
1.3	Classification des mycorhizes : .....	7
1.3.1	Ectomycorhizes .....	7
1.3.2	Endomycorhizes : .....	8
1.3.3	Ectendomycorhizes .....	9
1.4	Physiologie des mycorhizes : .....	10
1.4.1	Absorption de l'eau et des éléments nutritifs : .....	10
1.4.2	Agrégation des sols : .....	11
1.4.3	Protection contre les organismes pathogènes : .....	11
1.5	Généralité sur les genévriers : .....	13
1.5.1	Présentation du genre <i>Juniperus</i> : .....	13
1.5.2	<i>Juniperus phoenicea</i> L. ....	14
1.5.3	Place taxonomique du genévrier de Phénicie .....	15
1.5.4	Principales caractéristiques botaniques .....	15
1.5.5	Aire de répartition de Genévrier de Phénicie .....	21

**CHAPITRE II : PRÉSENTATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE**

2.1	Localisation géographique .....	24
-----	---------------------------------	----

## SOMMAIRE

---

2.2	Caractérisations de la région d'étude :.....	24
2.3	Géologie et Géomorphologie :.....	25
2.4	Hydrogéologie :.....	25
2.5	Pédologie :.....	26
2.6	Flore et végétation :.....	27
2.7	Le Climat :.....	29
2.8	Caractérisation bioclimatique de la zone d'étude :.....	31
2.9	Température :.....	32
2.10	Précipitations :.....	33
2.10.1	Pluviométrie annuelle moyenne :.....	33
2.10.2	Régime saisonnier :.....	33
2.11	Synthèse climatique :.....	35
2.11.1	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN :.....	35
2.12	Indice de DE MARTONNE :.....	36
2.13	Climagramme d'EMBERGER :.....	37
<b>CHAPITRE III : MATÉRIELS ET MÉTHODES</b>		
3.1	Description des sites d'étude :.....	40
3.1.1	Aflou « Sidi-okba) :.....	40
3.1.2	El-Ghaicha :.....	41
3.1.3	Ain-Madhi :.....	42
3.2	Principe adopté.....	43
3.3	Matériels utilisés :.....	43
3.3.1	Sur terrain.....	43
3.3.2	Au laboratoire.....	44
3.4	Les analyses du sol :.....	44

## SOMMAIRE

---

3.4.1	Analyses physico-chimiques .....	45
3.4.2	Analyse granulométrique .....	50
3.5	L`analyse du mycorhize.....	52
3.5.1	Collecte des échantillons de racines : .....	52
3.5.2	Mode opératoire .....	52
3.5.3	Quantification de la colonisation endomycorhizienne des racines .....	54
<b>CHAPITRE IV : RESULTATS EY DISCUSSION</b>		
4.1	Résultats de l`analyse physico-chimiques du sol : .....	57
4.1.1	Potentiel hydrogène (pH) : .....	57
4.1.2	Conductivité électrique (CE) : .....	58
4.1.3	Calcaire total (CaCO <sub>3</sub> ) : .....	59
4.1.4	Phosphore total (P %) : .....	60
4.1.5	Sodium (Na %) et Potassium (K %) : .....	61
4.2	Résultats granulométriques : .....	62
4.3	Mise en évidence des structures mycorhiziennes : .....	63
4.3.1	Estimation du taux de colonisation mycorhizienne : .....	65
CONCLUSION : .....		69
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....		71
RESUMÉ.....		79

---

---

# INTRODUCTION

---

---

### INTRODUCTON

Les forêts algériennes présentent des éléments essentiels de l'équilibre écologique, climatique et socioéconomique de différentes régions du pays. Ses situations actuelles se présentent comme l'une des plus critiques dans la région méditerranéenne (Ikramoud M 2000).

Le Genévrier de Phénicie ou genévrier rouge a été décrit par Linné en 1753 sous le nom de *Juniperus phoenicea* L. est un arbrisseau ou un arbuste buissonnant sempervirent. Il représente l'une des unités forestières considérées dans les hautes altitudes de l'Atlas saharien, et joue un rôle écologique considérable du fait de sa forte résistance à la désertification, à l'action de l'homme et de ses troupeaux (Talab SM. 2007).

La désertification désigne la dégradation des terres consécutive aux impacts conjugués des activités humaines et, dans une moindre mesure, des crises climatiques (Francis, C. F. et Thornes, J. B 1990). Les premiers symptômes de cette dégradation sont enregistrés au niveau du couvert végétal avec une altération de sa densité et de sa composition avec pour principales conséquences, une baisse significative des capacités de reproduction et de régénération des espèces les plus exploitées (telles les essences forestières). De plus et du fait que ces sols ne bénéficient plus du rôle protecteur de la strate végétale, ces derniers sont fragilisés et soumis aux effets des érosions (Albaladejo, J., et al. 1998).

Ce processus de désertification engendre également des modifications au niveau des caractéristiques génétiques et fonctionnelles de la microflore du sol aboutissant à des dysfonctionnements dans le déroulement des principaux cycles biogéochimiques telluriques (N, P) et ainsi une baisse globale de la fertilité du sol (Requena, N., Perez-Solis, E., et al. 2001). Parmi les composantes microbiennes particulièrement affectées par ces dégradations figurent les champignons mycorhiziens.

L'organe appelé « mycorhize » résulte d'une union durable entre les racines de la majorité des végétaux et certains champignons symbiotiques du sol, basée sur des échanges réciproques, et constitue un élément essentiel dans le continuum sol/plantes/microorganismes. En effet, la majeure partie des espèces ne peut se développer sans l'établissement de symbiose mycorhizienne (Smith, S.E. et Read, D.J 2008).

## INTRODUCTION

---

Cette association améliore significativement le développement des plantes dans les conditions de déficit hydrique, de carences minérales et plus particulièrement en phosphore, et permet également de mieux résister aux attaques de pathogènes (Requena, N., et al. 1997). La symbiose mycorhizienne joue aussi un rôle majeur dans les mécanismes biologiques régissant l'évolution spatio-temporelle, la diversité spécifique, la stabilité et la productivité des écosystèmes végétaux terrestres (Van Der Heijden, M. G., et al. 1998).

La maîtrise de la symbiose mycorhizienne dans les itinéraires sylvicoles apparaît donc comme un outil performant susceptible d'améliorer les opérations de reboisement des sites dégradés mais également de conserver et valoriser la biodiversité en optimisant la productivité et la stabilité des formations forestières fragilisées.

Notre travail s'inscrit à cet esprit et a pour objectif la contribution à la caractérisation de la symbiose mycorhizienne chez le Genévrier rouge dans deux étages bioclimatiques dans la wilaya de Laghouat. Le manuscrit présent est formé de quatre chapitres agencés comme suivant :

- Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les mycorhizes et sur le Genévrier rouge ;
- Chapitre II. Présentation de la région d'étude ;
- Chapitre III. Matériel et méthodes ;
- Chapitre IV. Résultats et discussion.
- Conclusion et perspectives.

---

---

**CHAPITRE I**  
**SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

---

---

## 1.1 Généralité sur les mycorhizes

### 1.1.1 Symbiose mycorhizienne :

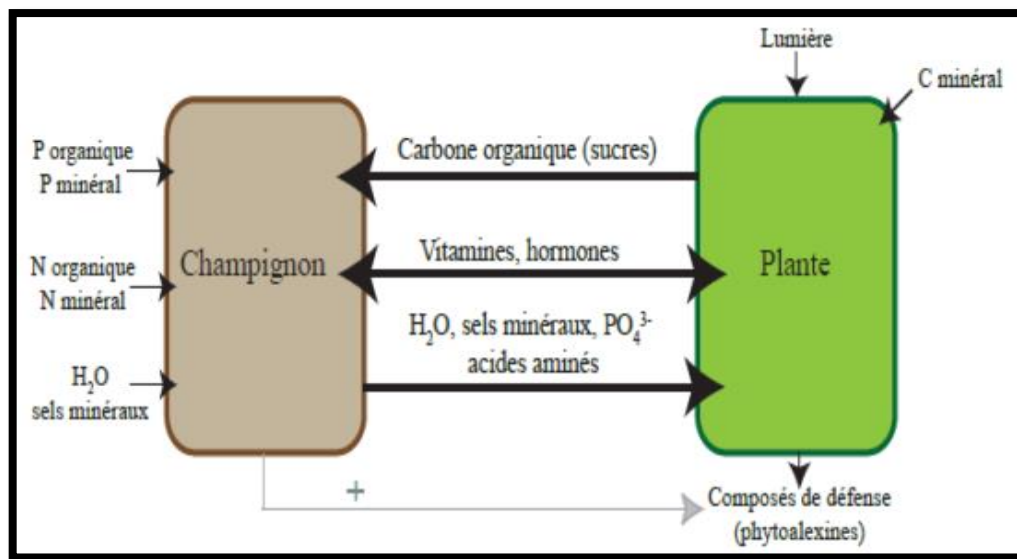
Le mot symbiose fut utilisé pour la première fois par l'allemand (Frank, 1877) pour qualifier la coexistence d'organismes différents. Le phénomène de symbiose mycorhizienne a été observé dans les conditions naturelles les plus diverses et concerne 90% des taxons végétaux.

Les mycorhizes sont désormais considérées différer principalement des autres associations plantes-champignons parce qu'elles sont des associations intimes avec une interface spécialisée où les échanges des matières se produisent entre les cellules vivantes (Nehls *et al.*, 2001; Pfeffer *et al.*, 2001). Une nouvelle définition plus large, de mycorhizes qui embrasse toute la diversité des mycorhizes tout en excluant toutes les autres associations plantes-champignons est publiée par Brundrett (2004) : « Une mycorhize est une association symbiotique entre un champignon et une racine d'une plante vivante, essentielle pour l'un ou les deux partenaires. Les mycorhizes sont principalement responsables du transfert d'éléments nutritifs. Elles se produisent dans un organe végétal spécialisé où le contact intime résulte du développement synchronisé des plantes- champignons ».

Les mycorhizes résultent d'une union durable basée sur des échanges réciproques entre les racines des végétaux et certains champignons du sol. Elles constituent des composantes essentielles dans la relation sol-plantes-microorganismes. En effet, certaines espèces végétales ne peuvent croître normalement sans s'associer à un partenaire fongique (Janos, 1980; Gobat, et al., 2003) La diversité végétale est entre 220 000 et 420 000 espèces de plantes terrestres (Scotland, et al., 2003). D'après l'examen de plus de 10 000 espèces, en majorité des angiospermes, des structures mycorhiziennes ont été observées chez 86 % d'entre elles (Brundrett, 2009; Manjunath, et al., 1989).

Le nouvel organe mixte résulte de l'association intime de la plante hôte et du champignon mycorhizien et chaque partenaire optimise son développement grâce à cette symbiose. Les racines de plus de 80 % des espèces de plantes vasculaires présentent ou sont susceptibles de présenter des structures mycorhiziennes au sein de leur système racinaire. La présence de 25 mycorhizes est donc un phénomène général chez les plantes à l'exception de quelques familles comme les *Brassicaceae*, les *Caryophyllaceae*, les *Cyperaceae*, les *Juncaceae*, les *Chenopodiaceae* et les

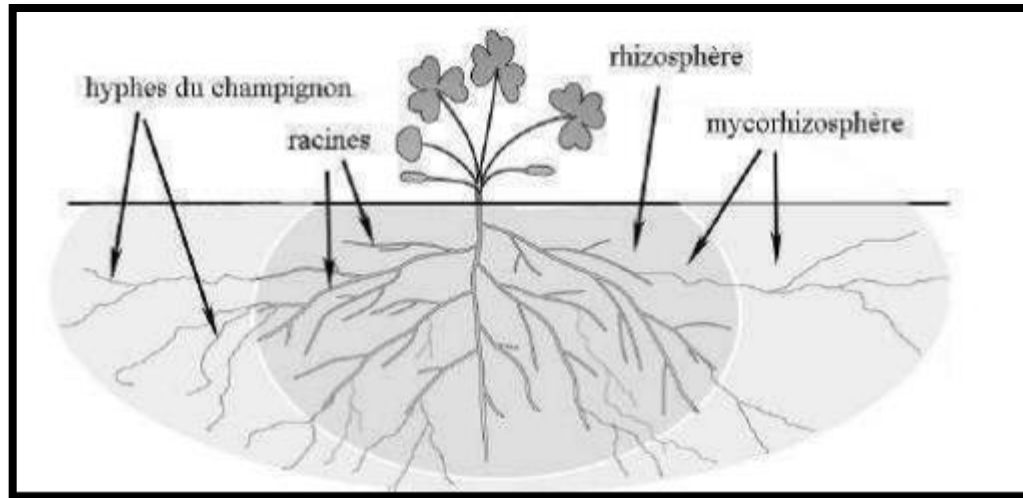
*Amaranthaceae* qui présentent très peu d'associations mycorhiziennes (Strullu, 1991; Norman, et al., 1995). Leur impact est primordial dans tout ou partie du cycle de la plante, surtout, mais non exclusivement, pour la nutrition. Le champignon profite des ressources carbonées synthétisées par la plante via la photosynthèse et qui sont indispensables à son métabolisme et à sa fructification. En retour, les hyphes fongiques améliorent la nutrition hydrique et minérale de la plante hôte grâce à l'augmentation du volume de sol prospecté et à la production de divers enzymes extracellulaires (protéinases, phosphatases, etc.) susceptibles de mobiliser des éléments nutritifs à partir de composés complexes du sol (Manjunath, et al., 1989; Leyva, et al., 1993; Gobat, et al., 2003) (fig. 01.)



Source : (Florent, 2010)

**Figure 1 :** Echanges de nutriments dans les symbioses mycorhiziennes

La présence des mycorhizes entraîne l'apparition de nouveaux compartiments biologiques dans la rhizosphère. En modifiant la physiologie de la plante et donc la sécrétion des exsudats racinaires, les mycorhizes induisent des modifications significatives dans la structure des communautés bactériennes au voisinage de ces racines : le terme mycorhizosphère a été utilisé pour désigner ce volume de sol sous influence des mycorhizes et l'hyphosphère désigne le sol conditionné par le réseau d'hyphes mycéliens des champignons mycorhiziens (Fig. 2) (Rambelli, 1973 ; Linderman, 1988).



**Figure 2.** Les différents compartiments de la mycorrhizosphère (Gavériaux, 2012).

## 1.2 Historique :

Les premières observations microscopiques de mycorhizes de différentes espèces d'arbres sont décrites dès 1840 par Theodor Hartig qui ne reconnaît pas la nature fongique des structures observées. En 1874, Bruchmann renouvelle sur des racines de pin ces premières observations et reconnaît la nature fongique du réseau qui entoure toutes les cellules des tissus externes de la racine. En 1883, Gibelli in Garbaye (2013) décrit et illustre avec précision cette association fongique chez le châtaignier, le chêne, le noisetier et le charme. Il considère que ces structures mixtes sont des associations parasitiques mais bénignes car ubiquistes.

Albert Bernard Frank était le premier à synthétiser toutes les observations de cette association en prenant d'abord acte de la présence systématique de filaments fongiques à la surface et à l'intérieur des racines des arbres observés, il a soumis ce fait à l'expérience, a démontré de façon causale le caractère obligatoire et bénéfique pour la plante de la présence des champignons et il a conclu que l'association était nécessaire au bon développement des jeunes arbres. Ensuite en 1885, Frank a introduit le terme de mycorhize (du Grec *mukès* : champignon et *rhiza* : racine) pour désigner les organes mixtes racines-champignons. Il donna à cette association le statut de symbiose « une mycorhize est le siège d'une symbiose mutualiste entre une plante et un champignon » et décrivit les différents stades de la colonisation des racines des arbres par les champignons et du développement des mycorhizes.

En 1886, Robert Hartig approuve et défend la nouvelle théorie et fait définitivement adopter le nom de Réseau de Hartig en l'honneur de son père Theodor Hartig qui avait le premier décrit cette structure dès 1840. Par la suite, tout au long du XXe siècle, plusieurs chercheurs étudièrent d'autres types de mycorhizes (Garbaye, 2013).

### 1.3 Classification des mycorhizes :

Cette symbiose prend différentes formes, appelées ectomycorhizes, endomycorhizes et ectendomycorhizes, selon les caractères anatomiques de l'association (Peyronnel , et al., 1969), qui dépendent en fait directement des partenaires impliqués. La classification des mycorhizes est basée donc sur le type de champignon associé, selon que celui-ci est asepté, c'est-à-dire zygomycète de l'ordre des Glomales, ou septé, comme les ascomycètes et basidiomycètes (Smith , et al., 1997).

#### 1.3.1 Ectomycorhizes

Les champignons ectomycorhiziens représentent plus de 5000 espèces fongiques, majoritairement des basidiomycètes et quelques ascomycètes et zygomycètes (Castellano, et al., 1994; Barker , et al., 1998).

Ils constituent le deuxième groupe de mycorhizes le plus fréquemment rencontré après les endomycorhizes. Ils seraient apparus sur terre il y a environ 150-220 millions d'années. Les familles végétales formant des associations avec les ectomycorhizes sont des espèces vasculaires ou ligneuses et représentent seulement 3% des espèces végétales (Mousain, 1993), mais constituent la majorité des espèces forestières (Pinacées, Fagacées, Bétulacées, Myrtacées...). Ces champignons ne présentent pas de mycélium à l'intérieur des cellules des racines du végétal ; les hyphes du champignon forment plutôt un manchon, ou manteau, autour des radicelles et pénètrent entre les cellules du cortex de ces dernières pour former le réseau de Hartig (fig. 3). Ce réseau constitue le lieu d'échanges entre la plante, qui fournit du carbone organique, et le champignon, qui fournit divers nutriments tels que l'azote et le phosphore. Au contraire des hyphes des champignons arbusculaires, qui sont des siphons cénocytiques (cytoplasme commun à de nombreux noyaux cellulaires n'étant pas séparés), les hyphes des champignons ectomycorhiziens sont cloisonnés.

### 1.3.2 Endomycorhizes :

Les champignons endomycorhiziens ne sont pas spécifiques et sont normalement associés aux plantes comme les plantes forestières agricoles et horticoles.

Ces symbiotes à colonisation intracellulaire corticale, forment des arbuscules, des vésicules ou des hyphes, ne se cultivent pas et ne sont pas visibles qu'après coloration.

Il existe trois types d'endomycorhizes :

- ❖ Les mycorhizes à arbuscule
- ❖ Mycorhizes éricoïdes
- ❖ Mycorhizes des orchidées (orchidoïdes)

#### 1.3.2.1 Mycorhizes à arbuscule

Parmi les associations endomycorhiziennes, ce sont les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) qui sont de loin les plus répandues à la surface du globe. Ils se sont adaptés à de nombreux environnements et différentes plantes hôtes. Ils peuvent former des associations mutualistes avec les racines fines d'environ 80 % de toutes les plantes terrestres (Smith , et al., 1997) ligneuses, herbacées, les mousses, fougères, gymnospermes et angiospermes plusieurs conifères et la majorité des plantes à fleurs, mono et dicotylédones.

Les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) sont des composantes importantes des écosystèmes terrestres (Liu , et al., 2007; Smith , et al., 1997). Des techniques de biologie moléculaire ont permis de démontrer que les premières mycorhizes arbusculaires sont apparues au dévonien, il y a environ 450 millions d'années (Fortin, et al., 2008). Les CMA sont représentés par diverses espèces, selon des estimations, il pourrait y avoir 1 250 espèces de CMA dans le monde (Borstler, et al., 2005). Au cours des 10 dernières années, environ 113 espèces CMA dans sept genres ont été isolés en Chine, 70 espèces en Afrique, et 84 espèces aux Etats-Unis, la France et l'Allemagne (Liu, et al., 2009).

Le champignon mycorhizien à arbuscule forme plusieurs structures à l'intérieur des racines, principalement des arbuscules, des vésicules des spores et des hyphes non spécialisés (Tommerup, 1984). On utilise le terme propagule pour les désigner puisque toutes ces structures servent à propager l'espèce (Fortin, et al., 2008)

### 1.3.2.2 Mycorhizes éricoïdes

Aujourd'hui, tous s'entendent pour dire que la plupart des champignons éricoïdes sont des ascomycètes même si de récentes études démontrent que certains de ces champignons appartiennent au sous-embranchement des Basidiomycota.

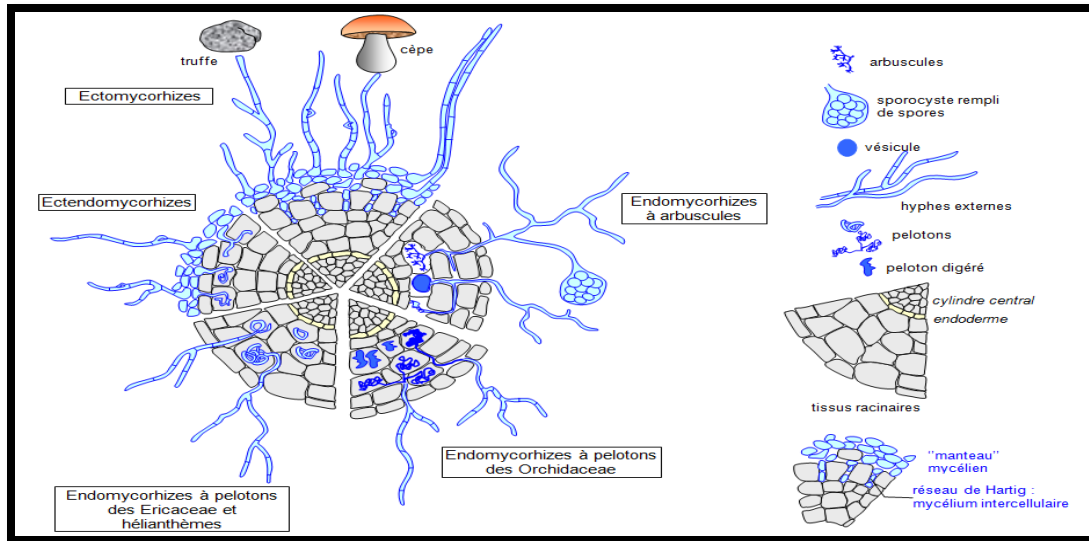
L'absence de structures reproductives et de spores a longtemps compliqué l'identification et la classification de champignon éricoïdes. Récemment, des techniques d'observation d'ADN et d'ARN ont aidé à grandement avancer les travaux dans ce domaine, et il a été réalisé qu'il y a une grande hétérogénéité au sein de ces endophytes. En effet, des espèces semblables d'un point de vue morphologique se sont révélées être génétiquement très différentes. Ce sont des ascomycètes principalement du genre *Hymenoscyphus* et *Oidiodendron*. Dans cette symbiose, la mycorhization a lieu directement au niveau des cellules corticales des Ericacées puisqu'elles ne possèdent pas d'épiderme. Ces mycorhizes se présentent sous la forme de pelotons à l'intérieur des cellules racinaires (fig.3).

### 1.3.2.3 Mycorhizes des orchidées (orchidoïdes)

Toutes les orchidées forment des associations avec des champignons dans les premiers stades de leur développement. La plupart des champignons impliqués appartiennent au genre *Rhizoctonia* (fig.3).

### 1.3.3 Ectendomycorhizes

Les ectendomycorhizes sont des types d'associations intermédiaires entre les deux précédentes : un manteau externe coexiste avec des hyphes qui pénètrent à l'intérieur des cellules racinaires, soit sous forme de pelotons (mycorhizes arbutoïdes), soit sous forme d'hyphes très courtes (mycorhizes monotropoïdes). Les ectendomycorhizes arbutoïdes sont présentes chez les Ericacées dans les genres *Arbutus* et *Arctostaphylos* et les monotropoïdes chez des pyrolacées du genre *Monotropa* et *Pyrola*. Concernent les champignons de l'ordre des Pezizales et comme leur nom l'indique, elles présentent les caractéristiques des ectomycorhizes par la présence d'un manteau fongique et un réseau de Hartig et de celles des endomycorhizes par une pénétration intracellulaire des cellules corticales avec formation de pelotons d'hyphes. Elles forment des associations essentiellement avec les conifères (fig.3).



*Source : Le Tacon (1985)*

**Figure 3.** Principaux types mycorhiziens représentés sur une coupe transversale de racine

#### 1.4 Physiologie des mycorhizes :

Indépendamment du type de mycorhize, diverses fonctions sont modifiées généralement par la présence des mycorhizes : l'absorption de l'eau et des éléments minéraux, les activités hormonales, l'agrégation des sols, la protection contre les organismes pathogènes.

##### 1.4.1 Absorption de l'eau et des éléments nutritifs :

L'absorption de l'eau et des éléments nutritifs constitue la toute première fonction attribuée aux mycorhizes, notamment l'absorption des éléments peu mobile du sol, comme le phosphore, qui est un des éléments nutritifs les plus importants pour la croissance des plantes car il intervient dans de nombreux processus métaboliques : biosynthèse des acides nucléiques et des membranes, photosynthèse, respiration et régulation des enzymes, c'est aussi l'élément dont la concentration dans la plante est la plus fortement augmentée par la symbiose endomycorhizienne (Bolan, 1991; Smith, et al., 1997).

Cependant, généralement, l'intensité de la colonisation racinaire par les champignons symbiotiques est réduite quand le niveau de phosphore augmente dans le sol et devient ainsi directement disponible pour la plante (Dickson, et al., 1999).

Cette efficacité accrue dans l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs vient d'abord de l'augmentation de la surface de contact entre le mycélium fongique et la solution du sol. Les hyphes extra radiculaires minces des champignons pénètrent dans le sol sur une large région et peuvent l'exploiter plus efficacement que les racines des plantes (Bothe, et al., 1994). Ces CMA augmentent aussi la résistance des plantes au stress hydrique (Davies, et al., 1992) par un signal déclenché qui peut assurer une fermeture plus rapide des stomates, qui prévient une flétrissure irréversible.

Les hyphes ont aussi la possibilité d'acquérir d'autres minéraux peu mobiles dans le sol comme l'azote, le soufre, le calcium, le magnésium, le potassium, le zinc et le cuivre.

#### **1.4.2 Agrégation des sols :**

Les mycéliums ont la propriété d'excréter une glycoprotéine, la glomaline. Les champignons mycorhiziens qui sont très abondants dans certains sols peuvent en produire des quantités importantes, dont plusieurs études ont montré le rôle dans la stabilité structurale du sol. La glomaline agit comme une colle qui assemble les particules les plus fines du sol pour en faire des agrégats dont on connaît le rôle fondamental pour la fertilité des sols, en retenant l'eau et les éléments minéraux et en favorisant les échanges gazeux et l'aération (Fortin, et al., 2008).

#### **1.4.3 Protection contre les organismes pathogènes :**

En nature, les plantes sont continuellement soumises à des agressions de la part des bactéries, de champignons, de nématodes, d'insectes et de maladies fongiques.

Il a été prouvé expérimentalement que les plantes inoculées avec des champignons mycorhiziens à arbuscules sont plus résistantes aux attaques de champignons pathogènes et l'exposition à des toxines du sol (Fitter, 1991). Ces champignons mycorhiziens peuvent intervenir de deux façons et à deux endroits pour protéger les racines contre les champignons pathogènes : dans la rhizosphère et dans les tissus racinaires.

A l'échelle de la rhizosphère et surtout de la mycorrhizosphère, l'espace entourant immédiatement le mycorhize, les micro-organismes sont confrontés à la compétition et à l'antagonisme, ce qui a pour effet d'établir une flore microbienne diversifiée et équilibrée. Dans cet environnement, les propagules des champignons pathogènes ne parviennent pas à proliférer et leur nombre reste toujours relativement faible.

Le second mécanisme permettant aux plantes mycorhizées de mieux résister aux maladies est lié à des modifications des activités physiologiques dans la racine. Les plantes agressées par un agent pathogène réagissent en produisant des substances antibiotiques contre ces organismes (Fortin, et al., 2008).

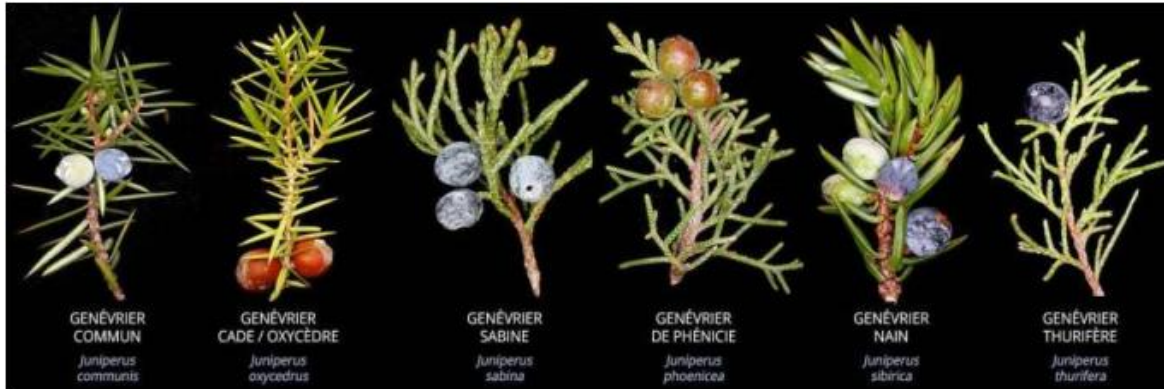
## 1.5 Généralité sur les genévriers :

### 1.5.1 Présentation du genre *Juniperus* :

Parmi les Conifères, la tribu des Junipérées, qui fait partie de la sous-famille des Cupressacées, ne comprend qu'un seul genre *Juniperus* (Stassi V, et al., 1996). Les genévriers possèdent une place non négligeable dans la végétation méditerranéenne, mais leur signification phytoécologie varie nettement selon les groupes d'espèces (Fig. 4). Ils sont généralement des éléments pionniers jouant un rôle appréciable dans la dynamique des groupements, préforestiers surtout, mais également se développant dans des situations écologiques extrêmes (Quezel P, et al., 2003).

D'après (Boudy P, 1950) constate que les genévriers sont les seules essences résineuses pouvant constituer en montagne, dans les plus mauvaises conditions de sol et de climat. Ce sont, en particulier dans le moyen et le grand Atlas, les derniers représentants de la végétation forestière aux hautes altitudes. En Afrique du nord, on en connaît trois espèces :

- Le Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) : occupe une superficie de 450.000 ha, réparti sur trois pays ; 290.000 ha en Algérie, 8000 ha en Tunisie ; et 152.000 ha au Maroc
- Le Genévrier Thurifère (*Juniperus thurifera*). Existe en Algérie, mais sa superficie n'est pas encore estimée. Alors ce genre occupe presque 30.000 ha au Maroc. D'après (Boudy P, 1950) le Genévrier thurifère est extrêmement rare en Algérie et se localise seulement dans les Aurès sous forme des peuplements clairs. L'étude faite par (Meftah T, et al., 2001) met en évidence cinq zones réparties dans les Aurès 180.000 ha.
- Le Genévrier oxycèdre ou Cade (*Juniperus oxycedrus*) : en Algérie occupe 112.000 ha, en Tunisie 20.000 ha, au Maroc 116.000 ha.



**Figure 4.** Différentes espèces du genre *Juniperus*.

(Quezel P, et al., 2003) Montrent que les genévriers en région méditerranéenne peuvent se répartir, du point de vue écologique en plusieurs ensembles :

- Les genévriers thermophiles au thermo méditerranéen (*Juniperus phoenicea*, *Juniperus turbinata*, *Juniperus macrocarpa*, *Juniperus navicularis*) ;
- Les genévriers sont à peu près intégralement liés à des structures forestières : *Juniperus sabina*. *Juniperus oxycedrus* dans l'ambiance de la chênaie sclérophylle, *Juniperus communis* surtout au supraméditerranéen ;
- Les genévriers sont essentiellement liés à l'étage oroméditerranéen : *Juniperus thurifera*, sur les montagnes du Maghreb et *Juniperus excelsa* sur celles de méditerranée orientale ;
- Les genévriers sont largement préférentiels des milieux steppiques : *Juniperus turbinata*, *Juniperus thurifera* ;
- Les genévriers sont de souche eurasiatique, montagnards surtout : *Juniperus communis* et *Juniperus sabina*.

### 1.5.2 *Juniperus phoenicea* L.

Le genévrier de Phénicie ou genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* L.). C'est certainement l'espèce la plus répandue en Afrique du Nord où elle est présente depuis les dunes littorales jusqu'aux limites sahariennes. Du point de vue écologique, ce genévrier est typiquement méditerranéen (Quezel P., et al., 1998).

*Juniperus phoenicea* L., généralement connu sous le genévrier de Phénicie, est un arbuste adapté au climat méditerranéen aride, il appartient à la famille Cupressaceae classé comme

deuxième genre le plus diversifié des Conifères, avec 67 espèces et 34 variétés, toutes les variétés sont limitées à l'hémisphère Nord (Caudullo G., et al., 2016; Becker M., et al., 1982; Adams R-P., et al., 2002).

La famille des Cupressaceae comprend deux sous-familles, se divisant chacune en trois tribus, les Cupressoideae et les Callitroideae qui sont essentiellement et respectivement des hémisphères nord et sud (Haluk J-P, et al., 2000).

### 1.5.3 Place taxonomique du genévrier de Phénicie

D'après (Teibi M., 1992) *Juniperus phoenicea* L., appartenant à la famille des cupressacées, tribu des Junipérées, genre *Juniperus* ; était classiquement subdivisé en deux variétés : *Juniperus lycia* se caractérise par ses fruits bosselés et aréolés d'une couleur jaune orange alors que *Juniperus turbinata* se caractérise par ses fruits ovoïdes plus gros d'une couleur brunâtre ou noirâtre.

(Teibi M., 1992) Donne la classification suivante pour le Genévrier de Phénicie.

Règne	<i>Plantas</i>
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Embranchement	<i>Spermaphytes</i>
Sous embranchement	<i>Gymnosperme</i>
Classe	<i>Pinopsida</i>
Ordre	<i>Pinales</i>
Famille	<i>Cupressaceae</i>
Genre	<u><i>Juniperus L</i></u>
Espèce	<u><i>Juniperus phoenicea L.</i></u>

### 1.5.4 Principales caractéristiques botaniques

#### 1.5.4.1 Aspect morphologique

De forme pyramidale, le *Juniperus phoenicea* L. est un arbuste dressé ou arbrisseau touffu, résineux et aromatique, qui fait de 4 à 8 mètres de haut, il fait partie des groupes des peuplements ouverts (Bouilet L, 2007). Il est également possédé d'un port buissonnant, tronc grêle

ordinairement, atteignant 2 m de circonférence, branches et rameaux exondant ramoules et ramilles nombreux étalés (Ait Youssef M, 2006), écorce d'un brun rouge, légèrement lamelleuse fibreuse, devient assez épaisse, à système racinaire profond (Rameau J.C , et al., 2008).

#### 1.5.4.2 Feuilles

Selon (Varlet, E, 1992) les feuilles sont squamiformes nombreuses, fort petites ; charnues, d'un vert foncé, ovales, convexes abtues fortement, imbriquées, appliquées contre les rameaux, semblables à de petites écailles ; possèdent de très petites glandes à résine (fortement, au point de vue anatomique de grosses cellules scléreuses ovoïdes) (Fig. 5).



**Figure 5.** Photo représentative des feuilles de *Juniperus phoenicea* L. (Original 2022).

#### 1.5.4.3 Branches

Les branches forment une corbeille très compacte de rejets, dont certaines ont 5 mètres de diamètre et 3 mètres de hauteur (Fig. 6); mais cette faculté de rejet de tige n'a lieu, sans doute, que pour des sujets jeunes, de moins de 50 à 60 ans (Boudy P, 1950).



**Figure 6.** Photo représentative des branches du Genévrier de *Juniperus phoenicea* L. (original 2022).

#### 1.5.4.4 Fleurs

C'est une pièce monoïque ; c'est-à-dire, possède des fleurs mâles et femelles en des endroits différents d'un même pied (Ageste M. , 1960).

D'après (Chaumonton.E.P, 1945), les fleurs mâles marron disposées en petits chartons ovales ou arrondis situés à l'extrémité des rameaux, munis d'écailles pédicellées, en forme de bouclier ; elles tiennent lieu de calice ; il n'y a point de corolle : les étamines sont composées de trois ou quatre anthères, placées sous chaque écaille. Dans la fleur femelle en couleur violet, les écailles sont épaisses, aigues, disposées sur quatre rangs. Ces écailles croissent deviennent charnues ; et forment une baie arrondie, contenant ordinairement trois noyaux à une seule loge.



**Source :** (Touzri, 2019)

**Figure 7.** Photos représentatives des fleurs mâle et femelle du *Juniperus phoenicea* L.

#### 1.5.4.5 Fruits

Selon (Seigue A, 1985), le fruit est formé d'écailles soudées, opposées en croix ; il a de 8 à 15 mm, il est brun rouge à maturité, les écailles sont charnues, la pulpe est jaune, fibreuse et résineuse, les fruits contiennent de quatre à neuf graines, ovales, aux extrémités aigues avec une enveloppe dure qui retarde la germination. Les fruits verts puis deviennent rouges la deuxième année (Fig. 8).



**Figure 8.** Photo représentative des fruits de *Juniperus phoenicea* L. (original 2022).

#### 1.5.4.6 Bioécologie et écophysiologie du genévrier de Phénicie

La plupart des auteurs ont souligné l'excellent pouvoir d'adaptation du genévrier dans les conditions écologiques difficiles. Comme les autres essences forestières, la croissance du genévrier est quantitativement liée à l'hérédité et aux conditions écologiques : climatiques, édaphiques et actions anthropiques non jamais négligeable.

##### 1.5.4.6.1 Exigences climatiques

Selon (Rameau J.C , et al., 2008), le *Juniperus phoenicea* L. s'adaptant à des contextes climatiques méridionaux variés ; héliophile, se rencontre en station sèche à l'étage thermo méditerranéen à l'étage montagnard ; xérophile. C'est elle qui résiste mieux à l'aridité au froid. Il a un tempérament robuste lui permettant de végéter dans des conditions très sévères et de supporter de graves mutilations. Il résiste moins bien aux incendies et caractérisé par sa résistance au vent (Boudy P, 1950).

Les précipitations ont un rôle très important en régions méditerranéennes, leur régularité et leur répartition sont très souvent mauvaises. *Juniperus phoenicea* croit dans l'étage bioclimatique semi –aride avec une pluviométrie moyenne annuelle de 250 mm (Boudy P, 1950).

#### 1.5.4.6.2 Exigences édaphiques

C'est une espèce indifférente au sol, supporte l'argile, les sables, les sols calcaires, ou dolomitiques, les marnes, les sols volcaniques et même les sols légèrement salés (Seigue A, 1985).

Il paraît se plaire principalement dans les sols meubles et siliceux, et il convient très bien pour la fixation des dunes. Il doit être considéré comme une essence de protection (Ageste M. , 1960)

Cette espèce présente sur le sol calcaire, dans des stations très sèches et en plein soleil où les sols sont très rocheux et à PH élevé ; capable de se développer dans les fissures des rochers. (Berger, 2008). Pente rocailleuse des coteaux arides, éboulis fixés à gros blocs, rochers et falaises, il est réduit (5% à 30%) pour les formations dolomiticoles des Cévennes, forte à très forte dans les éboulis et falaises calcaires.

#### 1.5.4.6.3 Association du genévrier

Il apparaît comme essence subordonnée, participe alors simplement aux formations à *Pinus halepensis* ou à *Olea europea*, surtout en position sublittorale, notamment dans les îles tyrrhéniennes, ou à *Quercus ilex*, en particulier en France méridionale. Il forme parfois des peuplements purs, très clairs et sans sous-bois, dans les stations les plus exposées au vent (Quezel P, et al., 2003).

L'association est différente, selon les secteurs sur les versants Atlantique du Maroc, elles sont envahies par les espèces des territoires arides voisins tel que l'Alfa (*Macrochloa tenacissima*) (Teibi M., 1992).

#### 1.5.4.6.4 La croissance du genévrier de Phénicie

Le peuplement de genévrier de Phénicie peut atteindre des âges importants malgré une taille modeste, des individus de 1.5 m de haut, avec un tronc de 8 cm de diamètre sont âgés de 1150 ans. Dans les falaises des gorges, il existe des arbres vivants nettement plus vieux, que 1500 ans et que certaines souches mortes sont en place depuis plusieurs millénaire (Mandai J.-P., 2005).

#### 1.5.4.6.5 Régénération

(Seigue A, 1985), montre que la germination de *Juniperus phoenicea L.* est lente et difficile, elle est facilitée par le passage dans le tube digestif des animaux. Les oiseaux jouent un grand rôle dans la dissémination, ainsi là où il n'est pas concurrencé par les autres essences.

D'après (Boudy P, 1950), sa régénération s'effectue partiellement par rejets, mais surtout par semis naturels. Les graines germent difficilement et restent dans le sol. Pour assurer la régénération par semis, il faudra donc une longue période, 20 à 25 ans au moins.

#### 1.5.4.6.6 Phénologie de l'espèce

La phénologie (dont l'origine étymologique est phénoménologie) désigne, au sens large, l'ensemble des particularités morphologiques du cycle de développement d'un végétal, avec mention des époques de l'année correspondantes. Au sens strict, c'est l'étude des relations entre les phénomènes climatiques et les caractères morphologiques externes du développement des végétaux (Delpech R., et al., 1985). Par développement, on entend toute modification qualitative dans la forme de la plante (Durand R., 1967).

La phénologie étudie les phénomènes périodiques des plantes. Elle cherche à saisir la progression temporelle, spatiale et stationnelle de la réapparition de ceux-ci (Malaisse F., 1967). Elle est fortement corrélée avec des caractères adaptatifs (ainsi, la tardiveté du débournement végétatif est souvent liée à la résistance aux gelées printanières).

Le champ d'étude de la phénologie consiste à enregistrer, dans le temps, le retour des étapes de croissance et de développement des êtres vivants et à étudier les facteurs qui l'influencent (Défila C., et al., 2000).

Les observations phénologiques constituant des données très importantes pour les améliorateurs des plantes (choix de provenances selon la précocité ou la tardiveté du débournement) (Vernier M., et al., 1996), et font partie des éléments de la connaissance de l'autoécologie des essences (Comps B., et al., 1987)

En fin, elles sont depuis peu employées afin d'étudier la réponse de la végétation aux changements climatiques (Le bourgeois F., et al., 2005)

D'après (Ageste M. , 1960), Chez le *J. phoenicea* L. la Floraison entre avril et mai, puis pollinisation par les vents et le fruit se forme. En juillet, vient la maturation des fruits est presque totale, ils proviennent des fleurs de l'année précédente.

#### **1.5.4.6.7 Importance de l'espèce**

##### **1.5.4.6.7.1 Economique**

D'après (Boudy P, 1950), les peuplements de genévrier de Phénicie ont jusqu'ici été un peu abandonnés à eux-mêmes, mais il faut cependant les soumettre à un traitement permettant d'assurer la permanence de la forêt dans des conditions humaines et physiques difficiles et n'en tirer que le minimum de produits nécessaires aux populations locales.

##### **1.5.4.6.7.2 Médicinale**

L'exploitation des branches feuillées du Genévrier de Phénicie pour la production du goudron végétal naturel, qui est utilisé en médecine traditionnelle pour traiter certains cas d'eczéma. On l'utilise en inhalation contre l'asthme, les maux de tête et les étourdissements (Seigue A, 1985).

Les feuilles de *Juniperus phoenicea* sont utilisées sous forme de décoction pour soigner le diabète, diarrhée et rhumatisme alors que les fruits séchés et réduits en poudre peuvent guérir les ulcérations de la peau et les abcès. De plus, il possède des propriétés diurétiques mises à profit pour combattre toute sorte de maladies du système urinaire (infections et inflammations, calculs, goutte, etc.) (Stark *et al.*, 2013).

#### **1.5.5 Aire de répartition de Genévrier de Phénicie**

##### **1.5.5.1 Dans le monde**

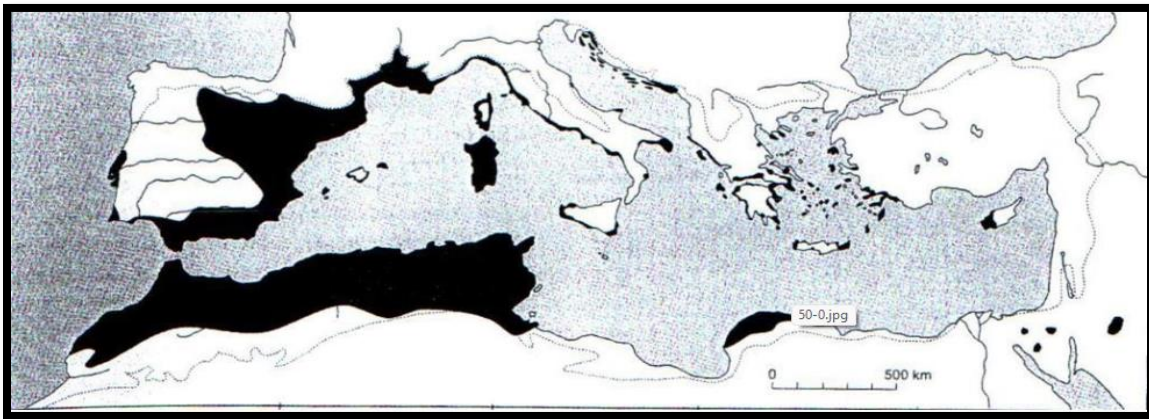
Le Genévrier de Phénicie est une espèce dont l'aire de répartition est circumméditerranéenne, il est représenté en Algérie, au Maroc, on le trouve (en bases montagne, mais dans certaines régions du littoral), en Tunisie et en Libye. On le trouve aussi bien sur les dunes du littoral qu'à l'intérieur dans les collines et les montagnes (Ait Youssef M, 2006).

L'aire de répartition typique méditerranéenne est étendue en sud d'Europe, en l'Afrique du Sud, en l'Asie mineure, en crête ; à Chypre, il s'étend des îles Canaries à l'Arabie et à la Jordanie. Au Maroc : on le rencontre souvent dans une zone se situant entre la forêt à *Tetraclinis* et celle de

*Quercus ilex*, mais dans les parties les plus froides de l'étage semi-aride, il prend la place *Tetraclinis* (Seigue A, 1985) (Fig. 9).

Le Genévrier de Phénicie est réparti dans tout le Moyen Atlas, de Taza au Tadla, puis dans le grand- Atlas où il couvre des surfaces très importantes, notamment sur le versant sud où il remplace le Chêne-vert (Boudy P, 1950).

En Espagne, (Seigue A, 1985), indique que le Genévrier de Phénicie se trouve dans la Sarra Del Cabo de Gâta, la station la plus aride, elle se contente de 200 mm de précipitations et atteint 1000 m en France, il participe à diverses végétations méditerranéennes dont la diversité typologique importante est en rapport avec la nature du substrat, la géomorphologie, la situation géologique.



Source : (Quezel P, et al., 2003).

**Figure 9.** Aire de répartition des Genévriers du groupe *phoenicea* en région méditerranéenne

### 1.5.5.2 En Algérie

En Algérie, le Genévrier de Phénicie est très rare. En 1962, il n'était présent qu'en kabyle, dans les rochers des hautes montagnes du Djurdjura (Ait Youssef M, 2006). Actuellement, l'espèce est commune sur l'ensemble du littoral, sur les hauts plateaux de l'Atlas saharien (Frank, 1986), de l'oranais, de l'algérois et du constantinois.

Cette cupressacée se rencontre dans le massif des Aurès avec une superficie de 1950 ha, elle est intimement mélangée, notamment dans le sud de ce massif (wilaya de Batna « régions de Maafa, Beni Fedhala ») et fortement parasité par *Arceuthobium oxycedri* (Abdessamed K. , 1981).

---

---

**CHAPITRE II**

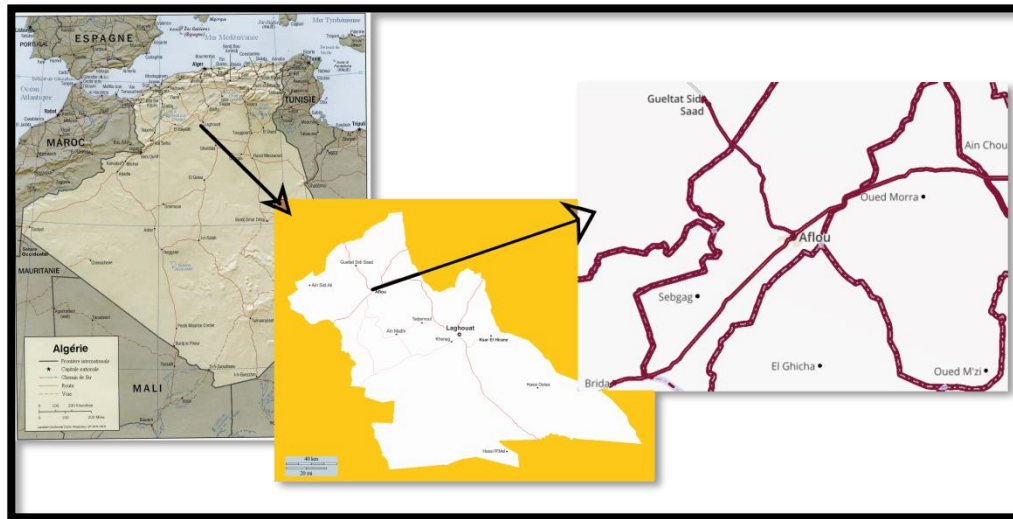
**PRÉSENTATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE**

---

---

## 2.1 Localisation géographique

La région d'Aflou est la plus grande commune de la Wilaya de Laghouat, se trouve à 406 km au sud-ouest de la capitale d'Alger (34° 1' 47" Nord, 1° 55' 41" Est) (fig. 10). Elle s'étend sur une superficie de 405 km<sup>2</sup>, pour une altitude de 1400 m.



**Figure 10.** Cartes représentatives de la région d'étude.

Aflou elle est surnommée « la capitale du Djebel Amour », l'Aurès occidental, du fait de sa géographie montagneuse et sa situation dans l'Ouest algérien.

## 2.2 Caractérisations de la région d'étude :

Pour décrire les conditions générales caractérisant notre zone d'étude il faut rappeler qu'au niveau du Djebel Amour, quatre régions se succèdent du nord-ouest au sud-est les suivants:

- **Les hautes plaines steppiques :** se situent entre 1100 et 1300 mètres au sud-ouest et 900 à 1000 mètres d'altitude au nord-est.
- **Les parties hautes de la montagne :** au-dessus de la steppe, un relief s'élève en un glacis de pente assez forte, c'est le Djebel qui se définit par ses montagnes de 1400 à plus de 1700 mètres avec ses roches gréseuses et ses forêts.
- **La partie méridionale de la montagne :** comporte un ensemble montagneux très important en bordure même du désert, mais aussi des altitudes plus basses. C'est une région montagneuse mais plus chaude et sèche que la précédente.

- **Le piémont saharien** : c'est un piémont ou glacis d'érosion qui annonce le début du Sahara.

### 2.3 Géologie et Géomorphologie :

D'ouest en Est, l'Atlas saharien peut être subdivisé en : Monts des Ksour, Massif du Djebel Amour, Monts des Ouled Naïl. Nous nous intéressons plus spécialement ici au Massif du Djebel Amour. Cette montagne aux formes massives où prévaut le paysage de plateau, est caractérisé par deux grands ensembles géologiques importants, le jurassique (calcaire et marnocalcaire) et le crétacé (grès) (Abed S., 1982).

### 2.4 Hydrogéologie :

Dans cette région soumise à un climat qui, globalement va du semi-aride à l'aride, l'altitude aura un rôle prépondérant et malgré des précipitations faibles, des écoulements liés au ruissellement pourront se mettre en place et qui iront réalimenter les dayas et les nappes localisées sur la bordure Saharienne (Bettahar A., 2009).

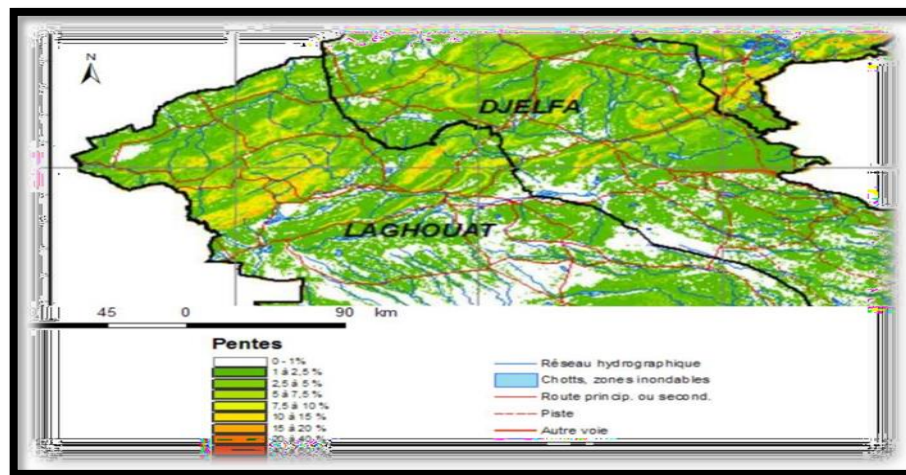
Le domaine Atlasique et sa bordure saharienne sont caractérisés par leur faible valeur quantitative de pluies. Toutefois, ils peuvent donner naissance à des écoulements s'enfonçant loin vers le Sud où ils assurent la recharge des nappes souterraines. La seule explication possible repose sur la prise en compte de l'intensité des averses qui, dépassant la capacité d'absorption ou d'ingestion, des sols voient leurs eaux ruisseler et donner naissance à des écoulements (Stambouli M, 2004).

Pour le Djebel Amour, cela signifie que le ruissellement et donc le régime de crue présenté par les oueds est essentiellement lié aux précipitations orageuses. La carte de la figure -11- donne un aperçu des pentes observables et le réseau hydrographique qui traverse la région. La zone de l'Atlas Saharien est caractérisée par des pentes de 12,5 à 25 % et la zone des Hauts Plateaux et des Plateaux Sahariens caractérisée par des pentes de 0 à 3 % (Stambouli M, 2004).

Les ressources en eau du secteur seront plus spécialement associées aux nappes souterraines, Les grès, roches perméables, sont de bons réservoirs dans cette région qui est la moins dépourvue de pluies de l'Atlas saharien occidental (Stambouli M, 2004).

Le Djebel Amour est en effet relativement riche en eau : les sources y sont assez nombreuses. Il donne naissance à de longs oueds pérennes sur une grande partie de leur cours, les principaux oueds sont les suivants (Stambouli M, 2004).

- **Oued Sebgag** : à 20 km à l'ouest d'Aflou, il existe un certain nombre de sources pérennes donnant naissance à l'Oued Sebgag qui reçoit en aval plusieurs affluents pour former l'Oued Touil, puis l'Oued Chélif, le plus important oued d'Algérie. Son parcours est de 10 km et son bassin versant recouvre une superficie de 126.5 km<sup>2</sup>.
- **Oued Seklafa** : situé au Sud-est d'Aflou, il constitue l'affluent le plus important de l'Oued M'Zi (d'une longueur de 40 km, il draine un bassin de 775.6 km<sup>2</sup>).
- **Oued Sidi Naceur** : prend sa naissance au niveau de la terminaison Nord occidentale du Djebel Amour. Plusieurs émergences contribuent à son alimentation, en particulier les sources de El-Hadj El-Mecheri et de Sidi Naceur. L'écoulement s'effectue du Sud-ouest vers le Nord-est avec un parcours de 120 km. Le bassin versant limité au Nord par celui du Chott Chergui qui couvre une superficie de 1972 km<sup>2</sup>.



**Figure 11.** Carte des Pentes et réseaux hydrographiques de la région d'étude. (S.D.F,2020).

## 2.5 Pédologie :

La plus grande partie des hautes plaines a des sols calciques ; le plus souvent squelettiques ou minces, ils s'épaississent dans les dayas où ils deviennent plus ou moins salins et

dans les principales vallées où ils ont les caractères des alluvions. Assez riches en calcaire et non dépourvus de matières organiques, ils donnent de bonnes terres de culture lorsqu'ils sont assez épais et qu'ils sont irrigués ou inondés par les eaux de ruissellement.

A l'inverse des steppes, les parties hautes du massif bien qu'elles soient abondantes en eau ont peu de bonnes terres (Despois J., 1957).

(Kadik B, 1983) Les définit comme des sols sur calcaires durs plus ou moins dolomitiques ou sur grès siliceux à texture grossière et sont perméables.

A la partie méridionale de la montagne les sols les plus largement représentés sont les sols calciques des steppes, mais ils ne sont un peu épais.

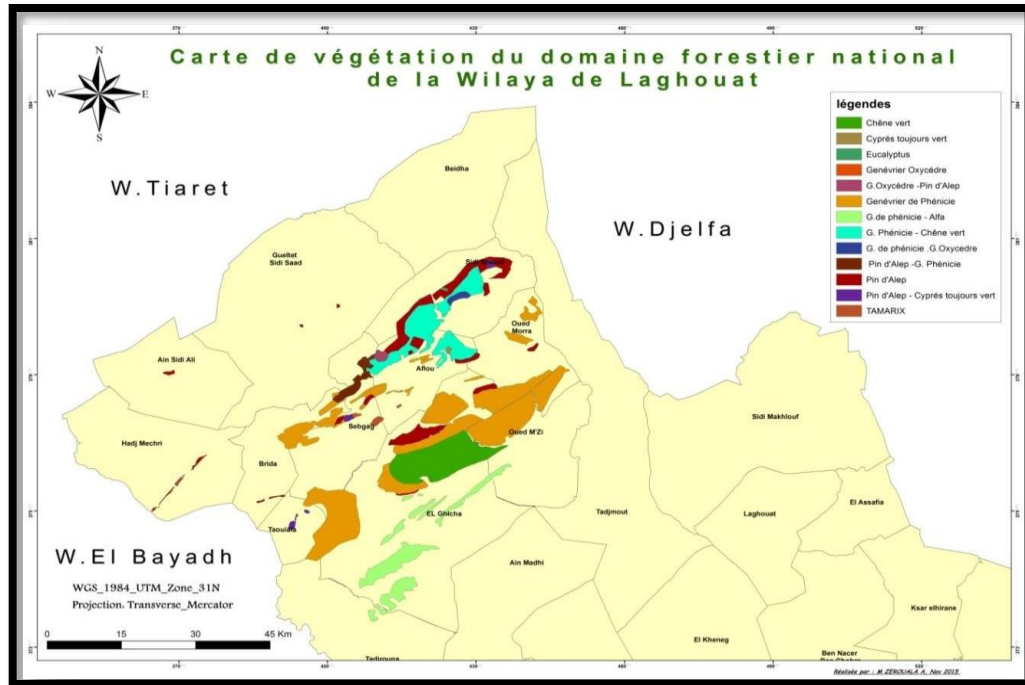
Les sols forestiers sont un peu humifères, les uns sont assez riches en calcaires, mais la plupart en sont dépourvus et donnent des sols « en équilibre » ou des sols « insaturés », en résultat des sols sablonneux, légers et pauvres non seulement en calcaire mais aussi en acide phosphorique (Stambouli M, 2004).

## **2.6 Flore et végétation :**

Le Djebel Amour est plus boisé que les massifs qui l'encadrent (Despois J., 1957), bien que ses forêts soient très claires et dégradées, mais elles comptent encore de nombreux chênes verts et des pins d'Alep. Les formations végétales caractérisant la région d'étude reflètent une écologie particulière.

La région nord située à la partie méridionale de Djebel Amour est caractérisée par des formations forestières à Pin d'Alep et Chêne vert et des formations à Genévrier rouge, Pistachier de l'Atlas et d'Alfa. La partie sud à la limite du piémont saharien est caractérisée essentiellement par des formations à Alfa qui occupent de vastes étendues. De nombreux oueds à Pistachier de l'Atlas, Jujubier, Tamaris et de Rétama caractérisent la région. Enfin, des dayas parsemées en surface sont révélées par les pieds de Pistachier de l'Atlas et les buissons de Jujubier (Fig. 12).

Il faut aussi signaler les formations de reboisements à Pin d'Alep qui occupent de vastes étendues dans la région avec des taux de réussite différents et des étagements très hétérogènes (Koudri M. , 2013).



**Figure 12.** Carte de végétation du domaine forestier national de la Wilaya de Laghouat (S.D.F, 2020).

Selon la monographie de Laghouat (2011) la superficie des vieux massifs forestiers de la zone Djebel Amour est estimée à 47.095 ha, celle des nappes alfatières est de 315.125 ha, les pacages et parcours sont d'une superficie de 1.531.766 ha. La superficie de la zone constituée de vastes étendues steppiques est d'une superficie de 1.900.000 ha dont une grande partie a été dégradée sous l'effet des sécheresses prolongées. La figure suivante (fig. 13) donne un aperçu sur l'occupation des sols de la région.

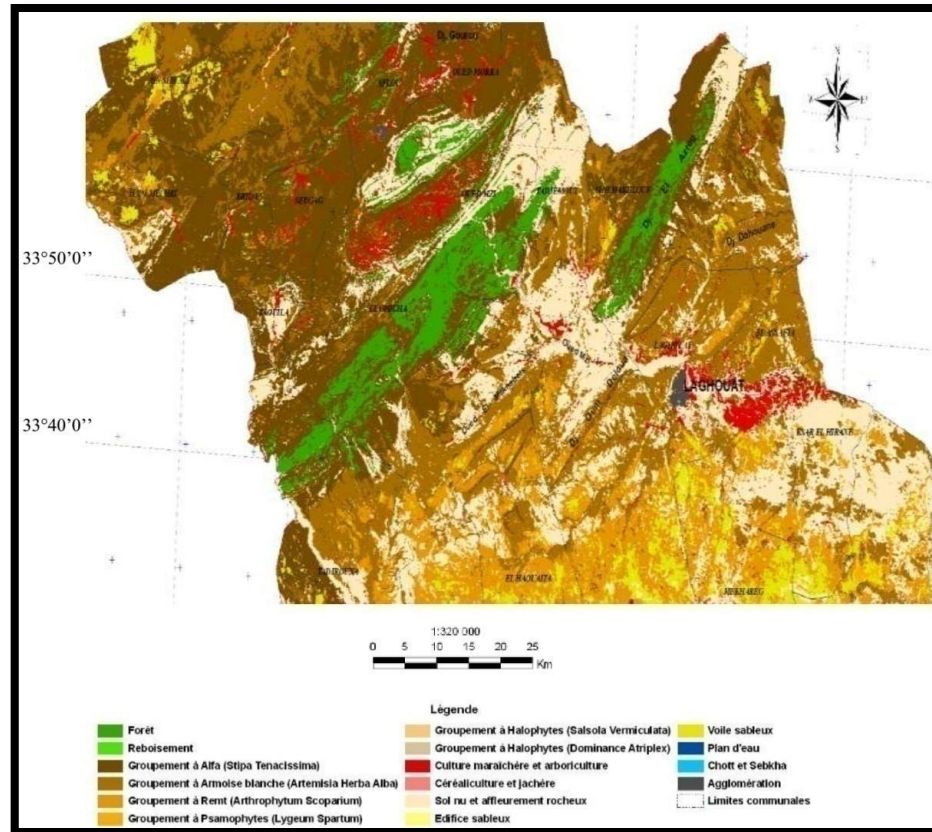


Figure 13. Extrait de la carte d'occupation des sols de la wilaya de Laghouat. (S.D.F.2020).

## 2.7 Le Climat :

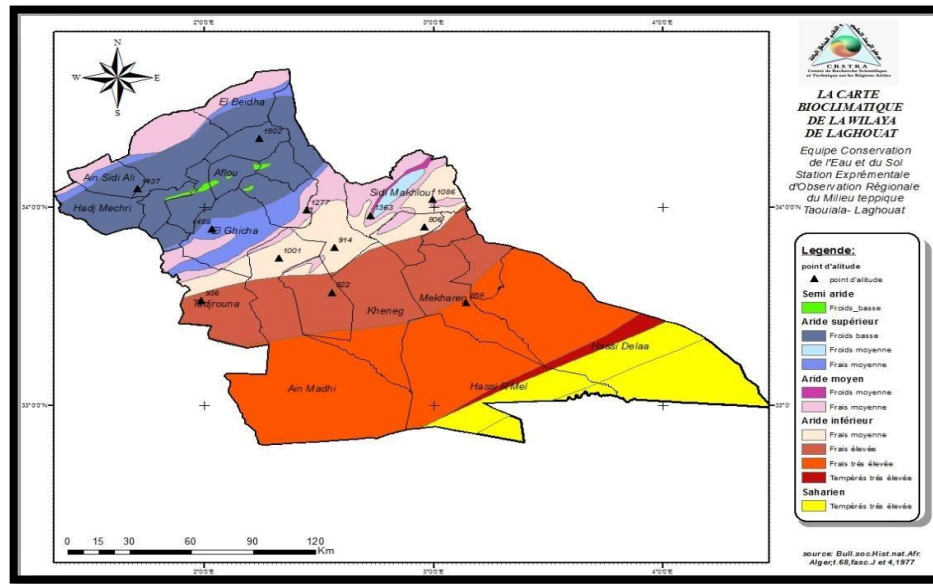
Notre région d'étude se caractérise par un climat semi-aride (Fig. 14), trois facteurs principaux interviennent dans la définition du régime qui règne sur le Djebel Amour (Stambouli M, 2004).

- **La situation géographique** : distant de 300 km de la mer, la région se retrouve à la limite méridionale du secteur balayé par le Front polaire et le Front polaire dérivé. De ce fait, les influences Atlantico-méditerranéennes seront très dégradées, tandis que s'affirme l'empire saharien au fur et à mesure que l'on se déplace vers le Sud.

**L'altitude** : dont les effets compensent partiellement ceux de la latitude et qui apportent des températures froides en hiver et chaudes en été en raison d'un fort ensoleillement. Au plan des précipitations, un accroissement pourrait être noté avec l'altitude. Pour une moyenne sur l'ensemble du massif qui serait de 200 mm,

le maximum pourrait atteindre 400 mm sur les sommets les plus élevés. La figure (15) porte les altitudes caractérisant la région.

- **L'orientation des versants** : lorsqu'ils sont exposés aux vents pluvieux se montrent plus humides que leurs revers. Cette orientation des versants conforte l'effet de l'altitude vis-à-vis des précipitations.



**Figure 14.** Carte bioclimatique de la Wilaya de Laghouat (S.D.F 2020).

La pluviosité moyenne annuelle de la steppe est estimée comprise entre 200 et près de 400 mm, les pluies augmentant avec l'approche des montagnes, l'altitude tempère les chaleurs de l'été, mais en hiver les vents froids des quadrants Nord et Ouest sont à redouter et les chutes de neige ne sont pas exceptionnelles.

Quant aux régions hautes assez variées par leur relief, elles présentent des caractères bioclimatiques communs. Situées à peu près partout au-dessus de 1300m et souvent de 1400 m, elles ont des étés tempérés mais les hivers sont longs et froids.

Il peut geler dès octobre, et jusqu'à mi-avril, soit durant six mois. La neige n'est pas rare de décembre à mars et elle reste souvent plusieurs jours sur le sol, même en dehors des îlots montagneux.

Les vents les plus fréquents sont les vents froids d'Ouest à Nord, Les étés, sont très tempérés, avec de forts écarts diurnes de température ; les nuits y sont fraîches sauf quand souffle le siroco, vent chaud et sec du désert.

La montagne est mieux arrosée que la steppe, La sécheresse de l'été méditerranéen est ici atténuée par des orages qui peuvent être très pluvieux. Ils s'accompagnent souvent de grêle.

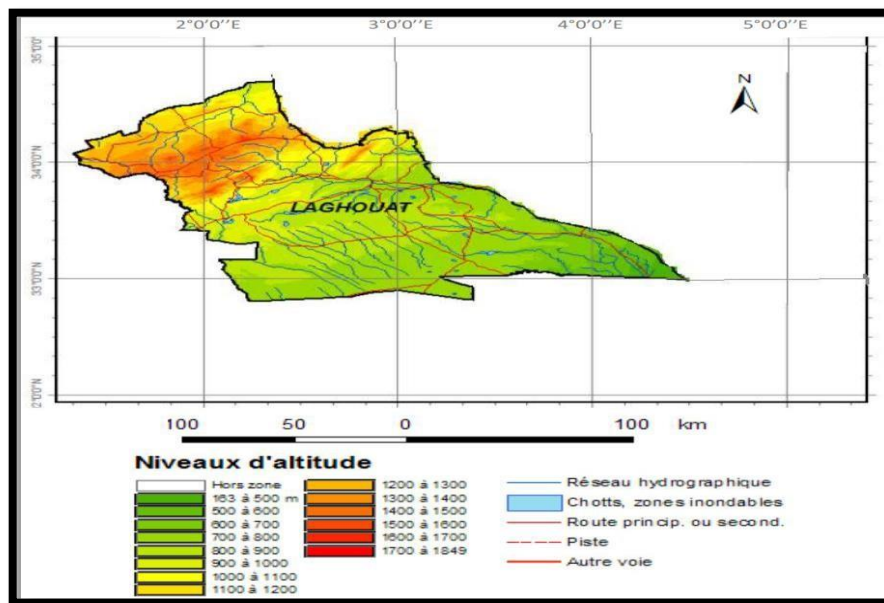


Figure 15. Carte Topographique de Laghouat (la zone étudiée se situe entre 1000 et 1400m d'altitude) (S.D.F 2020).

## 2.8 Caractérisation bioclimatique de la zone d'étude :

La zone d'étude se situe dans un étage bioclimatique semi-aride qui est caractérisé par une chaleur excessive durant l'été et une pluviométrie insuffisante et variable, on y trouve cependant des contrastes climatiques, Ceux-ci résultent en général des différences de température, de saison des pluies et de degré d'aridité.

Trois grands types de climat distinguent dans l'étage semi-aride (300 – 400 mm et 600 mm de pluviométrie) :

- Le climat méditerranéen
- Le climat tropical
- Le climat continental

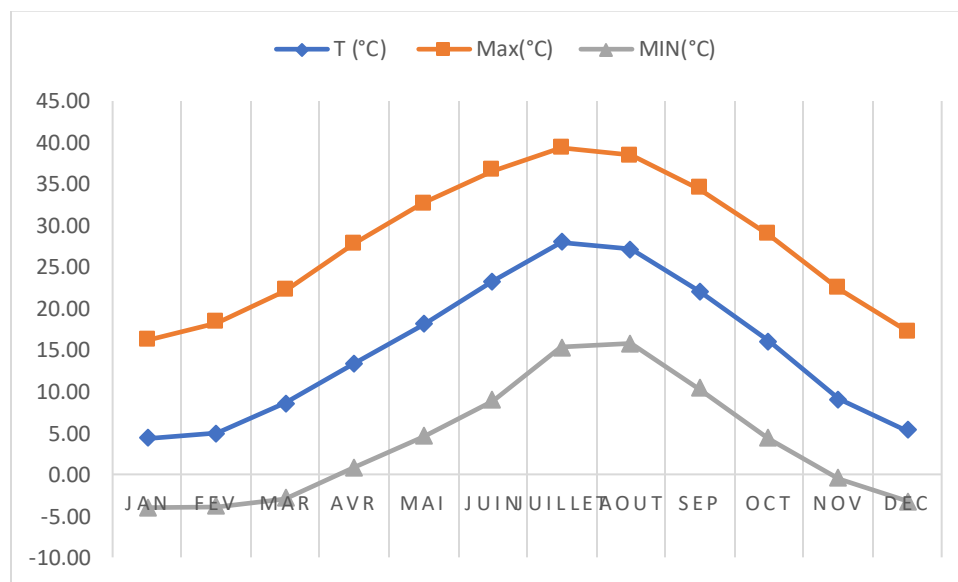
Pour la réalisation de notre étude et la caractérisation climatique, on a obtenu des données climatique (précipitations, températures) de la station météorologique d'Aflou (O.N.M)

**2.9 Température :**

La température influence considérablement sur la végétation, elle est l'élément climatique le plus important dans l'aire de répartition des végétations sur le globe (Prévost P, 1999). Les données de la température enregistrées dans cette région, reflète l'image réelle de la particularité de certains composants du climat à savoir l'altitude et l'alternance saisonnière. Les températures maximales dans la région sont enregistrées en été avec **39.36°C** (Juillet). Les plus faibles températures sont enregistrées pour le mois de janvier où la valeur est de **-4.01 °C**, Le tableau (Tab 01) et la figure (Fig. 16) ci-dessus exprime les températures mensuelles moyennes enregistrées de l'année 2011 jusqu'à 2020 de la région d'étude.

**Tableau 1.** Températures moyennes mensuelles de la région d'étude de 2011 à 2020

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
T (°C)	4.31	4.96	8.58	13.39	18.08	23.25	<b>27.95</b>	27.05	22.02	16.05	8.99	5.32
Max(°C)	16.16	18.25	22.22	27.79	32.68	36.63	<b>39.36</b>	38.48	34.40	28.87	22.39	17.25
MIN(°C)	<b>-4.01</b>	-3.89	-2.88	0.80	4.62	8.89	15.26	15.78	10.39	4.34	-0.46	-3.28



**Figure 16.** Variation des températures moyennes mensuelles dans la région d'étude.

## 2.10 Précipitations :

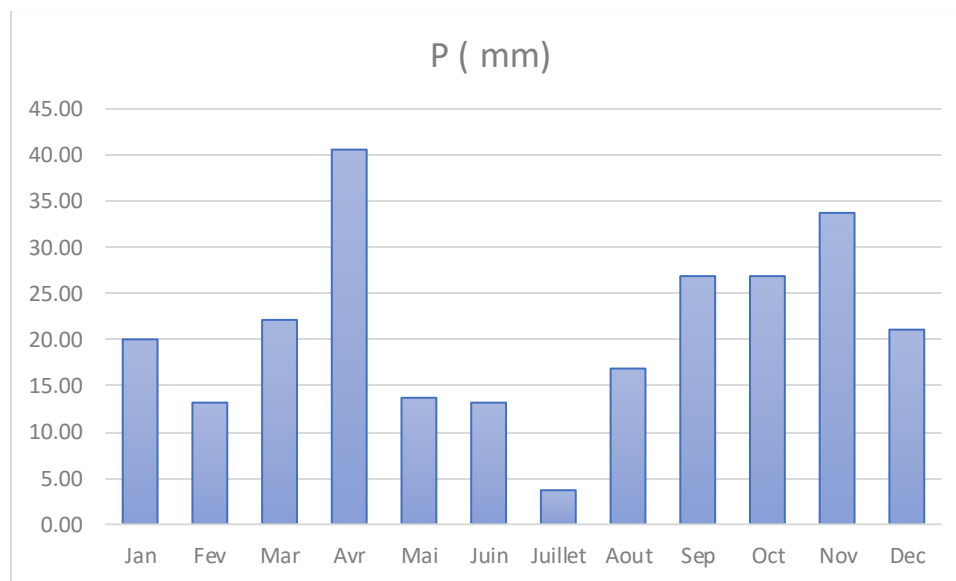
D'après (Djebaili S, 1978), la pluviosité c'est le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat.

### 2.10.1 Pluviométrie annuelle moyenne :

A partir des données enregistrées sur une période de 10 ans (2011-2020) (Tab 02 /Fig. 17), Les précipitations moyennes annuelles est d'environ **252.07 mm**. Les mois de Avril et Novembre sont les plus pluvieux avec des moyennes de **40.61 mm** et **33.75 mm** respectivement. Les valeurs de précipitation les plus faibles sont enregistrées au mois de juillet avec **3.69 mm**.

**Tableau 2.** Précipitations mensuelles enregistrées de l'année 2011 jusqu'à l'année 2020

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
P(mm)	20.04	13.18	22.15	<u>40.61</u>	13.71	13.18	<u>3.69</u>	16.88	26.89	26.89	33.75	21.09



**Figure 17.** Variation des précipitations annuelle dans la région d'étude « Aflou ».

### 2.10.2 Régime saisonnier :

La connaissance de la pluviométrie annuelle moyenne, est une donnée insuffisante pour caractériser un régime pluviométrique régional. Il est nécessaire de la compléter par la détermination de la répartition saisonnière des pluies de l'année et de sa variation (Chaumont et Paquin, 1971).

Le régime pluviométrique est également utilisé comme un élément caractéristique du climat.

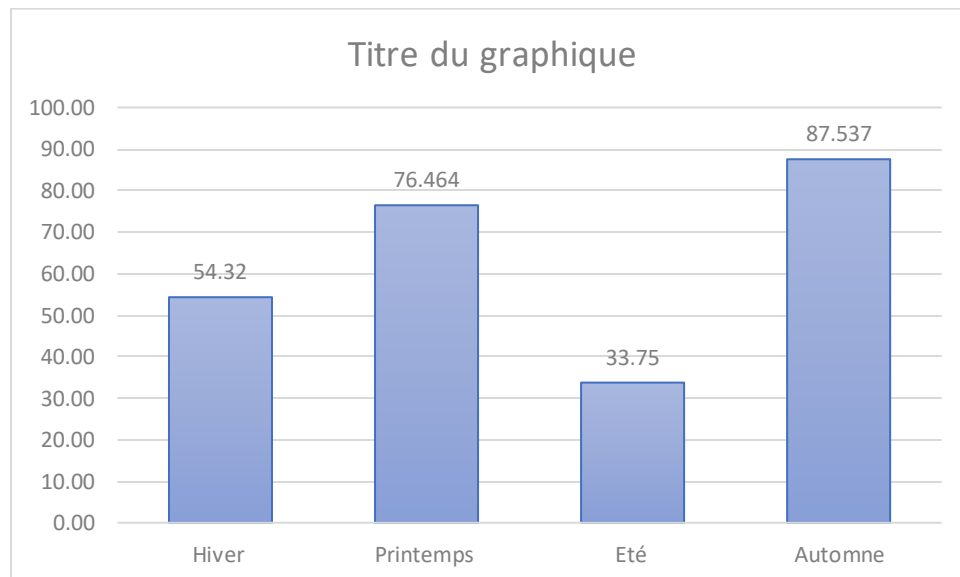
Pour le végétal, la répartition des pluies est plus importante que la quantité pluviométrique annuelle. L'eau qui lui est utile est celle qui est disponible durant son cycle de développement (Aidoud a, 1983). Le régime pluviométrique saisonnier est représenté dans le (tab. 03) et la (fig. 18).

Le régime saisonnier est défini comme étant le calcul des quantités de pluie de chaque saison, nous avons considéré quatre saisons de trois mois chacune :

- Printemps (P) : pour le mois de Mars, Avril et Mai ;
- Automne (A) : pour le mois de Septembre, Octobre et Novembre ;
- Hiver (H) : pour le mois de décembre, janvier et février ;
- Été (E) : pour le mois du Juin, Juillet et Août.

**Tableau 3.** Régime pluviométrique saisonnier de station d`Aflou (2011-2020).

Saisons	Hiver	Printemps	Été	Automne	Régime
P (mm)	54.32	76.464	33.75	87.537	APHE



**Figure 18.** Le régime pluviométrique saisonnier de la région d'étude « Aflou ».

D'après la figure (18) notre région d'étude a un régime saisonnier de type Automnal, Automne, Printemps, Hiver, Eté « A.P.H.E ».

Le tableau (03) et les histogrammes de la figure (18), montrent que la saison la plus sèche est l'été, ce qui est l'une des principales caractéristiques du climat méditerranéen (Daget ph, 1977).

### 2.11 Synthèse climatique :

Le climat a des répercussions sur les êtres vivants, il agit directement sur leur répartition et leur aptitude à se développer en un lieu donné, il est donc naturel que les climatologues et phytogéographes s'efforcent de comprendre les relations climat-végétation.

Ces liens qui existent entre les paramètres climatiques et la végétation ont fait l'objet de nombreuses études bioclimatiques où les auteurs ont conclu qu'indépendamment de leur composition floristique, tous les groupements végétaux qui se développent dans les zones isoclimatiques sont homologues et équivalents, ce qui revient à dire que le climat façonne la végétation et que celle-ci n'est que l'expression biologique du milieu (Emberger L., 1955).

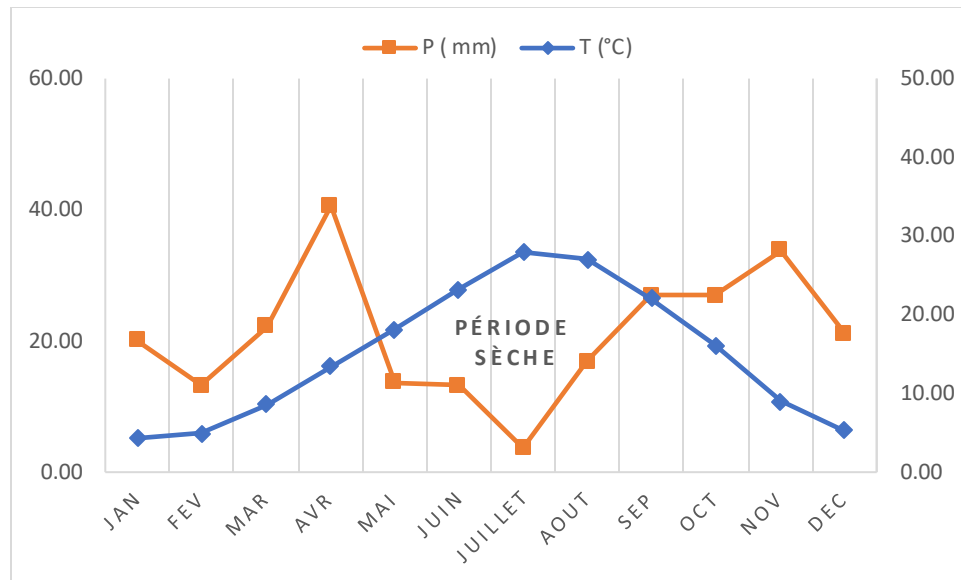
Afin de comprendre ces relations climat-végétation, plusieurs auteurs ont proposé des méthodes de classification pour caractériser les différents bioclimats, et cela à travers des indices bioclimatiques tel que (Indice de De Martonne, Quotient pluviométrique... etc.) qui tiennent compte des variables prépondérantes telles que la pluviosité, la température et l'évapotranspiration.

#### 2.11.1 Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN :

Pour Bagnouls et Gausse (1953), un mois sec est celui où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètre est égal ou inférieur au double de la température mensuelle exprimée en degré Celsius ( $P \leq 2T$ ). Cette relation permet de représenter sur un même graphique les précipitations et les températures moyennes mensuelles.

L'intersection des deux courbes, précipitations et température, détermine la période sèche.

Le diagramme ci-dessous (Fig19) montre une période sèche estivale typique du climat méditerranéen ; elle dure de cinq (05) mois, allant de Mai jusqu'au le mois de Septembre.



**Figure 19.** Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région d'étude "Aflou".

### 2.12 Indice de DE MARTONNE :

Cet indice est une expression très simple, qui permet de classer les stations selon leurs degrés d'éclicité.

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

- P : Pluviosité moyenne annuelle en (mm) ;
- T : Température moyenne annuelle en (°C).

De Martonne a proposé une échelle de classification des climats selon l'indice d'aridité:

- Un climat très sec si : ( $I < 10$ ) ;
- Un climat sec si : ( $I < 20$ ) ;
- Un climat humide si : ( $20 < I < 30$ ) ;
- Un climat très humide si : ( $I < 30$ ).

L'indice est d'autant plus grand que le climat est plus humide (Prévost P, 1999). L'indice de De Martonne de la région d'étude est de l'ordre de 10.08 ce qui permet de classer la région dans un climat sec.

### 2.13 Climagramme d'EMBERGER :

En 1955, Emberger proposait un quotient pluviométrique nous renseignant sur le caractère xérique d'un biotope et qui prend en considération les températures et la pluviosité.

Ce quotient est spécifique du climat méditerranéen, il est le plus fréquemment utilisé en Afrique du Nord. Le quotient a été formulé de la façon suivante :

Stewart (1969) en transformant cette équation, a obtenu pour le climat méditerranéen la formule suivante :

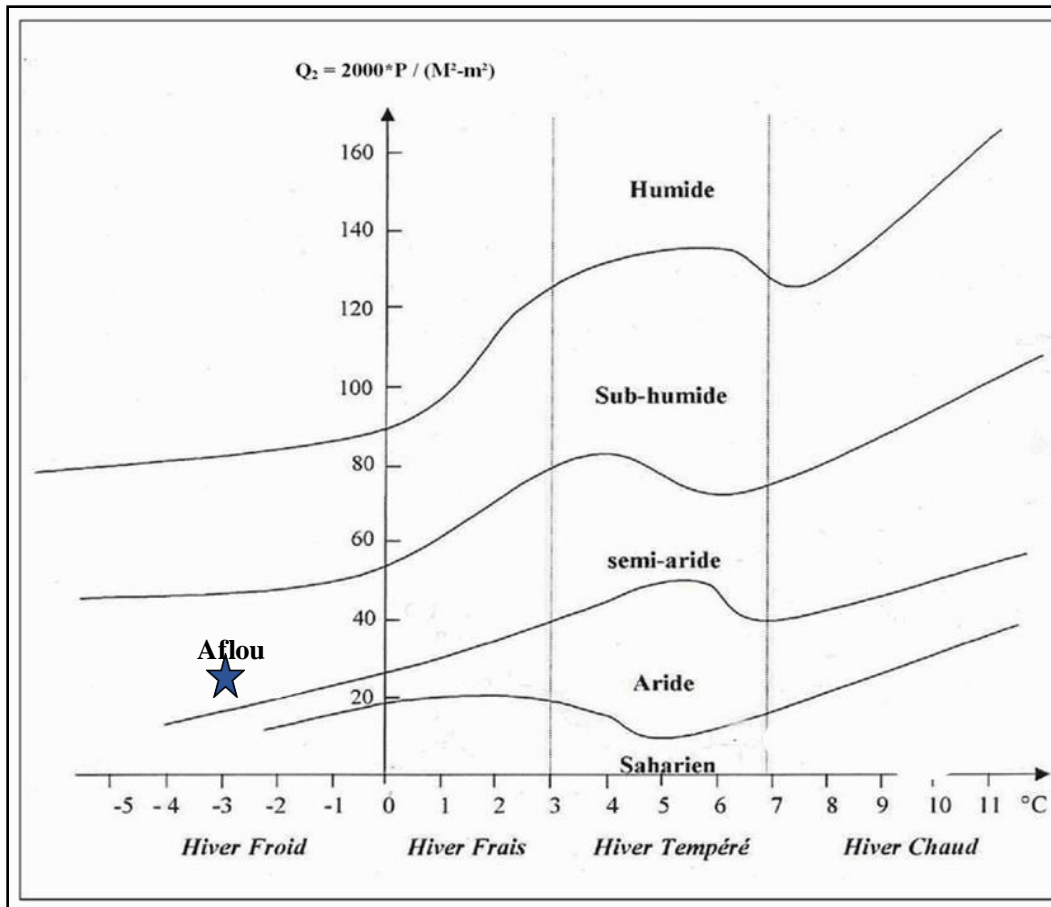
$$Q_2 = \frac{3.43 \times P}{M - m}$$

Ou :

- P : précipitation moyennes annuelles en mm
- M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en (°C)
- m : moyenne des minima du mois le plus froid en (°C)

**Tableau 4.** Quotient pluviothermique de la région d'étude « 2011-2020 »

Quotient pluviothermique (Q <sub>2</sub> )	19.93
Moyenne du minimum du mois le plus froid (°C)	-4.01



**Figure 20.** Situation de la région d'Aflou sur le Climagramme d'Emberger (1955).

Sur la base des données que nous venons de présenter et d'après le climagramme (fig. 20), il ressort que la région d'Aflou appartient à l'étage bioclimatique Semi-aride avec un Hiver froid.

Sur la base des données climatiques notre région d'étude soumise à l'étage bioclimatique semi-aride et hiver froid, caractériser par une période sèche s'étale de Mai à septembre, durant cette période la végétation est face à un manque d'eau, de hors de cette période sèche le mois le plus pluvieux est le mois d'avril, Les températures maximales sont enregistrées en été avec 39.36°C en mois de juillet, Les plus faibles températures sont enregistrées pour le mois de janvier avec -04.01°C.

---

---

**CHAPITRE III**

**MATÉRIEL ET MÉTHODES**

---

---

### 3.1 Description des sites d'étude :

#### 3.1.1 Aflou « Sidi-okba) :

Djebel Sidi Okba est une montagne à une altitude de 1 653 mètres. Située au sud-est de Teniet Aouidja, et au nord de Koudiet el Haoud (Fig. 21). Les coordonnées géographiques sont 34°7'16" N et 2°0'49" E.



**Figure 21.** La localisation de Djebel Sidi-Okba par rapport la commune d'Aflou.

##### 3.1.1.1 Peuplements – Densité – Pentes :

Il existe encor sur le versant Nord de ce massif d'une pente moyenne de 40 %, un peuplement de chêne vert d'une densité normale, mais rabougrie par suite de l'abus des pacage, partie qui se régénérera très bien par un recépage complet. Dans la pointe Nord –Ouest du versant le Chêne vert disparaît et se trouve mélangé aux Genévriers de Phénicie dans la proportion de 20 % : sol rocheux un peu découvert, le peuplement principal étant assez clairière. Quelques jeunes Pistachiers de l'Atlas.

Les parties Sud–Ouest de ce canton, en terrain ondulé et presque plat, à un peuplement de Genévriers de Phénicie d'assez bonne venue, mais très clairière, néanmoins il s'y trouve encore de jeunes cépées de cette essence qui aideront à la régénération :

- Genévriers de Phénicie : 80 %
- Chêne vert : 20 %.

Revenant au versant Sud du massif principal le peuplement composé de Genévrier de Phénicie pour 70 % et de 30 % de Chêne vert est assez clairière, mais il existe également de jeunes cépées des deux essences qui y assureront la régénération, si le parcours y est réglé convenablement. Pente moyenne de 15 à 20 % dans tout le versant.

Revenant au versant Sud du massif principal le peuplement composé de Genévrier de Phénicie pour 70 % et de 30 % de Chêne vert est assez clairière, mais il existe également de jeunes cépées des deux essences qui y assureront la régénération, si le parcours y est réglé convenablement. Pente moyenne de 15 à 20 % dans tout le versant.

En suivant le versant Sud jusqu'à son extrémité Sud-Est, l'on trouve au-dessus de la grande source de Tiguessim une grande partie dénudée n'ayant que quelques Genévriers de Phénicie épars. Des semis divers pourront être faits pour régénérer cette partie sur 25 à 30 hectares, ayant une pente moyenne de 40 %.

Tout le versant Nord ne montre aucun signe de dégradation, sauf un peuplement de Chênes rabougris qui régénérera par le recépage.

Le versant Sud d'un accès plus facile, présente plus de dégradation et d'appauvrissement dans l'état de son peuplement clair, cela tient sans doute à l'influence des vents du Sud, mais à cause principale les agglomérations antérieures des campements et troupeaux de la grande vallée du Sud, dans les parties faciles et abritées des froids, qui sévissent de Septembre à Mai dans cette région élevée, ce qui est démontré par le déboisement exagéré de toutes les parties voisines des sources, où les stationnement ont toujours été nombreux.

### **3.1.2 El-Ghaicha :**

El-Ghaicha est une commune de la wilaya de Laghouat à une altitude de 1170 mètres. Située au cœur de la chaîne montagneuse des Amours de l'Atlas Saharien (Fig. 22), les coordonnées géographiques sont 33°55'44" N et 2°8'41" E.

Elle est délimitée :

- Au nord, par les communes d'Aflou et de Sebgag ;
- À l'est, par les communes d'Oued Morra et d'Oued M'zi ;
- Au sud, par les communes d'Ain Madhi et de Tadjrouna ;

- À l'ouest, par la commune de Taouila.



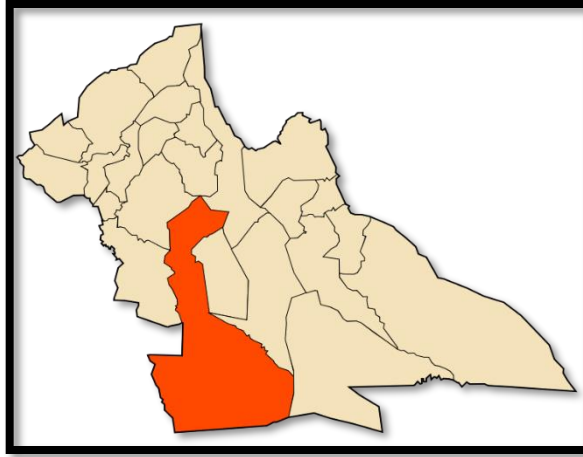
**Figure 22.** La localisation de la commune et les communes limitrophes dans la wilaya de Laghouat.

### 3.1.2.1 Peuplements – Densité :

Anciens peuplements de Pin d'Alep, Genévrier de Phénicie et Chênes verts très clairs sur l'ensemble des massifs par suite d'anciennes déprédations très graves. Une amélioration très apparente se montre déjà dans ces vieux boisements clairières ou les semis naturels commencent à apparaître notamment dans les régions où domine le Pin d'Alep à l'état de vieux arbres énormes mais dépérissant. Dans les Genévriers de Phénicie, il existe des taches de dépérissement complet datant de 15 à 20 ans mais actuellement en cours de régénération par les racines des couches. Fait anormal mais portant réel.

### 3.1.3 Ain-Madhi :

Ain-Madhi est une commune de la wilaya de Laghouat à une altitude de 982 mètres. Située au sud-ouest de la wilaya de Laghouat (Fig. 23), à 66 km à l'ouest de Laghouat dans le Sud du pays. La localité moderne est située dans une plaine en contrebas du Djebel Amour (Atlas saharien). Les coordonnées géographiques sont 33°47'49" N et 2°18'21" E.



**Figure 23.** La localisation de la commune dans la wilaya de Laghouat.

### 3.1.3.1 Peuplements – Densité :

Anciens peuplements de Genévrier de Phénicie très fortement clairs sur l'ensemble des massifs par suite d'anciennes déprédations très graves et de la sécheresse de la zone. La majorité de ces peuplements se localisent sur les crêtes de montagnes où les risques des dégradations sont moins fréquents.

## 3.2 Principe adopté

L'objectif de la présente étude est de contribuer à la comparaison du taux de mycorhization chez *juniperus phoenicea l.* dans deux étages bioclimatiques (Aride et Semi-aride) dans la wilaya de Laghouat. La méthodologie adoptée est orientée sur :

- Sorties de prospection.
- Caractérisation des stations d'étude.
- Prélèvement des échantillons racinaires mycorhizées.
- Prélèvement des échantillons du sols

## 3.3 Matériels utilisés :

Pour les besoins de notre étude, divers matériels ont été utilisés.

### 3.3.1 Sur terrain

- Pelle-bêche ;
- Pioche ;

- Mètre ruban ;
- Des sacs en plastique pour ramener les prélèvements ;
- Appareil photo pour la prise des photos ;
- Appareil GPS.

### 3.3.2 Au laboratoire

- Racine de plante ;
- Eau distillée ;
- KOH 10% dans eau déminéralisée ;
- 5% acide acétique ;
- Solution colorant bleu coton dans eau distillée et acide acétique a 5% ;
- Glycérol 100% ;
- Une balance de précision ;
- Bain-Marie à 90 °C ;
- pH-mètre;
- Conductimètre ;
- Four à moufle ;
- Microscope ;
- Petits flacons en verre ou piluliers de 60 ml, avec bouchon ;
- Bécher, Cuillère, Erlenmeyer, Eprouvette, Passoire, Ciseaux, Pince ;
- Lames en verre et grandes lamelles ;
- Papier absorbant ;
- Marqueur ;
- Vernis à ongle ;
- Pipetman de 0,2 et 1 ml.

### 3.4 Les analyses du sol :

Les analyses du sol ont été réalisées au niveau de laboratoire de biologie Université Amar Telidji et au laboratoire de SNV de l'ENS Taleb Abderrahmane, les paramètres qu'ont été déterminés sont les suivants :

- Potentiel hydrogène (pH) ;
- Conductivité électrique (CE) ;
- Taux de matière organique ;
- L'analyse de N, P, K et Na ;
- Taux de calcaire (Caco3) ;
- Texture du sol (analyse granulométrique).

### 3.4.1 Analyses physico-chimiques

#### 3.4.1.1 Potentiel hydrogène

Le pH montre l'état d'acidité ou d'alcalinité du sol, donc c'est un facteur qui influence directement sur l'absorption des éléments nutritifs. Se mesure par un pH-mètre sur des extraits dont le rapport terre/eau est de 1/5 (Aubert Guy , 1978).

Mettre 10 g de sol dans 50 ml d'eau distillée le rapport sol-eau est de (1/5), en agitant pendant 30 minutes à l'aide d'un agitateur magnétique, puis laisser la solution en repos pendant 30 minutes, et après filtration (à l'aide du papier filtre) nous agitions quelques secondes et nous mesurons la solution par le pH mètre (Aubert Guy , 1978).

**Tableau 5.** L'échelle d'interprétation d'acidité du sol en fonction de pH du sol

	pH	Interprétation
<b>Classe</b>	<3.5	Hyper acide
	3.5 - 4.2	Très acide
	4.2 – 5	Acide
	5 – 6.5	Faiblement acide
	6.5 – 7.5	Neutre
	7.5 – 8.7	Basique
	> 8.7	Très basique

#### 3.4.1.2 Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique se mesure par un conductimètre sur des extraits dont le rapport terre/eau est de 1/5 (Mathieu, et al., 2003).

Pour la réalisation de cette analyse, nous utilisons la méthode de 1/5ème qui consiste à faire agiter pendant 30 min une solution aqueuse (mélange de 10 g de sol avec 50 ml d'eau distillée), puis en récupérant la solution dans un bécher et on mesure sa conductivité par un conductimètre.

**Tableau 6.** L'Echelle d'interprétation de la salinité du sol en fonction de la conductivité (*Aubert, 1978*)

	<b>CE (mS/cm)</b>	<b>Extrait 1/5</b>
<b>Classe</b>	0-0.6	Non salé
	0.6-1.2	Peu salée
	1.2-2.4	Salé
	2.4-6	Très salé
	>6	Extrêmement salé

### 3.4.1.3 Taux de la matière organique

Pour déterminer la teneur en matière organique dans le sol, nous avons calculé la quantité de la matière minérale (MM). La teneur en matière minérale (MM) est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique après incinération.

Nous avons porté au four à moufle l'échantillon de sol (10g), chauffé progressivement, afin d'obtenir une carbonisation sans inflammation de la masse : 5 heures à 550 C°. L'incinération doit être poursuivie s'il y a lieu jusqu'à combustion complète, refroidir le résidu de l'incinération puis peser.

Les substances qui ont brûlé, retournant à l'atmosphère sous forme de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), de vapeur d'eau et de gaz azotés et soufrés, sont les matières organiques (Soltner, 1989).

$$\text{MO} = \text{MN} - \text{MS}$$

Tel que :

- **MO** : le taux de la matière organique en (g)
- **MN** : la matière minérale en (g)
- **MS** : la matière sèche en (g)

Et la matière organique en % est égale à :

$$\text{MO}\% = (\text{MOMS}) * 100$$

**Tableau 7.** L'échelle de classification des sols selon la teneur en matière organique (*Schafeer, 1975*)

MO%	≤ 0.5%	0.5% - 1.5%	1.5% - 2.5%	2.5% - 6%	6% - 15%
Nature du sol	Très pauvre en MO	Pauvre en MO	Moyennement pauvre en MO	Riche en MO	Très riche en MO

#### 3.4.1.4 Carbone organique (C%)

Le carbone se trouve dans les sols sous forme minérale (par exemple : carbonates) et sous forme organique (débris végétaux, colloïdes humiques). Le dosage du carbone organique du sol sert à apprécier une partie du taux de matière organique totale de ce sol. Selon (Petard, 1993), le taux du carbone (CO) est obtenu par la formule suivante :

$$\text{CO} = (\text{MO}\% / 1.72) * 100$$

Tell que :

- **MO** : la matière organique en %
- **CO** : carbone organique en %

#### 3.4.1.5 L'analyse Na, P, K :

La détermination du Sodium (Na), Potassium (K) et Phosphore (P) ce fait par la méthode de (Cerd,2004) par une solution du sol (sol/eau) est préparée dans le rapport (1/5 : mélange de 10 g de sol avec 50 ml d'eau distillée), suite à une agitation de 30 minutes pour le Na et K la lecture se fait avec un spectrophotomètre à flamme pour des longueurs d'ondes 589 et 768 nm respectivement (fig. 24).

Le phosphore est mesuré par un spectrophotomètre à absorption atomique à une longueur d'onde 640 nm, après réaction au sulfate de molybdène (fig. 25).



Figure 24. Spectrophotomètre à flamme pour la lecture du Sodium et du Potassium



Figure 25. Spectrophotomètre à absorption atomique pour la lecture du Phosphore.

#### 3.4.1.6 Dosage du calcaire total ( $\text{CaCO}_3$ )

Le calcaire est un constituant qui n'est pas toujours présent dans le sol, Le calcaire total joue un rôle de réserve de calcium dans le sol et peut être un élément limitant pour certaines cultures (Fellah, 2000).

Il est déterminé par le protocole suivant :

- ❖ Peser 1g de terre tamisée à 2mm dans bécher de 250ml
- ❖ Ajouter exactement 20ml d'acide chlorhydrique (1N)
- ❖ Ajouter également 100 ml d'eau distillée
- ❖ Porter le bécher dans un bain de sable à 60 °C pendant 45 min
- ❖ Laisser bouillir pendant quelques minutes
- ❖ Après refroidissement, filtrer dans une fiole de 250 ml

- ❖ Ajuster à 250 ml
- ❖ Prélever 100 ml au filtrat, et porter dans bécher de 400 ml
- ❖ Ajouter quelques gouttes (3) de phénolphtaléine a 2%
- ❖ Titrer le reste d'acide chlorhydrique par al soude (1N)
- ❖ Le virage a lieu vers le rouge violacé



**Figure 26.** Préparation de la solution



**Figure 27.** Filtration de la solution

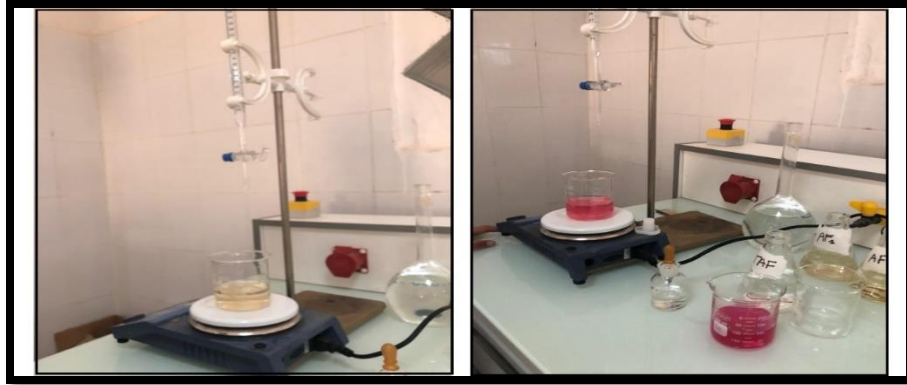


Figure 28. La procédure de titrage volumétrique

➤ **Calcul de pourcentage du calcaire total :**

$$\text{CaCo3 \%} = (\text{Vt} - \text{Ve}) * 12.5$$

Tableau 8. Normes d'appréciation du calcaire total du sol

	Classe	Interprétation
<b>CaCo3 %</b>	<5	Assez faiblement calcaire
	5 – 12.5	Faiblement calcaire
	12.5 – 25	Modérément calcaire
	25 – 37.5	Assez fortement calcaire
	37.5 – 50	Fortement calcaire
	> 50	Très fortement calcaire

### 3.4.2 Analyse granulométrique

A pour but de quantifier les particules minérales élémentaires groupées en classe (Aubert Guy , 1978). Elle a été effectuée par voie sèche qui consiste à classer par tamisage les différentes fractions constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis (1,0 mm, 500 µm, 250 µm, 100 µm, 80 µm) (Dupain *et al.* 1995).

D'après (Mathieu C , et al., 1998) les particules minérales ont été classées selon l'échelle internationale de la façon suivante :

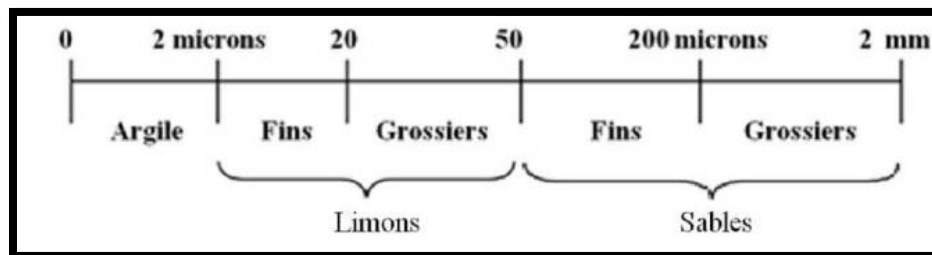
La représentation graphique des résultats de l'analyse granulométrique peut se faire par plusieurs méthodes. La plus connue et la plus utilisée est la représentation en coordonnées tridimensionnelles : Le triangle textural (Mathieu C, et al., 1998). Les pédologues regroupent les textures obtenues en % (Argile, Limon et Sable) en classes de textures pour faciliter la description des sols (Triangle de textures) (Delaunoy, 2006).



**Figure 29.** Tamiseuse de labo à vibrations.

En effet, l'analyse granulométrique a pour but de déterminer des différentes fractions du sol (texture du sol), à savoir :

- Sables : 2 mm – 50  $\mu$ m
- Limons grossiers : 50  $\mu$ m – 20  $\mu$ m
- Limons fins + Argiles : > 20  $\mu$ m

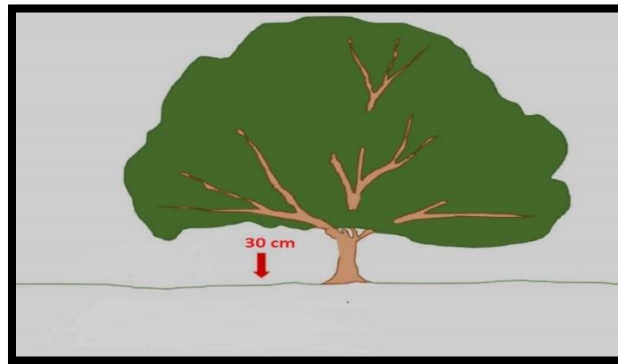


**Figure 30.** Classification des textures pédologiques.

### 3.5 L`analyse du mycorhize

#### 3.5.1 Collecte des échantillons de racines :

Nous avons opté une technique de creuser 30cm de profondeur situe à 30cm du tronc d`arbre étudié dans les quatre direction (Nord, Est, Sud, West) (Fig. 31). Les prélèvements (15×15×10) cm sont réalisés à l`aide d`une pelle-bêche. Les échantillons sont stockés dans des sacs en plastique pour le transport au laboratoire pour conservés jusqu`au traitement (Fig. 32).



**Figure 31.** Modèle de positionnement du prélèvement



**Figure 32.**Modèle d`un échantillon stocké dans un sac en plastique.

#### 3.5.2 Mode opératoire

##### 3.5.2.1 Destruction des structures cellulaires :

- I. Déposer les racines dans les mains et les laver soigneusement sous l`eau du robinet
- II. Les égoutter sur papier absorbant
- III. Les découper en petits fragments d`environ 1-2 cm

- IV. Les placer dans un pilulier en verre et les recouvrir complètement de KOH à 10%.  
Boucher le flacon et chauffer 1h au bain-marie à 90 °C.

**Remarque :** si la solution de KOH est marronne, elle est versée et remplacée par une nouvelle solution de KOH à 10% et chauffe un autre fois pendant 35 minutes.

- V. Jeter le KOH et placer les racines dans une petite passoire et rincer 2 à 3 fois à l'eau afin d'éliminer toute trace de KOH  
VI. Egoutter les racines et les déposer dans un pilulier.

### 3.5.2.2 Coloration à bleu de méthylène

- I. Recouvrir les racines de la solution de bleu de méthylène, fermer le pilulier et le placer 15 minutes à l'eau-bain-marie à 90°C.  
II. Bien rincer à l'eau distillée. Prévoir au moins 5 rinçages, les 2 premiers rapides pendant 1 ou 2 minutes et les 3 derniers environ 5 minutes pour éliminer l'excès de coloration.

### 3.5.2.3 Montage sur lame

- ❖ Déposer sur la lame à l'aide d'une micropipette du glycérol (une fine bande d'environ 1 cm de largeur)
- ❖ Déposer les fragments des racines à la surface du glycérol perpendiculairement à la lame.
- ❖ Ecraser entre lame et lamelle. Fermer avec vernis pour conservation.



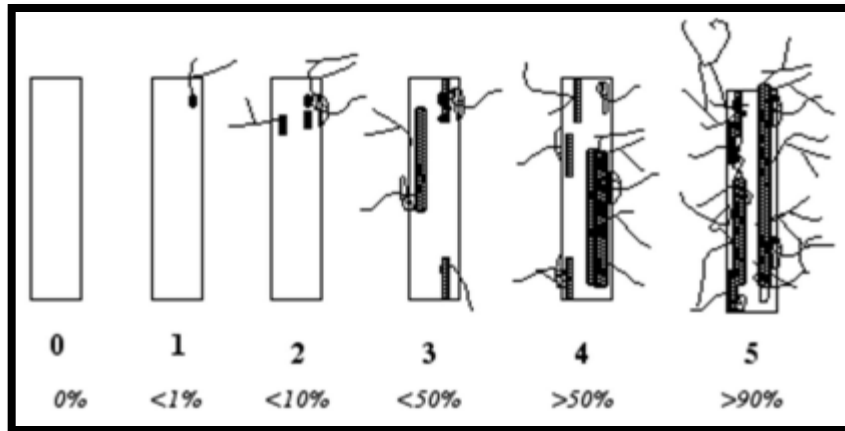
**Figure 33.** Photos représentant les étapes de traitement des racines pour l'analyse du mycorhize (original 2022)

#### 3.5.2.4 Observation au microscope

Le champignon apparaît coloré en bleu. On peut observer les arbuscules et des vésicules (Fig. 40,41 et 42).

#### 3.5.3 Quantification de la colonisation endomycorhizienne des racines

L'estimation de la colonisation des racines par les champignons mycorhiziens à arbuscules repose sur la méthode de Trouvelot *et al.* (1986). Ainsi, 30 fragments racinaires de 1 cm par échantillon sont examinés. Cette méthode consiste à évaluer (i) la colonisation par les champignons mycorhiziens de chaque fragment observé en lui attribuant une note entre 0 et 5 (Fig. 34).



**Figure 34.** Notation du degré de mycorhization des fragments racinaires.

- ✓ **Remarque :** L'échelle s'étend de 0 (pas de mycorhization) jusqu'à 5 (au moins 90% du fragment est mycorhizé) d'après Trouvelot *et al.* (1986).

Dans notre étude il y a 2 paramètres sont à calculer : F%, M%.

- ❖ **Fréquence de la mycorhization :**  $F\% = (\text{nombre de fragments mycorhizés} / \text{nombre total de fragments observés}) \times 100$
- ❖ **Intensité de mycorhization :**  $M\% = (95n_5 + 70n_4 + 30n_3 + 5n_2 + n_1) / (\text{nombre total de fragments observés})$

Où :

$n_5$  = nombre de fragments mycorhizés notés 5,  $n_4$  = nombre de fragments notés 4,  $n_3$  = nombre de fragments notés 3,  $n_2$  = nombre de fragments notés 2,  $n_1$  = nombre de fragments notés 1.

**Ce paramètre traduit le mieux le degré de mycorhization.**

---

---

**CHAPITRE IV**

**RÉSULTATS ET DISCUSSION**

---

---

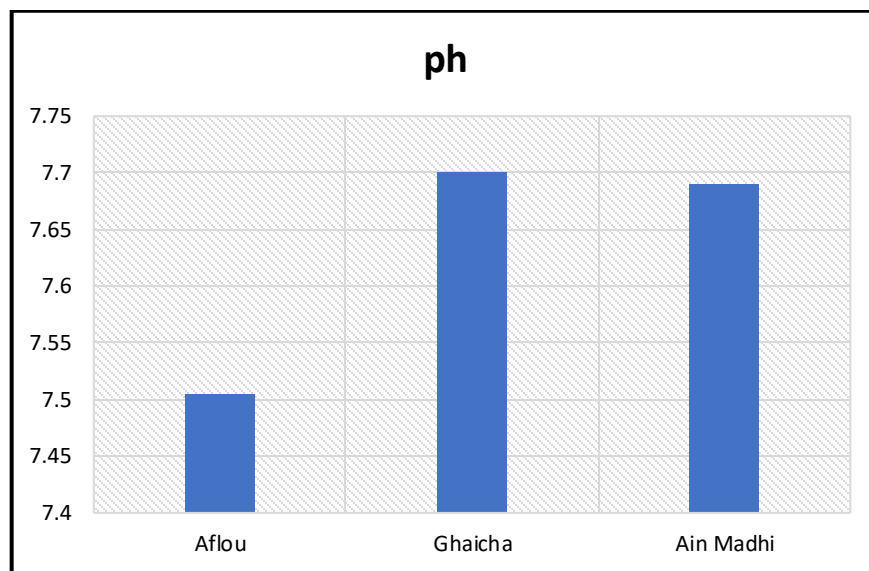
#### 4.1 Résultats de l'analyse physico-chimiques du sol :

##### 4.1.1 Potentiel hydrogène (pH) :

Les valeurs moyennes du pH enregistrés dans les trois sites, présentent le même degré d'alcalinité :7.5 à Aflou, 7.7 à El-Ghaicha et 7,6 à Ain-Madhi (Fig. 35).

D'après le tableau d'interprétation (Baize, 1988), montre que le pH du sol des trois sites prospectés est basique (Tab 2), les sols à un pH basique sont souvent des sols calcaires et qui dépend naturellement de la nature de la roche mère.

Le potentiel hydrogène du sol est un facteur sélectif à la présence ou d'absence des végétations.



**Figure 35.** Variation du pH moyen dans les trois stations.

**Tableau 9.** L'échelle d'interprétation d'acidité du sol en fonction de pH du sol (Baize D, 1988)

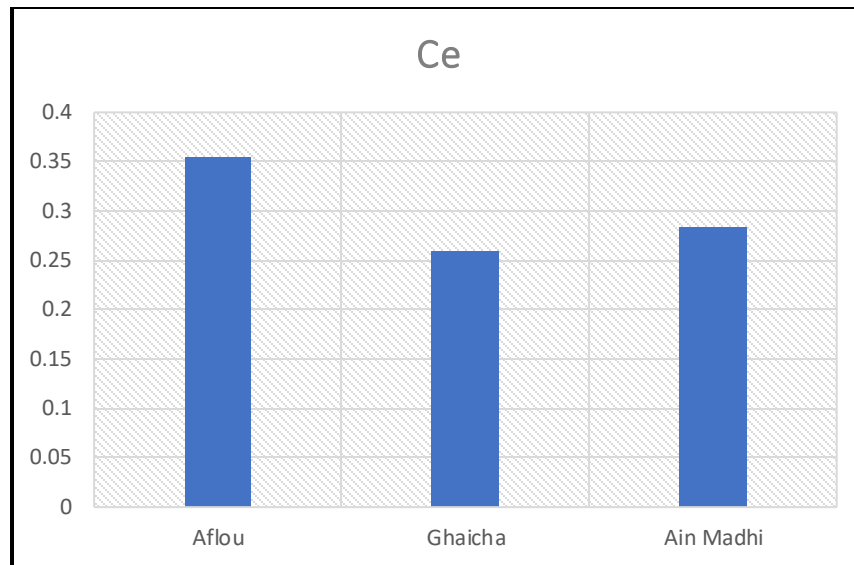
	<b>pH</b>	<b>Interprétation</b>	<b>Aflou</b>	<b>El-Ghaicha</b>	<b>Ain-Madhi</b>
<b>Classe</b>	<3.5	Hyper acide			
	3.5 - 4.2	Très acide			
	4.2 – 5	Acide			
	5 – 6.5	Faiblement acide			
	6.5 – 7.5	Neutre			
	7.5 – 8.7	Basique	X	X	X
	> 8.7	Très basique			

#### 4.1.2 Conductivité électrique (CE) :

La mesure de la conductivité électrique (CE) d'un sol détermine la concentration globale en minéraux d'une solution en mesurant sa capacité à transmettre un courant électrique.

Les mesures de la conductivité électrique ont révélé des valeurs très faibles enregistrées dans les trois stations Aflou, El-Ghaicha et Ain Madhi, respectivement égales à 0.35, 0.26 et 0.28 (ms/cm) (Fig. 36).

Selon l'échelle de salinité fournie par (Gros, 1979) on peut dire que le sol des Trois stations est un sol non salé. (Affecte les plantes sensibles à la salinité) (Tab.10).



**Figure 36.** Variation de conductivité électrique des trois stations.

**Tableau 10.** Interprétation des résultats obtenus dans l'échelle de salinité (Gros, 1979).

	<b>CE (mS/cm)</b>	<b>Extrait 1/5</b>	<b>Aflou</b>	<b>El-Ghaicha</b>	<b>Ain Madhi</b>
Classe	0-0.6	Non salé	X	X	X
	0.6-1.2	Peu salée			
	1.2-2.4	Salé			
	2.4-6	Très salé			
	>6	Extrêmement salé			

#### 4.1.3 Calcaire total (CaCO<sub>3</sub>):

Le calcaire est considéré dans certain situations comme facteur limitant (sélectif) qui influe sur la potentialité de recouvrement chez certaines espèces végétales.

Le dosage a été obtenu révèle pour le sol de la région d'Aflou et El-Ghaicha présente des valeurs modérées, Alors que le sol de la station d'Ain-Madhi est caractériser par de très forte valeur en calcaire, 18.75 % à Aflou, 12.5% à El-Ghaicha et 25% à Ain-Madhi (Fig. 37).

La forte présence de calcaire menace de réduire la disponibilité des éléments, notamment le phosphore.

Cette différence expliquée par la physionomie du sol (épaisseur des couches supérieur, faible à très faible à Ain-Madhi et importante pour Aflou et El-Ghaicha).

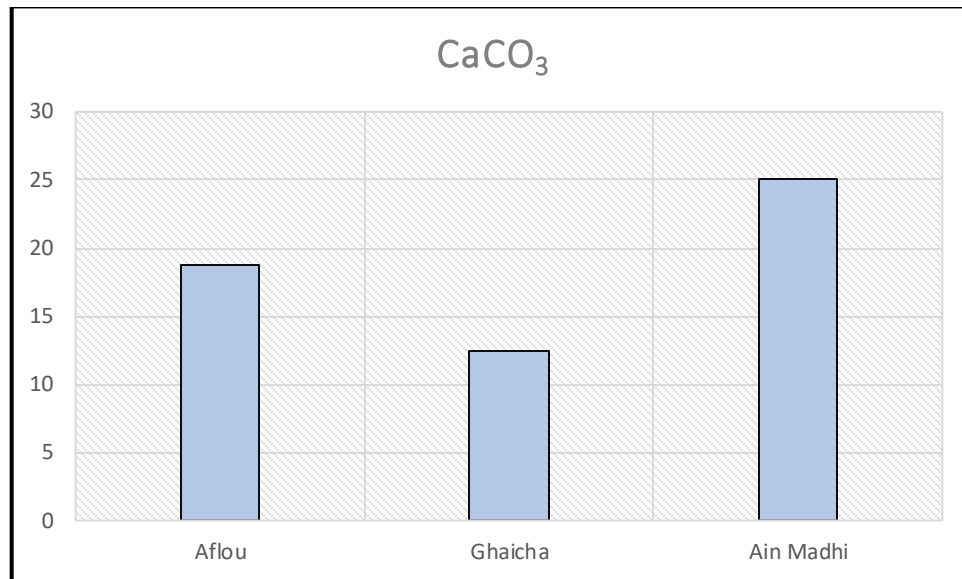


Figure 37. Variation du calcaire total dans les trois stations.

Tableau 11. Interprétation des résultats obtenus selon le taux du calcaire total.

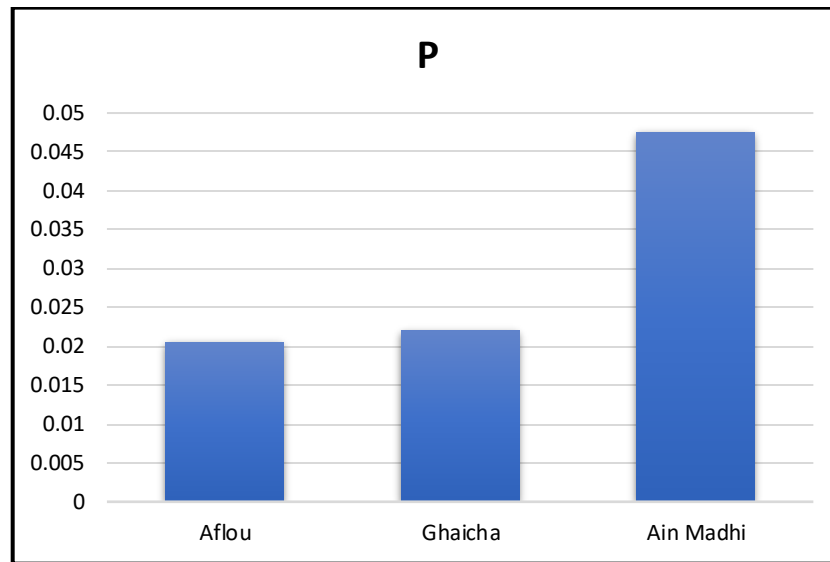
	Classe	Interprétation	Aflou	El-Ghaicha	Ain Madhi
<b>CaCo3 %</b>	<5	Assez faiblement calcaire			
	5 – 12.5	Faiblement calcaire			
	12.5 – 25	Modérément calcaire	X	X	
	25 – 37.5	Assez fortement calcaire			X
	37.5 – 50	Fortement calcaire			
	> 50	Très fortement calcaire			

4.1.4 Phosphore total (P %) :

Le phosphore c’est un élément clé pour le développement de la végétation la plus abordée, son origine au sien de forêt est beaucoup plus liée à la roche mère, donc les plus faibles valeurs

interprètent d'une part l'état comitatif des espèces végétales (arbres, végétations steppique ...et) et d'autre part interprètent le manque et la faible croissance de végétation.

Selon les résultats obtenus montrant une faible teneur en phosphore au niveau des 3 sites : Aflou, El-Ghaicha et Ain-Madhi avec des valeurs de 0,0205%, 0,022% et 0,0475% respectivement (Fig. 38), cette faible teneur en phosphore s'explique par le taux de calcaire abondant.



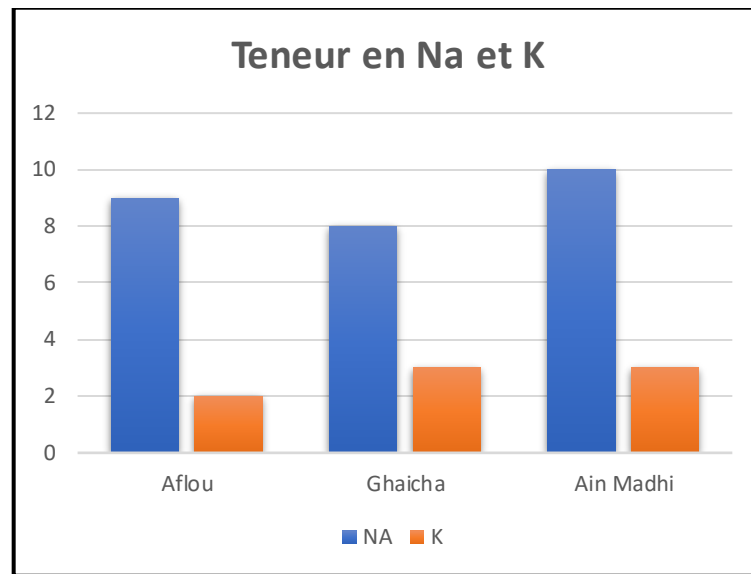
**Figure 38.** Variation de taux de phosphore dans les trois stations.

#### 4.1.5 Sodium (Na %) et Potassium (K %) :

Le potassium est nécessaire à la photosynthèse et limite la transpiration. Cet élément combiné se retrouve sous de nombreuses formes et notamment à l'état de carbonate et de sulfate. Ces formes sont les plus faciles à assimiler car elles sont facilement solubles. Le potassium est retenu par le sol lorsque les plantes ne l'utilisent pas.

D'après nos résultats obtenus, en remarque une faible teneur en sels solubles avec un pourcentage du sodium 9% à Aflou, 8% à El-Ghaicha et 10% à Ain-Madhi (Fig. 39), ces faibles pourcentages s'expliquer par le sol qu'est non salée à toutes les stations d'étude et le sodium ne constitue pas un éléments nutritif essentiel chez la plupart des plantes supérieures, a forte concentration ce cation devient même toxique pour la plante. Un pourcentage du potassium 2% à Aflou et 3 % à El-Ghaicha et Ain-Madhi, ces valeurs indique que nos trois stations d'études sont pauvres en potassium qui est essentiel pour la translocation des sucres et pour la formation

d'amidon. Il intervient dans la régulation osmotique et ionique, ainsi que dans le processus d'ouverture et de fermeture des stomates.



**Figure 39.** Taux de teneur en sels solubles (Na et K) dans les trois stations.

#### 4.2 Résultats granulométriques :

Les résultats obtenus pour ce type d'analyse par la méthode de tamisage à travers une série de tamis allant de 2 mm jusqu'à 20  $\mu\text{m}$ .

Toutes les informations concernant l'analyse granulométrique sont mentionnées dans le tableau ci-dessous (Tab. 12).

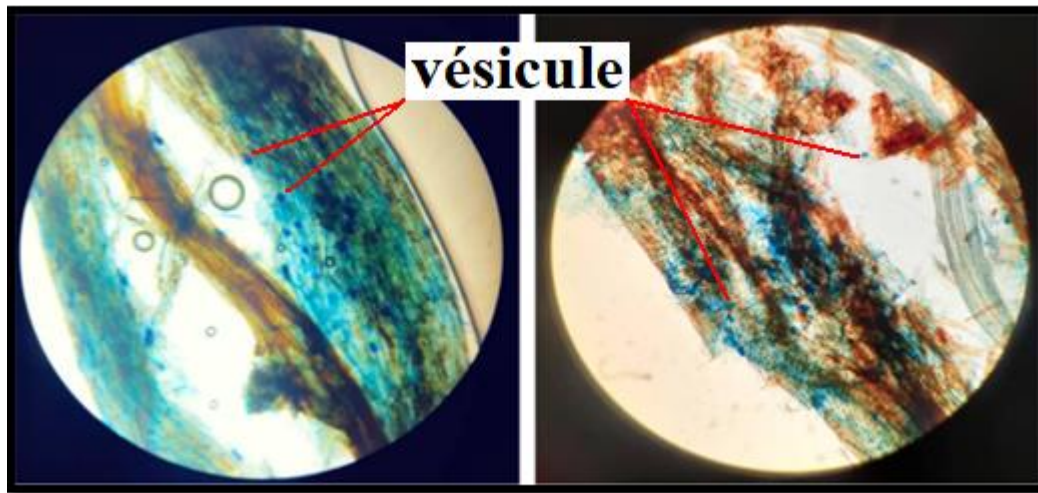
**Tableau 12.** Résultats de l'analyse Granulométrique obtenus par tamisage

Diamètre de la fraction du sol	Les sites		
	Aflou	El-Ghaicha	Ain-Madhi
> 20 $\mu\text{m}$	2,39 %	0,85 %	1,01 %
50 $\mu\text{m}$ à 20 $\mu\text{m}$	73,44 %	87,77 %	67,62 %
2 mm à 50 $\mu\text{m}$	23,92 %	11,27 %	30,98 %

Les résultats de l'analyse granulométrique donnés au tableau 12 montrent que les sols étudiés sont à texture majoritairement limoneuse avec des contributions faibles des sables et très faibles des argiles. Cette texture plus ou moins grossière peut être due aux effets combinés de l'érosion de la pente du terrain et du déclin de la couverture végétale.

### 4.3 Mise en évidence des structures mycorhiziennes :

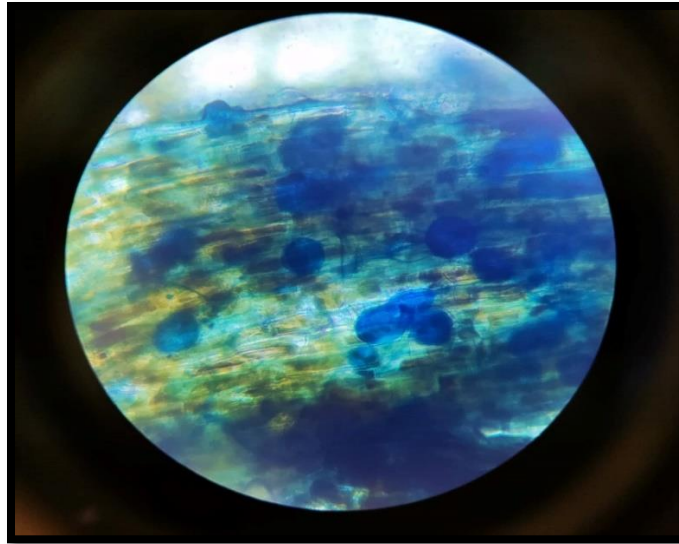
Les examens microscopiques des fragments racinaires traités selon la méthode de Phillips et Hayman (1970) et colorés au bleu coton révèlent la présence de différentes structures caractéristiques de champignons mycorhiziens (Fig. 40, 41 et 42) chez *Juniperus phoenicea* L. étudié.



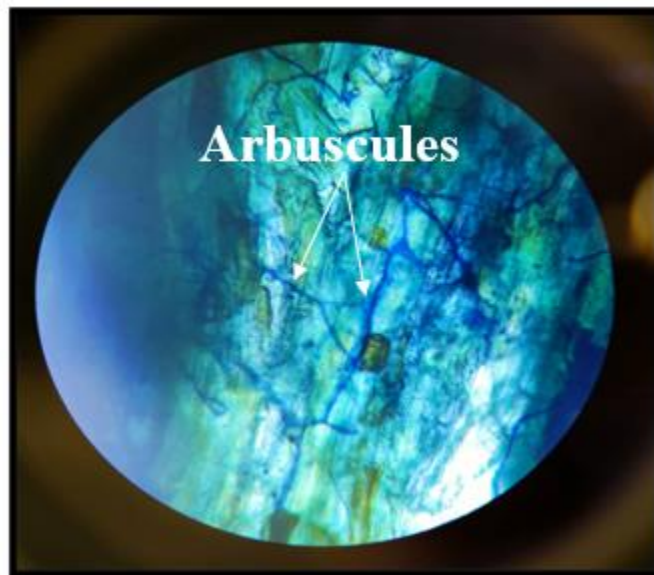
**Figure 40.** Structures mycorhiziennes arbusculaires (des vésicules) observées au grossissement x20 (original, 2022).

Ces structures sont soit arrondies présentant des vésicules intercellulaires (souvent des gouttes d'huile, stockage de réserve pour le champignon), soit filamenteuses rappelant un petit arbre et qui présentent des arbuscules intracellulaires (Fortain *et al.*, 2008).

Le type de champignon mycorhizien est dit arbusculaire ou vésiculo-arbusculaires (en abréviation : CMA).



**Figure 41.** Structures mycorhiziennes intercellulaires (des vésicules) observées au grossissement x40 (original, 2022).



**Figure 42.** Structures mycorhiziennes intracellulaires (des arbuscules) observées au grossissement x40 (original, 2022).

Ces illustrations affirmatives d'une relation symbiotique mycorhizienne chez les arbustes de Genévrier étudiés est une réponse éventuelle aux caractères d'aridité et de pauvreté des sols de la région (Nouaim & Chaussaud, 1994). En effet, les mycorhizes permettent d'optimiser l'acquisition des éléments minéraux par les racines dans des sols pauvres ou calcaires (Castillo *et al.*, 2012).

La symbiose mycorhizienne à arbuscules a été fréquemment observés au niveau des racines de *J. phoenicea* L. et chez d'autres espèces du même genre (Sanguin *et al.*, 2013), ainsi que chez d'autres genres d'essences forestières comme *Alnus* (Molina *et al.*, 1994), *Populus* (Lodge, 1989 ; Lodge & Wentworth 1990), *Salix* (Lodge, 1989 ; Dhillion, 1994), *Eucalyptus* (Lapeyrie & Chilvers 1985 ; Adjoud-Sadadou & HalliHargas, 2000) et *Acacia* (Founoune *et al.*, 2012).

#### 4.3.1 Estimation du taux de colonisation mycorhizienne :

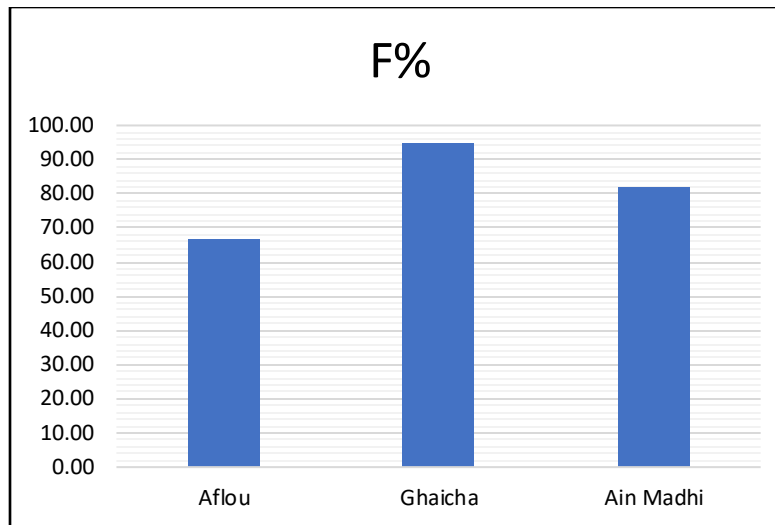
La plupart des racines des arbustes dans les trois stations d'étude sont colonisées par des CMA avec un pourcentage qui varie en moyennes de 66.6 % à 94.8 % selon les sites de prélèvement (Tab. 13).

Les variations de fréquence de mycorhization F% obtenues révèlent pour les échantillons des stations d'El-Ghaicha et de Ain Madhi des valeurs très élevées 94.87 % et 82.05 % respectivement, alors que les échantillons de la station d'Aflou sont caractérisés par des valeurs relativement faibles 66.67 % (Tab.13 / Fig. 43).

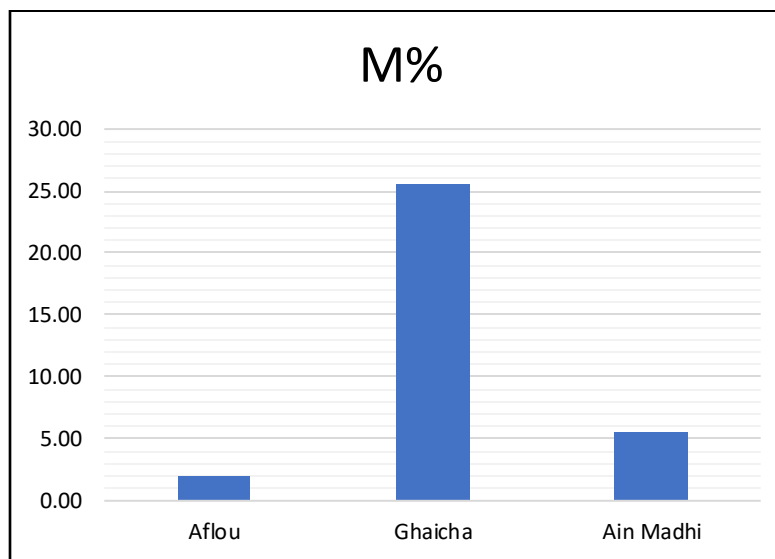
Ces nuances de fréquence de mycorhization peuvent être dues à des défauts de coloration, car compte tenu de la nature compacte et rocailleuse des sols de cette dernière station, il s'avère très difficile de réaliser un prélèvement de bouts radiculaires sans risquer d'altérer leurs tissus.

**Tableau 13.** Les différents paramètres d'estimation du degré de colonisation des racines.

	F%	M%
<b>Aflou</b>	66.67	2.05
<b>El-Ghaicha</b>	94.87	25.64
<b>Ain Madhi</b>	82.05	5.51



**Figure 43.** Taux de fréquence de mycorhization F% dans les trois stations.



**Figure 44.** Taux de l'intensité de mycorhization M% dans les trois sites d'étude.

Les taux de mycorhization par les champignons à arbuscules sont particulièrement élevés suggérant ainsi l'importance de la symbiose mycorhizienne dans le développement de l'arbre. Les variations des fréquences et des intensités de colonisation mycorhizienne chez un arbre à l'autre a été détectée par plusieurs auteurs chez différentes essences forestières (Adjoud-Sadadou & HalliHargas, 2000 ; Sanguin *et al.*, 2013).

Ces variations peuvent être due à l'âge des individus ou aux dynamiques saisonnières qui sont à mettre en relation avec les rythmes d'activité des racines montrant ainsi l'importance de la symbiose mycorhizienne pour le développement de la plante (Sanguin *et al.*, 2013).

---

---

## CONCLUSION

---

---

### CONCLUSION :

En fin de cette recherche, il paraît important de dresser le bilan des résultats obtenus au cours de ce travail au regard des objectifs que nous nous étions fixés.

Notre objectif principal était la contribution à la caractérisation de la symbiose mycorhizienne chez le Genévrier rouge dans deux étages bioclimatiques aride et semi-aride dans la wilaya de Laghouat.

Pour cela, nous avons effectué deux expérimentations complémentaires. La première est la caractérisation des sols des sites d'étude et le deuxième est caractérisation de la symbiose mycorhizienne chez le Genévrier rouge. Les résultats dans notre recherche durant le printemps 2022 nous a permis d'obtenir les conclusions suivantes :

- L'analyse physico-chimique des sols montre que le sol des trois sites d'étude est légèrement alcalin, non salée, une faible conductivité, faible en éléments nutritifs et une forte présence du calcaire
- Les trois sols des trois stations présentent une texture majoritairement limoneuse avec des contributions faibles des sables et très faibles des argiles.
- La présence de champignons mycorhiziens arbusculaires est détectée dans les racines de tous les arbres étudiés. La fréquence de mycorhization F% est importante et varie de 66% à 95% selon les stations d'étude.
- La variabilité de la fréquence de mycorhization F% qui en résulte était très élevée à 94,87% et 82,05% pour les échantillons des stations El-Ghaicha et Ain Madhi, respectivement, mais relativement faible pour les échantillons de la station Aflou, caractérisée par 66,67%.
- Les taux de mycorhization par les champignons à arbuscules sont particulièrement élevés suggérant ainsi l'importance de la symbiose mycorhizienne dans le développement des arbres.

Cette étude considérée comme une première qui traite ce genre de questions dans notre région, mérite d'être poursuivie des travaux approfondis.

---

---

## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

---

### REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

#### (A)

1. **Albaladejo, J., Martinez-Mena, M, Roldan, A., & Castillo, V. (1998).** Soil degradation and desertification induced by vegetation removal in a semiarid environment. *Soil use and Management*, 14(1), 1-5.
2. **Abdessamed K. (1981).** Le Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans les massifs de l'Aurès et de Belezma. : Etude phytosociologique et problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse de docteur- ingénieur., Faculté des sciences et techniques STJérôme. Mars.
3. **Abed S. (1982).** Litho stratigraphie et sédimentologie du Jurassique moyen et supérieur du Djebel Amour (Atlas saharien). Univ. De Pau.
4. **Adams R-P., Pandey N., Rezzi S., & Casanova J. (2002).** Geographic variation in the Random Amplified Polymorphic DNAs (RAPDs) of *Juniperus phoenicea*, J.p. var. *canariensis*, J.p. subsp. *eu-mediterranea*, and J.p. var. *turbinata*. 30(3), 223-229.
5. **Ageste M. (1960).** La flore forestière "les végétaux ligneux qui croissent spontanément en France et des essences importants de l'Algérie. IIème édition ancienne maison Griblot et Cie, N, Grosjean, Successeur. 353.
6. **Aidoud a. (1983).** Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du sud oranais. Phytomasse, productivité primaire et application pastorale. Thèse 3ème cycle, Uni. SCI. Tech. H. Boumediène.
7. **Ait Youssef M. (2006).** Plantes médicinales de Kabylie. 177-179.
8. **Aubert Guy. (1978).** Methodes d'analyses des sols. Marseille : Centre régional de documentation pédagogique. 191.

#### (B)

9. **Baize D. (1988).** Guide des analyses courantes en pédologie. Paris : Institut national de la recherche agronomique.
10. **Barker, S., Tagu, D., & Delp, G. (1998).** Regulation of root and fungal morphogenesis in mycorrhizal symbiosis. *Plant Physiol*, 116, 1201-1207.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

11. **Becker M., Picard J-E., & Timbal J. (1982).** Larousse des arbres : arbustes et arbrisseaux de l'Europe occidentale. Dans Larousse des arbres (p. 344). Edition Librairie Larousse.
12. **Belkassir, M., & Temagoult, O. (2001).** Étude d'élevage et du pastoralisme au sein du Parc national de Belezma (Genévrier thurifère).
13. **Bettahar A. (2009).** Les accidents majeurs de l'Atlas saharien central et les structures associées. Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. H. Boumediene, Alger.
14. **Bolan, N. (1991).** A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil*, 134, 189-207.
15. **Borstler, B., Renker, C., Kahmen, A., & Buscot, F. (2005, Juillet 22).** Species composition of arbuscular mycorrhizal fungi in two mountain meadows with differing management types and levels of plant biodiversity. *Biol Fertil Soils*, 42, 286–298.
16. **Bothe, H., Klingner, A., Kaldorf, M., Schmitz, O., Esch, H., Hundeshagen, B., & Kernebeck, H. (1994).** Biochemical approaches to the study of plant-fungal interactions in arbuscular mycorrhiza. *Experientia*, 50(10), 919-925.
17. **Boudy P. (1950).** guide du forestier en Afrique du nord. Paris: Tome IV.
18. **Bouilet L. (2007).** Notes sur la technique traditionnelle d'extraction du goudron. Projet Mashrq&Mghreb III Algeria.
19. **Brundrett, M. C. (2009, février 7).** Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant & Soil*, 320, 37–77.
20. **Brundrett MC. 2004.** Diversity and classification of mycorrhizal associations. *Biol . Rev* 79: 473–495.

(C)

21. **Castellano, M. A., & Bougher, N. (1994).** Consideration of taxonomy and biodiversity of Australian ectomycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, 159, 37-46.
22. **Castillo C.G., Puccio F., Morales D., Borie F. & Sieverding E. 2012.** Early arbuscular mycorrhiza colonization of wheat, barley and oats in Andosols of southern Chile. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(3), 511–524.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

23. **Caudullo G., & Rigo D. (2016).** *Juniperus phoenicea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. 12-63.
24. **Chaumenton.E.P. (1945).** Flore médicinale. 5, 184.
25. **Comps B., Letouzey J., & Savoie J. M. (1987).** Phénologie du couvert arborescent dans une chênaie hêtraie d'Aquitaine. *Annales des Sciences Forestières*. 44, 153-170.

### (D)

26. **Daget ph. (1977).** Le Bioclimat méditerranéen : caractères généraux, modèle de caractérisation, végétation. (Vol. 34 (1)).
27. **Davies, F., Potter, J., & Linderman, R. (1992).** Drought resistance of mycorrhizal pepper plants. *Physiologia Plantarum*, 87, 45-53.
28. **Défila C., & Clot B. (2000).** Tendances révélées par l'étude phénologique des arbres en Suisse. Quelle sylviculture pour les climats à venir ? Actes de la Journée thématique de L'Antenne romande du WSL du 28 novembre 2000. Dans Martine Rebetez , & Jean Combe (éds) (Éd.). VEP FLausanne.
29. **Delpech R., Dumé G., & Galmiche P. (1985).** Typologie des stations forestières. Vocabulaire. Ministère de l'Agriculture. Direction des Forêts. Institut pour le Développement Forestier.
30. **Despois J. (1957).** Le Djebel Amour (Algérie). Publications de la faculté des lettres d'Alger. IIe série - Tome XXXV.
31. **Dickson, S., Smith, S. E., & Smith, F. (1999).** Characterization of two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Allium porrum*: colonization, plant growth and phosphate uptake. *New Phytologist*, 144 (1), 163-172.
32. **Djebaili S. (1978).** Recherches phytosociologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. Université de Montpellier.
33. **Durand R. (1967).** Action de la température et du rayonnement sur la croissance. Dans *Annales de Physiologie Végétale* (Vol. 9, pp. 5-27).

### (E)

34. **Emberger L. (1955).** Une classification biogéographique des climats. 7, 3- 43.

### (F)

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

35. **Fellah, S. (2000).** Changement des propriétés chimiques dans les sols irrigues au Sahara, cas de la région de sidi Mahdi (Tougourt). Université de Batna.
36. **Fitter, A. (1991).** Costs and benefits of mycorrhizas: Implications for functioning under natural conditions. *Experientia*, 47, 350–355.
37. **Fortin, J., Plenchette, C., & Piche, Y. (2008).** Les mycorhizes la nouvelle révolution verte. Montréal : Multi Mondes.
38. **Frank, A. (1877).** Über die biologischen Verhältnisse des Thallus einiger Krustenflechten. *Beiträge zur Biologie der Pflanzen*, vol 2, 123-200.
39. **Francis, C. F., & Thornes, J. B. (1990).** Runoff hydrographs from three Mediterranean vegetation cover types. *Vegetation and erosion. Processes and environments*. 363-384.

### (G)

40. **Garbaye J. 2013.** La symbiose mycorhizienne, une association entre les plantes et les champignons. (Eds) Quae p 280.
41. **Gavériaux JP. 2012.** Les glomeromycota. *Bull. Soc. Mycol. Nord Fr* 92:01-17.
42. **Gobat, J. M., Aragno, M., & Matthey, W. (2003).** Le sol vivant, 2e Edition. Presses Polytechniques Universitaires Romandes, Lausanne.

### (H)

43. **Haluk J-P, & Roussel C. (2000).** Caractérisation et origine des tropolones responsable de la durabilité naturelle des Cupressacées. Application potentielle en préservation du bois. *Ann. For. Sci*, 57, 819–829.

### (J)

44. **Jean-André Fortin, Christian Plenchette, Yves Piché, 2008.** Les mycorhizes - La nouvelle révolution verte Éditions Quæ et Multimondes, Québec, 2008, 148 p.
45. **Janos, D. P. (1980).** Mycorrhizae influence tropical succession. *Biotropica*, 12: 56-64.

### (K)

46. **Kadik B. (1983).** Contribution à l'étude du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie. *Ecologie, dendrométrie, morphologie*, OPU, Alger.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

47. **Kouidri M. (2013).** Contribution à l'étude de l'avifaune nicheuse de la région de l'Atlas saharien. Univ. Badji Moktar Annaba.

### (L)

48. **Leyva, C., & Berthelin, J. (1993).** Rhizodeposition and net release of soluble organic compounds by pine and beech seedlings inoculated with rhizobacteria and ectomycorrhizal fungi. *Biology & Fertility of Soils*(15), 259-267.
49. **Le bourgeois F., & Godfroy. (2005).** Analyse de la variabilité spatiale et temporelle et du déterminisme climatique de la phénologie des peuplements du Réseau National de Suivi à Long terme des Ecosystèmes Forestiers (RENECOFOR). Rapport interne, ENGREF, Na.
50. **Linderman RG. 1988.** Mycorrhizal interactions with the rhizospheremicroflora: the mycorrhizosphere effect. *Phytopathology* 78: 366-371.
51. **Liu, R., & Chen, Y. (2007).** Mycorrhizology. Science Press.
52. **Liu, R., Jiao, H., Li, Y., Li, M., & Zhu, X. (2009).** Research advances in species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Ying Yong Sheng tai xue bao= The Journal of Applied Ecology*, 20 (9), 2301-2307.

### (M)

53. **Malaisse F. (1967).** Contribution à l'étude des hêtraies d'Europe occidentale. Note 6 : aperçu climatologique et phénologique relatif aux hêtraies situées sur l'axe Ardennes belges - Provence. 14erae Congrès I.U.F.R.O., II, section 21, pp. 325-334. Munich.
54. **Mandai J.-P. (2005).** Découverte de très vieux genévriers de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) dans les gorges de l'Ardèche (France). 29: 5362.
55. **Manjunath, A., Hue, N. V., & Habte, M. (1989).** Response of *Leuceana leucocephala* to vesicular-arbuscular mycorrhizal colonization and rock phosphate fertilization in an Oxisol. *Plant & Soil*, 114, 127-133.
56. **Mousain, D. (1993).** Ectomycorhization et tolérance des arbres à la sécheresse., (pp. 167-174). Paris, France.
57. **Mathieu C, & Pieltain F. (1998).** Analyse chimique des sols. Ed. Tec et doc. C.U. de Tiaret. Paris : Lavoisier.
58. **Mathieu, C., & Pieltain, F. (2003).** Analyse chimique des sols. Paris : Lavoisier. Tec et doc.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

### (N)

59. **Nehls U, Mikolajewski S, Magel E, Hampp R. 2001.** Carbohydrate metabolism in ectomycorrhizas : gene expression, monosaccharide transport and metabolic control. *New Phytologist* 150: 533–541.
60. **Norman, M. T., Pearson, C. J., & Searle, P. E. (1995).** The Ecology of Tropical Food Crops (Vol. 436). Cambridge: Cambridge University Press.
61. **Nouaim R. & Chaussaud R. 1994.** Mycorrhizal dependency of micropropagated aragan tree (*Argania spinosa*). Growth and biomase production. *Agroforesterie systems*, 27, 53–65.

### (P)

62. **Petard. (1993).** Les méthodes d'analyse. Analyse de sols.
63. **Peyronnel, B., Fassi, B., Fontana, A., & Trappe, J. (1969).** Terminology of Mycorrhizae. *Mycologia*, 61, 410-411.
64. **Prévost P. (1999).** Les bases de l'agriculture. Ed. Technique et documentation. Paris.
65. **Pfeffer PE, Bago B, Shachar-hill Y. 2001.** Exploring mycorrhizal function with NMR spectroscopy. *New Phytologist* 150: 543–553.

### (I)

66. **Ikramoud M. (2000).** Evaluation des ressources forestières nationales. DGF, Alger.

### (Q)

67. **Quezel P, & Medail F. (2003).** Ecologie et biogéographie de la forêt du bassin méditerranéen. Paris : Edition scientifiques et médicales Elsevier SAS.
68. **Quezel P., & Gast M. (1998, octobre 1).** *Genévrier*. 20, 3016-3023.

### (R)

69. **Rambelli A. 1973.** The Rhizosphere of Mycorrhizae. in: Marks GL, Koslowski TT (eds): *Ectomycorrhizae, their ecology and physiology*. Academic Press, New York. pp: 299-343.
70. **Rameau J.C, Mansoin , D, & Dume G. (2008).** *Flore forestière française*. 3, 2421.
71. **Requena, N., Jimenez, I., Toro, M., & Barea, J. M. (1997).** Interactions between plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR), arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium* spp. in

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

the rhizosphere of *Anthyllis cytisoides*, a model legume for revegetation in mediterranean semi-arid ecosystems. *The New Phytologist*, 136(4), 667-677.

72. **Requena, N., Perez-Solis, E., Jeffries, P., Barea, J. M., & Azcón-Aguilar, C. (2001).** Management of indigenous plant-microbe symbioses aids restoration of desertified ecosystems. (Vol. 67(2)). *Applied and environmental microbiology*.

### (S)

73. **Smith, S.E., & Read, D.J. (2008).** *Mycorrhizal Symbiosis* 3rd Edition. London: Academic Press.
74. **Scotland, R. W., & Wortley, A. H. (2003).** How many species of seed plants are there? *Taxon*, 52, 101-104.
75. **Seigue A. (1985).** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. 215-221.
76. **Smith, S., & Read, D. (1997).** *Mycorrhizal symbiosis* (éd. Academic Press; Harcourt Brace and Compañy Publishers).
77. **Soltner, D. (1989).** Les bases de la production végétale. Tome 1 : le sol (Vol. 1). Sainte Gemmes sur Loire (Angers).
78. **Stambouli M. (2004).** Contribution à l'étude hydrogéologique de l'Atlas Saharien, l'exemple de Djebel Amour. Thèse de Doctorat, Institut des Sciences de la terre d'Oran.
79. **Stassi V, Havalá A, Loukis A, Harvala C., & Philianos S. (1996).** The Antimicrobial Activity of the Essential Oils of Four *Juniperus* Species Growing Wild in Greece. 11, 71-74.
80. **Strullu, D. G. (1991).** Les mycorhizes des arbres et des plantes cultivées. Paris : Techniques et Documentation Lavoisier.

### (T)

81. **Talab SM. (2007).** Biodiversité et dynamique des formations à *Juniperus thurifera*, *Juniperus phoenicea* et *Juniperus communs* au Maroc. Maroc : Centre de recherche forestière, 13<sup>ème</sup> journées nationales de biodiversité.
82. **Teibi M. (1992).** Contribution à l'étude de l'estimation de v biomasse aérienne d'un taillis de chêne vert (*Quercus ilex*) et de deux Genévriers : Genévrier oxycédre, Genévrier de Phéniciela région de Kasserou. *Mém.Ing.Agro, Uni.Batna*.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

---

83. **Tommerup, I. (1984).** Persistence of infectivity by germinated spores of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soil. *Transactions of the British Mycological Society*, 82 (2), 275–282.
84. **Touzri, K. (2019).** Diagnostic écologique et conservation des Juniperaies à Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) dans l'étage bioclimatique semi-aride de la région d'Aflou - Laghouat. MEMOIRE DE FIN D'ETUDES En vue de l'obtention du diplôme de Master, Laghouat.
85. **Trouvelot A., Kough JL., Gianinazzi-Pearson V. (1986).** Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de methods d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: Gianinazzi-Pearson V, Gianinazzi S (eds) *Physiology and genetics aspects of mycorrhizae*. INRA, Paris, pp 217-221.
- (V)
86. **Van Der Heijden, M. G., Klironomos, J. N., Ursic, M., Moutoglis, P, Streitwolf-Engel, R., Boller, T, & Sanders, I. R. (1998).** Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*. 396(6706), 69-72.
87. **Varlet, E. (1992).** Découvrez les fruits sauvages. 104.
88. **Vernier M, Burnel L., & Teissier du Cros E. (1996).** Hêtre. Choix du matériel forestier de reproduction. Bilan à 15 ans d'une partie du réseau comparatif de provenances de l'INRA. Forêt entreprise.  
(Site WEB)
89. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer>

**RESUME :** Contribution à la comparaison du taux de mycorhization chez *Juniperus phoenicea* L. dans deux étages bioclimatiques dans la wilaya de Laghouat.

Le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea* L.) est une essence très répandue en Afrique du Nord, dont l'Algérie, elle se présente dès les dunes littorales jusqu'aux limites sahariennes où il joue un rôle écologique important. Le présent travail vise à établir une contribution à la caractérisation de la symbiose mycorhizienne chez cette espèce dans deux étages bioclimatiques dans la wilaya de Laghouat. Après avoir choisi trois sites Aflou, Ain Madhi et El-Ghaicha, nous avons constaté que les sols sont majoritairement limoneux, non salés à pH basique, et présentent des taux de calcaire modérés à assez forts, avec des teneurs faibles en éléments P, K et Na. Les résultats de caractérisation de la relation mycorhizienne révèlent que ces champignons sont des endomycorhizes dits arbusculaires ou vésiculo-arbusculaires. La variabilité de la fréquence de mycorhization F% qui en résulte est très élevée à 94,87% et 82,05% respectivement pour les échantillons des stations El-Ghaicha et Ain Madhi, mais relativement faible pour les échantillons de la station Aflou, caractérisée par 66,67%.

**Mots clés :** *Juniperus phoenicea* L.; Mycorhization; Laghouat; Caractéristiques édaphiques; Etage bioclimatique.

**ABSTRACT:** contribution to the comparison of mycorrhization rate at *Juniperus phoenicea* L. in two bioclimatic stages in Laghouat wilaya

The Phenician juniper (*Juniperus phoenicea* L.) is a species widespread in North Africa, including Algeria, it occurs from the coastal dunes to the Saharan limits where it plays an important ecological role. This work aims to establish a contribution to the characterization of mycorrhizal symbiosis in this species in two bioclimatic stages in the wilaya of Laghouat. After selecting three Aflou, Ain Madhi and El-Ghaicha sites, we found that the soils are mostly limestone, unsalted at basic pH, and have moderate to fairly high silty levels, with low P, K and Na content. The results of characterization of the mycorrhizal relationship reveal that these fungi are so-called arbuscular endomycorrhizae or vesicular-arbuscular endomycorrhizae. The resulting variability in mycorrhization frequency F% is very high at 94.87% and 82.05% respectively for the samples of the stations El-Ghaicha and Ain Madhi, but relatively low for the samples of the station Aflou, characterized by 66.67%.

**Keywords:** *Juniperus phoenicea* L.; Mycorrhization; Laghouat; Edaphic characteristics; Bioclimatic stage.

**ملخص:** المساهمة في مقارنة معدل الفطريات الميكوريزية لدى العرعار الفينيقي (*Juniperus phoenicea* L.) في منطقتين مناخيتين مختلفتين في ولاية الأغواط

العرعار الفينيقي (*Juniperus phoenicea* L.) هو نوع منتشر في شمال أفريقيا، بما في ذلك الجزائر، وينتشر من المناطق الساحلية إلى الحدود الصحراوية حيث يلعب دورًا بيئيًا مهمًا. يهدف هذا العمل إلى تحديد مساهمة في توصيف التعايش الفطري لهذا النوع في منطقتين مناخيتين مختلفتان في ولاية الأغواط. بعد اختيار ثلاثة مواقع أفلو وعين ماضي والغيشة، وجدنا أن التربة في الغالب من الحجر الكلسي الغير مملح عند درجة الحموضة الأساسية، ولديها نسبة طمي معتدلة إلى عالية إلى حد ما، مع مستوى منخفض من عنصر الفسفور. البوتاسيوم والصوديوم. تكشف نتائج دراسة العلاقة الفطرية أن هذه الفطريات داخلية ذات بنية شجرية أو شجرية حويصلية. التباين الناتج في تردد الفطريات مرتفع جدًا عند 94.87% و 82.05% على التوالي لعينات محطات الغيشة وعين ماضي، ولكنه منخفض نسبيًا لعينات محطة أفلو، التي تتميز بنسبة 66.67%.

**الكلمات المفتاحية:** العرعار الفينيقي، التعايش الفطري، الفطريات الميكوريزية، المناخ الحيوي، خصائص التربة، الاغواط.