

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Ecologiques
Option : Ecologie Végétale et Environnement

THEME

**Contribution à la caractérisation de la relation
mycorhizienne chez *Juniperus phoenicea* L dans un
étages semi-aride cas de Djbel Oum El Guedeur
Aflou la wilaya de Lghouat**

Présenté par :

M. BENDUIFA Mohamed.
M. AICHI Mohamed

Devant le jury :

Président MAKOUDI Morad	Université Amar Télidji-Laghouat
Rapporteur M. YOUSFI Mostafa Nacer	Université Amar Télidji-Laghouat
Examinatrice Mme SOUFI Ibtissem	Université Amar Télidji-Laghouat

Soutenu publiquement le : septembre 2018

Thème : Contribution à la caractérisation de la relation mycorhizienne chez *Juniperus phœnicea* dans un étage climatique semi-aride cas de la commune d'Aflou willaya de Laghouat.

Résumé :

Les formations arborées et arbustives de la région de Djebel Amour sont très dégradée à cause de plusieurs facteurs. Le genévrier de phénicie est une espèce ligneuse qui est touchée par la dégradation. la réalisation des relevés phytoécologiques et le traitement des résultats par l'application des indices écologiques et l'étude de la relation mycorhizienne de *Juniperus phœnicea* apparaitre que la formation étudiée est typiquement méditerranéenne, constituant un matorral *haut et ouvert* qui contient de nombreuses infiltrations steppiques. L'analyse des relevés phytosociologiques a permis de dénombrer 39 espèces appartenant à 19 familles sachant que les familles les plus représentées sont les Asteraceae suivies des Boraginaceae et la technique de coloration des racines de *Juniperus phœnicea* prouve que le type des mycorhizes de cette arbuste est une champignon mycorhizes à arbuscules (CMA) au genre *Rhizophagus* de la famille des Glomaceae ainsi que le taux de mycorhizes 79%.

Mots clés : *Juniperus phœnicea*, Djebel Amour, relevés phytosociologiques, mycorhizes, CMA, *Rhizophagus*, Glomaceae

ملخص

التشكيلة النباتية للأشجار والشجيرات في منطقة جبل عمور متدهورة كثيرا بسبب عدة عوامل. العرعار الفينيقي هو نوع نباتي خشبي الذي يمسه هذا التدهور. وبعد انجاز قائمة للانواع النباتية ومعالجة النتائج بتطبيق مؤشرات البيئية ودراسة العلاقة الميكوريزية للعرعار الفينيقي تبين بان التشكيلة المدروسة ذات طابع متوسطي مكون من دغل مرتفع ومفتوح الذي يحتوي على سلسلة سهبية.

تحليل بيانات التشكيلة النباتية ساعد في توضيح 39 نوع نباتي بينها 19 عائلة علما ان العائلة الاكثر تمثيلا هي

Asteraceae تليها Boraginaceae وتقنية تلوين جذور العرعار الفينيقي تظهر بان نوع الميكوريز عند هذه الشجيرة CMA

اضافة الى ان نسبة الميكوريزا حوالي 79%

الكلمات المفتاحية

العرعار الفينيقي جبال العمور تشكيلة النباتية, *Rhizophagus*, CMA, Glomaceae ميكوريز

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail:

A mes parents .Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'Amour dont ils ne cessent de me combler que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet.

A tout la famille AICHI et mes amis, A ma binôme BENDOUIFA Mohamed.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible je vous dis merci.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mes frères et mes sœurs , je dédie ce travail dont le grand plaisir leur revient en premier pour leurs conseils ,aides,et encouragements.

Toute la promotion 2017/2018

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail:

A mes parents .Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'Amour dont ils ne cessent de me combler que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet.

A tout la famille BENDOUIFA et mes amis, A ma binôme AICHI Mohamed.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible je vous dis merci.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mes frères et mes sœurs , je dédie ce travail dont le grand plaisir leur revient en premier pour leurs conseils ,aides,et encouragements.

Toute la promotion 2017/2018

Remerciement

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tous d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr YOUSFI Mostafa, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent à Mr Ch Mechraoui pour son aide pratique et son soutien moral et ses encouragements.

Nous sommes conscientes de l'honneur que nous a fait Mr KASM Amin en étant président du jury et Mme SOUFI Ibtissem d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenus de près ou de loin.

Table des matières

	Page
Liste des Tableaux.....	III
Liste des Figures.....	IV
Liste des Abréviations.....	V
Introduction.....	1
Chapitre I. Généralités sur la Végétation Steppique.....	2
I.1. Type de formation forestière.....	2
I.1.1 Les formations forestières.....	2
I.1.2. Les formations steppiques.....	2
I.2. Les facteurs de Dégradation.....	3
I.2.1. Les facteurs naturels.....	3
I.2.2.Les facteurs anthropiques.....	3
I.3. Monographie de genévrier de Phénicie.....	5
I.3.1. Le nom <i>Juniperus</i>	5
I.3.2.Noms vernaculaires.....	5
I.3.3.Généralités sur genévrier de Phénicie.....	5
I.3. 4. Ecologie du genévrier rouge.....	6
I.3. 5. Systématique du genévrier de Phénicie.....	6
I.3. 6. Description botanique du genévrier de Phénicie.....	6
I.3. 7. Aire de répartition de <i>Juniperus phoenicea</i>	8
I.3. 8. Exigences de genévrier de Phénicie.....	9
I. 5.Les mycorhize.....	11
I.5.1 Généralités.....	11
I.5.2 Les différents types de mycorhizes.....	12
I.5.3. Physiologie des mycorhizes.....	14
Chapitre II. Présentation de la zone d'étude.....	15

II.1. Localisation et description des zones d'étude.....	16
II.2.Géologie et Géomorphologie.....	17
II.3.Hydrogéologie.....	17
II.4. Pédologie.....	19
II.5. Caractéristiques climatiques et bioclimatiques.....	20
II.5.1. Les températures	21
II.5.2.La pluviosité	22
II.6.Synthèse climatique.....	23
II.6.1.Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	25
II.6.2. Climagramme d'EMBERGER	25
II.6.3. Indice de DE MARTONNE.....	27
II.7. Flore et végétation	28
Chapitre III. Matériels et Méthodes.....	29
III.1 Choix de la station d'étude et des sites de prélèvements.....	30
III.1.1. Choix de la station d'étude.....	30
III.1.2. Choix des sites de prélèvements.....	30
III.2. Présentation de la station d'étude.....	30
III.3. Principe adopté.....	31
III.4. Etude des caractéristiques floristiques.....	31
III.4.2. Echantillonnage floristique.....	31
III.4.3. Etude qualitative.....	32.
III.4.3.1. Aire minimale.....	33
III.4.3.2. Exécution des relevés phytoécologiques.....	34
III.4.3.3.Exploitation des résultats par l'application des indices écologiques.....	34
III.5.Prélèvements des échantillons desols	39
III.6.Technique de coloration (Phillips et Hayman,1970).....	40.

Chapitre IV.Résultats et Discussions	42
IV.1.- Diversité et abondance des taxons.....	43.
IV.2.- Diversité des familles :.....	43
IV.3.- Spectre biogéographiques.....	44
IV.4.- Le spectre biologique.....	45
IV.5. Mise en évidence de la relation mycorhizienne.....	47
Conclusion	55
Références bibliographiques	56
 Annexe	

Liste des Tableaux

Tableau	Titre	Page
01	Les superficies par décennie de <i>Juniperus phoenicea</i> en Algérie.	11
02	Les températures moyennes mensuelles d'Aflou (2008-2017).	24
03	Précipitations moyennes mensuelles et annuelle d'Aflou (2008-2017).	25
04	Régime pluviométrique saisonnier de station d'Aflou (2008-2017).	26
05	Quotient pluviothermique et étage bioclimatique de les régions d'étude.	28
06	La diversité de Shannon-Weiner (H') d'Aflou.	45
07	L'équitabilité de station d'étude.	46
08	Richesse et diversité spécifique du site de prélèvement	46
09	La dominance de Simpson de station de l'étude.	46

Liste des Figures

Figure	Titre	Page
01	l'observation microscopique de genévrier de Phénicie	9
02	Optimum écologique de <i>Juniperus phoenicea</i> L.	12
03	Situation géographique et topographique de la région d'étude	18
04	Pentes et réseaux hydrographiques de la région d'étude	21
05	Topographie de la région de Laghouat	23
06	Températures moyennes mensuelles de la région d'Aflou	24
07	Précipitation moyennes mensuelles et annuelle d'Aflou (2008-2017)	25
08	Régime pluviométrique saisonnier de station d'Aflou (2008-2017)	26
09	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN d'Aflou	27
10	Situation de la région d'Aflou sur le climagramme d'Emberger (2018).	29
11	Extrait de la carte d'occupation des sols de la région de Laghouat (S.R.A.T., 2006).	31
12	Contribution spécifique des familles.	43
13	Spectre biogéographique brut des espèces recensées	44
14	Spectre biologique simple des espèces recensées.	45
15	Pourcentages des arbres par classes de taux de mycorhizations.	47
16	les hyphes extraradiculaires.	48
17	Arbuscules intracellulaires.	49
18	Vésicules intraraducilaires.	49
19	Hyphes intraraducilaires	50

Liste des abréviations :

O.N.M. : Office Nationale de la Métrologie

S.R.A.T. : Schéma Régional d'Aménagement Territoire.

A.N.A.T : Agence national de l'Aménagement.

Ph : Phanérophytes.

Ch: Chamephytes.

Th: Thérophytes.

He: Hemicryptophytes.

Ge: Géophytes.

Cosm : Cosmopolite.

Med : Méditerranéen.

E.M : Euro-Méditerranéen.

M.S.S : Méditerranéen-Saharo-Sindienne.

N-A : Nord-Africain.

N : Nord.

E : Est.

W : West.

S : Sud..

Vig : Vigueur.

Tab. : Tableau.

Fig. : Figure.

P : Profil du sol

CMA : champignon mycorhizien à arbuscule

% : Pourcent.

°C : Degré Celsius.

Ha : Hectare.

M : Température maximale des mois les plus chauds.

m : Température minimale des mois les plus froids.

P : Précipitation.

Q₂ : Quotient pluviothermique d'EMBERGER.

T : Température.

HPAE : Hiver, Automne, Printemps, Eté.

Introduction Générale

Introduction générale

Les forêts jouent des rôles très importants,économique, un rôle capital dans la protection des sols (défense contre l'érosion), le maintien de l'oxygénation de l'atmosphère, la régulation de la pluviosité, le freinage des vents, la fixation des poussières et l'équilibre psychique de l'homme.

Aujourd'hui Elle connaît une forte tendance à la dégradation qui se traduit par la réduction du potentiel biologique et la rupture des équilibres écologiques et socioéconomiques résultant de longues périodes de sécheresse, de précipitations aléatoires et d'une surexploitation des ressources naturelles (surpâturage, déforestation, etc.). Ce dernier effectue sur la formation végétale et la structure de sol.

Plus récemment, il a été suggéré que la dynamique de la flore épigée était liée au développement des organismes vivant dans le sol. En effet, il a été démontré que la composition et l'activité des communautés microbiennes du sol étaient principalement déterminées par les caractéristiques de la strate végétale (composition spécifique et âge de la formation) (Grays ton & Campbell, 1996). Ces changements dans la structure des communautés microbiennes seraient dus à la qualité des exsudats racinaires qui diffère selon l'âge et l'espèce végétale considérée (Coleman et al. 2000). De plus, les facteurs environnementaux comme les caractéristiques physico - chimiques, le pH et l'humidité du sol influencent également les populations microbiennes (Anderson & Domsch, 1993 ; Stotzky, 1997). En retour, il a été suggéré que les microorganismes du sol conditionnaient aussi la composition des communautés végétales (van der Heijden et al., 1998a).

Parmi les communautés microbiennes du sol, les champignons mycorhizes constituent une composante « clé » dans les relations plante -sol. Ces champignons, présents dans les sols de la plupart des écosystèmes, forment des associations symbiotiques avec les racines de nombreuses espèces végétales terrestres (environ 80%) (Strullu, 1991 ; van der Heijden et al. , 1998a). En échange des ressources carbonées reçues de la plante hôte, ces champignons améliorent le prélèvement et le transport vers la plante des éléments nutritifs très peu mobiles (principalement le phosphore) (Bolan, 1991), augmentent la tolérance à la sécheresse (Hardie & Leyton, 1981 ; Strullu, 1991) et réduisent l'effet des infections pathogènes (Duponnois et al., 1993 ; Duponnois & Cadet, 1994 ; Abdalla &

Abdel-Fattah, 2000). La symbiose mycorhizienne confère également à la plante une tolérance aux métaux lourds (Leyval & Joner, 2001) et aux polluants organiques (Joner & Leyval, 2003). De plus, des interactions positives ont été mises en évidence entre les champignons mycorhiziens et les communautés bactériennes du sol (Duponnois & Garbaye, 1990).

Les associations mycorhiziennes des plantes des zones arides et semi-arides d'Algérie restent encore peu étudiées (Chafi et Fortaz, 1999). Par conséquent, l'objectif principal de notre travail est tout d'abord d'étudier le cortège floristique de la région de Djebel Oum El Gedeur dans la commune d'Aflou et de mettre en évidence les mycorhizes au niveau de la genévrière et de comparer la croissance de la mycorhize aux différents niveaux et conditions.

Notre approche s'articule autour de quatre chapitres :

I- Aperçue bibliographique sur la genévrière et les mycorhizes.

II- présentation de la zone d'étude

III-Matériel et méthodes.

IV-Résultats et discussion

Et en fin conclusion

Chapitre I

Généralités sur la Végétation Steppique

I. GÉNÉRALITÉS SUR LA VÉGÉTATION STEPPIQUE

I.1. Type de formation forestière

Lorsqu'on s'intéresse à la végétation, une première approche peut se faire sans tenir compte de la composition floristique, mais compte tenu de la physionomie de la végétation (Ozenda, 1982). La notion de formation végétale s'appuie sur les particularités d'aspect des végétaux qui la composent. Il s'agit de à classer les principaux végétaux en fonction de leur physionomie.

Pour cela, il sera fait appel à la classification de Raunkiaer (1934). Elle s'appuie sur la morphologie générale du végétale et notamment sur la position des bourgeons de rénovation à partir desquels se forment les nouveaux organes aériens après le passage de la mauvaise saison. (Lacoste et Salanon, 2001) donnent les différents types (ou formes) biologiques.

La végétation actuelle des zones arides est le résultat des interactions de trois facteurs essentiels, climat, sol (Flohn et Kettata, 1971 ; Le Houerou, 1971), et action anthropique (LeHouerou, 1971, 1993, 1995), et provient de la dégradation de formations forestières primitives.

I.1.1 Les formations forestières

a) Les forêts

Toujours plus ou moins dégradées, à cause du climat et de l'homme (Pons, 1981 ; Barbero, 1990). Le Houerou(1971) appelle « forêt » toute formation ligneuse d'au moins 100 arbres/hectare et dont la hauteur dépasse 7 m. Une forêt est Dense lorsque les frondaisons des arbres se touchent, Trouée ou Clairière lorsque les arbres constituent des bosquets denses juxtaposés en mosaïque avec des plages sans arbres ou Claire lorsque les arbres sont assez régulièrement disposés sans que leurs cimes se touchent. Il s'agit de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et de Chêne vert (*Quercus ilex L.*) qui se développent sur les massifs des atlas saharien.

b) Matorrals

Le terme d'origine espagnol a été adopté par l'UNESCO et Sauvage (1962), il subsiste alors une formation forestière dégradée, d'arbustes et d'arbres ne dépassant pas 7 m de hauteur. Il représente des formations végétales principalement arbustives et buissonnantes que l'on retrouve typiquement dans les milieux méditerranéens (Dicastri, 1981).

Un matorral est Haut si sa hauteur dépasse 2 m, Moyen si elle est comprise entre 2 m et 0,6 m, Bas si elle est inférieure à 0,6 m. Il est Dense lorsque son recouvrement est supérieur à 75%, Moyen s'il est compris entre 75 et 50%, Clair s'il est inférieur à 50% (Otedd, 2005).

Cette définition laisse entendre qu'un matorral peut être arboré ou non, haut ou bas, dense, moyen ou clair, dont on distingue (Otedd, 2005).

- le Maquis

C'est un matorral haut et dense, lié à un substrat siliceux et à une tranche pluviométrique annuelle moyenne de 600 mm ;

- la Garrigue

C'est un matorral moyen, ouvert, lié à un substrat calcaire.

Le matorral est considéré comme issu de la régression de formations forestières suite à différentes perturbations. Selon Trachaud (1994), ce sont les feux répétés, la pauvreté du sol en éléments biogènes et l'action anthropozoïque qui ont favorisé la formation forestière.

Parmi les principales espèces dominantes, citons selon Ozenda (1994): Les Genévriers (*Juniperus phoenicea* et *J. oxycedrus*), le Chêne vert (*Quercus ilex L.*), le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), le Romarin (*Rosmarinus officinalis*), etc.

I.1.2. Les formations steppiques

La steppe est l'écosystème où s'exacerbent l'ensemble des contraintes méditerranéennes par le déficit hydrique qui devient permanent (aridité) et par la pression anthropozoïque qui est dans la plupart des cas, de plus en plus intense (Aidoud, 1994).

Selon Le Houerou (1995), les steppes sont des formations végétales basses et ouvertes, dominées par des espèces pérennes, et dépourvue d'arbres, où le sol nu apparaît dans des proportions variables. On y distingue

a) Les steppes à graminées : dont la plus importante est la steppe à Alfa (*Macrochloa tenacissima*) ;

b) Les steppes à chaméphytes : dont les plus importantes sont celles aux Armoises (*Artemisia sp.*).

c) Les steppes à halophytes : des terrains salés et des bordures de sebkhas.

I.2. Les facteurs de Dégradation

Depuis plusieurs décennies les ressources naturelles de l'espace steppique (sol, eau, végétation.....) ont subi de sévères dégradations dues aux effets combinés d'une pression humaine et animale croissante et d'une sécheresse aggravante sur ces écosystèmes. (Nedjimi, 2006.)

Plusieurs définitions de ce mot existent dans la littérature. La plus utilisée de la désertification est celle adoptée par la conférence de Nations Unies de Nairobi, qui définit la désertification comme étant : « La diminution ou la destruction du potentiel biologique de la terre qui conduit à l'installation des conditions désertiques sous la

pression des conditions climatiques défavorables et d'une sur exploitation des ressources biologiques ».

Les facteurs de dégradation ce sont des facteurs naturels ou bien des facteurs anthropiques (socio-économiques).

I.2.1. Les facteurs naturels

a) La sécheresse

Les écosystèmes steppiques sont marqués par une variabilité interannuelle des précipitations. En générale la pluviométrie moyenne annuelle est faible (100 à 400 mm) et sa répartition est irrégulière dans le temps et dans l'espace.

Les pluies se caractérisent par leur brutalité (averse) et leurs aspects orageux. Les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviométrie annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante. (Ibrahim, 2004).

b) L'érosion éolienne et hydrique

Des données récentes montrent que ces phénomènes sont provoqués d'énormes pertes ; près de 600.000 hectares de terre en zones steppiques sont totalement désertifiés sans possibilités de remontée biologique et près de 6 millions d'hectares sont menacées, par les effets de l'érosion éolienne.

I.2.2. Les facteurs anthropiques

Ce sont les effets et les modifications induites dans l'Environnement par les diverses activités humaines (Ramade, 2008). Ils portent sur l'intensité d'effet de l'homme, l'intensité d'effet des animaux, etc.

En Afrique du Nord, dans les milieux arides notamment les régions steppiques, la dégradation du couvert végétal a connu une ampleur alarmante ces dernières années, causant ainsi un déséquilibre écologique (LeHouerou, 1995). Cette destruction du couvert végétal est due au climat et au sol, mais essentiellement à une action humaine.

a) Evolution de la population steppique

La croissance démographique concerné aussi bien la population sédentaire que la population éparse. Cependant, on note une importante régression du nomadisme qui ne subsiste que de façon sporadique.

Cette régression est due au fait que la transhumance diminue au profit de déplacements de très courte durée (augmentation du pâturage). Les pasteurs ont modifié leur système de production en association la culture céréalière et l'élevage (A.N.A.T)

b) Surpâturage

Il y a surpâturage dès que le prélèvement de la matière végétale par les animaux est supérieur à la production annuelle, ceci entraîne une réduction du couvert végétal et de la biomasse des espèces vivaces.

Selon PNAE- DD (2002), le Cheptel steppique en Algérie est passé d'un équivalent- ovin pour 4 ha en 1968 à un équivalent- ovin pour 0,78 ha, provoquant un pâturage excessif, la végétation, composée d'Alfa, de Sparte et d'Armoise, etc., régresse progressivement jusqu'à l'apparition généralisée de la croûte calcaire. Parallèlement une augmentation spectaculaire de la fréquence et de l'importance des vents de sable provoquée par la destruction du couvert végétal et par conséquence augmentation d'une érosion éolienne intense.

c) Extension des surfaces cultivées

Selon PNAE- DD (2002), la surface cultivée en Algérie est passée de 1,1 million d'hectares en 1968 à 2,1 millions d'hectares en 1990. L'extension des labours et l'introduction de la mécanisation sont des paramètres de dégradation aussi importante que le surpâturage. Les techniques de labours utilisées par les agro pasteurs ont une action érosive, détruisant l'horizon superficiel et stérilisant le sol, le plus souvent de manière irréversible.

Les espèces ligneuses qui retiennent le sol sont détruites et sont remplacées par des espèces adventices qui favorisent l'érosion éolienne.

d) Eradication des espèces ligneuses

Les espèces ligneuses pâturées par les troupeaux, déracinées par les tracteurs, subissent un arrachage par les éleveurs qui les utilisent à des fins domestiques comme bois de chauffage ou de cuisson (Romarin, Armoises, ... etc.).

Il s'ajoute un piétinement intense de la surface du sol, facteur favorable à l'action de l'érosion hydrique et éolienne.

Les données récentes montrent que ces phénomènes ont provoqué d'énormes pertes : près de 600 000 ha de terres en zone steppique sont totalement désertifiées sans possibilité de remontée biologique et près de 6 millions d'hectares sont menacées par les effets de l'érosion éolienne (Ghazi et Lahouati, 1997 citée in Nedjraoui, 2003).

I.3. Monographie de genévrier de Phénicie

Sur le pourtour méditerranéen, les cupressacées occupent une place importante notamment *Tetraclinis articulata* (thuya de Berberie) au Maghreb en ambiance semi-aride chaude et tempérée de même et surtout *Juniperus phoenicea* dans leurs types arborescents, au semi-

aride et l'aride chaud et tempérée constituent la limite externe des formations forestières à conifères vers le Sahara (Quezel, 1962).

I.3.1. Le nom *Juniperus*

Le nom "*Juniperus*", provient du mot celtique qui signifie âpre à cause de la saveur des fruits, ou encore de *junio* et *pario*, l'arbre possédant à la fois des fruits jeunes et des fruits près à tomber (Garnier, Debraux .1961); (Bonnier ., 1990).

Le genévrier de Phénicie ou rouge, a été décrit par Linné en 1753 sous le nom de *Juniperus phoenicea* L. Il se distingue du genévrier cade qui a le même habitat par ses feuilles en écailles et non en aiguilles (Kerzabi et Imamoun, 2008).

I.3.2. Noms vernaculaires

En Arabe: Arar de Phénicie (Quezel et Santa., 1962).

En Français: Genévrier rouge. Genévrier de Phénicie.

En Anglais: Phoenician cedar. Berry Bearing Cedar.

En Allemand: Cypressen Wacholder. Rotbeeriger Wacholder. Griechischer Wacholder.

En Italien: C'edro licio (Bonnier. 1990).

En Latin: *sabina Phoenicea* Antoine (Kerzabi et Imamoun, 2008).

Le genévrier rouge (*Phoenicea*) dans le langage Berbère, est appelé Zimeb et aïfs au Maroc.

I.3.3. Généralités sur genévrier de Phénicie

Le genévrier rouge a été décrit par Linné en 1753 sous le nom de *Juniperus phoenicea*.

Les genévriers, ont une place non négligeable dans la végétation méditerranéenne mais leur signification phytoécologique varie selon le groupe d'espèces. Ils sont généralement des groupes pionniers jouant un rôle appréciable dans la dynamique des groupements préforestiers surtout, mais également se développant dans des situations écologiques extrêmes (Quezel et Santa., 1962).

Boudy (1950), constate que les genévriers, sont les seules essences résineuses pouvant constituer en montagne dans les plus mauvaises conditions de sol et de climat de véritables peuplements forestiers.

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 trois espèces sont connues :

- Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) en Algérie occupe 290000ha au Maroc 152000 ha et en Tunisie 8000 ha, donc un total de 450000 ha.
- Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*) 30000 ha au Maroc.

- Genévrier oxycerdre ou cade (*Juniperus oxycedrus*) en Algérie occupe 112000 ha, en Tunisie 20000 ha et au Maroc 116000 ha.

I.3.4 Systématique du genévrier de Phénicie

Embranchement: Spermaphytes

Sous- Embranchement: Gymnospermes

Classe: Conifères

Ordre: Coniférales

Famille : Cupressacées

Genre: *Juniperus*

Espèce: *Juniperus phoenicea* L. (Quezel et Santa., 1962).

I.3. 5.Description botanique du genévrier de Phénicie

Le Genévrier de Phénicie ou genévrier rouge (*J. phoenicea* L.) est un arbrisseau touffu ou un arbuste de 1 à 3 m de hauteur mais pouvant atteindre cependant jusqu'à 8 à 10 mètres. Au jeune âge, certaines feuilles sont en aiguilles et d'autres en écailles très petites, très imbriquées, opposées, formant le feuillage vert persistant de l'arbre après les premières années. Le fruit globuleux devient rouge et luisant à maturité (figure 01 : a, b et c). Cette espèce est indifférente au substrat ; elle est présente en bioclimat surtout semi-aride et aride en ambiance nettement continentale se contentant de précipitations comprises entre 200 et 400 mm (Lapie etMaige, 1914 ; Quezel, 1962).



Fig. 01 (a) – Arbre de *J. phoenicea* Fig. 01 (b) – Feuilles en écailles

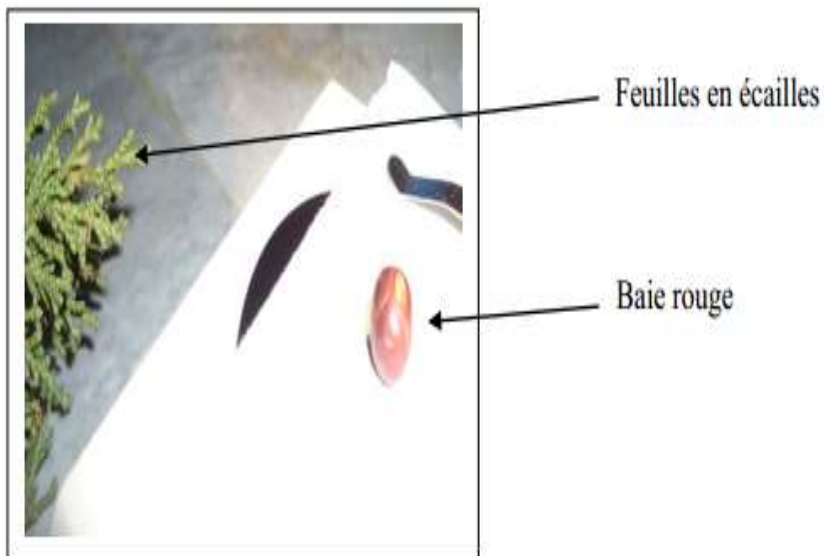


Fig. 01 (c) – feuilles et baie de *J. phoenicea*

Fig.01 l'observation microscopique de genévrier de Phénicie

I.3. 6. Aire de répartition de *Juniperus phoenicea*

I.3.6.1. En méditerranée

Le Genévrier de Phénicie, est une espèce dont l'aire de répartition est circum-méditerranéenne, il est représenté en Algérie, Maroc (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 (Barrero et al., 2004).

Il occupe tout le pourtour méditerranéen de manière plus ou moins continue et s'étire d'Est en Ouest du Proche-Orient aux îles Canaries et à Madère.

A l'inverse des autres résineux, son aire de peuplement est à peu près continue au Maghreb (Ben salah., 1989).

Boudy (1950), souligne que le genévrier de Phénicie, est certainement une espèce xérophile mais pas autant que l'arganier. Il est réparti dans tout le moyen Atlas, de Taza à Tadla, puis dans le grand Atlas où il couvre des surfaces très importantes, notamment dans le versant sud où il remplace le chêne-vert.

Seigne (1985), indique qu'en Espagne le Genévrier de Phénicie, se trouve dans la Serra del Cabo de Gata (Parc naturel situé dans le sud de l'Espagne), la station la plus aride qui 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, et la situation écologique (Zireg, 2011).

I.3.6.2. En Algérie

En Algérie, le Genévrier de Phénicie, est très rare. En 1962, il n'était présent qu'en Kabylie, dans les rochers des hautes montagnes de Djurdjdra. L'espèce est commune sur l'ensemble du littoral, sur les hauts plateaux et l'Atlas saharien Oranais, de l'Algérois et du constantinois. Elle est assez rare ailleurs, on la trouve surtout sur les dunes littorales, dans les collines et les montagnes (Ait Youssef, 2006).

Il est souvent en mélange avec *Pinus halepensis*, mais c'est dans l'Atlas sahariens bordant le désert qu'il trouve sa place en grande extension.

Cette cupressacée, se rencontre dans le massif de l'Aurès avec une superficie de 1950 ha, elle est mélangée notamment dans le sud de ce massif (région de Maafa, Beni Fodhala) et fortement parasitée par *Arceuthobium oxycedri* (Abdssamed., 1981).

Le genévrier, constitue le second groupe d'essences dominantes en Algérie jouant le rôle de protection essentiellement, cette dernière ne couvre que 290 000 ha contrairement à l'essence prédominante (Pin d'Alep et le chêne vert) qui constitue le premier type de forêt dite économique qui totalisent 1249000 ha dont 424000 ha de peuplements artificiels (Kerrache, 2011).

Tableau Les superficies par décennie de *Juniperus phoenicea* en Algérie.

(Source: Boudy, 1950, Kadik, 1987, Seïgue 1985).

Essence	BOUDY (1950)	BOUJDI (1955)	SERVICE DES FORETS (1966)	ADMINISTRATION DES FORETS (1978)	SEIGUE (1985)	GHAZI EL LAHOUI (1997)	RNE (2000)	DGF (2007)
Genévrier de Phénicie	290000ha	279000ha	227000ha	277000ha		217000ha		

I.3. 7. Exigences de genévrier de Phénicie

a) Climatiques

Le Juniperus phoenicea, croit dans l'étage de végétation bioclimatique semi-aride ou tempéré, règne aux basses altitudes avec une pluviométrie moyenne annuelle de 250mm. C'est une espèce héliophile (aime le soleil qui ne peut se développer complètement qu'en pleine lumière) qui supporte des sécheresses sévères (xérophile) et résiste aux embruns salés (halophile). En bordure de mer, exposée au vent violent, elle présente des déformations caractéristiques (Kerzabi et Mammon, 2008).

b) Edaphiques

Le Juniperus phoenicea, présente sur le sol calcaire, dans des stations très sèches et en plein soleil ou les sols sont très rocheux et à PH élevé, capable de se développer dans les fissures des rochers (Zierreg, 2011). Indifférent, vis-à-vis du milieu édaphique, le genévrier de Phénicie colonise les sols dérivant des grès siliceux ou de substrats calcaires.

Il pousse sur les rochers et les falaises littorales mais aussi sur les dunes (Kadik, 1987).

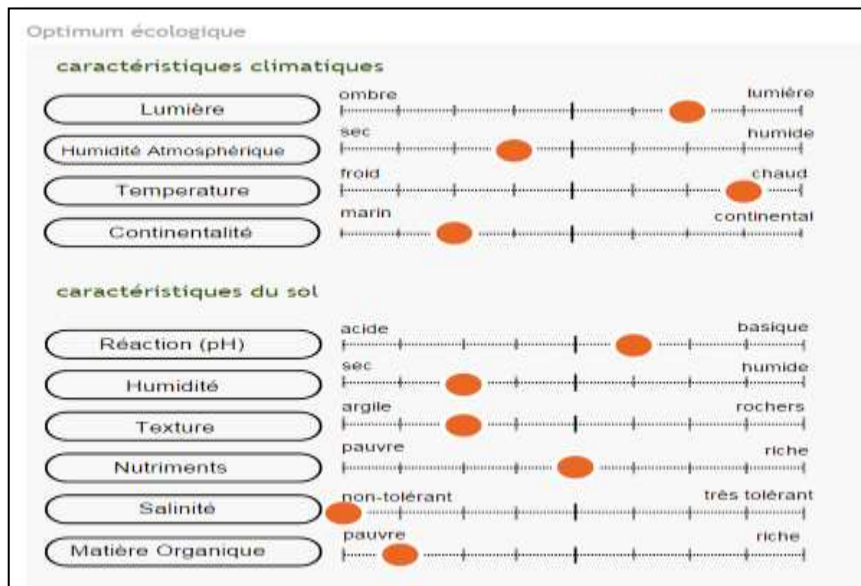


Figure 02. Optimum écologique de *Juniperus phoenicea* L. (Source : www.Telabotanica.org)

a) Caractère altitudinal

Le genévrier de Phénicie ne recherche pas obligatoirement la chaleur, le caractère thermophile lui est étranger puisqu'un faciès continental de montagne existe et a été identifié dans le Sud marocain par une limite supérieure à 2 400 m et à 2 200 sur le Haut-Atlas. Il est présent sur les dunes littorales et en montagnes jusqu'à 2400 m (Klaus ., 1991), et s'élève dans ces dernières jusqu'à 1200 m d'altitude (Gaston ., 1990).

D'après (Talabsm, 2007), les formations à *Juniperus phoenicea* intercalent entre les formations steppiques de basses altitudes et les formations forestières et pré forestières à chêne vert.

Cette position confère au *Juniperus phoenicea* un rôle écologique considérable du fait qu'il se comporte comme un élément de forte résistance à la désertification et à la pression de l'homme et de ses troupeaux.

b) Association du Genévrier

Le genévrier a une distribution liée aux facteurs climatiques, il est associé au Pin d'Alep en bioclimat aride supérieur et semi aride et inférieur frais et froid ou ces pineraies subissent souvent les influences sahariennes (Kadik ., 1987). c'est une espèce des régions sèches de l'Atlas Saharien et des dunes côtières (Boudy ., 1950), elle forme parfois des peuplements purs, très clairs et sans sous bois, dans les stations les plus exposées au vent.

Comme mentionné (Quezel . 2003), l'essence subordonnée, participe aux formations de

Pinus halepensis et *Olea europea*, surtout en position sublittoral notamment dans les îles tyrrhéniennes ou à *Quercus ilex*, elle est associée en Algérie comme la plupart des autres essences.

I.4. Lemycorhize

I.4.1 Généralités

Le terme mycorhize La mycorhize (du grec myco: champignon et rhiza: racine) désigne une association à bénéfice réciproque entre la racine d'un végétal et le mycélium d'un champignon du sol (Siverding., 1991 ; Strullu., 1991). Dans cette association symbiotique, le végétal fournit au champignon des sucres. En retour le champignon alimente la plante en éléments minéraux notamment en phosphore grâce à un réseau dense de filaments appelé mycélium extramatriciel qui augmente considérablement la surface de contact entre les racines des plantes hôtes et le sol (Siverding., 1991).

La symbiose fongique s'associe avec les racines de la plante-hôte et forme des structures mycorhiziennes différentes selon le type de mycorhizes, le champignon reste confiné dans le cercle racinaire et ne franchit jamais la barrière endodermique.

Le mot symbiose fut utilisé pour la première fois par l'allemand Frank (1877) pour qualifier la coexistence d'organismes différents. Les symbioses mutualistes, où les partenaires coexistent activement d'un point de vue physiologique, écologique et reproductif (Harley., 1989) furent pendant longtemps jugées peu importantes dans les processus écologiques (Lambers et al, 2009). Il est actuellement admis que la symbiose mycorhizienne est une association obligatoire et à bénéfice réciproque entre une racine de plante et un champignon. Dès le 19^{ème} siècle, les mycorhizes ont fait l'objet de descriptions et d'études de distribution de par le globe.

La presque totalité des plantes vertes terrestres vivent en symbiose mycorhizienne. Seuls des membres de quelques familles en sont quelques fois dépourvus, par exemple, les crucifères et les chénopodiacées (Fortin et al, 2008).

I.4.2 Les différents types de mycorhizes

Cette symbiose prend différentes formes, appelées ectomycorhizes, endomycorhizes ou ectendomycorhizes, selon les caractères anatomiques de l'association (Peyronel 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 ou basidiomycètes (Smith et Read., 1997).

I.4.2.1 Les ectomycorhizes

Ces champignons supérieurs se retrouvent dans le sous-bois parce que, sauf exception, ils ne forment des mycorhizes qu'avec les plantes ligneuses, arbres ou arbustes. Beaucoup de ces champignons produisent des carpophores sur le tapis forestier. La symbiose ectomycorhizienne ne concerne que 3 % des espèces végétales (Mosain., 1991) mais elle a été (et est toujours) très étudiée car ces espèces constituent la majorité des ligneux à intérêt économique.

Les champignons ectomycorhiziens appartiennent aux ascomycètes et surtout aux basidiomycètes.

C'est plus de 25 000 espèces de plantes vasculaires qui portent ce type de mycorhize (Fortinet al., 2008).

Les ectomycorhizes revêtent les racines latérales à structure primaire d'un manteau fongique, le mycélium ne se développe pas dans les cellules de l'hôte, mais plutôt vers l'extérieur des cellules.

Les hyphes en s'accolant les uns aux autres forment un manchon autour des radicelles et pénètrent aussi dans la racine, mais en se confinant aux espaces intercellulaires, formant dans le cortex un système complexe portant le nom de Hartig, chercheur qui l'a observé et décrit le premier. À partir de cet ancrage, le mycélium peut alors se développer et envahir le sol adjacent (Fortin et al., 2008).

I.4.2.2 Les ectendomycorhizes

Cette association se rapproche des ectomycorhizes par la présence d'un important mycélium superficiel externe, mais possède en plus certaines formations intracellulaires. Le pin présente souvent ce genre d'association. On le rencontre chez les arbutées et chez certains jeunes plants forestiers résineux en pépinière. Comme leur nom l'indique, les champignons impliqués développent aussi bien un manchon fongique à l'extérieur des racines, que des formations endocellulaires en pelotons (Boulard., 1982; Fortin et al., 2008).

I.4.2.3 Les endomycorhizes

80% des espèces de plantes terrestres (BRUNDETT, 2009) et 94% des familles d'angiospermes sont mycorhizées à l'état naturel. L'absence totale d'association symbiotique est rarement observée (Merr Yweather et al., 1995). Ces champignons ont une forte capacité à explorer le sol et se trouvent souvent en plus grande quantité que l'appareil racinaire des plantes auxquelles ils sont associés. Cependant, cette densité reste très variable selon l'identité du champignon (Jakobsen., 2004, Smith et al 2004).

Il existe trois types d'endomycorhizes :

- Les endomycorhizes arbutoides des Ericacées.
- Les endomycorhizes orchidoides des Orchidées.
- Les endomycorhizes à arbuscules

I.4.3. Physiologie des mycorhizes

Indépendamment du type de mycorhize, diverses fonctions sont modifiées généralement: l'absorption de l'eau et des éléments minéraux, Agrégation des sols, Activités hormonales, Protection contre les organismes pathogènes.

I.4.3.1 Absorption de l'eau

Les plantes pourvues de mycorhizes ont une meilleure absorption de l'eau, les mycorhizes arbusculaires résistent beaucoup plus longtemps à la sécheresse que celles qui en sont dépourvues (Fortin et al. 2008)

I.4.3.2 Absorption des éléments minéraux

L'augmentation de la surface de contact entre le mycélium fongique et le sol facilite aux plantes l'absorption des éléments peu mobiles du sol comme le phosphore, le zinc, l'azote, le potassium ainsi que le fer, le calcium, le manganèse et le magnésium (Nouaim et Chaussod., 1996).

Les champignons mycorhiziens sont capables de capter l'azote directement à partir des sources organiques chez les endomycorhizes, et chez les ectomycorhizes (Emmertonet al. 2001).

En plus de ces contraintes, le taux d'absorption du phosphate par les racines en croissance demeure plus élevé que celui de diffusion dans le sol, créant ainsi une zone d'épuisement au niveau du système racinaire limitant d'autant plus la prise de phosphore par la plante (Smith et Read., 1997).

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 extraradiculaires 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 ; Subramanian et Charest, 1997) 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'acquies d'autres minéraux peu mobiles dans le sol comme l'azote, le soufre, le calcium, le magnésium, le potassium, le zinc et le cuivre.

I.4.3.3 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).

I.4.3.4 Activités hormonales

Les hormones végétales participent à la régulation de la croissance et du développement des plantes, en réponse notamment aux facteurs environnementaux et ce sont des moyens de communication qui existent entre les champignons et leur plante-hôte tels que la cytokinine, l'éthylène, l'acide jasmonique et l'auxine.

L'auxine est produite par la quasi-totalité des champignons ectomycorhiziens et les plantes ligneuses ; elle joue un rôle important à faibles doses transformant ainsi la

Morphologie des racines (Egli et Brunner, 2002).

I.4.3.5 Protection contre les organismes pathogènes

Dans la nature, les plantes sont continuellement attaquées par des bactéries, des champignons, des nématodes, et des insectes (Borowicz, 2001).

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 ; Moser et Haselwandter, 1983 ; Schtiepp et al, 1987). 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 mycorhizosphère, 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).

Chapitre II

Présentation de la Zone d`Etude

1400 à plus de 1700 mètres, ses roches gréseuses, son climat froid en hiver, ses sources, 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 et le relief qui s'affaisse en dépressions plus au moins larges. C'est une région montagneuse, mais plus chaude et plus sèche que la précédente, et qui va s'élargir du nord-est au sud-ouest ;

- **Le piémont Saharien** : se définit par son relief, par sa sécheresse et ses pâturages. C'est bien un piémont ou glacis d'érosion qui annonce le début du Sahara .

II.2.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 marno-calcaire) et le crétacé (grés) (Abed, 1982).

Du point de vue stratigraphique, l'Atlas Saharien Central est constitué par des affleurements Méso-Cénozoïques allant du Bathonien jusqu'à l'Actuel. Les séries paléozoïques n'affleurent pas. Du point de vue tectonique, ce domaine est caractérisé par des plis synclinaux et anticlinaux de grande dimension tantôt très allongé avec des flancs longs et courts, tantôt sous forme de dômes ou bombements à cœur érodé. Les structures sont allongées suivant une direction NE-SW dans la partie occidentale et E-W dans la partie Est du domaine (Bettahar ,2009).

II.3.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, 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, 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 (fig. 05) 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, 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, 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, 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 Cheliff, le plus important oued d'Algérie. Son parcours est de 10 km et son bassin versant recouvre une superficie de 126.5 km² ;
- **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 km² ;
- **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 l'Hadj 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 km².

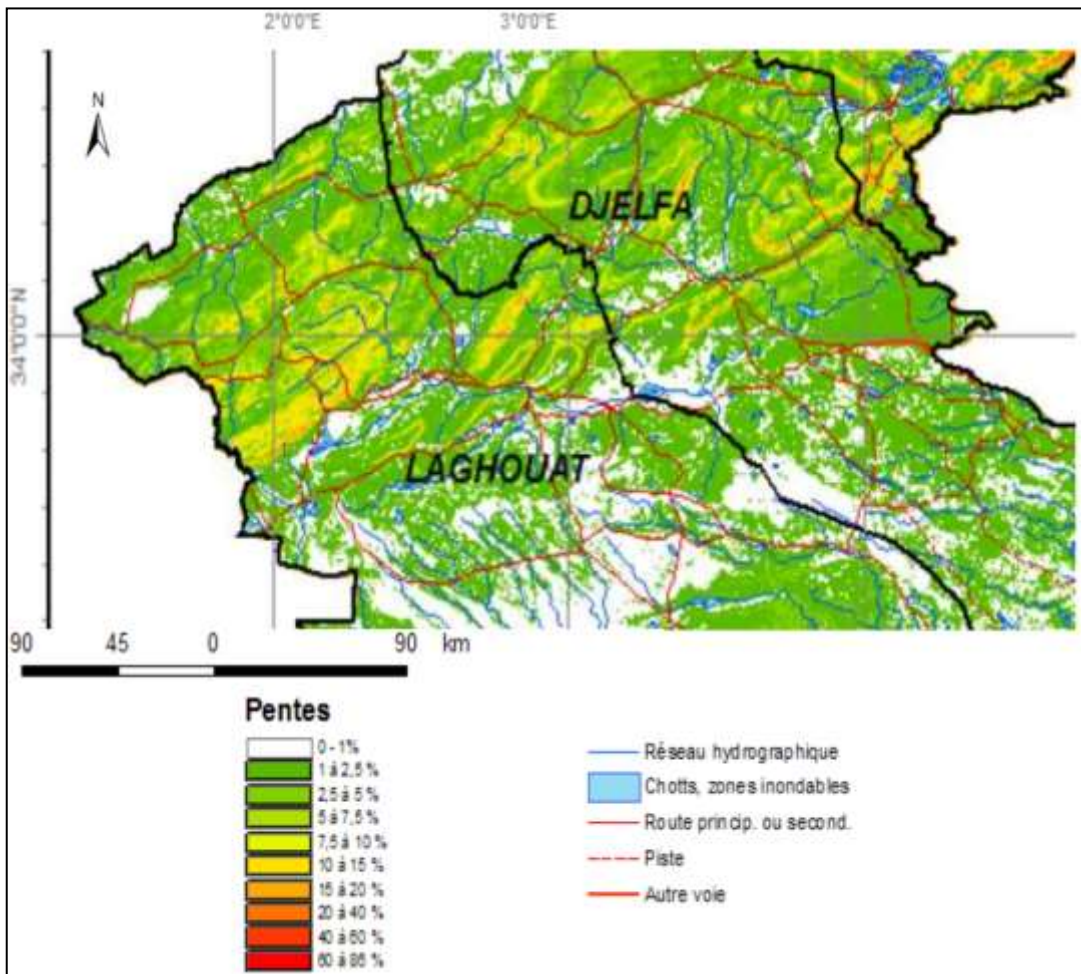


Figure 04. Pentes et réseaux hydrographiques de la région d'étude (S.R.A.T;2006)

II.4. 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, 1957).

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, 2004).

Kadik (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.

II.5. Caractéristiques climatiques et bioclimatiques

Le climat est l'un des facteurs les plus déterminants du milieu naturel, notamment dans le développement du couvert végétal.

Trois facteurs principaux interviennent dans la définition du régime qui règne sur le Djebel Amour (Stambouli, 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 apporte 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 200mm, le maximum pourrait atteindre 400mm sur les sommets les plus élevés. La figure 13 porte les altitudes caractérisant la région d'étude ;

-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.

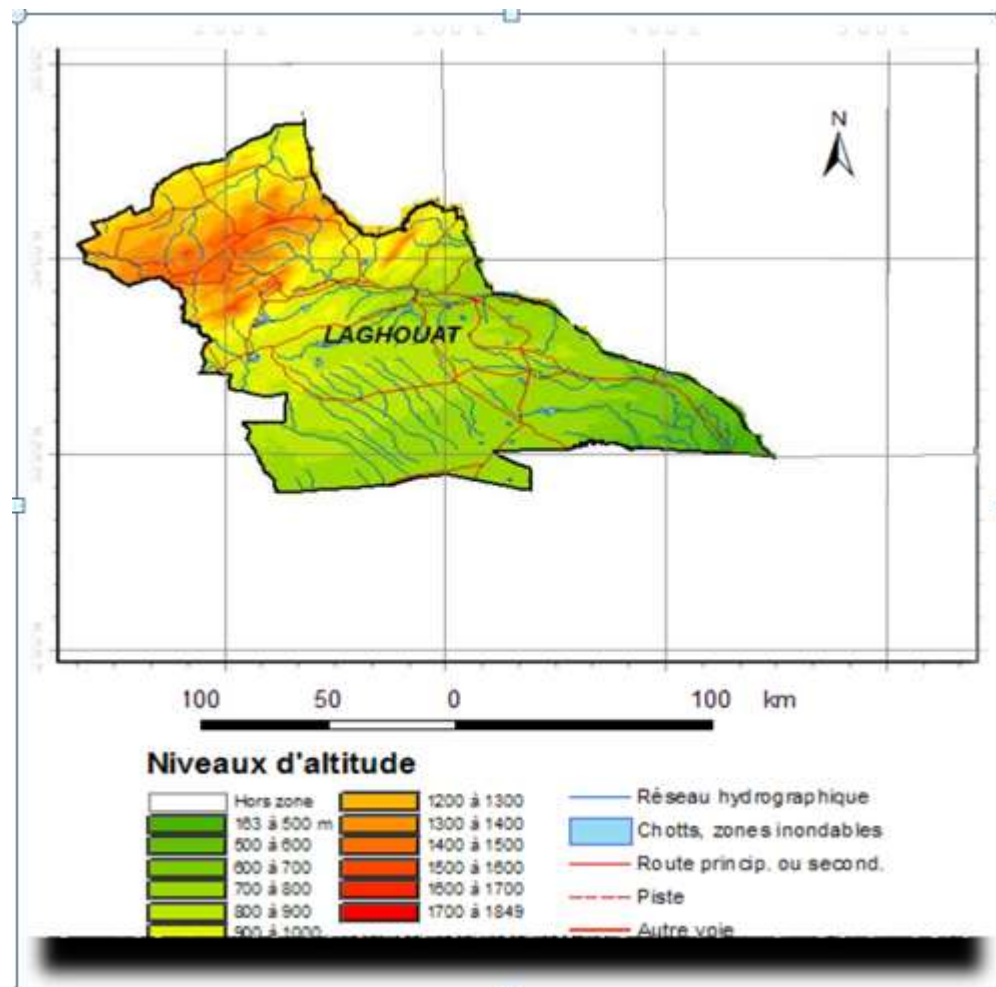


Figure05 Topographie de la région de Laghouat (S.R.A.T., 2006).

[La zone étudiée se situe entre 1000 et 1400m d'Altitude].

Pour la caractérisation climatique de la région étudiée, nous nous sommes référés aux observations, notamment les précipitations et les températures, de la station météorologique d'Aflou qui est la plus proche et située à 22 km à vole d'oiseau et à 1425m d'altitude.

II.5.1. Température

La température est un facteur limitant d'une grande importance car elle conditionnel 'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés dans la biosphère (Ramad, 1984).

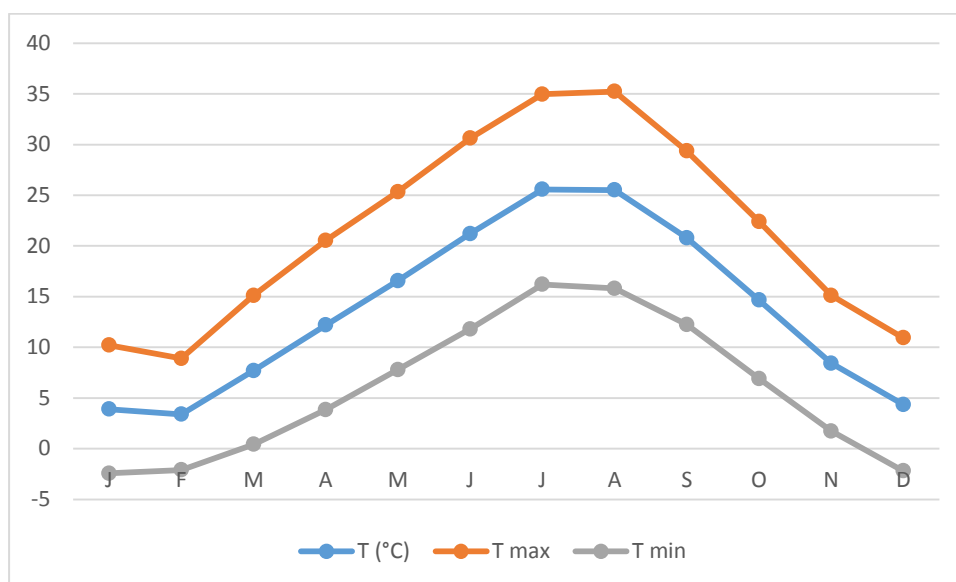
Les variations des températures moyennes mensuelles de la région d'étude sont représenté dans le tableau 02 et la figure 05.

Tableau 02. Les températures moyennes mensuelles d'Aflou (2008-2017).**Tableau 02.** Les températures moyennes mensuelles d'Aflou (2008-2017).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuel
T (°C)	3.89	3.4	7.7	12.19	16.56	21.21	25.58	25.52	20.80	14.66	8.42	4.36	13.69
T max	10.21	8.9	15.11	20.54	25.34	30.62	34.97	35.24	29.37	22.41	15.11	10.93	21.56
T min	-2.43	-2.1	0.43	3.85	7.79	11.81	16.2	15.81	12.24	6.91	1.73	-2.2	5.83

Source (O.N.M., 2018).

Le mois de juillet comprend le « M » du mois le plus chaud, avec (**35.24°C**). Alors que « m » du mois le plus froid correspond au mois de Février (-2.43°C). la température moyenne annuelle « T » pour cette période est de 13.69°C.

**Figure 06.** Températures moyennes mensuelles de la région d'Aflou (2008-2017).

5.2. La pluviosité

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.

La disponibilité hydrique est entièrement conditionnée par les apports d'eau des précipitations. Ces dernières sont caractérisées par leur faiblesse et leur variabilité interannuelle : elles interviennent par leur quantité et par leur répartition saisonnière.

Les pluviosités moyennes mensuelles et annuelles de station d'Aflou est portées sur le **tableau 03**.

Tableau 03 :précipitations moyennes mensuelles et annuelle d'Aflou (2008-2017).

2008-2017	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tot.
P (mm)	32.05	34.49	31.54	25.11	22.64	16.46	12.86	14.04	50.39	31.57	33.12	27.56	332.01

Source (O.N.M., 2018).

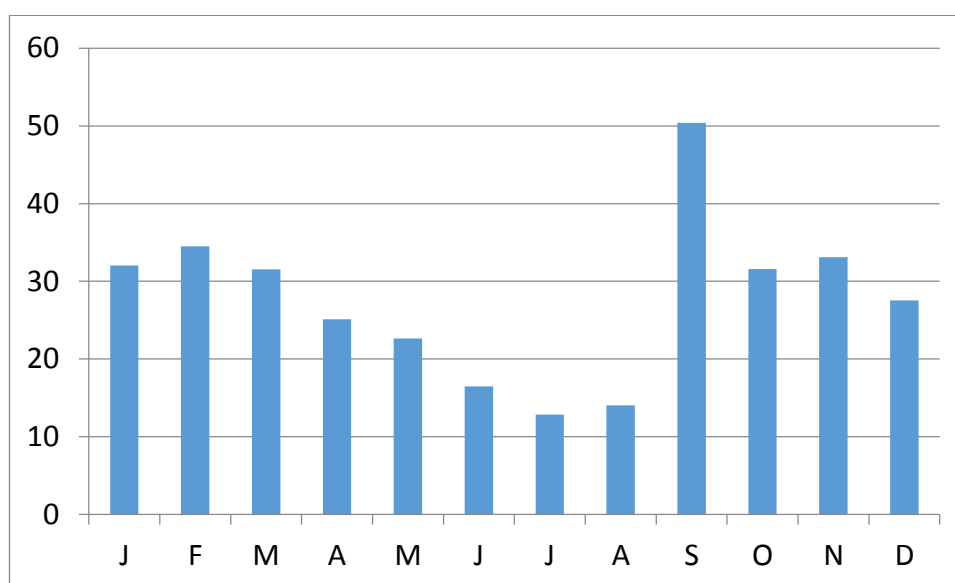


Figure 07. Evolution des précipitations moyennes mensuelles et annuelle d'Aflou (2008-2017).

La quantité de précipitations que reçoit la région d'Aflou était de 342.01mm en moyenne pour les années (2008-2017).

Concernant les moyennes mensuelles, l'observation de la tableau 03 révèle que, le mois le plus pluvieux est le mois de Septembre avec 50.39mm. Le mois le plus sec est Juillet avec seulement 12.86mm.

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, 1983).

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): mars, avril et mai. - Automne (A) : septembre, octobre et novembre.
- Hiver (H) : décembre, janvier et février. - Eté(E): juin, juillet et août.

Le tableau 03 montrent le régime pluviométrique saisonnier.

Tableau 04 : Régime pluviométrique saisonnier de station d'Aflou (2008-2017).

Station	Période	Hiver	Printemps	Été	Automne	TYPE
Aflou	2008-2017	94.1	79.29	43.36	115.08	A.H.P.E.

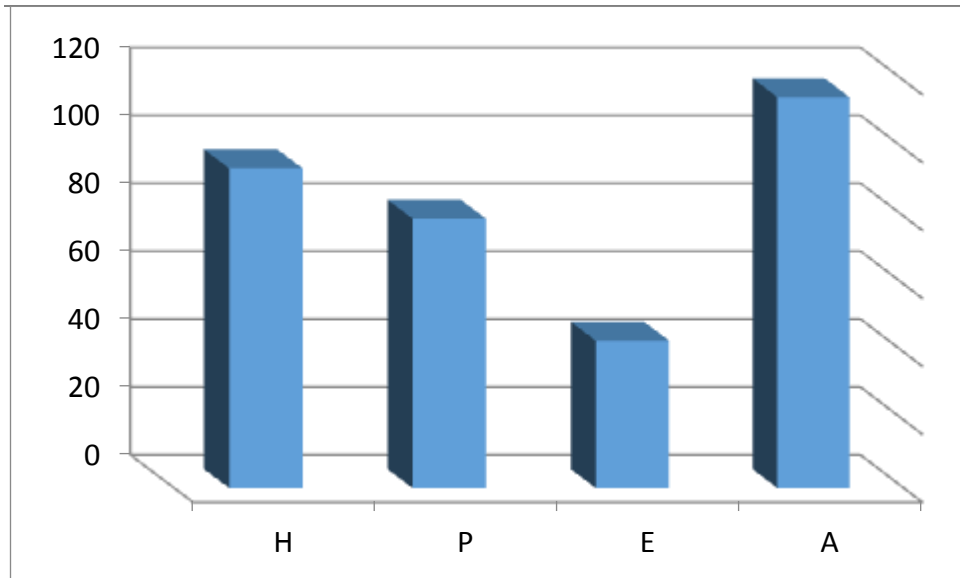


Figure 08 Régime pluviométrique saisonnier de station d'Aflou (2008-2017).

II.6. 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, 1955 ; Le Houerou, 1980).

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 qui tiennent compte des variables prépondérantes telles que la pluviosité, la température et l'évapotranspiration.

II.6.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Pour Bagnouls et Gausсен (1953), un mois sec est celui où le total mensuel de précipitation exprimé en millimètre est égal ou inférieur de la température mensuelle exprimée en degré Celsius ($P \leq T$). Cette relation permet de représenter sur un même graphique la précipitation et le température moyenne mensuelle. L'intersection des de courbe, Ombrique et thermique, détermine la durée de la saison sèche.

Ce diagramme permet de visualiser la durée du déficit pluviométrique.

Le diagramme ci-dessous (fig.07) montre une période sèche estivale typique du climat méditerranéen ; elle dure de cinq (05) mois demi-avril à la fin-octobre

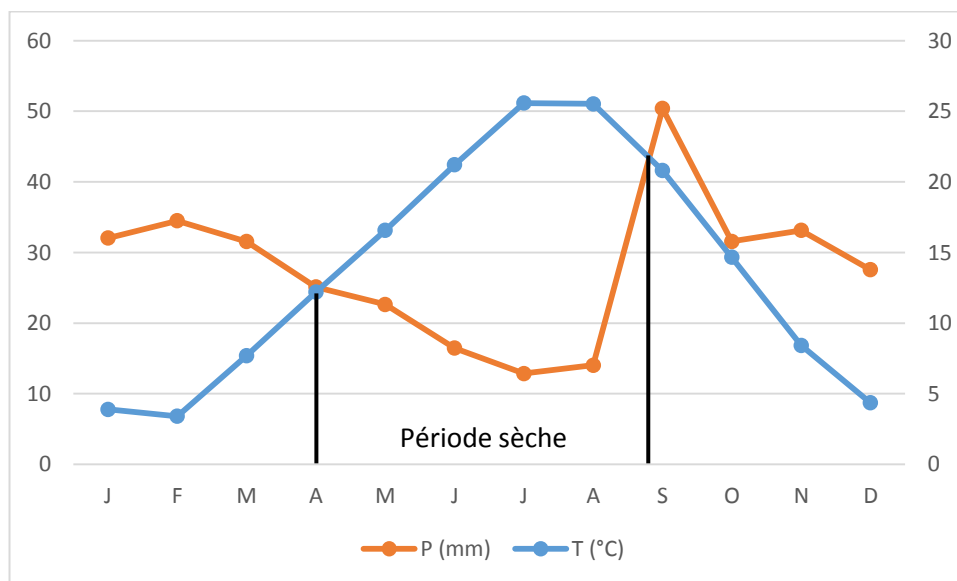


Figure 09. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN d'Aflou

II.6.2. Climagramme d'EMBERGER

En 1955, Emberger proposait un quotient qui est spécifique du climat méditerranéen, il est le plus fréquemment utilisé en Afrique du Nord.

Selon Prevost (1999) ; le Climagramme d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude, il est représenté en abscisse par la moyenne des minima des températures du mois le plus froid, en ordonnées par le quotient pluviométrie (Q_2) d'Emberger.

Nous avons utilisé la formule de STEWART adapté pour l'Algérie qui se présente comme suit :

$$Q_2 = 3.43 \times P / (M - m)$$

Ou :

$$Q_2 = 2000 \times P / (M + m + 546,4) \times (M - m)$$

Q_2 : Quotient pluviométrique d'EMBERGER.

P : Moyenne des précipitations annuelles en mm.

M : Moyenne des maximums du mois le plus chaud en degré Celsius.

m: Moyenne des minimums du mois le plus froid en degré Celsius.

$$Q_2 = 2000 * P / M^2 - m^2$$

Ou :

$$Q_2 = 1000 \times P / (M + m / 2) \times (M - m)$$

Le tableau 05 et illustré dans (fig09), est représenté l'étage bioclimatique calculé de la de la station :

Tableau 05 : Quotient pluviométrique et étage bioclimatique de les régions d'étude.

Stations	Périodes	P (mm)	M (°K)	m (°K)	Q_2	Étage bioclimatique	Variante thermique
Aflou	2008- 2017	332.01	308.39	270.71	30.43	Semi-aride	Hiver froid

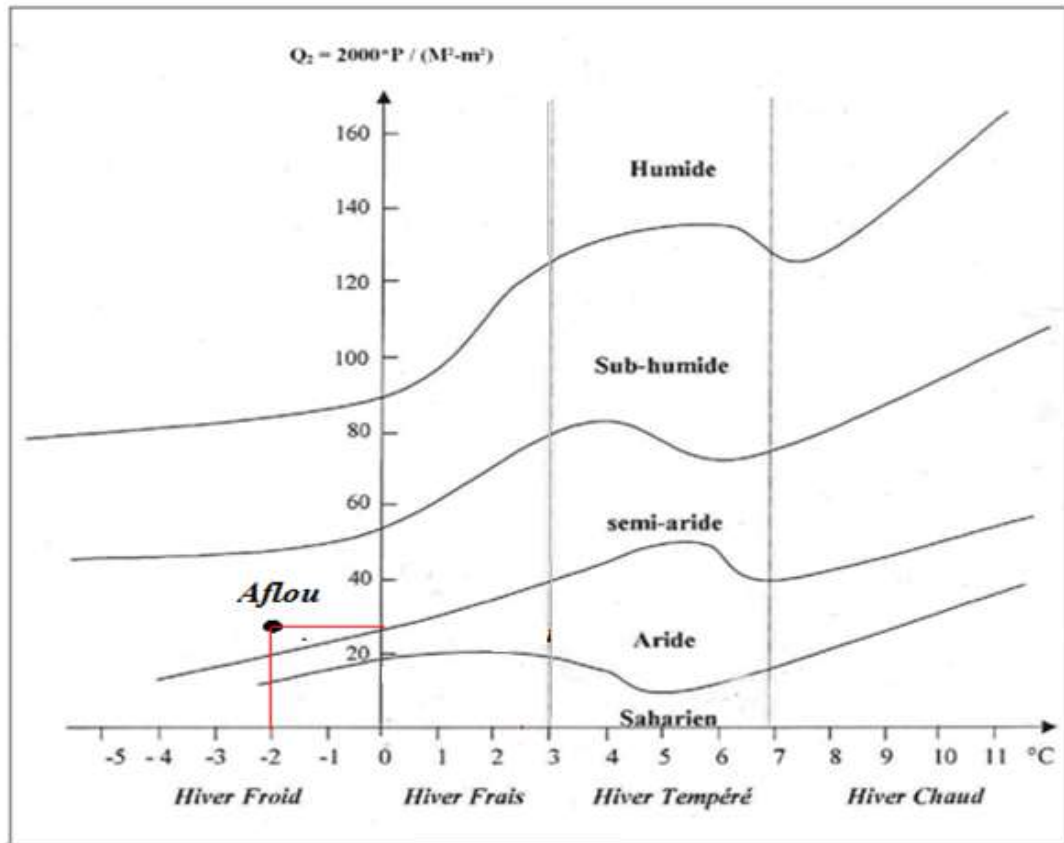


Figure 10. Situation de la région d'Aflou sur le Climagramme d'Emberger (2018).

Sur la base des données que nous venons de présenter, il ressort que nos station d'étude D' Aflou est soumise à un climat *semi-aride à hiver froid*.

II.6.3. Indice de DE MARTONNE

Pour évaluer l'intensité de la sécheresse, l'indice de DE MARTONNE, calculé pour chaque station, nous offre plus de facilitée d'efficacité dans les calculs, cet indice est d'autant plus grand que le climat est aride. Celan la formule suivante :

$$Aa = P/T + 10$$

Avec :

- P : Pluviosité moyenne annuelle en (mm).
- T : Température moyenne annuelle en ($^{\circ}\text{C}$).

DE MARTONNE a proposé une échelle de classification des climats selon l'indice d'aridité : Climat très sec ($Aa < 10$) ; climat sec ($10 < Aa < 20$), climat humide ($20 < Aa < 30$) ;

climat très humide ($Aa < 30$). L'indice est d'autant plus grand que le climat est plus humide (Prevost, 1999).

L'indice de De Martonne de la région d'étude est de l'ordre de 12,77, ce qui permet de classer la région dans un climat sec.

II.7. Flore et végétation

Le Djebel Amour est plus boisé que les massifs qui l'encadrent (Despois, 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 Retam caractérisent la région. Enfin, des dayas parsemées en surface sont révélées par les pieds de Pistachier de l'Atlas et les buissons de Jujubier.

Toutefois, très peu de travaux de recherche ont été consacrés à l'étude de ces formations et leur répartition malgré l'intérêt fondamental qu'elles présentent du fait de leurs diversités floristiques et de leurs adaptations à des conditions de milieu particulières. Kadik (1983) et Barbero (1990) décrivent les forêts d'Aflou comme fortement soumises aux délits et plus ou moins dégradées, à cause du climat et de l'homme.

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 (Kouidri, 2013).

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. 09**) donne un aperçu sur l'occupation des sols de la région.

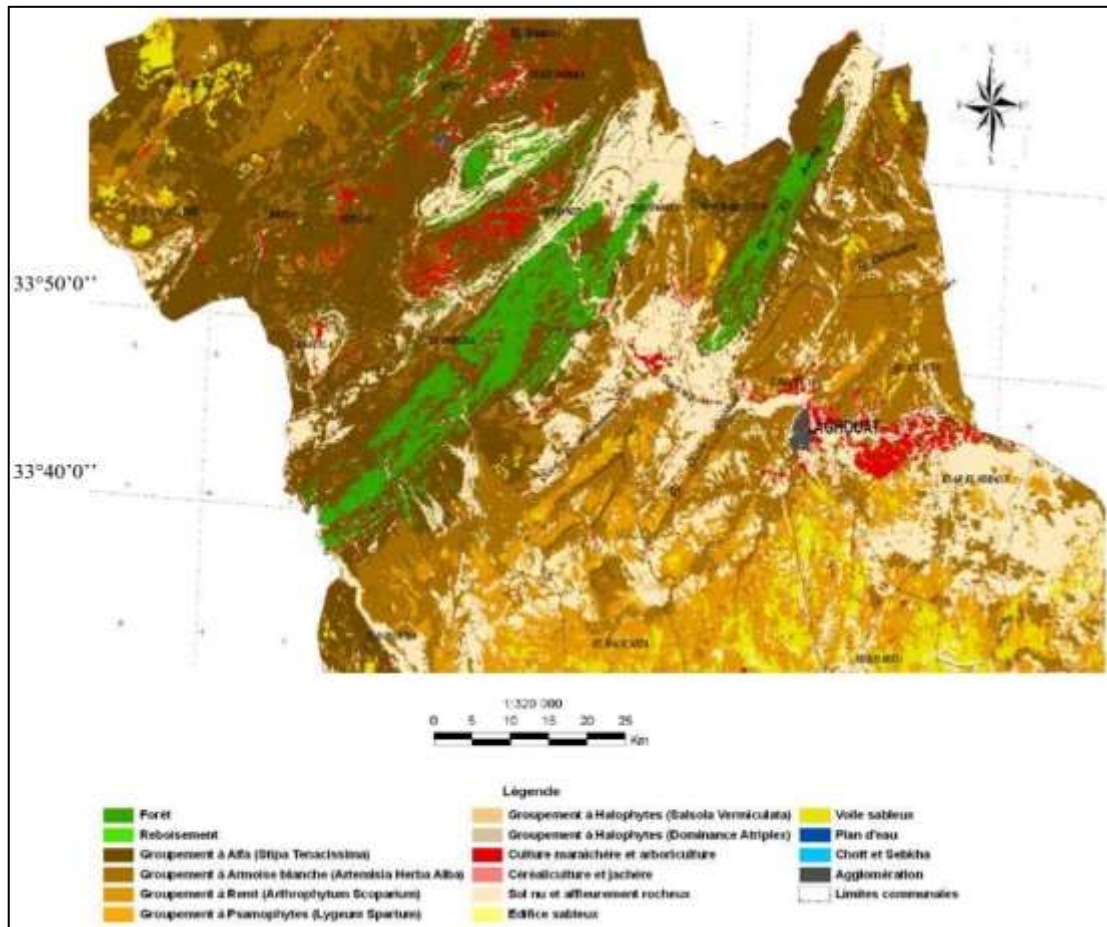


Figure 11. Extrait de la carte d'occupation des sols de la région de Laghouat(S.R.A.T.2006)

Chapitre III

Matériels et Méthodes

III.1 Choix de la station d'étude et des sites de prélèvements

III.1.1. Choix de la station d'étude

La vision à l'échelle paysagère basée sur la physionomie, amène à choisir les éléments majeurs, significatifs, représentatifs et répétitifs du paysage végétal (formations végétales) à étudier (Gillet, 2000). Le choix de la station est basé sur la présence de formations ligneuses à base de Genévrier de Phénicie.

III.1.2. Choix des sites de prélèvements

Une vision à l'intérieur de l'élément paysager choisi, a guidé le choix d'emplacement des relevés et de leurs limites. Les critères fondamentaux de ce choix sont les trois (3) critères d'homogénéité (Gillet, 2000): Homogénéité floristique, homogénéité physionomique et homogénéité des conditions écologiques.

- *Homogénéité floristique*, apparition plus ou moins régulière de combinaisons définies d'espèces, c'est-à-dire répétitivité de la combinaison floristique;

- *Homogénéité physionomique*, aspect lié à la dominance d'une ou plusieurs espèces;

- *Homogénéité des conditions écologiques*, uniformité des conditions apparentes c'est-à-dire homogénéité dans la physionomie et la structure de la végétation ainsi que les conditions édaphiques (Gillet, 2000).

Le site étudié est homogène vis-à-vis des contrastes du milieu, tels que l'exposition, la lumière, la microtopographie, etc. A l'intérieur de la surface choisie des relevés, le choix est orienté par l'absence de variations significatives de la composition floristique ou du milieu.

III.2. Présentation de la station d'étude

La station d'étude d'un étage climatique semi-aride la commune d'Aflou (Djebel Omm-Elguedour) W-Laghaout..

La station est essentiellement composée de Genévrier de Phénicie et de Chênes verts très clairs sur l'ensemble des massifs avec la présence aussi d'autres essences forestières avec des individus isolés les uns des autres, forment des agrégats ou de petites groupes, mais

jamais un large tapis, citant : le Cade (*Juniperus oxycedrus*), l'Olivier Sauvage (*Olea europaea* var. *oleastre*), le Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*), le Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*), l'Arbousier commun (*Arbutus unedo*)... etc.

III.3. Principe adopté

L'objectif de la présente étude est de Contribution à la caractérisation de la relation mycorhizienne chez *Juniperus Phoenicea* dans un étage semi-aride cas de Djebel Oum El Guedeur Aflou W. Laghouatet La méthodologie adoptée est orientée sur :

- Sorties de prospection
- Caractérisation de la station d'étude;
- Etablissement des relevés floristiques;
- Identification des espèces rencontrées;
- prendre les pourcentages du mycorhize.

III.4. Etude des caractéristiques floristiques

L'étude de la flore porte sur la réalisation des relevés phytoécologiques et le traitement des résultats par l'application d'indices écologiques.

Elle s'appuie sur la technique du relevé phytosociologique de BRAUN-BLANQUET qui consiste à dresser la liste des plantes présentes dans un échantillon représentatif et homogène du tapis végétal en opérant strate par strate (Gillet, 2000).

À l'intérieur de chaque phytocénose reconnue sur le terrain, il est recherché une surface de végétation homogène et représentative afin d'y effectuer les relevés phytoécologiques (Gillet, 2000).

Flahaut et Schröter (1910), notent qu'une association végétale est une communauté végétale de composition floristique déterminée, présentant une physionomie uniforme et croissante dans des conditions stationnelles uniformes (Walter, 2006).

Pour Braun-Blanquet (1915), une association végétale est un groupement végétal plus ou moins stable, en équilibre avec le milieu ambiant, caractérisée par une composition floristique déterminée, dans laquelle certains éléments exclusifs, ou à peu près, appelés

espèces caractéristiques, indiquent par leur présence une écologie particulière et autonome (Walter, 2006).

Un groupement végétal, est une communauté végétale concrète dont on ne connaît pas encore la composition floristique, structurale et écologique qui permettrait de la situer dans un système phytosociologique, physiologique ou phytoécologique (Evrard, 1968).

La forme biologique, est la physiologie que prend une espèce au cours de son cycle biologique en relation avec le comportement vis-à-vis des facteurs du milieu et notamment son aptitude à supporter la mauvaise saison (Schmitz, 1971).

III.4.2. Echantillonnage floristique

L'étude sur le terrain a nécessité l'utilisation d'un matériel qui comprend :

- Des piquets et des rubans pour la délimitation des aires de relevés ;
- Un GPS pour la prise des coordonnées géographiques ;
- Un appareil photographique numérique pour les prises de vue ;
- Des sachets pour l'échantillon.

L'aire de relevé = πr^2

L'échantillonnage consiste à faire l'inventaire des relevés réalisés dans la station en général à choisir dans un ensemble un nombre limité d'éléments, de façon à obtenir des informations objectives et d'une précision mesurable sur l'ensemble (Gounot, 1969).

Le relevé linéaire présente de nombreux avantages : rapidité, clarté, efficacité statistique (Daget et Poissonet, 1964 ; 1969, 1971, 1991 ,Godron., 1984).

L'étude de la structure spatiale s'appuie sur la technique de l'échantillonnage linéaire.

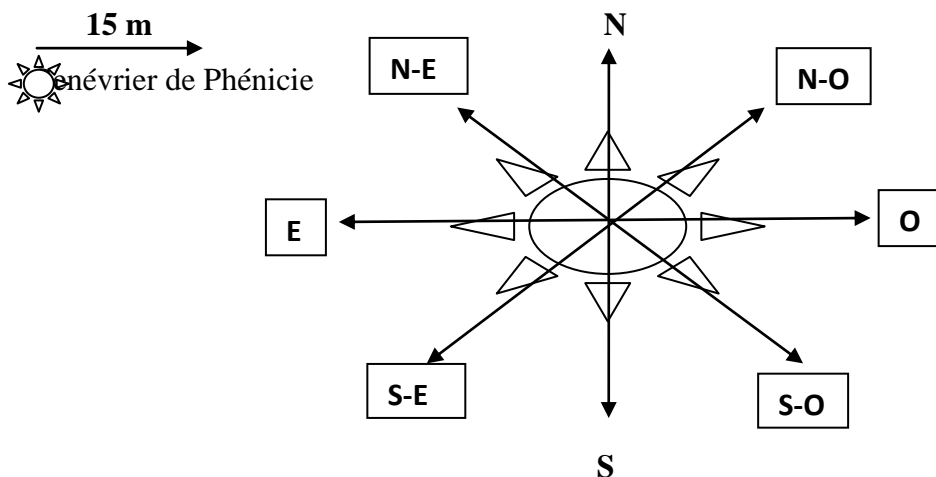
Dans cette méthode on a besoin des piquets et de corde ou bien mettre.

- On a délimité une zone de forme de cercle de rayon de 15 m sa centre et le Tronc de l'arbre ; donc la superficie de chaque aires 706.5 m^2 .
- On a dessiné une ligne de tronc d l'arbre vers le nord ;
- On a divisé la distance sur 150 points de lecteurs (10 cm entre une point et l'autre) ;

- On a établi tous les points après la lecture ;
- On a dénombré toutes les espèces végétales ;
- Cette opération est répétée pour toutes les directions .

Dans cette étude qu'on a fait sur le côté ouest de la montagne, on a décomposé cette montagne pour que la zone d'étude soit en trois niveaux (supérieure, médiane, inférieure) et dans chaque niveau ; on a porté deux arbres G, et on a considéré cet arbre comme le centre d'échantillonnage, et à partir de ce centre-là, on a porté les échantillonnages dans les huit (08) directions (E, O, N, S....).

Utilisé dans cette étude la méthode linéaire de longueur 15m c'est-à-dire 150 points de lecture, et au moins un seul échantillon qui contient 100 points de lecture végétales.



III.4.3. Etude qualitative

III.4.3.1. Aire minimale

La surface du relevé doit être égale à l'aire minimale ou autrement dit une surface suffisamment grande pour contenir la quasi-totalité des espèces présentes sur l'individu d'association (Guinochet, 1973).

Gounot (1961), signale que l'aire minimale correspond à l'aire dans laquelle la quasi-totalité des espèces de la communauté végétale est représentée. C'est la plus petite surface sur laquelle ressort la plupart des espèces (Lemee, 1967). Elle varie selon les groupements végétaux (Djbaili, 1984).

En pratique, la valeur de l'aire minimale s'apprécie assez facilement (Lemee, 1967). Elle est sensiblement constante pour les divers relevés d'un groupement déterminé, mais varie beaucoup d'un groupement à l'autre (Ozenda, 1982).

Cette aire est de l'ordre de 100 à 400 m² pour les groupements forestiers, de 50 à 100 m² pour les formations de matorral (Benabid, 1984), de 20 à 50 m² pour les groupements de prairies, de pelouses et quelques mètres carrés seulement pour les plus denses et homogènes (Ozenda, 1982).

Pour le présent travail l'aire minimale sera fixée à 441 m² vu que la formation forestière étudiée est trouée par des éclaircies plus ou moins étendues. Ces parcelles sont matérialisées à l'aide de petits pieux et d'un ruban pour bien délimiter la surface du relevé.

III.4.3.2. Exécution des relevés phytoécologiques

Après détermination de l'aire minimale, il s'effectue des relevés phytoécologiques avec les informations concernant les variables géographiques (date, localité, coordonnées, altitude, pente et exposition), les variables environnementales notamment édaphiques et les variables spécifiques ou floristiques (Liste des espèces végétales présentes, et indices de structure).

III.4.3.3. Exploitation des résultats par l'application des indices écologiques

L'application des indices écologiques, notamment la richesse, le paramètre de pondération (abondance, dominance), la distribution, la sociabilité, le type de formation et le type biologique permettent de mieux caractériser la flore de la station.

- Abondance-dominance de Braun-Blanquet

Une communauté d'espèces végétales peuplant un micro habitat et présentant de ce fait des exigences écologiques très voisines, constitue une synusie à l'intérieur de laquelle chaque idiotaxon élémentaire est affecté d'un indice semi-quantitatif (ou coefficient) d'abondance-dominance et d'un indice d'agrégation ou coefficient de sociabilité (Gillet, 2000). L'indice est une estimation globale de la densité (nombre d'individus, ou abondance) et du taux de recouvrement (projection verticale des parties aériennes des végétaux, ou dominance) des éléments de la synusie (organismes individuels représentant l'idiotaxon élémentaire) dans l'aire-échantillon (Gillet, 2000).

Braun-Blanquet a inventé le coefficient d'abondance-dominance, qui associe les concepts d'abondance et de dominance. L'abondance exprime le nombre d'individus qui forment la population de l'espèce présente dans le relevé.

La dominance représente le recouvrement de l'ensemble des individus d'une espèce donnée, comme la projection verticale de leur appareil végétatif aérien sur le sol. Le

coefficient d'abondance-dominance est estimé visuellement (Walter, 2006). Cet indice sera estimé selon l'échelle de Braun-Blanquet, de la manière suivante :

- L'espèce couvre plus de 50% :

Si plus de 75%, coefficient (5).

Si moins de 75%, coefficient (4).

- L'espèce couvre moins de 50% :

Si plus de 25%, coefficient (3).

Si moins de 25%, coefficient (2).

- L'espèce couvre moins de 5% :

Si individus abondants, coefficient (1).

Si individus peu abondants, coefficient (+).

- L'espèce est rare (individu unique, très faible recouvrement) :

Coefficient (r).

- Sociabilité

L'indice d'agrégation (ou de sociabilité) est une estimation globale du mode de répartition spatiale et du degré de dispersion des individus dans l'aire-échantillon (Scamoni et Passarge, 1963).

La sociabilité d'une espèce dépend pour une part des caractéristiques biologiques de celle-ci, mais, elle varie aussi pour une même espèce selon les conditions du milieu et les processus écologiques (compétition, dynamique,...etc.) (Braun-Blanquet, 1964; Scamoni et Passarge, 1963; Westhoff, 1965).

Pour une même abondance-dominance, la répartition des individus peut être différentes selon que les individus soient isolés les uns des autres, qu'ils forment des agrégats, de petites groupes, un large tapis ou une population presque pure. Elle permet de distinguer les espèces dont les individus ont tendance à se regrouper de celles qui ne représentent pas ce caractère (Westhoff, 1965).

Dans la présente étude cet indice sera estimé suivant une échelle de 1 à 5 d'après BRAUN-BLANQUET (1951). Elle est notée de:

5: Population presque pure, importante;

4: Petites colonies nombreuses ou formant un large tapis;

3: Population formant des petits groupes ou des coussins;

2: Agrégats ou groupes denses;

1: Croissance solitaire.

-Vigueur

Cette valeur, suivant une échelle de 1 à 5 donne une information sur l'état physiologique et la capacité d'adaptation du végétal, ainsi:

- 5: très vigoureux;
- 4: vigoureux;
- 3: moyennement vigoureux;
- 2: peu vigoureux;
- 1: non vigoureux.

- Diversité spécifique

La biodiversité floristique des différents types de parcours peut être mesurée par leur richesse floristique (**Daget, 1982; Daget et Poisson, 1997**).

On entend par diversité spécifique un indice qui prend en compte la contribution de chaque espèce à la biomasse, au flux d'énergie, au recouvrement ou à tout autre aspect quantifiable de son importance dans le peuplement considéré (Ramade, 2008).

On entend par richesse spécifique le nombre d'espèces d'un ou de plusieurs taxons présentes dans une aire donnée. La comparaison des richesses se fait par comparaison (rapport) des nombres d'espèces (Ramade, 2008).

- Richesse totale (S)

C'est le nombre total d'espèces présentes dans un biotope ou une station donnée :

$$S = sp_1 + sp_2 + sp_3 + sp_4 + \dots + sp_N$$

S: Nombre total des espèces observées ; **sp₁; sp₂; sp₃; sp₄; sp_N** : Espèces observées

Daget Et Poissonet (1991), ont proposé l'échelle de référence suivante pour cette richesse floristique stationnelle. Elle permet d'établir des comparaisons entre stations :

- flore raréfiée = moins de 5 taxons dans l'unité de milieu ;
- flore très pauvre = de 6 à 10 taxons ;
- flore pauvre = de 11 à 20 taxons ;
- flore moyenne = de 21 à 30 taxons ;
- flore assez riche = de 31 à 40 taxons ;
- flore riche = de 41 à 50 taxons ;

- flore très riche plus de 51 à 75 taxons ;
- flore particulièrement riche = plus de 75 taxons.

-Indice de diversité de MARGALEF (D_m)

L'indice de MARGALEF est un indice de diversité spécifique souvent employé (INGRAM, 2008):

$$D_m = (S - 1) / \ln N$$

S : Nombre d'espèces

N : Nombre d'individus dans un échantillon

L'indice indique si la richesse spécifique d'un échantillon est élevée ou non.

- Indice de dominance de SIMPSON (D_s)

Pour cet indice, la dominance se réfère à l'ampleur à laquelle, une ou plusieurs espèces soient abondantes d'une façon disproportionnée dans une communauté végétale. L'abondance des espèces varie le long de gradients environnementaux ou par rapport à des impacts sur l'environnement (INGRAM, 2008) ; l'indice est écrit comme suit :

$$D_s = \sum_{i=1} [(n_i (n_i - 1)) / (N (N - 1))]$$

Où, N est le nombre total des individus dans un échantillon ;

n_i est le nombre d'individus de l'espèce i dans l'échantillon.

Les applications les plus communes de l'indice de SIMPSON incluent les comparaisons de différents assemblages de la communauté végétale à travers des emplacements dans un même écosystème.

Plus la valeur de D est grande, plus est élevée l'équité de l'espèce dans tout l'échantillon, et comme la valeur de D diminue dans un échantillon, la dominance d'autres espèces serait prévu à augmenter (Ingram, 2008).

L'indice de dominance de SIMPSON s'est avéré plus sensible pour détecter de petites différences entre les échantillons (Ingram, 2008).

- Spectres biologiques

Les « *formes biologiques* » (Delpechet *al.*, 1985) constituent un élément de référence intervenant dans la définition des formations végétales. Depuis le premier système de classification, purement descriptif, basé sur l'observation de la capacité d'une plante à fleurir et fructifier une ou plusieurs années successives, la plupart des auteurs ont tenté d'intégrer les variables écologiques dans les systèmes de classification proposés (Ozenda, 1977 cités par Kaabach, 1990).

Toutefois, la classification la plus utilisée, celle de RAUNKIAER (1905, 1918) est de nature «morphologique». Permet de reconnaître, en ce qui concerne les «végétaux vasculaires», les 6 principaux types biologiques suivants: Phanérophyte, Nanophanérophyte, Chaméphyte, Hémicryptophyte, Géophyte, Thérophyte.

Cette classification a été depuis élargie à l'ensemble du Règne végétal (BraunBlanquet, 1928,1955 *in* Kaabeche, 1990); d'autre part, diverses catégories ont été définies à l'intérieur d'un même type (Godron *et al.*, 1968).

Selon la participation de chaque type biologique à l'ensemble de la flore, le spectre biologique peut être dressé et donne de précieuses indications sur la structure, la physiologie et les stratégies adaptatives de la communauté végétale (Gillet, 2000).

D'après Ramade (1970) , on peut définir les types biologiques comme suite :

- Hémicryptophytes (H), pour lesquels les bourgons sont situés à la surface du sol.
- Phanérophytes (PH), sont des bourgons tous situés sur les branches à une hauteur supérieure à 25 cm.
- Géophytes (G), les bourgons sont souterrains, soit des rhizomes, soit sur tubercules caulinaires.

- Thérophytes (TH), plantes herbacées annuelles ayant un cycle de reproduction de la graine à la graine très bref, de quelques mois, voire en certains cas de quelques semaines.
- Chaméphytes (CH), forme végétale caractérisée par des bourgons situés à moins de 25 cm au-dessus du sol .

- Spectres phytogéographique

L'étude du spectre phytogéographique complète l'étude des spectres biologiques car elle permet de connaître avec précision la distribution géographique des espèces ainsi que l'importance des divers facteurs qui la contrôlent .on peut distinguer plusieurs grandes zones biogéographies :

Med : Méditerranéennes, **E-M** : Euro-méditerranéenne, **M-S** : Méditerranéenne-Saharo Sindhienne, **End** : Endémiques –Afrique du Nord, **COS** : Cosmopolite, **CIR** : Circumboréal, **HOL** : Holarctique... etc.

III.4. Exploitation des résultats par l'Analyse en composantes principales (ACP)

Est une méthode statistique essentiellement descriptive; son objectif est de présenter sous une forme graphique, le maximum de l'information contenue dans un tableau de données. Les données comportent n variables quantitatives. Les individus peuvent être représentés dans un espace à p dimensions (Philippeau, 1986).

Dans le présent travail des tests statistiques (d'ACP et de Corrélation) ont été procédés principalement pour le recouvrement de la végétation afin de mettre en relief les groupes d'espèces ayant un même comportement.

III.5. Prélèvements des échantillons mycorhiziens

Les échantillons mycorhiziens (radicelles mycorhizées de 7 cm) ont été prélevés à une profondeur de 0 à 40 cm du pied de chaque arbre, ensuite examinés sur une grille de 7x7 cm par une loupe afin de calculer le pourcentage de mycorhization sur les points de la grille. Les échantillons ont été conservés pour les examiner au laboratoire sous microscope optique, afin de caractériser leurs structures mycorhiziennes.

III.6. Technique de coloration (Phillips et Hayman, 1970)

Les échantillons de racines sont rincés à l'eau courante, coupés en segments de 1cm à 2cm de longueur puis placés dans une solution de KOH à 10%, et chauffés au bain-marie ou dans des béchers sur une plaque chauffante à 90° C pendant 1 heure afin de vider le contenu cellulaire. Après jeter la potasse (KOH) et filtrer dans un tamis ensuite rincer avec l'eau acidifiée pour neutraliser et remettre dans le bleu de méthyle au bain-marie 10 à 15 minutes, et filtrer à nouveau dans un tamis avec plusieurs rinçages à l'eau distillée.

Pour une observation directe, monter dans l'eau. Si on souhaite observer plus tard ou conserver les lames, monter dans le lactoglycérol. Si c'est trop épais, écraser doucement avec le dos d'un crayon papier en bois, voire donner un coup sec avec une gomme serrée (pour ne pas casser la lamelle).

Cette série de traitements permet d'obtenir des racines pratiquement transparentes dans lesquelles on observe les cellules corticales et le champignon coloré en bleu ou en rouge selon le colorant employé.

Chapitre IV

Résultats et Discussion

En ce qui suit nous présentons les résultats obtenus pour une caractérisation de la cortège floristique et la mycorhization de *Juniperus phoenicea*, de la station d' Aflou.

Selon Barry et Celles (1972-1973) et sur des bases phytogéographiques (Kaabache, 1990), la zone d'étude fait partie de :

- l'Empire Holarctis ;
- la Région Méditerranéenne ;
- la Sous-région Eu-Méditerranéenne
- le Domaine Magrébin Steppique ;
- le Secteur Saharo-Atlasique (de l'Atlas Saharien) ;
- le District Atlasique Naïli-Amourien (AS2).

IV.1.- Diversité et abondance des taxons

Les individus recensés se répartissent en 19 familles, 37 genres et 39 espèces. (Annexe 01 et 02).

IV.2.- Diversité des familles

Station de d'Aflou : la famille des Asteraceae le pourcentage le plus élevé (23%), suivie par les Boraginaceae (13%), les Brassicaceae et Crassulaceae (8%). Les autres familles représentent moins de 5%.

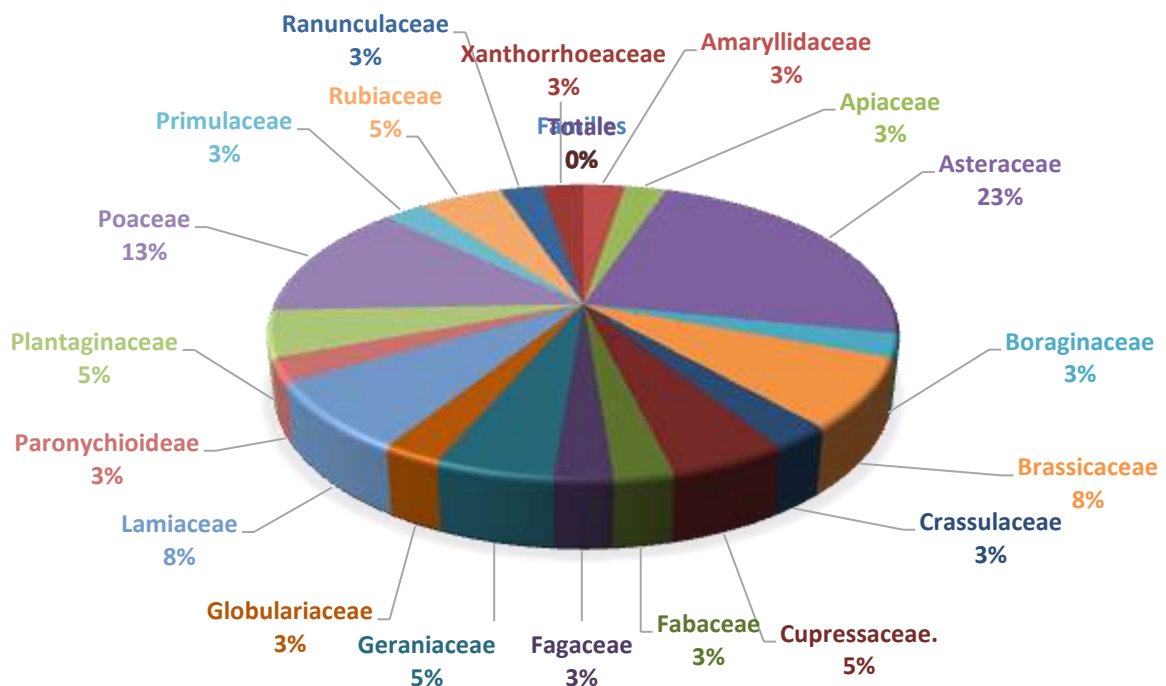


Figure 12. Contribution spécifique des familles.

IV.3. Spectre biogéographiques

L'élément phytogéographique correspond à « l'expression floristique et phytosociologique d'un territoire étendu bien défini, il englobe les espèces et les collectivités phytogéographiques caractéristiques d'une région ou d'un domaine déterminés » (Braun-Blanquet, 1919 *cité in* Kaabeche, 1990).

Un spectre biogéographique brut a été établi à partir des listes floristiques des relevés. Les pourcentages retenus correspondent aux regroupements des éléments : Méditerranéen, Ibéro-Mauritanien, Méditerranéen-Atlantique, Paléo-subtropical, Eurasiatique, Eurasiatique, Endémique Nord-Africain, Holarctique, Européen-méridional, Oroméditerranéen.

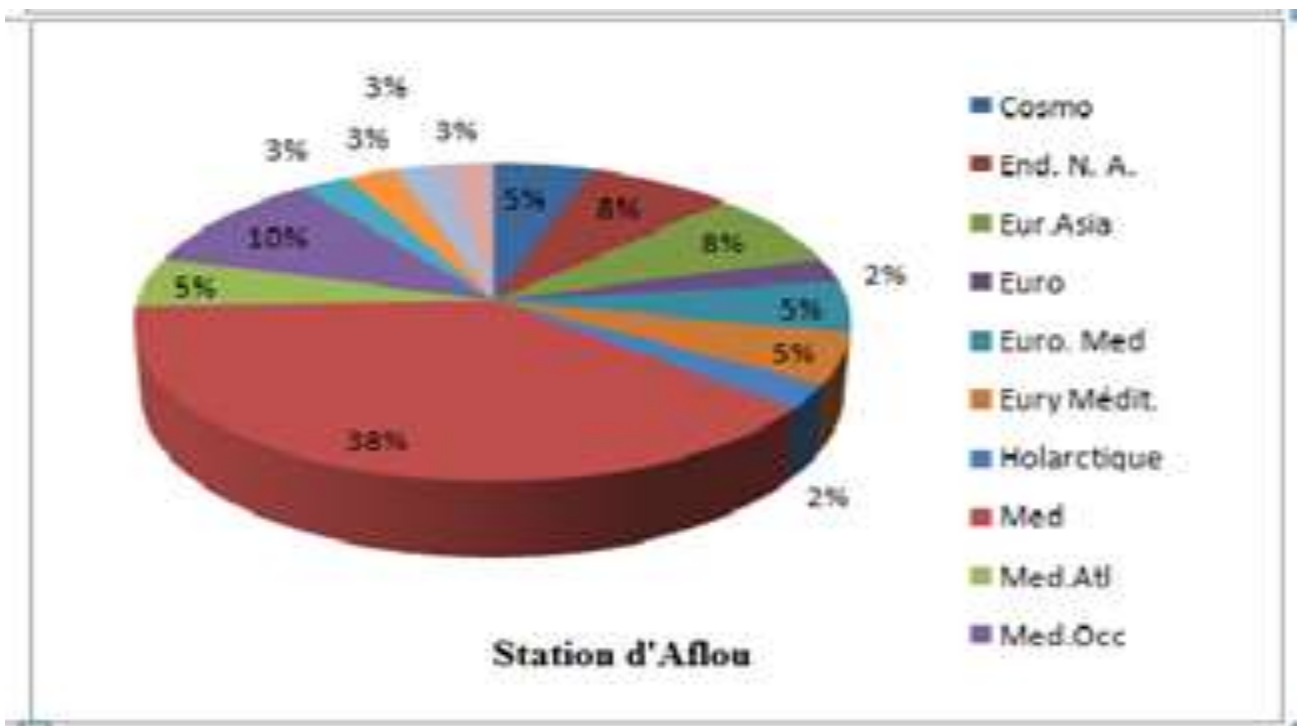


Figure 13. Spectre biogéographique brut des espèces recensées.

L'examen de la figure montre une forte prédominance de l'élément méditerranéen avec 38% de la station d'étude. L'importance de cet élément peut s'expliquer par le fait que la zone d'étude appartient au domaine Maghrébin-Steppique auquel s'ajoutent des pénétrations méditerranéennes.

IV.4.- Le spectre biologique

Le spectre biologique est simple montrant une prédominance des Thérophytes au niveau de la station d'étude est représentée de 33%.

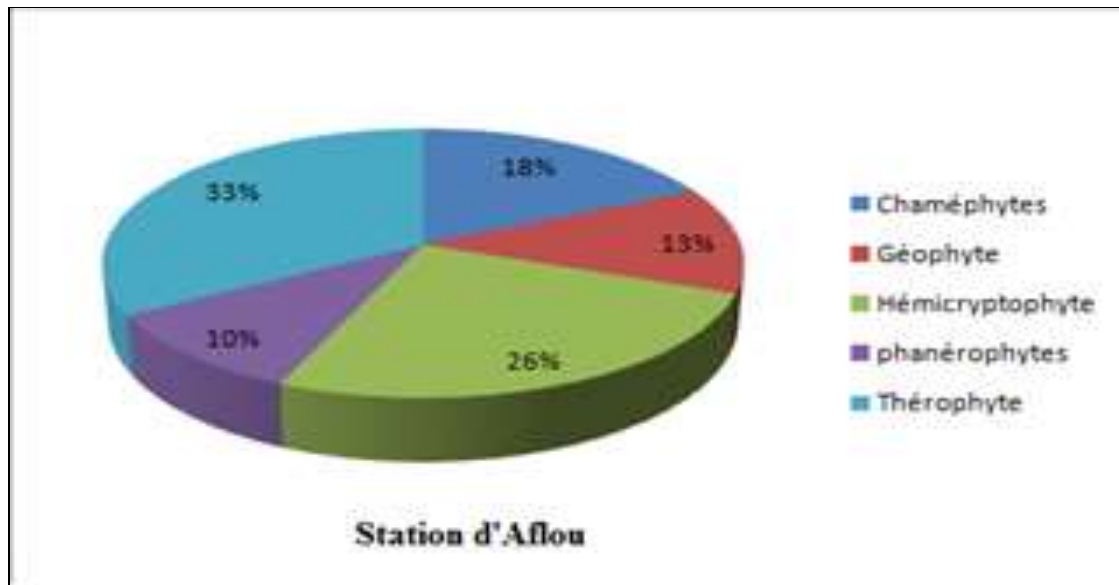


Figure 14. Spectre biologique simple des espèces recensées.

Le pourcentage des phanérophytes, et des géophytes diminue avec l'aridité et l'ouverture du milieu, tandis que ceux des thérophytes et des chaméphytes augmentent. Leur proportion augmente dès qu'il y a dégradation des milieux pré-forestiers, car ces types biologiques s'adaptent mieux à la sécheresse estivale et à la lumière (Floret *et al.* 1990).

Selon plusieurs auteurs, (Sauvage., 1961 ; Ozenda., 1963 ; Negre., 1966 ; Daget., 1980 ; Barbero *et al.*, 1990 ; Floret *et al.*, 1992; Grime., 1997), l'origine de l'extension des thérophytes est due :

- Soit à l'adaptation à la contrainte du froid hivernal ou à la sécheresse estivale ;
- Soit encore aux perturbations du milieu par les pressions anthropozoïques

Indice de diversité de Shannon-Weiner (H')

L'indice de diversité de Shannon H' calculé est de 3.14 à la station d'Aflou donc le peuplement est un diversifié.

Tableau 06.La diversité de Shannon-Weiner (H') de station d'étude.

	Station d'Aflou
H'	3.14

Indice d'équitabilité de Pielou (J')

Les valeurs d'indice d'équitabilité (J') obtenues est égale 0.83. Cette résultat tendent vers 1 ($J' > 0,5$), donc cela signifie que la quasi-totalité des effectifs ont la même abondance.

Tableau 07. L'équitabilité des stations de l'étude.

	Station d'Aflou
J'	0.83

- Richesse de Margalef (D_m)

Le résultat de mesure de l'indice de richesse de Margalef est donné dans le **tableau (08)**.

Tableau 08. Richesse et diversité spécifique du site de prélèvement.

	Station d'Aflou
Dm	1,87

La diversité de MARGALEF (D_m) est également élevée dans notre zone, cela est expliqué par la richesse floristique élevée. Selon **MARGALEF (1983)** : lorsque la productivité diminue, la diversité augmente mais seulement jusqu'à un certain point au-delà duquel elle diminue de nouveau, ce point correspond la diminution de la richesse totale comme c'est le cas de notre station d'étude.

Indice de dominance de Simpson (D_s)**Tableau 09.** La dominance de Simpson de station de l'étude.

	Station d'Aflou
Ds	0,150942

L'examen des résultats montre que l'existence d'une abondance du site étudiée. Dont il ya une dominance des *genévrier* par rapport au les autres arbres et la dominance de *le Machrocloa Tenassima* par rapport au les herbacée vivace existants.

IV.5. Mise en évidence de la relation mycorhizienne**- Taux de mycorhization**

Les résultats de notre examen des racines du Genévrier de Phénicie montrent que l'association mycorhizienne touche la totalité des arbres inventoriés, leur taux de mycorhization oscille de 30% à 100% de brins mycorhizés, avec une moyenne de 79%.

La figure suivante (Fig. 15) porte le pourcentage des arbres inventoriés par classes du taux de mycorhization des racines, ces classes correspondent à quatre classe : [0-30% ; 30-50% ;50-80% ;80-100%].

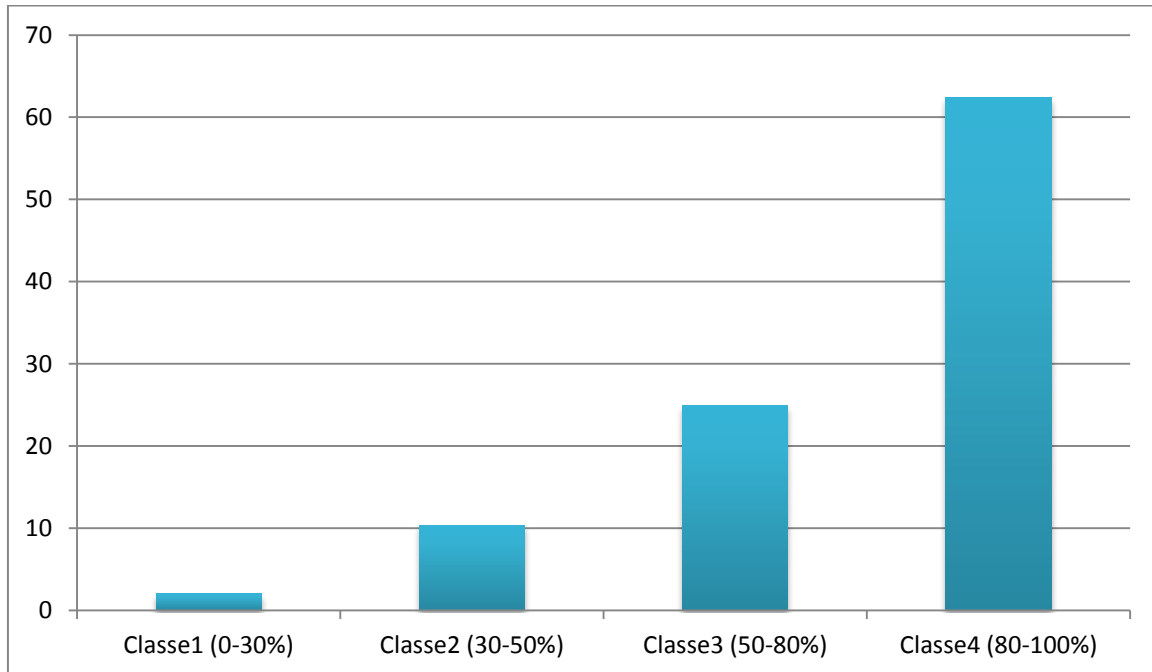


Fig15.. Pourcentages des arbres par classes de taux de mycorhization

L'examen de la figure ci- montre que 100% des arbres sont mycorhizés dont, plus de 62.4% des arbres ont un taux de mycorhization 80-100%, 24.96% des arbres ont un taux de 50-80%, 10.4%des arbres ont un taux de30- 50% et 2.08% des arbres ont un taux de 0-30%. Sous les pieds des genévriers, la mycorhization est nettement plus apparente et abondante sur les radicelles, les poils absorbant et même dans le sol des horizons superficiels notamment par les nombreuses ramifications des **Hyphes extraradiculaires**.

- **Hyphes extraradiculaires**

Selon Sanguin et *al.* (2016), les hyphes extraradiculaires (Figure.16) varient considérablement en termes d'abondance, de distribution et demorphologie selon les espèces. Certains sont très fins (minces) alors que d'autres sont très vigoureux(larges) (par exemple, *Rhizophagus clarus*).



Source. Sanguin et al. (2016)

Figure 16. Observation microscopique des Hyphes extraradiculaires

Les hyphes peuvent se ramifier à des angles aigus ou obliques ou être enroulés près des points d'entrée.

Les hyphes de colonisation croissent généralement parallèlement les uns aux autres et à l'axe des racines, ils varient généralement de 1,5 à 4 μm de large et s'interconnectent via des branches à angle droit ou à angle aigu (souvent appelées «connexions H»). Ils se colorent habituellement de façon sombre dans le bleu de trypan et autres colorants (Sanguin et al. 2016).

IV- Observation microscopique de la mycorhization intra-radicaire

Sous l'objectif de réaliser une observation claire et générale des différentes structures mycorhiziennes associées aux racines des gévriers, l'examen microscopique des brins racinaires préparés a été réalisé avec répétabilité et reproductivité élevées.

Cela nous a permis de visualiser les différentes structures mycorhiziennes telles que : **les Arbuscules intracellulaires, les Vésicules et les Hypes intraradiculaires.**

- Arbuscules intracellulaires

Se colorent généralement plus sombres ; Cette propriété (de couleur sombre) peut être peu variable dans la même racine ou entre les racines en fonction de l'homogénéité de la diffusion des taches et de la réactivité, mais les structures présentent toutes un contraste relativement élevé (**Fig 17**).

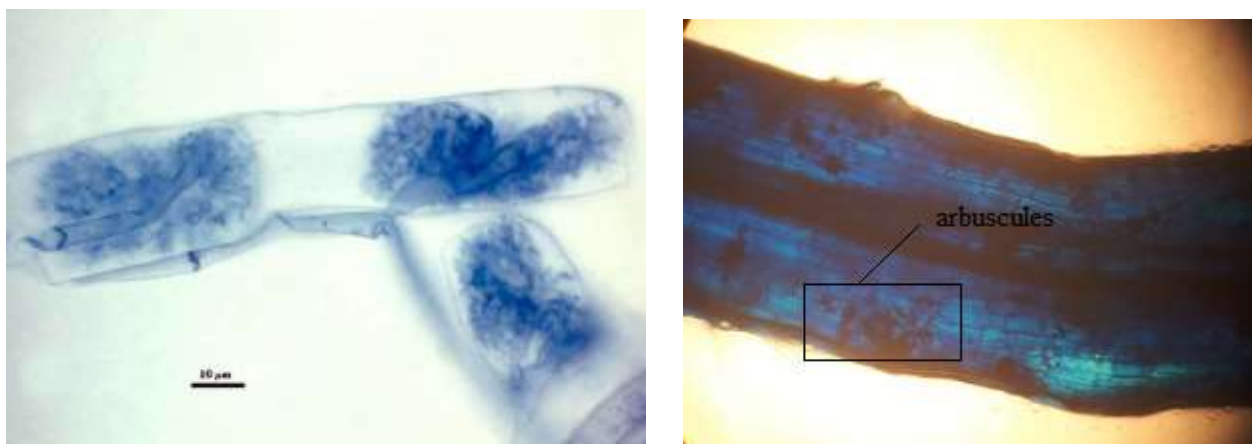
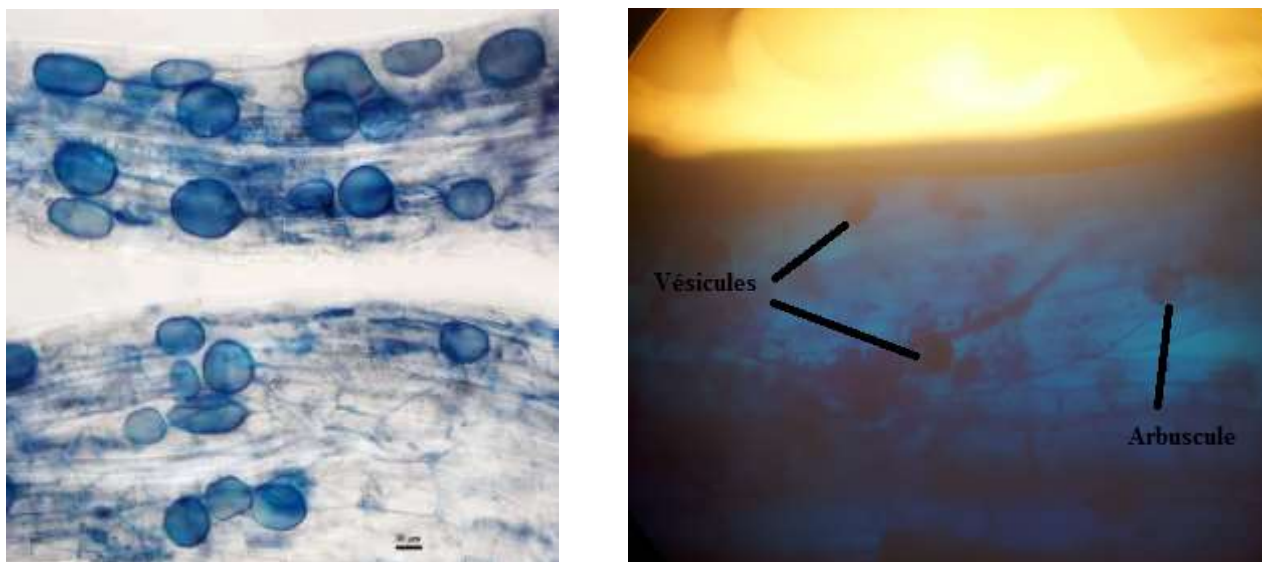


Figure .observation microscopique des Arbuscules intracellulaires *Source originale 2018*

Figure 17 .Observation microscopique des Arbuscules intracellulaires

- Vésicules intraradiculaires

Selon Sanguin et *al.* (2016) ces vésicules peuvent se former ou non en fonction du champignon et de l'environnement durant le développement mycorhizien dans la plante hôte. Lorsqu'elles sont abondantes, elles peuvent être localisées près des points d'entrée mais le plus souvent elles sont largement dispersées à travers une mycorhize. Elles sont généralement de forme oblongue à elliptique et se colorent habituellement de façon sombre en bleu de trypan et autres colorants. Elles se forment généralement tardivement dans le développement mycorhizien car ils perdent leur capacité d'absorption des nutriments et subissent une sénescence. (**Fig 18**).



(Fig. observation microscopique des Vésicules intraradiculaires. *Source originale 2018*

Figure 18 .Observation microscopique des Vésicules intraradiculaires

- Hyphes intraradiculaires

Les hyphes peuvent se ramifier à des angles aigus ou obliques ou être enroulés près des points d'entrée. (Fig 19)

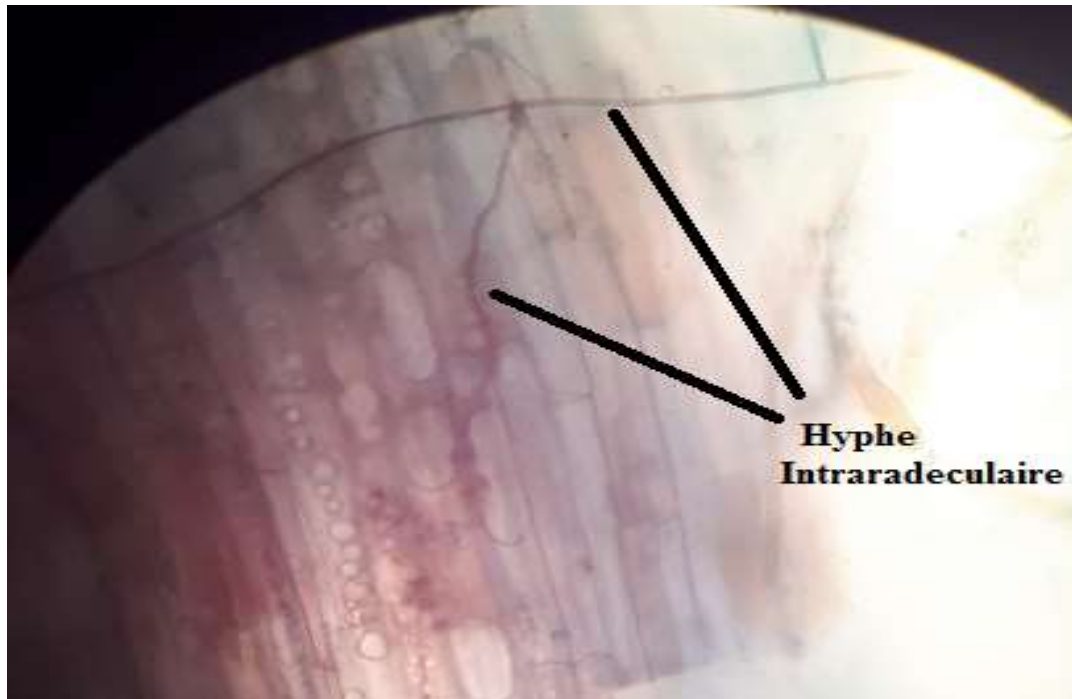


Figure 19 .Observation microscopique des Vésicules intraradiculaire

Les hyphes de colonisation croissent généralement parallèlement les uns aux autres et à l'axe des racines, ils varient généralement de 1,5 à 4 μm de large et s'interconnectent via des branches à angle droit ou à angle aigu (souvent appelées «connexions H»). Ils se colorent habituellement de façon sombre dans le bleu de trypan et autres colorants (Sanguin et al. 2016).

D'après une étude récente (Sanguin et al., 2016) sur les mycorhizes du Génévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*), on note que les champignons mycorhiziens de cette arbuste appartient au genre *Rhizophagus* de la famille des *Glomeraceae* qui est un rang taxinomique de l'ordre des *Glomerales*.

Par définition les *Glomeraceae* sont des spores gloïdes (c'est-à-dire de forme sphérique), produites à ou près de la surface du sol, dans des sporocarpes (structure qui enveloppe et protège les spores regroupées) avec ou sans périidium (enveloppe appelée Gleba ou Glèbe) ou sous forme de spores isolées ou en grappes.

- Caractéristiques du genre *Rhizophagus*

- Etymologiquement, le nom *Rhizophagus* en Latin, se référant à la formation de spores abondantes dans les racines.

- Les spores glomoïdes se sont formées isolément, en petites et grosses grappes dans les racines. Sinon, ils forment des mycorhizes arbusculaires-vésiculaires typiques, bien que les vésicules aient tendance à se former plus tôt (aux points d'entrée) que les autres clades glomoïdes. Le développement des spores ressemble à celui décrit chez les espèces de *Glomus* (Sanguin et al. 2016).

Glomus (en Latin : Pelote de laine) ; ont des Spores glomoïdes, produits à ou près de la surface du sol, dans des sporocarpes, habituellement avec un péridium partiel ou complet ou sous forme de spores isolées ou en grappes dans le sol.

Discussion

Les données climatiques de la région montrent qu'il y a une durée accentuée de sécheresse (avril – Septembre), ce qui provoque des stress hydriques et salins aux plantes de la région. Ces stress conduisent les plantes de cohabiter aux microorganismes de la rhizosphère (rhizobium, mycorhize...). Dans ce contexte, nous avons sélectionné à base d'étude floristique le genévrier (*Juniperus phoenicea*) pour son mise en évidence de la mycorhization, à cet effet, on a obtenu les résultats suivants:

Avec l'observation microscopique (Gx400), l'espèce mise en évidence présente une association endomycorhizienne à vésicule (figure 16). On remarque, également, l'existence des arbuscules et des hyphes avec vésicules.

Dans notre étude sur Le *Juniperus phénicie* on a obtenu qu'il présente un taux de mycorhization de 79,75 %, cette espèce se forme d'un sparte avec un système racinaire fine et dense; ce qui explique un pourcentage élevé. Ce Sparte subit des conditions pédoclimatiques difficiles (stress hydrique et salin), car il vive sur les sols légers (généralement sableux). Dans ces conditions, la plante y doit être développée un système racinaire capable de fournir l'alimentation hydrique et minérale.

Pour les résultats de quantification de la mycorhization de notre étude sur le *juniperus phinécie*, on utilise la méthode de point de lecture sur les racines écrasées et on obtient des taux de mycorhization forte de 79.75% avec plus de 50% des arbres étudiées sont mychorisées, ce taux peut être dû au la sécheresse. On à montré la production d'un réseau important d'hyphes extra-racinaires de différent capacité de production des arbres à des autres. On a montré que Les mychorizes jouent un role tres important dans la croissance et l'amélioration de la nutrition de le *juniperus phénicie*.

Des études ont été faits ont obtenait des taux de mychorization différents :

Premier (1997) Quel que soit le type d'association, le champignon développe dans le sol, autour des mycorhizes, un réseau de filaments plus ou moins ramifiés, qui augmente considérablement la surface d'échanges de la racine avec le sol.

Martin et al. (1997) La longueur des filaments extra matriciels est 1000 mètres par mètre de racines.

Torres et al. (1995) ont montré que le pourcentage de mycorhization des semis de *Pinus halepensis* et démontré que le pourcentage de mycorhization des semis de *Pinus halepensis* et de *Pinus pinastre* établis à partir de graine était de près de 100%. part, nous n'avons trouvé aucune différence entre le pourcentage de mycorhization des semis de *Pinus halepensis* mycorhizés en pépinière et des témoins plantés en milieu semi-aride (Valdecantos et al., 1996).

Dodd (1994) rapporte que, le mycélium extracellulaire de *Glomus geosporum* et *G. Monosporum* peut s'étendre à une distance de 6 à 9 cm de la racine. Cet auteur a montré également que, l'efficacité des souches pourrait être au moins en partie fonction de leur capacité à former rapidement un réseau important d'hyphes extra-racinaires en inoculant l'oignon avec 4 espèces de champignons endomycorhiziens.

Sanders et al. (1977) ont constaté que, les 3 espèces efficaces produisaient des quantités équivalentes d'hyphes extra-racinaires, alors que la quatrième espèce, peu efficace entraînant un faible pourcentage d'infection et produisait un peu d'hyphes extra-racinaires.

Lansacet al. (1995) ont observé une relation positive entre le pourcentage de mycorhization et la croissance des racines dans cinq arbrisseaux méditerranéens. Par contre, ils n'ont trouvé aucune relation entre la biomasse aérienne et le pourcentage de mycorhization.

les expériences menées par Rigou (1994) sur la croissance de plants de Poireau (*Alium porum*) et leur aptitude à utiliser le contenu dans un sol calcaire, riche en Phosphore total mais très pauvre en soluble, montrent clairement le rôle positif de l'endomycorhization sur ces paramètres.

Sieverding (1981) trouve que les conditions de faible alimentation en eau chez les plantes mycorhizées augmentent l'infection des racines. Il observe également une corrélation positive entre le développement de mycorhizes et l'induction de l'économie de l'eau et un effet bénéfique de la mycorhization d'autant plus important que le sol est sec.

Safietal.(1971) furent les premiers à démontrer, sur soja, que les plantes mycorhizées avaient une résistance racinaire au transport de l'eau plus faible que les plantes non mycorhizées. La différence de prélèvement de l'eau était éliminée en ajoutant une solution fertilisante aux plants non mycorhizés. Ces auteurs en concluaient que l'effet sur le transport de l'eau est dû à une augmentation du statut nutritionnel chez les plantes mycorhizé, A partir de cette constatation, divers travaux ont été menés pour essayer d'élucider le mécanisme par lequel le champignon mycorhizien influence les mouvements de l'eau dans la plante-hôte.

Conclusion

La présente étude recherche de Contribution à la caractérisation de la relation mycorhizienne chez *Juniperus Phoenicea* dans un étage semi-aride par le biais de leur cortège floristique de points de vu composition et structure. La méthodologie adoptée est celle de l'échantillonnage *subjectif* selon la méthode des relevés linaires consistant à dresser la liste des plantes présentes dans un échantillon représentatif , homogène du tapis végétal et la mycorhize de l'arbuste étudiée , avec l'application des indices écologiques tels que richesse, diversité, homogénéité, dominance et sociabilité, puis la classification des formes biologiques et du type de la formation qui permettent de mieux caractériser la végétation.

Donc selon les résultats suivants: La formation végétale étudiée est principalement arbustive et buissonnante, un véritable matorral haut et moyen typiquement méditerranéen et ouvert contenant de nombreuses infiltrations steppiques et Floristiquement elle est riche avec 39 espèces, se répartissant en 19 familles, les plus représentées sont les Asteraceae suivie par les Boraginaceae. l'espèce la plus dominante est le genévrier de phénicie et les indices écologiques est élevé comme L'indice de diversité de Shannon H', l'indice d'équitabilité de Pielou (J').....ect.

La caractérisation de la relation mycorhizienne chez *Juniperus Phoenicea* montre que 100% des arbres sont mycorhizés dont, plus de 62.4% des arbres ont un taux de mycorhization 80-100%, 24.96% des arbres ont un taux de 50-80%, 10.4% des arbres ont un taux de 30- 50% et 2.08% des arbres ont un taux de 0-30%.

Références bibliographiques

- ABED, S. (1982).** Lithostratigraphie et sédimentologie du Jurassique moyen et supérieur du Djebel Amour (Atlas saharien). Thèse 3^{ème} cycle, Univ. de Pau. 242 p.
- AIDOUD, A. (1989).** Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques pâturés des Hautes Plaines Algéro-Oranaises. Fonctionnement, évaluation et évolution des ressources végétales. Th. Doct., Univ. Sci. Tech. H. Boumediene, Alger, 240 p.
- AIT YOUSSEF, M. (2006).** Plantes médicinales en Kabyle .P 177-179.
- BARBERO, M. (1990).** Méditerranée: bioclimatologie, sclérophyllie, sylvigénèse. *EcologiaMediterranea* ; XVI : 1-12.
- BENABID, A. (1984).** Etude phytoécologique des peuplements forestiers et préforestiers du Rif centre-occidental (Maroc), Trav. Inst. Sc., Sb. bot.N°34, Rabat, 64 p.
- BETTAHAR, A. (2009).** Les accidents majeurs de l'Atlas saharien central et les structures associées. Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. H. BOUMEDIENE, Alger, 210 pp.
- BONNIER. (1990).** La grande flore en couleurs . Tome IV. Ed Belin ,paris , p 1353-1355.
- Bothe H, Klingner A, Kaldorf M, Schmitz O, Esch H, Hundeshagen B, Kernebeck**
Botanisches H (1994), Biochemical approaches to the study of plant-fungal interactions in arbuscular mycorrhiza Institut, Universitiit zu Kdln, Gyrhofstr. 15, D-50923 K6ln (Germany).
- BOUDY. (1950).** Guide de forrestier en Afrique du Nord.Tome IV, paris , p 274-278.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964).** Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Springer-Verlag, Wien and New York, 865 p.
- DAGET, P. (1982).** Sur le concept de mesure et son application en écologie générale. *Vie et Milieu*, 32: 281-282.
- DAGET, P. et POISSONET, J. (1991).** Prairies et pâturages, méthodes d'étude. Montpellier, France, Institut de Botanique, 354 p.
- DAGET, P. et POISSONET, J. (1997).** Biodiversité et végétation pastorale. *Revue Elev. Med. vet., Pays tropages.*, 50: 141-144.
- Davies FT, Potter JR, Linderman RG (1992),** Drought resistance of mycorrhizal pepper plants independent of leaf P concentration-response in gas exchange and water relations. *Physiologia Plantarum*, 87: 45-53.
- DESPOIS, J. (1957).** Le Djebel Amour (Algérie). Publications de la faculté des lettres d'Alger. II^e série - Tome XXXV. 158p.
- DJEBAILI, S. (1978).** Recherches phytosociologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. Thèse doctorat ès-science, Université de Montpellier, 229 p.
- DJEBAILI, S. (1984).** Steppe algérienne. Phytosociologie et écologie. OPU, Ben-Aknoun, Alger. 177 p.
- FRANK, P. (1986).** La végétation d'Afrique, IRD, Edition 1986,169.
- GHAZI, A. et LAHOUATI, R. (1997).** Algérie 2010. Sols et ressources biologiques. Inst.
- GILLET, F. (2000).** LA Phytosociologie synusiale intégrée. *Guide méthodologique*. Documents du laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie. Doc.1. mars 2000, 1^{ère} édition, Univ. Neuchâtel – Inst. Bot. Suisse : 68 p.
- GOUNOT, M. (1969).** Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Masson et Cie. Paris. 314 p.
- GUINOCHET M. (1973).** Phytosociologie. Ed. Masson, Paris, 227 p.
- INGRAM, J. C. (2008).** Berger- Parker Index. *Encyclopedia of Ecology*. The Earth Institute at Columbia University, New York, ed. Elsevier, N.Y., USA: 339-346.
- KAABECHE, M. (1990).** Les groupements végétaux de la Région de Bou-Saada. Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. Th. Doct. esScce., Univ. Paris-Sud., Fac. Sces, Orsay, 134 p.

- KADIK, B. (1983).** Contribution à l'étude du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie. Ecologie, dendrométrie, morphologie, OPU, Alger, 581p.
- KLAUS, R. (1991).** Les plantes d'Afrique du Nord.
- KOUIDRI, M. (2013).** Contribution à l'étude de l'avifaune nicheuse de la région de l'Atlas saharien. Doc. Bio. Animale ; Univ. BadjiMoktar Annaba.
- LE HOUEROU, H. N. (1969).** La végétation de la Tunisie steppiques (avec référence au Maroc, à l'Algérie et à la Lybie). Ann. Ins. Nat. Rech. Agro., Tunis, 42 (5), 624 p.
- LE HOUÉROU, H. N. (1993).** Salt-tolerant plants for the aridregions of the Mediterranean isoclimatic zone. In: Lieth H, Masoon A Al, eds. Towards the rational use of high salinity tolerant plants, vol. 1. Dordrecht, the Netherlands, Kluwer : 403-422.
- Le HOUEROU, H. N. (1995).** Bioclimatologie et biogéographie des steppes aride du Nordde l'Afrique- Diversité biologique, développement durable et désertisation. Options
- LEMEE, G. (1967).** Précis de la biogéographie. Masson et Cie, 285 p.
- O.N.M. (2018).** Office National de Météorologie. Wilaya de Laghouat. 5 p.
- OZENDA, P. (1982).** **Les végétaux dans la biosphère. Ed. Doin éditeurs, Paris, 431 p.**
- PREVOST, P. (1999).** Les bases de L'agriculture. Ed. Technique et documentation, Paris, 243 p.
- QUEZEL, P & MEDAIL, F. (2003).** Ecologie et biogéographie de la forêt du bassinméditerranéen .Edition scientifiques et médicales Elsevier SAS .Paris, pp, 28-125,571.
- Quezelet al. (1998).** Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales.
- RAMADE, F. (2008).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Ed. Dunod, Paris, 737 p.
- SAUVAGE, C. (1963).** Le quotient pluviothermique d'EMBERGER, son utilisation et la représentation géographiques de ses variations au Maroc. Ann. Serv. Phys. Gl. Météorol. de l'Inst. Sci. Chérif.: 11-23.
- SCAMMONI, A., and PASSARGE, H. (1963).** Einführung in die praktischeVegetationskunde. Jena, 236 p.
- SEINGUE, A. (1985).** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes, éditions maisonneuve et la rose, deuxième version, Paris, p 215-221.
- STAMBOLI, M. (2004).** Contribution à l'étude hydrogéologique de l'Atlas Saharien (l'exemple de Djebel Amour). Thèse Doctorat : Université Oran, 310 p.
- SYLVIA D.M. (1986).** Spatial and temporal distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Uniola paniculata* in Florida foredunes. *Mycologia*, 78 728-734.
- WALTERS, B. B. (2006).** Local mangrove planting in the Philippines: are fisherfolk and fishpond owners effective restorationists?, *Restoration Ecology*, 8: 237–246.
- QUZZEL P. etSANTA S., 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. éd. CNRS, Paris, vol. 1, 1-58
- SIEVERDING E., 1991.** Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Deutsche Gesellschaft Technische Zusammenarbeit (GTZ) Eschborn, Germany, 371 p.
- FORTIN JA,PLENCHETTE C, PICHE Y (2008),** les mycorhizes la nouvelle révolution verte, edition Multi Mondes.
- HARLEY JL (1989),** The signifiante of mycorrhiza. *Mycological Recherch* 92: 129-139.
- LAMBERS H,MOUGEL C,JAILLAED B, HINSINGER P (2009),** Plant-microbe-soil interactions in the rhizosphere: an evolutionary perspective. *Plant Soil*. 321: 83-115.

- PEYRONNEL B, FASSI B, FONTANA A, TRAPPE JM (1969)**, Terminology of Mycorrhizae. *Mycologia*, 61 : 410-411.
- SMITH SE, READ DJ (1997)**, Mycorrhizal symbiosis. Second edition. Academic Press ; Harcourt Brace and Company Publishers, 605p.
- MOUSAIN D (1991)**, Ectomycorhization et tolérance des arbres à la sécheresse. Dans : *Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides*. Groupe d'Etude de l'Arbre, Ed. John Libbey Eurotext, Paris, pp. 167-174.
- Boullard B., 1982**. Brève réponse à une question: que recouvre la notion de mycorrhize. *In* : *Les mycorrhizes, partie intégrante de la plante : Biologie et perspectives d'utilisation*. 13^{ème} Coll. INRA, Dijon, France, pp. 15-21.
- BOTHE H. 2012**. Arbuscular mycorrhiza and salt tolerance of plants. *Symbiosis*. **58**:7–16.
- HARLEY JL, SMITH S (1983)**, Mycorrhizal symbiosis, Academic Press, 1-32, New York.
- KADIK B.**, Contribution à l'étude du pin d'Alep en Algérie. écologie, dendrométrie, morphologie. Thèse Doc. Es. Univ. Aix Marseille III. Halitim., A., 1988. Sols des régions arides D'Alger: OPU, Alger, 1988. 384 p.
- BRAUN-BLANQUET J., 1964**-Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Springer-Verlag, Wien and New York, 865 p.
- GODRON M., 1984**.-Abrégé d'écologie de la végétation terrestre. Paris : Masson, 196 p.
- BAGNOULS ET GAUSSEN (1953)** -Saison sèche et indice Xéothermique. *Bul. Soc. Hist. Nat. Toulouse*. 88, pp.193-239. *Bul. Soc. Hist. Nat. Toulouse*. 88, pp.193-239.
- Phillips JM, Hayman DS (1970)**, Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55:158–160.
- VANDER HEIGDEN AND KLIRONOMOS (1998)** Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396, 69-72.
- LAMBERS H AND RAVEN J (2008)**. Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. *Trends in Ecology & Evolution*, 23: 95-103.
- TORRES P, HONRUBIA M, Pérez P., DIAZ G ET BARRENO E (1995)**. Efecto de las micorrizas en la restauración de zonas afectadas por incendios forestales en la Comunidad Valenciana. Reunión de Coordinación del Plan de Restauración de la Cubierta Vegetal. Valencia.
- VALDECANTOS A, VILAGRASO A, CORTINA J ET BELLOT J (1996)**. mycorrhization et application de la compost urbain pour l'amélioration de la survie et de la croissance des semis de *Pinus halepensis* en milieu semi-aride. Accepted in *Options Méditerranéennes*.

LANSAC AR, MARTIN A ET ROLDAN A (1995). Mycorrhizal colonization and drought interactions of Mediterranean shrubs under greenhouse conditions. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 9 : 167-175.

RIGOU L (1994). Influence de la mycorhization sur les conditions physico-chimiques du sol dans la rhizosphère. Conséquences sur la nutrition phosphate de la hôte. Thèse Doctorat, spécialité : Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.

DODD JC (1994). Approaches to the study of the extraradical mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi. Dans : *Impact of arbuscular mycorrhizas on sustainable agriculture and natural ecosystems*, Gianinazzi, S. et Schüepp, H. (éds). Birkhauser Verlag, Basel, Switzerland, pp. 147-166.

SABDERS F ET TNKER P (1971). Mechanisms of absorption of phosphate from soil by *Endogone* mycorrhizas. *Nature*, 232 : 278-279.

SIEVERDING E (1981). Influence of soil water regimes on VA Mycorrhiza. I) Effect on plant growth, water utilization and development of mycorrhiza. *Acker, Pflanzenbau*, 150 : 400-411.

SAFIR GR, BOYER JS ET GERDEMANN JW (1971). Mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Science*, 172 : 581-583.

Annexe

Annexe 01. Liste des familles avec le nombre de genres et d'espèces.

	Station d'Aflou	
Familles	Genres	Espèces
Amaryllidaceae	1	1
Apiaceae	1	1
Asteraceae	9	9
Boraginaceae	1	1
Brassicaceae	3	3
Crassulaceae	1	1
Cupressaceae.	1	2
Fabaceae	1	1
Fagaceae	1	1
Geraniaceae	2	2
Globulariaceae	1	1
Lamiaceae	3	3
Paronychioideae	1	1
Plantaginaceae	1	2
Poaceae	5	5
Primulaceae	1	1
Rubiaceae	2	2
Ranunculaceae	1	1
Xanthorrhoeaceae	1	1
Totale	37	39

Annexe 02. Listes des espèces avec leurs, familles, types biogéographiques et
biologiques

(QUEZEL et SANTA, 1962-1963; **LE HOUEROU, 1995**).

Espèce	Famille	T.biol.	T.biog.
<i>Allium paniculatum</i>	Amaryllidaceae	Géo	Européen méridional
<i>Alyssum montanum</i>	Brassicaceae	He.	Oro-Méd.
<i>Androsacea maxima</i>	Primulaceae	Th.	Euras.
<i>Anisantha rubens</i>	Poaceae	Th.	Méd.
<i>Anvillea radiata</i>	Asteraceae	Ch	End.N.A.
<i>Artemisia herba alba</i>	Asteraceae	Ch.	Méd.
<i>Asperula involucrata</i>	Rubiaceae	Th.	W Médit.
<i>Asphodelus ramosus</i>	Xanthorrhoeaceae	Géo	Méd.occid
<i>Atractylis humilis</i>	Asteraceae	Géo	Méd.occid
<i>Bombycilaenadiscolor</i>	Asteraceae	Th.	Cosm.
<i>Braachypodium distachyon</i>	Poaceae	Th.	Paléo-subtropical
<i>Capsella bursa (pastoris)</i>	Brassicaceae	Th.	Cosmopolite
<i>Carduus nutans</i>	Asteraceae	He.	Eurasiatique
<i>Ceratocephalus falcatus</i>	Ranunculaceae	Th.	Euro.méridional
<i>Erodium cicutarium</i>	Geraniaceae	Th.	Méd.
<i>Galium verumL.</i>	Rubiaceae	He.	Holar.
<i>Geranium lucidum</i>	Geraniaceae	Th.	Méd.Atlan.
<i>Globularia alypumL.</i>	Plantaginacea	Ch.	Méd.
<i>Hordeum murinum</i>	Poaceae	Th.	Méd.
<i>Juniperus oxycedrus</i>	Cupressaceae	ph.	Méd.Atlan.
<i>Juniperus phoenicea</i>	Cupressaceae	Ph.	Méd.
<i>Leontodon saxatilis</i>	Asteraceae	He.	Européen
<i>Lygeum spartum</i>	Poaceae	Géo	Méd.
<i>Macrochloa tenacissima</i>	Poaceae	Géo	Méd.
<i>Moricandia arvensis</i>	Brassicaceae	He.	Méd.
<i>Myosotis pusilla</i>	Boraginaceae	Th.	Méd.
<i>Ononis natrix</i>	Fabaceae	Ch	Méd.

<i>Onopordon acaule</i>	Asteraceae	He.	Méd.occid
<i>Paronychia argentea.</i>	Caryophyllaceae	He.	Méd.
<i>Plantago ciliata</i>	Plantaginaceae	Th.	Saharo-sindien
<i>Plantago albicans.</i>	Plantaginaceae	Ch.	Méd.
<i>Quercus ilex</i>	Fagaceae	Ph.	Méd.
<i>Reichardia tingitana</i>	Asteraceae	Th.	Méd.
<i>Rosmarinus officinalis.</i>	Lamiaceae	Ph.	Med.
<i>Scorzonera undulata</i>	Asteraceae	He.	Méd.occid
<i>Sedum album.</i>	Crassulaceae	Ch.	Euras.
<i>Selinopsis montanum</i>	Apiaceae	He.	End.N.A.
<i>Teucriumpolium.</i>	Lamiaceae	Ch.	Euro-M.
<i>Thymus algeriensis</i>	Lamiaceae	Ch.	End. N. A.