



*Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences
Agronomiques*



En vue de l'obtention du diplôme :
Master en Sciences Agronomique
Spécialité : Sciences Forestières

Mémoire de fin d'étude

Présenté Par :

BERKANI DJAMILA

FALI CELIA

THEME

**Contribution à l'étude de la qualité des plants de chêne liège et
de pin d'Alep produits au niveau de la pépinière de ERGR
Djurdjura**

Devant le jury :

Présidente : Mme. HARCHAOUI -BOURNINE C. MCB à l'UMMTO

Encadrant : Mme KADI-BENNANE S. MCA à l'UMMTO

Examinatrice : Mme. MEZAOUR-DIBI N. MAA à l'UMMTO

Année universitaire : 2023 /2024

Remerciement

*D'abord, Nous tenons à remercier notre promotrice **Mme KADI-BENNANE Saliha** Docteur Maître de conférences classe A au département des Sciences Agronomiques de L U.M.M.T.O Qu'elle trouve ici nos vifs remerciements et le témoignage de notre profonde gratitude pour sa disponibilité, pour son écoute, sa compréhension et les prestigieuses aides qu'elle nous a apporté.*

*Nous tenons également à remercier **M^{me} HARCHAOUI –BOURNINE. Chafia.** Docteur Maître de conférences classe B au département des Sciences Agronomiques de L U.M.M.T. O pour avoir accepté de présider ce jury. Nous lui exprimons toute notre reconnaissance pour ses orientations, ses conseils judicieux, ses critiques pertinentes et sa précieuse collaboration à la réalisation de ce travail.*

*Nos remerciements vont à **M^{me} MEZAOUR NADJAT.** Maître-assistante classe « A » au département des sciences Biologiques de L U.M.M.T.O pour avoir bien voulu examiner ce travail.*

*Nos sincères remerciements vont à **Mr. DAROUL AHCENE** directeur de la pépinière E.R.G.R djurdjur pour sa précieuse aide et son accueil au sein de la pépinière. On trouve également l'occasion pour remercier tout son personnel (administratif et technique) pour sa gentillesse, sa collaboration et sa sympathie en particulier **Mme FALI KAHINA** et spécial remerciement à **M^r BOUREGBI NOUREDDINE** ingénieur à la pépinière E.R.G.R*

Nous exprimons nos reconnaissances à tous les enseignants et le personnel du Département SCIENCE Biologique et Agronomique spécialité Science Forestière.

Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail, trouvent ici notre sincère reconnaissance spécialement

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à : Mes très chers parents, pour leur dévouement, leur amour,
leur soutien moral et financier durant toutes mes années d'étude

A mes frères MOHAMED et NADIR

A ma cher sœur KAHINA

A MES NOUVEUX AMIR ET NARIMEN

A tous ceux qui me sont chers, mes amis (es) particulièrement LIZA ET KENZA

A mon binôme THIZIRI

Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à Mes chers parents VAVA et YEMMA qui je ne pourrais être jamais reconnaissant envers leurs Dévouements, leurs amours, leurs sacrifices et leurs encouragements et sans eux je ne serais pas là aujourd'hui. Ce travail soit pour eux, un faible témoignage de ma profonde Affection de tendresse.

A mes chères Sœurs : HOURIA et KAISSA

A mes Chères Frères : Redouane , Jugurtha

Et a toute ma famille

.A tous mes amis qui m'encouragé et Soutenu dans mes moments les plus difficiles
Particulièrement LIZA et KENZA

A mon binôme et chère amie : CELIA

Liste des abréviations

PNR : Plan National De Reboisement

ERGR : Entreprise Régionale Du Génie Rural

BMA : biomasse aérienne

BMR : biomasse racinaire

NRC : nombre de racine courte

NR : nouvelles racines

MAS : matière aérienne sèche

T : Température

C° : Celsius

H : hauteur

D : Diamètre

C : contacte

CD : courte distance

MLD : moyen et long distance

% : pourcentage

ECM : ectomycorhize

NBR F : nombre de feuille

CV : coefficient de variation

RR : Ration de Robustesse

F : fréquence

Liste des tableaux

| | |
|-----------|--|
| Tableau1 | Taux de réussite des reboisements en chêne liège en Algérie (campagnes 2001-2011) à la réception des travaux (soit 24 mois après leur démarrage), (Bouhraoua <i>et al</i> , 2014 |
| Tableau 2 | Volume réalisé et taux de réussite des reboisements de Pin d'Alep dans la région de Cherchell pour la période de 2002 à 2010. |
| Tableau 3 | Résultats des analyses descriptives de la distribution des différentes variables mesurées |
| Tableau 4 | comparaison entre les variables de Ratio de Robustesse(RR |
| Tableau 5 | Comparaison entre le rapport de Biomasse Racinaire et Biomasse Aérienne |
| Tableau 6 | Comparaison des moyennes des taux de malformation et renouvellement des racines courtes chez les plants de <i>Quercus suber</i> (1an et 2-3mois) et <i>Pinus halepensis</i> de la pépinière de ERGR Djurjura. |
| Tableau 7 | Statistique descriptives des paramètres de mycorhization du Chêne liège et du Pin d'Alep |
| Tableau 8 | Comparaison des moyennes des longueurs racinaires ectomycorhizées selon les types exploratoires chez les plants de <i>Quercus suber</i> (1an et 2-3mois) et <i>Pinus halepensis</i> de la pépinière de ERGR Djurjura |
| Tableau 9 | Comparaison des moyennes des facteurs d'endomycorhization chez les plants de <i>Quercus suber</i> (1an et 2-3mois) et <i>Pinus halepensis</i> de la pépinière de ERGR Djurjura. |

Liste des figures

- Figure1 Aire de répartition du chêne liège en Algérie (DGF direction Générale des Forets
Figure2 Forêt de chêne liège (Bagouse El kala).
- Figure3 Superficie occupée par le chêne liège dans les pays du bassin méditerranéens selon
Lei (2010).
- Figure4 Distribution des surfaces reboisées (en hectares) en chêne liège par conservation
forestière entre 2001 et 2012 (DGF, 2012)
- Figure5 Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie.
- Figure6 La relation entre la symbiose mycorhize et la plante.
- Figure7 Principaux types mycorhizes actuels représentés sur une coupe transversale d'une
racine
- Figure8 Différents plants collectés à partir de la pépinière de cap Djanet : a chêne liège de
deux mois ; b ; de chêne liège d'une année ; c de pin d'Alep.
- Figure9 Variables morphométriques mesurées : a) la hauteur, b) le diamètre
- Figure10 mesure de la biomasse aérienne (a) et racinaire (b) et (c) de la matière sèche.
- Figure11 Différents types de malformations de système racinaire.
- Figure12 Différents types exploratoires selon Agerer (2001).
- Figure13 Méthode de calcul de la longueur racinaire ectomycorhizées .
- Figure14 Différentes étapes du protocole de traitement des racines pour l'observation des
endomycorhizes des plants de la pépinière d'ERGR.
- Figure15 Codages des différentes intensités de colonisation du cortex racinaire. (a) et intensité
de colonisation arbusculaire (b).
- Figure16 différentes étapes du protocole de mesure du Ph.
- Figure17 Taux de malformation chez Chêne liège d'une année : a chignon ; b. cross
- Figure18 Taux de malformation chez Chêne liège 3mois : a chignon ; b. cross
- Figure19 Taux de malformation chez le pin d'Alep d'une année : a chignon ; b. cross
- Figure20 Les morphotypes ectomycorhiziens individualisés chez les plants du chêne liège d'une

année(2 ;3 ;6 ;8 ;11 contact ,1 ;9 ;10 courte distance ,4 :5 ;7 ;12 long distance).

Figure21 Les morphotypes ectomycorhiziens observés chez les plants du chêne liège âgé de deux à trois mois. (1 ;6 ;9 ;7 type d'exploration courte distance, 2 :3 :4 contact

Figure22 Les morphotypes ectomycorhiziens spécifique du pin d'Alep. Fig(1,5,6,7) type exploratoire contact et (2,3,4,8,9,10) courte distance

Figure23 Les différentes structures endomycorhiziennes observées au niveau des racines du pin d'Alep et du chêne liège.

Sommaire

| | |
|--|----|
| Introduction général..... | 1 |
| Chapitre 1 : Synthèse bibliographique..... | 3 |
| I-1. Problématique..... | 4 |
| I-2. Historique du Plan National De Reboisement (PNR)..... | 4 |
| I-2-1. Bilan des plantations forestières réalisées dans le cadre du P.N.R. pour la période 1962-1999 sont réparties comme suit (DGF2023)..... | 5 |
| I-3. Généralité sur le chêne liège (<i>Quercus suber</i> L.) | 9 |
| I-3-1. La répartition du chêne liège (<i>Quercus suber</i> L.)..... | 9 |
| I-3-2. La Régénération artificielle | 10 |
| I-4. Généralité sur Le pin d'Alep | 13 |
| I-5. Norme et Technique de production des plants forestiers produits en pépinière | 14 |
| I-6. La symbiose mycorhizienne..... | 15 |
| I-6-1. Les types de mycorhize | 16 |
| I-6-1-1. Les ectomycorhizes..... | 17 |
| I-6-1-2. Les endomycorhizes | 18 |
| Chapitre 2 : Matériel et méthodes | |
| II-1. Introduction..... | 20 |
| II-2. Fiche technique de la conduite de la plantation des plants forestiers au niveau de la pépinière de cap Djanet (<i>Quercus suber</i> L.) et (<i>Pinus halepensis</i>)..... | 21 |
| II-3. Au laboratoire..... | 22 |
| II-3-1. Caractéristique structurales des plants étudiés..... | 23 |
| A) Les variable smorphométriques quantifiées pour les plants | |
| B) Variable de masse | |
| C) Malformation racinaire | |
| II-4. Observation des ectomycorhizes | 24 |
| II-5. Évaluation du taux de mycorhization racinaire des plants produits en pépinière | 26 |
| A) Comptage des ectomycorhizes..... | 27 |
| B) Quantification de la colonisation des racines des plants par les endomycorhize..... | 27 |
| II-6. Estimation des facteurs d'endomycorhization | 28 |

| | |
|---|----|
| II-7. L'analyse de pH de sol | 30 |
| CHAPITRE III : Résultats et discussions | |
| III-1. Caractéristique de pH de sol | 33 |
| III-2. Morphométrie des plants de <i>Quercus suber</i> et <i>Pinus halepensis</i> III-2-1- Introduction | 33 |
| III-2-2. L'analyse qualitative des plants produit sur le sol de Cap Djinet | 34 |
| III-2-3. Rapport de Biomasse Racinaire sur Biomasse Aérienne (BMR/BMA)..... | 35 |
| III-2-4. Les malformations des plants | 36 |
| III-3. Colonisation mycorhizienne des plants de <i>Q.suber</i> , <i>Pinus halepensis</i> issus de la pépinière de l'ERGR Djurdjura :..... | 36 |
| III-3-1. Ectomycorhization des racines des plants de <i>Quercus suber</i> et de <i>Pinus halepensis</i> issus de la pépinière de ERGR Djurdjura..... | 36 |
| III-3-2. La symbiose ectomycorhizienne..... | 37 |
| A) Chez <i>Quercus suber</i> L d'une année..... | 39 |
| B) Chez le chêne liège de deux à trois mois..... | 41 |
| C) chez le pin d'Alep d'une année :..... | 43 |
| III-3-3.La symbiose endomycorhizienne de <i>Q.suber</i> , <i>P. halepensis</i> | 45 |
| Discussion générale..... | 47 |
| Conclusion..... | 49 |
| Références bibliographique..... | 50 |
| Résumer..... | 53 |

Introduction

Le patrimoine forestier national a subi d'importantes dégradations ces dernières années, causées par les incendies, le surpâturage, l'urbanisation et l'occupation illégale des terres. Cette dégradation est exacerbée par le changement climatique, qui entraîne des vagues de chaleur et de sécheresse plus fréquentes, réduisant ainsi les services écosystémiques fournis par les forêts. Pour contrer la régression des superficies forestières, des programmes de reboisement et de revégétalisation ont été mis en place à l'échelle nationale. Ces initiatives visent à reconstituer le patrimoine forestier naturelle et industrielle répondant au besoin écologique et économique mais également à offrir aux populations des espaces de détente et de récréation.

Cependant les efforts tant fournis par les autorités ont souvent essuyer un échec important dès les premières années de la réalisation des projets de reboisement tels que le cas du barrage vert, des reboisements de chêne liège sur tout le territoire national.

Parmi les causes des résultats négatifs de ces projets de reboisements la qualité des plants utilisés et produit au niveau des pépinières à l'échelle nationale. En effet, la qualité des plants produits en pépinière est un facteur déterminant pour le succès des projets de plantation et la durabilité des écosystèmes forestiers. Les plants de haute qualité, issus de pépinières bien gérées, sont essentiels pour assurer une croissance vigoureuse et une adaptation efficace aux conditions environnementales lorsqu'ils sont transplantés en milieu naturel. Des plants de qualité et bien équipés en symbiote contribuent non seulement à la réussite des programmes de reboisement et de revégétalisation, mais aussi à l'amélioration de la biodiversité, à la résilience des écosystèmes face aux changements climatiques, et à la pérennité des ressources forestières. Par conséquent, l'évaluation et le maintien des normes de qualité élevées dans les pépinières sont cruciaux pour atteindre les objectifs de conservation et de gestion durable des forêts de la conservation et production des forêts.

Notre travail s'articule autour de cette recherche et a concerné l'analyse des plants de chêne liège et de pin d'Alep produit au niveau de la pépinière d'Entreprise Régional du Génie Rural du Djurdjura qui est le premier fournisseur de plants au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou et vers le barrage vert après la pépinière de Guerbbas de Skikda. La pépinière de l'ERGRD a aimablement accepté de nous fournir les plants.

Pour ce faire notre travail a été organisé en trois parties :

Chapitre 1 synthèse bibliographique

Chapitre 2 matériel et méthode

Chapitre 3 résultats et discussion

Et nous avons terminé cette modeste contribution par une conclusion

Chapitre 1 :
Synthèse bibliographique

I-1. Problématique

Le patrimoine forestier national a subi au cours des dernières années, des dégradations importantes suite aux incendies, aux surpâturages et à des occupations illicites notamment l'urbanisation. Cette dégradation intervient dans un contexte de changement climatique qui en aggrave les effets par des vagues de chaleur et de sécheresse plus fréquentes et réduit fortement les services écosystémiques que ces forêts rendent à la société.

Pour solutionner le problème de régression des superficies des forêts à l'échelle mondiale et notamment national, des programmes de reboisement et de revégétalisation sont mis en œuvre afin de concilier conservation et production forestière. Pour ce faire, plusieurs programmes à l'échelle National ont été entrepris.

I-2. Historique du Plan National De Reboisement (PNR)

En Algérie, les projets de reboisements ont été réalisés dès l'indépendance, dans le cadre des chantiers populaires, les plans triennaux, quadriennaux et annuels. Depuis l'année 2000, ils s'insèrent dans le cadre de la mise en œuvre du plan national de reboisement examiné et adopté lors du Conseil du Gouvernement du 26 septembre 1999.

Le P.N.R. traduit les préoccupations forestières et écologiques du pays. Il intègre autant que possible les dimensions écologiques et sociales. Il s'inscrit également dans le cadre des orientations du Plan National de Développement Agricole et Rural en matière de développement de l'agriculture de montagne, de la mise en valeur des terres, de la lutte contre la désertification, de la protection et de la valorisation des ressources naturelles dans le cadre d'un développement durable.

Le P.N.R a été initié avec pour objectif l'émergence de systèmes économiques viables qui permettra aux populations rurales de disposer de moyens adéquats de subsistance, de stabilité et de développement. Aussi, il est utile de rappeler qu'à travers la mise en œuvre du PNR, le taux de boisement qui est estimé à 11% devrait être relevé à 13%.

La planification de l'ensemble des actions prévues par le PNR porte sur un objectif global de 1.245.900 ha réparti comme suit :

1. Reboisement industriel à base de chêne liège

2. Reboisement de production Chêne liège, Cèdre, Pin pignon et Pin maritime et Peuplier Noyer-Châtaigner-Pacancier et merisier et Olivier-Amandier-Abricotier et Figuier.
3. Reboisement de protection, plantation fruitière et pastorale ;
4. Protection et mise en valeur des périmètres de Bassins Versants en zones de montagne 562.000 ha dont les :
Reboisement, fixation de berges et repeuplement et Plantation fruitière,
Plantation Pastorale (Frêne –Caroubier),
Lutte contre la désertification à travers la réalisation des :
Reboisement, fixation de berges et repeuplement, Fixation de dunes, Brise-vent ;
5. Reboisement d'agrément et récréatif à travers la réhabilitation et la création des : -
forêts urbaines et péri urbaines, - Ceintures vertes - Espaces vert et ce afin d'améliorer le cadre de vie des populations.

I-2-1. Bilandes plantations forestières réalisées dans le cadre du P.N.R. pour la période 1962-1999

✓ Réalisation des chantiers populaires de reboisement (1962- 1967). L'objectif principal était la participation des populations rurales au programme de reboisement dans les régions à fort taux de chômage à travers lequel, la priorité a été donnée à la mise en valeur et l'exploitation agricole. Les chantiers populaires ont permis la réalisation de 38 478 ha

✓ Réalisation du barrage vert (1974-2000) : L'objectif fondamental du barrage vert était de rétablir et maintenir l'équilibre écologique du milieu par une exploitation rationnelle des ressources avec pour finalité la promotion économique et sociale des populations. Il demeure aujourd'hui une grande expérience qui a permis de mettre en place une organisation et des moyens qui sont à l'origine de nombreuses réalisations soit 300 000 ha de plantations toutes confondues.

✓ Réalisation des Grands Travaux (1994-1999) : Les grands travaux ont concerné notamment les actions de protection et d'amélioration des peuplements forestiers disparus, le reboisement des terres à vocation forestière, la mise en valeur des terres pastorales et agricoles, la lutte contre l'ensablement et la fixation des dunes et la mobilisation des ressources en eau superficielles et souterraines. En termes de plantations, 168 186ha ont été réalisés dans le cadre de ce programme.

- ✓ Période 2000-2019 : Depuis 2000, le plan national de reboisement a connu plusieurs politiques :
- 1) 2000-2005 : période des plantations utiles et économiques, où les plantations ont été axées, essentiellement sur les plantations fruitières avec un volume total de 124 987 ha, contre 70 647 ha de plantation forestière durant cette période.
 - 2) 2006-2009 : où l'orientation été vers la redynamisation des plantations forestières avec un total de la période de 203 000 ha, contre 31 090 ha de plantation fruitière. Nous avons la période du renouveau rural
 - 3) 2010-2014 marquée par la relance des plantations fruitière notamment la mise en place du programme du 1million d'hectare d'olivier, où l'ensemble des wilayas sont adopté l'orientation, et ainsi nous avons planté de l'olivier même au niveau des wilayas du Sud, et les superficies réalisées sont pratiquement équilibrées entre les espèces forestières avec un total de la période de 165 614 ha contre 105 284 ha de plantation fruitière.
 - 4) Quant à la période 2015-2016, cette dernière est marquée par une diminution remarquable des réalisations en matière de plantation, et ce, suite à la restriction budgétaire qu'a connu le pays, et les quelque superficies notifiée à certaines wilayas ayant surtout subit les incendies, ne dépassent pas les 6000 ha pour une vingtaine de wilaya chaque année, depuis 2015. La réalisation globale depuis 2000 à fin juin 2019 est de 821 723 ha toute catégorie confondue avec 60% de plantation forestière, 36% de plantation fruitière et 4% de plantation pastorale.

De nouvelles opérations de reboisement ont été réalisées en Algérie, notamment dans les montagnes de Kabylie et des Aurès, suite aux incendies dévastateurs de l'été 2021. L'objectif de ces projets de reforestation a pour objectif de renforcer la couverture végétale, de lutter contre l'érosion des sols et de créer finalement une forêt récréative.

Cependant les résultats de réussite des reboisements réalisés depuis l'indépendance jusqu'à aujourd'hui ont enregistré un taux d'échec qui avoisine des valeurs, d'Est en Ouest et du Nord aux portes du désert 50% à 90% (Messoudene, 1999 ; Bouhraoua,2007 ; Labadi et Illoul,2017).

Parmi les causes d'échec les plus courantes, nous citons entre autres :

- Une mauvaise caractérisation du site menant à une synthèse qui propose des travaux non adaptés au site

- Le choix d'une technique inadaptée ;
- une mauvaise préparation du terrain: trop ou pas assez de débroussaillage ; enlèvement du gazon, non-stabilisation des rives instables etc. ;
- De mauvaises méthodes de travail ou des modes d'exécution inadéquats ;
- Une période de travail inadéquate ;
- De mauvais choix de végétaux : condition de sol d'humidité, etc. ;
- La qualité des plants et un stockage inadéquat des plantes à racines nues ou en pot ;
- L'absence de bonnes pratiques d'entretien de la végétation, notamment, l'arrosage après installation.

Il est cependant évident que pour une réussite d'un projet de reboisement certaines conditions et exigences selon les normes internationales doivent être respectées telles que :

- La bonne connaissance des contraintes biophysiques du site ;
- La prise en considération des conditions du site et des phénomènes hydro-géomorphologiques lors de la conception ;
- Une bonne planification ;
- Un bon échancier des travaux ;
- La bonne adaptation des végétaux aux conditions qui prévalent dans la région (bonne espèce au bon endroit) ;
- Une diversité d'espèces et un bon équilibre des strates ;
- Une technique de plantation adéquate au contexte topographique ;
- Un suivi d'entretien régulier au cours des semaines suivant la plantation voir des trois premières années ;
- L'engagement du riverain dans le processus ;

Les espèces principalement utilisées en Algérie dans les grands projets de reboisement sont principalement le Pin d'Alep et le chêne liège. Le taux d'échec enregistré lors des bilans y est plus catastrophique avec des taux qui parfois atteignent chez le chêne liège 90% selon Aouad *et al.* (2010) et 60% selon la Direction Générale des forêts (DGF)(Bouhraoua *et al.*, 2014) (Tableau 1).

Tableau 1 : Taux de réussite des reboisements en chêne liège en Algérie (campagnes 2001-2011) à la réception des travaux (soit 24 mois après leur démarrage), (Bouhraoua *et al.*, 2014).

| | Surface reboisée (ha) | Surface boisée à réception (ha) | Taux de réussite | |
|--------------|--------------------------|------------------------------------|------------------|-------------------------|
| Skikda | 3480 | 2135 | 61% | Acceptable |
| Jijel | 3470 | 1592 | 46% | Non acceptable |
| Boumerdes | 418 | 164 | 39% | Non acceptable |
| El Taref | 1555 | 584 | 38% | Non acceptable |
| Sétif | 340 | 123 | 36% | Non acceptable |
| Tizi Ouzou | 1562 | 394 | 25% | Dérisoire |
| Bejaia | 1015 | 220 | 22% | Dérisoire |
| Tlemcen | 630 | 83 | 13% | Dérisoire |
| Souk Ahras | 885 | 45 | 5% | Dérisoire |
| TOTAL | 13355 | 5340 | 40% | Non satisfaisant |

Concernant le Pin d'Alep, les résultats rapportés par Belout et Foudih (2016) pour la wilaya de Tipaza, était en moyenne de 22,62% avec une variation allant de 0% à 90% selon les forêts pour les projets réalisés entre 2000 et 2010 dans la wilaya de Tipaza (Tableau2).

Tableau2 : Volume réalisé et taux de réussite des reboisements de Pin d'Alep dans la région de Cherchell pour la période de 2002 à 2010

| Année | Volume réalisé en ha | Taux de réussite |
|-------|----------------------|------------------|
| 2002 | 300 | 2% |
| 2003 | 905 | 2% |
| 2004 | 100 | 2% |
| 2005 | 120 | 30% |
| 2006 | 425 | 5% |
| 2007 | 20 | 10% |
| 2009 | 300 | 39% |
| 2010 | 150 | 40% |

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre contribution à l'étude de la qualité des plants produits en pépinière de l'Entreprise Régionale du Génie Rural du Djurdjura (ERGRD) qui est l'un des principaux fournisseurs de plants de la wilaya de Tizi-Ouzou. Notre intérêt c'est porté sur deux espèces à savoir le Pin d'Alep et le chêne liège qui sont les deux principales espèces forestières fréquemment utilisé dans les programmes de reboisement. En effet, à l'échelle nationale, une superficie totale de plus de 2 380 000 km², dont la forêt ne représente que 40 000 km² (4 millions d'ha) et est composé de deux essences principales suivants (BNEDER, 1984) : le Pin d'Alep : 800 000 ha (forêt naturelle) et 800 000 ha (plantations) soit 35% de couverture occupant la première place de la surface boisée en Algérie suivi par le Chêne-liège : 460 000 ha (surface potentielle) avec une surface totale de réalisation en reboisement selon le P.N.R. De 18500 ha, pour une moyenne annuelle de 1 500 ha (Bouhraouaet *al.*, 2014).

I-3. Généralité sur le chêneliège (*Quercus suber* L.)

Le chêne-liège (*Quercus suber* L.) est une espèce de chêne méditerranéen qui se cultivé pour son écorce, le liège, qui est utilisé dans diverses industries. Le chêne liège est principalement localisé le long d'une zone littorale d'Alger à Bizerte sur environ 600 km, s'étendant de l'Algérie à la Tunisie (Boudy, 1950).

Il s'agit d'un arbre d'assez grande taille, atteignant généralement 10 à 14 mètres de haut, avec un tronc court et une ramification peu serrée. Le bois de l'arbre forme un petit cylindre central entouré d'une épaisse couche d'écorce subéreuse, ce qui le rend sensible aux chutes de neige lourde et aux grands vents (Maire, 1952).

I-3-1. La répartition du chêne liège (*Quercus suber* L.)

Beaucoup d'auteurs divergent sur la superficie réelle de la subéraie mondiale du fait de la dégradation continue de cet écosystème et la définition de la subéraie elle-même (Bekdouche, 2010). Pausas *et al.* (2009), Bugalhoet *al.* (2011) et FAO (2013), l'estiment à environ 2,5 millions d'hectares dans le bassin occidental de la Méditerranée ce qui représente 10% de la forêt totale, dont 1.5 million d'hectares en Europe méridionale et 1 million d'hectares en Afrique du Nord. Cette superficie totale se répartie sur sept pays dont quatre en Europe méridionale, le Portugal (33%), l'Espagne(22%), l'Italie (4%) et la France (4%) méridionale et trois d'Afrique du Nord, l'Algérie (18%), le Maroc (15%),et la Tunisie (4%), (Figure1).

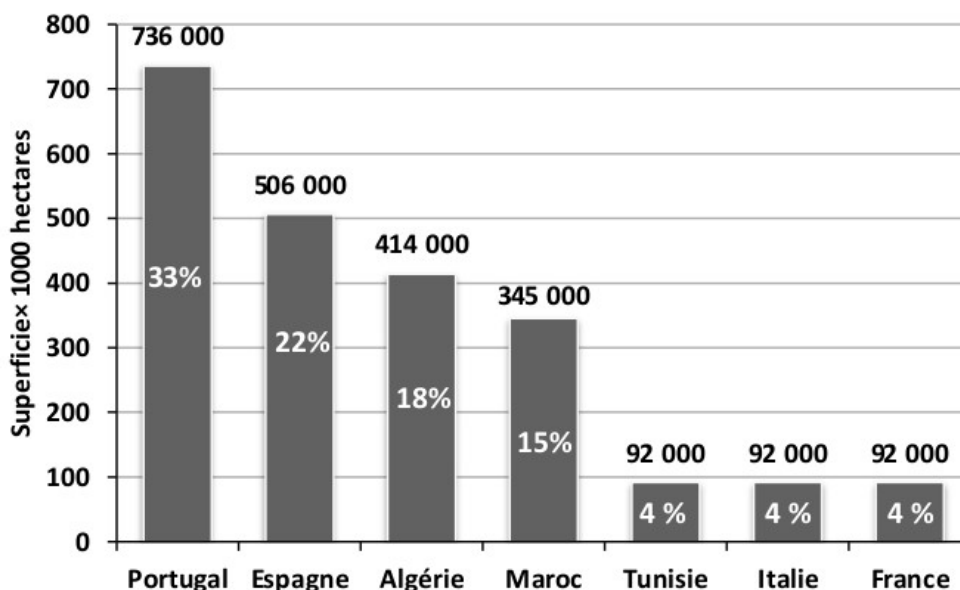


Figure1. Superficie occupée par le chêne liège dans les pays du bassin méditerranéens selon Lei (2010).

En Algérie, les forêts de chêne-liège sont localisées entre le littoral est et une ligne passant approximativement par Tizi-Ouzou, Kharrat, Guelma et Souk-Ahras. On le retrouve également à l'ouest dans la région de Tlemcen et Mascara(Figure2).

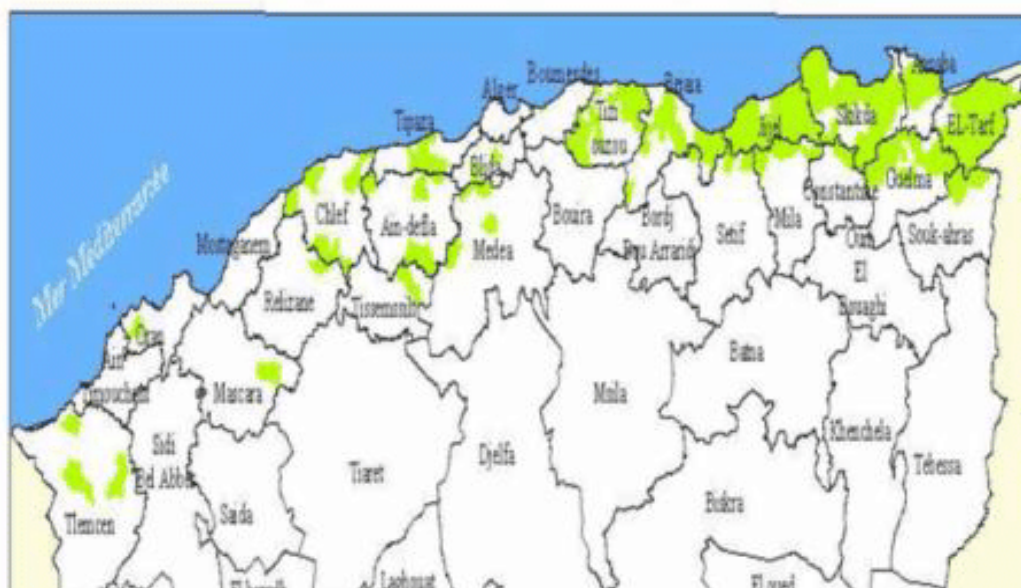


Figure2 : Aire de répartition du chêne liège en Algérie (DGF : direction Générale des Forêts).

La culture du chêne-liège en Algérie a une longue histoire, avec des opérations de « mise en valeur » telles que l'extraction du liège mâle, qui est détaché suivant la surface du phellogène et sans entamer le liber. Un nouveau liège se forme ensuite, appelé liège de reproduction, qui a une formation plus rapide et une qualité très supérieure. Cet arbre peut fournir plusieurs récoltes successives et pratiquement huit récoltes commerciales environ(Figure3).



Figure 3 : Forêt de chêne liège (Bougouse, El kala).

Les subéraies algériennes sont comprises entre les frontières marocaines et tunisiennes et s'étendent du littoral méditerranéen au nord jusqu'aux chaînes telliennes au sud (Boudy, 1955 ; Zine, 1992). Elles occupent une bande littorale de 450 km qui s'étend d'Alger jusqu'au Cap Roux un peu à l'Est d'El-Kala sur une largeur ne dépassant guère 70 km (Natividade, 1956). Selon Yessad (2000), les subéraies Algériennes couvrent trois faciès : l'occidental montagnard, l'oriental littoral et l'oriental montagnard. Elles se présentent en massif continu surtout le long de la zone littorale et le reste est disséminé sous formes d'îlots de moindre importance dans la partie Ouest (Khelifi, 1987).

Les principales subéraies algériennes sont localisées dans le Tell oriental, situées essentiellement en zone humide et subhumide au Nord-est du pays jusqu'à la frontière tunisienne (Zeraia, 1982), région qui renferme à elle seule près des 4/5 de la subéraie Algérienne (Boudy, 1952 ; Natividade, 1956 ; Yessad, 2000). D'une façon générale, on retrouve le Chêne liège dans 22 wilayas. Il forme de vastes massifs soit à l'état pur, soit en mélange avec le chêne vert (*Quercus ilex* L.), le chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd.), le pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.) et quelques oliviers (Puyo, 2004).

Le Chêne liège couvre en Algérie une superficie totale de 440 000 ha ce qui représente 11% de la superficie algérienne et 18% de la subéraie mondiale (Cilp, 2000). Cependant cette formation est en perpétuel régression et selon Le BNEDER (Bureau national d'étude et de développement rural) en 1984, évalue la superficie de la subéraie productive à 229 000 hectares, les chiffres de la DGF en (2007) sa superficie a été estimé à 414 000 ha et a évalué en 2012, a seulement 230 000 ha de superficie productive. Cette régression des superficies explique les quantités de liège récolté annuellement qui passe de 200 000 quintaux environ en 1973 à 32 212 quintaux en 2012 (DGF, 2013).

I-3-2. La Régénération artificielle

Elle se fait soit par semis direct des glands, dans ce cas la réussite de cette régénération est conditionnée aussi bien par la mise en défens du périmètre, que par les soins et entretiens apportés, notamment, les arrosages en été, le binage et le désherbage des jeunes plants (Belghaziet *al.*, 2001), soit par transplantation des plants élevés en pépinière (Lepoutre, 1965). Les reboisements du C. liège ont été pratiqués dans 16 conservations dont celles de Jijel et Skikda (Figure4) qui sont considérées depuis longtemps comme des zones subéricoles par excellence. Elles occupent 4 200 ha.

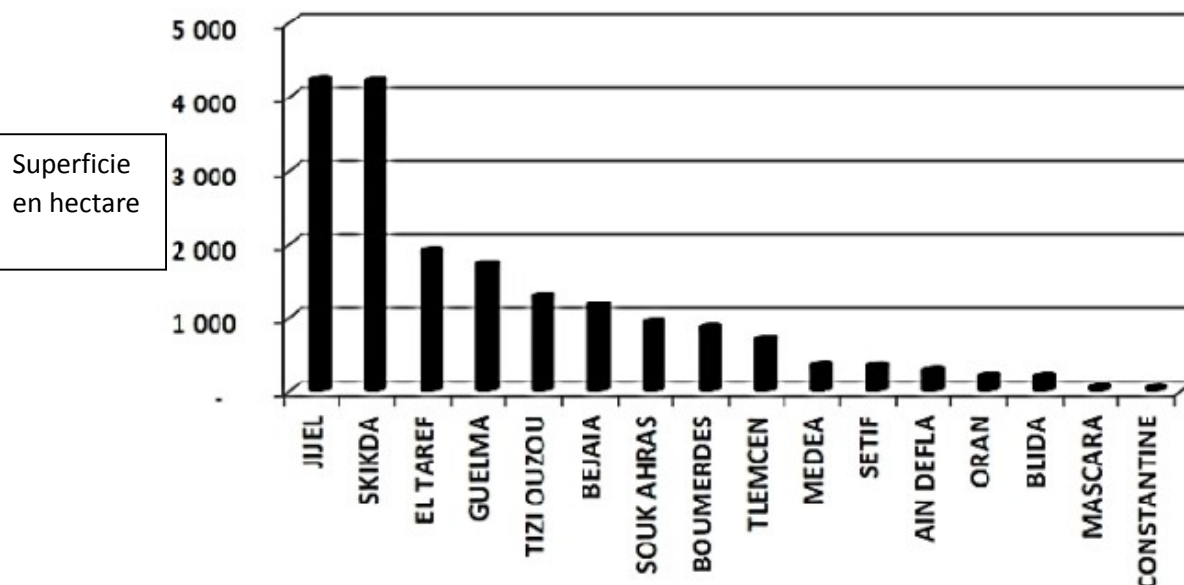


Figure4 : Distribution des surfaces reboisées en hectares de chêne liège par les services de la conservation forestière entre 2001 et 2012 (DGF, 2012).

I-4. Généralité sur le pin d'Alep :

Le pin d'Alep est une espèce du bassin méditerranéen. Il est une essence très fréquente sur tous les massifs montagneux du Tell littoral à l'Atlas saharien et couvre plus de 850 000 hectares en Algérie(Figure5).

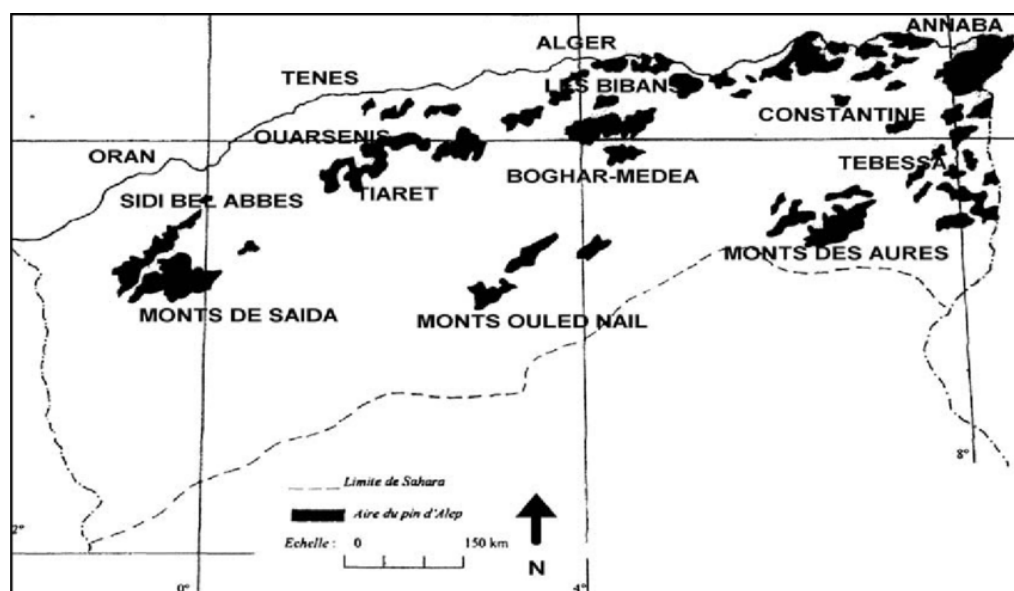


Figure5 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie BENTOUATI 2006.

Le pin d'Alep est un arbre typique du bassin méditerranéen, qui séduit par sa cime aérée en forme de parasol et son tronc tortueux. Il est souvent utilisé en menuiserie ordinaire pour confectionner des caisses et comme bois de chauffage.

Les pignons de pin d'Alep sont utilisés crus ou grillés en cuisine et possèdent des propriétés hydratantes, cicatrisantes et antiseptiques. La résine intervient dans la conservation du vin en Grèce, et aussi en parfumerie.

Le pin d'Alep pousse dans des sols pauvres, rocheux, arides et secs. Il ne craint pas les sols calcaires comme d'autres espèces. Il a besoin de beaucoup de lumière et de chaleur et supporte très bien la sécheresse. Il est une espèce héliophile.

Pinus halepensis ne supporte pas bien le froid (dès 6 °C, -10 °C), le gel, la neige et l'excès d'humidité, il résiste bien par contre aux vents assez forts.

I-5. Normes et Techniques de production des plants forestiers en pépinière

Pour obtenir un plant forestier de qualité, il est essentiel de suivre plusieurs étapes clés dans la pépinière :

- Choix des espèces : sélectionnez les espèces adaptées à la région et aux conditions climatiques de la région et qui répondent aux besoins des reboisements de la région concernée.
- Conditions et normes pyrotechniques et phytosanitaires de production des plants forestiers :

Conditions de production de plants forestiers Selon les normes de qualité pyrotechnique et sanitaire détaillées par l'arrêté du 15 Rabie Ethani 1437 correspondant au 25 janvier 2016 fixant les conditions de production, de contrôle et de commercialisation des semences et plants forestiers du journal officiel N°65

La production de plants forestiers en conteneur doit se faire sur châssis surélevés, favorisant l'auto-cernage des racines ;

La production de plants forestiers hautes tiges à racines nues doit se faire exclusivement au sol. Le substrat destiné à la production de plants forestiers doit avoir une bonne aération (porosité totale de 60 à 80%), une bonne capacité de rétention en eau et doit être Epierré et désinfecté de tout agent pathogène. Les plants forestiers doivent être produits dans des conteneurs **WM** de forme non cylindrique, rigide et sans fond. L'utilisation du sachet en polyéthylène est interdite.

Une ombrière doit être en fibre de nylon (polypropylène), rabattue sur les côtés latéraux jusqu'au sol ; L'irrigation doit être par brumisation, la mieux adaptée à la production de plants sur châssis surélevés.

L'endurcissement des plants doit être obligatoire à l'approche de la période de plantation ; cela consiste à diminuer la fréquence d'arrosage et à enlever les ombrière pour préparer les plants aux conditions du milieu.

- Normes phytotechniques et phytosanitaires des plants forestiers

Les plants doivent répondre aux normes de qualité requises pour la reforestation.

- ✓ Partie aérienne :

Une homogénéité des plants au niveau de la planche pour ce qui est de la hauteur et l'aspect avec des plants sains. La tige doit être rectiligne, pour les plants à hautes tiges et le calibre doit être assez important plus de 2 cm au collet et doit être vigoureux

La dimension de la tige au-dessus du collet doit être comprise entre 10 et 15 cm pour les résineux et supérieure à 35 cm pour les feuillus et une hauteur minimale de 60 cm avec un ajoutement au deux tiers (2/3) pour les plants hautes tiges.

Le bourgeon terminal doit être sain, viable et visible et les ramifications doivent être abondantes et vigoureuses.

Les plants doivent être indemnes d'organismes nuisibles réglementés.

✓ Partie racinaire :

Le pivot des racines doit être droit et les racines secondaires abondantes. La racine principale doit être indemne de toutes déformations racinaires et ayant une longueur de 20 cm pour les plants issus de semis.

Le système racinaire abondant et touffu de plus de 20 cm pour les plants issus de boutures. Le système racinaire est le premier élément à se développer dans la plante, il présente un double rôle d'ancrage et de nutrition.

De plus, le système racinaire de 90% des espèces forestières et connues pour avoir des symbioses mycorhizienne et Rhizobienne et Actinorhizienne (Smith et Read, 2008). En effet, ces dernières permettent aux végétaux de se maintenir dans les conditions extrêmes qui sévissent dans les écosystèmes occupés par les essences forestières soit de pauvreté édaphique soit de conditions climatiques extrêmes et

Contraignantes. Un plant forestier de bonne qualité doit être mycorhizé à un taux minimal de 50%

I-6.La symbiose mycorhizienne

La mycorhize est un organe complexe qui résulte de l'association symbiotique d'un Champignon avec la racine d'une espèce végétale. Franck le désigna, en 1885, sous le terme de mycorhize (du grec mykès : champignon et rhiza : racine) (Dommergues *et al.* 1999).

Le champignon puise dans le sol l'eau et les éléments minéraux et les restitue à la plante hôte et ce en échange des carbohydrates fournies par cette dernière (DAVET, 1996). Il est fort probable que l'évolution des plantes terrestres qui étaient sur terre il y a 400 millions d'années

ait été possible grâce à une forme de symbiose qui se rapprocherait des mycorhizes actuelles (Wilkinson, 2001 in Menkis, 2005).

Cette liaison est profitable aux deux partenaires. D'une part, la plante a besoin du champignon pour une meilleure exploration du sol afin d'optimiser l'absorption de l'eau et certains nutriments tels que l'azote, le phosphore, le potassium ou encore le cuivre. D'un autre part, la plante fournit au champignon hétérotrophe le sucres issus de la photosynthèse nécessaire à son développement (Figure6).

Cette symbiose entre le champignon et la plante est très importante pour la croissance de cette dernière. Chez certaines espèces de plantes telles que les Orchidacées, elle est même indispensable

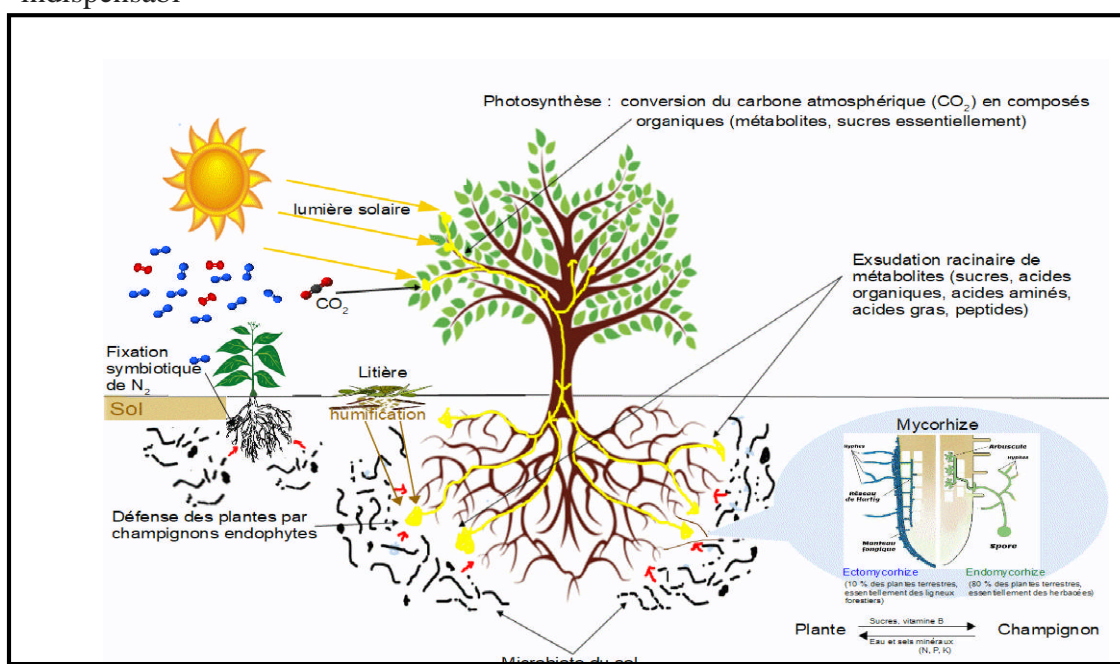


Figure7. La relation entre la symbiose mycorhizale et la plante.

I-6-1. Les types de mycorhize

Il existe différents types de mycorhizes, dont les deux plus importants sont les ectomycorhizes (associations entre des racines des arbres et des champignons Basidiomycètes et Ascomycètes) et les endomycorhizes vésiculaires à arbuscules (associations entre des racines des végétaux et des champignons Gloméromycètes), présents chez plus de 70% des espèces de plantes. Il existe d'autres types intermédiaires et ou spécifiques à certaines familles de végétaux (Figure8).

I-6-1-1. Les ectomycorhizes

Du grec *ektos*: à l'extérieur où les champignons se développent essentiellement autour de la racine, en formant un manchon mycélien (manteau) à partir duquel se développent des hyphes qui s'insèrent entre les cellules corticales de la racine observé pour la première fois par Hartig et nommé réseau de Hartig (Duponnoiset *al.*, 2013). Le développement de ce dernier contribue à augmenter considérablement la surface de contact entre le champignon et les cellules racinaires (Figure8).

Ce type d'association est principalement présent chez les essences forestières des régions tempérées, méditerranéennes et boréales. Il a été également décrit chez quelques espèces tropicales de la famille des Dipterocarpaceae, Euphorbiaceae, Cesalpiniaceae, Myrtaceae et Fagaceae (Duponnoiset *al.*, 2013).

Les ectomycorhizes sont formées essentiellement par des Basidiomycètes du genre *Amanita*, *Boletus*, *Lactarius*, *Clitocybe*, *Paxillus*, *scleroderma*, etc.... et par les Ascomycètes du genre *Tuber*, *Elaphomyces*, *Cenococcum*, etc... (Strullu et Gourret, 1980).

Le champignon ectomycorhizien contrôle tous les échanges entre le sol et la racine, puisque le manteau forme une barrière continue et que tous les flux doivent transiter par les tissus fongiques (Drenou, 2006).

I-6-1-2. Les endomycorhizes

Les endomycorhizes sont les mycorhizes les plus répandus dans le règne végétal. Elle concerne la quasi-totalité des herbacées, des arbres fruitiers, essences forestières et les plantes arbustives (Plenchette, 1982 ; Chevalier *et al.*, 1990). Elles sont classées en mycorhizes arbusculaires, mycorhizes éricoides, mycorhizes arbutoïdes, mycorhizes monotropoides et les mycorhizes d'orchidées (Peterson *et al.*, 2008). Contrairement aux ectomycorhizes ; les champignons endomycorhiziens (du grec *endon* à l'intérieur) ne forment pas de manteau fongique ni de réseau de Hartig, il existe cependant deux réseaux mycéliens, l'un interne, l'autre externe. Le mycélium pénètre dans la racine ensuite à l'intérieur des cellules racinaires (cellules corticales) et forme des structures intracellulaires (Figure7) (Strullu, 1991).

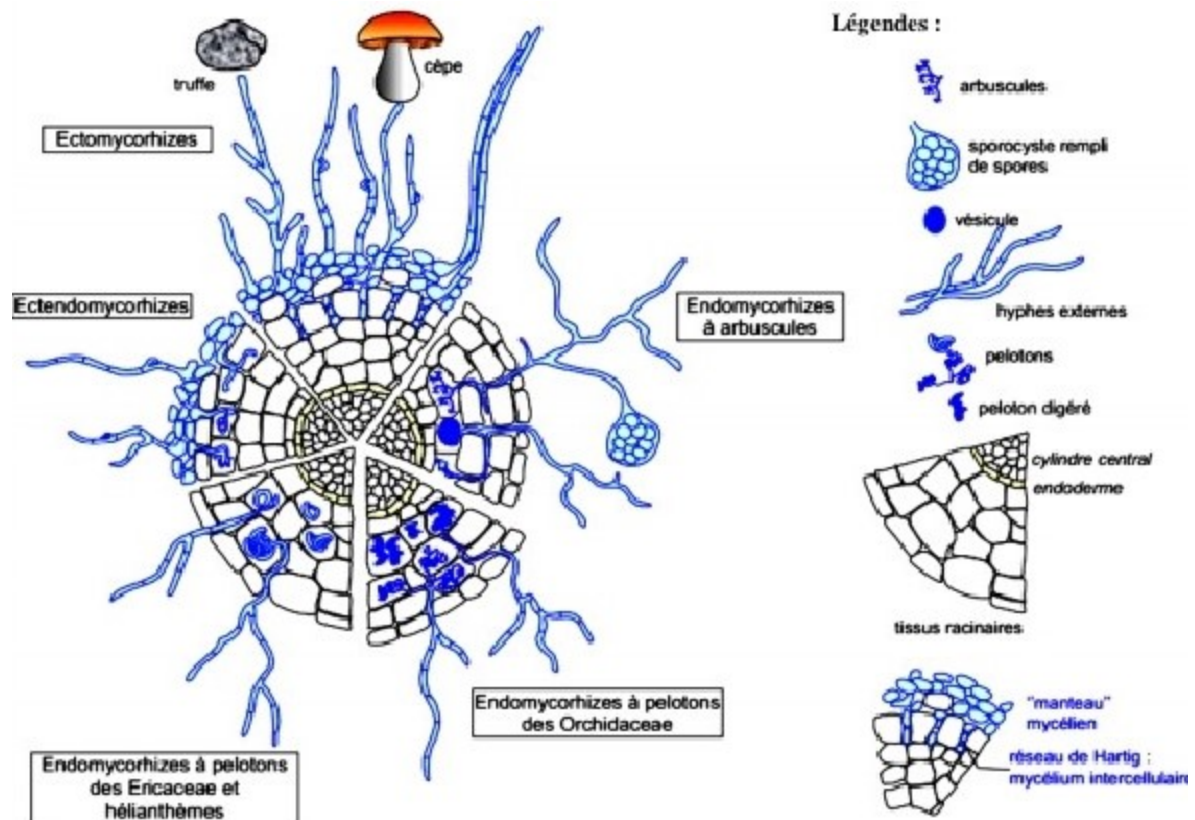


Figure7. Principaux types mycorhizes actuels représentent sur une coupe transversale d'une racine.

II. Chapitre 2 :
Matériel et méthodes

II-1. Introduction

Notre étude a été menée au niveau du laboratoire de recherche mycorhizes de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques l'Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Notre travail a pour objectif de mettre un diagnostic de la qualité des plants produits en pépinière et produit dans la Wilaya de Tizi-Ouzou.

Nous avons pour cela, sollicité les responsables de la pépinière de ERGR Djurdjura qui a eu l'amabilité de bien vouloir nous livrer des plants de Pin d'Alep et de Chêne liège produit au sein de la pépinière de Cap Djanet. Un total de 90 plants soit :

- 30 plantes du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) d'une année.
- 60 plantes du chêne liège (*Quercus suber*),
 - 30 plants d'une année et
 - 30 plants de deux à trois mois.

Les plants ont été livrés dans des caisses en plastique dans des conteneurs WM pour les plants de chêne liège et dans des sacs en plastique de capacité de 500 g pour le pin d'Alep (Figure8).

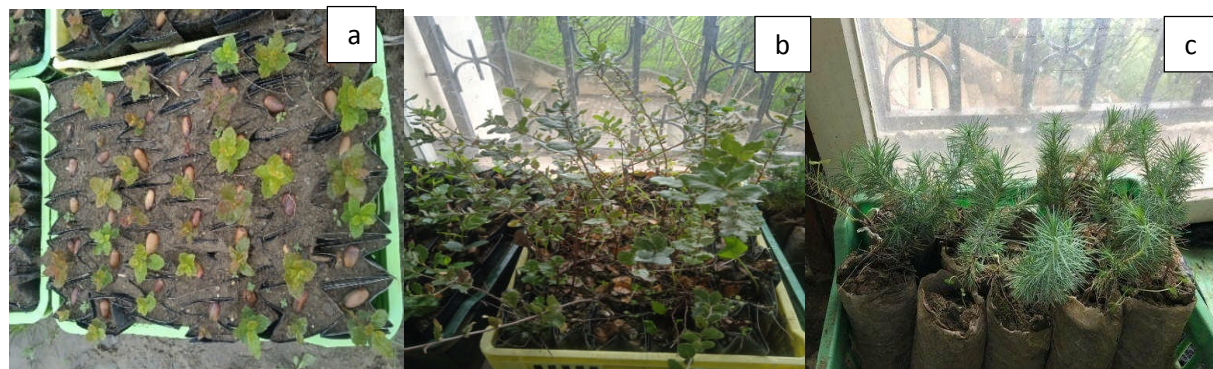


Figure 8. Différents plants collectés à partir de la pépinière de Cap Djanet ; a : chêne-liège de deux à trois mois ; b : de chêne liège d'une année ; c : de pin d'Alep.

Parmi les premières observations que nous avons sur un total de 135 plants forestiers récupérés de la pépinière de l'ERGR est la présence des plants double voir quintuplé dans les conteneurs. En effet, lors du dépouillement, nous avons constaté la présence de plusieurs plants par conteneur à savoir :

- Chez le pin d'Alep d'une année, sur 30 conteneurs, 10 ont présenté deux à cinq plants associés,
- Chez le chêne-liège d'une année, sur 30 conteneurs 2 sachets ont présenté deux plants et
- Sur 30 conteneurs de chêne-liège de deux à trois mois, 6 conteneurs ont présenté 2 plants.

Ces observations attestent d'un manque d'opération de nettoyage des plants par conteneurs au fur et à mesure de la production notamment pour les plants d'une année.

II-2. Fiche technique de la conduite de la plantation des plants forestiers au niveau de la pépinière de cap Djanet (*Quercus suber* L.) et (*Pinus halepensis*).

| Espèce | Chêne liège | Pin d'Alep |
|--------------------------------|---|-------------------------|
| Localité | Pépinière Cap Djanet | |
| Altitude | 700m | |
| Bioclimat | Thermo-méditerranéen sub-humide à variante | |
| Température moyenne | 18° | |
| Précipitation annuelle | 900mm | |
| Provenance origine des graines | Sid Ali Bounab | Cap Djanet |
| Test de viabilité | Oui ; par flottation | |
| Pré-germination | Non | |
| Conservation | Dans un magasin ou en chambre froide | |
| Conteneurs | WM | Sachet dimension 10 /20 |
| Sol | Sol de cap DJINET | |
| Ph | Non | |
| Traitement sanitaire | Oui par des fongicides, insecticides, herbicides et raticides | |
| Irrigation | Par aspersion plein terre et par des rigoles (selon les besoin et les saisons) | |
| Destination des plants | Les projets de l'entreprise et les filiales de ERGR, Barrage vert et espaces verts Privé | |

Lors de notre visite de la pépinière, nous avons établi la fiche technique de production des plants au niveau de l'unité de production des plants forestiers qui suit.

II-3. Au laboratoire :

Les plants acheminés au laboratoire ont été soumis à des mesures morphométriques et des observations et quantification de la colonisation mycorhizienne au niveau du système racinaire afin de qualifier les parties aériennes et souterraines des plants des deux espèces.

II-3-1. Caractéristiques structurales des plants étudiés.

A) Les variables morphométriques quantifiées pour les plants sont :

1. La hauteur (H) : a été mesurée à l'aide d'une règle graduée (cm/mm) (Figure 9a).
2. Le diamètre (D) : a été réalisé à l'aide d'un pied à coulisse électronique en (mm) (Figure 9 b).
3. Nombre de feuille (NBR F) : comptage de feuille pour chaque plant de chêne liège.
4. Nombre de vague de croissance : a été réalisée à l'œil nu pour les plants de chêne liège.

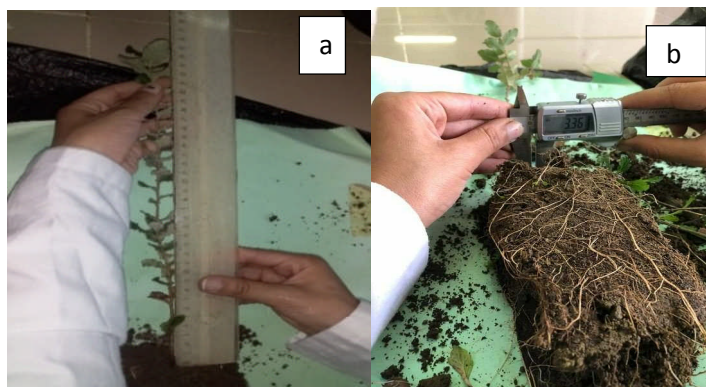


Figure 9. Variables morphométriques mesurées : a) mesure de la hauteur, b) mesure du diamètre.

5- Rapport de Ration du Robustesse (RR=la hauteur cm/diamètre mm)

Selon la norme internationale d'homologation des plants forestiers produits en pépinière, le Ratio du Robustesse attestant de la vigueur des plants ne doit en aucun cas dépassé 7 pour le chêne Liège (Lamhamediet *al.*,1997) et 6 pour la majorité des espèces forestières.

6- Rapport de biomasse racinaire sur biomasse aérienne (BMR/BMA)

Li *et al.*, (2003) proposent des équations selon les données internationales pour calculer la biomasse racinaire en fonction de la biomasse aérienne, qui diffèrent selon les essences feuillues ou résineuses.

Pour les essences résineuses : $BMR \text{ résineux} = 0,222 BMA \text{ résineux}$

Pour les essences feuillues : $BMR \text{ feuillus} = 1,576 BMA \text{ feuillus}$

Variable de masse :

Pour obtenir la biomasse des parties racinaire(BMR), aérienne (BMA) et matières sèche aérienne (MSA), nous avons utilisé une balance électronique.la MSA a été obtenue après séchage de la partie aérienne (Tige et feuilles) pendant 72 heures à 70°C. (Figure10).

Nous avons également estimé le taux de nouvelles racines courtes (NBR NRC) par plant selon une échelle de 0 à 5 :

0 : correspond à l'absence de racine nouvelle,

1 : un taux de 1 à 20% de NR ;

2 : taux de 21% à 25% de NR.

3 : taux de 26% à 50% de NR.

4 : taux de 51% à 75% de NR.

5 : taux de 6% à 100% de NR.

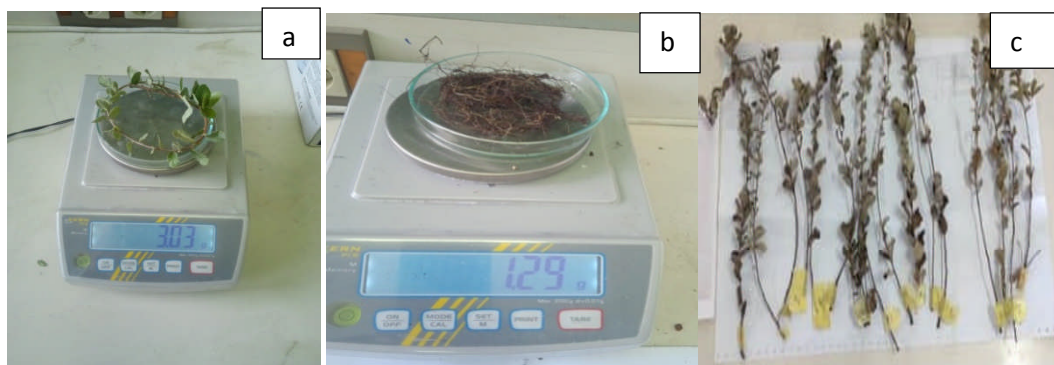


Figure 10. Mesure de la biomasse aérienne (a) et racinaire (b) et (c) de la matière sèche.

B) Malformations racinaires :

La formation de la crosse racinaire qui se définit par un angle de moins 110° entre la racine et la tige (Figure 11 a,b).

Le chignon qui est un enroulement de la racine pivotante ou des du chevelu racinaire autour de lui-même (Figure 11 b, c).

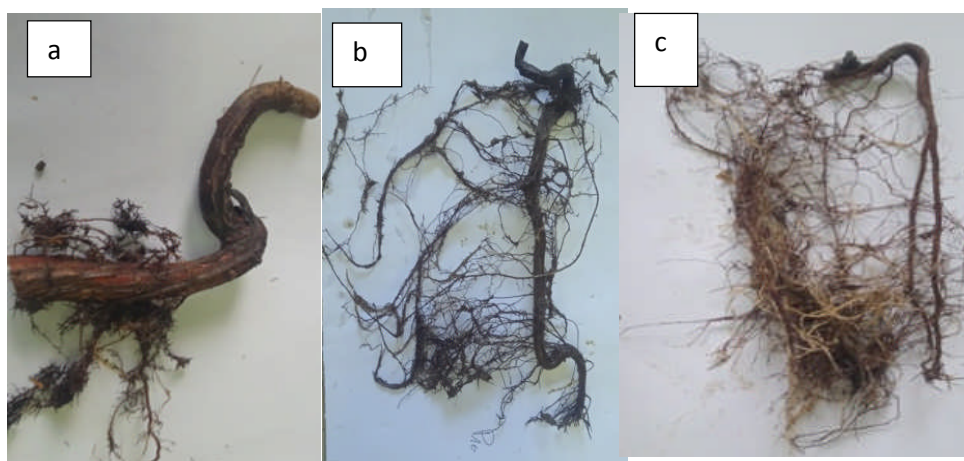


Figure 11 : Différentes types de malformations de système racinaire.

II-4. Observation des ectomycorhizes :

La mise en évidence de l'existence des ectomycorhizes peut être effectuée à l'œil nu par la présence d'un manteau externe et d'une phase extra matricielle de mycélium qui permet de différencier les racines courtes des ectomycorhizes, tandis que la description détaillée est faite

à la suite d'observation sous la loupe binoculaire selon les caractères morphologiques d'Agréer (1991- 2006).

Pour réaliser la description des ectomycorhizes, il faut laver les racines prélevées délicatement pour les séparer des particules du sol sans altérer leur morphologie. Les racines obtenues sont mises dans des boîtes de pétri contenant de l'eau, Une vingtaine de centimètre de racine a été observée sous la loupe binoculaire au grossissement x 20 et x40. Les ectomycorhizes observées ont été classées en trois types d'exploration selon la classification d'Agerer (2001) basée sur la présence de la phase extramatricielle ou non et son abondance ainsi qu'à l'organisation des rhizomorphes (Figure12).

Le type d'exploration « contact » correspond à un manteau de rares hyphes extramatricielles

Le type d'exploration « courte distance » est caractérisé par une absence de rhizomorphes et de présence d'hyphes extramatricielle courts et non différenciés

Dans le cas du type « moyenne distance », les rhizomorphes sont soit peu ou pas différenciés, Et enfin les types de « longues distances » présentent peu de rhizomorphes mais ceux-ci sont très différenciés avec des hyphes centraux (Vessel-like) de diamètre plus gros permettant une plus grande efficacité de transport de l'eau et de nutriments (Agerer, 2001).

Dans le cas de notre étude, nous avons regroupé ces deux types en un seul type lors de nos observations.

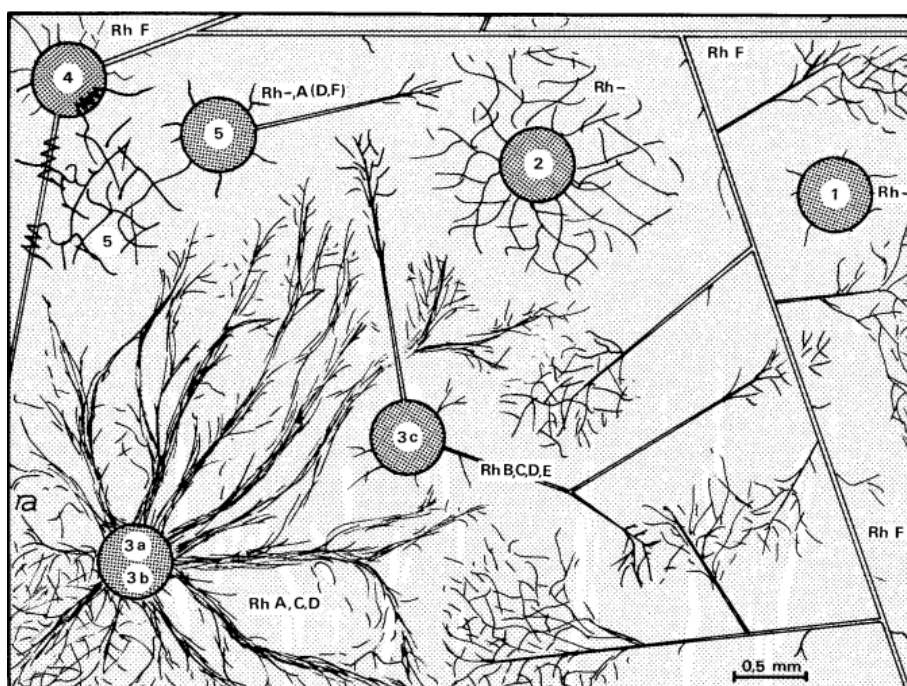


Figure 12 . Différents types exploratoires selon Agerer (2001).

C. contact, S. courte distance, M. moyenne distance et L. longue distance.

II-5. Évaluation du taux de mycorhization racinaire des plants produits en pépinière :

A) Comptage des ectomycorhizes :

Pour ce faire, 20 cm de racine pour chaque plant ont été prélevé et coupée en petit bout de 2 cm dans une boîte de Pétri. Cette dernière a été graduée en petit carré de 1cm sur 1cm selon la méthode de la Gridline de Giovanetti et Mosse (1980) pour estimer la colonisation ectomycorhiziennes (Figure 13).

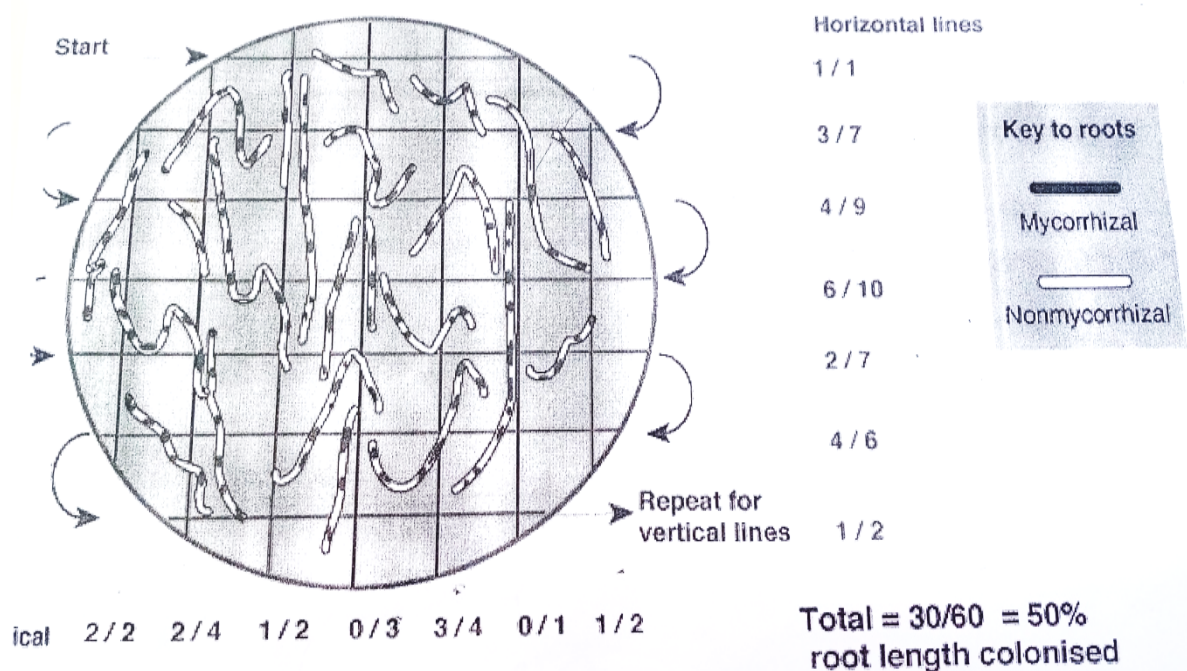


Figure 13 : Méthode de calcul de la longueur racinaire ectomycorhizées.

B) Quantification de la colonisation des racines des plants par les endomycorhizes.

Pour observer la structure endomycorhiziennes, un traitement préalable des racines est réalisé selon la technique de Philips et Hayman (1970).

Un échantillon de 30 cm de racines est soigneusement prélevé de chaque plant coupé en 15 fragments de 2 cm. Puis les placer dans un pilulier en verre et elles sont éclaircies à la potasse (KOH) à 10 % et chauffées au bain marie durant 3 à 5 semaines, celle-ci est changée à chaque fois que sa couleur vire au marron foncé jusqu'à l'apparition de la couleur claire. Les racines sont rincées durant chaque étape, sont mises dans de l'eau oxygénée (H_2O_2) 10 pendant 15 min, les racines neutralisées dans l'acide chlorhydrique (HCl) pendant 7 à 15 min. Les racines sont ensuite mises dans du bleu de trypan et chauffées au bain marie pendant 2 à 5 min suivi d'un rinçage avec l'eau distillée.

Les fragments de racines traitées sont montés et écrasés entre lame et lamelle dans une goutte de lactoglycérol. Les lames et lamelles sont scellées avec un vernis autour des lamelles pour une conservation des échantillons puis observées au microscope optique aux grossissements 100 et 400 (Figure 14).



Figure 14 . Différentes étapes du protocole de traitement des racines pour l'observation des endomycorhizes des plants de la pépinière d'ERGR.

II-6. Estimation des facteurs d'endomycorhization

L'estimation de l'endomycorhization des plants a été réalisée à l'aide des facteurs d'endomycorhization établis par Trouvelot *et al.*, (1986). Ce dernier a défini des facteurs d'infection selon un barème de classe pour la fréquence et de l'intensité de mycorhization, arbusculaire et vésiculaire. Il estime ainsi le degré de la colonisation mycorhizienne de chaque fragment selon six classe notées de 0 à 5 et l'intensité arbusculaire par des classes notées A0, A1, A2 et A3. Nous avons appliqué le même code pour l'estimation de l'abondance des vésicules (Figure15).

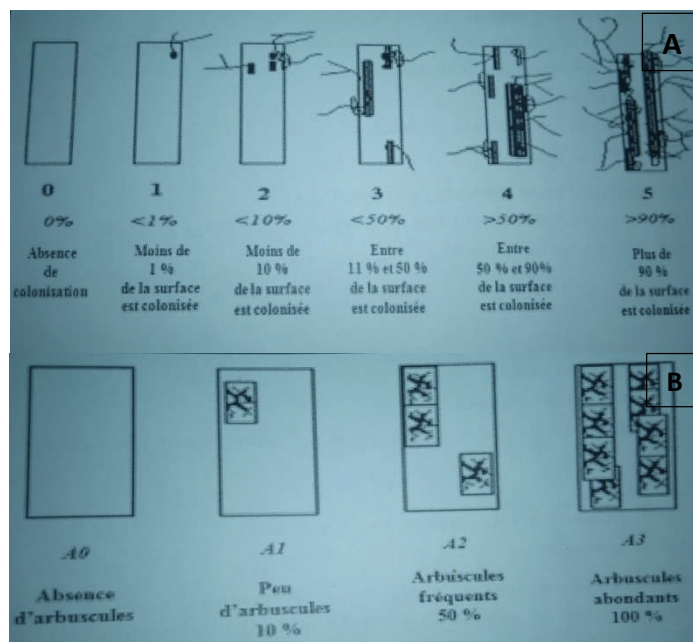


Figure 15 . codage des différentes intensités de colonisation du cortex racinaire. (A) et intensité de colonisation arbusculaire (B).

Les Cinq facteurs qui sont retenus lors de l'estimation de la colonisation des racines de chêne des différents traitements :

F % : Fréquence de la colonisation mycorhizienne (% du nombre de fragments racinaires mycorhizés), elle reflète l'importance des points de pénétration de la colonisation du système racinaire.

$$F(\%) = \frac{N - n_0}{N} \times 100$$

Avec :

N : nombre de fragment observés

n₀ : nombre de fragment sans trace de mycorhization.

M % : Intensité de la colonisation du cortex racinaire (proportion du cortex colonisé estimée par rapport au système racinaire entier et exprimée en %), elle reflète l'importance de la colonisation du système racinaire. Une annotation selon un barème de classe et ainsi le degré de la colonisation mycorhizienne de chaque fragment au moyen de six classes notées de 0 à 5.

$$M(\%) = \frac{(95 n^5 + 70 n^4 + 30 n^3 + 5n^2 + n^1)}{N}$$

Avec :

n₅= nombre de fragments mycorhizés notés 5.

m % : Intensité de la colonisation développée dans la partie mycorhizée du système racinaire (proportion du cortex colonisé dans la partie mycorhizée du système racinaire exprimé en %).

$$m(\%) = \frac{(95 n^5 + 70 n^4 + 30 n^3 + 5n^2 + n^1)}{(N - n_0)}$$

a % : Intensité arbusculaire de la partie mycorhizée.

$$a(\%) = \frac{(100mA3 + 50mA2 + 10mA1)}{100}$$

Avec : mA₃, mA₂ et mA₁ sont les pourcentages de mycorhization de qualité arbusculaire données, calculés suivant le modèle : mA_i= (95n₅A_i + 70n₄ A_i + 30n₃ A_i + 5n₂ A_i + n₁ A_i) F/M (N-n₀).

A % : Teneur arbusculaire de la colonisation ramenée au système racinaire entier (proportion du système racinaire renfermant des arbuscules, exprimée en %).

$$A (\%) = a \times \frac{M}{100}$$

Intensité vésiculaire de la partie mycorhizée (v %) et la teneur vésiculaire (V %) de la colonisation ramenée au système racinaire entier ont été calculé par les formules identiques que pour les arbuscules soit

$$v(\%) = (100mV3 + 50mV2 + 10mV1)/100$$

Et

$$V(\%) = v * M/100$$

II-7. L'analyse de pH de sol

L'analyse du pH a été réalisée à la fin de l'expérience au niveau de laboratoire de recherche de département des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques UMMTO (Hasnaoua 2) (figure16).

La méthode d'analyse de pH du sol est :

- Peser 10g du sol et le mettre dans un bécher. (Figure17 ; a, b).
- Verser 25ml d'eau distillé.
- agiter le mélange pendant 10 min avec un agitateur (Figure17; c).
- laisser reposer pendant 2 heures.
- mesurée le ph par le pH-mètre de paillasse Hanna (Figure17 ; d).

Les mesures sont effectuées par un pH-mètre de marque PHS-W.

Les valeurs des pH comprises entre 6.5 et 8.1 montrent que les sols sont neutres ou légèrement alcalins avec des conductivités électriques élevées (0.98-0.11ms /CM)



Figure 16 : différentes étapes du protocole de mesure du pH.

Chapitre 3 :

Résultats et discussion

III-1. Caractéristiques de pH de sol

L'analyse du pH mesure à la fin de l'expérimentation au niveau de laboratoire de recherche (Mycorhize) de la faculté des Sciences Biologiques et Sciences agronomiques de L'UMMTO, a permis d'enregistrer un pH neutre selon les références internationales d'une valeur de 7. 38. Le pH neutre est idéale pour le Pin d'Alep. Le chêne liège, quant à lui, est connu pour son caractère calcifuge et sa préférence pour le pH acide à légèrement acide. Bien qu'il est admis que les exsudats racinaires des végétaux sont connus pour leurs capacités à induire des variations du pH du sol (Elmer *et al.*,1984), améliorant les conditions du milieu, chez les plants de chêne liège élevés dans un sol à pH neutre est, cependant, un premier obstacle auquel le chêne liège doit faire face.

III-2. Morphométrie des plants de *Quercus suber* et *Pinus halepensis*

III-2-2. L'analyse qualitative des plants produit sur le sol de Cap Djinet

L'analyse statistique descriptive des variables de croissance en hauteur chez les plants d'a révélé une hauteur moyenne chez le chêne liège d'une année de $30.11 \pm 8,07$ cm avec un coefficient de variation de 26,8 % attestant de l'homogénéité de la population et d'une distribution des hauteurs en faveur des valeurs inférieures à la hauteurs moyenne ainsi que pour le pin d'Alep qui a également enregistré une hauteur moyenne de 11.02 ± 2.69 . Chez le chêne liège de deux à trois mois, nous avons enregistré une hauteur moyennede $14.11 \pm 8,11$ cm (Tableau 3).

La croissance en diamètre moyen des tiges présente ; chez le chêne liège d'une année, nous avons mesuré un diamètre moyen de $3.46 \pm 0,63$ mm, le chêne liège de deux mois à trois mois a enregistré une croissance radiale moyenne de $1.82 \pm 0,49$ mm et le pin d'Alep a atteint un diamètre moyen de $1.46 \pm 0,71$ mm (Tableau 3).

Selon la norme internationale d'homologation des plants forestiers produits en pépinière, le Ratio du Robustesse attestant de la vigueur des plants ne doit en aucun cas dépassé 7 pour le chêne Liège (Lamhamediet *al.*,1997) et 6 pour la majorité des espèces forestières. Le Ratio du Robustesse des plants calculé toute espèces et âge confondus enregistré oscillé entre 8 et 12 respectivement pour le chêne liège et le pin d'Alep (Tableau 3).

Tableau 3. Résultats des analyses descriptives de la distribution des différentes variables mesurées.

| | | H | D | RR | BMA | BMR | BMR/BMA |
|--|--------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| <i>Quercus suber</i> (1an) | Moyenne | 30,11 | 3,46 | 8,88 | 2,87 | 13,18 | 5,40 |
| | écart type | 8,07 | 0,63 | 2,60 | 1,20 | 3,67 | 2,93 |
| | Coefficient de dissymétrie | -0,26 | 0,03 | 1,13 | 0,64 | 0,52 | 2,43 |
| | Coefficient d'aplatissement | -0,37 | -0,13 | 4,14 | 2,28 | 0,64 | 6,77 |
| | coefficient de variation | 26,80 | 18,34 | 29,20 | 41,57 | 27,81 | 57,40 |
| <i>Quercus suber</i> (2-3 mois) | Moyenne | 14,11 | 1,82 | 8,20 | 1,21 | 3,01 | 2,91 |
| | écart type | 8,11 | 0,49 | 4,98 | 0,63 | 1,15 | 1,32 |
| | coefficient de dissymétrie | 0,58 | 0,58 | 1,00 | 0,48 | 0,05 | 1,27 |
| | coefficient d'aplatissement | -0,63 | 4,82 | 0,89 | -0,67 | -0,37 | 1,91 |
| | coefficient de variation | 57,4 | 26,8 | 60,78 | 52,2 | 38,1 | 45,16 |
| <i>Pinus halepensis</i> 1 an | Moyenne | 11,02 | 1,46 | 12,46 | 1,57 | 1,61 | 1,12 |
| | écart type | 2,69 | 0,71 | 17,39 | 1,38 | 1,25 | 0,76 |
| | coefficient dissymétrie | 0,39 | 0,50 | 4,17 | 3,51 | 1,10 | 1,33 |
| | coefficient d'aplatissement | -0,48 | 1,88 | 19,22 | 15,1 | 0,62 | 1,45 |
| | coefficient de variation | 24,4 | 49,0 | 139,5 | 87,8 | 77,7 | 67,31 |

La lecture de tableau3 permet de noter une allure similaire du Ratio de Robustesse des plants de pin d'Alep très élevée de 12.46 comparativement à ceux rapportés par Kadik (1980) (Tableau 3).

Les plants de chêne liège d'une année de la pépinière ont accusé un Ratio de Robustesse des ont enregistré des $RR > 7$ Comparativement au RR obtenu chez les plants de l'expérimentation de (BENSEGHIR et al .2006) d'une valeur de 23.86 attestant d'un gauchisme des plants de la pépinière mais plus important chez ceux obtenus lors de l'expérience de 2006.

Quant au chêneliège de 2à3 mois, le RR a été également supérieur à la norme internationale d'une valeur de RR=10.

Tableau4 : comparaison entre les variables deRatio de Robustesse(RR)

| RR | RR | RR (BESSAOUD etCHERIFI, 2021/2022) | RR (BENSEGHIR et al .2006) | RR (KADIK 1988) |
|-------------------------------|-------|---|----------------------------------|--------------------|
| <i>Pinus halepensis</i> | 12.46 | - | - | 8.27 |
| <i>Quercus suber lan</i> | 8,88 | - | 23,86 | - |
| <i>Quercus suber 2à3 mois</i> | 8,20 | 10 | - | - |

III-2-3. Rapport de biomasse racinaire sur biomasse aérienne (BMR/BMA)

Le calcul du rapport de la biomasse racinaire/biomasse aérienne a permis de noter une moyenne chez le chêne d'une année et de mois respectivement de $5,40 \pm 2,93$ et de $2,91 \pm 1,32$ et de $1,12 \pm 0,76$ chez le pin d'Alep qui atteste d'une croissance en faveur de la partie souterraine des plants.

Selon plusieurs auteurs, les jeunes arbres allouent préférentiellement la biomasse aux parties aériennes si la lumière est le facteur limitant (Gardiner et Hodges 1998, Tilman 1988, Van Hees et Clerks 2003). Les rapports calculés attestent des conditions optimales de production et l'absence du phénomène de compétition pour la lumière au sein de la pépinière ERGRD.

Le calcul de BMR/BMA des plants du chêne liège d'une année très importants para port au chêne liège d'une année compare aussi nous avons noté une valeur moyenne plus fort chez les plants étudiés que les plants compare (tableau6).

Tableau6 : comparaison entre le rapport de Biomasse Racinaire et Biomasse Aérienne

| Espèces | <i>BMR/BMA</i> | <i>BMR/BMA</i> (Bellabiod et Hamel) | <i>BMR/BMA</i> (Ann.Rechalg.2006) |
|------------------------------------|----------------|--|--------------------------------------|
| <i>Quercus suber</i> 1 année | 5.40 | | 1.2 |
| <i>Quercus suberde</i> 2à3 mois | 2.91 | 0.27 | |
| <i>Pinus halepensis</i> 1 année | 1.12 | | |

III-2-4. Les malformations des plants :

L'observation de l'architecture des plants a permis de noter au niveau de système racinaire de malformations telles que les cross et les chignons. Le taux de malformation au niveau du collet (cross) et de chignon a été respectivement de 85% et 82% chez le chêne liège d'1an (Figure 17).

Le taux de malformations du collet (cross) et de chignon chez le chêne liège de 2-3mois a atteint des taux respectifs de 56% et 56% (Figure 18)

Les malformations enregistrées chez le Pin d'Alep ont enregistré les taux les plus faibles avec des valeurs de 48% en malformations de Cross et de 48% en formation de chignons (Figure19)

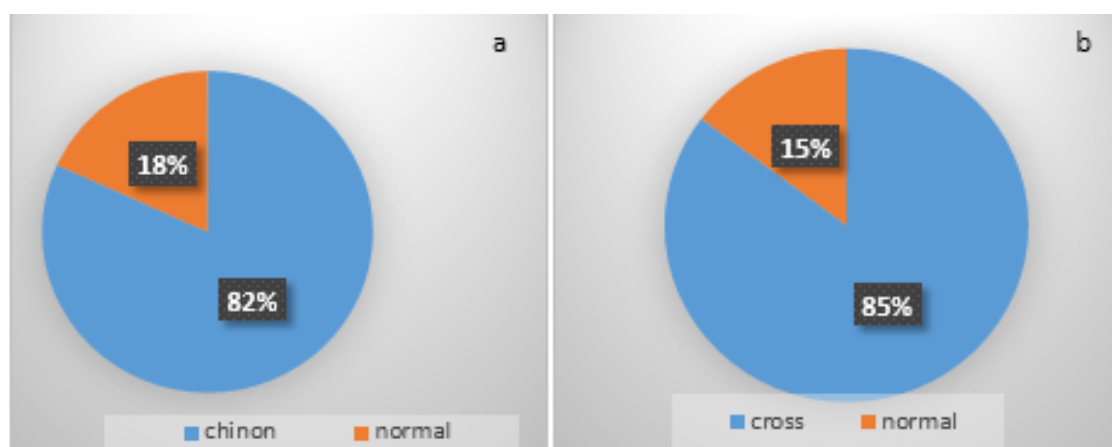


Figure17 : Taux de malformation chez Chêne liège d'une année : a chignon ; b. cross

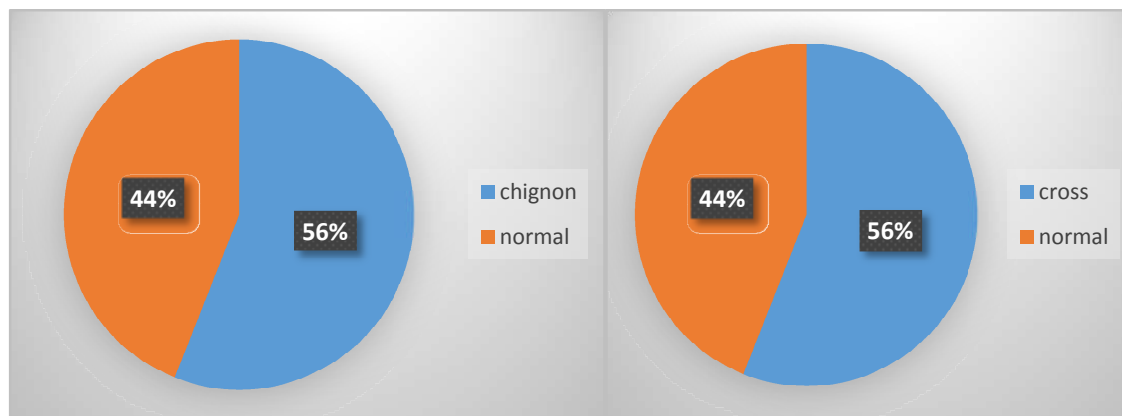


Figure 18 : Taux de malformation chez Chêne liège 3mois : a chignon ; b. cross

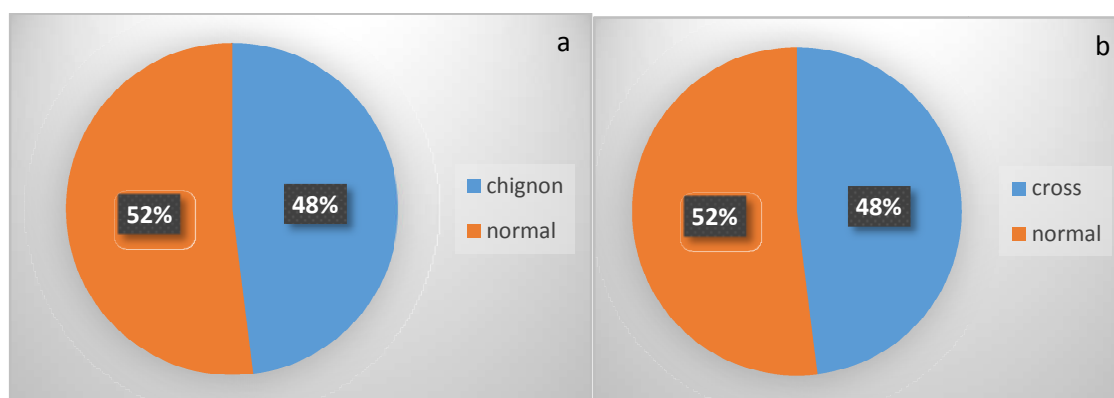


Figure 19 : Taux de malformation chez le pin d'Alep d'une année : a chignon ; b. cross

III-3. Colonisation mycorhizienne des plants de *Q.suber*, *Pinus halepensis* issus de la pépinière de l'ERGR Djurdjura

III-3-1. Ectomycorhization des racines des plants de *Quercus suber* et de *Pinus halepensis* issus de la pépinière de ERGR Djurdjura

L'observation d'un échantillon des plants de pin d'Alep et de chêne liège âgés de 2-3 mois et d'une année produit au niveau de la pépinière de l'ERGR Djurdjura sa station Cap Djinet a révélé que les plants présentaient des longueurs racinaires ectomycorhizées chez le pin d'Alep et le chêne liège de 2-3 mois dépassant les 62 % comparativement au chêne liège d'une année qui n'a enregistré que 40,62 % attestant de la mauvaise qualité des plants (Tableau 6).

Tableau7. Statistique descriptives des paramètres de mycorhization du Chêne liège et du Pin d'Alep

| | | LONG rac-ecto | C% | CD% | MLD% |
|--------------------------|-----------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| <i>Pinus halepensis</i> | Moyenne | 62,73 | 79,96 | 38,66 | 25,55 |
| | écart type | 9,54 | 9,12 | 15,05 | 7,12 |
| | coefficient d'asymétrie | 0,31 | -1,05 | 0,26 | 0,15 |
| | coefficient d'aplatissement | -0,42 | 1,42 | -0,56 | -1,06 |
| | coefficient de variation | 15,20 | ,41 | 38,92 | 27,88 |
| <i>Q.suber d'1 année</i> | Moyenne | 40.62 | 35.55 | 6.32 | 1.69 |
| | écart type | 14.83 | 10.94 | 6.38 | 3.83 |
| | coefficient d'asymétrie | 0.15 | 1.07 | 0.72 | 3.09 |
| | coefficient d'aplatissement | 0.20 | 1.43 | -0.43 | 10.34 |
| | coefficient de variation | 36.51 | 30.77 | 100.95 | 225.74 |
| <i>Q. suber 2-3mois</i> | Moyenne | 70,91 | 44,18 | 16,22 | 7,45 |
| | écart type | 21,85 | 22,88 | 12,32 | 14,52 |
| | coefficient d'asymétrie | -1,31 | -0,28 | 1,02 | 1,98 |
| | coefficient d'aplatissement | 2,59 | -0,73 | 0,83 | 2,59 |
| | coefficient de variation | 30,82 | 51,80 | 75,96 | 194,83 |

La comparaison des moyennes (ANOVA et test de Tukey) réalisée afin de comparer entre les facteurs d'endomycorhization et de la colonisation ectomycorhizienne selon a permis de noter des différences significatives et d'autres non significatives selon les espèces.

Les résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) ont révélé des différences significatives pour les variables colonisation ectomycorhizienne par le type d'exploration contact (ECM C) et les types d'exploration moyenne et longue distance (ECM MLD). En effet, nous avons observé un taux de colonisation inférieur à 50% en ECM C chez les deux espèces avec chez le chêne liège d'une année et de 2-3 mois des taux respectifs de 32.02 ± 8.82 et 40.67 ± 27.17 et chez le pin d'Alep des taux 23.04 ± 9.97 . Cependant, la colonisation en ECMCD et MLD ont observé des différences hautement significatives en faveur des racines des plants de pin d'Alep suivis par les plants de chêne liège de trois mois et enfin des ceux d'une année (Tableau7).

Tableau8. Comparaison des moyennes des longueurs racinaires ectomycorhizées selon les types exploratoires chez les plants de *Quercus suber* (1an et 2-3mois) et *Pinus halepensis* de la pépinière de ERGR Djurjura

| Traitements | Pin d'Alep | Chêne-liège de 2-3 mois | Chêne-liège d'un année | Probabilité |
|-------------------------------|------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|
| colonisationectomycorhizienne | 81.96±6.37c | 60.25±27.02b | 35.90± 9.80a | 0.00000317 *** |
| ECM C | 23.04 ±9.97 a | 40.67± 27.17 a | 32.02±8.82 a | 0.0911 |
| ECM CD | 33.87±12.54b | 8.95± 9.21a | 4.92± 5.24a | 0.000000167 *** |
| ECM MLD | 25.03±18.35 b | 11.50±16.32a | 0.379±0.89 ab | 0.00157 ** |

III-3-2. La symbiose ectomycorhizienne

Aspect Morphologique des ectomycorhizesobservées chez les deux espèces. L'observation des racines de Quinze 15 plants de chaque espèce et par catégorie d'âge, a permis d'inventorier des morphotypes d'ectomycorhizes d'aspect et de couleur variées.

Les morphotypes ectomycorhizienspour *Quercus suber* L.

A) Chez*Quercus suber*L d'une année

L'analyse de la communauté ectomycorhizienne de chêne-liège âgé d'une année a révèle une richesse morphotypique de différents types ectomycorhiziens avec une longueur racinaire ectomycorhizées avec un taux de 40.62 %.L'analyse morphotypique a permis de distinguer

différentes formes simples à fortement ramifiée, de couleur (noir, marronà marron clair, blanche et transparente) et des types exploratoires différents à savoircontact, courte distance avec des taux de longueurs racinaires ectomycorhizées respectifs de 35.55% ECM, 6.32% ECMs comparativement au type d'exploration moyenne et long distance qui n'a que 1.69% ECMs (figure 20) (Tableau6).

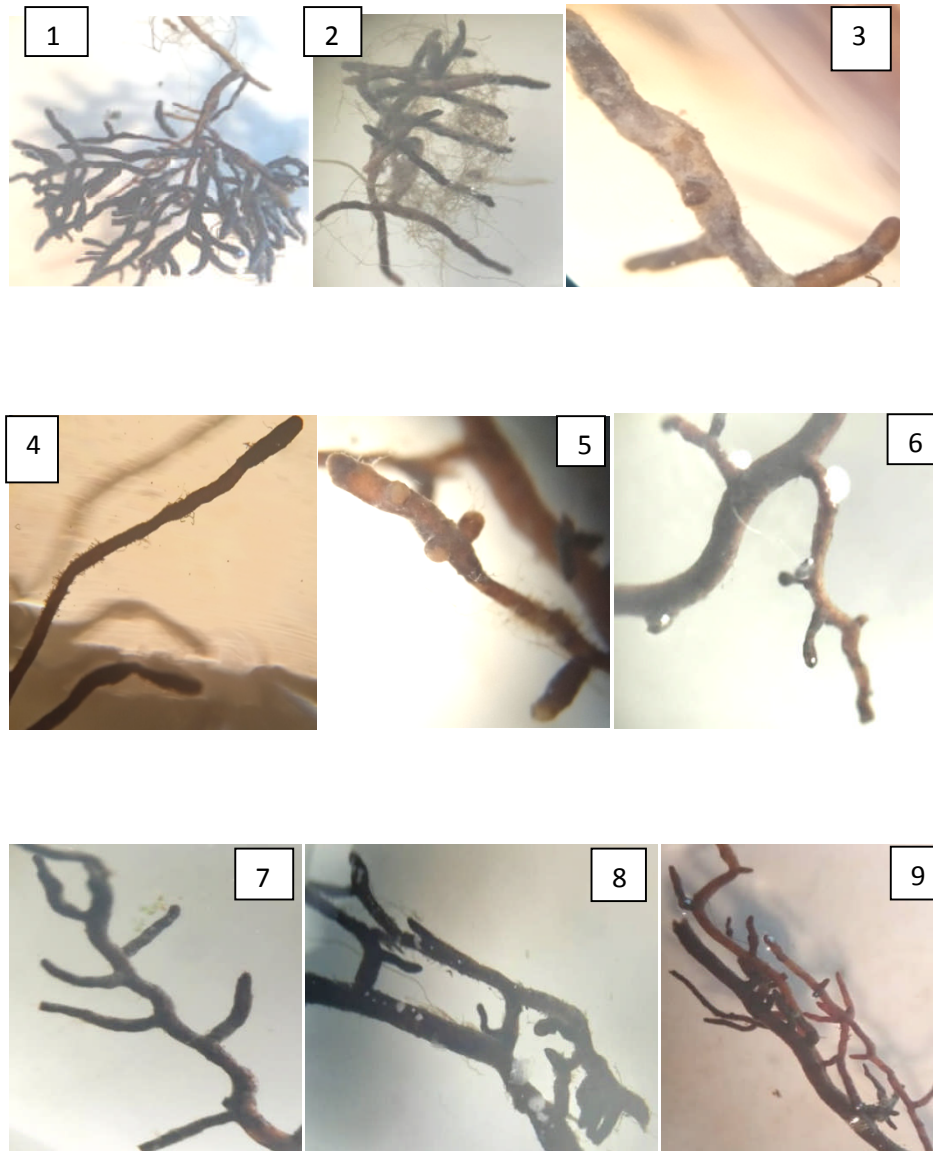


Figure20. Les morphotypes ectomycorhiziens individualisé chez les plants du chêneliège d'une année (2 ;3 ;6 ;8 ;11 contact ,1 ;9 ;10 courte distance ,4 :5 ;7 ;12 long distance).

B) Chez le chêne liège de deux à trois mois

Nos observations microscopiques des racinaires prélevées de jeunes plants de ChêneLiège âgé de deux à trois mois, révèlent un système racinaire bien développé avec une forte mycorhization avec une longueur racinaire ectomycorhizées de 70,91%(Figure 21). L'estimation de la colonisation des racines en type d'exploration a permis de révéler une colonisation en faveur des types exploratoire de courte distance et contact. Les longueurs racinaires ectomycorhizées de type exploratoire contact et courte distance étaient respectivement de 44,18% ECMs, 16,22% ECMs, comparativement au type d'exploration moyenne et long distance qui n'a enregistré que 7,45% ECMs(Tableau6),

La description des morphotypes et l'estimation de l'ectomycorhization selon les types exploratoires chez le chêne liège d'une année et de deux à trois mois a permis d'enregistrer une ectomycorhization racinaire en faveur du type contact. Cependant les plants d'une année ont enregistré une forte baisse des taux de colonisation ectomycorhizienne atteignant des valeurs de 35.90 ± 9.80 % (Tableau6).

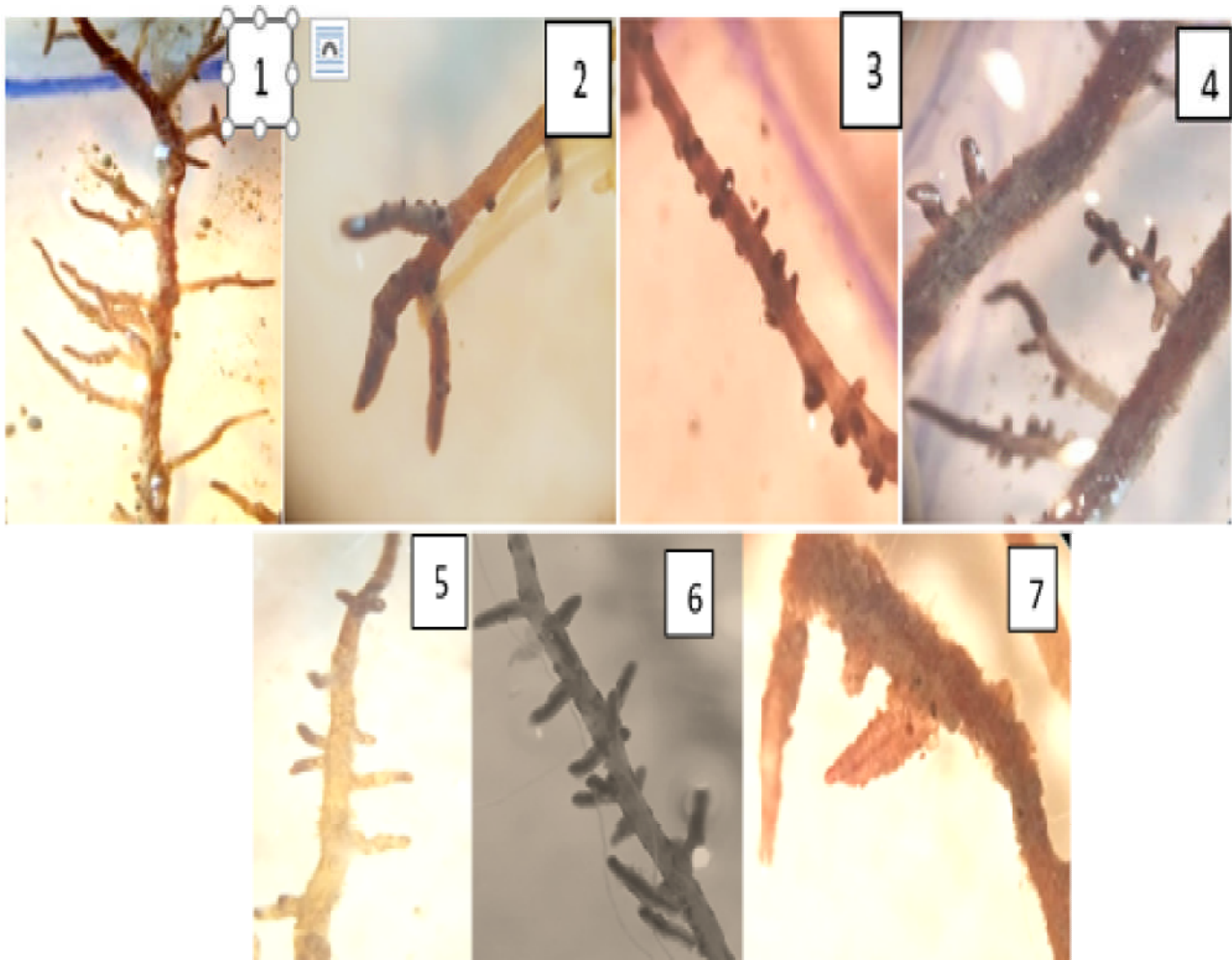


Figure21 : les morphotypes ectomycorhiziens observés chez les plants du chêneliège âgé de deux à trois mois. 1 ; 6 ; 7 : type d'exploration courte distance, 2 ; 3 ; 4 : contact

C) chez le pin d'Alep d'une année :

Nos observations macroscopiques des racines prélevées des jeunes plants de pin d'Alep ont mis en évidence un système racinaire bien mycorhizé avec un taux de 70,91% (Figure, 22)

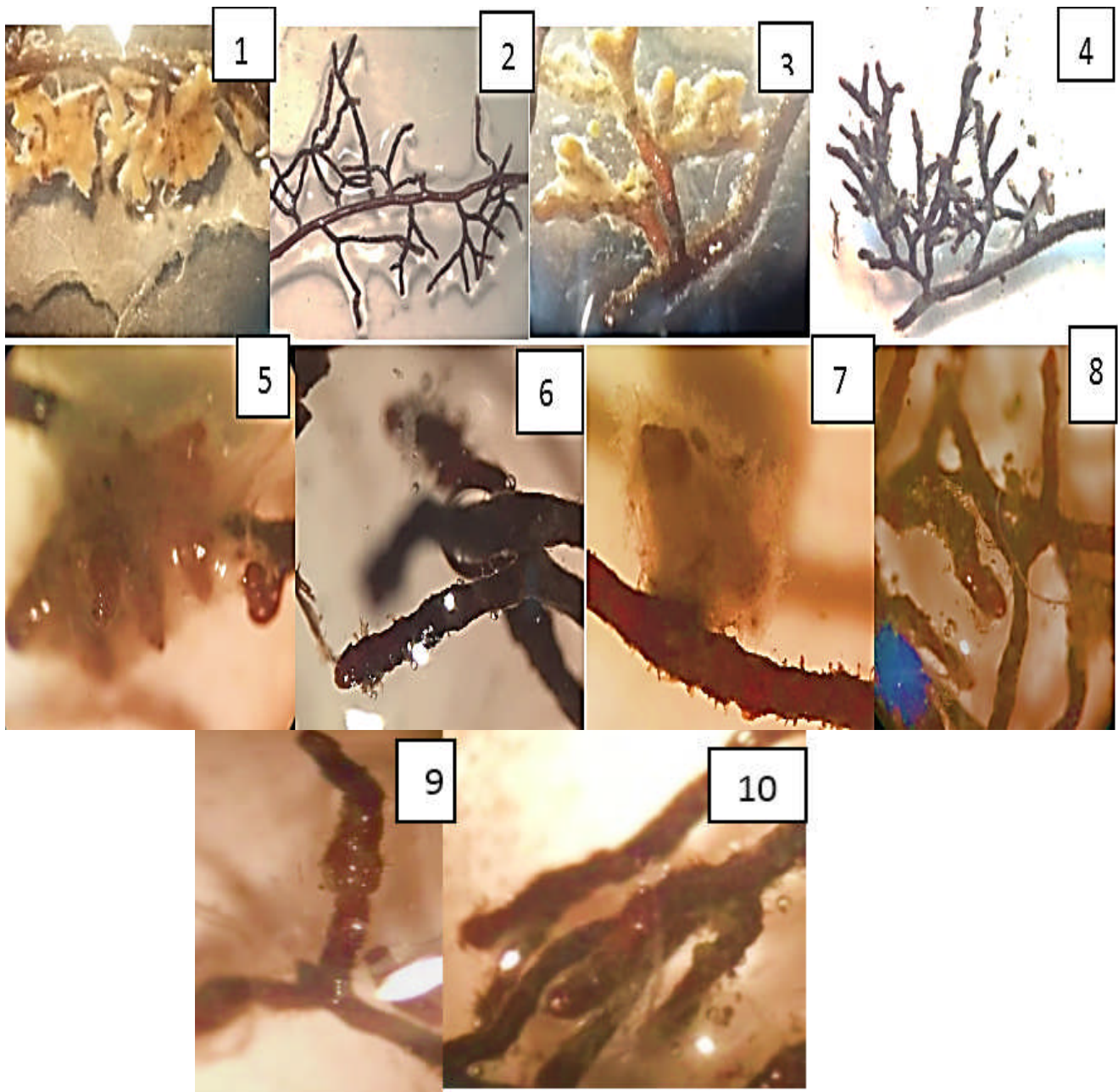


Figure23 : Les morphotypes ectomycorhiziens spécifique du pun d'Alep :-1 ;5 ;6 ;7 :type exploratoire contact et 2 ;3 ;4 ;8 ;9 ;10 :type d'exploration courte distance.

III-3-3. La symbiose endomycorhizienne de *Q.suber*, *P. halepensis*

L'observation macroscopique des racines vidées et colorées de racines de 10 plants des deux espèces étudiées a montré que les racines endomycorhizées avec des diverses structures endomycorhiziennes telles que les arbuscules, les vésicules de différentes formes ronde, ovale, et de tailles variables intracellulaires ou extracellulaires et des hyphes intra et extracellulaires (fig 23).

La fréquence de mycorhization chez le Pin d'Alep est à 83.99 ± 16.08 % endomycorhizées à le chêne liège a enregistré des fréquences à 100% chez à l'âge de 2-3 mois puis une baisse jusqu'à 78.18 ± 13.36 chez les plants d'une année (Tableau 8)

La colonisation arbusculaire a également enregistré une allure identique avec 31.66 ± 19.42 chez le pin d'Alep. Chez le chêne a enregistré à deux et trois mois et à un an de croissance des valeurs respectives de 112.76 ± 49.99 % et 20.42 ± 20.77 %.

Tableau 9. Comparaison des moyennes des facteurs d'endomycorhization chez les plants de *Quercus suber* (1an et 2-3mois) et *Pinus halepensis* de la pépinière de ERGR Djurjura.

| Traitements | Pin d'Alep | Chêne liège de 2 mois | Chêne liège d'un an | Probabilité |
|--------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-------------|
| Fréquence Mycorhizienne% | $83.99 \pm 16.08a$ | $100 \pm 0b$ | $78.18 \pm 13.36a$ | 0.000*** |
| Arbuscule% | $31.66 \pm 19.42a$ | $112.76 \pm 49.99b$ | $20.42 \pm 20.77a$ | 0.000*** |
| Vésicule% | $37.13 \pm 42.12 b$ | $134.81 \pm 82.16 c$ | $24.7 \pm 25.85 a$ | 0.000*** |
| M% | $27.03 \pm 10.10 b$ | $55.98 \pm 9.55 c$ | $6.94 \pm 5.20 a$ | 0 *** |
| m% | $31.20 \pm 8.53 c$ | $19.21 \pm 3.28 b$ | $8.46 \pm 6.10 a$ | 0.000 *** |



Figure 23. Les différentes structures endomycorhiziennes observées. au niveau des racines du pin d'Alep et du chêne liège.

Discussion générale

Selon les résultats obtenus, nous pouvons attester que :

Les plants de chêne liège présentent ont présenté une croissance en diamètre plus marquée, avec une moyenne de $3,45 \pm 18,35$ mm pour les plants âgés d'une année et de $1,82 \pm 26,84$ mm pour ceux de 2 à 3 mois. Les plants de pin d'Alep montrent une croissance en diamètre plus faible, $1,46 \pm 0,71$ mm.

Le ratio de robustesse (Hauteur/Diamètre mm) calculé pour les plants de chêne liège été de 8,88 pour ceux âgés d'un an et de 8,20 pour ceux de 2 à 3 mois. Les plants de pin d'Alep ont quant à eux ont enregistré un ratio de robustesse moyenne plus élevé de 12,46. En effet, Selon Lamhamediet *al.* (1997), un ratio de robustesse (H/D) inférieur à 7 est recommandé pour garantir une bonne qualité des plants forestiers. Les valeurs observées pour les chênes lièges dépassent ce seuil, indiquant une robustesse potentiellement inférieure aux standards recommandés. Les plants de pin d'Alep, avec un ratio de 12,46, montrent une robustesse encore moins favorable par rapport à la norme.

Les variables de production de biomasse aérienne et racinaire ont montré que les plants de chêne-liège un coefficient de variation faible attestant d'homogénéité de la population obtenue et des conditions situationnelles identiques de production au niveau de la pépinière.

Les plants de pin d'Alep par contre a révélé un coefficient de variation très élevé pour la biomasse aérienne et racinaire, indiquant une grande variabilité dans la croissance de cette espèce qui pourrait être expliqué par la présence de plusieurs plants par conteneur pour la majorité des plants.

Nous avons déploré la présence de malformations tels que la formation de cross et de chignon, au niveau de système racinaire des plants des deux espèces. Le taux de cross a atteint jusqu'à 82% et le taux de chignon a atteint un pourcentage de 56% notamment chez le chêne liège.

Nous avons également observé la présence des deux mycorhizes chez les deux espèces, les ectomycorhizes et les endomycorhize., La dominance des ectomycorhizes contact et courte et une moyenne de 79.96% pour le type contact et 27.88% pour les types d'exploration courte, moyenne et longue distance.

Les racines des deux espèces étaient bien endomycorhizées avec des fréquences variant de 78% à 100% et d'intensité arbusculaire et vésiculaire relativement inférieur à 50% pour les plants d'une année et très élevées chez les plants de 2-3 mois.

Conclusion

L'analyse des plants produits au niveau de la pépinière et destinés aux projets de reboisement, de barrage vert et d'espace vert au niveau de la région de Tizi-Ouzou a permis de mettre en évidence des caractéristiques morphométriques et un taux de mycorhization des plants variables selon que ce soit le chêne liège ou le Pin d'Alep.

Notre contribution a permis de noter la présence de malformations du système racinaire, telles que les chignons et les crosses en abondance soit plus de 50 % était porteur de malformations notamment chez le chêne liège de 2- 3 mois et ceux d'une année. Le ratio de robustesse (H/D) attestant de la vigueur des plants chez le chêne liège a été supérieur à la norme internationale requise.

De plus, le pin d'Alep étant un résineux à croissance lente a présenté moins de malformations au niveau du système racinaire. Cependant, le Ratio de robustesse a révélé une croissance déséquilibrée en faveur de la hauteur évoquant une compétition des plants pour la lumière. En effet, nous avons déploré le manque d'opération de nettoyage des plants induisant la présence de plusieurs plants par conteneur.

L'analyse de la colonisation mycorhiziennes des racines des plants des deux espèces a enregistré la présence des deux types de mycorhize que ce soit chez le chêne liège et le Pin d'Alep avec des taux élevés atteignant plus de 70% du système racinaire avec, cependant, une colonisation plus importante chez le pin d'Alep qui serait plus adapté au sol de Cap Djinet à phneutre.

Références bibliographiques

A. Aouadi, M. Khaznadar, H. Aouadi. La relance du chêne-liège dans le Plan national de reboisement en Algérie -. Forêt Méditerranéenne, 2010, XXXI (1), pp.45-54. fihal-03556234ff

AGERER R. 1987-2002. Colour atlas of ectomycorrhiza. SchäbischGmünd. Munich:Einhorn-Verlag.

AGERER 2001. Exploration types of ectomycorrhizae. Aproposol to classify

Agerer R., 1987. Studies on ectomycorrhizae XI. Mycorrhizaefromed by cortinariusbobtusus and C. venetus on spruce. Mycologia, 79 (4):524-539.

Agerer R., 1988-1990. Colour atlas of ectomycorrhizae, Agerer (ed.). einhorn- Verlag, SchwabishGmund.

Agerer R., 1991. Characterization of ectomycorrhiza. In:J.R.Norris, D. J. Read & A. K. Varma (eds.).experimentwithmycorrhiza. Methods in microbiology. Acad. Press, 23: 25-73.

Agerer R., 1995.anatomical characteristics of identifedectomycorrhizas: an attempttowards a natural classification. In:Mycoorrhiza: structure, function. molecularbiology and biotechnolog. A. Varma& B Hock (eds). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 85-734.

A. Aouadi, M. Khaznadar, H. Aouadi. La relance du chêne-liège dans le Plan national dereboisementen Algérie -. Forêt Méditerranéenne, 2010, XXXI (1), pp.45-54. fihal-03556234ff

Belghazi B., Ezzahiri M., Amhajar M., et Benziane M., 2001. Régénération artificielle du chêneliègedans la forêt de la Maâmora (Maroc). Forêt méditerrannéennet.XXII., 3: 253-261.

Bekdouche F., 2010. Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (Nord Algérien). Thèsede Doctorat. Université Tizi-Ouzou,

Boudy P., 1952. Guide de forestier en Afrique du Nord. La maison Rustique. Librairie Agricole,Horticole, Forestière et Ménagère. Paris, 505p

Boudy P., 1955. Economie forestière nord-africaine. Tome 4. Description forestière de;Algérie et dela Tunisie. Larose. Paris, 483p

Bugalho M.N., Caldeira M.C., Pereira J.S., Aronson J., et Pausas J.G., 2011a. Les savanes de chênes-lièges méditerranéens nécessitent une utilisation humaine pour soutenir la biodiversité et les services écosystémiques. *Deface. Ecol. Environ.*, 9: 278-286.

El Hariri, K., Dommergues, J. L., Meister, C., Souhel, A., & Chafiki, D.

Duponnois., 2013. Généralités sur la symbiose mycorhizienne : Introduction. *Ecosystemes méditerranéens, tropicaux et insulaires* IRD Editions. Institut De Recherche Pour le Développement. Marseille, 2013., ISBN:9782-7099-1827-5.

FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), 2013. *Etat des forêts méditerranéennes*. 213p

Khelifi H., 1987. Contribution à l'étude phytoécologique et phytosociologique des formations à chêne liège dans le Nord est algérien. Thèse de magister. Université Alger.

Lepoutre B., 1965. Régénération artificielle du chêne liège et équilibre climatique de la subéraie en forêt de la Mamora. *Ann. Rech. For. Maroc*, 279p

Natividade J.V., 1956. Subériculture. Ed Française de l'ouvrage Portugais Subériculture. E.N.E.F. Nancy, 303 p.

Peterson, L.R., Wagg, C. and Pautler, M. 2008. Association between microfungi and roots: do structural features indicate function? *Botany*, 86: 445-456..
Actualités Botaniques, 127(1), 97-106.

Pausas J.G., Pereira J.S., et Aronson J., 2009. The tree. In : Aronson J., Pereira J.S., et Pausas J.G., *Corke oak woodlands on the edge. Ecology, adaptive management and restoration*. Island Press, Abingdon, Oxfordshire, UK. 11-21p

Puyo J.Y., 2004. Les premiers temps de la mise en valeur coloniale des suberaies algériennes. le triste épisode des concessions privées. 16p

Plenchette C., 1982. Les endomycorhizes à vésicules et arbuscules (VA); un potentiel exploiter en agriculture. *Phytorotection* 63 (2): 86-108.

- Plenchette C., 1982. Recherche sur les endomycorhizes à vésicules et arbuscules. Influence de la plante-hôte, du champignon et du phosphore sur l'expression de la symbiose endomycorhizienne. Ph. D Thesis, Univ. Laval, Québec, Canada.
- R.T. Bouhraoua, R. Piazzetta, A. Berriah. Les reboisements en chêne-liège en Algérie, entre contraintes écologiques et exigences techniques. Forêt Méditerranéenne, Forêt Méditerranéenne, 2014, XXXV (2), pp.171-176. fahal-03556579
- Strullu D.G., 1991. Les relations entre les plantes et les champignons. In: Les endomycorhizes des arbres et plantes cultivées. 3ème édition. Lavoisier.
- Strullu, D.G. 1991. Les relations entre les plantes et les champignons. In: Les endomycorhizes des arbres et plantes cultivées. 3ème édition. Lavoisier.
- Strullu, D.G. 1991. Les relations entre les plantes et les champignons. In: Les endomycorhizes des arbres et plantes cultivées. 3ème édition. Lavoisier.
- Strullu; 1991. Mycorhize et développement des plantes
- Strullu D.G., 1991. Les relations entre les plantes et les champignons. In: Les endomycorhizes des arbres et plantes cultivées. 3ème édition. Lavoisier.
- Strullu, D.G. 1991. Les relations entre les plantes et les champignons. In: Les endomycorhizes des arbres et plantes cultivées. 3ème édition. Lavoisier.
- Strullu, D.G. 1991. Les relations entre les plantes et les champignons. In: Les endomycorhizes des arbres et plantes cultivées. 3ème édition. Lavoisier.
- Thiron M., 1978. Quelques aspects floristiques et pédologiques de l'incidence écologique des reboisements du mont ventoux. In: Du Marle P. (Ed), le massif
- Smith, S.E. and Read, D.J. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Second edition. Academic press.
- Yessad S.A., 2000. Le chêne-liège et le chêne dans les pays du méditerrané occidental. Edition ASBLforet. Wallonne, 190
- Zeraia L., 1982. le chêne-liège, phytosociologie, édaphologie, régénération et productivité. Institut national de la recherche forestière. 159p.
- Zeraia L., 1982. le chêne-liège, phytosociologie, édaphologie, régénération et productivité. Institut national de la recherche forestière. 159p
- Zine M., 1992. Situation et perspectives d'avenir du liège en Algérie. Actes du colloque « lessubéraies méditerranéennes ». Vives, 98-107p. nne, 2014, XXXV (2), pp.171-176. fahal-0355657

Résumé

En Algérie, La qualité des plants est parmi les principales causes de l'échec de reboisement conjuguées au manque de suivi après plantation. L'objectif est de déterminer la qualité des plants produits au niveau de la pépinière ERGR Djurdjura. Notre intérêt s'est porté sur deux espèces principalement utilisées dans les projets de reboisement en Algérie à savoir le chêne liège et le pin d'Alep. Un total de 135 plants forestiers ont fait l'objet de mesure de hauteur, diamètre au collet, biomasse aérienne, racinaire, matière sèche et présence ou non de malformations en crosse et chignon. L'estimation de la longueur racinaire ectomycorhizées a été réalisée par la méthode de la Gridline. l'estimation de la colonisation endomycorhizienne a été estimée selon les facteurs de Trouvelot(1986). Les résultats ont permis de constater que les plants de chêne liège obtenus étaient hétérogènes avec des diamètres moyens de $3,45 \pm 1,83$ mm pour les plants d'un an, et $1,82 \pm 2,68$ mm pour ceux de 2 à 3 mois avec des coefficients de variation dépassant respectivement 26% et 18%. Les plants de pin d'Alep ont été plus homogènes présentés une croissance de $1,46 \pm 0,71$ mm. Le ratio de robustesse calculé pour les plants de chêne liège était de 8,88 pour les plants d'un an et de 8,20 pour ceux de 2 à 3 mois, bien supérieur au seuil recommandé de 7. Les plants de pin d'Alep ont enregistré un ratio de 12,46, attestant de la mauvaise vigueur des plants. Les plants de pin d'Alep ont, également, présenté une grande variabilité en production en biomasse, probablement due à la densité élevée des plants par conteneur. Des malformations racinaires ont été observées chez les deux espèces à des taux supérieurs à 48 % des populations. Quant à l'aspect symbiotique, les racines des deux espèces ont présenté des ectomycorhizes et endomycorhizes avec des taux de colonisation importants. Les résultats obtenus attestent d'une qualité médiocre des plants produits en pépinière et de l'installation de commission rigoureuse de contrôle de la qualité des plants utilisés dans les reboisements.

Mots clés : chêne liège, pin d'Alep, qualité des plants, pépinière, morphométrie, mycorhizes.