

République Algérienne Démocratique et
Populaire Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'étude En vue de l'obtention du diplôme :

MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité: Sciences forestière

THEME :

Approche comparative du comportement de quatre chênes
élevés en pots et leurs communautés endomycorhiziennes
soumis à différentes conditions de stress

Présenté Par

BELLABIOD SOFIA

HAMEL LYDIA

Soutenu devant les membres du jury:

Membre du Jury	Nom et Prénom	Grade
Présidente	Mme. HARCHAOUI-BOURNINE C.	MCB-UMMTO
Examinatrice	Mme. MEZAOUR-DIBI N.	MAA-UMMTO
Promotrice	Mme. KADI-BENNANE S.	MCA-UMMTO

2021/2022

Remerciements

À travers ce modeste travail nous tenons à exprimer notre profonde gratitude au bon Dieu de nous avoir donné la force pour le réaliser.

*Nous tenons à remercier particulièrement notre promotrice **Mme KADI-BENNANE.S**, Docteur Maitre de conférences classe B au département des sciences agronomiques de l'U.M.M.T.O qui nous a encadré, et qui nous a considéré comme ses propre enfants et conseillés tout au long de la réalisation de ce travail, et grâce à qui ce mémoire a vu le jour.*

*Nous sommes très honorées de la présence de **Mme HARCHAOUI-BOURNINE.C** Docteur Maitre de conférences classe B au département des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'U.M.M.T.O qui a présidé le jury.*

*Nous exprimons nos vifs remerciements à **Mme DIBI –MEZAOU.N**, Maitre assistante classe A au département de sciences biologiques et des sciences agronomiques pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué à l'aboutissement de ce modeste travail, particulièrement toute l'équipe du laboratoire mycorhize et spécialement l'ingénieur de laboratoire **Mme BEDDAD.K** et **Mme AITGHARBI A.***

*Nous tenons à remercier aussi tous les gens de l'INRF et les gens de parcs national du Djurdjura, particulièrement l'équipe de **TOUMI Ahmed, Marezouk, Khaled et Kamel**, ainsi que l'ingénieure du laboratoire pédologie à l'Institut de l'INSAA **Mr LAABADI redouine.***

*Enfin, nos profondes reconnaissances à tous les enseignants de l'U.M.M.T.O et particulièrement **nos enseignants de la foresterie** et ceux qui ont contribué de près ou de loin à notre formation avec beaucoup de compétences.*

Dédicace

Louange à dieu tout puissant qui nous à permis d'aboutir se travail.

Beaucoup de mots, d'émotions et peu de paroles pour m'exprimer.

*À toi **Papa** qui à tant voulu me voir terminer mes études c'est à toi que je veux offrir mes premiers vers, Père! J'en ai cueilli les strophes un peu rudes, la haut, dans ton Rouergue aux âpres solitudes tu ne les lirais point, hélas je le sais. Car tes dans un monde meilleur avec le dieu tous puissant, dans le seul souhait, que tu sois fière de moi.*

*À toi **Maman** mon étoile, mon idole, ma combattante, ma source de tendresse, de courage, beaucoup de travail mais surtout de patience. Ça n'a pas été facile pour toi mais tu es arrivé, que ce travail soit l'exemple de ma gratitude, de mon affection et de mon remerciement.*

*Aux êtres les plus chères au monde, à la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur. A ceux dans je n'imagine mes jours sans eux et la terre serai invivable sans eux. **Vava, Yemma**. Que ce travail soit le témoignage de ma reconnaissance envers votre confiance, vos sacrifices et votre tendresse.*

Pour mon bras droit, mon homme, à toi mon frère que j'aime et dans je remercie dieu d'avoir.

*À vous **Da Ammar**, et **Ta Nadia** qui m'ont comblé d'amour et d'affection merci d'exister dans ma vie.*

À ma famille un par un, vous qui êtes la pour moi.

*À mes tantes, ta **Farida**, ta **Malika**, ta **Djamila**, ta **fariza**, ta **Nora**.*

*À mes oncles, **Kamel**, **Rachid**, **Mohamed** et **Mohamed**,*

*À leurs femmes **Farida**, **Mika**, **Hafida**, **Dalila**,*

Et à tous mes cousins et cousines

*À mes chères amies, **Houda**, **Chahira**, **Katia**, **Nesrine**, **Amel**, **Boussad**, **Josef**, **Sofiane**.*

*À mes chères camarades, particulièrement **Nesrine**, **Kenza**, **Zina**, **Yasmine**, **Houria**, **Sihem**, **Fadila**, **Samira**, **Kahina**, **Massissilia**, **Lyes**, **Sofiane**, **Belaid**.*

*À toute la promotion **Science Forestière***

*À mon binôme et chère amie : **Lydia** et sa Famille.*

*Affectueusement : **Sofia***

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

*Ma très chère mère **Malika**,*

Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte. En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée.

*À mon cher père **Farid**,*

L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager. Aucune dédicace ne serait exprimer mes sentiments, que dieu te préserve et te procure santé et longue vie.

*À mes grands pères **Ahmed et Tassekkurt** Qui ont toujours été là pour moi, que dieu les protège*

À mes frères:

Boualem et Walid, Toufik, Sofiane, Mohammed, Massi, Hicham et Jugurta

et leurs femmes :

Nadjet, Cylia, Nawel, Kahina, Hania

- À mes chères sœurs ;

Lynda, Kahina, Safia et Yasmine.

- A mes petits ;

Ahmed, samy, Meriam, Hakima, céline, sarah, Maria, Youssra, Yacine, Aksel, Aylan, celine, Iline, Mayass, Maram, Norssine, Malak, Mayassine.

- A tous qui m'ont encouragé et

Soutenu dans mes moments les plus difficiles

*Particulièrement, **Billal, Iyes, Belaid, Ali, Sofiane, Mustapha, Aldjia, Naima, Fatiha, Nessrine, Siham, Kenza, Dahbia, Nedjma, Yasmine, Horia, Fadhila, Zina, Samira, Kahina.***

À toute la promotion Science Forestière

À mon binôme et chère amie : Sofia et sa Famille.

*Affectueusement : **Lydia***

Table des matières

I.1.Introduction :	3
I.2: Généralités sur le genre <i>Quercus</i> :	6
I.2.1. Chêne vert (<i>Quercus Ilex</i>). :	7
I.2.2: Le chêne liège (<i>Quercus suber</i> L.) :	7
I.2.3: Le chêne zeen (<i>Quercus canariensis</i>) :	8
I.2.4: Le chêne afares (<i>Quercus afares</i>) :	9
I.3.La symbiose mycorhizienne: :	9
I.3.1. Définition des mycorhizes :	9
I.3.2. Les différents types de mycorhizes :	10
I.3.2.1: Les endomycorhizes: :	11
I.3.2.2. Les mycorhizes éricoïdes :	12
I.3.2.3. Les mycorhizes orchidoïdes :	12
I.3.2.4. Les mycorhizes arbutoïdes et monotropoïdes (Sebacénoïdes) :	12
I.3.2.5. Les endomycorhizes à arbuscules :	12
I.3.2.7: Les ectendomycorhizes :	14
I.3.3. Bénéfices liés à la symbiose endomycorhizienne :	14
II. 1. Problématique	20
II.2. Mise en place de protocole expérimental :	20
II.2.1: La transplantation :	23
II.2.3. Stress hydrique:	25
II.3. Variables mesurées :	25
II.4. Les caractéristiques physiques et chimiques de sol :	28
II.5.Évaluation de l'Indice de dépendance mycorhizien relative (IDMR) :	28
II.6. Mise en évidence du potentiel mycorhizien des sols utilisés :	29
II.7. Observation d'endomycorhizes des quatre espèces de chênes :	31
II.7.1. Coloration et observation des systèmes racinaires :	31
III. Analyse physico-chimique du sol naturel et sol stérile	35
III.1.1.Le pH du sol.....	36
III.2. Évaluation de la cinétique de croissance des 4 espèces de chêne	37
III.2.1. Cinétique de croissance des plants de <i>Quercus ilex</i>	37

III.2.1.1. Ratio de robustesse.....	37
III.2.1.2. Entre-nœuds	38
III.2.2. Cinétique de croissance des plants de <i>Quercus suber</i>	39
III.2.2.1. Ratio de robustesse.....	39
III.2.2.2. Entre-nœuds	40
III.2.2. Cinétique de croissance des plants de <i>Quercus afares</i>	42
III.2.2.1. Ratio de robustesse.....	42
III.2.2.2. Entre-nœuds	43
III.2.2. Cinétique de croissance des plants de <i>Quercus canariensis</i>	44
III.2.2.1. Ratio de robustesse.....	44
III.2.2.2. Entres nœuds	45
III.3. Analyse descriptive des plants de chênes.....	47
III.3.1. Ratio de robustesse (RR)	47
III.3.2. Les entres nœuds.....	48
III.4. Le pouvoir endomycorhizogène du sol :.....	51
III.5. La symbiose endomycorhizienne des 4 types de chêne : <i>Q. ilex</i> , <i>Q. suber</i> , <i>Q. canariensis</i> , <i>Q. afares</i> :.....	56
III.6. Effets des différents traitements sur la croissance et l'endomycorhization du chêne	62
III.6.1. Chêne vert	62
III.6.2. Chêne afares.....	63
III.6.3. Chêne zeen	65
III.6.4. Chez le chêne liège	66
III.7. Effet de la communauté endomycorhizienne sur les variables de croissance des plants de différents chênes.....	68
Discussion :	70
Conclusion générale	75
Références bibliographiques	
Annexes	
Séminaires et attestations	

Liste des figures

Figure 1: La répartition du patrimoine forestier algérien.....	4
Figure 2: Situation du genre <i>Quercus</i> dans le monde (Romuald, 2007).	6
Figure 3: Représentation schématique des sections transversales des huit types de mycorhizes (Garbaye, 2013).	10
Figure 4: le tamisage et la stérilisation de sol.	20
Figure 5: Schéma explicatif de diapositif expérimental de l'expérience.	22
Figure 6A-D: Protocole expérimentale en bloc aléatoire complet de la plantation des plants de <i>Quercus ilex</i> , <i>Quercus canariensis</i> , <i>Quercus afares</i> et <i>Quercus Suber</i> (Hamel et Bellabiody2022) A, B : Premier stade de germination ; C : stade intermédiaire; D : stade finale des plants.	22
Figure 7: Protocole expérimental de plants transplantés des différents traitements (Bellabiody et Hamel 2022).	23
Figure 8: Plants dépotés à la fin de l'expérimentation (Bellabiody et Hamel 2022).	25
Figure 9: Les différents paramètres mesurés sur une plantule (Hamel et Bellabiody 2022). ...	27
Figure 10: protocole de mesure du pH du sol(Bellabiody et Hamel 2022).	28
Figure 11: étapes de la mise en place du protocole d'étude du potentiel mycorhizogène de sol étudié. (Hamel et Bellabiody 2022).	30
Figure 12:A-C: Différentes étapes du protocole d'observation des endomycorhizes. (Bellabiody sofia et Hamel lydia 2022).	32
Figure 13: Cinétique hebdomadaire de l'évolution du ratio de robustesse (RR) des plants de chêne vert selon les traitements (sol stérile (SS) ; naturel (SN) ; transplantés (TR) ; non transplantés(NTR) ; stressé(S) ; non stressé (NS))	38
Figure 14: Cinétique de croissance hebdomadaire des entre-nœuds (EN) des plants du chêne vert selon les traitements (sol stérile (SS), naturel (SN), transplantés (TR) et non transplantés(NTR), stressé (S) et non stressé (NS))	39
Figure 15: Cinétique hebdomadaire de l'évolution du ratio de robustesse (RR) des plants du chêne liège selon les traitements (sol stérile (SS), naturel (SN), transplantés (TR) et non transplantés(NTR), stressé (S) et non stressé (NS))	41
Figure 16: Cinétique hebdomadaire de l'évolution de la distances des entres nœuds (EN) des plants du chêne liège selon les traitements (sol stérile (SS), naturel (SN), transplantés (TR) et non Transplantés(NTR), stressé (S) et non stressé (NS))	42
Figure 17: Cinétique hebdomadaire de l'évolution du ratio de robustesse (RR) des plants du chêne afares transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé.....	43
Figure 18: Cinétique hebdomadaire de l'évolution de la distances des entres nœuds (EN) des plants du chêne afares transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé	44
Figure 19: Cinétique hebdomadaire de l'évolution du ratio de robustesse (RR) des plants du chêne zeen transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé.....	46
Figure 20: Cinétique hebdomadaire de l'évolution de la distances des entres nœuds (EN) des plants de chêne zeen transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé ..	46
Figure 21: Hyphes et les poils absorbants au niveau des racines de la coriandre (A-D-E : Hyphes Extra matricielle, B/C : Poils absorbants, F : Hyphes intercellulaire).....	52
Figure 22 : Endophytes selon différentes fréquences au niveau des racines de la coriandre ..	53

<i>Figure 23: Vésicules selon différents fréquences au niveau des racines de la coriandre. Erreur ! Signet non défini.</i>	
<i>Figure 24: Les spores au niveau des racines de la coriandre</i>	<i>55</i>
<i>Figure 25: Les arbuscules au niveau des racines de la coriandre</i>	<i>55</i>
<i>Figure 26: Hyphes et pelletons selon différents fréquences au niveau des racines des chênes étudié (chêne liège, chêne vert, chêne afares, chêne zeen)</i>	<i>57</i>
<i>Figure 27: Les endophytes selon différents fréquence au niveau des racines des chênes étudié (chêne liège, chêne vert, chêne afares, chêne zeen)</i>	<i>58</i>
<i>Figure 28 : Les vésicules selon différents fréquences au niveau des racines des chênes étudié (chêne liège, chêne vert, chêne afares, chêne zeen).</i>	<i>59</i>
<i>Figure 29 : Les spores selon différents fréquences au niveau des racines des chênes étudié (chêne liège, chêne vert, chêne afares, chêne zeen)</i>	<i>60</i>
<i>Figure 30: Les arbuscules selon différents fréquences au niveau des racines des chênes étudié (chêne liège, chêne vert, chêne afares, chêne zeen)</i>	<i>61</i>
<i>Figure 31: Comparaison des variables de croissance des plants de chêne vert soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).</i>	<i>62</i>
<i>Figure 32: Comparaison des variables d'endomycorhization des plants de chêne vert soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).</i>	<i>63</i>
<i>Figure 33 : Comparaison des variables de croissance et d'endomycorhization des plants de chêne afares soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).</i>	<i>64</i>
<i>Figure 34 : Comparaison des variables d'endomycorhization des plants de chêne afares soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).</i>	<i>64</i>
<i>Figure 35 : Comparaison des variables de croissance des plants de chêne zeen soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).</i>	<i>65</i>
<i>Figure 36 : Comparaison des variables d'endomycorhization des plants de chêne zeen soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).</i>	<i>66</i>
<i>Figure37 : Comparaison des variables de croissance des plants de chêne liège soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).</i>	<i>67</i>
<i>Figure38 : Comparaison des variables d'endomycorhization des plants de chêne liège soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).</i>	<i>67</i>
<i>Figure 39: Histogramme des indices de dépendances mycorhiziennes relative des quatre chênes (PS : Plant stressé, PNS : Plant non stressé, PTR : Plants transplantés).....</i>	<i>69</i>

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Développement de la superficie forestier en Algérie de (1830-2011).</i>	3
<i>Tableau 2 : Principaux chênes Algériens et leurs superficies (ha).</i>	6
<i>Tableau 3 : Caractéristiques des principaux types mycorhiziens (Fortin et al., 2008).</i>	11
<i>Tableau 4: tableau explicatif des différents traitements subi par les plants des différents chênes.</i>	23
<i>Tableau 5: tableau récapitulatif de nombres espèces traité durant l'expérimentation.</i>	24
<i>Tableau 5: Les différentes étapes de la coloration des racines selon la technique décrite par Phillips & Hayman (1970).</i>	31
<i>Tableau 6: Analyse granulométrique de deux sols.</i>	35
<i>Tableau 7: Analyse physicochimique du sol stérile et naturel</i>	35
<i>Tableau 8: Suivie de l'analyse du pH du sol pour les deux traitements « stérile et naturel» pendant l'expérimentation.</i>	36
<i>Tableau 9: Statistiques descriptives du ratio de robustesse des plants des différentes espèces de chêne. (CV : chêne vert, CL : Chêne liège, CZ : chêne zeen, CA : chêne afares, SS : sol stérile, SN : sol Naturel, CV : Coefficient de variation ; CAs : Coefficient d'Asymétrie ; CAp : coefficient d'aplatissement).</i>	47
<i>Tableau 10: statistiques descriptives de la croissance des entre nœuds des plants des différentes espèces de chêne. (CV : chêne vert, CL : Chêne liège, CZ : chêne zeen, CA : chêne afares, SS : sol stérile, SN : sol Naturel CV : Coefficient de variation ; CAs : Coefficient d'Asymétrie ; CAp : coefficient d'aplatissement).</i>	48
<i>Tableau 11: Coefficient des corrélations entre la température - la vigueur (RR) des plants et la longueur des entre-nœuds chez les plants de chêne (CV : Chêne vert, CL : Chêne liège, CA : Chêne afares, CZ : Chêne zeen)</i>	50
<i>Tableau 12: Les facteurs d'endomycorhization de la coriandre semé sur le sol de la chênaie</i>	56

Introduction générale

Les forêts du monde sont menacées. Elles sont soumises à de nombreuses pressions qui causent une constante diminution des surfaces boisées (Schlaepfer, 1987).

L'effort national destiné à étendre la couverture forestière n'arrive même pas à compenser les pertes dues principalement aux facteurs anthropiques, incendies, surpâturage et l'exploitation anarchique de la Forêt. La végétation forestière notamment la chênaie est par conséquent en constante régression (DGF., 2004).

Bien que la direction générale des forêts et les gestionnaires forestiers lancent chaque année des programmes de reboisement à l'échelle nationale de grande envergure et mènent au quotidien des actions de préservation et de renforcement de patrimoine forestier, il ne reste pas moins que le taux d'échec qui avoisine en moyenne les 70 % à 80% (Hamrouniet al.2011).

La symbiose mycorhizienne, qui concerne 80 % des espèces de plantes terrestres (Wang et Qiu, 2006). L'avantage de cette symbiose ne se limite pas aux deux partenaires, mais concerne aussi l'intégrité de l'écosystème puisqu'elle améliore la qualité du sol (Caravacaet al. 2002), la symbiose mycorhizienne est indispensable chez certaines plantes supérieures qui doivent obligatoirement être mycorhizées pour leur alimentation en eau et en sels minéraux (Lavaud, 2019). Elle est considérée par plusieurs auteurs tel une solution pour la réhabilitation des sols dégradés voir mort et permet la recolonisation des écosystèmes (Smith et Read, 2003 ; Garbaye2013).

Notre contribution a pour objectif, l'étude de l'effet de la microflore du sol et de la symbiose endomycorhizienne sur la croissance et la production des jeunes plants des quatre espèces de chêne : *Q. suber*, *Q. canariensis*, *Q. afares* et *Q. ilex* élevés en pots sur sol stérile et sol naturel dont nous avons suivi l'évolution de la croissance et la production des plants selon le stress de transplantation, le nettoyage et le stress hydrique.

Ce présent travail est scindé en trois chapitres :

- ✓ introduction générale.
- ✓ Chapitre1 : une synthèse bibliographique.
- ✓ Chapitre2:Présentation de matériel utilisés et méthodes réalisées au niveau de laboratoire de recherche.
- ✓ Chapitre3 : Traitement des données, l'interprétation et la discussion

- ✓ Conclusion générale.

Chapitre I

Synthèse bibliographiques

I.1.Introduction :

Les écosystèmes de type méditerranéens (Méditerranéen-Type écosystèmes) sont parmi les biomes les plus vulnérables au changement climatique (IPCC, 2007), ainsi que le montre le faible recrutement des espèces ligneuses dans ces régions en raison du fort taux de mortalité induit par la sécheresse durant les premières années de vie des semences (Gomez-Aparicio et al. 2004).

La forêt Algérienne est essentiellement de type méditerranéen. Il y a deux siècles, elle couvrait 5 millions d’hectares (KaziAoual et Rachedi, 2010). Selon Alatou, (1994), les différents chênes (vert, liège, zeen, kermès et afarès) représentent un capital forestier qui couvre des superficies étendues notamment dans le Nord et le Nord-est, soit environ 40 % de la forêt Algérienne. Aujourd’hui, elle ne couvre que 3,9 millions d’hectares dont 2 millions sont constituées des forêts dégradées (maquis et garrigues). De 1830 à 1955, la forêt algérienne a perdu 1,815 millions d’hectares entre 1955 à 1997.

Tableau 1 : Développement de la superficie forestier en Algérie de (1830-2011).

Années	(Kazi Aoual et Rachedi, 2010) 1830	(Bensaïd et al., 2006) 1888	(boudy, 1955 in Louni, 1994)	(Titah, 2011)
Superficie (ha)	5 000 000	3 247 692	3 800 000	4 671 400

La répartition du patrimoine forestier algérien est à de près de 60% occupés par les maquis, Comme le démontre la carte de répartition des forêts (Figure 1), la prédominance des maquis témoigne de l’état de dégradation des forêts algériennes et de la succession régressive des écosystèmes forestiers.

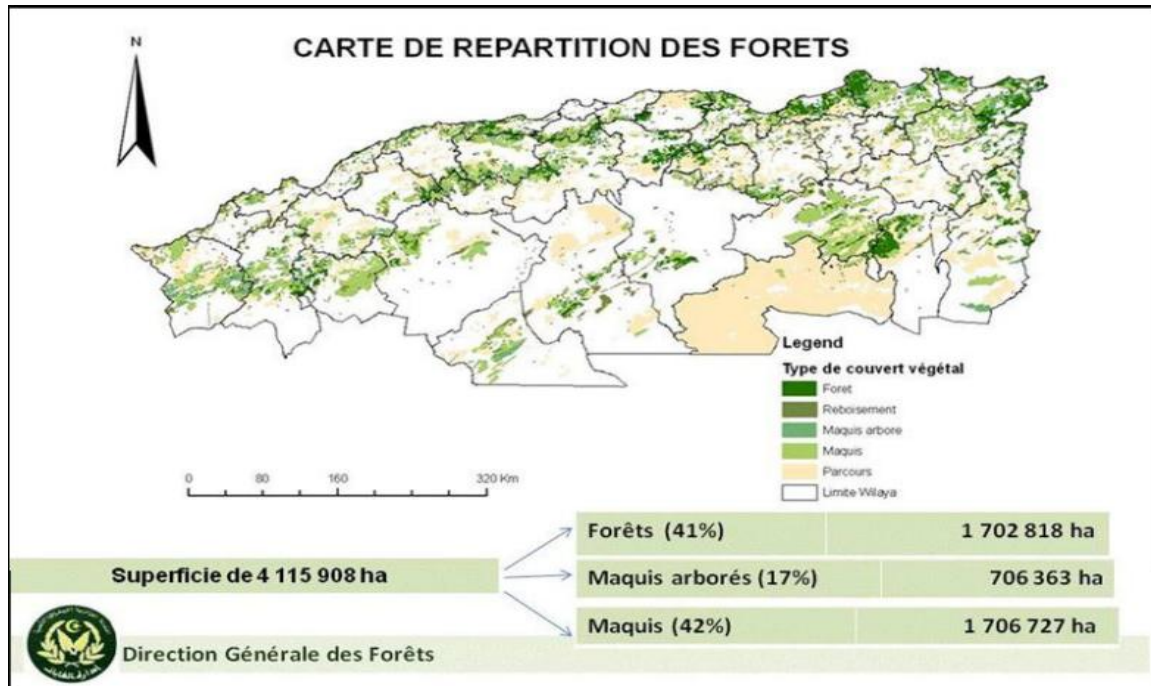


Figure 1: La répartition du patrimoine forestier algérien.

Avec le changement climatique, les facteurs de destruction des écosystèmes forestiers notamment des chênaies sont variés. Cependant, les plus significatifs sont les feux de forêt, aggravés par le surpâturage qui empêche le renouvellement naturel et artificiel des peuplements forestiers. L'érosion des sols, qui succède aux feux, contribue, également, en appauvrissant les sols rendant le renouvellement des peuplements difficiles voire impossible. La forêt subit une dégradation progressive.

En Algérie, les feux de forêt ont consommé une superficie forestière totale évaluée à 1 556 807 ha, durant la période 1963-2007(45 ans), (Meddour-Sahar et al., 2008), le surpâturage et la charges pastorales deux à trois fois plus élevées que la charge maximale (Quézel et al., 1992 ; Quézel, 2003 in Quézel et Médail, 2003) ; une érosion des sols, la sécheresses et la désertification de plus en plus sévères et plus longues dues au changement climatique (Van Mantgem et al., 2009 ; Zhao et Running 2010) conjuguées à une convoitise des espaces forestiers (coupes de bois, défrichement de parcelles pour différents usages, l'arrachage de plantes commercialisables) (BNEDER 2018) sont tant de facteurs de dégradations qui mettent en mal les écosystèmes forestiers.

Ces aléas qu'ils proviennent de causes naturelles ou d'activités anthropiques provoquent la disparition des populations naturelles associées aux champignons mycorhiziens que rendent

nécessaires le recours à la régénération artificielle et l'utilisation entre autres de la mycorhization contrôlée des plants produits en pépinière pour réhabiliter ces écosystèmes dégradés qui nécessite de bonnes pratiques des reboisements. Bien que la direction générale des forêts et les gestionnaires forestiers lancent chaque année des programmes de reboisement à l'échelle nationale de grande envergure et mènent au quotidien des actions de préservation et de renforcement de patrimoine forestier, il ne reste pas moins que les taux d'échecs avoisinent en moyenne les 70 % à 80% (Hamrouni et al .2011), Pourquoi ?

La réponse à cette question est multiple :

Le mauvais choix des espèces implantées (méconnaissance des exigences de l'espèce), ce qui engendre des pertes considérables d'argent et de temps.

La crise de transplantation, difficulté majeure du reboisement, est aggravée dans les écosystèmes méditerranéens de la rive méridionale aux fortes contraintes édaphiques (sols à faible teneur en éléments minéraux assimilables composé au stress hydrique).

Le Statut mycorhizien du système racinaire des jeunes plants, la qualité des semences et des plants produits est autant de critères primordiaux pour la réussite d'une culture. Afin de bien poursuivre leur croissance ultérieure, les plants issus de la pépinière doivent avoir ces caractères végétatifs optimaux.

Selon Lamhamedi et al (1997), la qualité d'un plant forestier est définie par le ratio de robustesse : Hauteur/Diamètre (H/D) exprimé en (cm/mm) et qui devrait être inférieur à 7 pour les plants de chênes.

Le rapport de production (Biomasse racinaire /biomasse aérienne) qui devrait être supérieur à 0,33.

Selon Daoudi (2017), le choix d'un matériel végétal bien adapté et performant offrant de meilleures garanties pour la réussite des plantations et leurs pérennités ; pour une meilleure réussite de ces opérations de reboisement, il serait intéressant de choisir les espèces ainsi que les populations les plus adaptées à la sécheresse actuelle et à la sécheresse future annoncée par le réchauffement climatique dans la région méditerranéenne.

I.2: Généralités sur le genre *Quercus* :

Le mot chêne vient de Gaulois « Cassinu » et du vieux français Chasne Djardin (2010 in Sarir, 2016). Le genre *Quercus* est sans doute un des genres forestiers les plus riches en espèces, mais aussi un des plus controversés. Le centre de répartition se situe en Amérique du Nord, mais un grand nombre d'espèces peuple la région méditerranéenne et l'Ouest de l'Asie (Bonfils et al., 2005). En direction du sud, quelques espèces se sont avancées jusqu'à l'Équateur et en Indonésie. En Afrique, ils sont limités à sa partie Nord. Aucune espèce n'atteignant la zone boréale au 60ème degré de latitude (Bonfilset al, 2005). (Figure 2).

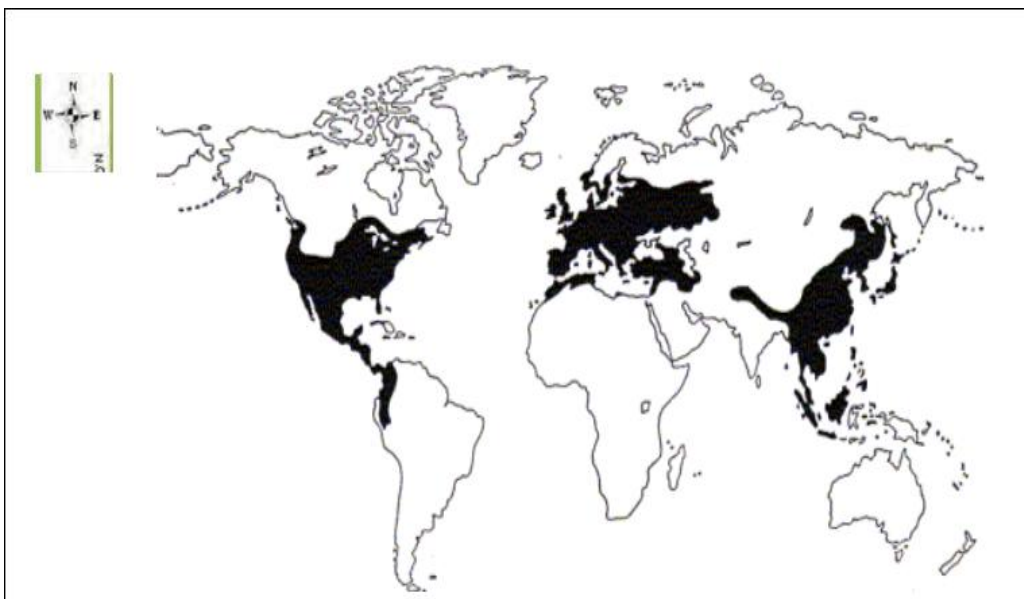


Figure 2: Situation du genre *Quercus* dans le monde (Romuald, 2007).

Divers représentants du genre *Quercus* jouent un rôle plus ou moins important dans la constitution des forêts méditerranéennes. Bien que l'interprétation taxonomique précise soit souvent délicate, une vingtaine d'espèces sont citées. Parmi celles-ci, l'on a généralement l'habitude de distinguer ; les principaux chênes Algériens (le chêne liège, le chêne vert, le chêne zeen, le chêne afares et le chêne kermès (Tableau 3), (Maire, 1950 et 1952 ; (Quezel et Mdail, 2003).

Tableau 2 : Principaux chênes Algériens et leurs superficies (ha).

Essences (Source)	1955 (Boudy)	1985 (Seigue)	1997 (Ghazi et al.)	2000 (RNF)	2002 (DGF)	2007 (DGF)
Chêne liège	426 000	440 000	463 000	229 000	358 048	230 000
Chêne vert	679 000	680 000	354 000	219 000	433 312	108 000
Chêne zeen et afarès	-	67 000	65 000	48 000	47 286	48 000

Source : (Ferka Zazou., 2006 ; Arfa., 2008)

I.2.1. Chêne vert (*Quercus Ilex*).

Le chêne vert (Abellouth en kabyle) du nom scientifique *Quercus ilex* L. est également, nommé yeuse. Il occupe la seconde place et s'étend sur la frange nord à partir des piémonts sud de l'atlas saharien (Ait Saada et al, 2017). C'est est une essence méditerranéenne connue pour sa rusticité et sa remarquable capacité d'adaptation (Plaisance, 1978 ; Daoudi., 2017). Il se retrouve principalement dans la pare occidentale de la région méditerranéenne (Benia., 2010).

En Algérie ; Cette essence couvre des dizaines de milliers d'hectares, mais la plupart d'entre eux se trouvent dans un état tellement dégradé qu'il serait préférable de parler de matorral de chêne vert (Boudy, 1950).

De point de vue écologique, Le chêne vert Joue un rôle considérable dans l'économie et l'écologie de la région méditerranéenne (Bouazza., 2013). Il se trouve aussi bien dans le semi-aride que dans les étages humides et subhumides avec les variantes allant du froid au tempéré. L'altitude, les conditions climatiques, édaphiques, et biotiques représentent les facteurs écologiques les plus importants qui influent sur le chêne vert pouvant entraver son bon développement (Boudy, 1952).

I.2.2: Le chêne liège (*Quercus suber* L.) :

Le chêne liège (*Quercus suber* L.) est appelé différemment suivant les régions dans lesquelles il se trouve : « Fernane » en Arabe, « Iggris » en Berbère. Il est une espèce monoïque

typiquement méditerranéenne, endémique de la Méditerranée occidentale (Zeraia, 1981 ; Piazzetta, 2005). Elle est décrite pour la première fois par Linné en 1753 (Natividade, 1956).

Selon (Bellarosa et al, 2004), le chêne-liège est une espèce nettement calcifuge préfère les sols siliceux légers et bien drainés tel que les grés numidiens (Algérie, Tunisie) et les sables pliocène (Maroc) ou à la rigueur argilo siliceux (Veillon, 1998).

En plus de la contribution économique par le marché du sous-produit le « liège » au niveau national et international, les glands représentent, également, une valeur nutritive intéressante. Ils sont appréciés par le bétail, leurs valeurs fourragères est de 0,73 UF/kg. Selon Natividade (1956), les feuilles peuvent constituer un fumier de bonne valeur fertilisante des plantes médicinales et aromatiques...etc.

I.2.3: Le chêne zeen (*Quercus canariensis*) :

Le Chêne zeen en Français, Zen en Arabe est une espèce monoïque, à feuilles caduques ou semi-persistantes. Endémique, c'est un bel arbre à feuilles tombantes tardivement au printemps lorsque les nouvelles sont déjà développées (MAIRE, 1927).

En strate arboré, *Quercus canariensis* se partage l'espace avec *Quercus afares* et *Quercus suber* dans le cas d'une chênaie mixte. Il forme aussi des massifs avec *Cedrus atlantica*, *Sorbustorminalis*, *Acer obtusatum* et *Acer campestre* (KAOUANE, 1987).

En Algérie, il est commun dans les montagnes depuis l'est jusqu'à la frontière tunisienne. À l'extrême ouest il est représenté par la sous-espèce *Q. tlemciensis* (ALKARAZ, 1989).

Il prospère sur les terrains calcaires ainsi que siliceux, il ne pousse bien que sur des sols profonds et perméables (Boudy, 1950). Il Exige annuellement plus de 800mm de pluies (BOUDY, 1955).

La qualité du bois de cette espèce est classée différemment, les forestiers le considèrent comme étant médiocre mais des études faites dans ce contexte ont montré que ce bois peut présenter un intérêt économique et contribuer au développement durable.

I.2.4: Le chêne afares (*Quercus afares*) :

Quercus afares est un arbre caduc de la famille des Fagacées, c'est une espèce stabilisée née de l'hybridation entre *Quercus suber* et *Quercus canariensis* (M'hamdi, 2014). C'est une espèce monoïque, qui se distingue nettement du Chêne zeen, avec lequel il est en mélange, par son port plus élancé, son écorce et ses feuilles plus étroites. Il peut atteindre les dimensions maximales du chêne zeen, soit 30 m de hauteur et 3 m de circonférence à 1.30m. Sa tige est généralement rectiligne, à écorce profonde. La cime est fastigiée, parfois pyramidale (Boudy, 1950 ; Maire, 1961).

Selon Boudy (1950), le chêne afares est un arbre montagnard présent entre 1200 et 1600 m (souvent en mélange avec le chêne zeen). Il se développe parfois à des altitudes plus basses à 200 m. D'après Quezel (1956), le chêne afares peut se localiser sur les crêtes exposées aux vents et à sols peu profonds.

Il est une espèce à feuille caduque, dentées, avec une écorce qui ressemble à celle du chêne liège mais son liège est sec. Elle présente un bois caractérisé par un retrait axial de 0.15, un retrait tangentiel 9.65 et un retrait radial de 5.17 et un retrait volumétrique total de 18.41 (Dautrebande, 1989). Il est utilisé pour la menuiserie, et est un bon combustible (Chaba, 1987).

I.3. La symbiose mycorhizienne:

I.3.1. Définition des mycorhizes :

Le terme mycorhizes d'origine grec (mukes=champignon, rhiza= racine), est une association entre la racine d'une plante et un champignon et l'ensemble constitue le mycorhize (Harley et Smith, 1983). La symbiose mycorhizienne, qui concerne 80 % des espèces de plantes terrestres (Wang et Qiu, 2006), est une association entre un champignon et la racine d'une plante. L'avantage de cette symbiose ne se limite pas aux deux partenaires, mais concerne aussi l'intégrité de l'écosystème puisqu'elle améliore la qualité du sol (Caravaca et al. 2002).

La symbiose mycorhizienne est indispensable à la vie des végétaux terrestres : 80% des plantes supérieures (plantes à racines) doivent obligatoirement être mycorhizées pour leur alimentation en eau et en sels minéraux (Lavaud, 2019).

Les champignons mycorhiziens sont considérés comme des champignons "clés" dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres dont 90% sont bénéfiques pour les plantes. Dans ce groupe, les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) sont les plus abondants et les plus importants sur les plans écologique et économique (Schüßler et al. 2001). Leurs rôles dans l'amélioration de la production agricole ont été largement démontrés. Environ 80 % des plantes supérieures sont associées aux CMA qui assurent la stabilité écologique du milieu (Harley et Smith, 1983 ; Strullu, 1991).

I.3.2. Les différents types de mycorhizes :

Sur des bases morphologiques et anatomiques, Peyronel et al. (1969) et plus récemment Garbaye (2013) ont divisé les mycorhizes en trois puis en huit groupes (figure 3). Les caractéristiques des différents mycorhizes sont détaillées dans le tableau 4.

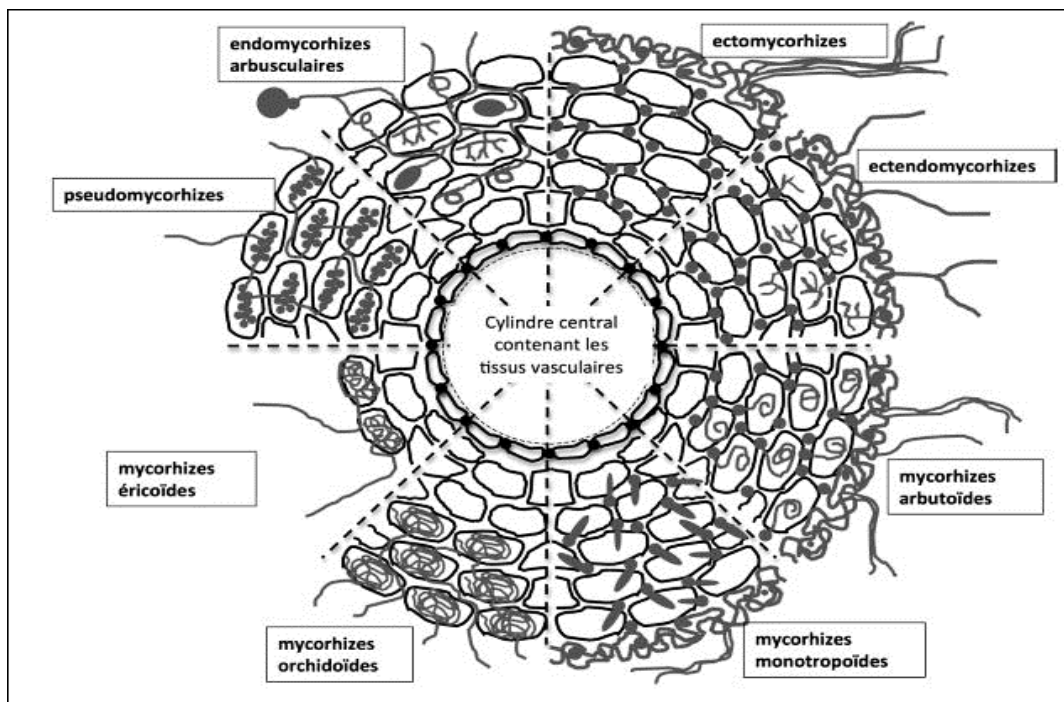


Figure 3: Représentation schématique des sections transversales des huit types de mycorhizes (Garbaye, 2013).

Tableau 3 : Caractéristiques des principaux types mycorhiziens (Fortin et al., 2008).

Les différents types de mycorhizes					
Types de mycorhizes	Champignons impliqués	Plantes hôtes	Structures fongiques	Structures de l'hôte	Impacts physiologiques
Arbusculaires	Champignons microscopiques glomérômycètes : 200 espèces	Bryophytes et plantes vasculaires : 70% des espèces actuelles	Arbuscules et vésicules intracellulaires, mycélium et spores extraracinaires	Peu de champignons, coloration jaune	Accès à l'eau et aux minéraux peu mobiles, accru résistance aux maladies, phytophagie et phénologie modifiées
Ectomycorhizes	Champignons supérieurs : basidiomycètes ascomycètes : milliers d'espèces	Arbres gymnospermes et angiospermes : 5% des espèces actuelles	Manchon, mycélium intracellulaire, rhizomorphes, sclérotés, ascomata, basidomata. Absence de pénétration intracellulaire	Hypertrophie corticale, ramifications dichotomiques ou racémeuses	Accès accru aux minéraux, utilisation de l'azote organique, résistance aux maladies et nématodes, tolérance aux pH Acides et aux métaux lourds
ectendomycorhizes	Deutéromycètes : quelques espèces	Pins, rares	Manchon mince, mycélium intercellulaire, pénétration intracellulaire, ascomata	Hypertrophie corticale, ramifications	Idem
Arbutoïdes	Basidiomycètes : quelques espèces	Ericacées, rares	Manchon mince, pénétration intracellulaire, basidiomata	Hypertrophie corticale	Idem
Ericoïdes	Ascomycètes : quelques dizaines d'espèces	Ericacées : 5% des espèces actuelles	Mycélium intracellulaire, ascomata	Peu de modifications	Idem
Orchidoïdes	Basidiomycètes et mycéliums stériles peu connus	Orchidées : 10% des espèces actuelles	Mycélium intracellulaire pelotonné basidiomycètes	Peu de modifications	Souvent essentiel à la morphogénèse, nutrition saprophytique de la plante, protection contre les pathogènes
Sebacinoïdes	Piriformospora, basidiomycètes : quelques espèces	variées	Mycélium intracellulaire	Peu de modifications	Peu connus

I.3.2.1: Les endomycorhizes:

Les endomycorhizes sont les mycorhizes les plus répandus dans le règne végétal. Elle concerne la quasi-totalité des arbres fruitiers, certaines essences forestières, les plantes arbustives et herbacées (Plenchette, 1982 ; Chevalier et al.1990). Elles sont classées en mycorhizes arbusculaires, mycorhizes éricoïdes, mycorhizes arbutoïdes, mycorhizes monotropoïdes et les mycorhizes d'orchidées (Peterson et al, 2008). (Figure3). 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.

I.3.2.2. Les mycorhizes éricoïdes :

Elles se rencontrent chez les familles des Ericacée et des Epacridacées, la symbiose a lieu directement au niveau des cellules corticales puisqu'elles ne possèdent pas d'épiderme. Ces mycorhizes se présentent sous la forme de pelotons à l'intérieur des cellules racinaires. (Figure3).

I.3.2.3. Les mycorhizes orchidoïdes :

Elles sont limitées à la grande famille des Orchidacées, et sont uniques car les associations fongiques se font avec des cellules d'embryons de graines en germination (Peterson et al, 1998), ainsi qu'avec les racines des jeunes plants et des plantes adultes. Ce type de mycorhize forme des bobines intracellulaires appelé pelotons (Peterson et al, 2008). (Figure3).

I.3.2.4. Les mycorhizes arbutoïdes et monotropoïdes (Sebacénoïdes) :

On distingue les mycorhizes monotropoïdes de Monotropacées dont les hyphes pénétrants sont courts, et les mycorhizes arbutoïdes des Arbutacées et Pirolacées dont les pénétrations intracellulaires sont en pelotons ou ramifiées (Masson, 1987) et développent un complexe d'hyphes dans les cellules de l'épiderme (Peterson *et al.*, 2004). (Figure3).

I.3.2.5. Les endomycorhizes à arbuscules :

Les mycorhizes arbusculaires (MA) constituent le type de symbiose le plus répandu dans la nature. Elles sont présentes sur 80% des plantes, principalement les Angiospermes, les Gymnospermes, les Bryophytes et les Ptéridophytes (Priou, 2013). (Figure3).

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

A- La phase intra-racinaire qui comporte les structures qui se développent à l'intérieur des racines telles que :

-Les hyphes intra-racinaires qui se retrouvent à l'intérieur de la racine. Elles se développent en un fin réseau d'hyphes explorant le sol. Ces hyphes peuvent s'étendre jusqu'à 8cm de la racine hôte (Kendrick, 1992 ; Trépanier, 1998). C'est pourquoi une plante mycorhizée peut exploiter un plus grand volume de sol qu'une plante non- mycorhizée (Trépanier, 1998).

-Les arbuscules qui résultent de la ramification des hyphes provenant d'une cellule voisine ou d'un espace intercellulaire adjacent

-Les vésicules sont des organes de réserve surtout lipidique qui apparaissent après les arbuscules. Elles sont de forme variée selon les espèces d'AMF et sont généralement produites aux extrémités des hyphes mais aussi tout le long du parenchyme cortical colonisé. Certaines espèces du genre Gigaspora ou Scutellospora ne forment pas de vésicules à l'intérieur de la racine, mais dans le mycélium externe où elles forment des cellules auxiliaires (Balestrini& Lanfranco, 2006 ; Giovannetti, 2008 ; Parniske, 2008 ; Priou ,2013).

B- La phase extra racinaire :

Comporte les structures qui se développent dans le milieu extra racinaire.

-Les spores qui représentent des structures intra ou extra-racinaires destinées à propager et à disséminer l'espèce. Les spores se rencontrent séparées ou dans des sporocarpes (Redecker et Schüßler, 2014) avec un diamètre compris entre 22 et 1 050 µm (Souza, 2015).

Il existe trois éléments structuraux caractéristiques de l'ectomycorhize :

-Le manteau fongique : consiste en l'enroulement du mycélium du champignon autour la racine de la plante dont l'épaisseur est variable selon l'espèce fongique.

- Les hyphes extra matriciels : établissent un lien entre le manteau et la rhizosphère.

-Le réseau de Hartig qui est formé par les filaments mycéliens partant du manteau et qui s'insèrent entre les cellules corticales sans les pénétrer ; l'épaisseur de ce réseau est variable. Il est le site d'échange bidirectionnel entre les deux partenaires (Gagné, 2005).

I.3.2.7: Les ectendomycorhizes :

Ce sont des formes intermédiaires entre les endomycorhizes et les ectomycorhizes. Elles sont caractérisées par un manteau fongique et un réseau de Hartig, mais les hyphes pénètrent dans les cellules (Boullard, 1990). Elles possèdent à la fois des caractères d'ectomycorhizes (présence d'un réseau mycélien intercellulaire et d'un manteau souvent peu épais) et d'endomycorhizes (franchissement des parois des cellules hôtes par les hyphes mycéliens) (Figure 3).

I.3.3. Bénéfices liés à la symbiose endomycorhizienne :

Les effets favorables des mycorhizes sur la croissance des végétaux en milieux pauvres et sur l'amélioration de certaines propriétés du sol sont bien connus (Dommergues et Mangenot, 1970 ; Gianinazzi-Pearson, 1982 ; Plenchette, 1982 ; Plenchette et al., 1983 ; Strullu, 1991 ; Karagiannidis et Hadjisavva-Zinoviadi, 1998 ; Karandashov et Bucher, 2005 ; Sharifi et al., 2007 ; Sheng et al., 2008 ; Zuccarini et Okurowska, 2008). Ils s'énumèrent dans :

-Alimentation hydrique des plantes et stress hydrique : L'absorption de l'eau constitue la toute première fonction attribuée aux mycorhizes (Bolan, 1991 ; Smith et Read, 1997). Selon (Bothe et al., 1994 ; Fortin et al., 2015) Le mycélium des champignons permet à la plante de puiser l'eau dans de petits interstices et agrégats du sol qui ne sont habituellement pas accessibles aux racines (10 - 20 μm de diamètre) des plantes, et par l'augmentation de la surface d'absorption du système racinaire par la présence du réseau d'hyphes (2-5 μm) des AMFs favorise l'absorption de l'eau.

-Nutrition minérale : Le rôle majeur des mycorhizes se situe au niveau de la mobilisation pour la plante d'éléments nutritifs très peu mobiles dans le sol, principalement le phosphore, l'azote et le potassium (Duponnoiset al., 2005 ; Lambers et al., 2008). Les CMA permettent l'altération des minéraux primaires issus de la roche mère. Les mycorhizes à arbuscules améliorent, significativement, la nutrition en azote (Hadley *et al.*, 1993). Cet élément est un composant essentiel pour la formation des aminés et des nucléotides également d'autres macro- (K, Mg, Na, S) et micro- (B, Br, Cl, Cu, Cr, Cs, Co, Fe, Mo, Mn, Ni, Si, Zn) nutriments du sol (Smith, Read, 2008).

- **Protection contre les pathogènes.** L'association mycorhizienne est un moyen de lutte biologique contre les organismes pathogènes telluriques. Ils réduisent la teneur des substrats carbonés du milieu rhizosphérique. Ils forment des obstacles mécaniques difficiles à franchir pour certains micro-organismes par la synthèse des inhibiteurs (antifongique et antibiotique) du développement de certains micro-organismes du sol et qui protègent la plantes (Dalpé, 2005).

-**Amélioration de la structure du sol :** Les mycorhizes à arbuscules jouent un rôle important dans les interactions écologiques du sol et dans la préservation de la structure du sol par stabilisation des agrégats (Rillig, 2004). Cette stabilisation se produit par deux mécanismes : le premier se fait par le mycélium des mycorhizes qui vient lier les agérates du sol entre eux et le deuxième est constitué par relâchement d'une substance chimique appelée glomaline, qui lie les particules de sol entre elles (Douds, 2004).

-**Production d'hormones :** Les champignons mycorhiziens sont capables de sécréter des phytohormones telles que les auxines, les gibérellines, les cytokynines et les éthylènes, qui favorisent la croissance des plantes. Ces substances induisent des modifications morphologiques du système racinaire de la plante hôte.

Chapitre II

Matériels et méthodes

II. 1. Problématique

Notre travail a pour objectif de mettre en évidence l'importance de la mycorhization des plants utilisés dans le cadre des reboisements, Le travail est composé de trois volets :

1. l'apport de la microflore du sol sur le développement des plants.
2. l'effet de la transplantation sur la biomasse et sur la communauté endomycorhizienne.
3. l'effet du stress hydrique.

Pour ce faire, un essai expérimental a été conduit au niveau de laboratoire de recherche « mycorhizes » de département des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques UMMTO (bastos). Un protocole en bloc aléatoire complet est installé.

II.2. Mise en place de protocole expérimental :

Le sol a été collecté dans la forêt d'Ath Ghobri, dans la commune de Yakouren (Tizi-Ouzou). Une fois nettoyé et débarrassé des grands cailloux et des racines des végétaux, après séchage à l'air libre pendant plus de 24h sur un journal ; Le sol a été broyé avec un grand caillou à la main puis une partie du sol a été tamisée à l'aide d'un tamis de 2mm de diamètre, et mise dans des sachets de capacité de 2 kg, et ont subi une suppression de la microflore par une double stérilisation pendant 20 min à 120°C dans une autoclave (Figure 4).

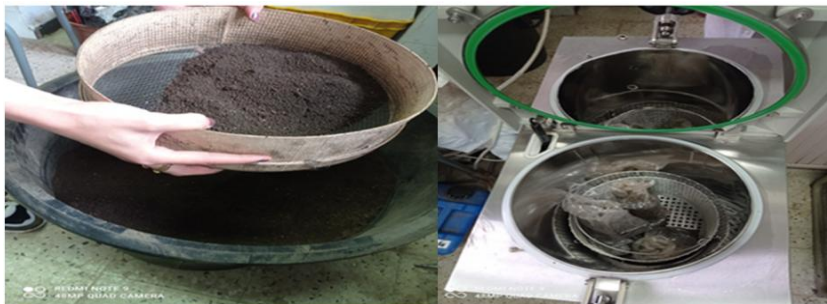


Figure 4: le tamisage et la stérilisation de sol.

Les glands ont été collectés au niveau de trois régions selon leurs disponibilités entre septembre et janvier. Le matériel végétal utilisé est :

- Les glands de chêne zeen et chêne afares proviennent de la forêt d'Ath Ghobri. (Yakouren).
- Les glands de chêne liège proviennent de la forêt de Bouguousse (El-kala).
- Les glands de chêne vert proviennent de la forêt de Beni Douala, (Tizi-Ouzou).

Ils sont au préalable nettoyés et lavés à l'eau de robinet puis à l'eau javel pendant 5min. Ainsi stérilisés, ils sont mis dans un sachet stérile pour une stratification de 45 jours au niveau du réfrigérateur à 4°C pour la levée de dormance, Ils ont été semés le 27 janvier 2022 au niveau du laboratoire dans des conditions semi contrôlées avec une température de 25°C et un arrosage périodique par intervalle de 4 à 5 jours par semaine.

Les pots utilisés pour la plantation ont été lavés avec du savon et quelques gouttes de javel puis rincées avec de l'eau et séchés.

Un totale de 56 pots de capacité de 2.5kg ont été utilisés et ont été disposés en deux blocs, dans chaque pot 5 à 6 glands ont été disposés et couvert d'une fine couche de sol. (Figure 5).

- Un bloc avec sol stérile (SS) : 28 pots à raison de 7pots pour chaque espèce
- Un bloc témoin sol naturel non stérilisé(SN) : 28 pots à raison de 7 pots pour chaque chêne.



Figure 5: Schéma explicatif de dispositif expérimental de l'expérience.

Après deux mois de croissance, nous avons entamé les mesures des paramètres de croissance Hauteur, diamètre et longueur des entre- nœuds chaque début de semaine. L'évolution des variables de croissance ont été enregistrés pour les jeunes plants des quatre espèces élevées sur (SS) et (SN) pendant 18 semaines.



Figure 6: Protocole expérimentale en bloc aléatoire complet de la plantation des plants de *Quercus ilex*, *Quercus canariensis*, *Quercus afares* et *Quercus Suber* :A, B : Premier stade de germination ; C : stade intermédiaire; D : stade finale des plants.

II.2.1: La transplantation :

Le 17 Avril 2017, après 3 mois de croissance, nous avons réalisé une transplantation de plants des 4 espèces de chênes (tableau5) dans des sachets remplis de sol de capacité d'un 1 kg afin d'analyser le comportement entre les plants suivant la présence et l'absence de la compétition(Figure7).



Figure 7: Protocole expérimental de plants transplantés des différents traitements

Après 4 mois et 1 semaine de mesures nous avons réalisé pour tous les plants de quatre espèces de chênes des coupes de ramification (nettoisement) pour but d'éduquer les plants pour avoir des plants monopodiale avec une bonne vigueur de robustesse.

Tableau 4: tableau explicatif des différents traitements subi par les plants des différents chênes.

Traitements	Période	Date
Semis	P0	1 er jour
Transplantation	P4	3mois
Nettoisement	P8	5mois
Stress	P16	9mois

Tableau 5: tableau récapitulatif de nombres espèces traité durant l'expérimentation.

Sol	Espèces	Nombre de glands	Total de plants	Non transplanté	transplanté	Non transplanté stressé	Transplanté stressé	Non transplanté Non stressé	Transplanté Non stressé	Plant mort
SS	<i>Quercus Suber</i>	4à8 glands/pots	36	25	11	8	4	8	5	11
	<i>Quercus ilex</i>	4à8 glands/pots	18	11	7	5	2	6	2	2
	<i>Quercus canariensis</i>	4à8 glands/pots	18	14	4	5	5	4	4	0
	<i>Quercus afares</i>	4à8 glands/pots	23	13	10	4	3	4	3	9
SN	<i>Quercus Suber</i>	4à8 glands/pots	29	20	9	8	3	5	2	12
	<i>Quercus ilex</i>	4à8 glands/pots	17	10	7	5	3	6	2	1
	<i>Quercus canariensis</i>	4à8 glands/pots	31	22	9	6	3	6	2	14
	<i>Quercus Afares</i>	4à8 glands/pots	29	19	10	8	4	7	3	7
Tot	4 chênes	4à8 glands/pots	201	134	67	49	27	46	23	56

II.2.3. Stress hydrique :

Le 06 juillet 2022, après 6 mois de croissance, nous avons réalisé un arrêt d'arrosage de 15 jours pour les plants élevés dans des pots et les plants transplantés des 4 espèces de chênes qui ont été choisis au hasard (Tableau 5), pour voir leur impact sur le comportement des plants

Après 8 mois de croissance nous avons dépotés tous les plants des quatre espèces de chênes sur des vagues et mesuré : la Biomasse (plant, tige, racine) (Figure 8).



Figure 8: Plants dépotés à la fin de l'expérience

II.3. Variables mesurées :

Les plants de chêne obtenus ont fait l'objet de mesures pendant et à la fin l'expérience des mesures des variables de croissance suivantes :

La température de sol (T°) : la mesure a été effectuée pour chaque pots et sachet avec un thermomètre en ($^{\circ}\text{C}$) pour chaque période jusqu'à la fin de l'expérience.

Entre-nœud : la distance du dernier entre-nœud a été mesurée à l'aide d'une règle graduée (Figure 9A).

Ration de robustesse : l'évaluation de la qualité des plants forestiers est estimée par le rapport Hauteur (cm)/Diamètre (mm) (H/D). Selon Lamhamedi et al,(1997), le ratio de robustesse des plants vigoureux doit être inférieur à 7.

Biomasse de plant(BMP) : est déterminée par la pesée exprimé en gramme de tout le plant (partie racinaire et aérienne avec et sans réserve cotylédonaire) à l'aide d'une balance électronique.

Biomasse de tige (BMT) et racinaire (BMR) : Pour chaque plant, la partie aérienne est séparée du système racinaire à l'aide d'un ciseau au niveau du collet. La biomasse est exprimée en gramme des deux parties est déterminées à l'aide d'une balance électronique.

La matière sèche(MS) : après séchage de la partie aérienne à l'étuve pendant 72h à 60°C la pesée est réalisée à l'aide d'une balance électronique(Figure9D).

Teneur relative en eau (RWC %) : est un paramètre indicateur du remplissage des tissus végétaux en eau. Elle est calculée selon la formule Clark et Mac-Caig,(1982) suivante :

$$\text{RWC (\%)} = (\text{poids frais} - \text{poids sec} / \text{poids saturé} - \text{poids sec}) * 100$$

Afin de calculer la teneur relative en eau des plants de chêne, nous avons pesé pour tous les plans dépotés en gramme(g) (Figure 9c) :

Déterminer le poids frais (PF) : peser le poids de la feuille à l'état frais directement.

Déterminer le poids saturé(PS) : consiste à mettre la feuille de chaque plant dans les boîtes de pétrie remplis d'eau de robinet pendant 24h au réfrigérateur à 4°C, puis l'essuyer avec un papier et la peser à l'aide d'une balance de précision à 4 chiffres.

Déterminer le poids sec (Psec) : après avoir pris le poids saturé des feuilles, nous avons mis les feuilles dans une étuve à 60°C pendant 72h puis les peser.



Figure 9: Les différents paramètres mesurés sur une plantule

A : Mesure d'entre-nœud des plants.

B : Pesée de la biomasse de plant de chêne zeen, biomasse aérienne (tige+ feuilles) ; la biomasse racinaire.

C:Pesée de la biomasse de La feuille terminale ;

D : pesée de la matière sèche après le séchage de la biomasse aérienne à l'air libre.

II.4. Les caractéristiques physiques et chimiques de sol :

L'analyse pédologique a été réalisée au niveau du laboratoire de pédologie de l'ENA (École National Agronomie de El Harrach, Alger) au début de l'expérience des paramètres suivants : le pH du sol, la granulométrie, le dosage de la matière organique, le taux de phosphore, l'azote et potassium

- **Évolution du pH eau du sol pendant l'expérimentation** : Le pH du sol a été mesuré au cours de l'expérience et à la fin de l'expérience au niveau de laboratoire de recherche de département des sciences biologiques et des sciences agronomiques UMMTO (bastos).

Pour mesurer le pH eau du sol, 10g de terre fine (séchée à l'air) sont ajoutés 25 ml d'eau distillée. Le contenu est agité pendant 10 minutes, puis laissé reposer 1h. Il a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre après une brève agitation.



Figure 10: protocole de mesure du pH du sol

II.5.Évaluation de l'Indice de dépendance mycorhizien relative (IDMR) :

L'indice de dépendance mycorhizienne relative (**IDMR**) est calculé à partir des moyennes des biomasses aériennes selon la formule suivante (Plenchette *et al.*, 1983 in Echairi et al. 2008)

$$\text{IDMR} = 100 (\text{psM}^+ - \text{psM}^-) / \text{psM}^+$$

psM^+ : poids secs des parties aériennes des plants mycorhizés

psM^- : poids secs des parties aériennes des plants non mycorhizés

II.6. Mise en évidence du potentiel mycorhizien des sols utilisés :

Le potentiel endomycorhizogène du sol reflète la richesse du sol en propagules (spores, mycélium, racines colonisées, fragments) susceptibles de générer une mycorhization (Gianinazzi-Pearson *et al*, 1985). Pour évaluer le potentiel mycorhizogène de sol utilisé dans notre expérimentation nous avons testé la capacité du sol par la technique du nombre le plus probable MPN (Most Probable Number) d'Alexander (1965). Cette technique adoptée aux CMA est basée sur l'utilisation d'une série de dilutions successives de sol.

Préparation du dispositif

Les dilutions ont été réalisées au nombre de cinq en homogénéisant du sol naturel (inoculum) contenant les CMA de chaque échantillon de sol étudié mélangé avec du sol stérile par stérilisation à 120 °C pendant 20 minutes, avec la méthode précédemment décrite. Les dilutions ont été préparées comme suit :

Dilution 10^{-1} : 30 g de sol non stérile + 270 g de sol stérile = 300 g (1).

À partir de ces 300 g de mélange, 250 g ont été répartis dans les cinq répétitions à raison de 50 g par pot. Et les 50 g restants, 30 g ont servis d'inoculum pour la dilution qui suit (10^{-2}).

Dilution 10^{-2} : 30 g (1) + 270 g de sol stérile = 300 g (2).

Dilution 10^{-3} : 30 g (2) + 270 g de sol stérile = 300 g (3).

Dilution 10^{-4} : 30 g (3) + 270 g de sol stérile = 300 g (4).

Dilution 10^{-5} : 30 g (4) + 270 g de sol stérile = 300 g (5).

Les dilutions ont été mises dans des sachets à raison de cinq répétitions par niveau de dilution. Des plants de coriandre herbacée annuelle de la famille des Apiacées (ombellifères) ont servi de plante hôte pour la mycorhization.

Après avoir été désinfectées par immersion dans l'eau oxygénée pendant 10 min, les graines de coriandre ont été mises à germer dans des boîtes de Pétri stérilisées sur un coton imbibé d'eau stérilisé, conserver dans une zone semi-stérile pendant une semaine (Figure 11.A).

Les graines pré-germées ont été repiquées dans des sachets auparavant préparés à raison de 3 à 5 graines par sachet. Ces derniers ont été disposés à température ambiante et lumière du jour. L'arrosage a été effectué un jour sur deux à l'eau de robinet pendant 4 semaines (Figure 11.B).



Figure 11: étapes de la mise en place du protocole d'étude du potentiel mycorhizogène de sol étudié

- A. préparation des graines de coriandre ;
- B. Germination des plantules de coriandre ;
- C. observation des racines au microscope photonique.

Après six semaines, le système racinaire entier est récolté et coloré pour mettre en évidence la mycorhization selon la méthode de Phillips et Hayman (1970) et la quantification de la mycorhization a été estimée selon la méthode de Trouvelot et al., (1986), la mycorhization s'observe au microscope optique aux grossissements 100 puis 400. (Figure 11.C).

II.7. Observation d'endomycorhizes des quatre espèces de chênes :

Après la 18ème période soit à 9 mois de croissance, la totalité des plants ont été dépotés. Les paramètres morphologiques et de production suscités ont été mesurés et le système racinaire a fait l'objet d'observation microscopique afin d'observer les endomycorhizes et réaliser le comptage de taux infectieux endomycorhiziens.

II.7.1. Coloration et observation des systèmes racinaires :

Un échantillon de 20 cm de racines est soigneusement prélevé de chaque plant est coupé en 10 fragments du 2 cm, utilisant le matériel présenté dans Annexe1.

Déposer les racines de différentes espèces dans une petite passoire et les laver soigneusement sous l'eau distillée. Les différentes étapes de la coloration des racines selon la technique décrite par Phillips & Hayman (1970) est illustrée dans le tableau 5. Les placer dans un pilulier en verre(des tubes à essai) et les recouvrir complètement de KOH à 10%. Celle-ci est changé à chaque fois que sa couleur vire au marron foncé jusqu'à l'apparition de la couleur claire. Les racines difficiles ont été soumises à un chauffage au bain marie (Figure12.A). Un rinçage à l'eau distillée et un bain à l'acide chlorhydrique est nécessaire. Les racines ont été colorées au bleu de Trypan (figure 12B) suivi d'un rinçage avec l'eau distillé.

Tableau 6: Les différentes étapes de la coloration des racines selon la technique décrite par Phillips & Hayman (1970).

Espèce	Potasse KOH à 10%	Chauffage	H ₂ O ₂ 30V	Hcl	Bleu de trypan	Eau distillée
Chêne vert	8 jours	30 mn	2h	2 à 5 min	15 à 30 min	Un rinçage entre chaque étape
Chêne zeen	8 jours		1h	4secondes à 2min		
Chêne liège	12à 15jours		30min à 1h	30scnd à 1min		
Chêne afares	11 jours		1h à 1h30	1min		

Les fragments de racines traitées sont montés et écrasés entre lame et lamelle dans une goutte de glycérol. Les lames et lamelles sont scellées par un vernis sur le pourtour des lamelles pour une conservation des échantillons (Figure 12.A). L'examen au microscope photonique des racines a été réalisé aux grossissements $\times 100$ et $\times 400$ sous un microscope optique ZEISS.

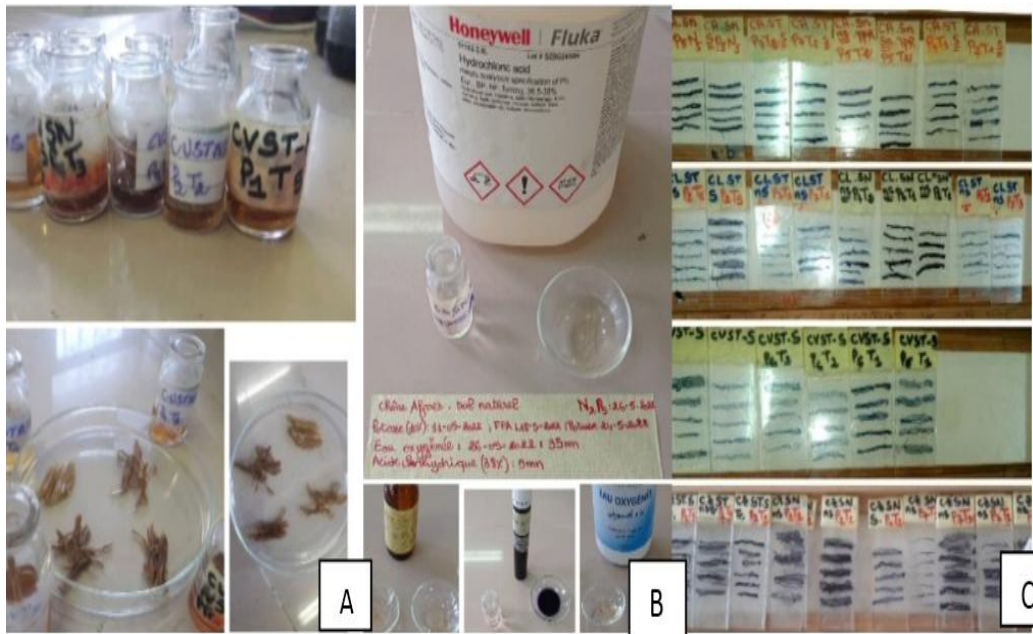


Figure 12:A-C: Différentes étapes du protocole d'observation des endomycorhizes.

A. Immersion des racines de chêne vert dans la potasse.

B. Étapes de coloration de système racinaire selon la méthode de Phillips & Hayman (1970).

C. Portes lames contenant des lames de racines vidées et colorées des quatre chênes selon deux traitements.

Quantification de l'endomycorhization :

Le calcul de la fréquence et de l'intensité de mycorhization est réalisé en utilisant les formules de calcul définies par (Trouvelot et al., 1986). Ce dernier a défini des facteurs d'infection selon un barème de classe. Il estime ainsi le degré de la colonisation mycorhizienne de chaque fragment selon six classes notées de 0 à 5 (Annexe 2) et la richesse arbusculaire par 4 classes notées A0, A1, A2 et A3. (Annexe 3).

Les Cinq facteurs 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 : $m_{Ai} = (95n_5 A_i + 70n_4 A_i + 30n_3 A_i + 5n_2 A_i + n_1 A_i) / M (N-n_0)$.

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

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

Traitements statistiques :

Les résultats obtenus sont soumis à des statistiques descriptives, une analyse de la variance (ANOVA) et une matrice de corrélation entre les variables de croissance et les facteurs d'endomycorhization à l'aide de logiciels Stat box et logiciel R.

Chapitre III

Résultats et discussion

III. Analyse physico-chimique du sol naturel et sol stérile

L'analyse granulométrique des deux sols (SS et SN) est composée essentiellement par une forte proportion de limon (grossier et fin), et une moyenne proportion de sable (fin, et grossier) et une pauvre proportion d'argile. Selon le triangle texturale (annexe4) de la classification des sols, la texture de sol de la chênaie est limoneuse).

Tableau 7: Analyse granulométrique de deux sols.

Granulométrie	Sol stérile	Sol naturel
Argile%	9.13	9.12
Limon f%	31.51	31.45
Limon g%	49.74	49.78
Sable f %	15.22	15.21
Sable g%	5.6	5.56

L'analyse chimique du sol stérile et naturel au début du protocole expérimental a été réalisée par l'ingénieure de laboratoire de pédologie au niveau de l'école Nationale d'Agronomie à Alger. Les résultats de l'analyse pour les deux traitements, sol stérile et sol naturel (Témoin) rapportent un pH du sol d'une valeur légèrement supérieure à 7 indiquant que les sols sont faiblement basiques. La richesse en matière organique et en éléments Azote, Phosphore, et Potassium ont été similaires pour les deux sols indiquant l'absence de l'effet de la stérilisation sur les qualités du sol. Selon la classification de Calvet et Villemin (1989), le sol de la chênaie est pauvre en Potassium et de qualité moyenne en azote mais moyennement riche en Phosphore (Tableau 7.)

Tableau 8: Analyse physicochimique du sol stérile et naturel

sol	Stérile	Naturel
MO%	2,034	2,823
N%	0,022	0,032
P(ppm)	11,25	11,25
K (meq/100g)%	0,49	0,45

III.1.1. Le pH du sol

L'analyse du pH a été mesurée au début, pendant, et à la fin de l'expérimentation au niveau de laboratoire de recherche « Mycorhize » de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomique à l'UMMTO. Indique une légère diminution du pH du sol pendant l'expérimentation se maintenant dans la classe de sol neutre. Cette baisse de valeurs serait due probablement à l'effet des exsudats racinaires du chêne connu pour être acidophile (Quézel et Santa, 2003). (Tableau 8)

Tableau 9: Suivi de l'analyse du pH du sol pour les deux traitements « stérile et naturel » pendant l'expérimentation.

Sol	Avant	Pendant		Fin	
		Chêne vert	Chêne: liège, afares, zeen	Traitements stressé	Traitements non stressé
pH sol stérile	7,14	6,59	6,55	6,43	6,91
pH sol naturel	7,21	7,2	6,92	6,15	6,79

III.2. Évaluation de la cinétique de croissance des 4 espèces de chêne

III.2.1. Cinétique de croissance des plants de *Quercus ilex*

III.2.1.1. Ratio de robustesse

L'analyse de l'évolution hebdomadaire du Ration de Robustesse de *Quercus ilex* selon les traitements a permis d'observer les résultats suivants (Figure 13) :

Le ration de robustesse a présenté une allure similaire chez les plants produits sur sol naturel et stérile de toutes les périodes ;

Tout au long de l'expérimentation, les plants du chêne vert du sol stérile non stressé ont enregistré les RR les plus faibles d'une valeur de [3.80 -6.17] (cm/mm) inférieur à 7. A l'inverse ceux élevés sur sol nature non stressé ont enregistré un RR compris entre [4 - 7.72] (cm/mm). Il ressort que le chêne vert produit sur le sol stérile est plus robuste que les plants du sol naturel.

La transplantation des plants a induit une évolution positive de RR des plants transplantés du sol naturel et sol stérile avec des valeurs respectives de [6.58- 13.4] et [6.82 - 10.7] comparativement aux non transplantés qui ont enregistré un RR plus faible permettant d'avoir des plants plus robustes ; la totalité des plants soumis au stress hydrique pendant les deux dernières semaines, ont enregistré une augmentation du RR au bout de la deuxième semaine de stress hydrique. Ce dernier a induit des RR supérieurs à 7 indiquant une qualité des plants médiocres.

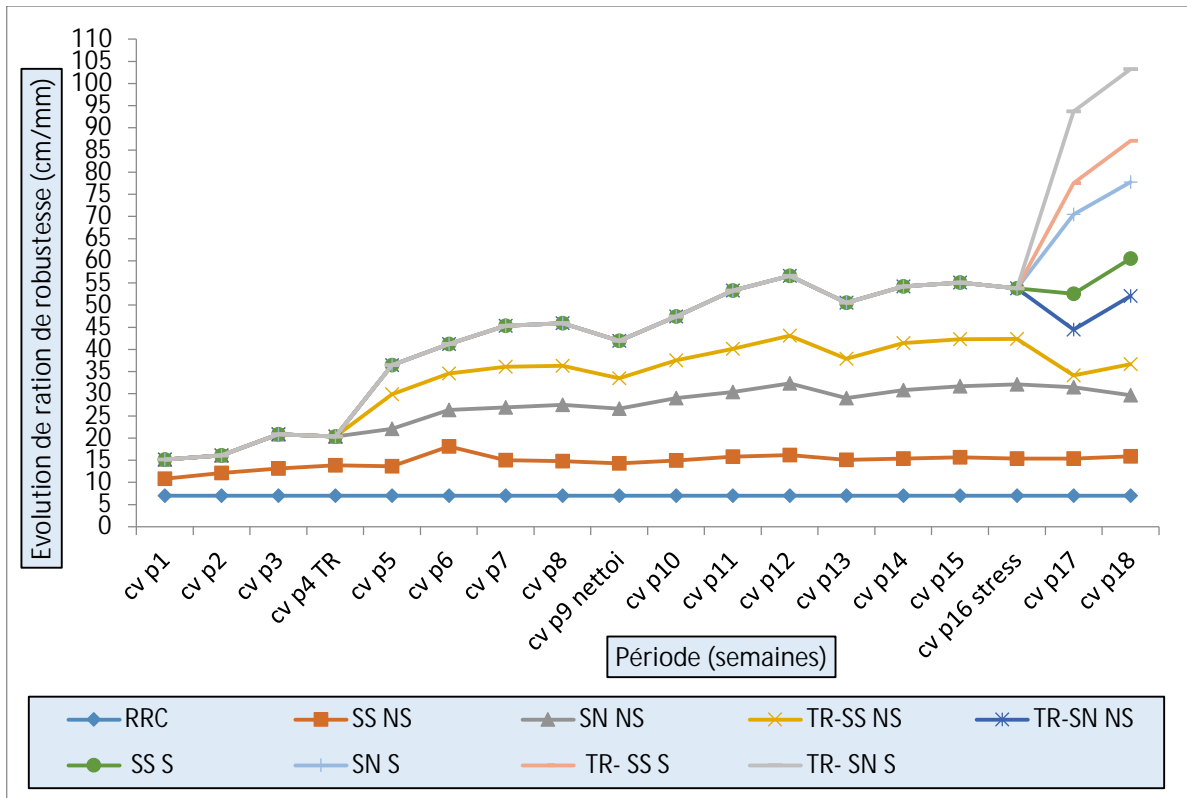


Figure 13: Cinétique hebdomadaire de l'évolution du ratio de robustesse (RR) des plants de chêne vert selon les traitements (Ratio de robustesse conventionnel (RRC) ; sol stérile (SS) ; naturel (SN) ; transplantés (TR) ; non transplantés(NTR) ; stressé(S) ; non stressé (NS))

III.2.1.2. Entre-nœuds

Le suivi de la croissance des entre-nœuds pendant l'expérimentation et selon les traitements (Figure 14) permet de retenir que :

Durant la période de mesure, nous avons constaté que les plants élevés sur sol naturel ont enregistré la croissance la plus importante ;

La croissance des entre-nœuds a présenté une allure similaire pour tous les traitements à l'exception des plants transplantés qui se sont démarqués à partir de l'évènement de transplantation. Une vague de croissance importante apparaît pendant la période 17 selon le pic de courbe, chez les plants du sol naturel non stressé comparativement au sol stérile non stressé ;

La transplantation a permis une évolution plus conséquente de la courbe de croissance des entre-nœuds chez les plants transplantés sur sol naturel le nettoyage ne semble pas avoir affecté la croissance des plants ;

Lors de l'application du stress hydrique, tous les plants ont enregistré des vagues de croissance des entre-nœuds lors de la première semaine plus importante chez les plants stressés. Cependant, les plants de chêne soumis au stress hydrique se sont développés plus rapidement comparativement aux non stressés pour tous les traitements. Lors de la deuxième semaine.

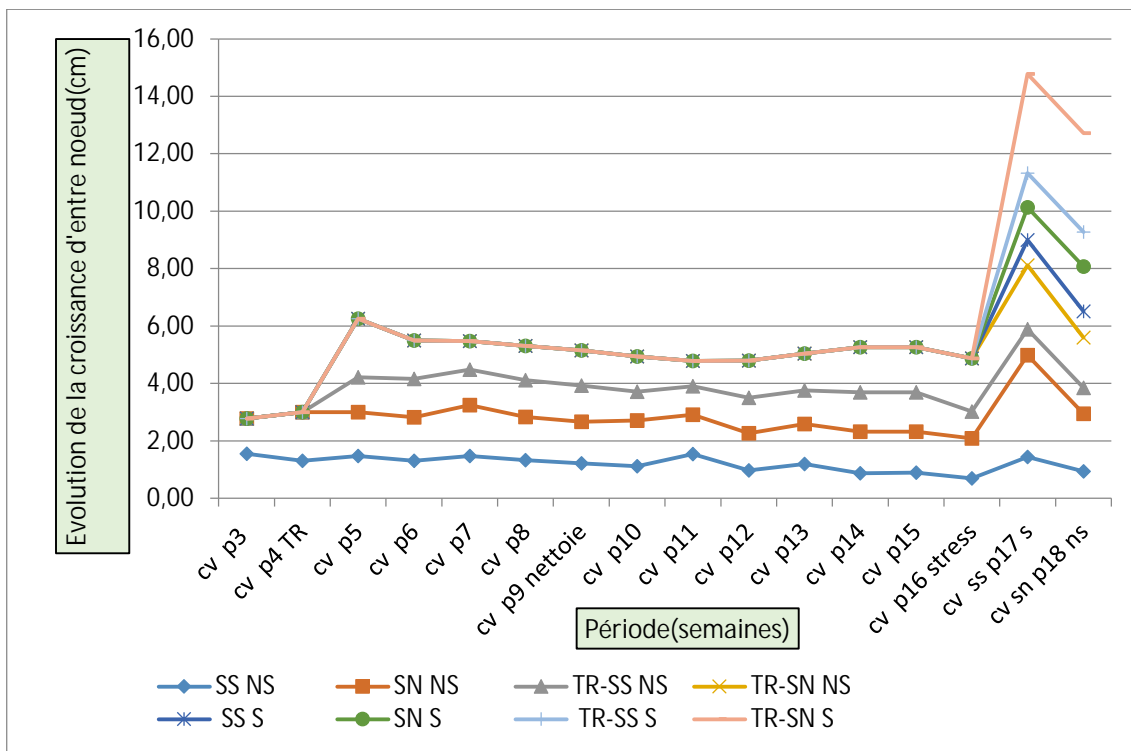


Figure 14: Cinétique de croissance hebdomadaire des entre-nœuds (EN) des plants du chêne vert selon les traitements (sol stérile (SS), naturel (SN), transplantés (TR) et non transplantés(NTR), stressé (S) et non stressé (NS))

III.2.2. Cinétique de croissance des plants de *Quercus suber*

III.2.2.1. Ratio de robustesse

L'évolution du Ratio de Robustesse des plants du chêne liège pendant l'expérimentation a présenté une allure similaire avec des $[RR > 7]$ durant les 9 mois de croissance. Le RR minimal enregistré chez les plants de 8 mois produits sur sol stérile $RR = 8.35$ et la valeur

maximale a été enregistré chez les plants de 4 mois et 2 semaines produits sur sol naturel avec $RR=17$ (Figure 15).

Les plants transplantés sur sol stérile de 5 mois et demi et sur sol naturel 3 mois et demi à 4 mois ont présenté un RR très élevé respectivement de 14.8 et 11.7.

Le stress a induit une augmentation rapide des courbes d'évolution pour tous les plants. Le rapport de Robustesse a accusé de RR chez plants de 8 mois sur sol naturel stressé et sur sol stérile stressé respectivement de 22.6 et 11.2.

La vigueur des plants du chêne liège ne semble pas être affectée par la transplantation, les coupes de ramification, le stress hydrique.

III.2.2.2. Entre-nœuds

Durant toute la période de mesure, la croissance des entre-nœuds a été relativement stable chez les plants élevés sur sol stérile. A l'inverse, les plants sur sol naturel ont présenté des vagues de croissances selon les périodes notamment à 5 mois de développement pour laquelle nous avons observé un pic de croissance (Figure 16).

Chez les plants non transplantés, nous avons observé que ceux élevés sur sol stérile âgés de 4 mois et une semaine ont une faible croissance d'entre-nœuds comparativement à ceux élevés sur le sol naturel. Par contre, chez les plants transplantés âgés de 5 mois ont enregistré un pic de.

Le stress hydrique réalisé à 8 mois de croissance et durant 15 jours a induit un pic de croissance très élevés chez les plants notamment chez les plants transplantés sur sol naturel et stérile, comparativement aux ceux qui ne sont pas stressés. Le stress hydrique semble avoir un effet plus important sur la croissance des plants de chêne liège transplantés.

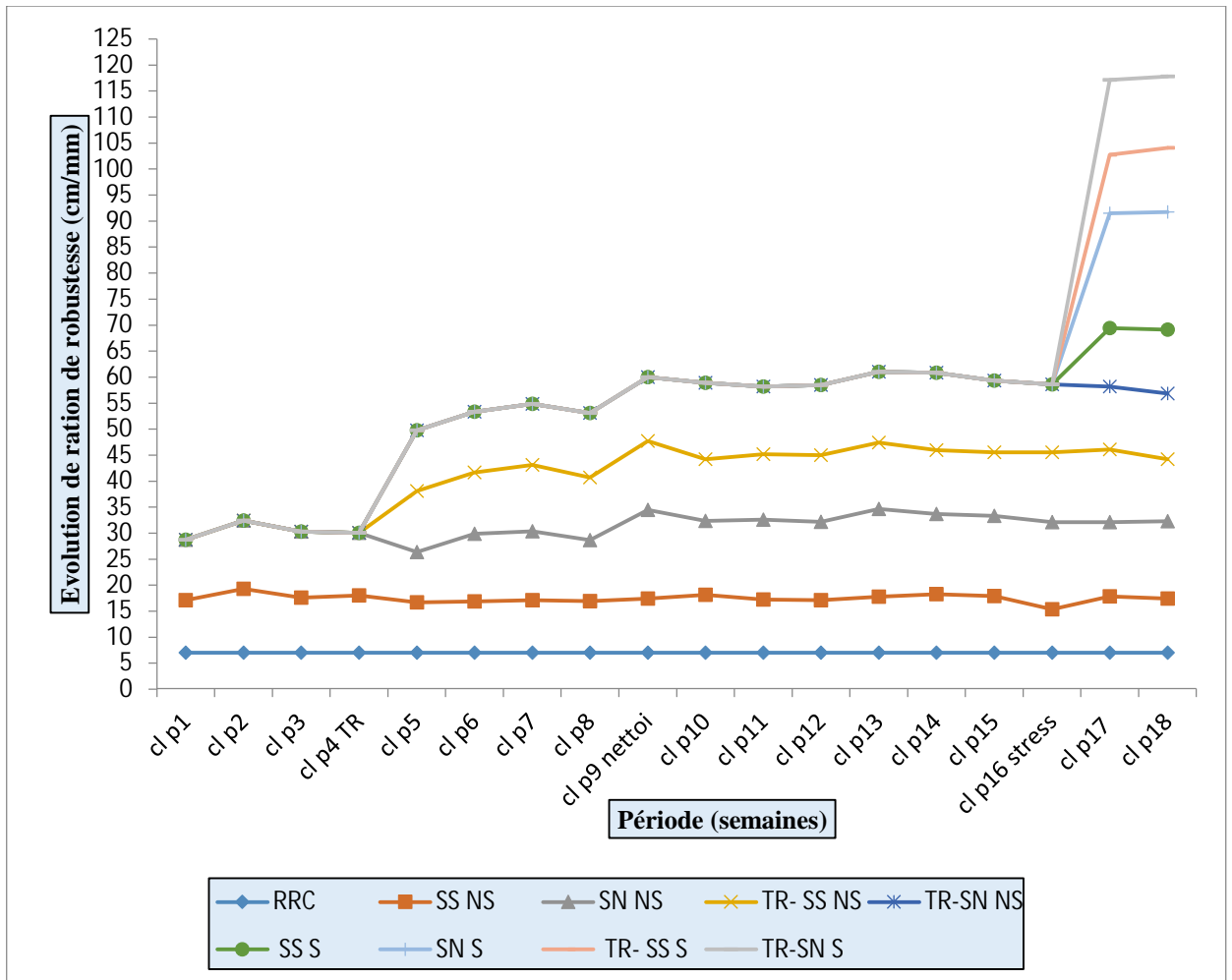


Figure 15: Cinétique hebdomadaire de l'évolution du ratio de robustesse (RR) des plants du chêne liège selon les traitements (sol stérile (SS), naturel (SN), transplantés (TR) et non transplantés(NTR), stressé (S) et non stressé (NS))

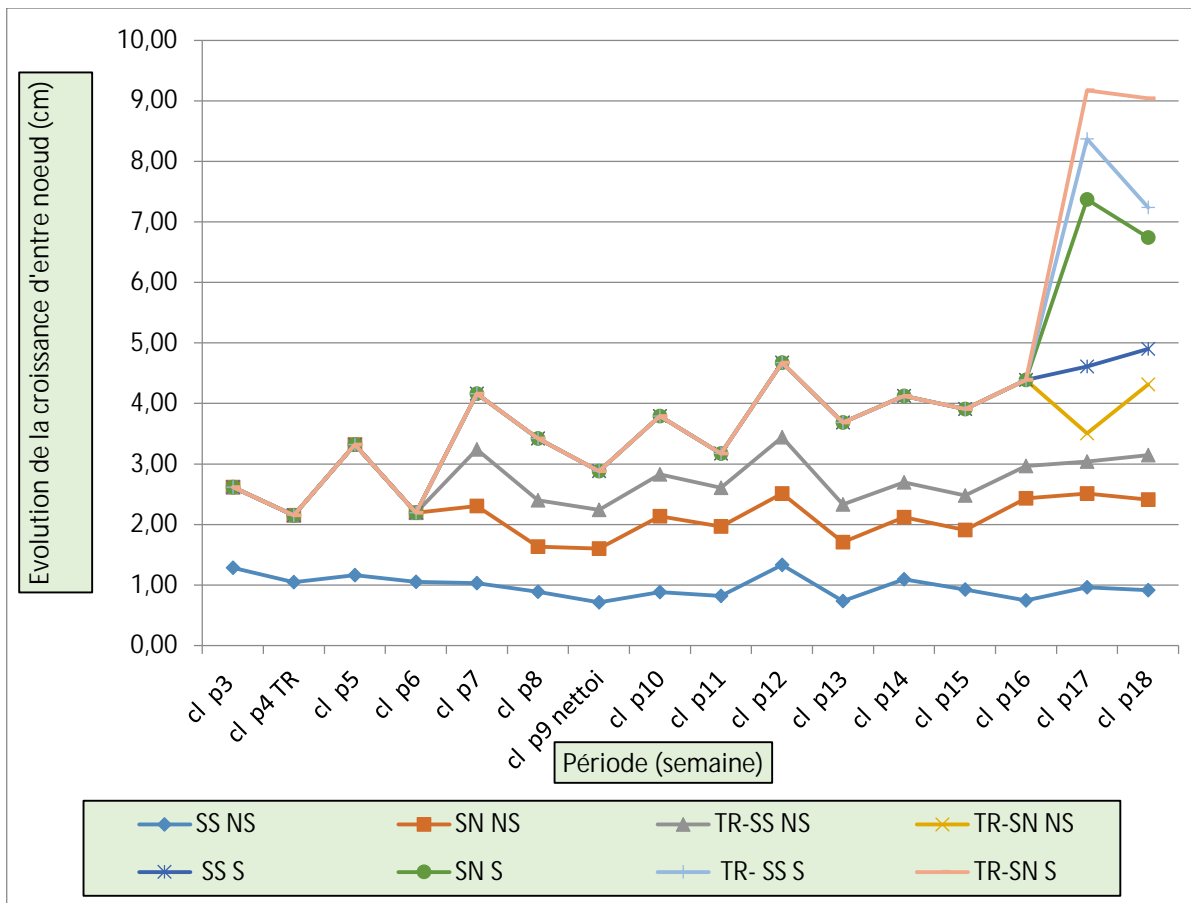


Figure 16: Cinétique hebdomadaire de l'évolution de la distances des entres nœuds (EN) des plants du chêne liège selon les traitements (sol stérile (SS), naturel (SN), transplantés (TR) et non Transplantés(NTR), stressé (S) et non stressé (NS))

III.2.2. Cinétique de croissance des plants de *Quercus afares*

III.2.2.1. Ratio de robustesse

La lecture de la Figure17 permet de noter une allure d'évolution similaire du Ratio de Robustesse des plants du chêne afares selon les différents traitements. Les RR calculés étant supérieur à 7durant les 9 mois de croissance évoquerait une absence d'effet de la microflore du sol sur la vigueur des plants.

Une allure similaire a été également observé pour les courbes d'évolution du RR de après transplantation chez les plants transplantés et non transplantés sur sol naturel et sol stérile.

La coupe de ramification ne semble pas avoir eu un effet sur les plants du chêne afares.

Au moment d'arrêt d'arrosage, nous avons noté une augmentation rapide de la courbe d'évolution pour tous les plants des différents traitements stressés comparativement aux plants non stressés. Une mauvaise vigueur des plants semble avoir été induite par le stress hydrique.

III.2.2.2. Entre-nœuds

Chez le chêne afares, les plants élevés sur sol naturel ont enregistré une meilleure croissance comparativement sur sol stérile notamment à 7 mois d'âge évoquant un effet positif de la microflore du sol sur la croissance (Figure 18).

L'effet de la transplantation est noté chez les plants transplantés et élevé sur sol naturel qui ont enregistré une croissance des entre-nœuds plus importante que ceux non transplantés notamment ceux élevés sur sol naturel évoquant un effet positif de la transplantation sur la croissance en hauteur des plants .

Le stress hydrique induit sur les plants de tous les traitements, a induit un vague de croissance notamment chez les plants transplanté comparativement à ceux non stressé. Le stress hydrique semble avoir un effet positif lors de la première semaine de stress qui est suivi immédiatement d'une chute à la deuxième d'arrêt d'arrosage.

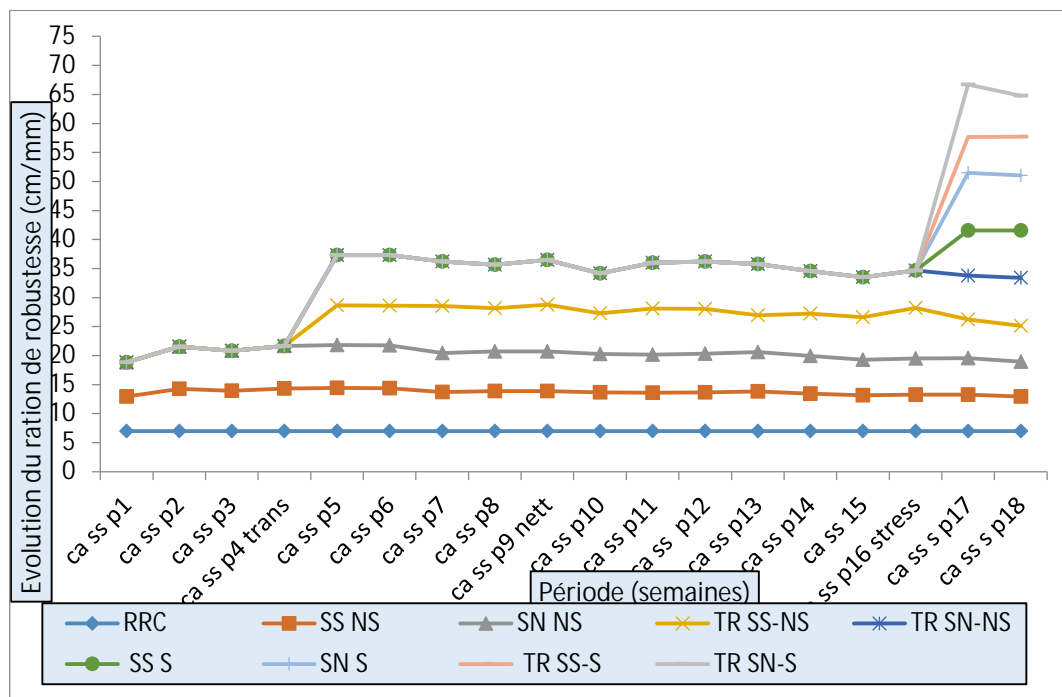


Figure 17: Cinétique hebdomadaire de l'évolution du ratio de robustesse (RR) des plants de chêne afares transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

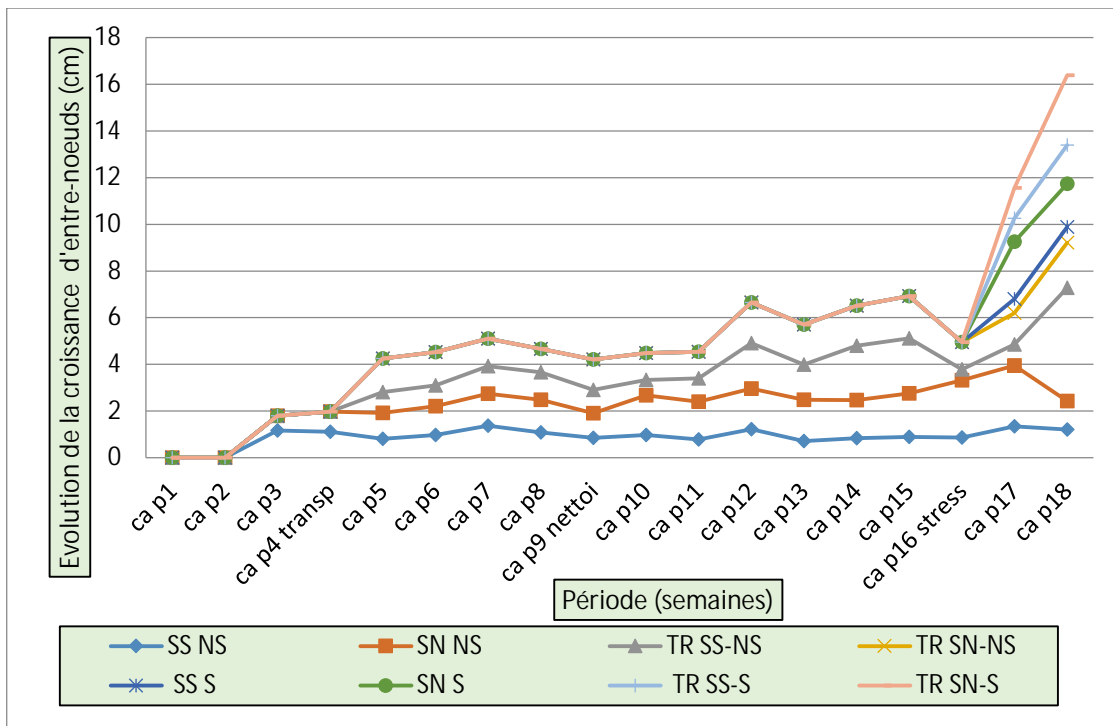


Figure 18: Cinétique hebdomadaire de l'évolution de la distances des entres noeuds (EN) des plants du chêne afares transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

III.2.2. Cinétique de croissance des plants de *Quercus canariensis*

III.2.2.1. Ratio de robustesse

Le calcul des Ratio de Robustesses (Figure19) des plants du chêne zeen ont indiqué une vigueur des plants plus intéressante chez les plants sur sol stérile comparativement aux plants sur sol naturel avec des valeurs inférieures à 7.

Après transplantation, les plants transplantés sur sol stérile ont présenté une meilleure vigueur à ceux non transplanté Evoquant un effet positif de l'élimination de la compétition sur la vigueur des plants.

Au moment d'arrêt d'arrosage nous avons remarqué une augmentation rapide du courbe d'évolution pour tous les plants de différents traitement stressé (SN S; SS S) de période [p17-p18] un rapport de Robustesse inacceptable, ce que reflète l'impact de RR sur la vigueur des plants.

III.2.2.2. Entres nœuds

Les mesures de la croissance des entre-nœuds (Figure 20) de noter que pour tous les plants de différents traitements de sol, on a obtenu une meilleur croissance d'entre nœud chez les plants élevé sur sol naturel avec des vagues de croissance importante pendant P13 comparativement au ceux de sol stérile qui ont marqué des vagues assez importante surtout durant lapériode17, ce qui fait ressortir l'importance de l'effet de la microflore sur les plants.

Cependant, après la transplantation, des vagues de croissance marquées ont été observées chez tous les plants. Cependant ceux transplantés ont enregistré des vagues plus importantes notamment sur sol naturel comparativement à ceux non transplantés. La croissance des entre-nœuds chez le chêne zeen semble être affectée par l'effet de la compétition.

Le stress hydrique appliqué sur les plants de chêne zeen a eu pour effet une chute de l'accroissement des entre-nœuds chez tous les plants stressés et non stressés évoquant une vague de croissance lors de la première semaine. A la deuxième semaine, un gain de croissance est observé.

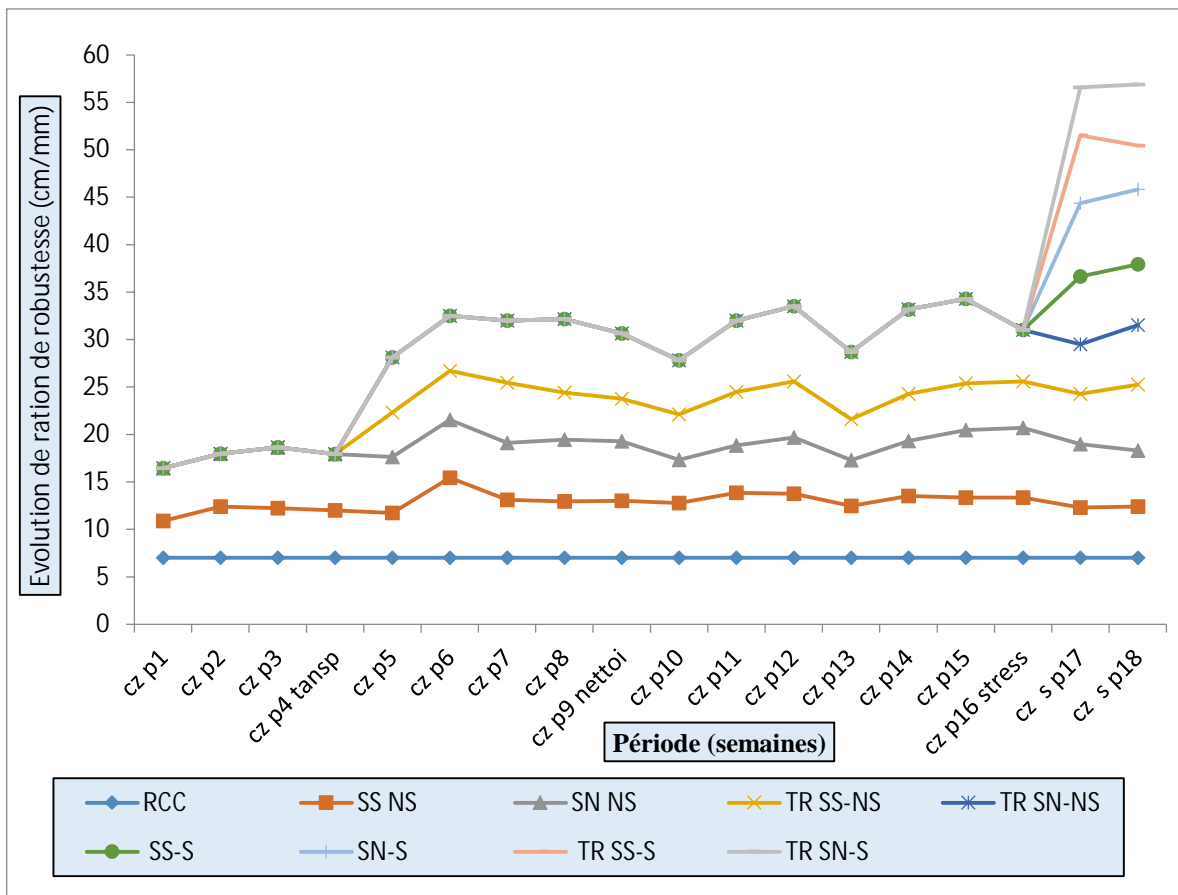


Figure 19: Cinétique hebdomadaire de l'évolution du ratio de robustesse (RR) des plants du chêne zeen transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

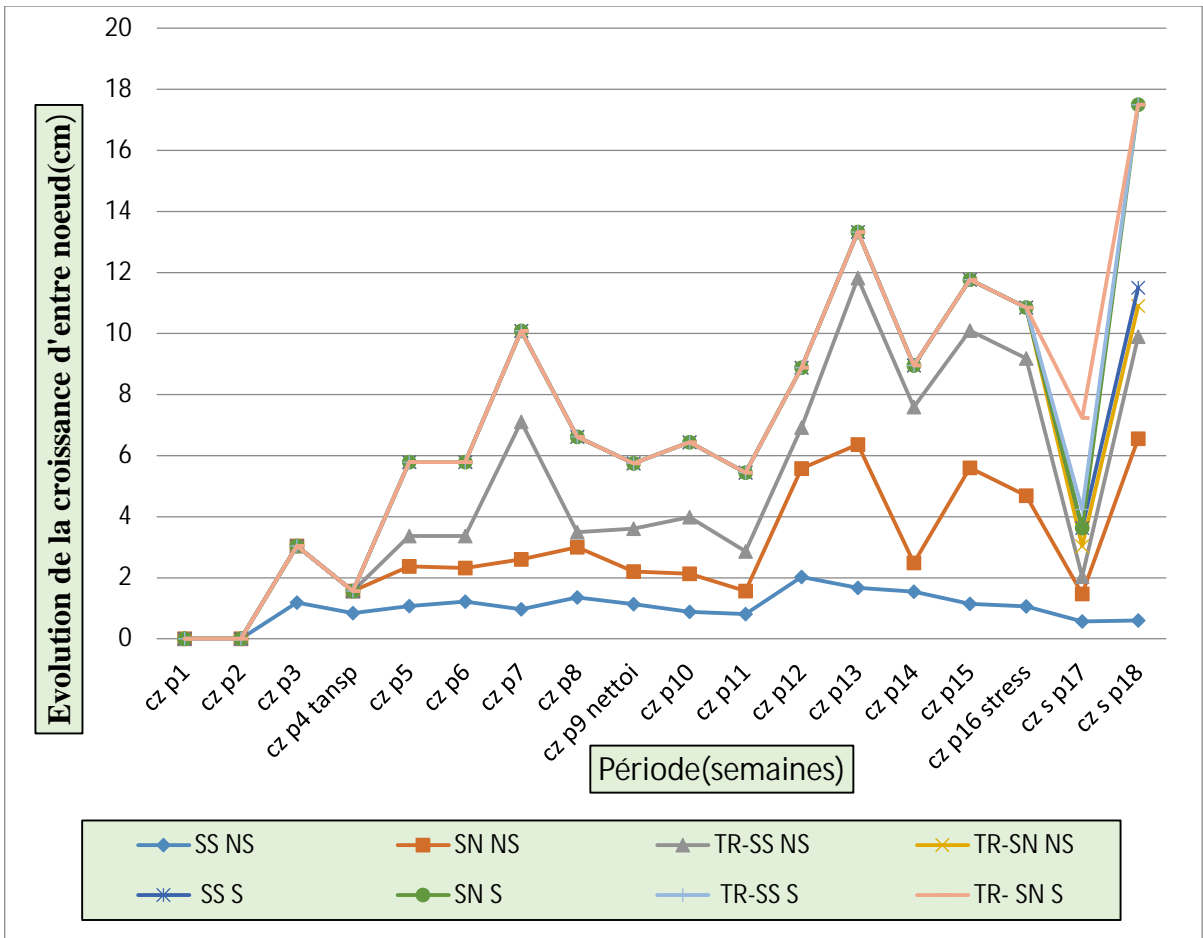


Figure 20: Cinétique hebdomadaire de l'évolution de la distances des entres nœuds (EN) des plants de chêne zeen transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

III.3. Analyse descriptive des plants de chênes

III.3.1. Ratio de robustesse (RR)

L'analyse statistique descriptive de la variable du ratio de robustesse (RR) des plants des différents espèces de chêne élevés sur sol stérile, sol naturel, transplanté et non transplanté a mis en évidence un effet positive de la stérilisation du sol (l'absence de la microflore) sur la qualité et la vigueur des plants de chêne étudié avec des valeurs moyennes du RR les plus faibles enregistrés chez les plants élevés sur sol stérile pour toutes les espèces de chêne. Toutefois, il est intéressant de noter que selon le coefficient de variation, les plants de chêne zeen sur sol stérile semblent avoir une vigueur fortement hétérogène avec CV=242,14 (Tableau 9).

Tableau 10: Statistiques descriptives du ratio de robustesse des plants des différentes espèces de chêne. (CV : chêne vert, CL : Chêne liège, CZ : chêne zeen, CA : chêne afares, SS : sol stérile, SN : sol Naturel, CV : Coefficient de variation ; CAs : Coefficient d'Asymétrie ; CAp : coefficient d'aplatissement).

Variabes	Moyenne	CV	Cas	CAp
CVSS				
CVSN				
CVSS-TR				
CVSN-TR				
CLSS				
CLSN				
CLSS-TR				
CLSN-TR				
CASS				
CASN				
CASS-TR				
CASN-TR				
CZSS				
CZSN				
CZSS-TR				
CZSN-TR				

III.3.2. Les entres nœuds

La croissance des entre-nœuds ont enregistré les plus fortes valeurs chez les plants élevés sur sol naturel notamment chez les plants transplantés. Les coefficients de variation calculés attestent de la forte hétérogénéité de la croissance des entre-nœuds des plants de chêne zeen à l'exception des transplantés sur sol naturel.

Tableau 11: statistiques descriptives de la croissance des entre nœuds des plants des différentes espèces de chêne. (CV : chêne vert, CL : Chêne liège, CZ : chêne zeen, CA : chêne afares, SS : sol stérile, SN : sol Naturel CV : Coefficient de variation ; CAs : Coefficient d'Asymétrie ; CAp : coefficient d'aplatissement).

Variabes	Moyenne	CV	CAs	CAp
CVSS				
CVSN				
CVSS-TR				
CVSN-TR				
CLSS				
CLSN				
CLSS-TR				
CLSN-TR				
CASS				
CASN				
CASS-TR				
CASN-TR				
CZSS				
CZSN				
CZSS-TR				
CZSN-TR				

Effet de la température du sol sur le Ratio de robustesse et la longueur des entrenœuds

La température du sol est facteur limitant et affecte l'allongement des entrenœuds et des branches caulinaires primaires des végétaux. Il est réduit à des températures plus basses et augmenté à des températures supérieures.

Afin de déterminer l'effet de la température du sol sur les variables RR et croissance des entrenœuds, des coefficients de corrélation ont été calculés. Les corrélations obtenues sont positives et significatives entre les températures et le chêne vert et le chêne liège à l'exception des plants du chêne liège élevés sur sol naturel transplantés. A l'inverse, les plants du chêne zeen et du chêne afares ont enregistré des corrélations significative et négative impliquant un effet inverse de la température édaphique sur le RR (Tableau 11).

Cependant les chiffres de corrélations obtenus entre la température du sol et la longueur des entre nœuds permet de noter chez les plants de chêne vert et chêne liège des corrélations négatives et significatives et inversement pour les plants de chêne afares et chêne zeen à l'exception des plants élevés sur sol stérile du chêne afares et chêne zeen transplantés.

Tableau 12: Coefficient des corrélations entre la température - la vigueur (RR) des plants et la longueur des entre-nœuds chez les plants de chêne (CV : Chêne vert, CL : Chêne liège, CA : Chêne afares, CZ : Chêne zeen)

Température espèces	Coefficient de corrélation	
	RR	EN
CVSS	0,80	-0,33
CVSN	0,85	0,18
CVSS-TR	0,75	-0,43
CVSN-TR	0,87	-0,31
CLSS	0,03	-0,82
CLSN	0,93	-0,29
CLSS-TR	-0,64	-0,77
CLSN-TR	0,23	-0,32
CASS	-0,78	-0,10
CASN	-0,08	0,82
CASS-TR	0,26	0,34
CASN-TR	-0,66	0,46
CZSS	-0,36	0,63
CZSN	-0,81	0,92
CZSS-TR	-0,75	-0,06
CZSN-TR	-0,78	0,83

III.4. Le pouvoir endomycorhizogène du sol :

L'observation des racines de la coriandre (plante Test) élevées sur les différentes dilutions a permis de mettre en évidence la présence des différentes structures endomycorhiziennes pour tous les plants quel que soit la dilution (Figure 5646). (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4})

- des vésicules de différentes formes rondes ovale et de taille variable extra et intracellulaire. et d'autres présentes des inclusions lipidique ;

- Des pelotons, et des hyphes intercellulaires et extra matricielle.
- De Spores.
- Des vésicules.
- Des arbuscules.
- Des endophytes.

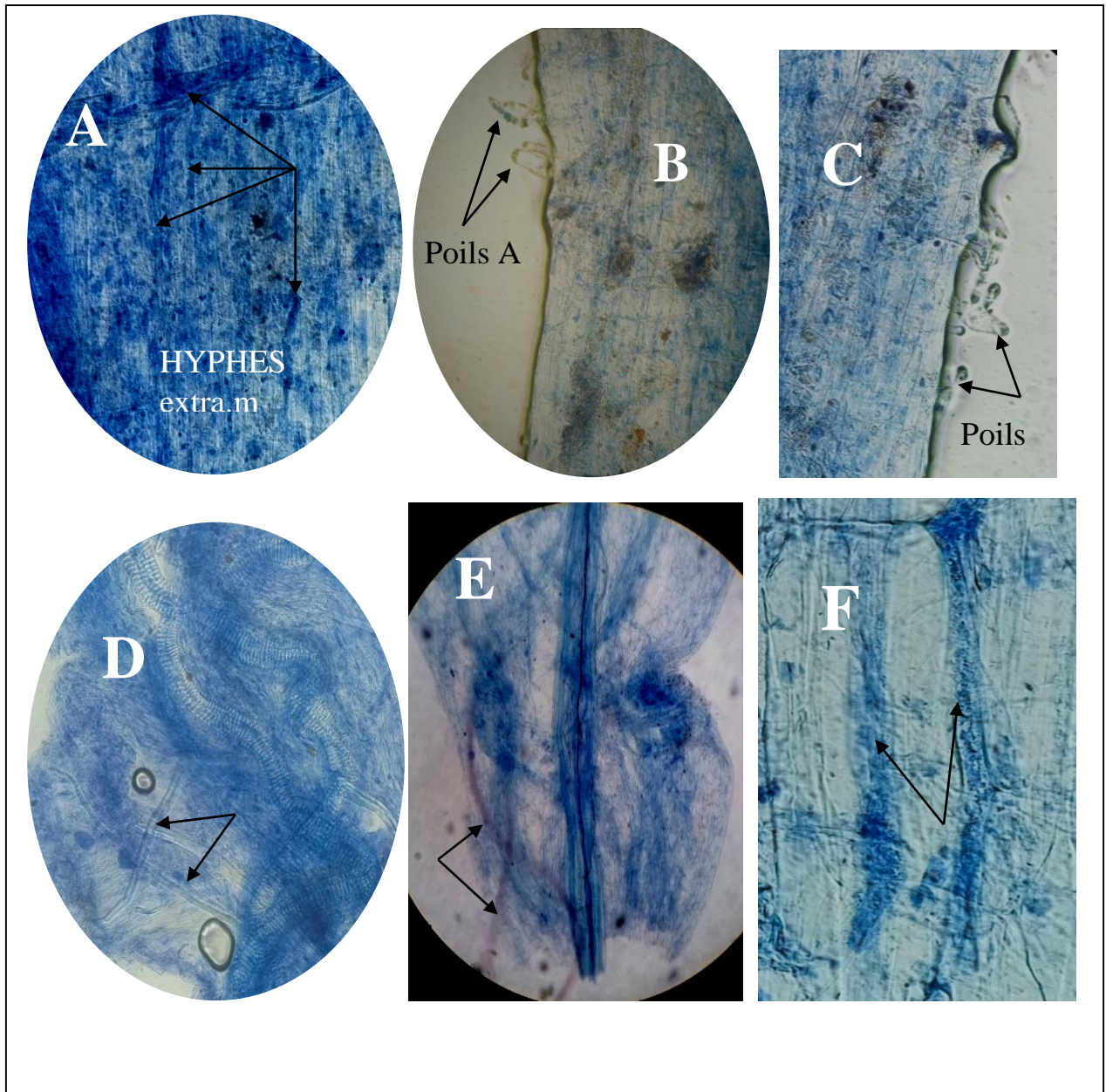


Figure 21: Hyphes et les poils absorbants au niveau des racines de la coriandre (A-D-E :
Hyphes Extra matricielle, B/C : Poils absorbants, F : Hyphes intercellulaire)

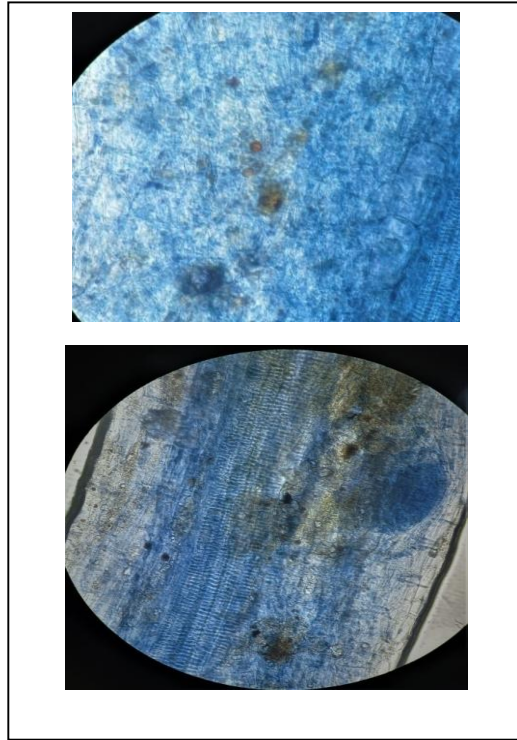


Figure 22 : Endophytes selon différentes fréquences au niveau des racines de la coriandre

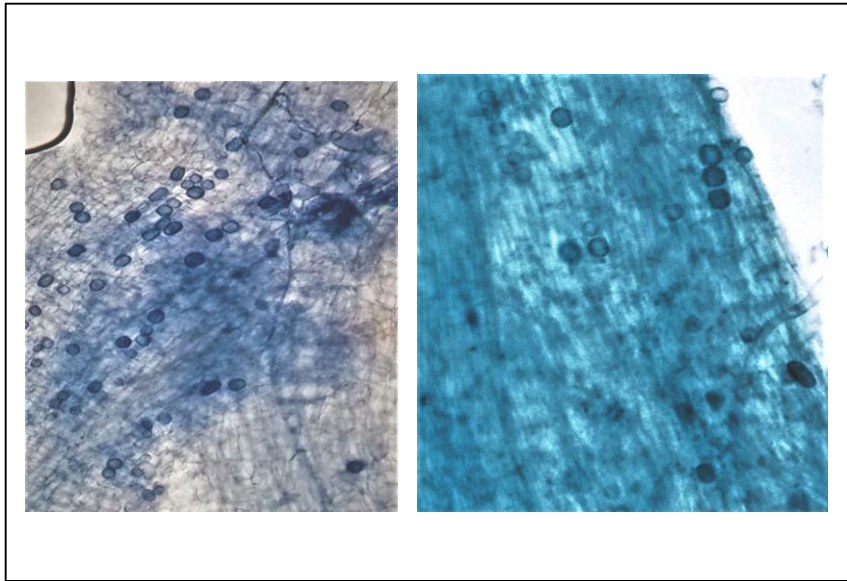


Figure 22 : Vésicules ronde et ovale observées chez la coriandre

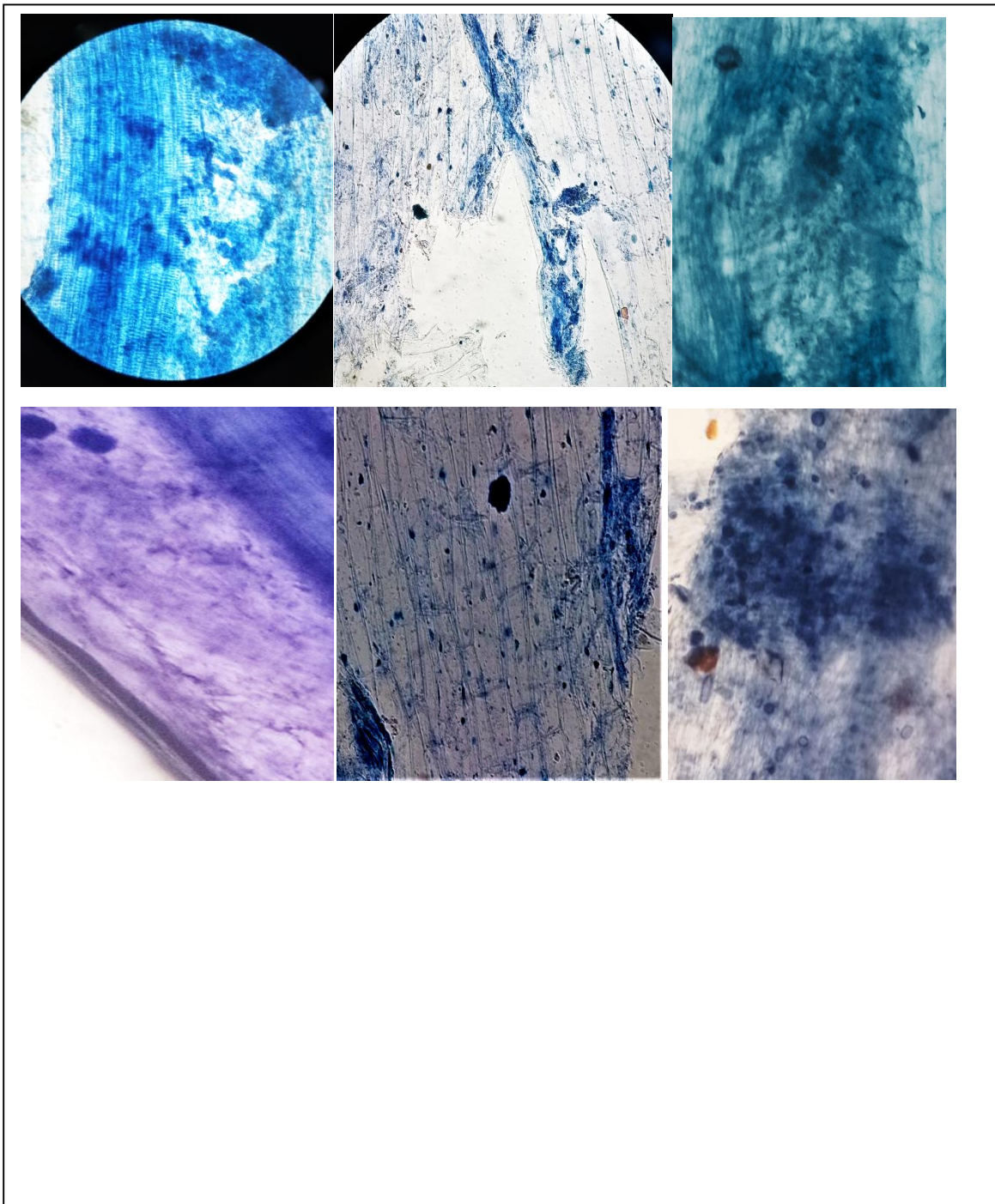


Figure 23. Les arbuscules au niveau des racines de la coriandre

L'analyse des facteurs de mycorhization selon Trouvelot *et al.*, (1986) a permis de noter des valeurs de la fréquence de la mycorhization de 100% et des intensités de mycorhization de la racine mycorhizée qui varie de 47 % à 103%. La dilution 10^{-5} n'a pas permis la survie des plants. Le sol de la chênaie de utilisé lors de l'expérimentation a présenté un grand pouvoir endomycorhizogène induisant une mycorhization des racines de la coriandre de plus de 50% à l'exception de la dilution 10^{-5} (Tableau 13).

Tableau 13: Les facteurs d'endomycorhization de la coriandre semé sur le sol de la chênaie

Brins	F(%)	M%	m%	a%	A%
10^{-1}	100	92	92	857,00	788,44
10^{-2}	100	47	47	728,67	342,48
10^{-3}	100	69,2	69,2	870,87	602,64
10^{-4}	100	103	103	913,00	940,39
10^{-5}	Mort	mort	Mort	mort	mort

III.5. La symbiose endomycorhizienne des 4 types de chêne : *Q.ilex*, *Q.suber*, *Q.canariensis*, *Q.afares* :

L'observation microscopique des lames contentent 20cm de racines de chaque plant des quatre espèces de chêne étudié soit un totale de 98 plants pour les deux traitements, à montrer que les racines sur sol stérile sont pauvres en endomycorhizes, contrairement à l'observation du sol naturel qui a permis d'inventorier des endomycorhizes de différents types et différentes formes que sa soit sur sol transplanté ou sur sol soumis au stress hydrique. Dont :

- Des vésicules de différente forme ronde, ovale, et de taille variable.

Elles sont extra ou intracellulaires, et certaines présente des inclusions lipidiques.

- Plusieurs vésicules à l'intérieur du cortex.
- Des hyphes extramatricielles intercellulaires qui s'enroulent pour former des pelotons.
- De gros hyphes qui rentrent à l'intérieure des cellules. Ils s'amincissent pour former des arbuscules sous forme de nuage opaque.

- Des spores de différentes formes.
- Des amas de spores.
- Des endophytes.

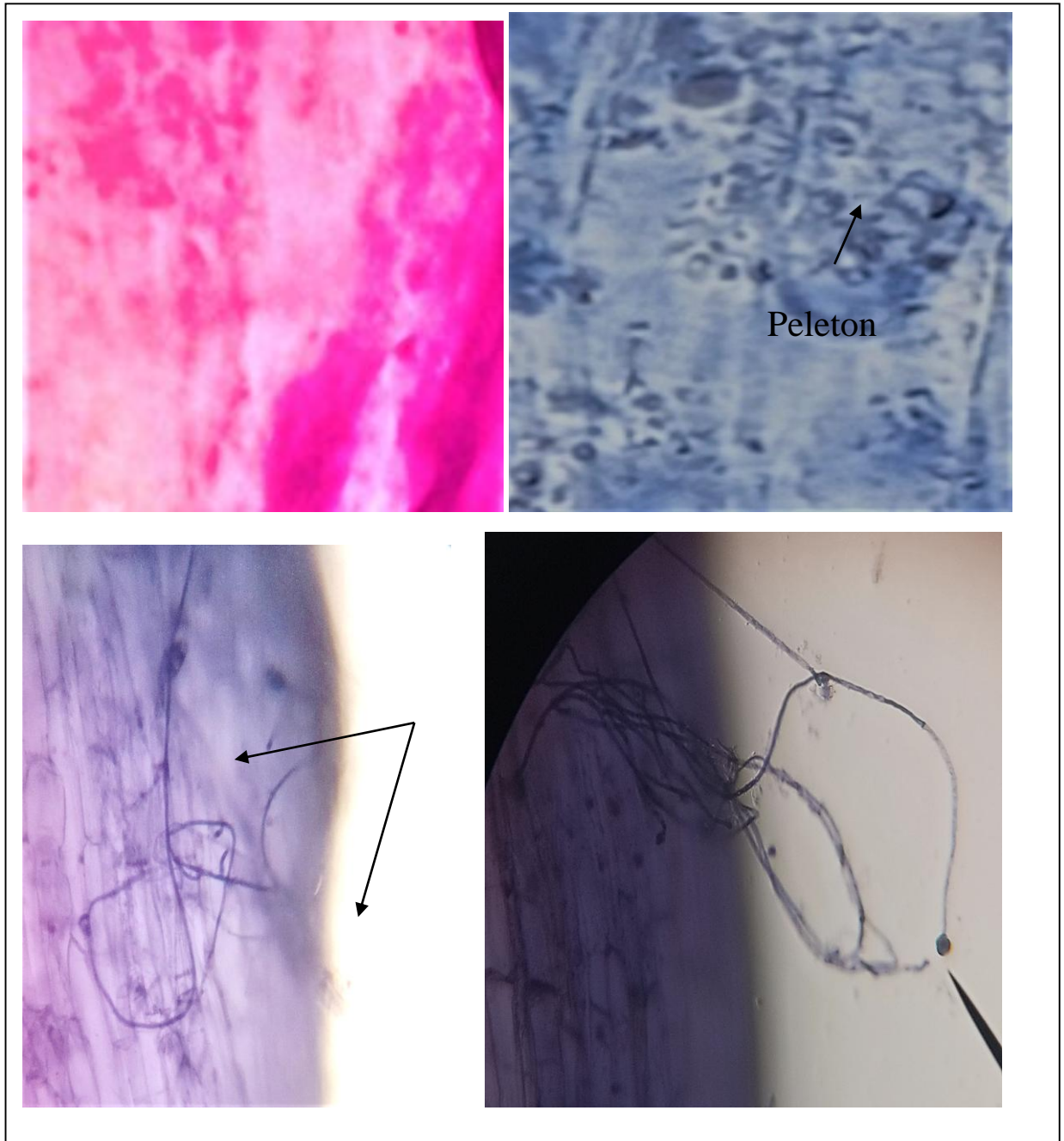


Figure 24: Hyphes et pelletons selon différents fréquences au niveau des racines des chênes étudiés (chêne liège, chêne vert, chêne afares, chêne zeen)

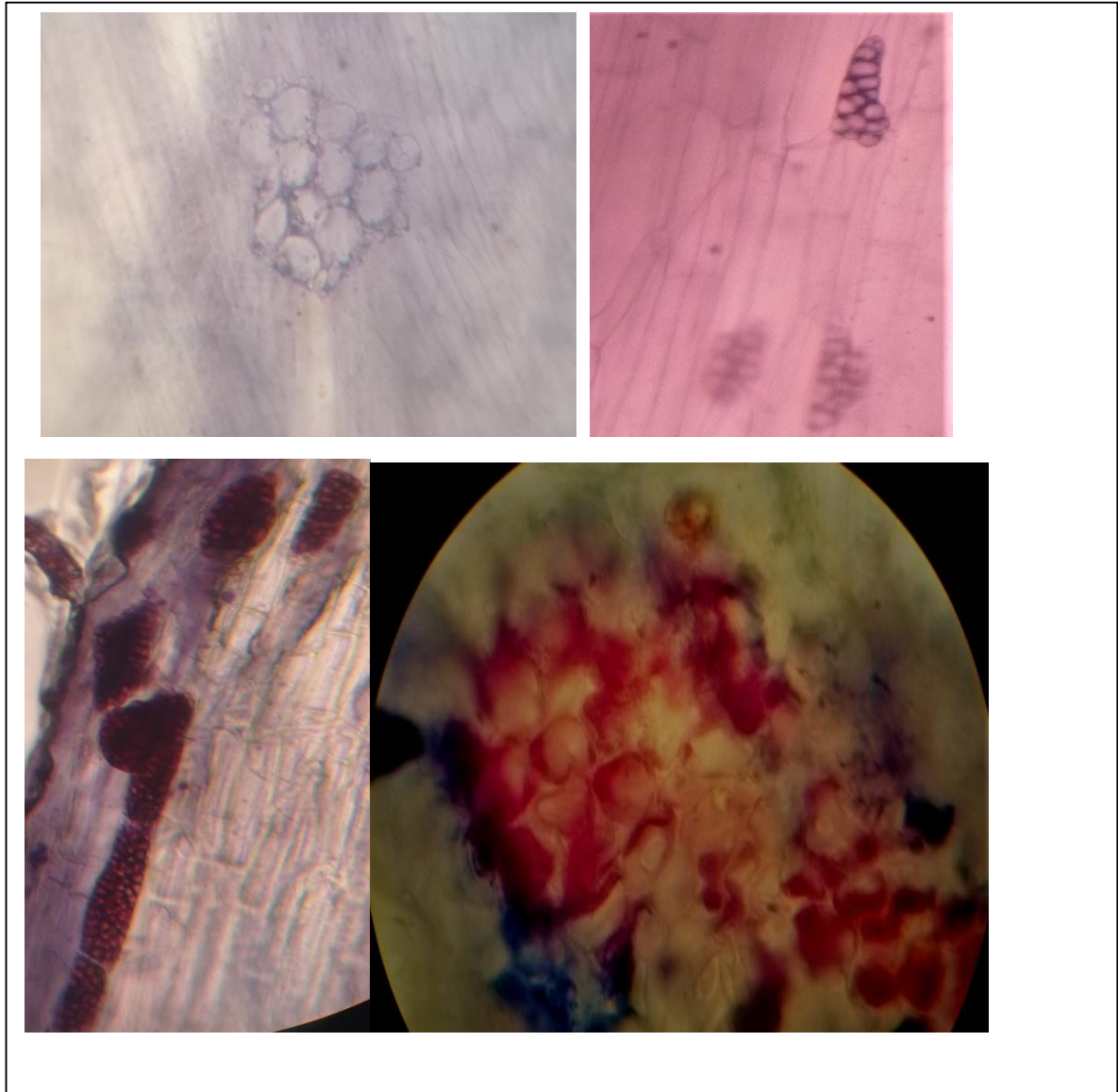


Figure 25: Les endophytes selon différents fréquence au niveau des racines des chênes étudiés (chêne liège, chêne vert, chêne afares, chêne zeen)

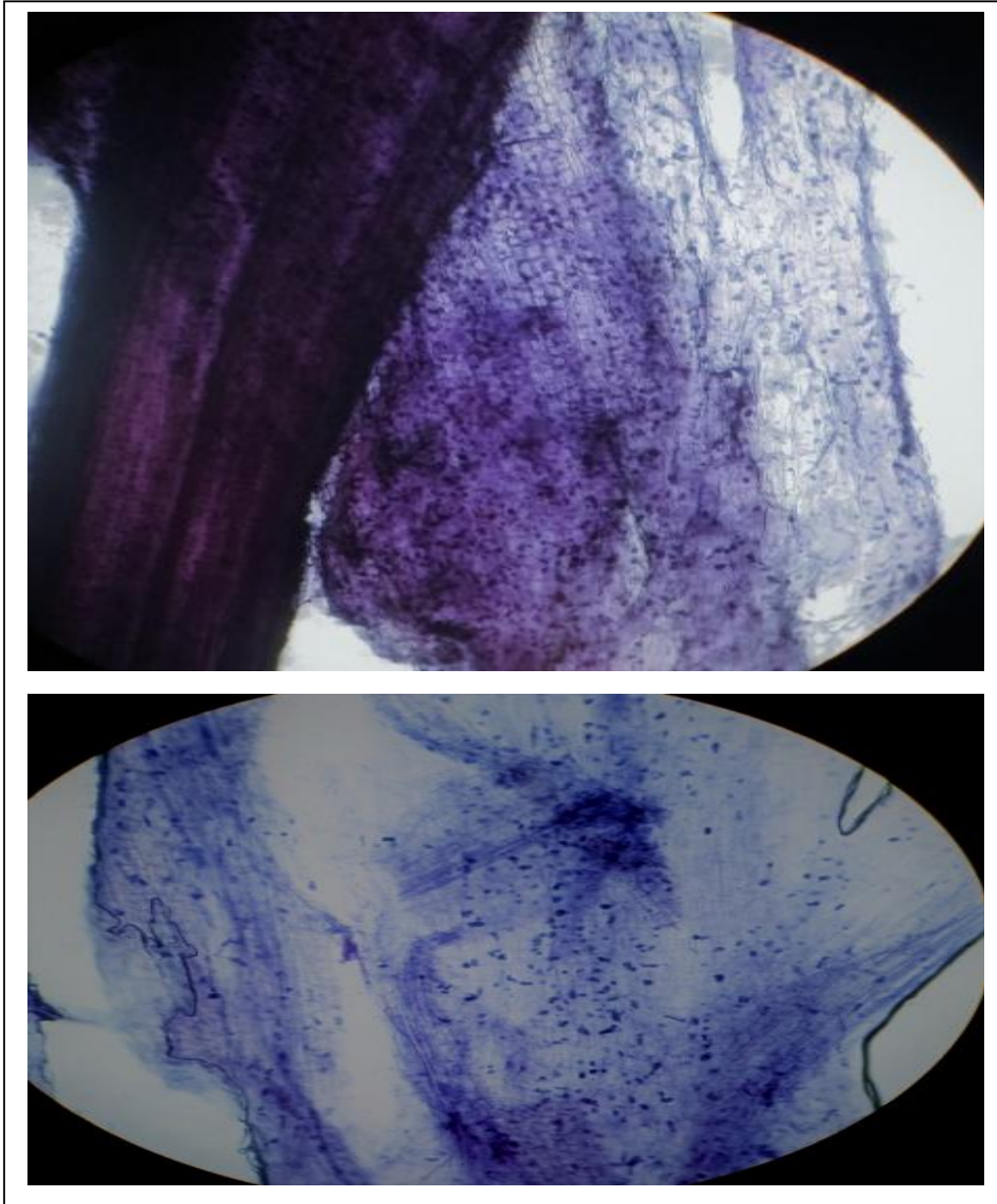


Figure 26 : Les vésicules selon différents fréquences au niveau des racines des chênes étudiés (chêne liège, chêne vert, chêne afares, chêne zeen).

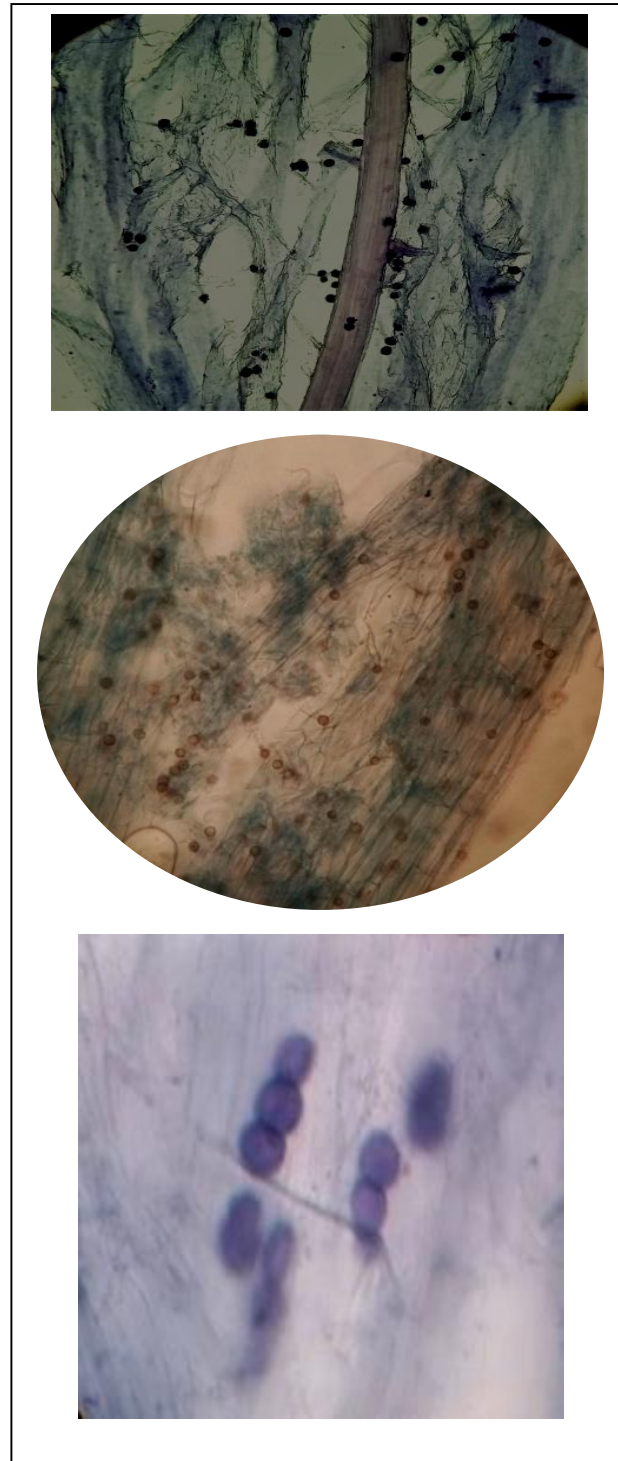


Figure 27 : vesicules selon différents fréquences au niveau des racines des chênes étudiés (chêne liège, chêne vert, chêne afares, chêne zeen)

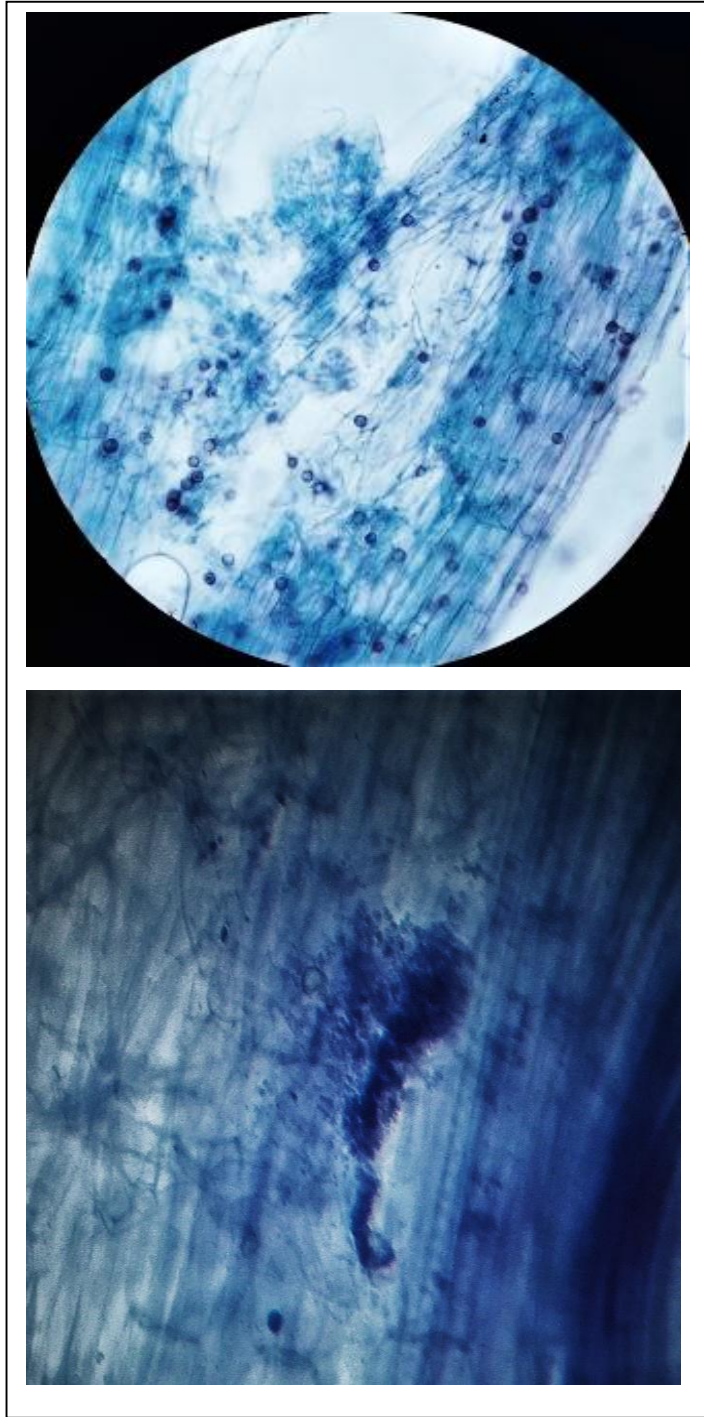


Figure 28: Les arbuscules selon différents fréquences au niveau des racines des chênes étudiés (chêne liège, chêne vert, chêne afares, chêne zeen)

III.6. Effets des différents traitements sur la croissance et l'endomycorhization du chêne

Afin de comparer la croissance et l'endomycorhization entre les quatre espèces de chêne, une analyse de la variance (ANOVA) a été réalisée.

III.6.1. Chêne vert

L'analyse de la variance réalisé pour les variables mesurées des plants de *Quercus ilex* atteste de l'absence de différences significatives pour toutes les variables à l'exception de la fréquence qui a accusé des différences hautement significatives entre les plants élevés sur sol naturel transplantés et non transplantés, les plants stressés et non stressés et les transplantés stressés et non stressés à $p= 0,0001$ (Tableau 13)

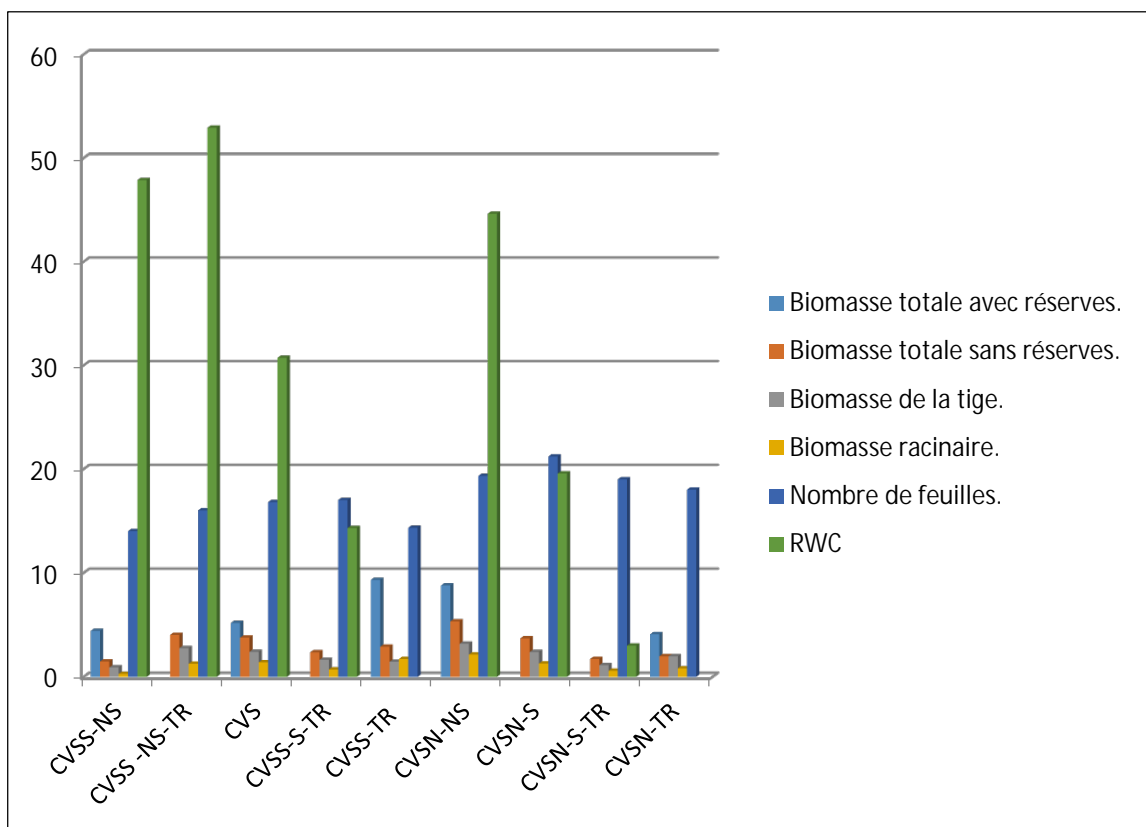


Figure 29: Comparaison des variables de croissance des plants de chêne vert soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).

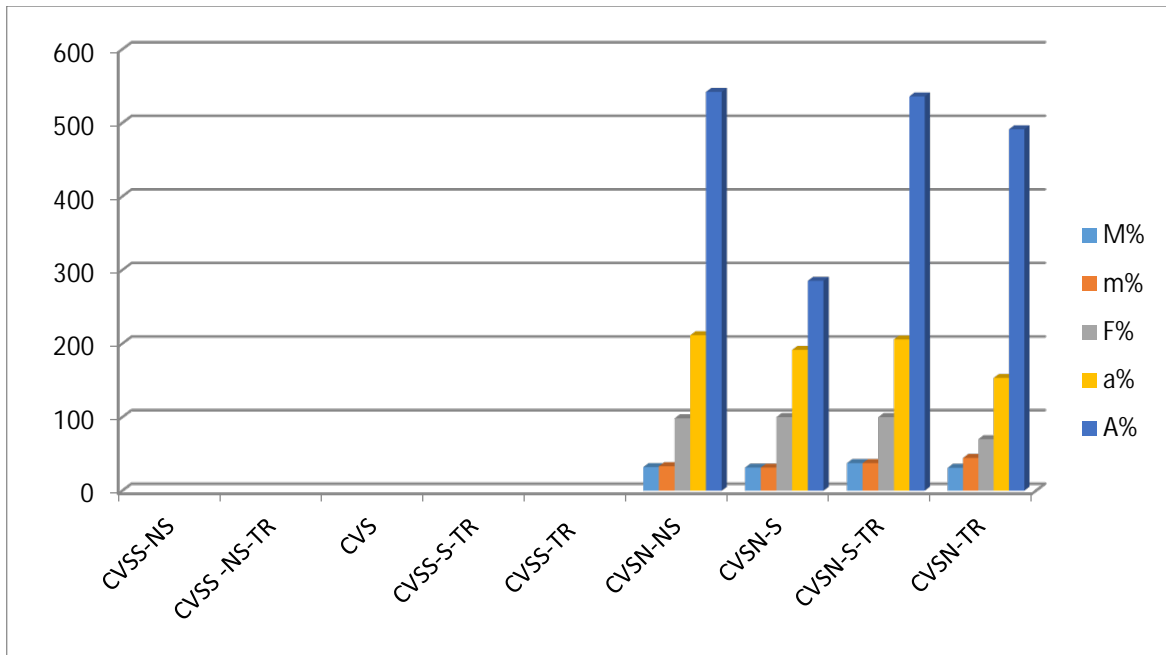


Figure 30: Comparaison des variables d'endomycorhization des plants de chêne vert soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).

III.6.2. Chêne afares

Chez les plants du chêne afares des différences significatives ont été enregistrées pour la production de la biomasse avec une plus grande production des plants élevés sur sol stérile transplantés. L'intensité arbusculaire (a%) a accusé une différence significative entre les plants élevés sur sol naturel transplantés stressés et non stressés à $P=0,0327$. Des différences hautement significatives pour la teneur arbusculaire à $P=0,00687$ en faveur des plants élevés sur sol naturel transplanté qui ont enregistrés la plus forte valeur d'intensité mycorhizienne de la partie mycorhizée (Tableau 14)

Résultats et discussion

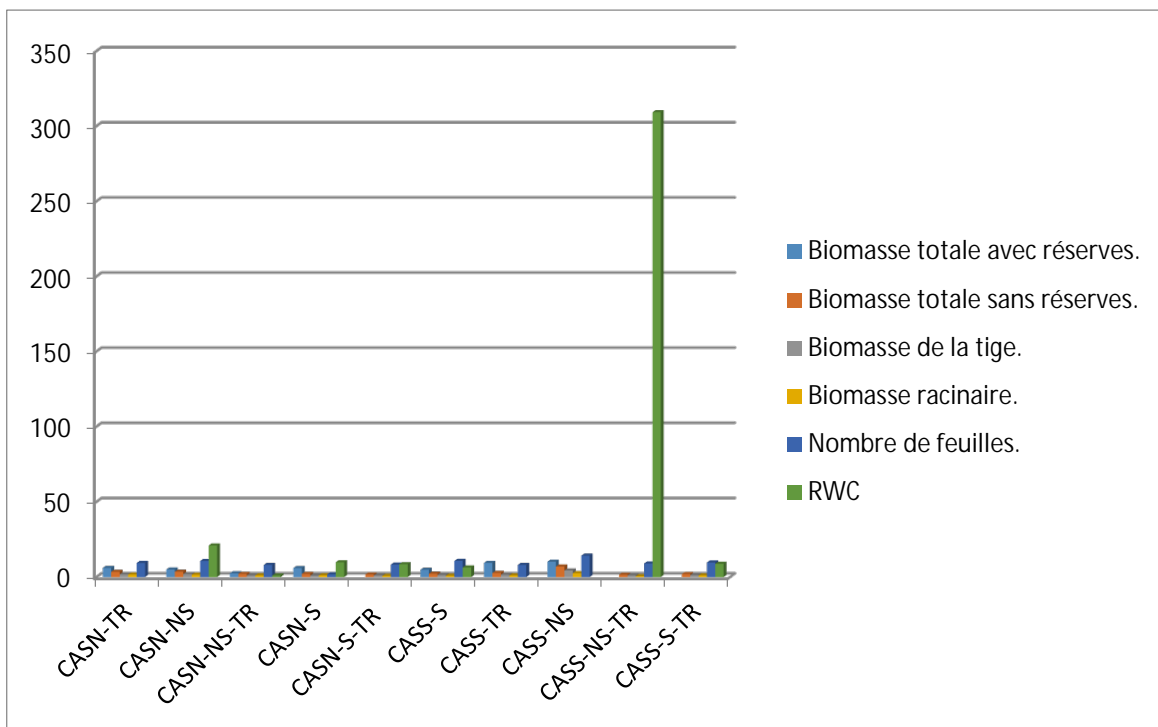


Figure 31 : Comparaison des variables de croissance et d'endomycorhization des plants de chêne afares soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).

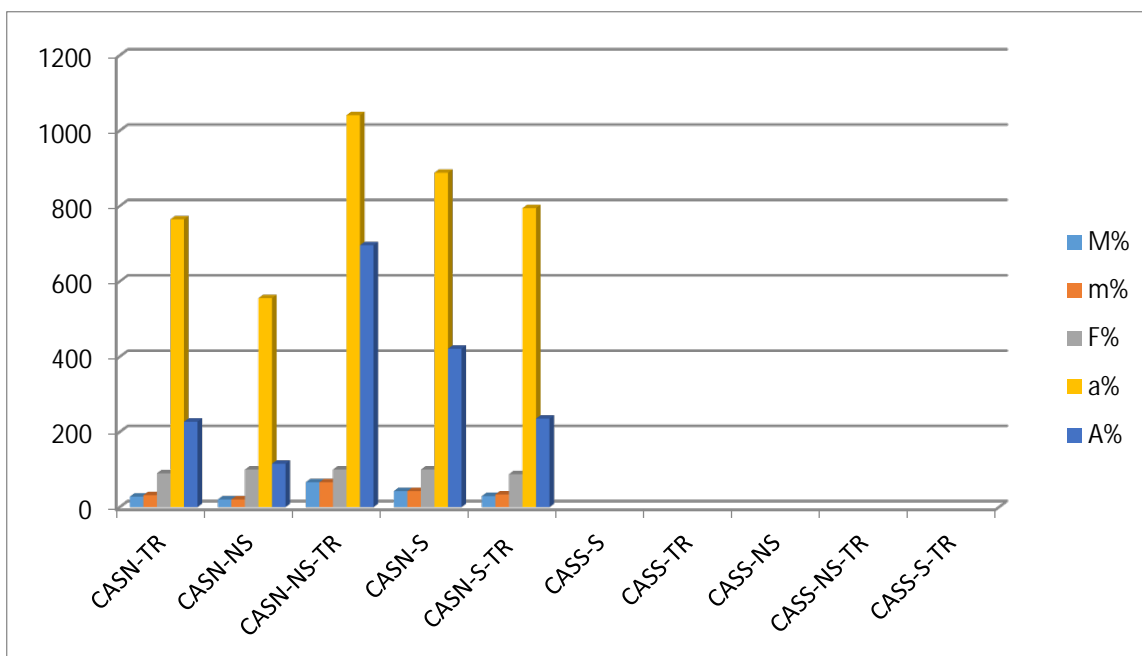


Figure 32 : Comparaison des variables d'endomycorhization des plants de chêne afares soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).

III.6.3. Chêne zeen

L'analyse de la variance réalisé pour les variables mesurées de *Quercus canariensis*, a révélé l'absence des variables à l'exception de la variable fréquence qui a marqué une différence significative entre les plants stressés élevés sur sol stérile transplanté et ceux sur sol naturel avec $P= 0,0115$.

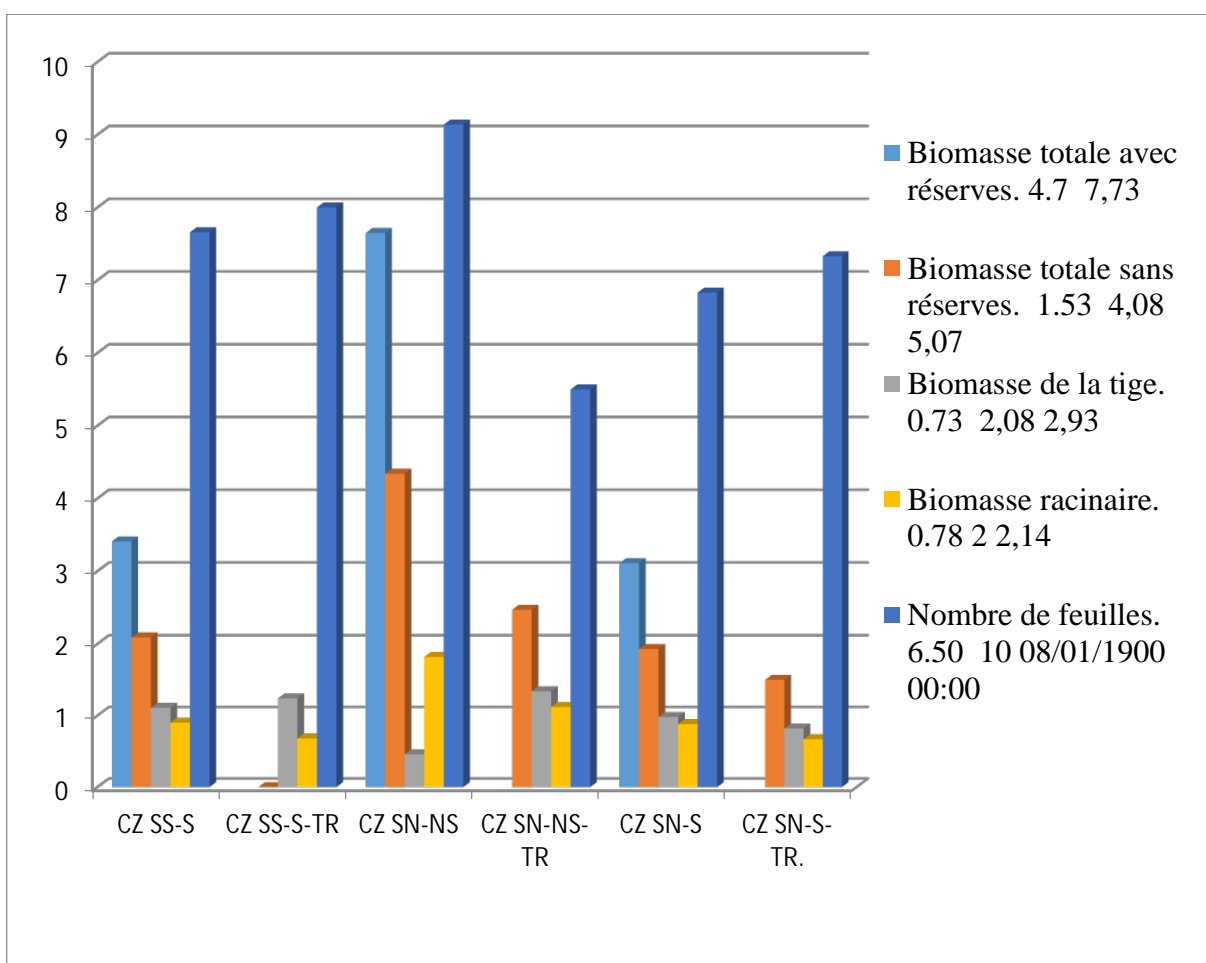


Figure 33 : Comparaison des variables de croissance des plants de chêne zeen soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).

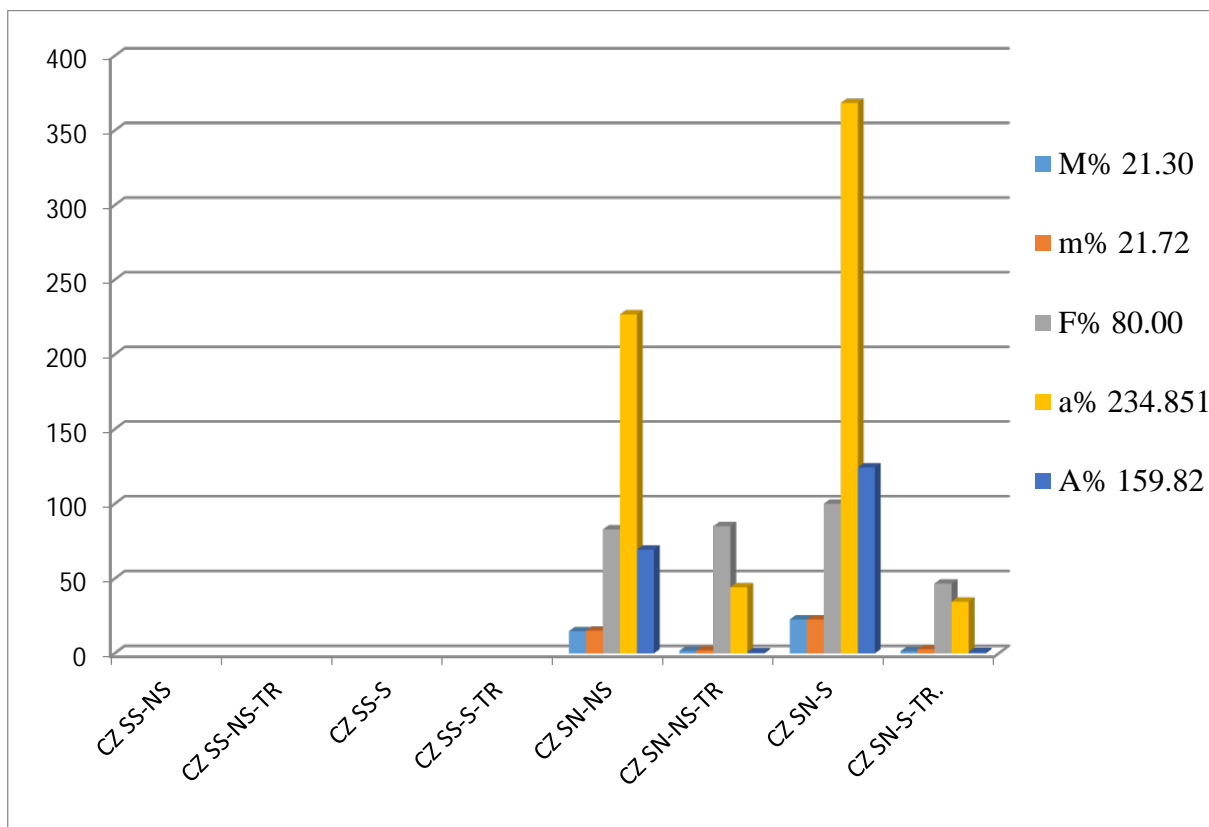


Figure 34 : Comparaison des variables d'endomycorhization des plants de chêne zeen soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).

III.6.4. Chez le chêne liège

La lecture de l'Anova réalisé pour variables mesurées des plants de *Quercus suber* a révélé l'absence de différence significative pour la variables biomasse racinaire, et nombre de feuille et les facteurs d'endomycorhization à l'exception du taux de mycorhization de la partie mycorhizée « m% » qui a enregistré des différences significatives respectivement entre les plants sur sol naturel stressés et non stressés à $P=0,0279$. Des différences significatives sont relevés pour la variable biomasse de la tige entre les plants élevés sur sol stériles stressés et non stressés et entre les plants sur sol naturel stressé et ceux élèves sol stériles et non stressés avec respectivement $p=0,0143$ et $P=0,0192$.

Résultats et discussion

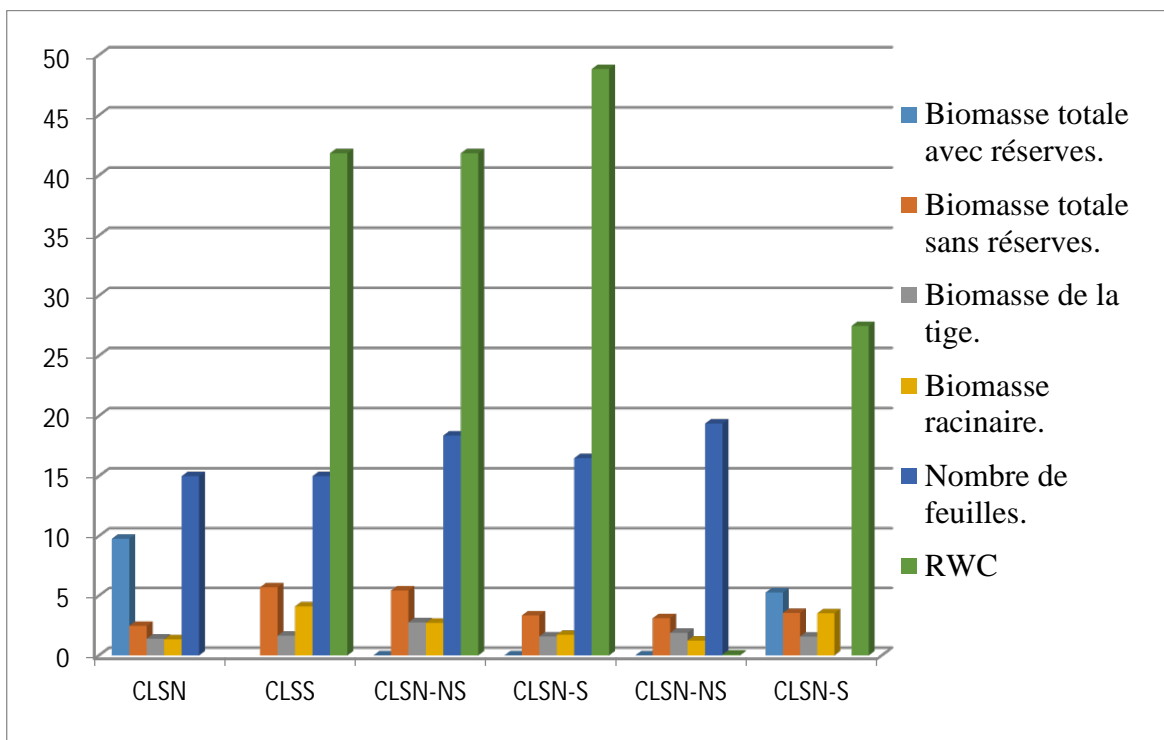


Figure35 : Comparaison des variables de croissance des plants de chêne liège soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).

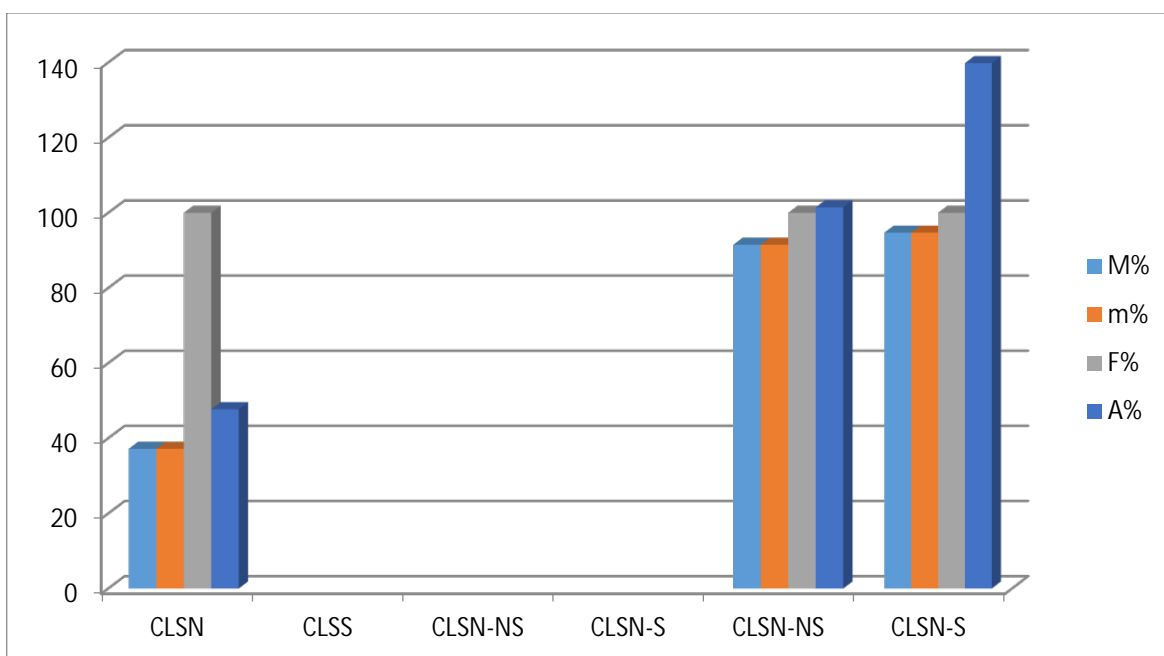


Figure36 : Comparaison des variables d'endomycorhization des plants de chêne liège soumis au différents stress (SS : sol stérile, SN : sol naturel, TR : transplanté, NS: non stressé, S: stressé).

III.7. Effet de la communauté endomycorhizienne sur les variables de croissance des plants de différents chênes

Pour étudier l'effet de l'endomycorhization sur les variables de croissance des plants de chêne, nous avons utilisé l'indice de dépendance mycorhizienne relative (IDMR). Nous l'avons estimé pour les différents chênes étudiés et calculés à partir des poids secs de la partie aérienne des plants mycorhizés et non mycorhizés (Plenchette *et al.* 1983 in Echairiet *al.*, 2008).

Les IDMR des plants stressés des 4 espèces de chêne a révélé la plus faible dépendance endomycorhizienne chez le chêne vert avec IDMR=175,67 et la plus forte dépendance a été enregistré chez le chêne afares avec IDMR= 219,92. Par contre, l'absence de stress, a révélé une plus faible dépendance des plants du chêne zeen avec un IDMR = 152,36 et le chêne liège 268,81 (Tableau17).

Chez les plants transplantés stressés, nous avons noté la plus faible dépendance chez le chêne afares avec une valeur de 195,48 et la plus forte dépendance a été enregistré chez le chêne liège et vert avec 369,61. Les plants transplantés non stressés chêne vert ont enregistré un IDMR = 141,77 le plus faible comparativement aux autres espèces pour le chêne liège a par contre enregistré la plus grande dépendance avec IDMR =373,18.

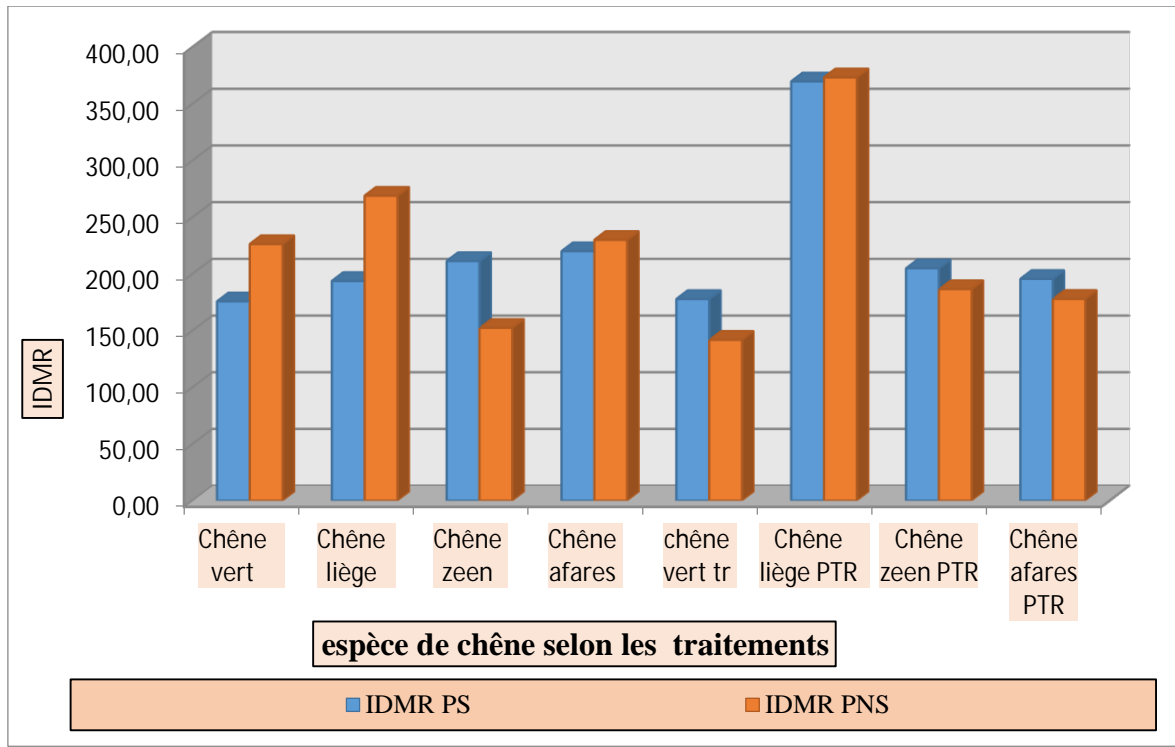


Figure 37: Histogramme des indices de dépendances mycorhiziennes relative des quatre chênes (PS : Plant stressé, PNS : Plant non stressé, PTR : Plants transplantés).

Discussion :

L'analyse des résultats enregistré lors de notre expérimentation a permis de d'observer une cinétique de croissance des plants de chênes en faveur des plants élevées sur sol naturel comparativement aux plants qui se sont développer sur sol stérile. En effet, les symbiontes racinaires et la microflore du sol sont connus pour être un allié de la croissance des végétaux et des spécialistes de la nutrition hydrique et minérale (Garbaye, 2013).

La coupe des ramifications pour obtenir une tige monopodiale par plants est restée sans effet sur les différents chênes à l'exception du chêne liège qui avaient une très forte tendance à se ramifier.

La transplantation qui a pour but la suppression de la concurrence et de la compétition, a induit des valeurs de ratio de robustesse et longueur d'entre-nœud les plus élevés chez les quatre espèces de chêne. En effet, l'élimination de la compétition permet une meilleure disponibilité des éléments nutritifs (Moreau *et al.*, 2020).

Le stress hydrique appliqué à la 16ème semaine de l'expérimentation a induit un effet négatif sur l'évolution de la croissance des trois espèces chêne zeen ; chêne liège et chêne afares. Cependant, le chêne vert s'est avéré plus résistant au stress. Sarir et Benmahioul (2017), dans leurs études sur les mêmes espèces de chênes, ont rapporté des résultats similaires et précisent que le chêne vert a une meilleure performance de croissance comparativement au chêne liège, chêne zeen et chêne afares.

Le pouvoir endomycorhizogène des sols naturels de la chênaie a révélé un pouvoir endomycorhizogène conservé au volume 4 soit 10^{-4} avec une mycorhization de plus de 50% du système racinaire indiquant un bon pouvoir endomycorhizogène.

L'observation microscopiques des racines a permis de noter la présence de structures endomycorhiziennes variées au sein d'un même plant chez les jeunes plants. Elles présentent différentes caractéristiques morphologiques qui indiquent l'implication de plusieurs champignons endomycorhiziens. En effet, chez les jeunes plants des espèces du genre *Quercus*, l'endomycorhization a été rapporté par plusieurs auteurs (Garbaye 1990 ; Boudiaf et Beddiar, 2011 ; Takilt, 2016 ; Ait Gherbi, 2017 ; Lounici, 2020).

La quantification de l'endomycorhizienne des plants a révélé la présence de la colonisation endomycorhiziens chez les quatre espèces quelles soit stressés ou non stressé, transplanté ou non transplanté sur sol naturel. Le stress hydrique s'est révélé être un facteur favorisant la symbiose endomycorhizienne chez les quatre espèces de chênes. Les structures endomycorhiziennes étaient variées arbuscules, vésicules, pelotons et hyphes intra et inter cellulaires au sein d'un même plant. Les structures étaient à caractéristiques morphologiques qui indiquent l'implication de plusieurs champignons endomycorhiziens.

L'analyse de l'endomycorhization et la production en biomasse a permis de révéler des différences significatives chez le chêne liège et le chêne afares et l'absence significatif chez le chêne vert et chêne zeen.

Selon certains auteurs, IDMR varie en fonction de la teneur du phosphore présent dans le sol et de la capacité de la plante à l'assimiler. La valeur élevée implique que le phosphore présent dans le sol est très faible (Nouaim et Chaussod, 2002 ; Echairi *et al.* 2008). Le calcul de l'indice de la dépendance mycorhiziennes (IDMR) pour les quatre espèces de chênes pour les plants non transplantés a révélé une plus forte dépendance endomycorhizienne chez le chêne liège non stressé à l'inverse du chêne zeen non stressé qui a enregistré la plus faible dépendance. Les plants transplantés ont enregistré une plus forte dépendance endomycorhizienne chez le chêne liège non stressés comparativement t au chêne vert non stressé qui a enregistré la plus faible dépendance.

Conclusion générale

Notre contribution a permis de mettre en évidence l'effet positif de la microflore du sol sur la croissance des plants de chênes.

La transplantation des plants et l'élimination de la compétition a permis d'augmenter significativement la croissance en hauteur des entre nœuds mais de diminuer la qualité des plants des quatre chênes.

La coupe des ramifications a permis d'améliorer les paramètres de croissance des plants du chêne liège.

Notre étude a permis de démontrer la présence effective des endomycorhizes chez les jeunes plants des quatre espèces de chêne ; *Q. ilex*, *Q. suber*, *Q. afares*, et *Q. canariensis*. Une forte endomycorhization a été déterminés chez les jeunes plants des quatre espèces de chêne stressés : chêne liège, chêne afares, chêne vert et chêne zeen, stressé et non stressé au stade semis. Les plants des 4 espèces de chêne obtenus en conditions semi-contrôlés ont présentés une qualité d'endomycorhization satisfaisantes après seulement 9 mois de culture.

Les plants de chêne zeen ont été les plus sensibles au stress hydrique. Le chêne vert a présenté des performances vis-à-vis du phénomène de stress hydrique.

En perspective, il serait intéressant de poursuivre et d'élargir cette étude sur une longue durée et faire un suivi des plants après transplantations *in situ* afin de mieux anticiper les effets des stress abiotique et biotique des espèces de genre *Quercus* dans les écosystèmes du bassin méditerranéen fortement impactés par le changement climatique.

Références bibliographiques

- Robinson, D. & Fitter, A. (1999). The magnitude and control of carbon transfer between plants linked by a common mycorrhizal network. *Journal of Experimental Botany*, 50: 9-13.

- Sanon, A., Martin, P., Thioulouse, J., Planchette, C., Spichiger, R., Lepage, M. & Duponnois, R. (2006). Displacement of an herbaceous plant species community by Mycorrhizal

ACHHAL A., BARBERO M., BENABID A., MHIRIT O., PEYERE C., QUEZEL P. et RIVAS-MARTINEZ S., 1980 - A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières du Maroc. *Ecologia mediterranea*, 5 : p 211-249.

Ait Saada, D., Ait Chabane, O., Selselet-Attou, G., Bouderoua, K., Et Kedam, R., 2017. Essais nutritionnels de la farine des glands en alimentation du poulet de chair (caractéristiques organoleptiques- biochimiques- digestives et diététiques). 1-29.

Ait Saada, D., Ait Chabane, O., Selselet-Attou, G., Bouderoua, K., Et Kedam, R., 2017. Essais nutritionnels de la farine des glands en alimentation du poulet de chair (caractéristiques organoleptiques- biochimiques- digestives et diététiques). 1-29.

Alatou D., 1994 : Croissance rythmique du chêne liège et du chêne zeen. Première journée sur les végétaux ligneux- (Constantine 14 et 15 Novembre 1994).

Alexander, M. (1965). Most probable number for microbial populations. In: *Methodes of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties.*, (Midson: American Society of Agronomy), pp. 1467–1472.

ALKARAZ C., 1989 - Contribution à l'étude des groupements {*Quercus ilex* et *Quercus faginea* subsp. *tlemcenensis* des monts de Tlemcen (Algérie). *Eco. Medit.*, xv (3/4) :15-32

Balestrini R. & Lanfranco L. (2006). Fungal and plant gene expression in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, 16, pp. 509-524.

Barbero M., Loisel R. et Quézel P., 1991. Sclerophyllous *Quercus* forests in the Eastern Mediterranean area: ethological significance. *Flora Veg. Mundi.*, 9 : 189-198.

Benia, F., 2010. Étude de la faune entomologique associée au chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans la forêt de Tafat (Sétif, Nord-est d'Algérie) et bio-écologie des espèces les plus représentatives. Université Ferhat Abbas. Sétif. 250 p.

Bensaïd S., Gasmi A. et Benhafied I., 2006- Les forêts d'Algérie, de Césarée la romaine à ce jour. *Rev. Forêt méditerranéenne*, T.XXVII, n° 3, 271p

- Bolan, N.S. (1991). A critical review of the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant & Soil*, 134 : 189-207.
- Bonfils P., Horisberger D., Ulber M. (Réd.) 2005 : Promotion du chêne. Stratégie de conservation d'un patrimoine naturel et culturel en Suisse. Ed : pro-Quercus ; Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEPF), Berne. 102p.
- 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)
- Bouazza, F., 2013. Intérêt de la mycorisation contrôlé du chêne vert (*Quercus ilex* L.) et du Pin d'Alep (*pinus halepensis* Miller) par deux espèces de Terfez, en conditions gnotoxéniques. Mémoire de magister en Biotechnologie. Université d'Oran Es-senia. 116 p.
- Boudy P. 1950. North African Forest Economy, Monograph and Treatment of Species. La rose. Paris. PP 29-249.
- BOUDY P., 1950 - Economie forestière Nord-Africaine., Monographie et Traitement des essences.Ed.la rose. Paris, p :29-249.
- Boudy P., 1952 : Guide du forestier en Afrique du Nord, Ed : librairie agricole, horticole, forestière et ménagères, Paris, 505p.
- Boudy P., 1955 : Economie forestière Nord-Africaine, description forestière de l'Algérie et de la Tunisie, T. IV : 483 p. Larose Edit., Paris.
- Boullard B., 1968. Les mycorhizes. Ed Masson et cle. Paris., 135p.
- Boullard B., 1990. Guerre et paix dans le règne végétal. Edition marketing, p. 336.
- Campagnac, E., Lounès-Hadj Sahraoui, A., Debiane, D., Fontaine, J., Laruelle, F., Garçon, G., Verdin, A., Durand, R., Shirali, P., and Grandmougin-Ferjani, A. 2010. Arbuscular mycorrhiza partially protect chicory roots against oxidative stress induced by two fungicides, fenpropimorph and fenhexamid. *Mycorrhiza*, 20: 167-178.
- Caravaca F., Hernandez T., Garcia C., Roldan A. 2002. Improvement of rhizosphere aggregate stability of afforested semiarid plant species subjected to mycorrhizal inoculation and compost addition. *Geoderma*, 108(1), 133-144.

Dautrebande G., 1989. Étude anatomique et technologique de *Quercus afares* Pomel de Grande Kabylie (Algérie). Mémoire ingénieur, université de Louvain, Belgique, 87 p.

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.

Debiane, D., Garçon, G., Verdin, A., Fontaine, J., Durand, R., GrandmouginFerjani, A., Shirali, P. and Sahraoui, A.L.-H. 2008. In vitro evaluation of the oxidative stress and genotoxic potentials of anthracene on mycorrhizal chicory roots. *Environmental and Experimental Botany*, 64: 120-127.

Debiane, D., Garçon, G., Verdin, A., Fontaine, J., Durand, R., Shirali, P., Grandmougin Ferjani, A. and Lounès-Hadj Sahraoui, A. 2009. Mycorrhization alleviates benzo[a]pyreneinduced oxidative stress in an in vitro chicory root model. *Phytochemistry*, 70 : 1421-1427.

Dechamplain, N. et Gosselin, L. 2002. Les champignons mycorhiziens Université Laval.

Dommergues Y. and Mangenot F., 1970. *Écologie Microbienne du sol*. Masson, Paris, 796p.

Duponnois R., Founoune H., Masse D. & Pontanier R., 2005. Inoculation of *Acacia holosericea* with ectomycorrhizal fungi in a semi-arid site in Senegal: growth response and influences on the mycorrhizal soil infectivity after 2 years' plantation. *Forest Ecology and Management*, 207 : 351-362.

Ferka Zazou N., 2006 : Impact de l'occupation spacio-temporelle des espaces sur la conservation de l'écosystème forestier. Cas de la commune de Tessala, Wilaya de Sidi Bel Abbes, Algérie. Thèse. Magister en Foresterie. Univ. Tlemcen 164 p.

Fettouche A., 1988. Atlas des arbres. Institut national de recherche forestière, 110p.

Firmin, S., Labidi, S., Fontaine, J., Laruelle, F., Tisserant, B., Nsanganwimana, F., Pourrut, B., Dalpé, Y., Grandmougin, A., Douay, F. Shirali, P., Verdin, A. and Lounès-Hadj Sahraoui A. 2015. Arbuscular mycorrhizal fungal inoculation protects *Miscanthus× giganteus* against trace element toxicity in a highly metal-contaminated site. *Science of The Total Environment*, 527-528, 91-99.

Fortin J. A., Plenchette C., Piché Y. 2008. *Les mycorhizes : La nouvelle révolution verte*. Editions Multimondes.

Fortin, JA, Plenchette, C and Piché, Y.2008. Les mycorhizes La nouvelle révolution verte. MultiMondes. Québec, Canada, 129p.

Fortin, JA, Plenchette, C and Piché, Y.2008. Les mycorhizes La nouvelle révolution verte. MultiMondes. Québec, Canada, 129p.

Frank, A.B. 1877. Über die biologischen Verhältnisse des Thallus einiger Krustenflechten. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 2 :123-200.

Garbaye, J. 2013. Synthèse la symbiose mycorhizienne. Une association entre les plantes et champignons. Ed : Quae (Paris), Pp :12-15

Gianinazzi-Pearson V., 1982. Importance des mycorhizes dans la nutrition et la physiologie des plantes. In: S.Gianinazzi ;V. Gianinazzi-Pearson et A. Trouvelot (eds). Les mycorhizes, partie intégrante de la plante : biologie et perspectives d'utilisation. I.N.R.A., Publ., pp. 51.

Gianinazzi-Pearson, V., Gianinazzi, S., and Trouvelot, A. 1985. Evaluation of the infectivity and effectiveness of indigenous vesicular–arbuscular fungal populations in some agricultural soils in Burgundy. Can. J. Bot. 63: 1521–1524.

GIZ Algérie & BNEDER (2018) : Analyse de Risque et de Vulnérabilité au Changement Climatique : Projet Appui au Plan National Climat (APNC).

Gobat, J.M., Arago, M. and Matthey, W. 2003. Le sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols. 2ème Edition Presses Polytechniques et Universitaire Romandes, Lausanne, 519p

Gómez-Aparicio L., Zamora R., Gómez J. M., Hódar J. A., Castro J., Baraza E. 2004. Applying plant facilitation to forest restoration: a meta- analysis of the use of shrubs as nurse plants. Ecological applications, 14(4), 1128-1138.

Hammiche A. (1978). Etude des relations entre le milieu stationnel et les caractéristiques dendrométriques de *Quercus merbeckii* Dur. Sur versant nord de la forêt de l'Akfadou ouest. Mém. Ing. agr., INA, El Harrach, Algérie 55p.

Hart, M.M., Reader, R.J. & Klironomos, J.N. (2003). Plant coexistence mediated by arbuscular mycorrhizal fungi. Trends in Ecology & Evolution, 18 : 418-423.

Heckman D.S., Geiser D.M, Eidell B.R., Stauffer R.L, Kardos N.L., Hedges S.B. 2001. Molecular evidence for the early colonization of land by fungi and plants. Science. 293, 1129–1133.doi :10.1126/science.1061457.

- IPCC. 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Joner, E.J. & Leyval, C. (2003). Rhizosphere gradients of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) dissipation in two industrial soils and the impact of arbuscular mycorrhiza. *Environmental Science & Technology*, 37 : 2371-2375.
- KAOUANE, 1987 – Analyse dendrométrique d'un peuplement de chêne zéen dans la forêt de Guerrouch (Jijel). Mém. Ing. agr., INA, E Harrach, Alger, 78p.
- Kazi Aoual N., Rachedi S., 2010- Atelier sur « La génération des forêts par l'utilisation des eaux usées traitées » expérience Algérienne. Hammamet, pp 34-36.
- Kendrick, B. 1992. Mycorrhizae: mutualistic plant-fungus symbioses. Dans : *The fifth kingdom*. Focus Information Group, Inc. Newburyport, MA. Pages 262-286.
- Koumiche F., 2016. Effet de quelques traitements physiques sur la germination des glands et la croissance ultérieure des plants de chêne vert (*Quercus ilex* L). Mémoire de Master en foresterie, département des ressources forestières, université de Tlemcen, 38p.
- Lambers, H., Raven, J.A., Shaver, G.R. & Smith, S.E. (2008). Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. *Trends in Ecology & Evolution*, 23: 95-10.
- Lamhamedi M. Fortinn S., Ortinn J.A., Ammari Y., Ben Jalloun S., Poirier M., Fecteau B., Bougacha A. et Godin L., 1997. Évaluation des composts, des substrats et de qualité des plants (*Pinus pinea*, *Pinus halepensis*, *Cupressus sempervirens* et *Quercus suber*) élevés en conteneurs. Projet Bird 3601. Rapport technique : Exécution des travaux d'aménagement de trois pépinières pilotes en Tunisie. Direction Générale des Forêts, Tunisie et Pampev Internationale Ltée, Canada, 121p.
- Louni D., 1994- Les forêts Algériennes. *Rev. Forêt méditerranéenne*, T.XV, n° 1, pp 60-64
- MADR., 2006- La lutte contre la désertification et l'impératif international de politique de Soutien. Communications de la conférence internationale commune. Alger, 97p.
- Maire R. 1961. Flore d'Afrique du Nord. Vol VII Ed. Paul LECHEVALIER, Paris. P 330.
- MATE., 2003- Les zones de développement durables. Projets Alg /97/G31, 172p.

- MATE., 2003- Plan d'action et stratégie national sur la biodiversité. Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à l'évaluation et la réduction des risques menaçant les éléments de la diversité biologique en Algérie.T.VI, Projet Alg /97/G31, 93p.
- Meddour R., 2010- Carte du couvert végétale de l'Afrique du Nord. Thèse, Doc. Univ. Mouloud Maameri, Tizi-Ouzou, 152p.
- Meddour-Sahar O., Meddour R. et Arezki D., 2008- Analyse des feux de forêts en Algérie sur le temps long (1876-2007) revenue. Les notes d'analyse du CIHEAM, N°39, 6p.
- Mellouli M.S., 2007- Politique forestière nationale et stratégie d'aménagement et de développement durable des ressources forestiers et alfatières. Alger, 100p.
- MESSAOUDENE M., 1989 – Dendroécologie et productivité de *Quercus afares* Pomel et *Quercus canariensis* Willd dans les massifs forestiers de l'Akfadou et Béni Ghobri en Algérie.
- Molina R., Massicotte H., Trappe J.M. 1992. Specificity phenomena in mycorrhizal symbiosis: community-ecological consequences and practical implications. – In: Allen MF (ed.): Mycorrhizal functioning. Chapman&Hall: London, UK. pp. 357–423.
- Natividade J.V. (1956). Subericulture, édition française de l'ouvrage portugais « subireculture ». E.N.E.F (Nancy) .303p.
- Parniske M. (2008). Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. Nature Reviews Microbiology, 6, pp.763-775.
- Peterson R. L., Massicotte H. B., Melville L. H. 2004. Mycorrhizas: anatomy and cell biology. CABI publishing. 182 p.
- Peterson, L.R., Wagg, C. and Pautler, M. 2008. Association between microfungel endophyte and roots: do structural features indicate function? Botany, 86 : 445-456.
- Peyronnel, B., Fassi, B., Fontana, A. et Trappe, J.M. 1969. Terminology of Mycorrhizae. Mycologia, 61: 410-411.
- Piazzetta R. (2005). Etat des lieux de la filière liège française. Institut Méditerranéen du liège -Vivés. Pp :13-17.
- Plaisance G., 1978. Le chêne liège. La forêt privée, 119 : 49-63.
- Plenchette C., 1982. Les endomycorhizes à vesicules et arbuscules (VA) ; un potentiel à 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.

Plenchette C., Fortin J.A., Furlan V. (1983). Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. Part I. Mycorrhizal dependency under field conditions. *Plant Soil*, 70:199–209.

Quezel P. et Médail F., 2003 : *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Ed. Scientifiques et médicales Elsevier SAS, Paris, 571 p.

Quezel P., 1956. Contribution à l'étude des forêts à feuilles caduques d'Algérie. *Mémoires de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord*, 1 : 1-57.

Quézel P., Médail F., 2003- *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Ed. Elsevier, Paris, 372p.

Rabhi K., 2011 : Ajustement de modèles hauteur – circonférence – âge pour le chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd.) dans la forêt d'Akfadou (Tizi ouzou) ; effet de la densité et de la station. Thèse de magister. *Gestion et Conservation des Ecosystèmes*. Univ. Tlemcen. 67p.

Romuald., 2007 : Dans le monde Où trouver le genre *Quercus* ? Publié le lundi 26 février 2007. http://r.menant.free.fr/article.php3?id_article=32&lang=en.

Sadoun, N., Arar, A., 2016. Essais d'élaboration de yaourts brassés à base de confiture de datte, de sirop de datte et de confiture de gland de chêne vert. Thèse de master. Université M'hamed Bougara Boumerdes. 55 p.

Sarir R. et Benmahioul B., 2017. Etude comparative de la croissance végétative et du développement de jeunes semis de trois espèces de chênes (chêne vert, chêne liège et chêne zéen) cultivés en pépinière. *Agric. For. J.*, 1(1) : 42-48.

Sarir, R., 2016. Etude comparative de la croissance végétative et du développement de jeunes semis de trois espèces de chênes (chêne vert, chêne liège et chêne zéen) cultivés en pépinière. Thèse de master en protection des forêts. Université de Tlemcen. 59 p.

Schlaepfer, R. (1987). L'aménagement des forêts instrument de la sauvegarde et de la reconstitution des forêts du monde. *Revue forestière française* 5 : 419-424.

Silva J.S. et Catry F. (2006). Forest fires in cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. *Int. J. Environ. Studies.* 63 : 235-257.

Simard S.W., Durall D. M., 2004. Mycorrhizal networks: a review of their extent, function, and importance. *Canadian Journal of Botany*, 82 : 1140-1165.

SMITH S.E, READ D.J.,1997, Mycorrhizal symbiosis. Second edition. Academic Press; Harcourt Brace and Company Publishers, 605p.

Smith, S.E. and Read, D.J. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Second edition. Academic press.

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.

SUBRAMANIAN KS, CHAREST C., 1997, Nutritional, growth, and reproductive responses of maize (*Zea mays* L.) to vesicular mycorrhizal inoculation during and after stress at tasseling. *Mycorrhiza*, 7 : 23-25.

Titah A., 2011- Adaptation au changement climatique des conditions cadres de la politique forestier dans la région Mena. 2ème Semaine forestière méditerranéenne, Avignon, 5p.

Van der Heijden, M.G.A., Klironomos, J.N., Ursic, M., Moutoglis, P., StreitwolfEngel, R., Boller, T., Wiemken, A. Sanders, I.R. (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396 : 69-72.

van Mantgem, P. J., N. L. Stephenson, J. C. Byrne, L. D. Daniels, J. F. Franklin, P. Z. Fule, M. E. Harmon, A. J. Larson, J. M. Smith, A. H. Taylor, and T. T. Veblen. 2009. Widespread Increase of Tree Mortality Rates in the Western United States. *Science* 323 :521-524.

Veillon S., (1998). Guide technique de subericulture dans les pyrénées-orientales. Typologie de peuplement et étude préliminaire. Stage de fin d'étude. FIF-ENGREF. France. 68p+annexes.

Verdin, A., Sahraoui, A.L.H., Fontaine, J., Grandmougin-Ferjani, A. and Durand, R. 2006. Effects of anthracene on development of an arbuscular mycorrhizal fungus and contribution of the symbiotic association to pollutant dissipation. *Mycorrhiza*, 16 : 397- 405.

Verdin, A., Sahraoui, A.L.H., Fontaine, J., Grandmougin-Ferjani, A. and Durand, R. 2006. Effects of anthracene on development of an arbuscular mycorrhizal fungus and contribution of the symbiotic association to pollutant dissipation. *Mycorrhiza*, 16 : 397- 405.

Wang, B. and Qiu, Y.L. 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza*, 16 : 299-363.

Yao Q., Li X.L., Ai W.D., Christie P., 2003. Bi-directional transfer of phosphorus between red clover and perennial ryegrass via arbuscular mycorrhizal hyphallinks. *European Journal of Soil Biology*, 39 : 47-54.

Zeraia L. (1981). Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne-liège de Provence cristalline (France méridionale) et d'Algérie. Thèse de doctorat Es-Sciences. Fac. Sci. Et Tech. StJérôme, Aix-Marseille III. 367p + annexes.

Zhao M. and Running S.W. 2010. Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009. *Science*, 329(5994) : 940–943.

Annexes

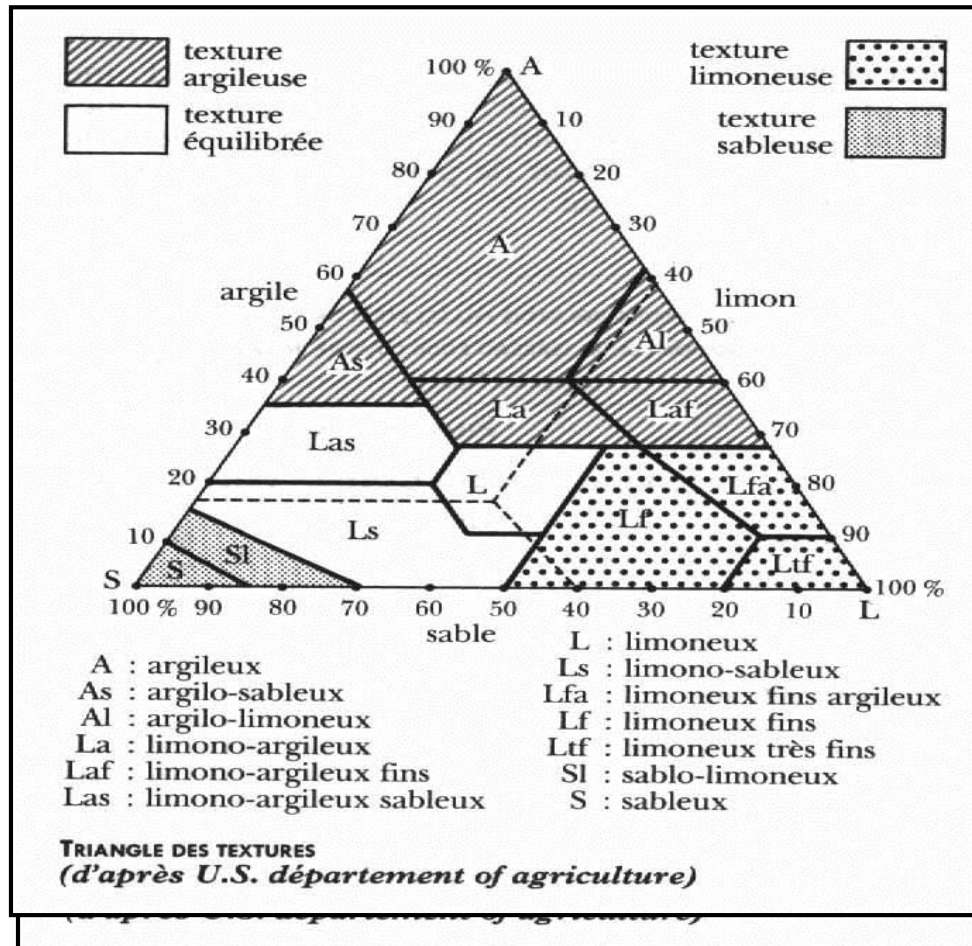
Annexe 1 :

Matériel nécessaires :

- Bêchers de 150 ml, Petits flacons en verre ou piluliers avec bouchon.
- Petite passoire.
- Ciseaux à pointes fines.
- Pincettes fines.
- Grande boîte de Pétri
- Lames en verre et grandes lamelles
- Papier filtre
- Un marqueur
- Vernis à ongle
- plaque chauffante 90c°.
- Microscope
- Une balance de précision (au dixième de milligramme) avec spatules et coupelles de pesée.
- Le port de blouse, gants et lunettes est indispensable lors des manipulations.
- les verres de montre.

Annexe 2 :

Triangle des textures du sol.



Séminaires et attestation

Dans cette approche nous avons participé à 4 séminaires internationaux.

- ◆ 2 séminaires organisés par l'université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued, faites par des communications écrites tenus le 10 et 11 mai 2022.

Ayant comme thème :

1- Croissance de jeunes plants de deux espèces à intérêt agro-sylvo-pastoral : *Quercus ilex* et *Quercus canariensis* élevés sur sol dégradé

2-Effet de la dégradation du sol sur la croissance des jeunes plants du chêne liège et du chêne afares

- ◆ 2 autres organisés par le **SIBSAD BLIDA**, tenus le 25 et 26 juin 2022, faites par des communications orales ayant comme thème :

1-Impact du déséquilibre de la diversité biologique des sols sur la croissance des essences forestières cas du *Quercus Ilex* et *Quercus Canariensis* Impact

2-L'effet de l'absence de la diversité de la microflore du sol sur la qualité des plants de *Quercus suber* et *Quercus afares*.

Croissance de jeunes plants de deux espèces à intérêt agro-sylvo-pastoral : *Quercus ilex* et *Quercus canariensis* élevés sur sol dégradé

Hamel L., Bellabiod S., Cherifi N., Bessaoud K., Kadi-Bennane S.

Lydiahamel3@gmail.com

Résumé:

En vue de mettre en évidence l'effet de la dégradation de sol sur la croissance de jeunes plants de deux espèces à intérêt agro-sylvo-pastoral à savoir *Quercus ilex* et *Quercus canariensis*, un essai expérimental a été conduit au niveau de laboratoire. La dégradation de sol et la mort du sol a été induite par une double stérilisation à 120°C afin de supprimer la microflore. L'expérimentation est réalisée en bloc aléatoire complet, nous avons réalisé des semis des glands au mois de janvier 2022 au niveau du laboratoire 25°C et un arrosage périodique de 4 jours. Un total de 28 pots de capacité de 2.5kg répartis en 2 blocs : un bloc avec sol stérile (T1) à raison de 7 pots de chêne vert et 7 pots pour le chêne zeen, et un témoin (T) sol naturel) composé de 7 pots du chêne zeen et 7 pots de chêne vert. Les paramètres morpho métriques mesurés sont la Hauteur moyenne (Hm), le Diamètre moyenne (Dm), le Nombre moyen de feuilles (Nbr f/plant), et calculer la ration de Robustesse(RR). Bien que l'analyse de la variance ait démontré l'absence de différence significative entre les deux espèces de chêne et les deux traitements, cependant nous avons noté un développement meilleur performance de croissance chez les jeunes plantules de *Q.ilex* dans le sol dégradé comparativement à ceux élevés sur sol naturel avec des valeurs respectives de $HmT1=8.43 \pm 4.85$, $DmT1=2.35 \pm 0.51$, $Nbr\ f\ T1=7.76 \pm 3.33$, $RRT1=3.58$ et $HmT=8.27 \pm 4.24$, $DmT=1.95 \pm 0.33$, $Nbr\ fT=5.89 \pm 2.15$ et $RR=4.24$. Cependant, *Q. canariensis* a présenté une croissance de performance médiocre dans le sol dégradé avec des $HmT1=8.83 \pm 3.59$, $DmT1=2.24 \pm 0.63$, $Nbr\ fT1=5.38 \pm 2.85$ et $RRt1=3.94$ comparativement au sol naturel avec des $HmT=11.6 \pm 2.96$, $DmT=2.07 \pm 0.47$; $Nbr\ fT=6.13 \pm 2.65$ et $RRT=5.60$. Toute fois, il est intéressant de noter la qualité vigueur des plants selon les deux traitements et les deux espèces qui ont présenté un ratio de robustesse inférieur à 7. Il est avéré que la dégradation des sols n'est pas décelable chez les 2 espèces de chêne à deux mois de croissance.

Mots clés : *Quercus ilex*, *Quercus canariensis*, sol dégradé, morphométrie, plantule.

Effet de la dégradation du sol sur la croissance des jeunes plants du chêne liège et du chêne afares

BESSAOUD K.; CHERIFIN., BELLABIODE S. ; HAMEL L. ET KADI-BENNANE s.

Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques.

Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

bessaoudkenza019@gmail.com

Résumé :

L'objectif de notre étude est l'évaluation de l'effet de dégradation des sols sur la croissance des jeunes plants de deux espèces de chênes : *Quercus suber* et *Quercus afares*. L'étude est menée au niveau de laboratoire en conditions semi-contrôlées. Le protocole expérimentale en bloc aléatoire complet réalisé 2022, consiste en une plantation de chêne Liège et Afares sur un sol de chênaie. L'effet de dégradation des sols a été induite par une double stérilisation à 120°C pendant 20 mn à l'autoclave. La plantation de 28 pots de capacité de 2.5kg à raison de 14 pots par traitements a été réalisée (sol stérile T1) et sol naturel (T2) soit 7 pots pour chaque type de sols et d'espèce. Dans chaque pot, 5 à 6 glands ont été semés. Après deux mois de croissance, nous avons réalisé les mesures de la variable morpho-métriques hauteur (H), diamètre (D), nombre de feuille (nbr F) et calculé le rapport de robustesse (RR). La mesure des variables a concerné un total de 62 plants de chêne liège soit 33 plants pour T1 et 29 plants pour T2 ainsi que 46 plants de chêne afares soit 22 plants sur T1 et 24 plants sur T2). Les plants le chêne Liège T2 ont enregistré des moyennes de : $H = 20.99 \pm 8.14$ cm ; $D = 2.04 \pm 0.4$; $Nbr F = 11.88 \pm 4.02$; $RR = 10.32 \pm 3.57$. Chez le chêne Afares a présenté moyenne de : $H = 16.10 \pm 4.32$; $D = 2.72 \pm 0.51$; $Nbr F = 8.36 \pm 2.44$ et $RR = 6.36 \pm 2.65$. Comparativement aux plants élevés sur sol naturel pour lesquels nous avons enregistré des moyennes chez le Chêne liège $H = 19.16 \pm 8.38$; $D = 1.66 \pm 0.5$; $nbr F = 11.88 \pm 4.02$; $RR = 11.60 \pm 3.72$; $Nbr F = 29$ et des $H = 13.91 \pm 6.98$; $D = 2.14 \pm 0.56$; $nbr F = 7.50 \pm 2.68$; $RR = 6.36 \pm 2.65$ Chez le chêne Afares. L'analyse de la variance atteste de l'absence de différences significatives entre les deux espèces pour la totalité des variables et entre les deux espèces à l'âge de deux mois et que la dégradation des sols n'a pas un effet sur la croissance des plants de chêne liège et afares à ce stade de croissance.

Mots clés. Plants, *Quercus suber* et *Quercus afares*, morphométries, dégradation du sol

**Impacte du déséquilibre de la diversité biologique des sols
sur la croissance des essences forestières cas du *Quercus*
*Ilex et Quercus Canariensis***

Bellabiod S. Hamel L., Cherifi N, Bessaoud K., Kadi-Bennane S.

Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques.

Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou

Sofiabellab98@gmail.com

Résumé :

Dans le but de quantifier l'apport de la biodiversité microflorale du sol pour les espèces végétales, nous avons réalisé une expérience sur l'impact de cette dernière sur la qualité des plants en l'absence de la microflore sur deux espèces de chêne : *Quercus ilex* et *Quercus canariensis*. Au niveau du laboratoire, nous avons simulé l'absence de la microflore du sol par une double stérilisation à 120°C. L'expérimentation est menée en blocs aléatoires complets. Un totale de 28 pots avec une capacité de 2.5Kg chacun sont répartis en deux blocs : Un témoin avec sol naturel (7pots de chêne vert et 7 de chêne zen). Un second bloc de sol stérile (7pots de chêne vert et 7pots de chêne zéen. Un total de 5à6 glands par pot à été semi au mois de janvier2022. Le comptage des feuilles et le calcule du ratio de robustesse ont été réalisés chaque semaine à partir de 2ème mois durant 9 semaines. Le suivi a concerné un total de 52 plants dont 28 de Chêne vert : 17plants élevés sur sol stérile (CVSS) et 11plants sur sol témoinCVSTet24 de CZ 14 sur sol stérile (CZSS)et 20 sur sol témoin (CZST).L'analyse de la variance a indiqué l'absence des différences significatives entre les deux espèces de chêne pour le sol stérile, avec $RR=5.37\pm 2.84$, $Nbrf=3.89\pm 1.22$ pour le CVSS., $Nbrf=5.37\pm 2$ et $RR=3.89\pm 1.22$ pour le CZSS. Des différences très hautement significative sont enregistrées pour le sol Témoin chez les deux espèces avec un ratio de robustesse de 6.48 ± 2.38 et $Nbrf$ de 19.29 ± 5.08 entre les périodes de 3mois et 4mois de croissance chez CZST. Des différences significatives ne sont enregistrées qu'à partir de 4 mois chez CVST et 5mois pour CZST.L'étude a montré que la richesse et la biodiversité de la microflore tellurique favorise la vigueur des plants et la production en biomasse foliaire.

Mots clés : Microflore tellurique, plants, chêne vert, chêne zen, vigueur.

L'effet de l'absence de la diversité de la microflore du sol sur la qualité des plants de *Quercus suber* et *Quercus afares*.

CHERIFI N. BESSAOUD K. ; HAMEL L. BELLABIODE S. ; BEDAD K. ET KADI-BENNANE s.

Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques.

Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

cherifinesrine09@gmail.com

Résumé :

La problématique du taux d'échec des reboisements en chênes en Algérie est considérée comme un problème crucial pour la conservation des écosystèmes naturels. Dans cette optique, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'effet de l'absence de la diversité de la microflore du sol sur la qualité et quantité des plants produit en pépinière. Pour ce faire, nous avons réalisé une étude au niveaux de laboratoire une production de plants de chêne *Quercus suber* et *Quercus afares* (*Q afares*) sous conditions semi contrôlées. Le protocole expérimental en bloc aléatoire complet réalisé en janvier 2022. La plantation de 28 pots de capacité de 2.5kg à raison de 14 pots par deux traitements a été réalisée : sol stérile (T1) par une double stérilisation à l'autoclave pendant 20 min à 120°C, et sol naturel (T2) soit 7 pots pour chaque type de sols et d'espèce. Dans chaque pot, 5 à 6 glands ont été semés. Après deux mois de croissance des mesures morphométriques nombre de feuille (nbr F) et la vigueur des plants (RR) ont été mesurées pendant chaque semaine et totalisant 9 semaines de mesures. Les résultats obtenues sur un totale de 38 plants du T1 (25 plants *Q. suber* et 13 plants (*Q afares*)) et de 40 plants dans le T2 (21 plants *Q. suber* et 19 plants *Q. afares*). Selon l'analyse de la variance, des différences significatives entre les périodes ont été enregistré pour les deux variables (RR et nbrF) des deux chênes à l'exception des plants de le chêne afares dans T2. La vigueur des plants pour *Q. suber* T1 et T2 a enregistré des valeurs respectives de 12.28 ± 4.23 , $= 17.04 \pm 5.26$. Quant à *Q. afares* T1 et T2, nous avons enregistré respectivement 5.93 ± 0.52 et 5.71 ± 2.61 . La production des feuilles chez *Q. suber* T1 et T2 a chiffré respectivement 16.40 ± 5.97 , 23.35 ± 9.45 et chez *Q. afares* T1 et T2 a enregistré 11.11 ± 4.97 , et 9.39 ± 4.99 . Les résultats obtenus attestent d'une vigueur plus importante des plants de chêne afares et une production en feuille plus faible comparativement au chêne liège pour les deux traitements. Pour les deux espèces, la richesse du sol en microflore a permis d'obtenir des plants plus vigoureux que indiquant l'impact de la biodiversité microflore dans la conservation des ressources végétales.

Mots clés : microflore, vigueur, plants, chêne liège, afares, feuilles, chêne

CERTIFICATE



Echahid Hamma Lakhdar University, EL-OUED, ALGERIA

Faculty of Life and Natural Sciences

Department of Biology

**The Director of the International Online Conference on Valuation of Alternative
Plants, Degraded & Marginal Lands certifies that:**

Hamel Lydia

Bellahid sofia, Cherifi Nerine, Bessaoud Kenza ,Ali Gherbi Aïdjia, Bedad karima,Kadi-Benane Salha.

For Participating In This Conference by Poster Under the title :

*Croissance de jeunes plants de deux espèces à intérêt agro-sylvo-pastoral : Quercus ilex et Quercus
canariensis élevés sur sol dégradé.*

Director of conference

Dr. GHEMAM Amara Djihad



Dean of the faculty

Dr. A. Boudjellal



**10-11 May
2022**

Made for free with Certify'em

V0J3BA-CE000097

CERTIFICATE



Echahid Hamma Lakhdar University, EL-OUED, ALGERIA

Faculty of Life and Natural Sciences

Department of Biology

The Director of the International Online Conference on Valuation of Alternative Plants, Degraded & Marginal Lands certifies that:

Bessaoud Kenza

Cherifi nesrine, Bellabiod Sofya, Hamel Lydia, Bedad Karima, Ait Gherbi Aladjia, Kadi-Bennane Saliha

For Participating In This Conference by Poster Under the title :

Effet de la dégradation du sol sur la croissance des jeunes plants du chêne liège et du chêne Afrares

Director of conference

Dr. GHEMAM Amara Djilani



Dean of the faculty

Dr. Zahra Khatem Madmalek



10-11 May
2022

Made for free with Certify'em

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Blida 1
Laboratoire de Recherche en Biotechnologie des Productions Végétales

Attestation de Participation

CETTE ATTESTATION EST ATTRIBUÉE À
CHERIFI NESRINE

Pour avoir participé(e) au *Webinaire International sur les Biotechnologies au Service de l'Agriculture Durable (WIBSAD-2022)* organisé par le *Laboratoire de Recherche en Biotechnologie des Productions Végétales* (Faculté S.N.V. – Université Blida 1), les 25 et 26 et Juin 2022. Avec une présentation Orale, intitulée :

«L'effet de l'absence de la diversité de la microflore du sol sur la qualité des plants de *Quercus suber* et *Quercus afares*»

Co-auteurs: CHERIFI N. BESSAOUD K. ; HAMEL L. BELLABIOD S. ; BEDAD K. ET KADI- BENNANE s.



Le Directeur du Laboratoire de
recherche

DIRECTEUR DU LABORATOIRE
DE BIOTECHNOLOGIE DES
PRODUCTIONS VÉGÉTALES

Pr. SNOUSSI Sid-Ahmed

SIBSAD
BLIDA, 2022

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Blida 1
Laboratoire de Recherche en Biotechnologie des Productions Végétales

Attestation de Participation

CETTE ATTESTATION EST ATTRIBUÉE À
BELLABIOD SOFIA

Pour avoir participé(e) au *Webinaire International sur les Biotechnologies au Service de l'Agriculture Durable (WIBSAD-2022)* organisé par le *Laboratoire de Recherche en Biotechnologie des Productions Végétales* (Faculté S.N.V. – Université Blida 1), les 25 et 26 et Juin 2022. Avec une présentation Affichée, intitulée :

«**Impact du déséquilibre de la diversité biologique des sols sur la croissance des essences forestières cas du Quercus Ilex et Quercus Canariensis.**»

Co-auteurs: Bellabiod S., Hamel L., Cherifi N., Bessaoud K.



Le Directeur du Laboratoire de
recherche

DIRECTEUR DU LABORATOIRE
DE BIOTECHNOLOGIE DES
PRODUCTIONS VÉGÉTALES

Pr. SNOUSSI Sid-Ahmed

SIBSAD
BLIDA, 2022

Résumé:

L'objectif de notre étude est de mettre en évidence l'effet de la microflore et de la communauté endomycorhizienne sur la croissance et le développement racinaire des jeunes plants de quatre espèces de chêne : *Q. suber*, *Q. canariensis*, *Q. afares*, *Q. ilex*. L'étude est menée au niveau de laboratoire de recherche « Mycorrhize » de la faculté des sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou en conditions semi-contrôlées. Le protocole expérimental en bloc aléatoire complet réalisé le 27 janvier 2022, consiste en une plantation des 4 espèces de chênes sur un sol de chênaie. La plantation de 56 pots de capacité de 2.5 Kg à raison de 28 pots par traitements a été réalisée sur deux sols : stérile et naturel. Un total de 7 pots pour chaque type de sol et espèce ont été installés. Dans chaque pot 5 à 6 glands ont été semés afin de mettre en évidence l'effet de la microflore du sol sur le développement des plants. Après 4 mois de croissance, nous avons transplantés des plants afin de déterminer le comportement de la croissance des jeunes plants selon la présence et absence de compétition. Après 8 mois de croissance, un stress hydrique a été induit. La cinétique de croissance des plants a permis de mettre en évidence l'effet positif de la microflore du sol sur la croissance des plants des 4 espèces. L'élimination de la compétition par la transplantation ont présenté les caractéristiques de croissance les plus importantes chez le chêne. L'étude de la communauté endomycorhizienne a permis de déterminer plusieurs types d'endomycorhizes dont les arbuscules, hyphes et pelotons, vésicules et endophytes. La colonisation endomycorhizienne a été similaire chez les plants de la même espèce pour tous les traitements évoquant l'absence d'effet sur la symbiose chez le chêne au stade semis.

Abstract:

The objective of our study is to highlight the effect of the microflora and the endomycorrhizal community on the growth and root development of young plants of four oak species: *Q. suber*, *Q. canariensis*, *Q. afares*, *Q. ilex*. The study is conducted at the level of the "Mycorrhiza" research laboratory of the Faculty of Biological Sciences and Agronomic Sciences of the Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou University in semi-controlled conditions. The experimental protocol in complete random block carried out on January 27, 2022, consists of planting the 4 species of oak on an oak grove soil. The planting of 56 pots with a capacity of 2.5 kg at the rate of 28 pots per treatment was carried out on two soils: sterile and natural. A total of 7 pots for each soil type and species were installed. In each pot, 5 to 6 acorns were sown in order to highlight the effect of the soil microflora on the development of the plants. After 4 months of growth, we transplanted seedlings to determine the growth behavior of young seedlings according to the presence and absence of competition. After 8 months of growth, water stress was induced. The growth kinetics of the plants made it possible to highlight the positive effect of the soil microflora on the growth of the plants of the 4 species. Elimination of competition by transplanting showed the most important growth characteristics in oak. The study of the endomycorrhizal community has made it possible to determine several types of endomycorrhizae including arbuscules, hyphae and pelotons, vesicles and endophytes. Endomycorrhizal colonization was similar in plants of the same species for all treatments suggesting the absence of effect on symbiosis in oak at the seedling stage.