

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

Présentée Par :

BESSAOUD Kenza

CHERIFI Nesrine

En vue de l'obtention de diplôme :

MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité : Science forestière

THEME

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

Soutenu le 29/09/2022, devant les membres du jury :

Membre du Jury

Présidente
Examinatrice
Promotrice

Nom et Prénom

Mme. MEZAOUR N.
Mme.HARCHAOUI BOURNINEC.
Mme. KADI-BENANNE S.

Grade

MAA-UMMTO
MCB-UMMTO
MCA-UMMTO

2021/2022

Remerciements

A 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 ma promotrice **Mme KADI-BENNANE**, Docteur Maitre de conférences classe A au département des sciences agronomiques de l'U.M.M.T. O qui nous a encadré, qui nous a considéré comme ses propres enfants et conseillés tout au long de 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 MEZAOUR Najat**, Maitre assistante classe A 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 HARCHAOUI BOURNINE** Docteur Maitre de conférences classe B au département des 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 Karima** et **Mme AIT GHARBI 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.***

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

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

Mes très chers parents, pour leur dévouement, leur amour, leur soutien moral et financier durant toutes mes années d'étude

A mon frère Adel

La mémoire de mon grand-père.

A tous ceux qui me sont chers, mes amis (es) particulièrement Yasmine, Houria, Sofia, Lydia, Samira, Kahina, Massissilia, Fadhila, Zina

A mon binôme Kenza.

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

Nesrine

Dédicaces

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

*A mes chères frères : **Azzedine** et **Fayçal**
A mes chères sœurs : **Radia, Hayet, Sarah.**
Et A toute ma famille.*

*A tous mes amis qui mon encouragé et
Soutenu dans mes moments les plus difficiles
Particulièrement : **Yasmine, Houria, Massissilia,
Lydia, Sofia Kahina, Samira, Zina, Fadhila, Hayet,
Siham , Lyes, Ali.***

*A mon binôme et chère amie : **Nesrine***

Kenza

Liste des abréviations

SS : Sol stéril ; T1

ST : Sol naturel ; T2

S : stressé

NS : non stressés

CL : chene liège

CA: chene afares

CZ: chene zeen

CV : chene vert

T1 : traitement 1

T2 : traitement 2

TPR : plants transplantés

PS : plants stressé

PNS : plans non stressé

NBR F : Nombre de feuilles

D : diamètre

H : Hauteur

IJ : Indice de Jacquards

ID : Indice de dicte

MLD : moyenne et longue distance

CD : courte distance

C : contacte

% : pourcentage

ECM : ectomycorhize

Liste des tableaux

Tableau 1 : Présentation synthétique des caractéristiques écologiques de *Quercus afares*, *Quercus canariensis*, *Quercus ilex* et *Quercus suber*.

Tableau2 : superficies des quatre espèces de chêne.

Tableau3 : Origine des glands utilisés dans l'expérimentation

Tableau 4 : Analyse physico-chimique du sol pour les deux traitements

Tableau 5 : Suivi de l'analyse du pH du sol pour les deux traitements pendant l'expérimentation.

Tableau 6 : la richesse morphotypique ectomycorhiziennes selon les types d'exploration observés chez les quatre chênes.

Tableau 7 : Indices de similarité de Jaccard et de Sorensen calculés entre les communautés ectomycorhiziennes des plants de *Quercus suber*, *Quercus canariensis*, *Quercus afares* et *Quercus ilex* élevés en pots et soumis ou non à l'effet du stress du stress hydrique sur sol naturel

Tableau 8 : comparaison des variables de croissance et d'ectomycorhization des plants de chêne liège stressé et non stressé.

Tableau 9 : comparaison des variables de croissance et d'ectomycorhization des plants de chêne zeen stressé et non stressé

Tableau 10 : comparaison des variables de croissance et d'ectomycorhization des plants de chêne zeen stressé et non stressé

Tableau 11 : l'analyse de la variance des variables de différents traitements du chêne vert.

Tableau 12 : Les indices de dépendances mycorhiziennes relative des quatre chênes (PS ; Plant stressé ; PNS ; Plant non stressé ; TPR : transplanté)

Figure 1. Répartition des différents chênes sclérophylles dans le bassin méditerranéen.

Figure 2 : schéma explicatif des rôles de la symbiose mycorhizienne. (Jacky, 2014)

Figure 3: schéma représentatif des échanges entre l'arbre et champignon. (selosse, 2000)

Figure 4: représentation schématiques des sections transversale des huit types de mycorhizes (Garbaye ,2013).

Figure 5 : représentation des différents types d'exploration selon Agerer.

Figure 6 : les étapes de réalisation de la plantation. (BESSAOUD 2022)

Figure7 : les plants transplantés des 4 espèces de chêne. (CHERIFI2022)

Figure 8 : les plants des 4 espèces de chêne des deux traitements (T1), (T2) dépotées. (BESSAOUD 2022)

Figure 9 : les plants transplantés des 4 espèces de chêne de (T1) et (T2) dépotés. (CHERIFI2022)

Figure 10 : l'analyse de pH du sol. (CHERIFI 2022)

Figure 11 : comptage de la colonisation ectomycorhiziennes. (BESSAOUD 2022)

FIGURE 12 : cinétique hebdomadaire de croissance en hauteur (**H**) des plants de chêne liège transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

FIGURE 13 : cinétique hebdomadaire de croissance en diamètre (**D**) des plants de chêne liège transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

FIGURE 14 : cinétique hebdomadaire de croissance en nombre de feuille (**NBR F**) des plants de chêne liège transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

FIGURE 15: cinétique hebdomadaire de croissance en hauteur (**H**) des plants de chêne zeen transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

FIGURE 16: cinétique hebdomadaire de croissance en diamètre (**D**) des plants de chêne zeen transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé.

FIGURE 17 : cinétique hebdomadaire de production du nombre de feuille (**NBRF**) des plants de chêne zeen transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé.

Liste des figures

FIGURE 18: cinétique hebdomadaire de croissance en hauteur (**H**) des plants de chêne afares transplantés et non transplantés T1 et T2 stressé et non stressé.

FIGURE 19: cinétique hebdomadaire de croissance en Diamètre (**D**) des plants de chêne transplantés et non transplantés selon **T1 et T2**

FIGURE 20: cinétique hebdomadaire de production du nombre de feuille (**NBR F**) des plants de chêne afares transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

FIGURE 21: cinétique hebdomadaire de la croissance en Hauteur (**H**) des plants de chêne vert transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

FIGURE 22 : cinétique hebdomadaire de la croissance en Diamètre (**D**) des plants de chêne vert transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

FIGURE 23: cinétique hebdomadaire de la Production du nombre de feuille (**NBR F**) des plants de chêne vert transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressés et non stressé
Figure 24-31 : Les morphotypes ectomycorhiziens communs pour les 4 espèces. Fig 24-25-26 :ecm4 ; fig 27-28-29 : ecm16 ; fig30-31 :ecm29

Figure 32-35 : Les morphotypes ectomycorhiziens communs pour les 4espèces non stressé.
fig32 :ecm2 ; fig33 :ecm16 ; fig34 :ecm29 ; fig35 :ecm4

Figure 36-38 : les morphotypes ectomycorhiziens communs pour les 4 espèces stressées.
fig36 :ecm4 ; fig37 :ecm16 ; fig38 :ecm29.

Figure 39-52 : Les morphotypes ectomycorhiziens spécifique du chêne liège stressé. Fig39 : ecm3 ; fig40 : ecm5 ; fig41 :ecm7 ; fig42 :ecm9 ; fig43 :ecm11 ; fig44 :ecm12 ;fig45 :ecm13 ; fig46 : ecm17 ; fig47:ecm20; fig48:ecm21;fig49:ecm22; fig50:ecm24; fig51:ecm26 ;fig52 :ecm27 ; fig53 :ecm28

Figure 54-55 : morphotypes ectomycorhiziens spécifique du chêne liège non stressé.
Fig54 :ecm31 ; fig55 :ecm32

Figure 56 : morphotype spécifique du chêne zeen stressé, Ecm34

Figure 57-62 : morphotypes ectomycorhiziens spécifique du chêne zeen non stressé.
Fig57 :ecm35 ; fig58 : ecm36 ; fig59 :ecm37 ; fig60 :ecm38 ;fig61 :ecm40 ;fig62 :ecm41

Figure 63: morphotypes ectomycorhizien spécifique du chêne afares stressé, Ecm 4

Liste des figures

Figure 64 : comparaison des variables de la croissance et d'ectomycorhization des plants de chêne liège stressé et non stressé.

Figure 65 : comparaison des variables de la croissance et d'ectomycorhization des plants de chêne zeen stressé et non stressé.

Figure 66 : comparaison des variables de la croissance et d'ectomycorhization des plants de chêne afares stressé et non stressé.

Figure 67 : analyse de la variance des variables de différents traitements du chêne vert.

Sommaire

Introduction générale.....	1
I. Chapitre 1 : Synthèse bibliographique	3
I.1. Présentation des espèces d'étude	4
I.1.1. Introduction.....	4
I.1.2. Présentation des quatre espèces de chênes concernés notre étude.....	5
I.1.3. Évolution des superficies des chênes en Algérie.....	7
I.1.4. Causes d'échecs des reboisements	7
I.2. Généralités sur les mycorhizes	7
I.2.1. Historique	7
I.2.2. La symbiose mycorhizienne	8
I.2.3. Les types de mycorhizes	10
I.2.3.1. Les ectendomycorhizes	17
I.2.3.2. Les endomycorhizes.....	16
I.2.3.3. Les ectomycorhizes	11
I.2.4. Rôles des mycorhizes	17
I.3. Le stress hydrique.....	17
I.3.1. L'importance de l'eau pour les végétaux.....	17
I.3.2. Définition de stress hydrique	17
I.3.3. Effets du déficit hydrique sur la plante	18
I.4. Problématique	19
II. Chapitre 2 : Matériel et méthode.....	20
II.1. Introduction	21
II.3. Les variables mesurées	26
II.4. L'analyse du sol.....	27
II.5. Observation et description des ectomycorhizes des quatre espèces de chêne.....	27
II.5.1. Comptage des ectomycorhizes.....	27

II.5.2. Observation des ectomycorhizes	28
II.6. Evaluation des indices.....	29
II.7. Traitements statistiques.....	29
III. Chapitre 3 : Résultats et discussion	30
III.1. Analyse physico-chimique du sol utilisé des deux traitements.....	31
III.2. Évaluation de la cinétique de croissance pour les 4 espèces de chêne	32
III.2.1. Cinétique de croissance des plants de Chêne liège	32
III.2.2. Cinétique de croissance des plants de Chêne zeen.....	34
III.2.3. Cinétique de croissance des plants de Chêne afares.....	37
III.2.4. Cinétique de croissance des plants du Chêne vert.....	38
III.3. La symbiose mycorhizienne.....	40
III.3.1. Description des ectomycorhizes.....	40
III.3.1.1. Les morphotypes ectomycorhiziens communs pour les 4 espèces.....	40
III.3.1.2. Les morphotypes ectomycorhiziens communs pour les 4 espèces non stressés étudié	41
III.3.1.3. Les morphotypes ectomycorhiziens communs pour les 4 espèces stressés.....	41
III.3.1.4. Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques de chêne liège stressés	41
III.3.1.5. Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques de chêne liège non stressés.....	43
III.3.1.6. Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques de chêne zeen stressés	43
III.3.1.7. Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques de chêne zeen non stressés.....	43
III.3.1.8. Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques de chêne afares stressés	44
III.3. Indices de similitude et comparaison des communautés ectomycorhizienne entre les plants de chêne des différents traitements.....	49
III.3.1. Indice de similarité de <i>JACCARD</i> et l'indice de <i>Sorensen</i>	49
III.4. Effet des différents traitements sur les variables de croissance et sur la communauté ectomycorhizienne des différents chênes.	50
III.4.1. Chez le Chêne liège	50
III.4.2. Chez le Chêne zeen	51

III.4.3. Chez le Chêne afares	52
III.4.4. Chez le Chêne vert	52
III.5. Effet de la communauté ectomycorhizienne sur les variables de croissance des plants de chêne.....	53
Discussion :.....	55
Conclusion générale	58
Références bibliographique	59
Annexes	64
Résumé :	79

Introduction générale

Introduction générale

Les chênes jouent un rôle important dans la constitution des forêts méditerranéennes. Les chênes sclérophylles se trouvent dans des écosystèmes subhumides, par contre les chênes caducifoliés se rencontrent dans des écosystèmes humides. Mais aussi Les chênes semi-caducifoliés se situent dans écosystèmes humide (Quezel, 1974 in Bussotti et Grossoni., 1998).

En Algérie, les chênes (vert, liège, zeen, et afares) représentent un capital forestier, ils couvrent des superficies environ 40 % de la forêt Algérienne (Alatou, 1994). Ce patrimoine est régression continu dans le pourtour méditerranéen (FAO, 2013). La recherche s'intéresse de nos jours, à sélectionner des espèces à forte résilience face au changement climatique et qui pourraient constituer les ressources forestières des générations futures.

La symbiose mycorhizienne est une association entre les racines et les champignons qui jouent un rôle important dans l'alimentation hydrique et minérale des plantes (Strullu, 1991). Ces champignons proviennent de plusieurs groupes distincts selon le type des structures mises en place au niveau des racines. Cette colonisation est mutualiste, spécifique, durable et à bénéfices réciproques entre le mycélium des champignons et les racines des plantes (Maunoury, 2010). Elle est considérée par plusieurs auteurs telles une solution pour la réhabilitation des sols dégradés voir mort et permet la recolonisation des écosystèmes (Smith et Read, 2003 ; Garbaye2013).

C'est dans ce contexte que notre travail s'inscrit. Notre contribution a pour objectif l'étude de l'effet de la microflore du sol et de la symbiose ectomycorhiziennes sur la croissance des jeunes plants des quatre espèces de chêne : *Q.suber*, *Q. canariensis*, *Q.afaress* et *Q.illex* installé en bloc aléatoire complet selon deux traitements T1 : sol stérile, T2 : sol témoin au laboratoire. L'évolution de la croissance des plants selon les stress de transplantation, coupe de ramification et hydrique induit tout au long de l'expérimentation a été suivit.

Notre travail a été scindé en 3 chapitres :

Le chapitre 1 qui comporte une synthèse bibliographique relative aux quatre espèces de chêne, au reboisement, aux mycorhizes et au stress hydrique.

Le chapitre 2 est consacré au matériel utilisés et méthodes réalisées au niveau de laboratoire de recherche en passant par la collecte des glands sur terrain et les plantées.

Le chapitre 3 est consacré au traitement des données, l'interprétation et la discussion des résultats obtenus.

Nous terminons ce modeste travail par **une conclusion générale**.

I. Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

I.1. La géographie des espèces d'étude

I.1.1. Introduction

La forêt méditerranéenne est l'une des plus importantes du globe. Elle occupe environ 65 millions d'hectares de forêts arborées et 19 millions d'hectares de formation Sub-forestières (Seigue, 1985 in Lopez *et al.*, 1996). Elle est un patrimoine naturel unique et le plus vulnérable sur terre. Cette fragilité et instabilité sont dues aux conditions climatiques et conjugués à la pression démographique et l'histoire de cette région qui de tout temps a été le siège des guerres (FAO, 2010).

L'Algérie se situe parmi les pays méditerranéens qui présentent une diversité écologique sans égal. Cette diversité se traduit par une richesse de paysages et de milieux naturels de grande qualité, induit par une variété bioclimatique, morphologique et floristique, (IUCN, 2007 in Yefsah, 2016).

La forêt Algérienne couvre une superficie globale d'environ 4.1 millions d'hectares qui se répartissent en trois catégories de formations : i) Forêt naturelle 1.3 million d'hectares, ii) Maquis 1.8 d'hectares, iii) Reboisements près de 1 million d'hectares avec un Taux de 16,4 % au Nord et 1.7 % au Sud (Fosa, 2000).

La forêt Algérienne est constituée par une variété d'essences forestières en deux principales zones bien différentes (Figure 1).

le littoral et surtout les chaînes côtières de l'Est du pays comme la Grande Kabylie, Bejaïa, Jijel, El Milia, El Kala. Ces régions sont bien arrosées, et comportent les forêts les plus denses et les plus belles. Des quatre essences des chênes : *Q. suber*, *Q. canariensis*, *Q. ilex* et *Q. afares*.

les hautes plaines continentales, plus sèches représentées par les régions steppiques situées entre les chaînes côtières et l'Atlas saharien. Ces zones contiennent de grands massifs de pin d'Alep et de chêne vert dans la partie accidentée (Aurès, Djelfa et Saïda) (Ouelmouhoub, 2005).

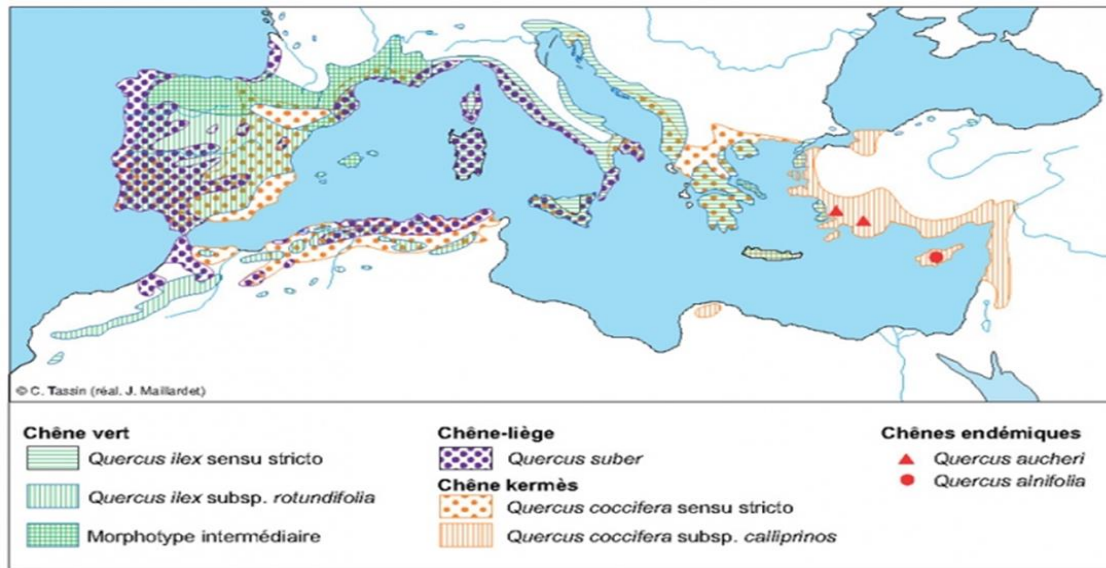


Figure 1. Répartition des différents chênes sclérophylles dans le bassin méditerranéen.

(Quézelet. Médail, 2003)

I.1.2. Présentation des quatre espèces de chênes concernés par notre étude

Dans le cadre de notre travail nous nous sommes intéressés à quatre espèces de *Quercus* à savoir *Q. afares*, *Q. canariensis*, *Q. ilex* et *Q. suber* dont les caractéristiques écologiques ont été synthétisées dans le Tableau 1

Tableau 1. Présentation synthétique des caractéristiques écologiques de *Quercus afares*, *Quercus canariensis*, *Quercus ilex* et *Quercus suber*.

espèce	<i>Quercus suber</i>	<i>Quercus ilex</i>	<i>Quercus canariensis</i>	<i>Quercus afares</i>
Origine	Sud-ouest de l'Europe et du nord-ouest de l'Afrique.	Bassin méditerranéen.	Espagne et Afrique du nord, sa limite est la rive sud occidentale méditerranée.	Algérie et Tunisie.

Synthèse bibliographique

Feuillage	persistant	persistant	Semi caduque	caduque
Dendrométrie	De 10 à 15m de hauteur. Tronc liégeux.	De 5 à 20m de hauteur. Tronc court et tortueux.	Plus de 30m. Tronc supérieur à 1.5m de diamètre	25 à 30m
Ecologie	Héliophile forte insolation. Humidité élevée de 60% en moyenne.	Xérophile plastique du point de vue climatique. Espèce frugale.	Sclérophylles. Espèce de lumière. Pluviométrique Supérieur à 800mm/an.	Héliophile
Type de sol	Sols acide et franchement siliceux. Riche en matière organique.	Tous types de substrats.	Sensibles à la composition chimique des substrats. Sol siliceux et salés.	Sol siliceux.
Superficie occupées	440.000 ha : 229.000 ha productif.	700.000 ha. (Letreuch, 1955)	48.000 ha.	10.000ha environ. (Laifaoui, 1995).
Bioclimat	Humides et subhumides.	Humides et subhumides.	Humides et subhumides frais.	Humides et subhumides.
Intérêt	Liège.	Bois de chauffage.	Papeterie Trituration Traverses de fer charpentes	Bois de chauffage. Tranchage Papèterie. Menuiserie.

I.1.3. Évolution des superficies des chênes en Algérie

Selon les données les plus anciennes rapportées par Boudy (1955) et celles de la DGF (2007) en passant par celle de Seigue (1985) et Chazi et Lahouati (1997), nous remarquons une diminution importante des superficies des quatre espèces des chênes. ce qui confirme une régression moyenne de la superficie de la chênaie de 3,17 causée notamment par les incendies, surpâturage, changement climatique, débroussaillage, conversion des terres en terre agricoles ...etc (Tableau 2).

Tableau2 : Superficies des quatre espèces de chêne.

espèces	Boudy (1955)	Seigue (1985)	Chazi et Lahouati(1997)	DGF (2007)	Rapport de régression
Chêne vert	426.000ha	440.000ha	463.000ha	229.000ha	1,86
Chêne liège	679.000ha	680.000ha	354.000ha	108.000ha	6,28
Chêne zeen et afares		67.000ha	65.000ha	48.000ha	1,39

I.1.4. Causes d'échecs des reboisements

Le reboisement est la méthode la plus employée pour la réhabilitation des écosystèmes notamment les subéraies. Cette méthode de restauration doit cependant respecter des normes internationales qui fonctionne mais qui reste à ce jour non prise en compte à l'échelle nationale entre autres :

- productions de plants de qualité en pépinière, sans défauts rédhibitoires et avec mycorhization des racines ;
- arrosage des plants le 1 et 2^{ème} été, suivant la plantation ;
- réaliser des plantations avec de fortes densités.

I.2. Généralités sur les mycorhizes

I.2.1. Historique

Dans les écosystèmes terrestres, la symbiose mycorhizienne caractérise la majorité des espèces, elle se trouve dans la plupart des habitats actuels. Selon un article de synthèse de

Tacon & Selosse (1994) montrant l'importance de la place de la symbiose dans l'évolution et la colonisation des continents, ils rapportent qu'au début des années soixante-dix.

Ce type d'association est considéré comme un des mécanismes importants de l'évolution. En effet, Le Tacon & Selosse (1994) précise que « des entités génétiques nouvelles formées par l'addition de deux génomes préexistants ont pu raccourcir le temps nécessaire à l'un des deux partenaires pour acquérir les potentialités de l'autre pour sa propre évolution ». Selon ces mêmes auteurs, la symbiose mycorhizienne joue un rôle essentiel dans la vie et la colonisation des continents par les phanérogames, donc dans l'évolution.

La symbiose mycorhizienne a permis d'apporter des solutions aux problèmes posés par l'alimentation hydrique et minérale des végétaux au silurien (-430 millions d'années) et d'effectuer un saut macroévolutif (Nezzar-Hocine, 1998).

Tacon et Selosse (1994) concluent que les symbioses ont rythmé l'évolution de la biosphère et de la vie, et expliquent que parmi ces associations, celles qui regroupant les végétaux terrestres et les champignons et qui ont permis la colonisation des continents et sont encore nécessaires pour les végétaux.

Le sens du terme symbiose aujourd'hui a évolué il englobe les relations bénéfiques augmentant les performances et la résistance de l'hôte à certaines conditions et circonstances environnementales. Selon Dévonien Cette relation a existé, il y a 400 millions d'années et sont été observée sur les lames minces de Bryophytes fossilisées rappelant les mycorhizes vésiculaires et arbusculaires (Brundrett, 2002).

I.2.2. La symbiose mycorhizienne

Le terme « mycorhize » vient des noms grecs *mukes* (= champignon) et *rhiza* (= racine) (Frank, 1885). Selon Frank (1885), Melin (1927), Boullard (1957), Mosse (1980) et Harley (1969), et Strullu (1989), les mycorhizes sont connus depuis plus de 150 ans. Les mycorhizes résultent de relations bénéfiques entre les racines de la plupart des plantes et certains champignons mycorhiziens (Figure 2).

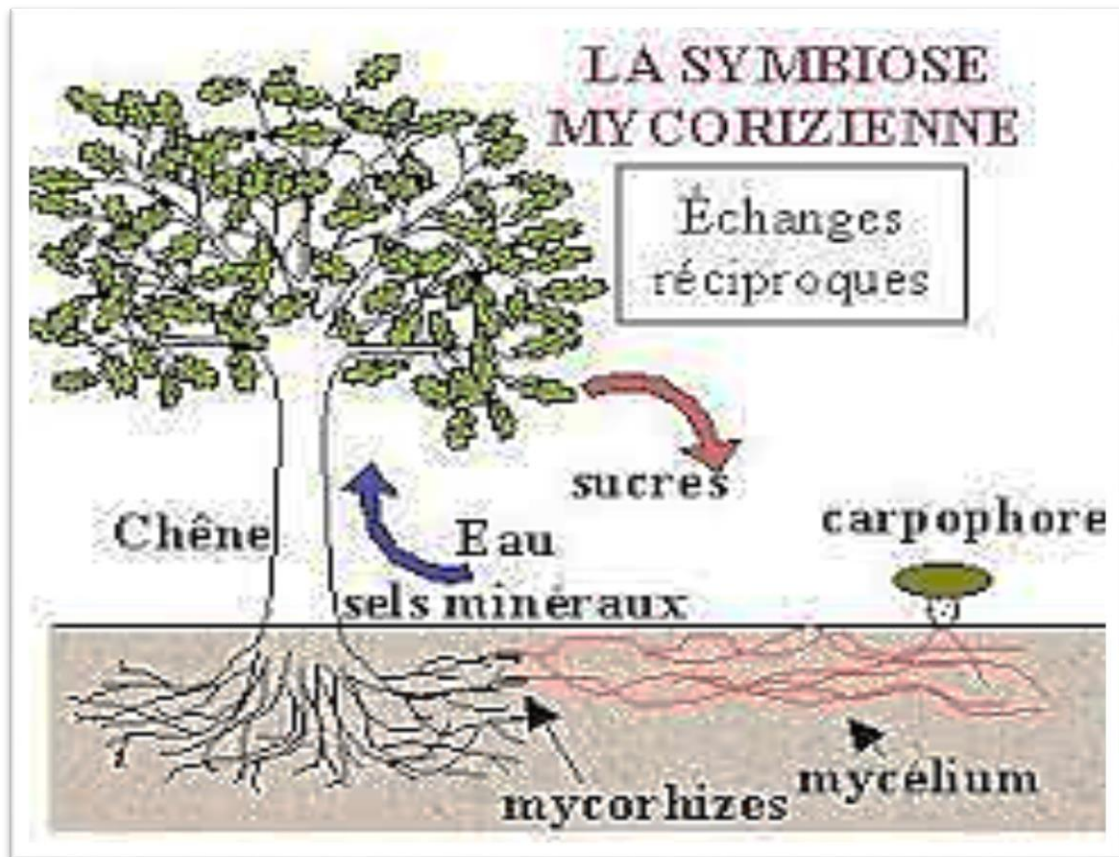


Figure 2 : schéma explicatif des rôles de la symbiose mycorhizienne. (Jacky, 2014)

D'après Smith & Read, (2008), la majorité des espèces végétales ne peut se développer sans l'établissement du processus de la symbiose mycorhizienne fonctionnelle au sein de leur système racinaire. Les mycorhizes constituent les principales sources minérales pour la majorité des essences forestières (Jonas, 1983 & Le Tacon, 1987). En effet, les plantes mycorhizées se développent rapidement dans des sols peu fertiles et sans apports nutritifs. D'autres part, elles préservent l'état sanitaire des plants en raison de leur résistance aux pathogènes comme ceux responsables de la fonte des semis (Newsham & Fitter, 1995) (figure 3).

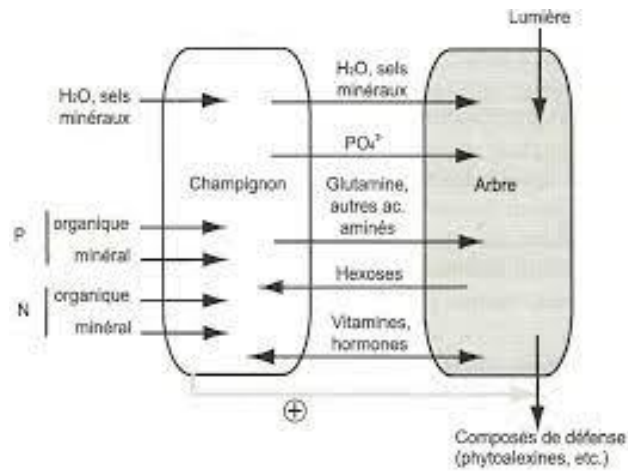


Figure 3: schéma représentatif des échanges entre l'arbre et champignon. (selosse, 2000)

I.2.3. Les types de mycorhizes

On distingue deux classification de mycorhizes ; la première classification présente trois grands types de mycorhizes : Les endomycorhizes, les ectomycorhizes et les

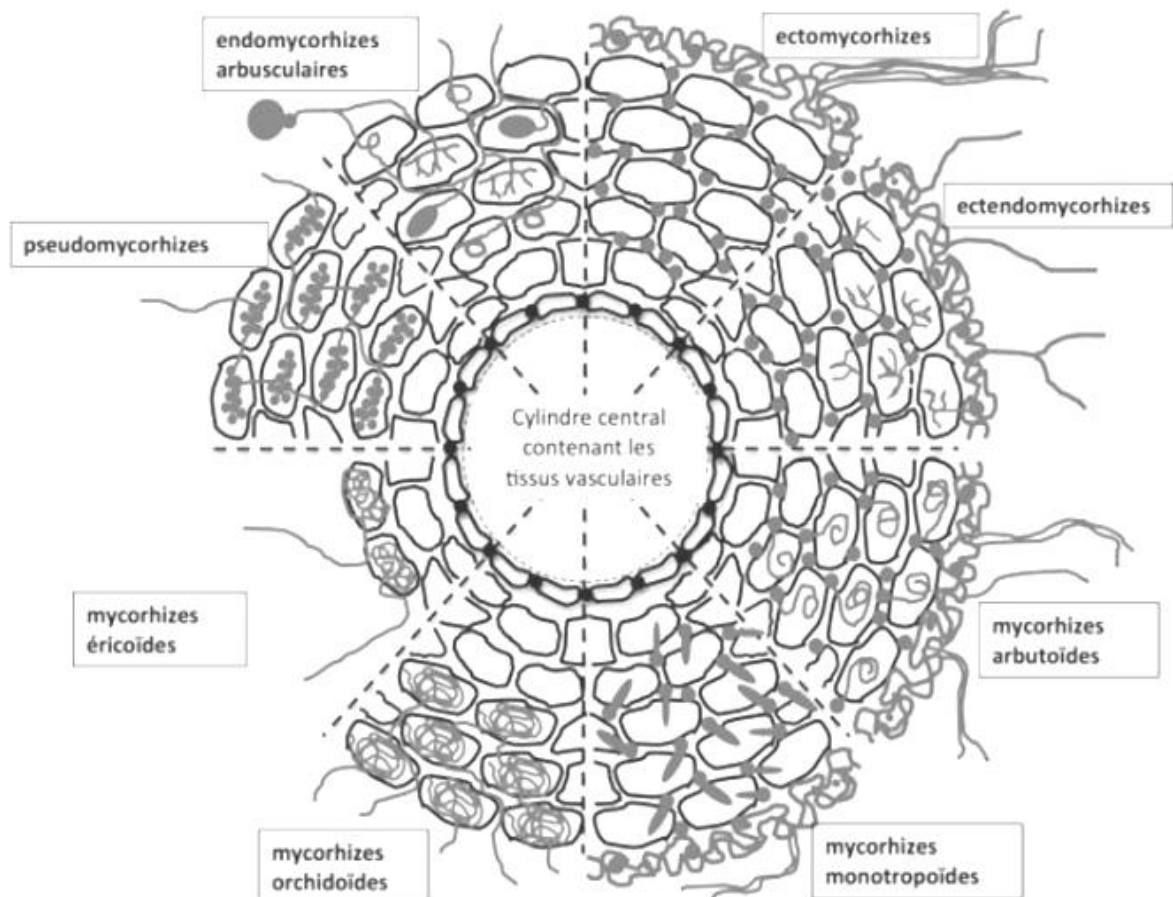


Figure 4 : représentation schématisée des sections transversales des huit types de mycorhizes (Garbaye, 2013).

ectendomycorhizes. Par contre la deuxième classification de mycorhizes présente huit types qui se différenciant principalement par des critères morphologiques (Figure 4).

I.2.3.1. Les ectomycorhizes

Selon Ratel (1999), les ectomycorhizes concernent 80 à 90% des plantes vasculaires. Elles se rencontrent chez la majorité des Gymnospermes et un grand nombre d'Angiospermes, Dicotylédones. La majorité des espèces ligneuses forestières des régions tempérées, méditerranéennes et boréales et quelques espèces tropicales y sont dotées (Duponnois *et al.*, 2013). Les ectomycorhizes sont formées par des Basidiomycètes et par les Ascomycètes (Strullu et Gourret, 1980).

Le terme ectomycorhizes du grec *ektos* : à l'extérieur, sont des champignons qui se développent autour de la racine, en formant un manchon mycélien (le manteau fongique) à partir duquel se développent des hyphes qui s'insèrent entre les cellules corticales de la racine (réseau de Hartig) (Duponnois *et al.* 2013). Le développement de ce dernier contribue à augmenter considérablement la surface de contact entre le champignon et les cellules racinaires. Les interfaces, qui unissent les deux partenaires, sont impliquées dans les échanges réciproques de la symbiose (Daxheimern et Pargney, 1991). En direction du sol, le manteau émet des filaments isolés ou organisés en faisceaux, parfois visibles à l'œil nu, qui explorent le sol à grande distances (Drenou, 2006).

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

Dans le point de vue morphologique, les ectomycorhizes formées sur les racines courtes peuvent être simple ou ramifiées. Dans ce dernier cas leurs distributions connaissent de nombreuses variantes. En effet, Boullard (1968) puis Agerer (1988) ont distingué plusieurs distributions morphologiques (Annexe1 : www.Deemy.de .2004-2017).

Distribution monopodiale : c'est une forme possédant un long axe avec des ramifications latérales situées sur le même plan.

Distribution pyramidale : les mycorhizes sont de plus en plus développés en s'éloignant de l'apex de la racine longue qui les porte.

Distribution dichotomique : les mycorhizes sont divisés très vite en deux, de façon répétée le long de la longue.

Distribution racé Meuse : nous parlons de distribution racé Meuse des mycorhizes lorsqu'elles naissent ici et là, échelonnées de part et d'autre le long de la racine longue. C'est bien en effet à une grappe (racé Meuse en latin) qu'il faut comparer leur ensemble.

Distribution coralloïdes : les mycorhizes dans ce cas, sont le siège de dichotomiques successives et rapprochées, dont l'ensemble rappelle l'aspect d'un arbre.

Distribution noduleuse : elle caractérise des racines courtes, dichotomiques ou coralloïdes regroupées sous un voile fongique faisant disparaître toute organisation, dont l'ensemble donne l'aspect d'une nodosité.

A. La structure anatomique des ectomycorhizes

- **Le manteau fongique** : c'est un feutrage plus au moins dense de filaments, qui recouvre toute la racine courte, la protège et accumule des réserves (**Garbaye, 1990**). Le manteau est constitué d'hyphe. Le cas le plus général est représenté par l'existence d'un plectenchyme à hyphe libre à l'extérieur et d'un plectenchyme à hyphe soudées à l'intérieur. Les hyphe de surface de mycorhize sont peu ramifiées ; certaines apparaissent aplaties (**Strullu, 1991**).

Les différents types de manteau sont décrits en détail par Agerer (1987-2012, 1991, 1995, 2006) et AgereretRambold (2004-2013) en 16 types : neufplectenchymateux et sept pseudo-parenchymateux (Annexe 2).

- **Les Laticifères**, la présence de latex, longueur, épaisseur, et ramifications des hyphe peuvent se produire dans tous les types de manteau (Agerer, 2006in Kadi-Bennane, 2016).
- **Le réseau de Hartig** : Le mycélium pénètre dans le cortex de la racine, mais reste toujours intercellulaire. Il colonise une ou plusieurs couches de cellules corticales, sans jamais atteindre l'endoderme. Les échanges entre le champignon et l'arbre -hôte se font au niveau de ces hyphe intercellulaires qui forment une structure appelée réseau de Hartig (Le Tacon et Selosse, 1997). Chez les associations formées par le Angiospermes, une à deux couches de cellules racinaires est en contact avec le champignon ; celles-ci, sont allongées dans le sens radial. Les Gymnospermes, le réseau de Hartig entre en contact avec plusieurs couches de cellules corticales arrondies (Strullu, 1991).
- **Phase extra-matricielle** : Le réseau extra matriciel constitue une partie importante du système mycorhizien car il permet une exploration des différentes ressources sur

une grande distance de la racine (Nicolsons, 1959 ; Mosse, 1981 ; Garbaye & Guehl, 1997 ; Menkis, 2005). Les hyphes extra matriciels peuvent être simples ou rassemblés en cordons linéaires appelés les rhizomorphes (Dommergues *et al.* 1999). Agerer (1991) et Unestam & Sun (1995) proposent une typologie morphologique et fonctionnelle du mycélium externe des ectomycorhizes avec deux types principaux:

Le premier type Hydrophile : est caractérisé par des hyphes individuels capables d'absorber l'eau sur toute leur longueur et revêtues d'un film liquide lorsque le sol n'est pas trop sec. Ce type de stratégie, surtout efficace dans les sols relativement humides, concerne un assez petit nombre de champignons tels que *Hebeloma spp.*, *Laccaria spp.*, *Cenococcum geophilum* ou *Thelephora terrestris*.

Le deuxième type hydrophobe : est caractérisé par des hyphes hydrophobes sur toute leur longueur à l'exception des extrémités ; ces hyphes sont plus ou moins structurés qui se ramifient dans les zones du sol les plus riches en eau et en éléments nutritifs conduisant l'eau par voie interne.

Les ectomycorhizes présentant ce mode de conduction de l'eau sont très nombreux ; parmi les plus communs dans les forêts les espèces *Boletus spp.*, *Paxillus spp.*, *Scleroderma asp.*, *Rhizopogon spp.*, *Cortinarius spp.*, ou certains *Lactarius spp.* (Garbaye et Guehl, 1997).

B. Typologie des rhizomorphes

Une typologie complète des structures de rhizomorphes a été publiée en 1991 par Agerer, qui inclut les aspects ontogénétiques en 1999. Huit types de rhizomorphes peuvent être distingués (Agerer 1999, 2006 ; Agerer et Iosifidou 2004) (annexe 3 : Agerer (1999-2006)) :

- uniforme et lâche, composée d'hyphes végétatifs d'aspect ordinaire ;
- uniforme-compact, qui possède des hyphes uniformes et densément agglutinés ;
- thelephoroïde, avec peu d'hyphes différenciés ;
- ramarioïd, différenciée par des structures internes et présentes des hyphes gonflés aux extrémités et septées ;
- russuloïd qui est un ensemble d'hyphes épaissies avec septa souvent incomplète irrégulièrement répartis ;
- phlegmacioïd avec quelques hyphes distribués de façon aléatoire un peu plus épais souvent noyées dans une matrice ;

- agaricoïd, hautement différenciée avec principalement au centre des gros hyphes qui révèlent des septa complètement à partiellement dissous ou même très différenciés et Boletoid également très différenciée avec au centre des hyphes distincts et plus volumineux qui croissent tantôt vers l'origine tantôt vers l'extrémité du rhizomorphes souvent ramifiées.

En fin de vie de l'ectomycorhize, les rhizomorphes vieillissants s'agrègent pour former des cordes et le mycélium diffus tend à disparaître par autolyse. C'est un processus économique en énergie qui permet au champignon de se propager sur de grandes distances en recyclant ses ressources internes et ainsi de se maintenir dans des zones susceptibles de s'enrichir en nutriments (Donnelly *et al.*, 2004).

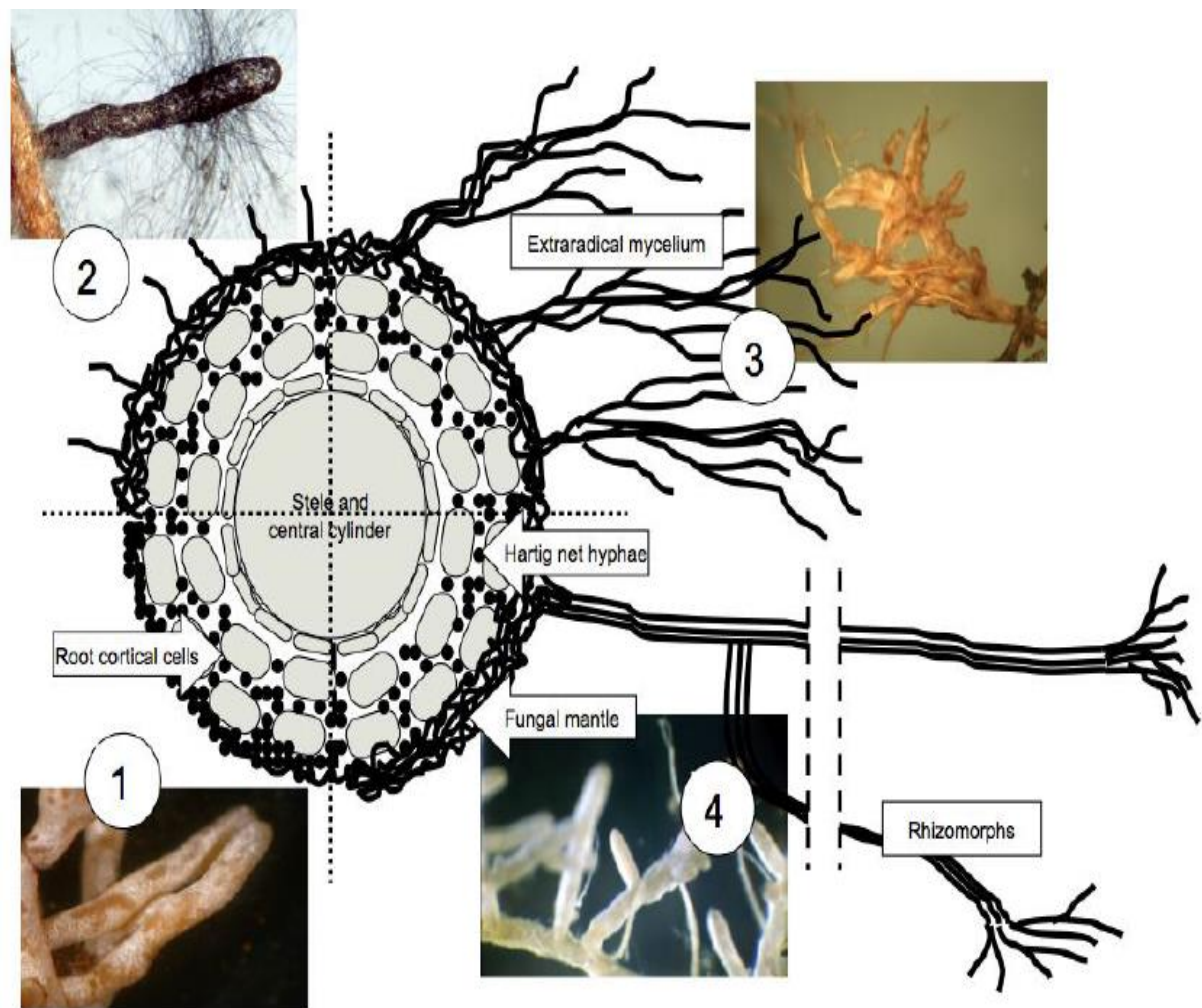
C. Types d'exploration des ectomycorhizes

Les ectomycorhizes peuvent différer par leur capacité d'absorption et de transfert des nutriments (Burgess *et al.* 1993), et par leur capacité à favoriser la croissance des arbres (Burgess *et al.* 1994). Cette efficacité dépend non seulement de l'étendue de la colonisation des racines, mais aussi du développement des hyphes dans le sol (Colpaert *et al.*, 1992, Thomson *et al.* 1994). Le mycélium extramatriciel produit par les champignons ectomycorhiziens varie d'un petit nombre d'hyphes sur quelques mm à de très développés sur des dizaine d'EcMs, C'est le cas des lactaires et des russules qui forment des mycorhizes lisses alors que d'autres comme *Pisolithu stinctorius* ou *Suillusbovinus* forment des mycorhizes présentant un réseau très important d'hyphes extramatriciels pouvant se développer sur des distances de plusieurs dizaines de centimètres (Agerer, 2001 ; Rousseau *et al.*, 1994).

La distribution et la différenciation du mycélium peuvent être utilisées pour distinguer les types d'exploration chacun pouvant représenter une stratégie distincte d'exploration des substrats dist (Agerer, 2001) (figure 5).

- **Type d'exploitation « contact » C** : ce type est représenté par des ectomycorhizes à manteau lisse avec seulement quelques ornements en surface.
- **Type d'exploration de « courte distance » CD** : ces ectomycorhizes sont caractérisés par une enveloppe volumineuse d'hyphes émanant, mais les rhizomorphes ne sont pas formés.
- **Type d'exploration de « moyenne distance » MD** : les ectomycorhizes de ce type forment des rhizomorphes et est divisé en trois sous type :

- **Sous type en franges** : les champignons forment souvent des d'hyphes en éventails et des rhizomorphes émanant qui se ramifient et s'interconnectent de manière répétée. Les surfaces des rhizomorphes sont fréquemment velues avec des hyphes émanant avec un contact prolongé avec le sol. Les rhizomorphes sont de type A (uniforme et lâche) et exceptionnellement de type C et D (thelephoroïde, ramarioïde et phlegmacioïde).
- **Sous type feutré** : les champignons forment des nattes qui peuvent généralement occuper de grandes surfaces. Les mycorhizes individuelles n'ont qu'un champ d'exploration assez limité et leurs rhizomorphes sont indifférenciés ou légèrement différenciés de type A, C et exceptionnellement de type D.
- **Sous type régulier** : tous les rhizomorphes sont indifférenciés, légèrement ou très rarement différenciés en interne. Avec un noyau central d'hyphes épais. Les manteaux ectomycorhiziens semblent plutôt lisses avec presque aucun ou seulement quelques hyphes émanant. Les rhizomorphes appartiennent au type B (uniforme compact) exceptionnellement les rhizomorphes sont formés du type E (russuloïd).
- **Type d'exploration de « longue distance » LD** : les ectomycorhizes de ce groupe sont plutôt lisses avec des rhizomorphes peu nombreux mais fortement différenciés de type F (boletoïd). Ces derniers sont très différenciés avec des hyphes centraux (Vessel-like) de diamètre plus gros permettant une plus grande efficacité de transport de l'eau et de nutriments. Les ectomycorhizes appartenant à ce type peuvent être faiblement ramifiés (monopodiale, coralloïdes et tuberculeux).



Et : surface hydrophile vs surface hydrophobe...

Figure 5 : représentation des différents types d'exploration selon Agerer.

I.2.3.2. Les endomycorhizes

Selon Ratel (1999), les endomycorhizes sont le premier mode de symbiose permettant aux végétaux du silurien de sortir de l'eau voilà quatre cent millions d'années. Les champignons endomycorhiziens n'étant pas spécifiques (Le Tacon, 1982). Ils se rencontrent chez les Gymnospermes et Angiospermes. Cependant, ils sont beaucoup plus abondant chez les Angiospermes (Strullu, 1991). Lanier *et al*, (1978) rapportent que les endomycorhizes se présentent avec des structures anatomiques très variées chez les plantes appartenant aux groupes botaniques les plus divers.

Les associations endomycorhiziennes sont extérieurement peu visibles. Le champignon pénètre largement dans les cellules corticales des tissus de la racine (Davet, 1996).

Néanmoins, ils ne pénètrent jamais dans l'endoderme des racines, encore moins dans le cylindre central (Boullard, 1978).

Les champignons formant les endomycorhizes sont essentiellement des Zygomycètes, exception faite des Orchidées et des Ericacées dont les champignons mycorhiziens sont respectivement des Basidiomycètes et Ascomycètes (Gianinazzi, 1982).

I.2.3.3. Les ectendomycorhizes

Selon Strullu (1991), les ectendomycorhizes forment un groupe particulier présentant à la fois des caractéristiques d'ectomycorhizes et des endomycorhizes. En effet, la présence du manteau et du réseau de Hartig avec des structures arbusculaires au niveau des racines distinguent cette formations intermédiaire. Le fonctionnement de ce type d'association est différent de celui des symbioses classiques. (Davet, 1996).

I.2.4. Rôles des mycorhizes

Les champignons symbiotiques associés aux racines fines contribuent de diverses façons aux fonctions que ces dernières assurent dans la vie de l'arbre :

- absorption de l'eau et des éléments minéraux en solution ;
- amélioration de la nutrition minérale ;
- stabilisation des sols ;
- protection contre les substances toxiques.

I.3. Le stress hydrique

I.3.1. L'importance de l'eau pour les végétaux

L'eau est un élément important pour la croissance des végétaux. Dans le monde végétal. Il représente 85 à 90% durant la période active de la végétation (De Raissac, 1992), est considéré comme un milieu où se produisent les processus chimiques comme l'absorption des éléments nutritifs et la photosynthèse. Par la transpiration, ce dernier agit comme élément refroidissant à la fois pour les végétaux et pour leur environnement.

I.3.2. Définition de stress hydrique

Le stress hydrique a été défini comme une baisse de la disponibilité d'eau traduisent par une réduction de la croissance de la plante et /ou de sa reproduction en rapport au potentiel du génotype. La contrainte hydrique est le facteur ou l'ensemble des facteurs ayant pour conséquence le stress. Certains auteurs limitent la définition du stress aux

seules conditions correspondant à une hydratation sub-optimale des tissus (Lamazet *al.*, 1994). L'installation d'une sécheresse se manifeste par la combinaison d'une part, de la restriction de la disponibilité en eau du sol et, d'autre part, l'augmentation de la demande évaporatoire (Kiani, 2007)

I.3.3. Effets du déficit hydrique sur la plante

La sécheresse provoque la mort possible de la plante. L'effet du déficit hydrique diffère d'une plante à une autre. Levitt et al. (1960) tous dépendent de l'adaptation de la plante à la sécheresse et sa capacité de survie durant tous les périodes de manque d'eau. Un génotype est adapté à un milieu lorsque ce dernier permet une augmentation de la production (Durieux, 1983).

Parmi les effets du stress sur les arbres :

- Effet sur la transpiration : c'est de réduire de transpiration par la fermeture des stomates. La réduction de la transpiration améliore l'état hydrique des tissus car les racines continuent à absorber l'eau. La fermeture des stomates est due à une hormone, l'acide abscissique (ABA). Selon Berger (1973), Tardieu (1996), la concentration en ABA est corrélée avec le potentiel hydrique et la pression de turgescence de la plante pour les stress relativement longs. L'ABA provoque la sortie d'eau des cellules de garde provoquant ainsi leur plasmolyse et la diminution de la pression de turgescence.
- Effet sur la photosynthèse : le manque d'eau chez la plante a provoqué diminution de la fixation du CO₂ la fermeture des stomates réduit la photosynthèse impliquant la diminution de la synthèse de la matière sèche et de la croissance.
- Effet sur la surface foliaire de la plante est généralement réduite chez de nombreuses espèces (Tardieu, 1999 ; Granier *et al.*, 2006). Dans le cas d'une contrainte hydrique du sol, la réduction de surface foliaire est souvent interprétée comme une stratégie d'économie d'eau par la plante (Tardieu, 2003 et un ajustement osmotique est induit le nombre de feuilles est peu ou pas affecté (Granier *et al.*, 2006).
- Effet sur la capacité d'enracinement est augmenté, la taille et l'architecture du système racinaire déterminent la capacité de la plante à accéder à l'eau et aux éléments minéraux, est un facteur limitant de la croissance (Price *et al.* 1997).

I.4. Problématique

Afin de solutionner le problème de régression de la superficie du patrimoine forestier, les autorités algériennes ont mis en place PNR en 1998 et adopté en 1999, qui a pour objectif d'atteindre un taux de boisement de 11 % à 13 % en 2020. Le reboisement étant une reconstitution du couvert forestier par des moyens naturels ou artificiels, tels la plantation et l'ensemencement (OIFQ, 2003). Il permettra d'augmenter le patrimoine forestier algérien dans le cadre du PNR, de 1.250.000 ha sur une période de vingt ans.

En Algérie, les reboisements de grandes envergures et documentés sont essentiellement ceux du pin d'Alep, du chêne liège et du cèdre de l'Atlas. Bouhraoua (2013) rapporte que sur une période s'étalant de 2001 à 2012, un total de 16000 ha de plantation de chêne liège a été réalisé dont 6300 ha ont été déclaré réussis, soit un taux de 40% à l'échelle nationale.

Dans le contexte de notre travail, nous nous intéressant à expérimenter la première cause d'échecs et à argumenter la nécessité de la conformité des plants destiné au reboisement par leurs critères de mycorhization et l'effet des stress subit par les plants destinés aux plantations tels que la transplantation au moment du reboisement et le stress hydrique qu'affrontent les plants au moment des premières périodes estivales.

II. Chapitre 2 : Matériel et méthode

II.1. Introduction

L'expérimentation a été menée au niveau du laboratoire de recherche mycorhizes du département des sciences Biologie de la faculté des sciences Biologiques et des sciences Agronomiques à l'université de Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. Notre travail a pour objectif de mettre en évidence l'importance de la mycorhization des plants utilisés dans le cadre des reboisements. Pour ce faire, nous avons réalisé une plantation de quatre espèces de chêne à savoir le chêne liège, le chêne vert, le chêne afares et le chêne zeen en bloc aléatoire complet. Les blocs sont installés en deux traitements du sol : T1 : sol stérile et T2 : sol naturel dans des conditions semi contrôlés. La question que nous nous sommes posée est : Est-ce que l'absence et la présence de la microflore notamment de la symbiose mycorhizes permet aux plants du genre quercus de dépasser le stress mécanique dû à la transplantation au stress hydrique induit par arrêt d'arrosage pendant 15 jours ? Et quel est l'impact sur les paramètres de croissance de ces espèces afin d'apporter un élément de réponse aux apports de la symbiose mycorhizienne, nous avons, alors, réalisés des tests sur le comportement des plants dotés de partenaires ectomycorhiziens face au stress de la transplantation et au stress hydrique.

II.2. Mise en place du Protocole expérimental

Les glands des quatre espèces de chêne ont été collectés au niveau de trois régions selon leurs disponibilités entre septembre et janvier 2022 (Tableau 3) :

Tableau3 : Origine des glands utilisés dans l'expérimentation

Les glands	Chêne liège	Chêne zeen	Chêne afares	Chêne vert
origine	La Forêt de Bougous El-kala	La Forêt de Nath Ghobri Tizi-Ouzou	La Forêt de Nath Ghobri Tizi-Ouzou	Beni Douala Tizi-Ouzou

Matériel et méthodes

Le sol utilisé a été prélevé au niveau de la forêt d'Ath Ghobri de la commune de Yakouren, wilaya Tizi-Ouzou. Une fois nettoyé et débarrassé des grands cailloux et des racines des végétaux, le sol a été séché sur du journal à l'air libre pendant plus de 24h. Le sol a été broyé avec un grand caillou à la main puis tamisé à l'aide de tamis de 2 mm de diamètre.

Une partie de sol soit 60 kg a été soumise à une double stérilisation à l'autoclave 20 min à 120°C, afin d'éliminer la microflore du substrat. Un échantillon des sols témoin et stérile ont été soumis à la mesure de pH et à une analyse pour le sol des deux traitements.

Les glands collectés sont au préalable nettoyés et lavés à l'eau de robinet puis à l'eau javel pendant 5mn. 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.

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

La plantation de 56 pots de capacité de 2.5kg à raison de 28 pots pour chaque traitement a été réalisée soit 7 pots pour chaque type de sols et d'espèce. Dans chaque pot, 5 à 6 glands ont été semés. L'arrosage des pots a été effectué deux fois par semaine. Le protocole expérimental a été mis en place le 27 janvier 2022 (figure 6).



Figure 6 : les étapes de réalisation de la plantation. (BESSAOUD 2022)

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 et des deux traitements pendant 18 semaines.

Afin d'induire le stress de transplantation, nous avons dépoté en totale 16 pots à raison de 2 pots pour chaque espèce et traitements à 5 semaines (Période 4) de mesure soit trois mois et une semaine de développement. Les plants ont été transplantés vers des conteneurs en sachet plastique de capacité de 1kg. Au préalable, nous avons réalisé des observations macroscopiques à la loupe binoculaire afin de confirmer la présence et/ou l'absence des ectomycorhizes sur les racines des plants des quatre chênes pour les deux traitements. Ceci pour déterminer l'effet de transplantation sur la croissance et le comportement des jeunes plants dotés ou non d'ectomycorhizes .La transplantation à été faite le 17 avril 2022 (Figure7).



Figure7 : les plants transplantés des 4 espèces de chêne. (CHERIFI 2022)

A la 9eme semaine, nous avons été dans l'obligation de réalisé une suppression des ramifications des plants avec un sécateur pour optimiser la croissance orthotrope de la tige principale.

Le 06 juillet 2022 soit à la 16émè période de mesure (6 mois de croissance), nous avons induit le phénomène de stress hydrique par arrêt d'arrosage.

Un total de 24 pots à raison de 3 pots de chaque espèce et traitement(T1), (T2) ont été soumis à l'arrêt d'arrosage.

24 plants en totales des plants transplantés ont été soumis à l'arrêt d'arrosage :

14 plants transplantés du (T1) :

- 3 plants pour le chêne liège, zeen et vert.
- 4 plants pour le chêne afares.

11 plants transplantés du (T2) :

- 4 plants pour le e chêne liège.
- 3 plants pour le chêne afares,
- 2 plants pour le chêne zeen et le chêne vert

Pour but d'évaluer l'effet de stress sur la croissance et le développement de système racinaire et qui à une capacité de résistance parmi les quatre espèces de chêne à ce phénomène.

A la 18^{ème} période, soit après 15 jours d'arrêt d'arrosage (24 juillet 2022), l'expérimentation a pris fin et l'opération de dépotage a été réalisée par étapes suivant le flétrissement des plants et notre capacité à réaliser les mesures et les observations des racines à l'état frais et de la masse du travail au laboratoire :

- 1) Les plants sur sol stériles non stressés (ss NS) ;
- 2) Les plants sur sol stériles stressés (ss S) ;
- 3) Les plants sur sol naturels non stressées (st NS) ;
- 4) Les plants sur sol naturels non stressées (st S).

Le dépotage des plants a été réalisé par plusieurs périodes de dépotage comme suit (Figure8) :

- Le 25 juillet 2022 les plants de chêne liège, chêne afares, chêne zeen et chêne vert du sol stérile non stressés.
- Le 31 juillet 2022 les plants de chêne zeen sol stérile stressés.
- Le 01 Août 2022 les plants de chêne afares sol stérile stressées, chêne liège sol naturel (témoin) stressés et non stressées.
- Le 02 Août 2022 les plants de chêne zeen sol naturel (témoin) non stressés.
- Le 16 Août 2022 les plants de chêne afares et vert sol (témoin) non stressés et les plans de chêne zeen, afares, vert sol (témoin) stressés.



Figure 8 : les plants des 4 espèces de chêne des deux traitements (T1), (T2) dépotées. (BESAUD 2022).

Le dépotage des plants transplantés a été réalisé (Figure 9) :

- Le 17 Août 2022 les plants transplantés du sol stérile non stressés, stressés et les plants transplantés naturel (témoin) stressés pour les quatre espèces de chêne.
- Le 18 Août 2022 les plants transplantés du sol naturel (témoin) non stressés des quatre espèces de chêne.



Figure 9 : les plants transplantés des 4 espèces de chêne de (T1) et (T2) dépotés. (CHERIFI 2022)

Afin de mettre en évidence le stress hydrique, nous avons utilisé la valeur de la teneur relative en eau de la feuille terminale TRE (%) ou encore RWC (%). Pour ce faire, nous avons pesé la feuille terminale à l'état frais, après saturation (24 h) dans l'eau à 4 °c) et à l'état sec de tous les plants de chaque traitement.

Le poids frais de la feuille terminale (PF) : la pesée a été réalisée à l'état frais par une balance de précision à 4 chiffres. Ce paramètre a été appliqué sur tous les plans déposés en gramme(g).

Le poids saturé de la feuille terminale (PSa) : mettre les feuilles dans des boîtes de pétris remplis d'eau au frigo à 4°C pendant 24h. La pesée a été réalisée sur une balance de précision à 4 chiffres en gramme(g).

Le poids sec de la feuille terminale (P_{Sec}) : la pesée a été réalisée après le séchage des feuilles de tous les plants à l'étuve pendant 72h à 60°C avec une balance de précision à 4 chiffres en gramme(g).

$$TER = ((PF - P_{Sec}) / (PSa - P_{Sec})) * 100$$

II.3. Les variables mesurées

La température du sol (T°) : la mesure a été effectuée pour chaque pots et sachet avec un thermomètre en (°c) pour chaque période jusqu'à la fin de l'expérience

La hauteur (H) : mesure à base d'une règle en (cm).

Le diamètre (D) : la mesure a été réalisé pour chaque base de la tige à l'aide d'un pied à coulisse en (mm).

Nombre de feuilles (NBR F) : comptage des feuilles pour chaque plant.

Volume racinaire (ml) : est mesuré après la coupe des racines. Le volume racinaire est obtenu par l'immersion de la totalité du système racinaire dans un volume d'eau au préalable déterminé dans une éprouvette graduée de 50 à 1000 ml. La différence de volume obtenue après immersion est le volume racinaire en (ml).

II.4. L'analyse du sol

L'analyse du sol a été réalisée au niveau de laboratoire a départements de pédologie d'Alger des paramètres suivants : le pH du sol, la granulométrie, le dosage de la matière organique, le taux de phosphore, l'azote et potassium.

L'analyse du pH a été réalisé au cour de l'expérience et à la fin de l'expérience aux niveaux de laboratoire de recherche de département des sciences biologiques et des sciences agronomiques UMMTO (bastos).

La méthode d'analyse de pH du sol (Figure 10) :

- Peser 10g du sol et le mettre dans un bécher.
- Verser 25ml d'eau distillé.
- Agiter le mélange pendant 10min avec un agitateur.
- Laisser reposer pendant 1 heure.
- Mesurer le pH par le pH-mètre.



Figure 10 : l'analyse de pH du sol. (CHERIFI 2022)

II.5. Observation et description des ectomycorhizes des quatre espèces de chêne

II.5.1. Comptage des ectomycorhizes

Nous avons pris 20 cm de racine pour chaque plant prélevé coupée en 2 cm, en suite des racines misent dans une boite de pétri gridline (une méthode indirecte nous avons quantifié la colonisation ectomycorhiziennes) (Figure 11).



Figure 11 : comptage de la colonisation ectomycorhiziennes.(BESSAOU D 2022)

II.5.2. Observation des ectomycorhizes

La mise en évidence de l'existence des ectomycorhizes peut être effectuée à l'œil nu sans aucun grossissement. Tandis que la description détaillée est faite à la suite d'observation sous la loupe binoculaire selon les caractères morphologiques d'Agerer, (1991).

Pour réaliser la description des ectomycorhizes, il faut laver les racines prélevées délicatement pour les séparer des particules du sol sans altérer leur morphologie. Les racines obtenues sont mises dans des boîtes de pétri contenant de l'eau, puis observées sous la loupe binoculaire. Les ectomycorhizes observées sont classées en trois types d'exploration selon la classification d'Agerer 2001, la texture, la forme, la couleur, la présence ou l'absence du rhizomorphe et de mycélium et la phase extra matricielle.

Toutes les ectomycorhizes déterminées sont isolées et conservées dans un fixateur « FPA » (Formol (3%), Acide Propionique (5%) et Ethanol à 70° (96%) et disposés dans le laboratoire de recherche « Mycorhize ».

Les morphotypes communs pour les quatre chênes et traitements et entre deux espèces sont sélectionnés pour la réalisation des coupes transversales diagonales et longitudinales à l'aide d'une lame et polystyrène selon la possibilité de la coupe à main levée.

Ces coupes sont colorées au bleu de lactophénol, et sont montées entre lame et lamelle pour les observer et les décrire sous le microscope optique au grossissement 100 et 400.

II.6. Evaluation des indices

Indice de Jacard (IJ) : est un pourcentage entre les ectomycorhizes communes de deux espèces et les spécifiques de chaque espèce, est calculer par la formule suivante :

$$IJ(\%) = (C / (C + S1 + S2)) * 100$$

C : les ectomycorhizes communes entre deux espèces.

S 1 : les ectomycorhizes spécifiques d'une espèce.

S 2 : les ectomycorhizes spécifiques de la deuxième espèce.

Indice de Dice (ID) : c'est le rapport de deux fois les ectomycorhizes communes entre deux espèces sur les spécifiques de chaque espèce et deux fois les ectomycorhizes communes de deux espèces, est calculer comme suit :

$$ID = (2 * C) / ((2 * C) + S1 + S2)$$

C : les ectomycorhizes commune de deux espèces

S1 : les ectomycorhizes spécifique d'une espèce

S2 : les ectomycorhizes spécifique de l'autre espèce

Indice de la dépendance mycorhizienne relative (IDMR) :

L'indice de la 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).

$$IDMR = ((P_{sM} - P_{sNM}) / P_{sM}) * 100$$

P_{sM} : poids sec de la partie aérienne des plans mycorhizies.

P_{sNM} : poids sec de la partie aérienne des plants non mycorhizies.

II.7. Traitements statistiques

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance (ANOVA) et une matrice de colérration entre les variables de croissance et les ectomycorhizes à l'aide de logiciels Stat box.

III. Chapitre 3 : Résultats et discussion

III.1. Analyse physico-chimique du sol des deux traitements

L'analyse du sol des deux traitements au début du protocole expérimental a été réalisée par l'ingénieur de laboratoire de pédologie au niveau de l'Ecole National d'Agronomie à Alger. Les résultats de l'analyse du sol pour les deux traitements stérile et naturel (T1) et (T2) rapportent un pH du sol des deux traitements de valeurs à 7 indiquent que les sols sont basiques. La richesse en matière organique et en éléments Azote, phosphore et Potassium ont été similaires pour les deux sols indiquant l'absence de d'effet de la stérilisation sur les qualités du sol. Selon la classification de Calvet et Villemin (1989) Il est intéressant de signaler que le sol utilisé est pauvre en Potassium et de qualité moyenne en azote mais moyennement riche en Phosphore (1986) azote Pauvre à médiocre phosphore moyen (Tableau 4).

Tableau 4 : Analyse physico-chimique du sol pour les deux traitements

sol	Traitement 1	Traitement 2
M.O%	2.034	2.823
N%	0.022	0.032
P (ppm)	11.25	11.25
K (meq/100g)%	0.49	0.45

L'analyse du pH mesurée avant, au milieu et à la fin de l'expérimentation au niveau de laboratoire de recherche « Mycorhize » de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques à l'UMMTO au court de la plantation 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 5).

Tableau 5 : Suivi de l'analyse du pH du sol pour les deux traitements pendant l'expérimentation.

période	pH T1	pH T2
Avant l'expérimentation	7.14	7.21
Pendant l'expérimentation <i>Sol sous chêne vert</i>	6.59	7.2

Pendant l'expérimentation <i>Sol sous chêne afares, liège et zeen</i>	6.55	6.92
Fin de l'expérimentation <i>stressée</i>	6.43	6.15
Fin l'expérimentation <i>Non stressées</i>	6.91	6.79

III.2. Évaluation de la cinétique de croissance pour les 4 espèces de chêne

III.2.1. Cinétique de croissance des plants de Chêne liège

L'analyse cinétique hebdomadaire de la croissance de la variable en hauteur moyenne (H) des individus du chêne liège selon le traitement (T1) et (T2) a révélé une croissance en hauteur plus importante chez les plants élevés sur sol stérile comparativement au sol naturel.

La comparaison entre plants transplantés et non transplantés débutant de la période 4, atteste de l'effet positif de la transplantation notamment chez les plants élevés sur sol naturel.

Le nettoyage des ramifications de la période 9 et le stress hydrique appliqués lors de la période 16, ont permis de stimuler respectivement une légère et très forte croissance en hauteur chez tous les plants notamment chez les plants transplanté Comparativement aux plants élevés non transplantés du (T1) qui ont enregistré une stabilité de croissance (figure 12).

L'analyse cinétique hebdomadaire de la croissance en diamètre moyen (D) des plants du chêne liège selon traitement (T1) et (T2) indique une croissance en faveur des plants produit sur sol stérile pour toutes les périodes de l'expérimentation (figure 13).

Suite à la transplantation lors de la période (p4), les courbes d'évolution du diamètre (D) moyen accuse une augmente régulière notamment chez les transplanté de chaque traitement (T1) et (T2).

La suppression des ramifications (p9) a induit une baisse de croissance en diamètre immédiatement récupérée au bout de la deuxième semaine pour tous les plants quel que soit le traitement et la transplantation.

Une stabilité de la vitesse de croissance est observée pour la période 10 à 16 après le nettoyage. L'effet du stress hydrique de la période (16-18) a impliqué une augmentation rapide de la vitesse de croissance en (D) moyen pour les jeunes plants transplantés et non transplantés de T1 et T2 traitement (T2) stressé et non

stressé, comparativement aux plants non transplantés du (T1) qui ont enregistré une stabilité de croissance.

L'analyse cinétique hebdomadaire de la variable production du nombre moyen de feuille (NBR F) des individus du chêne liège non transplantés du T1 et T2 de *Quercus suber* L. Indique une production en feuille plus importante pour le T1 que pour le T2 (figure 14). La transplantation (p4) a permis un gain de production du nombre de feuilles (NBR F) chez les plants transplanté comparativement aux plants non transplantés indique une augmentation de la production foliaire pour les plants de chaque traitement (T1) et (T2) due à l'effet de la transplantation.

Les coupes de nettoyage (coupe des ramifications) réalisé lors de la période 6 ne semblent pas avoir affecté la production des feuilles selon les traitements et la transplantation.

Le début du stress hydrique appliqué à partir de la période 16 a révèle un gain de production en nombre de feuilles (NBR F) moyen pour les jeunes transplanté comparativement à ceux non transplantés pour tous les deux traitements et stressé et non stressé

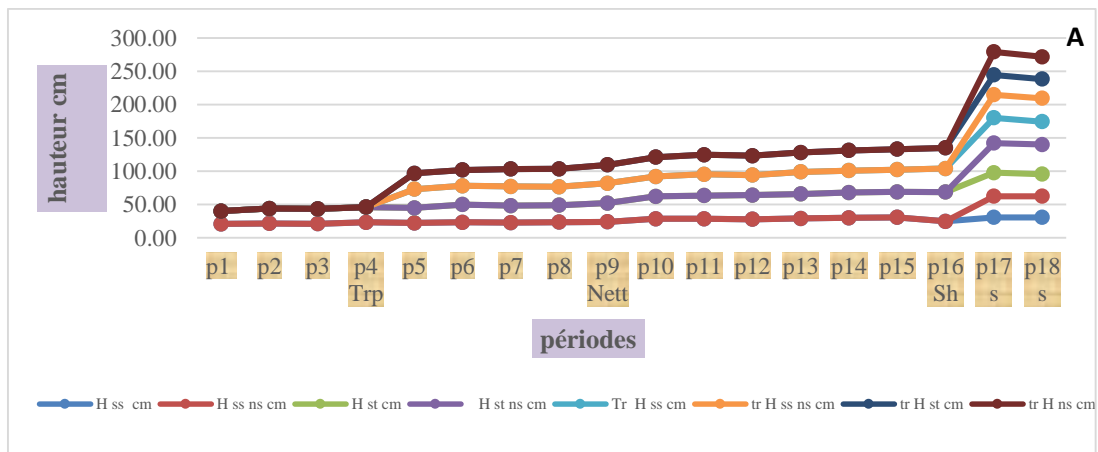


FIGURE 12 : cinétique hebdomadaire de croissance en hauteur (H) des plants de chêne liège transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

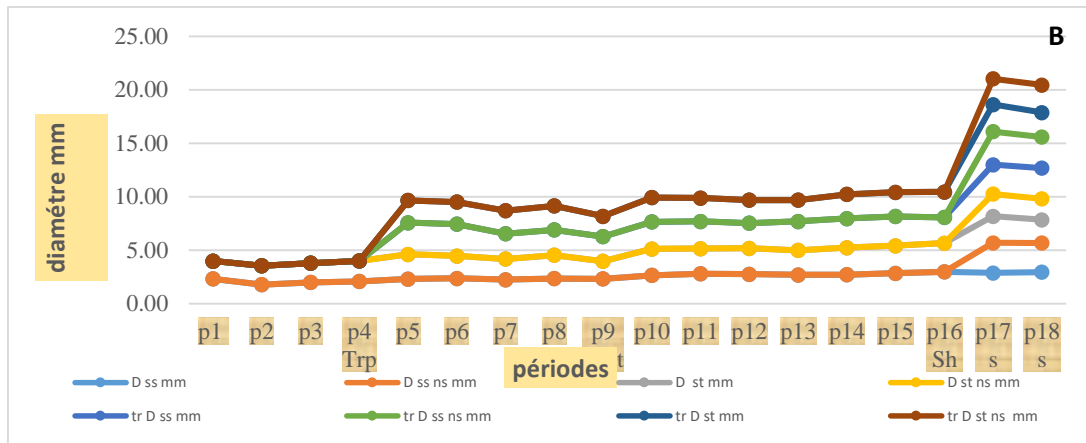


FIGURE 13 : cinétique hebdomadaire de croissance en diamètre (D) des plants de chêne liège transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

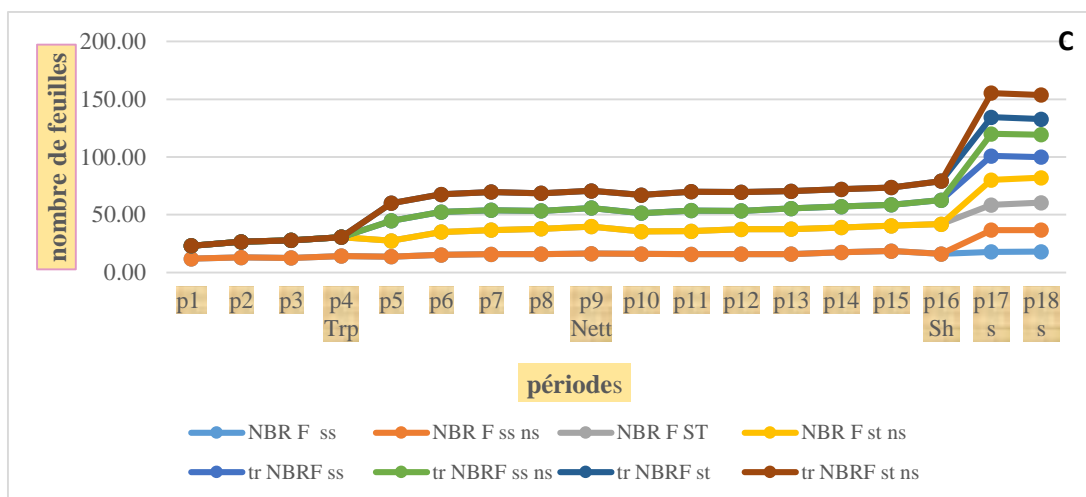


FIGURE 14 : cinétique hebdomadaire de croissance en nombre de feuille (NBR F) des plants de chêne liège transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

III.2.2. Cinétique de croissance des plants de Chêne zeen.

L'analyse cinétique hebdomadaire de la croissance de la variable en hauteur moyenne (H) en fonction des périodes des individus du chêne zeen selon les traitements (T1) et (T2) indique une croissance en faveur des plants produit sur sol naturel (ST) pour toutes les périodes.

Après la transplantation, a fait démarquer les plants transplantés par une croissance plus importante comparativement aux non transplanté les plants élèves en pots et transplants des deux traitements (T1) et (T2).

Les coupes des ramifications appliquées chez le chêne zeen n'ont pas affecté la variable croissance de tous les plants.

L'analyse graphique après la période 16 suite au stress hydrique a révélé une augmentation importante de la vitesse de croissance en (H) moyenne pour les jeunes plants non transplantés du (T2) et les plants transplantés des traitements (T1), (T2). Une stabilité de croissance pour les plants transplantés du (T1). Une évolution légère de la croissance en (H) moyenne pour les plants non transplantés et non stressés et les transplantés stressés et non stressés de (T1) et (T2).

La variable diamètre moyen (D) des plants du chêne zeen élevés sur sol naturel (T1) a enregistré les plus forts diamètres que les plants du T2 stérile aux différents traitements (T1) et (T2) la croissance en indique à une très lente croissance durant les périodes (p1-p4).

Les courbes d'évolution du diamètre (D) moyen après la transplantation a fait ressortir une quatre vagues de croissance de la période de P5 soit à trois mois d'âges de croissance des plants.

Le stress hydrique appliqué lors de la période (16-18) a induit une augmentation rapide de la vitesse de croissance en (D) Chez les plants transplantés stressés et non stressés du (T2) d'une part. D'autre part, les plants non transplantés stressés et non stressés de (T1), (T2) et les plants transplantés stressés et non stressés du (T1) ont enregistré une stabilité de croissance en (D).

L'évolution de la production des feuilles des plants du chêne zeen (Nbr F) moyen en fonction des traitements (T1) et (T2) indique une production en faveur des plants produits sur sol naturel (ST) pour toutes les périodes

La transplantation en P4 semble stimuler la production des feuilles après transplantation pour les plants de traitement (T1) et (T2) comparativement aux plants non transplantés.

La production de feuille du chêne zeen a accusé une légère baisse du nombre de feuille la lors de période 9 suite à la coupe des ramifications.

Le stress hydrique appliqué à partir de la période 16 a provoqué une hausse de la production de feuille lors de la première semaine à l'exception des plants non transplantés du T2 stressés.

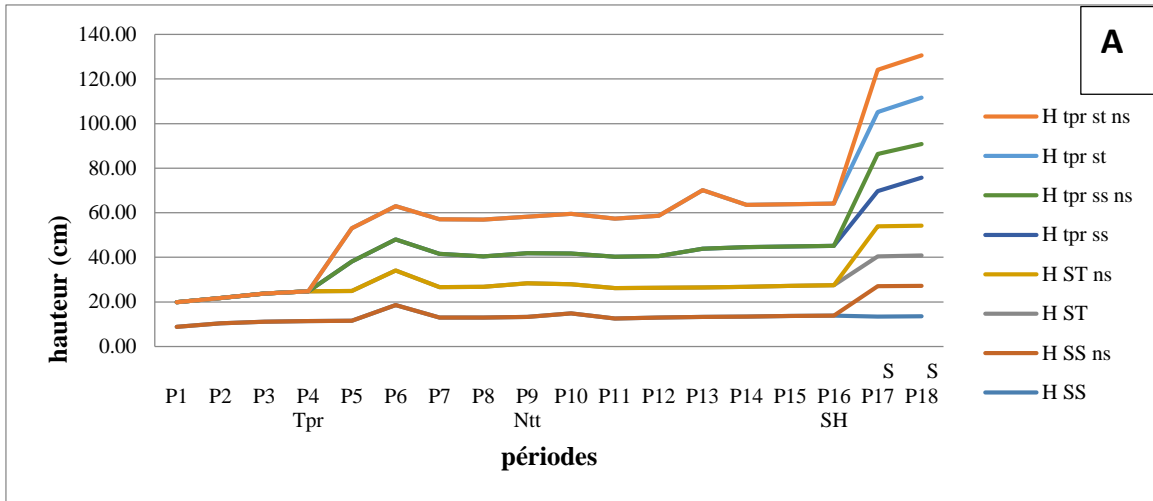


FIGURE 15: cinétique hebdomadaire de croissance en hauteur (**H**) des plants de chêne zeen transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

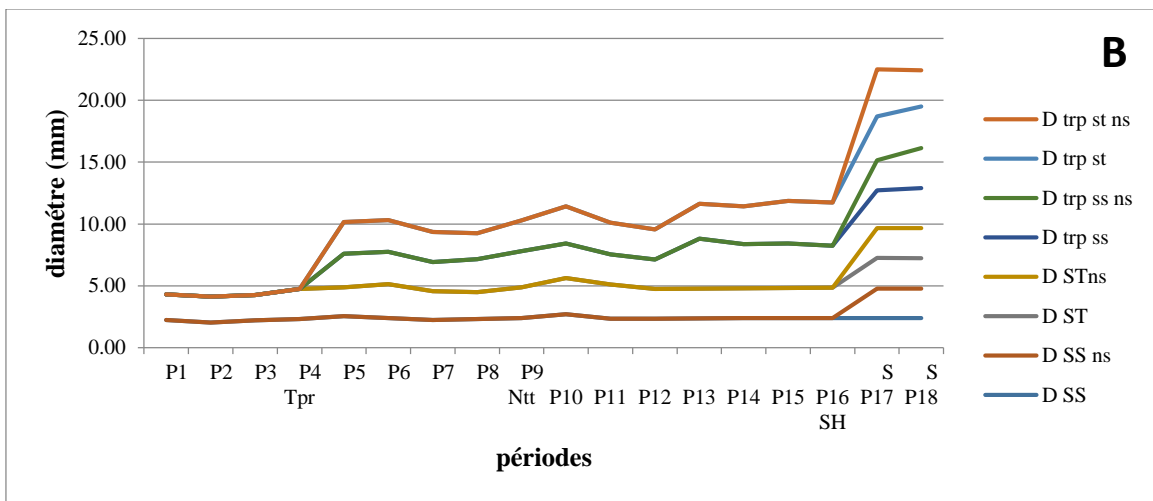


FIGURE 16: cinétique hebdomadaire de croissance en diamètre (**D**) des plants de chêne zeen transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé.

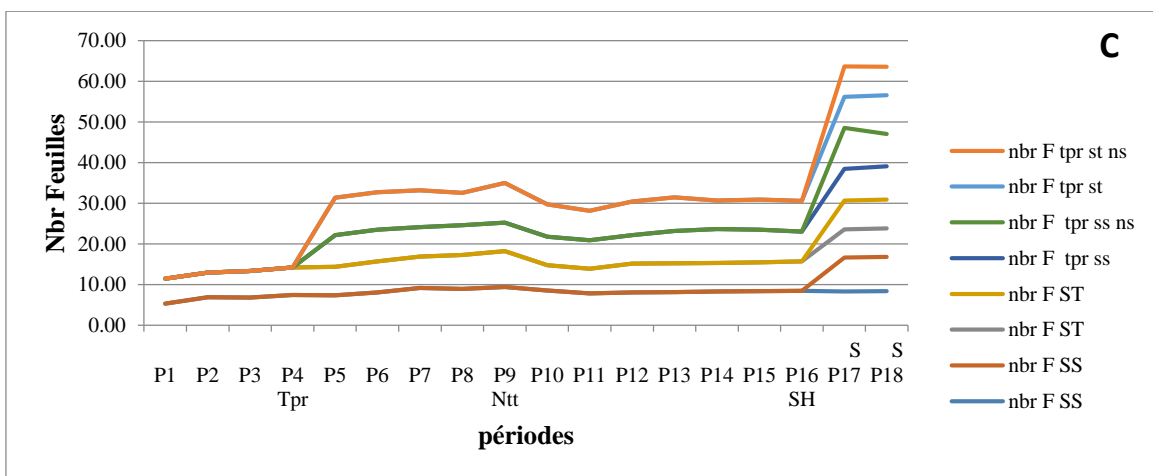


FIGURE 17: cinétique hebdomadaire de production du nombre de feuille (**NBRF**) des plants de chêne zeen transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé.

III.2.3. Cinétique de croissance des plants de Chêne afares

L'analyse de la cinétique hebdomadaire de la croissance des variables : hauteur moyenne (H) et diamètre (D) et nombre de feuille des plants, en fonction des périodes et du traitement T1 et T2, des individus du chêne afares indiquent une croissance en faveur des plants du T1.

Les courbes d'évolution de la hauteur moyenne (H) et du diamètre moyen (D), après la transplantation, indiquent une poussée de croissance des plants transplantés pour tous le traitement. A contrario, les plants non transplanté en observé une stabilité de croissance en hauteur, en diamètre ainsi que pour la production de feuille.

La coupe des ramifications ne semble pas avoir affecté le chêne afares du fait l'absence de ramification.

L'analyse graphique de la période (16-18) révèle d'une part, une augmentation importante de la vitesse de croissance en hauteur et diamètre et de la production des feuilles des plants non transplantés du T2 et les plants transplantés du T1 et du T2. Une stabilité de croissance chez les non transplantés du T1 et T2 Stressés et non stressées ainsi que les transplantés stressé et non stressé du T1 et les transplantés stressés de T2. D'autre part, les plants transplantés stressé de (T1) accusent une diminution de la vitesse de croissance et de production de feuille.

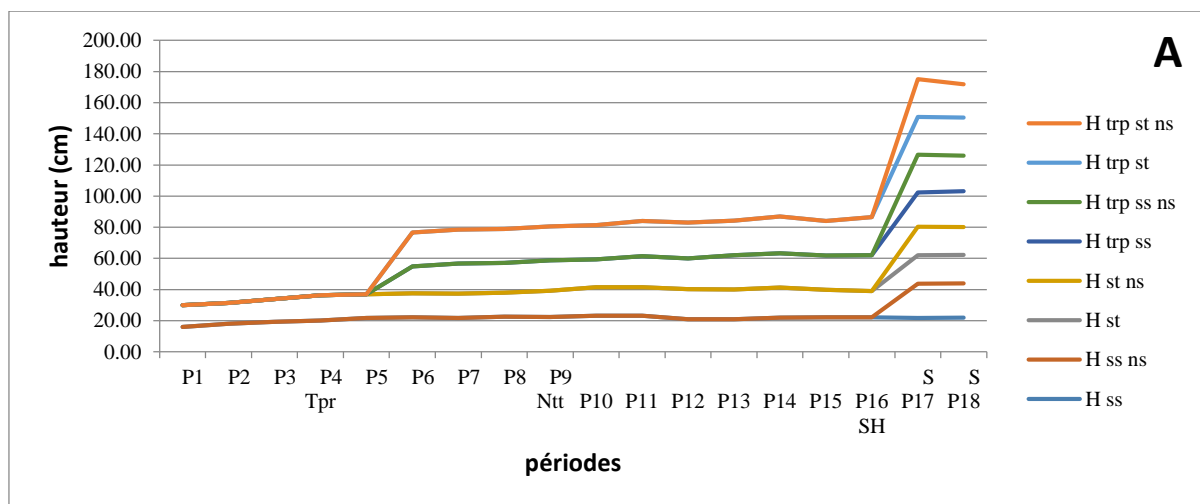


FIGURE 18: cinétique hebdomadaire de croissance en hauteur (H) des plants de chêne afares transplantés et non transplantés T1 et T2 stressé et non stressé.

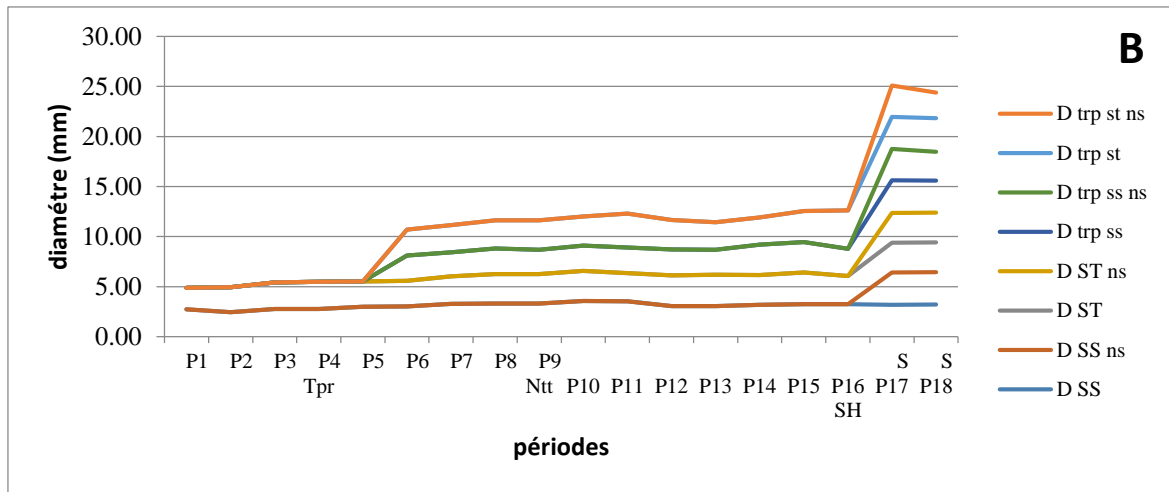


FIGURE 19: cinétique hebdomadaire de croissance en Diamètre (D) des plants de chêne transplantés et non transplantés selon T1 et T2.

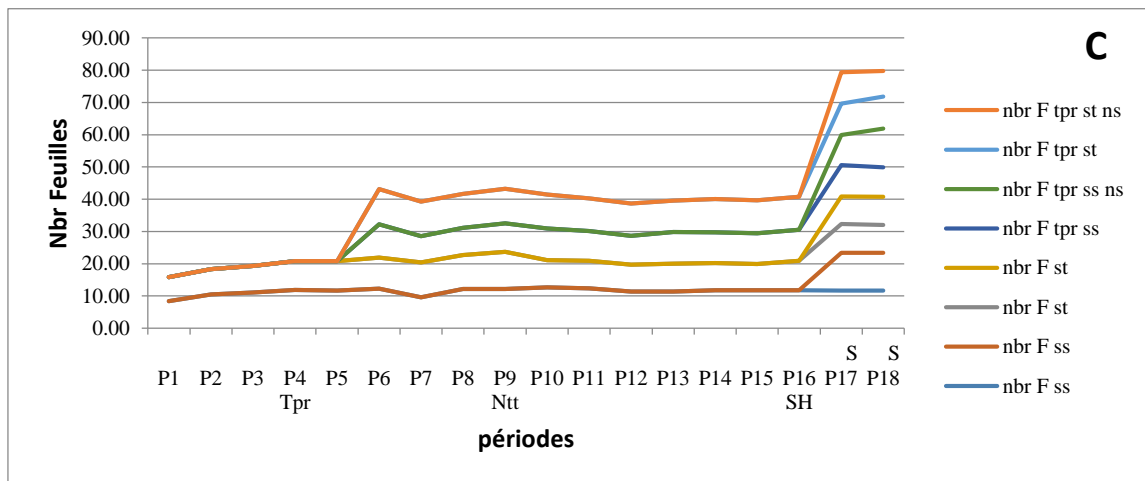


FIGURE 20 : cinétique hebdomadaire de production du nombre de feuille (NBR F) des plants de chêne afares transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

III.2.4. Cinétique de croissance des plants du Chêne vert

L'analyse cinétique hebdomadaire de la croissance de la variable en hauteur moyenne et du diamètre ainsi que la production en nombre de feuille des plants du chêne vert du traitement T1 et T2 ont enregistré une croissance en faveur des plants élevés en T1.

Après transplantation lors de la période p4, nous avons observé un gain de croissance chez tous les plants peu importe le traitement avec une meilleure croissance chez les plants transplantés notamment ceux élevés en T1.

Les coupes des ramifications pendant la période 9 ne semble pas avoir affecté la croissance en diamètre et en production de feuilles chez les plants des deux traitements transplantés et non transplantés. A contrario, la variable hauteur a enregistré une augmentation conséquente de croissance après cette dite opération.

L'effet du stress hydrique, observé entre la période 16 à 18, a induit une augmentation rapide de la vitesse de croissance en hauteur et du diamètre (D) chez les plants transplantés de (T1) et (T2), et les jeunes plants non transplantés de T2. A l'opposé, les plants non transplantés de T1 stressé et non stressé de T1 et T2 et les plants transplantés stressé et non stressé de T1 en présenté une stabilité de croissance. Cependant, une diminution de la croissance en (D) chez les plants transplantés stressé et non stressé du (T2) a été enregistré.

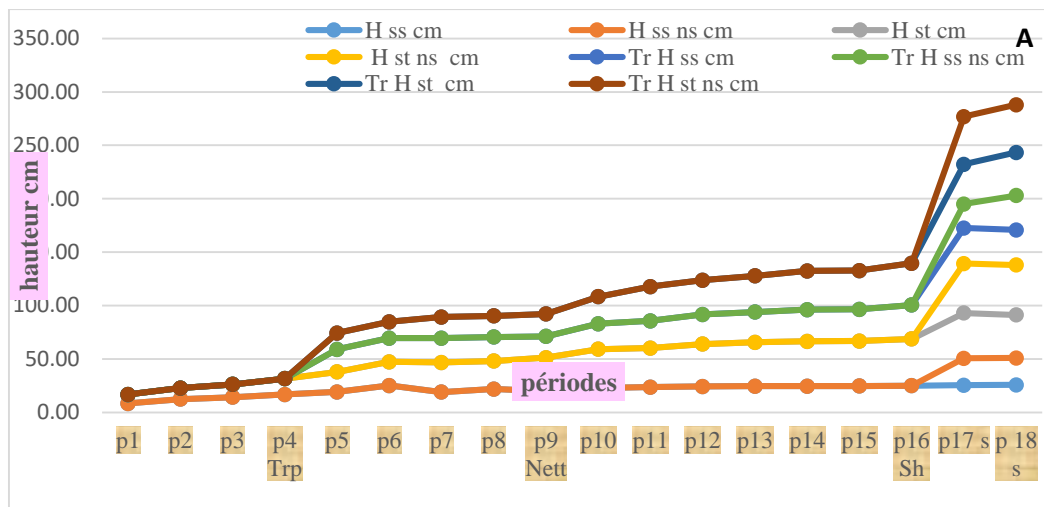


FIGURE 21: cinétique hebdomadaire de la croissance en Hauteur (H) des plants de chêne vert transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

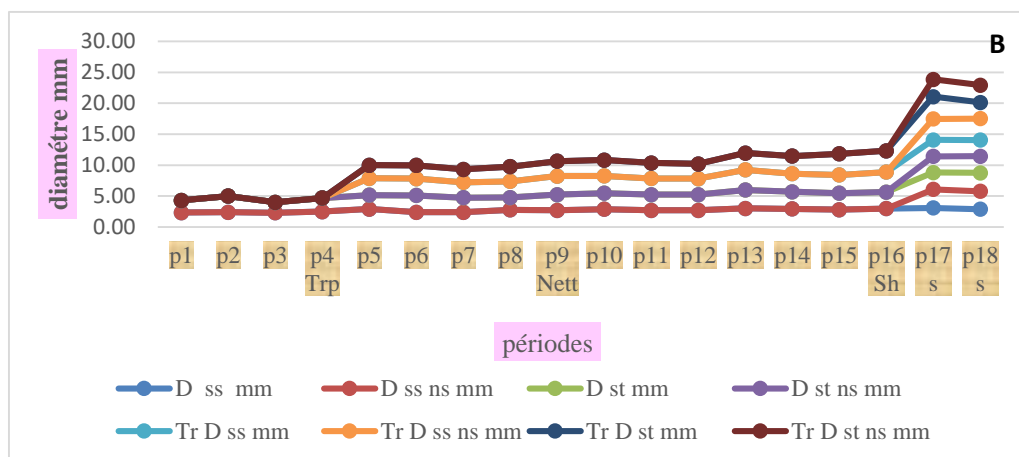


FIGURE 22 : cinétique hebdomadaire de la croissance en Diamètre (D) des plants de chêne vert transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressé et non stressé

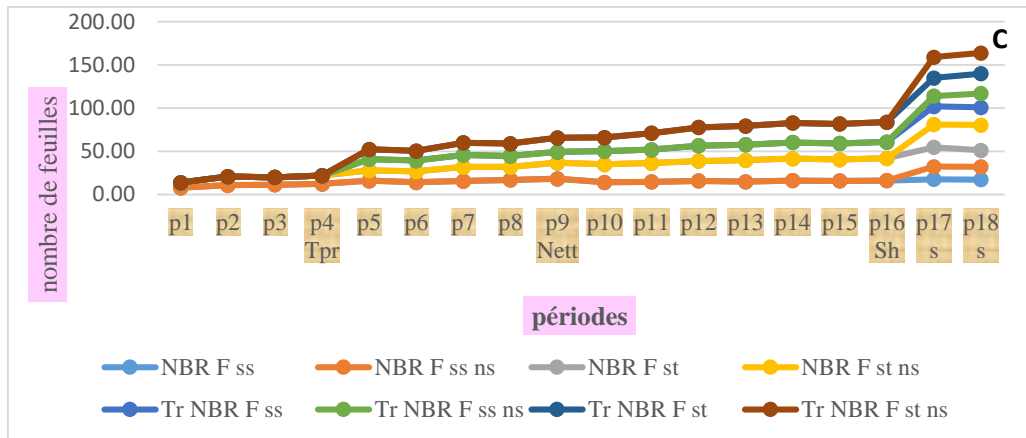


FIGURE 23 : cinétique hebdomadaire de la Production du nombre de feuille (NBR F) des plants de chêne vert transplantés et non transplantés selon T1 et T2 stressés et non stressé.

III.3. La symbiose mycorhizienne

III.3.1. Description des ectomycorhizes

L'observation de 20 cm de racine de chaque plant des quatre espèces de chêne étudié soit un total de 98 plants, a permis d'inventorier des morphotypes d'ectomycorhizes d'aspect et couleur très variés suivant :

III.3.1.1. Les morphotypes ectomycorhiziens communs pour les 4 espèces

ECM4 : une ectomycorhize de couleur marron avec une distribution simple de forme courbée avec une extrémité droite. Elle a un manteau en dense ficelle et de type exploratoire de courte distance (Figure 24-25-26).

ECM 16 : est un morphotype simple de forme courbée de couleur marron. Elle est caractérisée par un manteau externe granuleux et de type exploratoire contact (Figure 27-28-29).

ECM 29 : est une ectomycorhize simple de couleur marron. Elle est de forme sinueuse avec une extrémité courbée. Le manteau externe est granuleux et de type exploratoire contact (Figure 30-31).

III.3.1.2. Les morphotypes ectomycorhiziens communs pour les 4 espèces non stressés étudié

ECM2 : ectomycorhizes simple droite à l'extrémité courbé de couleur noir avec texture du manteau d'aspect lisse et de type exploratoire contact (Figure 32).

ECM4 : une ectomycorhize forme courbé à une extrémité droite. Elle est courte distance dense ficelle de couleur marron avec une distribution simple type exploratoire (Figure 33).

ECM 16 : est un morphotype simple de forme courbée de couleur marron. Elle est caractérisée par un manteau externe granuleux de type exploratoire contact (Figure 34).

ECM 29 : est une ectomycorhize simple de couleur marron. Elle présente un manteau externe granuleux. Elle est de forme sinueuse avec une extrémité courbée et de type exploratoire contact (Figure 35).

III.3.1.3. Les morphotypes ectomycorhiziens communs pour les 4 espèces stressés

ECM4 : une ectomycorhize de couleur marron avec une distribution simple. Elle est de forme courbé à extrémité droite. Le manteau est en dense ficelle type exploratoire courte distance (Figure 36).

ECM 16 : est un morphotype simple de forme courbée et de couleur marron. Elle est caractérisée par un manteau externe granuleux de type exploratoire contact. (Figure37)

ECM 29 : est une ectomycorhize simple de couleur marron. Elle présente un manteau externe granuleux et de forme sinueuse avec une extrémité courbée. Le type exploratoire contact. (Figure38)

III.3.1.4. Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques de chêne liège stressés

ECM3 : est un morphotype simple de couleur marron à extrémité noire avec une forme droite à l'extrémité courbée. Elle présente une texture du manteau en feutrage de type exploratoire moyenne longue distance (Figure 39).

ECM5 : est un morphotype d'une couleur marronne à extrémité foncée et de forme simple et courbée à l'extrémité apex plus large que la base. La texture du manteau externe est en feutrage. Elle est du type exploratoire courte distance (Figure 40).

ECM 7 : ectomycorhize distribution simple couleur marron clair et de forme sinueuse à une extrémité apex renflée. Le manteau est de texture en feutrage. Elle est de type d'exploration courte distance. (Figure41)

ECM 9 : est ectomycorhize de distribution simple, de forme sinueuse à extrémité courbée. La texture du manteau est en dense ficelle. Elle est de couleur marron claire type exploratoire courte distance (Figure42).

ECM 11 : est un morphotype de distribution simple, de couleur marron clair et forme sinueuse à l'extrémité courbée. Ce morphotype présente un manteau de texture granuleuse. le type exploratoire est de type courte distance.(Figure43)

ECM 12 : ectomycorhize de couleur noire avec une forme courbée à l'extrémité et apex plus large que la base. Le manteau est de texture granuleuse. Elle appartient au type d'exploration courte distance (Figure 44).

ECM 13 : morphotype simple couleur noire. La forme sinueuse à l'extrémité droite et la texture du manteau est granuleuse. Elle est type d'exploration courte distance (Figure45).

ECM 17 : est un morphotype simple de forme droite à l'extrémité courbée et de couleur marron claire à extrémité foncé. La texture externe du manteau est laineuse. Elle appartient au de type courte distance (Figure 46).

ECM 20 : correspond à un morphotype une distribution simple de couleur marron claire et de forme droite à l'extrémité renflée. Elle est caractérisée par une texture externe du manteau en dense ficelle. Représenté par type exploratoire courte distance (Figure 47).

ECM 21 : est un morphotype simple de couleur marron, caractérisé par une forme droite avec une extrémité retracée. La texture du manteau externe est en dense ficelle ; Elle est de type d'exploration courte distance (Figure 48)

ECM 22 : correspond à une forme simple de couleur marron. Une ectomycorhize de forme droite à l'extrémité renflée et à la texture externe du manteau est granuleuse. Elle est de type d'exploration courte distance.(Figure49)

ECM24 : est un morphotype de couleur marron, distribution simple et forme sinueuse à l'extrémité renflée. Le manteau est de texture en dense ficelle. Elle correspond au type d'exploration courte distance (Figure 50).

ECM 26 : ectomycorhize simple et de couleur marron foncé. La texture du manteau est granuleuse. Elle est caractérisée par une forme sinueuse à extrémité courbée. Elle est de type exploratoire type moyenne et longue distance (Figure 51).

ECM 27 : d'une couleur marron foncé et forme sinueuse à l'extrémité renflée. Elle présente une distribution simple, un manteau de texture granuleuse. Elle est classée type d'exploration courte distance (Figure52).

ECM28 : est un morphotype simple de couleur marron foncé. Il est caractérisé par une forme perlée avec une extrémité plus large que la base. Le manteau est de texture externe granuleuse (Figure53).

III.3.1.5. Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques de chêne liège non stressés

ECM 31 : Un morphotype simple de couleur marron. Cette ectomycorhize est de forme courbée à l'extrémité Perlée. Elle est caractérisée par un manteau externe en feutrage. Elle correspond au type d'exploration courte distance (Figure54).

ECM 32 : ectomycorhize simple de couleur marron foncée. Une texture du manteau est cotonneuse.ca forme sinueuse a une extrémité courbée. Elle est de type exploratoire de courte distance (Figure 55)

III.3.1.6. Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques de chêne zeen stressés

ECM 34 : un morphotype simple de couleur noir, la forme de cette ectomycorhize forme sinueuse à extrémité renflé. Le manteau externe est granuleux et correspond au type exploratoire type contact (Figure 56).

III.3.1.7. Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques de chêne zeen non stressés

ECM 35 : ectomycorhize simple couleur marron foncée et forme sinueuse avec une extrémité courbée. La texture du manteau externe est lisse. Le morphotype est de type d'exploration contact (Figure 57).

ECM 36 : est un morphotype simple de couleur marron et de forme sinueuse avec une extrémité droite. Le manteau externe est caractérisé par une texture en dense ficelle. Cette ectomycorhize est de type courte distance (figure 58)

ECM 37 : est une ectomycorhize simple de couleur marron. Elle a une forme perlée avec un apex plus large que la base. La texture du manteau est en dense ficelle. Elle est de type d'exploration courte distance (Figure 59).

ECM 38 : est une ectomycorhize simple de couleur marron et de forme courbée avec un apex plus large que la base. La texture du manteau externe est lisse. Elle est de type exploratoire contact (Figure 60).

ECM 40 : une ectomycorhize simple, de couleur marron et de forme sinueuse à extrémité droite. La texture du manteau externe est granuleuse. Elle est de type d'exploration contact (Figure 61)

ECM 41 : est une ectomycorhize et de couleur marron, de forme droite et de distribution simple. Le manteau externe est de texture laineuse. Elle est de type d'exploration moyenne est longue distance (Figure 62).

III.3.1.8. Les morphotypes ectomycorhiziens spécifiques de chêne afares stressés

ECM 43 : ectomycorhize simple de couleur marron foncée. Elle est droite à une extrémité perlée. Le manteau externe est représenté par une texture lisse. Elle est d'exploratoire contact (Figure 63)

Aucun morphotype ne s'est révélé spécifique au chêne afares non stressés de chêne vert stressés et Non stressés.

L'analyse de la communauté ectomycorhizienne des différents plants de chêne a révélé une richesse morphotypique de 43 ectomycorhizes. Le type d'exploration de courte distance a été le plus riche avec 25 morphotypes. La richesse morphotypique selon les types exploratoire et selon le facteur stress est rapportée dans le tableau 6.

Tableau 6 : la richesse morphotypique ectomycorhiziennes selon les types d'exploration observés chez les quatre chênes.

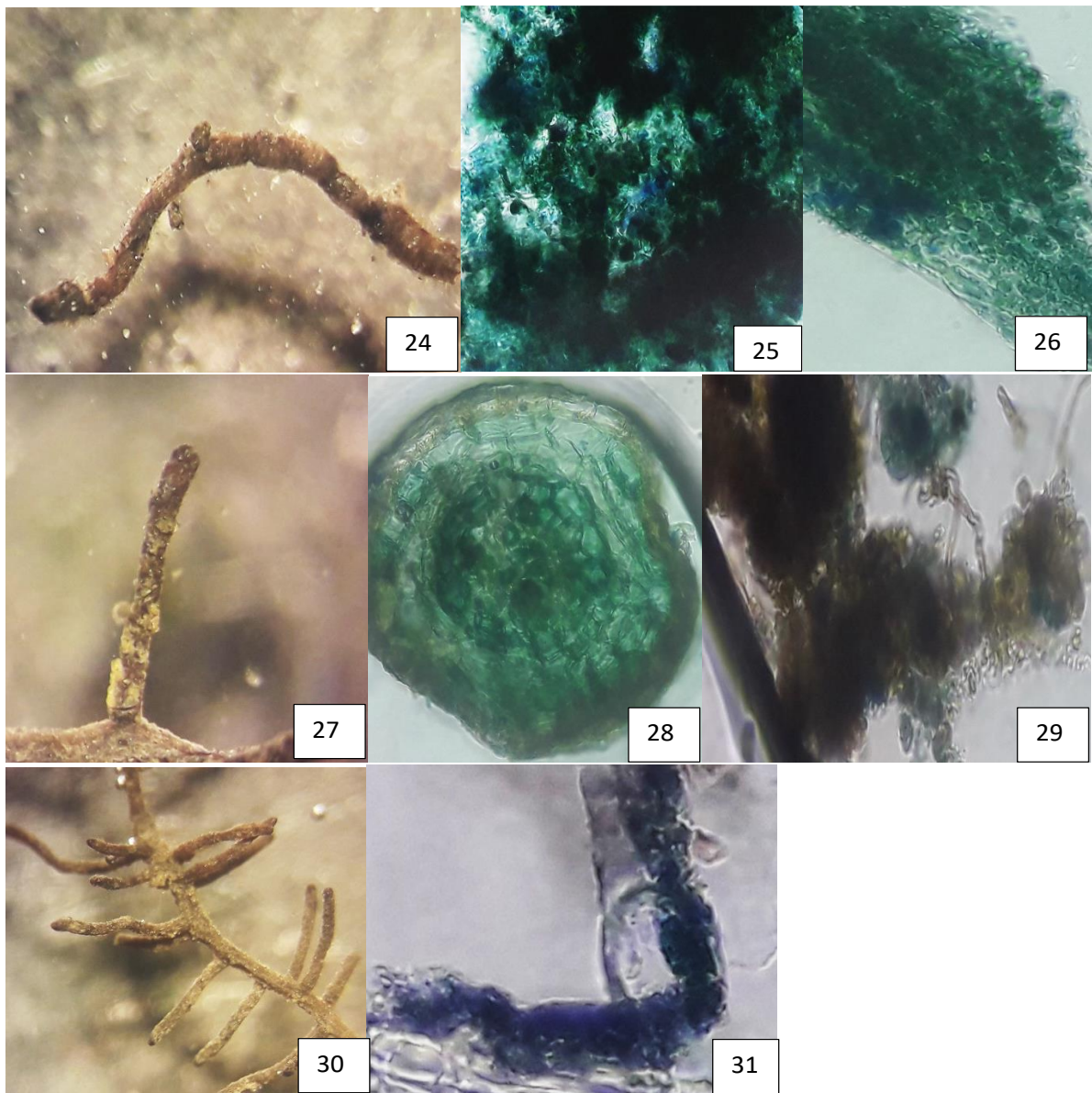


Figure 24-31 : Les morphotypes ectomycorhiziens communs pour les 4 espèces. Fig 24-25-26 :ecm4 ; fig 27-28-29 : ecm16 ; fig30-31 :ecm29

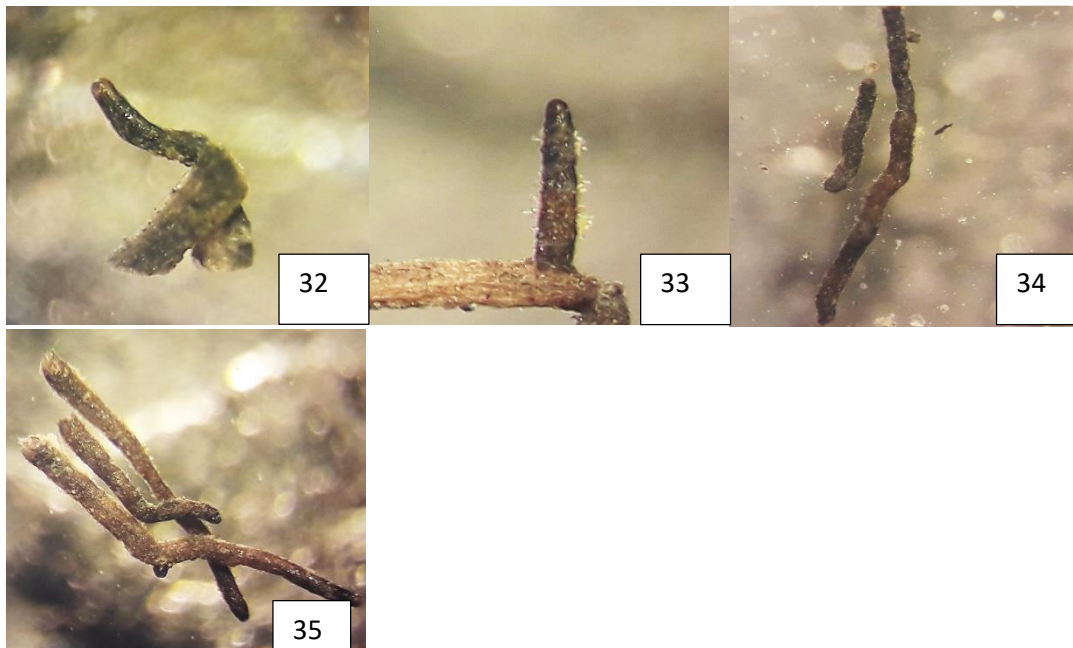


Figure 32-35 : Les morphotypes ectomycorhiziens communs pour les 4 espèces non stressé. fig32 :ecm2 ; fig33 :ecm16 ; fig34 :ecm29 ; fig35 :ecm4



Figure 36-38 : les morphotypes ectomycorhiziens communs pour les 4 espèces stressées. fig36 :ecm4 ; fig37 :ecm16 ; fig38 :ecm29.

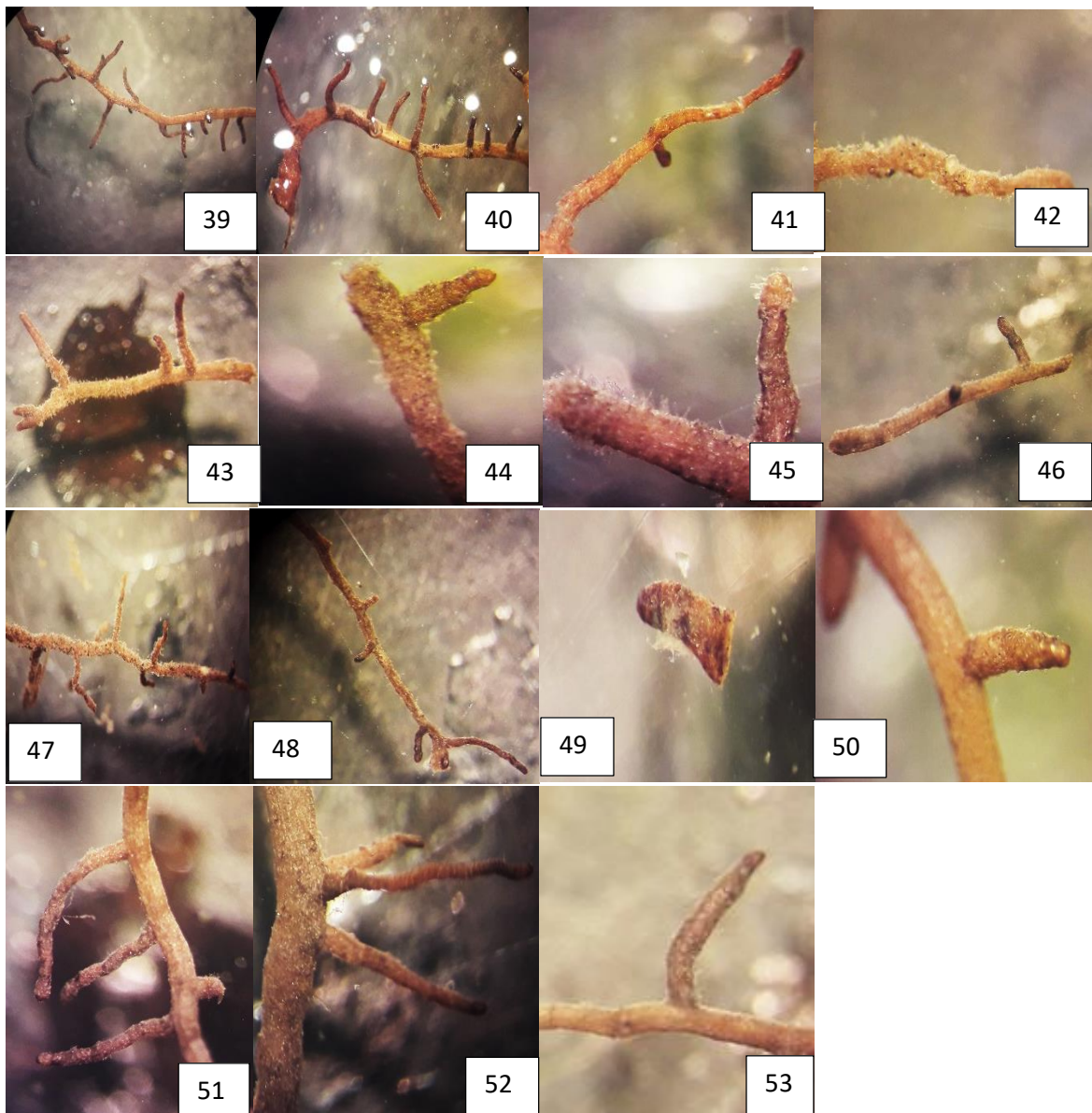


Figure 39-52 : Les morphotypes ectomycorhiziens spécifique du chene liége stressé.

Fig39 :ecm3 ; fig40 : ecm5 ; fig41 :ecm7 ; fig42 :ecm9 ; fig43 :ecm11 ;
fig44 :ecm12 ;fig45 :ecm13 ; fig46 : ecm17 ; fig47:ecm20; fig48:ecm21;fig49:ecm22;
fig50:ecm24; fig51:ecm26 ;fig52 :ecm27 ; fig53 :ecm28

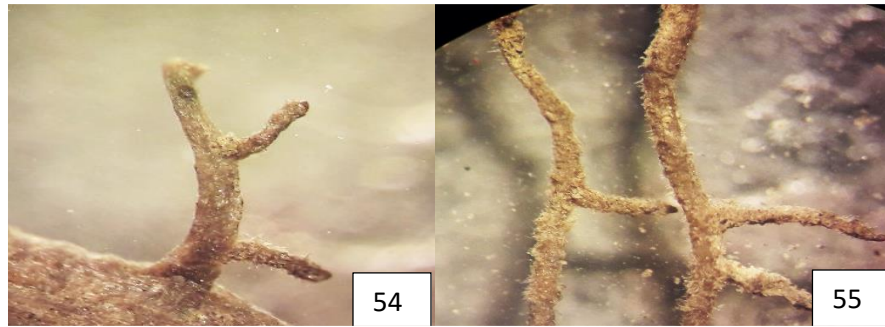


Figure 54-55 : morphotypes ectomycorhiziens spécifique du chêne liège non stressé.
Fig54 :ecm31 ; fig55 :ecm32

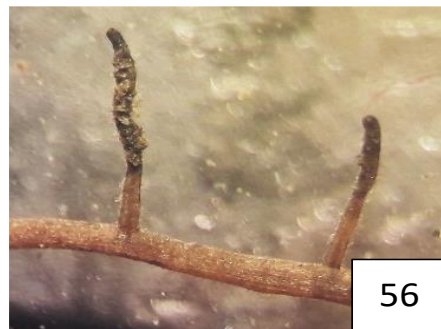


Figure 56 : morphotype spécifique du chêne zeen stressé ,Ecm34

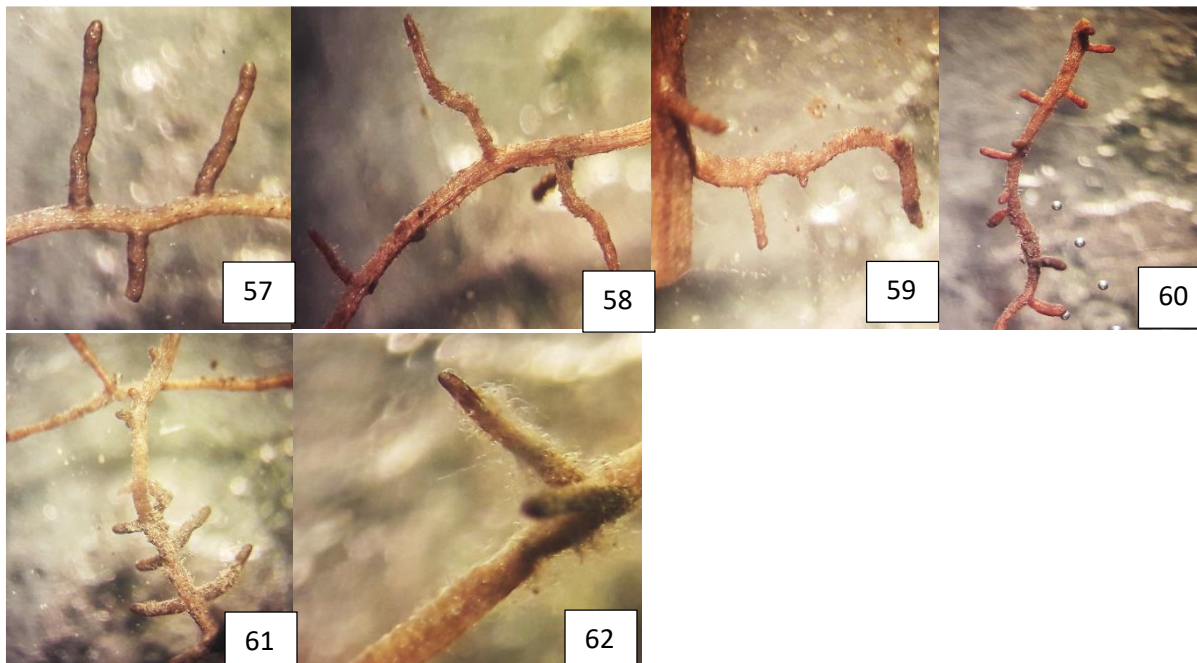


Figure 57-62 : morphotypes ectomycorhiziens spécifique du chêne zeen non stressé.
Fig57 :ecm35 ;fig58 : ecm36 ; fig59 :ecm37 ; fig60 :ecm38 ;fig61 :ecm40 ;fig62 :ecm41



Figure 63: morphotypes ectomycorhizien spécifique du chêne afares stressé, Ecm 4

III.3. Indices de similitude et comparaison des communautés ectomycorhizienne entre les plants de chêne des différents traitements

III.3.1. Indice de similarité de *JACCARD* et l'indice de *Sorensen*

Afin d'analyser la similitude de la communauté ectomycorhizienne, des quatre espèces de *Quercus suber*, *Quercus canariensis*, *Quercus afares* et *Quercus ilex* soumis ou non à l'effet du stress du stress hydrique sur sol naturel T2. Selon Grall & Coïc (2006), les indices de similarité permettent de comparer différents sites entre eux sur la base de leur composition et de l'abondance spécifique. Nous avons calculé l'indice de similarité de Jaccard et de Sorensen (Dice). Ils pourraient être utilisés seuls ou combinés à d'autres indices pour renseigner le critère suivant.

Selon Jaccard, les indices inférieurs à 50% évoquent l'hétérogénéité entre les communautés étudiées. Les indices de Jaccard et de Sorensen obtenus entre les plants des différentes espèces se sont révélés respectivement à inférieurs à 50% et 0.5 et attestent de l'absence de similarité entre les différentes espèces et les différents traitements de Chêne liège et zeen, Chêne liège et afares, Chêne liège et vert Stressé et entre la communauté de Chêne liège et zeen non stressé. Les indices indiquent une communauté ectomycorhizienne commune pauvre et un turn over et un choix de symbiote différents des espèces face aux mêmes facteurs de stress. Or des indices de similarité égales ou supérieures à 50% évoquent la présence de similitude entre les *Q. canariensis*- *Q. afares* stressé *Q. ilex*-*Q. canariensis* stressé *Q. suber*- *Q. afares* non stressé *Q. suber*- *Q. ilex* non stressé *Q. canariensis*- *Q. afares* non stressé *Q. ilex*-*Q.*

canariensis non stressé indiquant une communauté ectomycorhizienne homogènes (Tableau7)..

Tableau 7 : Indices de similarité de Jaccard et de Sorensen calculés entre les communautés ectomycorhiziennes des plants de *Quercus suber*, *Quercus canariensis*, *Quercus afares* et *Quercus ilex* élevés en pots et soumis ou non à l'effet du stress du stress hydrique sur sol naturel

III.4. Effet des différents traitements sur les variables de croissance et sur la communauté ectomycorhizienne des différents chênes.

L'analyse de la variance (ANOVA) réalisé pour les variables de croissance et de la colonisation ectomycorhizienne selon les différents traitement a permis de noter des différences significatives et d'autres non significative selon les espèces et les traitements.

III.4.1. Chez le Chêne liège

Les résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) (Tableau7) a révélé l'absence de la différence significative à $P=0.05$ % pour les variables de croissance des plants de chêne liège hauteurs ; diamètres ; nombres de feuilles, la capacité de rétention d'eau, et du nombre des ectomycorhizes (Nbr ECM) ; la richesse en ectomycorhizes contact (ECM C) et les ectomycorhizes moyennes et longues distance (ECM MLD). A l'inverse, la mesure du volume racinaire a indiqué une différence significative entre les plants élevés sur sol stérile non stressé comparativement aux plants issus des autres traitements. La variable de richesse en ectomycorhizes ECM CD a révélé une différence significative au niveau chez les plants du traitement (Cl st S).

La richesse ectomycorhizienne (RM) le nombre et les ECMs courte distance ont été significativement présentent en grand nombre chez les plants du traitement sol naturel stressé.

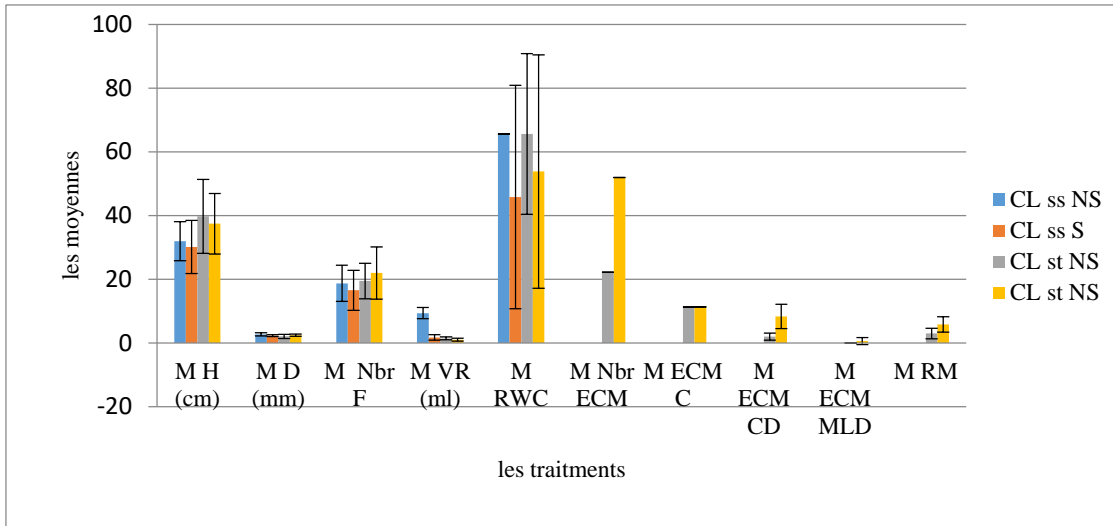


Figure (64) : comparaison des variables de croissance et d’ectomycorhization des plants de chêne liège stressé et non stressé.

III.4.2. Chez le Chêne zeen

Les résultats de l’analyse de la variance (ANOVA) a révélé l’absence de la différence significative pour les variables hauteur ; diamètre ; nombre de feuilles, capacité de rétention relative en eau (RWC), la richesse en ectomycorhizes de type « contact » et « moyennes et longues distance ». Le volume racinaire a enregistré une différence significative au niveau des plants sol stérile non stressés comparativement aux autres plants. La richesse morphotypique et effectif en ectomycorhize ont révélé une différence hautement significative en faveur des plants élèves sans stress hydrique à P=0.001 (Tableau9).

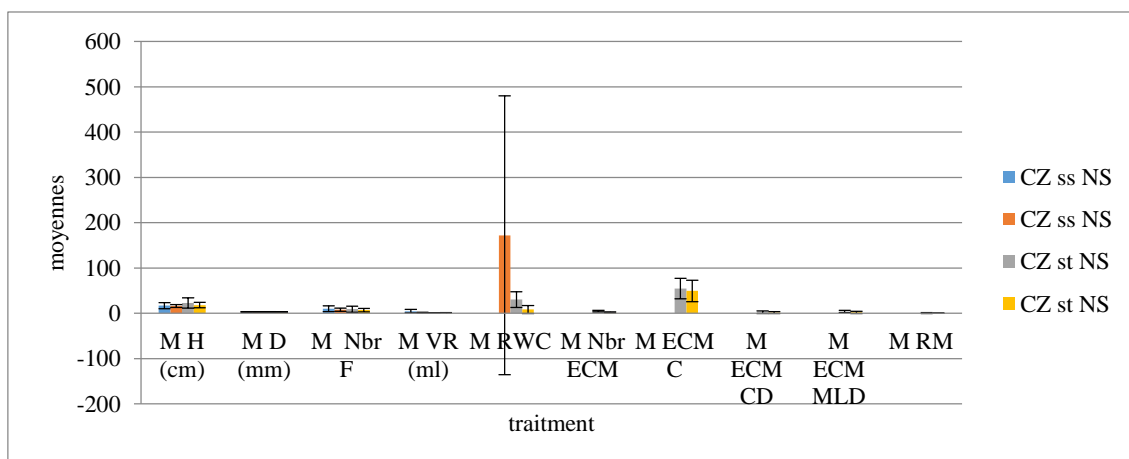


Figure (65) comparaison des variables de croissance et d’ectomycorhization des plants de chêne zeen stressé et non stressé

III.4.3. Chez le Chêne afares

Les résultats de l'analyse de la variance ont révélé l'absence de différence significative pour les variables la capacité de rétention d'eau et la richesse en ectomycorhizes moyennes et longues distance (ECM MLD). Le volume racinaire a accusé une différence significative au niveau du traitement en faveur des plants de chêne afares élevés sur sol stérile et non stressé. Quant à la variable richesse en ectomycorhize de type contact, coutes distance, et nombre des ectomycorhizes (Nbr ECM) ont enregistré des différences significatives avec les plus fortes valeurs enregistrées chez les plants élevés sur sol naturel non stressés.

Les variables hauteur, Diamètre et nombre de feuille ont révélé des différences significatives entre les plants du traitements sol stérile et naturel non stressés avec les valeurs les plus faibles au niveau du traitement des plants non stressés (Tableau 10).

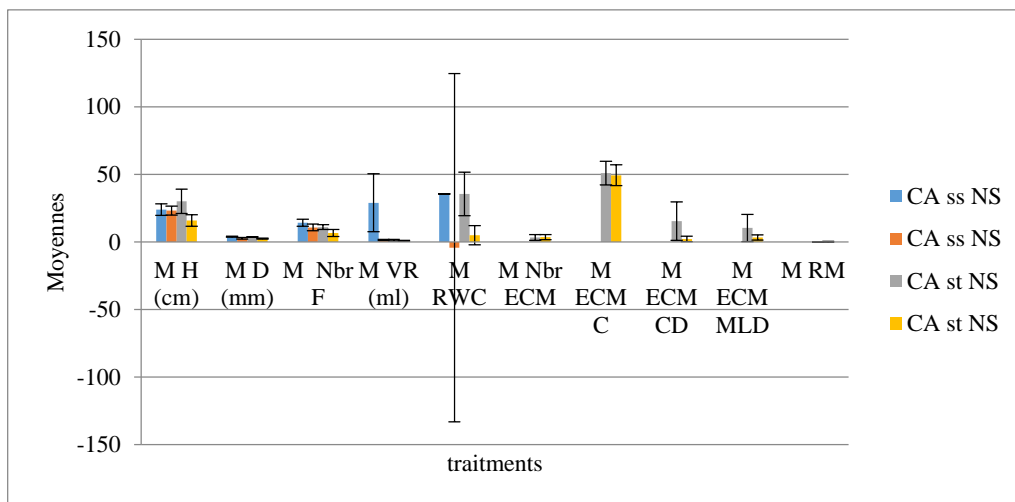


Figure (66) comparaison des variables de croissance et d'ectomycorhization des plants de chêne zeen stressé et non stressé

III.4.4. Chez le Chêne vert

Les résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) réalisé pour les variables mesurées chez le chêne vert a révélé l'absence de la différence significative pour les variables diamètres, volume racinaire, la capacité de rétention d'eau RWC et la richesse en ectomycorhizes moyennes et longues distance. A contrario, des différences hautement significative à $P= 0.001$ sont enregistrées pour les variables hauteur, nombre de feuille, le nombre des ECMs et la richesse en type exploratoire en faveur des plants non stressés.

Cependant la richesse morphotypique a été significativement plus importante chez les plants stressés du chêne vert (Tableau 11).

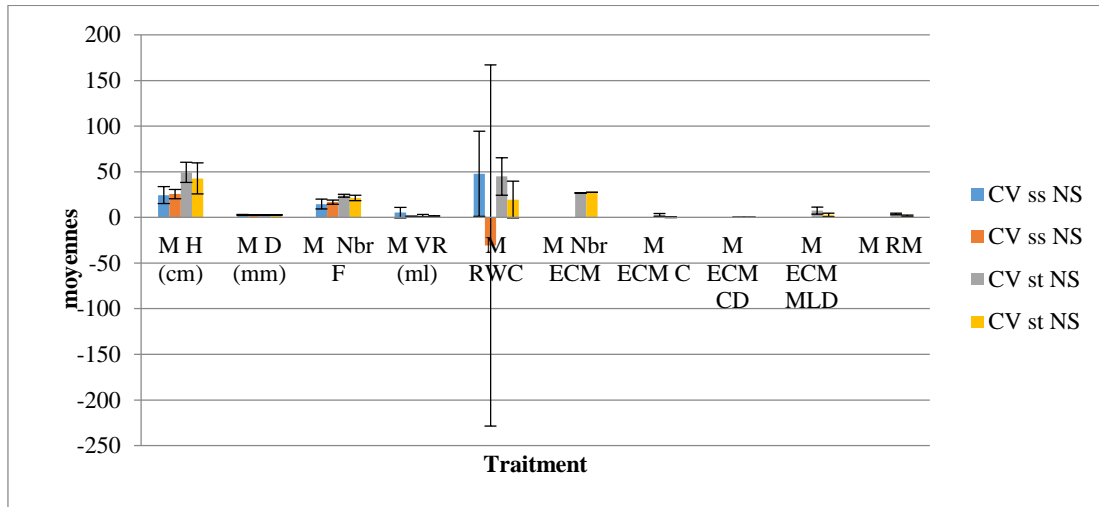


Figure 67: l'analyse de la variance des variables de différents traitements du chêne vert.

III.5. Effet de la communauté ectomycorhizienne sur les variables de croissance des plants de chêne

Pour analyser l'effet de la communauté ectomycorhizienne sur les variables de croissance des plants de chêne, nous avons utilisé l'Indice de dépendance mycorhizienne relative (IDMR)

La dépendance mycorhizienne a été définie par Gerdemann (1975) (in Nouaim et Chaussod, 2002) comme le degré au quel une plante dépend de l'état mycorhizienne pour produire son maximum de croissance ou des poids secs dans des conditions de fertilité données. 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 Echairi *et al.*, 2008).

Les résultats obtenus pour les plants non transplantés des quatre espèces de chênes ont permis de noter une dépendance relative plus élevée des plants de chêne liège, chêne afares et chêne vert non stressés (PNS). Les résultats indiquent que les plants non stressés ont produit plus de matière sèche que ceux stressés. L'IDMR le plus élevé étant enregistré chez le chêne liège non stressé d'une valeur de 268.81 indiquant une dépendance mycorhizienne plus importante comparativement aux autres espèces. L'IDMR le plus faible a été observé chez le chêne vert non stressé (Tableau 12).

Chez les plants transplantés du chêne zeen, afares et vert ont enregistré des IDMR les plus élevés chez les plants non stressés évoquant une implication de la mycorhization dans l'adaptation des chênes transplantés au stress hydrique. Par contre le chêne liège non stressé avec un IDMR=369,61 inférieur à l'IDMR des plants stressés.

Les coefficients de corrélations calculés entre les paramètres d'ectomycorhization et les variables de croissance ont révélé l'absence de corrélations de toutes les variables chez les plants du chêne liège au stade plantules. Chez le chêne zeen, des corrélations significatives et négatives entre la variable hauteur et le nombre des ectomycorhizes de courte distance $r=-0.59$, entre le diamètre et le nombre des ectomycorhizes de courte distance avec $r=-0.72$ chez le chêne vert et entre les nombres des ectomycorhizes moyennes et longues distance et le volume racinaire ($r=-0.63$) chez le chêne afares impliquent un effet négatif de la richesse en ECMs sur la croissance des plants.

La présence de corrélations significative positives entre le nombre des ectomycorhizes courte distance et la hauteur ($r=0.84$), le nombre des ectomycorhizes courte distance et le diamètre ($r=0.62$), et le nombre des ectomycorhizes de courte distance et le nombre de feuilles ($r=0.68$) attestent de l'effet positif de la mycorhization sur les plants du chêne afares.

Discussion :

Les résultats obtenus pour l'évolution de la croissance des plants de chênes pendant toute l'expérimentation et pour tous les quatre espèces a permis de mettre en évidence la croissance des plants élevés sur sol naturel comparativement aux plants qui se sont développés sur sol stérile. En effet BÂ et al 2013, rapportent que les jeunes plants se nourrissent à base des réserves des dicotylédones expliquant le comportement similaire des plants quel que soit le traitement.

Les plants transplantés (éliminés l'effet de la compétition souterraine et aérienne), ont enregistré les hauteurs, les diamètres et production de nombre de feuille les plus importante pour tous les traitements. Les stressés transplantés confirment que la transplantation et l'élimination de la compétition ont favorisé la croissance des plants.

Notre intervention par la coupe des ramifications n'a pas induit un effet sur la croissance sauf pour les plants du chêne liège ou d'ailleurs les plants ont une très forte tendance à se ramifier contrairement aux autres plants.

Le stress hydrique appliqué à la dernière quinzaine 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 résisté 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 à une meilleure performance de croissance comparativement au chêne liège, chêne zeen et chêne afares.

L'étude de la communauté et la richesse ectomycorhizienne des plants a révélé une large diversité des partenaires ectomycorhiziens chez les quatre espèces de chêne liège, chêne zeen, chêne afares et chêne vert de deux traitements stressés et non stressés(T2).

Notre approche, nous a permis d'inventorier 43 morphotypes dont trois morphotypes ectomycorhiziens communs pour toutes les espèces de chênes transplantés et non transplantés et stressés et non stressés. A titre comparatif, chez les plants de chêne liège sous peuplement de la forêt de Taksebt, Kadi-Benanne *et al.* (2016) a dénombrés 26 morphotypes. En effet, selon Azul *et al.* (2009) et Lancellotti et Francechini (2013), le genre *Quercus* présente en générale, un cortège ectomycorhizien riche.

L'analyse du résultat de la richesse morpho typique ectomycorhizien quantifier permette de qualifier la colonisation des quatre espèces de chêne au traitement (T2). Chez le chêne liège et chêne afares stressés la richesse morpho typique des ectomycorhizes est élevée comparativement à la richesse morphotypique des ectomycorhizes a de autres deux

derniers non stressés. Tandis que chez le chêne zeen et le chêne vert non stressé la richesse morpho typique est élevé comparativement à deux autres derniers stressés.

L'étude morpho-anatomique des ectomycorhizes montre qu'elles sont toutes constituées de l'intérieur vert l'extérieur d'un manteau épais ou peu épais et de type pseudo – parenchymateux ou plectenchymateux. L'organisation structurale des ectomycorhizes observés chez les quatre chêne stressé et non stressé rappelle l'organisation morpho typique et anatomique rapporté par la littérature (Chivers & Pryor, 1965 ; Horan et al., 1988, Adjoud, 2004 ; Smith & Read, 2008 ; Di Marino, 2008). Elle se rapproche aussi de la majorité des espèces du sous embranchement des Angiospermes).

Afin d'analyser la composition des communautés, les indices de similitude de Jaccard et de Sørensen calculés ont permis de noter des similarités et des dissimilarités entre les communautés ectomycorhiziennes selon les espèces et les traitements. Nos résultats suggèrent que les chênes s'associent aux partenaires symbiotiques ectomycorhiziens selon les facteurs stationnelles.

La richesse ectomycorhizienne classé selon les groupes d'exploration dévoile une stratégie d'exploration en faveur de type courte distance avec une richesse d'une valeur de 25 morphotypes. Le type exploratoire « contact » « moyenne et longue distance » ont enregistré respectivement 13 morphotypes et 5 morphotypes. Agerer (2007) et Hobbie et Agerer (2010) expliquent que les types d'exploration « Contact » et « courte distance » sont favorisés pour leurs faibles demande en carbone notamment chez les jeunes plantules, bien qu'ils soient en général plus efficace dans le transport de l'eau (Garbaye, 2000 ; Lehto et al., 2011).

Plusieurs travaux ont mis l'accent sur l'action des mycorhizes sur la nutrition des plantes (Oihabi & Meddich, 1996 ; Plenchette & Strullu, 1996). Strullu, (1991) attribuent un Effet positif des champignons par leurs hyphes extramatricielles qui permettent d'explorer un volume considérable de substrat. Ceci justifie l'adaptation et l'efficacité de la symbiose aux stress hydriques. Agerer, (2000) et Auge, (2001) ont signalés que l'amélioration de la nutrition hydrique des plantes grâce à la symbiose mycorhiziennes est due à une meilleure utilisation de l'eau par la plante en raison du volume de sol exploré par les hyphes mycéliens.

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 ectomycorhizienne chez le chêne liège non stressé à l'inverse du chêne zeen stressé qui a enregistré la plus faible dépendance. Les corrélations calculées ont mis en évidence l'effet négatif de la richesse des ectomycorhizes sur les paramètres de croissance chez, vert et zen a l'inverse du chêne afares qui semblent profiter d'un effet positif de la communauté ectomycorhizienne dans son développement. Le chêne liège n'a enregistré aucune corrélation.

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 des plants des quatre chênes.

La coupe des ramifications a permis d'améliorer les paramètres de croissance du chêne liège. Les trois autres espèces de l'étude ne présentent que peu ou pas de ramification.

Notre étude a permis de démontrer la présence effective des ectomycorhizes chez les jeunes plants des quatre espèces de chêne liège, zeen, afares et vert. Une grande richesse en partenaires fongiques ectomycorhiziens a été observé chez les jeunes plants des trois espèces de chêne stressés : chêne liège, chêne afares, chêne vert et chez le chêne zeen non stressé au stade semis. Les plants des 4 espèces de chêne obtenus en conditions semi-contrôlés ont présenté une qualité de mycorhization satisfaisantes après seulement 9 mois de culture.

Les plants de chêne zeen ont été le plus sensible 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 comprendre le comportement des 4 espèces de genre *Quercus* dans les écosystèmes du bassin méditerranéen fortement impactés par le changement climatique.

Références bibliographiques

- **AGERER R.** 1987-2002. Colour atlas of ectomycorrhiza. Schäbisch Gmünd, Munich : Einhorn-Verlag.
- **AGERER R.** 2001. Exploration types of ectomycorrhizae. Aproposol to classify
- **Agerer R.,** 1987. Studies on ectomycorrhizae XI. Mycorrhizae formed by *Cortinarius obtusus* and *C. venetus* on spruce. *Mycologia*, 79 (4) :524-539.
- **Agerer R.,** 1988-1990. Colour atlas of ectomycorrhizae, Agerer (ed.). einhorn-Verlag, Schwabish Gmund.
- **Agerer R.,** 1991. Characterization of ectomycorrhiza. In : J.R.Norris, D. J. Read & A. K. Varma (eds.).experiments with mycorrhiza. *Methods in microbiology*. Acad. Press, 23 : 25-73.
- **Agerer R.,** 1995.anatomical characteristics of identified ectomycorrhizas : an attempt towards a natural classification. In : *Mycorrhiza : structure, function, molecular biology and biotechnolog.* A. Varma & B Hock (eds). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 85-734.
- **Allen M.F., Smith W.K., Moore T.S. & Christensen M.,** 1980. Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. I. cytokinin increases in the host plant. *Can. J. bot.*, 58 : 371-374.
- **Allen M.F., Smith W.K., Moore T.S. & Christensen M.,** 1981. Comparative water relations and photosynthesis of mycorrhizal and non-mycorrhizal *Bouteloua gracilis*. *New Phytol.*88 :683-693.
- **BOUDY P.** 1955. *Economie forestière Nord Africaine.* Ed. Larose. Paris. T4. Description forestière de l'Algerie et de la Tunisie. 450p.
- **BOUDY P.,** 1950- *Economie forestière Nord-africaine,* Tome 2, Fasc. I, Ed. Larose, Paris.575p.
- **BOULARD H.** 1968. *Les mycorrhizes.* Ed Masson et cie. Paris. 135p.
- **Brundrett, MC.,** 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytologist*, 154:275-304.
- **Davet P.,** 1996. *Vie microbienne du sol et production végétale.* 1ère édition, INRA, Paris.

Références bibliographique

- **De Raissac. M.** 1992. Mécanisme d'adaptation a la sécheresse et maintien de la productivité des plantes cultivées l'agronome tropical 46, 1, 29-38.
- **Derieux,** 1983. Sélection et adaptation. In physiologie de maïs INRA, ROYAN 15-17 mars 1983.
Développement durable des ressources forestières et alfatières », 81 p.
- **DEXHEIMER T. PARGNEY J.** 1991. les interfaces des mycorhizes, un exemple d'interaction pariétales. Bull.soc. (3/4). p 244, 249.
- **DGF.,** 2007. « Rapport sur la politique forestière et stratégique d'aménagement et de
- **Duponnois R., Sanon A. Hafidi M. Ndoye I. Bâ A. M.** 2013. Généralités sur la symbiose mycorhizienne : Introduction. Ecosystemes mediterraneens, tropicaux et insulaires IRD Editions. Institut De Recherche Pour Le Developpement. Marseille, 2013 ., ISBN : 978-2-7099-1827-5.
- ectomycorrhizal mycelial systems according.
- **FAO.,** 2010. « Plan stratégique de recherche sur les forets méditerranéennes 2010-2020 ».
- **Francis R. & Read D. J.,** 1994. The contribution of mycorrhizal fungi to the determination of plant community structure. In : A. D. robson, Abott L K (eds.). Management of mycorrhizas in Agriculture, Horticulture and Forestry. Kluwer Academic Publishers, pp. 11-26.
- **Frank B.,** 1885. Uber die auf Wurzelsymbiose breuhende Ernährung gewisser baume durch unterirdische Pizle. Ber. Derntsch. Bot. Ges ., 3 : 128-145.
- **GARBAYE J.** 1990. Pour quoi et comment observer l'état mycorhizien des plants forestiers (biologie et forêt). Rev. For. Fr. XLII-1-1990. 37p.
- **Garbaye J.** 2013. La symbiose mycorhizienne. Synthèse edit-Quae. 251p.
- **GARBAYE J., GHEHL J.M.** 1997. Le rôle des ectomycorhizes dans l'utilisation de l'eau par les arbres forestiers. Rev. For. Fr. XLIX n° SP. 1997. p112, 114, 115.
- **Gay G.,** 1978. Influence de trois champignons ectomycorhiziens, Hebeloma sarcophyllum peck, hebeloma hiemale bresadola et Suillus (Inz) Marchand, sur la croissance, le développement et la nutrition minérale de jeunes plantules de Pinus halepensis Mill. Thèse de Doctorat, Université Claude-Bernard, Lyon I, 159p.

Références bibliographique

- **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. 51-59.
- **Granier C., Aguirrezabal L., Chenu K., Cookson S.J., Dauzat M, Hamard P, Simonneau T., Tardieu F.** 2006. PHENOPSIS, an automated platform for reproducible phenotyping of plant responses to soilwater deficit in *Arabidopsis thaliana* permitted the identification of an accession with low sensitivity to soil water deficit. *New Phytologist* 169: 623-635.
- **Harley J. L.**, 1969. The biology of mycorrhiza. Plant Science Monographs, Leonard Hill (eds.), London, 334 p.
- **Janos (D.)**, 1980. Vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in an Amazonian rainforest. *Acta Amazonica*, vol. 10 :527- 533pp.
- **KADI-BENANE S.** 2016. Les ectomycorhizes du chêne liège : Effet des facteurs environnementaux. Thèse doc. Inst. Agro.Bio.Univ de Tizi-Ouzou. P33.92
- **Lanier L., Bondoux P., & Bellemere A.**, 1976. Mycologie et pathologie forestière. Tome I : Mycologie forestière. Masson (eds.), Paris, 487p.
- **LE TACON F; 1997.** Vers une meilleure prise en compte des champignons mycorrhiziens dans la gestion forestière. *Rev.for.fr.XLIX-n° sp.* 1997. 245p.
- **LE TACON F et SELOSSE M.A ; 1997.** Le rôle des mycorhizes dans la colonisation des continents et la diversification des écosystèmes terrestres. *Rev. For. XLIX -n°-sp.*1997. 20p.
- **Le Tacon F., Selosse M.A., 1994.** La place des symbioses mycorrhiziennes dans l'évolution et la colonisation des continents par la vie. *Acta Bot. Gallica*, 141 (4) : 405-419.
- **Le Tacon F., Garbaye J. & Carr G.**, 1987. The use of mycorrhizas in temperate and tropical forest. *Symbiosis*, 3 : 179-206.
- **Levitt et al.** 1960. Some problems in drought resistance. *Bull. Res. Counc. Isr., Select. D*, 8 : 173-180.
- **Mosse B., Stribley D.P. & Le Tacon F.**, 1981. Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. In : Alexander M (ed). *Advances in microbial ecology*, New-York, Cornell Union, Plenum publishing corporation, 4 : 137-210.

Références bibliographique



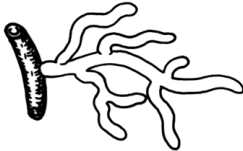



- **Newsham K.K. & Fetter A.H., Watkinson A. R.**, 1995 multi-functionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizas. *TREE* 10: 407-411.
- **Nezzar-Houcine H., Bouteville R. J., Guinberteau J., Perrin R. & chevalier G.**, 1998. La macroflore fongique de *cedrus atlantica* (Endl.) Mantti ex carriér. II-Les champignons ectomycorhiziens d'une cédraie du massif du djurdjura (Algérie). *Cryptogam- Mycol.* (sous presse).
- **NICOLSON T.H.** . 1959. Mycorrhizas in gramineae. I-vesicular-arbuscular endophyte, with special reference to the external phase. *Trans. Brit. Mycol.* 42p.
- **Plenchette C & Strullu DG** (1996) Les mycorhizes, situation et perspectives pour le pépiniériste et l'horticulteur. *PHM Revue Horticole* 365: 72-76.
- **QUEZEL et MEDAIL**, 2003- Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen .Ed ELSIVIER .SAS. 571 p.
- **QUEZEL P.** 1956. Contribution à l'étude des forêts de chênes à feuilles caduques d'Algerie. Service des forêts de l'Algerie. Alger. 57p.
- **SARIR R., BENMAHIOUL B.** 2017. Etude comparative de la croissance végétative et du développement de jeunes semis de trois espèces de chênes cultivés en pépinière. *Agrc. For.j.* vol.1, n°1(2017).
- **SEIGUE A.**, 1985. « La forêt méditerranéenne et ses problèmes ». Paris : Maisonneuve et Larose, 502 p.
- **Selosse M.A.**, 2000. La symbiose : structures et fonctions, rôle écologique et évolutif. Ed. vuibert, Paris, 154pp.
- **SMITH S.E., READ D.J.** 1997. Mycorrhizal symbiosis, second edit. Academic Press ;Harcourt Brace and company Publisher. 605p.
- **SMITH S.E., READ D.J.** 2008. Mycorrhizal symbiosis. 2nd edit. Acad. Press. Toronto, Canada. 605p.
- **Smith SE, Read DJ.** In Mycorrhizal Symbiosis. 3rd edition. London, UK: Academic Press; 2008.
- **Smithe S.E. & Read DJ.**, 1997. Mycorrhizal symbiosis. Second edition. Academic Press ; Harcout Brace and Compan y Publishers, 605p.
- **STRULLU D.G.** 1991. Les mycorhizes des arbres et des plantes cultivées. Edit. Technique et Documentation Lavoisier. p 36-38.

Références bibliographique

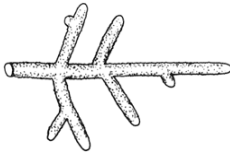





- **STRULLU D.G., GOURRET J.P.**1980. Données ultrastructurels sur l'intégration cellulaire de quelques parasites symbiotiques de plantes. II champignons mycorhizien s. Bull. Sci. Bot. Fr. 1980 (1). p97-106.
- **Strullu D.G.**, 1985. Les mycorhizes. Gebruder Borntraeger (eds.). berlin-Stuttgart, 198p.
- **Strullu D.G.**, 1991. Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées. Lavoisier (eds.). Paris, 250p.
- **Strullu D.G., Plenchette C.**, 1990. Encapsulation de la forme intraracinaire de Glomus dans l'alginat et utilisation des capsules comme inoculum. C. R. Acad. Sci. Paris, 310, série III, 447-452.
- **Tardieu 1996.**Drought perception by plants. Plants growthrégulation20 : 93-104.
- **YEFSAH F.**, 2016. « Contribution à l'étude de la biodiversité floristique de la forêt domaniale de Beni- Ghobri ». Mémoire de master en gestion des forêts et des espaces naturel, UMMTO, 2p.

Annexes

Tab 1 : Différentes formes des pointes des ectomycorhizes (www.Deemy.de).

	Droite
	Courbée
	Sinueuse
	Tortueuse
	Apex plus large que la base
	Perlée

Tab 2: Différentes textures du manteau des ectomycorhizes (www.Deemy.de).

	Granuleuse
	Laineuse
	Cotonneuse
	Denses ficelles
	En feutrage
	Lisse

Chêne liège

	ha ut eu r	dia mé tre	nombr e de feuille	volum e racina ire	richesse morphotyp es des ECM	Le nombr e des ECM	le nombre des ECM contacts	le nombre des ECM courtes distances	le nombre des ECM moyennes et langues distances
Hauteur	1	0,1 6	0,71	0,43	-0,27	-0,27	-0,46	0,00	0,34
diamètre	0,1 6	1	0,34	-0,04	0,32	0,33	0,03	0,37	0,22
nombre de feuille	0,7 1	0,3 4	1	0,16	-0,17	-0,17	-0,27	0,21	0,40
volume racinaire	- 0,4	0,0 4	0,16	1	-0,41	-0,37	-0,18	-0,41	0,28
richesse morphotypes des ECM	- 0,2 7	0,3 2	-0,17	-0,41	1	0,95	0,51	0,62	0,20
Le nombre des ECM	- 0,2 7	0,3 3	-0,17	-0,37	0,95	1	0,36	0,66	0,30
le nombre des ECM contacts	- 0,4 6	0,0 3	-0,27	-0,18	0,51	0,36	1	0,01	-0,18
le nombre des ECM courtes distances	0,0 0	0,3 7	0,21	-0,41	0,62	0,66	0,01	1	0,24
le nombre des ECM moyennes et langues distances	- 0,3 4	0,2 2	0,40	0,28	0,20	0,30	-0,18	0,24	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,05 (test bilatéral)

Chêne afares

Tab 4 : Matrice de corrélation du chêne afares entre les variables de croissance et la symbiose ectomycorhizienne.

	hauteur	diamètre	nombre de feuille	volume racinaire	richesse morphotypes des ECM	Le nombre des ECM	le nombre des ECM contacts	le nombre des ECM courtes distances	le nombre des ECM moyennes et langues distances
hauteur	1	0,67	0,88	0,40	-0,02	0,86	0,82	0,84	-0,07
diamètre	0,67	1	0,63	0,59	0,12	0,66	0,65	0,62	-0,45
nombre de feuille	0,88	0,63	1	0,45	-0,32	0,62	0,54	0,68	-0,20
volume racinaire	0,40	0,59	0,45	1	0,25	0,35	0,45	0,20	-0,63
richesse morphotypes des ECM	-0,02	0,12	-0,32	0,25	1	0,32	0,41	0,15	-0,26
Le nombre des ECM	0,86	0,66	0,62	0,35	0,32	1	0,98	0,94	-0,22
le nombre des ECM contacts	0,82	0,65	0,54	0,45	0,41	0,98	1	0,84	-0,21
le nombre des ECM courtes distances	0,84	0,62	0,68	0,20	0,15	0,94	0,84	1	-0,25
le nombre des ECM moyennes et langues distances	-0,07	-0,45	-0,20	-0,63	-0,26	-0,22	-0,21	-0,25	1

Chêne vert

Tab 5 : Matrice de corrélation du chêne vert entre les variables de croissance et la symbiose ectomycorhizienne.

	ha ut eu r	dia mé tre	nombr e de feuille	volum e de racina ire	richesse morphotyp es des ECM	Le nombr e des ECM	le nombre des ECM contacts	le nombre des ECM courtes distances
hauteur	1	0,59	0,71	0,71	0,32	0,11	0,02	0,29
diamètre	0,59	1	-0,53	0,00	-0,48	-0,48	-0,21	-0,72
nombre de feuille	0,71	0,53	1	0,39	0,45	0,44	0,32	0,57
volum de racinaire	0,71	0,00	0,39	1	0,16	-0,26	-0,30	0,04
richesse morphotyp des ECM	0,32	0,48	0,45	0,16	1	0,87	0,75	0,48
Le nombre des ECM	0,11	0,48	0,44	-0,26	0,87	1	0,91	0,48
le nombre des ECM contacts	0,02	0,21	0,32	-0,30	0,75	0,91	1	0,10
le nombre des ECM courtes distances	0,29	0,72	0,57	0,04	0,48	0,48	0,10	1

Chêne zeen

Tab 6 : Matrice de corrélation du chêne zeen entre les variables de croissance et la symbiose ectomycorhizienne.

	hauteur	diamètre	nombre de feuille	volume racinaire	richesse morphotypes des ECM	Le nombre des ECM	le nombre des ECM contacts	le nombre des ECM courtes distances	le nombre des ECM moyennes et langues distances
hauteur	1	0,09	0,87	-0,05	-0,25	-0,34	0,21	-0,59	-0,15
diamètre	0,09	1	-0,23	-0,20	0,49	0,44	0,02	0,45	0,03
nombre de feuille	0,08	0,07	1	-0,12	-0,12	-0,22	0,26	-0,49	-0,19
volume racinaire	0,05	0,20	-0,12	1	-0,56	-0,33	0,22	-0,40	-0,54
richesse morphotypes des ECM	0,02	0,05	-0,12	-0,56	1	0,76	0,30	0,57	0,08
Le nombre des ECM	0,03	0,04	-0,22	-0,33	0,76	1	0,55	0,63	0,06
le nombre des ECM contacts	0,02	0,01	0,26	0,22	0,30	0,55	1	-0,25	-0,08
le nombre des ECM courtes distances	0,05	0,09	-0,49	-0,40	0,57	0,63	-0,25	1	-0,13
le nombre des ECM moyennes et langues distances	0,01	0,05	-0,19	-0,54	0,08	0,06	-0,08	-0,13	1

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 ai 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 élevées sur sol naturel avec des valeurs respectives de $HmT1=8.43 \pm 4.85$, $DmT1=2.35 \pm 0.51$, $Nbr f T1=7.76 \pm 3.33$, $RR T1=3.58$ et $HmT=8.27 \pm 4.24$, $DmT=1.95 \pm 0.33$, $Nbr f T=5.89 \pm 2.15$ et $RR=4.24$. Cependant, *Q. canariensis* a présenté une croissance de performance médiocre dans le sol dégradé avec des $HmT1=8.83 \pm 3.59$, $DmT1=2.24 \pm 0.63$, $Nbr f T1=5.38 \pm 2.85$ et $RR t1=3.94$ comparativement au sol naturel avec des $HmT=11.6 \pm 2.96$, $DmT=2.07 \pm 0.47$; $Nbr f T=6.13 \pm 2.65$ et $RR T=5.60$. Toutefois, 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 expérimental 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 ± 8.14 cm ; D = 2.04 ± 0.4 ; Nbr F = 11.88 ± 4.02 ; RR = 10.32 ± 3.57. Chez le chêne Afares a présenté moyenne de : H 16.10 ± 4.32 ; D = 2.72 ± 0.51 ; Nbr F = 8.36 ± 2.44 et RR = 6.36 ± 2.65. Comparativement aux plants élevés sur sol naturel pour lesquels nous avons enregistré des moyennes chez le Chêne liège H = 19.16 ± 8.38 ; D = 1.66 ± 0.5 ; nbr F = 11.88 ± 4.02 ; RR = 11.60 ± 3.72 ; Nbr F = 29 et des H = 13.91 ± 6.98 ; D = 2.14 ± 0.56 ; nbr F = 7.50 ± 2.68 ; RR = 6.36 ± 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 zeen). Un second bloc de sol stérile (7pots de chêne vert et 7pots de chêne zéen. Un total de 5à6 glands par pot a été semi au mois de janvier2022. Le comptage des feuilles et le calcul 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*.

CHERIFIN. 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 niveau 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 qu'indiquant l'impact de la biodiversité microflore dans la conservation des ressources végétales.

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





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. BELLABIODE 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: Bellabioud 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 ectomycorhizienne 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 « Mycorhize » 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 chêne 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 T1 et naturel T2. Un total de 7 pots pour chaque type de sol et espèce ont été installé. 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 9 mois de croissance, un stress hydrique a été induit. La cinétique de croissance des plants a permis de mettre en évidence de l'effet positif de la microflore du sol sur la croissance des plants des 4 espèces. Les plants transplantés ont présenté les caractéristiques de croissance les plus importante quel que soit le facteur. L'étude de la communauté ectomycorhizienne a permis d'inventorier 43 morphotypes ectomycorhiziens dont 3 communes aux 4 espèces de chêne, 3 communes pour les plants stressés des 4 espèces, et 4 communes pour les plants non stressés des 4 espèces. La comparaison entre les 4 espèces de chêne révèle l'hétérogénéité de la communauté ectomycorhizienne et que le chêne vert à une performance très importantes vis-à-vis du stress hydrique.

Summary:

The objective of our study is to highlight the effect of the microflora and the ectomycorrhizal 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 research laboratory "Mycorrhiza" of the Faculty of Biological Sciences and Agronomic Sciences of the University Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou in semi-controlled conditions. The experimental protocol in complete randomized block carried out on January 27, 2022, consists of a plantation of the 4 species of oak on a soil of oak grove. 56 pots of capacity of 2.5kg at a rate of 28 pots per treatment were planted on two soils: sterile T1 and natural T2. A total of 7 pots for each type of soil 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 seedlings. After 4 months of growth, we transplanted seedlings in order to determine the growth behavior of the young plants according to the presence and absence of competition. After 9 months of growth, water stress was induced. The growth kinetics of the seedlings showed a positive effect of the soil microflora on the growth of the seedlings of the 4 species. The transplanted plants showed the most important growth characteristics whatever the factor. The study of the ectomycorrhizal community allowed us to identify 43 ectomycorrhizal morphotypes, 3 of which were common to all 4 oak species, 3 common to the stressed seedlings of all 4 species, and 4 common to the unstressed seedlings of all 4 species. The comparison between the 4 oak species reveals the heterogeneity of the ectomycorrhizal community and that the holm oak has a very important performance towards water stress.