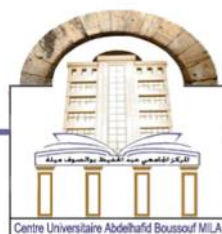


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref :.....

Centre Universitaire

Abdel Hafid Boussouf Mila

**Institut des Sciences et de la Technologie
Département de science de la nature et de la vie**

Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de Master

En : - Filière : Sciences Biologiques

-Spécialité : Biologie appliquée et environnement : Biotechnologie et amélioration des plantes

***Effet de quelques substrats sur la
croissance des plants forestiers -
cas du chêne-liège***

**Préparé par : -Boukhalfa Atika
-Zid Sana**

Soutenue devant le jury :

- Président : <i>M^{me}</i> Himour S	Grade : M-A-A
- Examineur : <i>M^{me}</i> Talhi F	Grade : M-A-A
- Promoteur : <i>M^r</i> Laala A	Grade : M-A-A

Année universitaire : 2014/2015





Remerciements

Avant tout nous remercions ALLAH, le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes ces longues années d'études et pour la réalisation de ce travail que nous espérons être utile.

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre très grande gratitude et notre reconnaissance la plus sincère à Monsieur LAALA A, Maître assistant A au centre universitaire de Mila, notre encadreur, qui a bien voulu, par son aimable bienveillance, diriger ce travail qu'il trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Nous tenons à remercier également M^{me} HIMOURS, Maître assistante A au centre universitaire de Mila, d'avoir accepté de présider le jury. Qu'elle trouve ici notre respectueuse considération.

Nous exprimons nos profonds remerciements et notre gratitude à M^{me} TALHI F, Maître assistante A au centre universitaire de Mila, pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Nous n'oublierons pas les personnels de la pépinière de Sidi Merouane en particulier BOUKAKA N. et BOUDDARA M et HILAL ABD A.

Nos remerciements vont à tous les personnels de laboratoire 19 du département de Science De la Nature et de la Vie, pour leurs gentillesse et leurs disponibilités, et particulièrement Mr FERGANI S et Mr BOULKCHOURS.

A tous, nous disons Merci.

Liste des abréviations

cm : centimètre.

°C : Celsius.

C.E : conductivité électrique.

C.E.C : capacité d'échange cationique.

Cm³: centimètre cube.

Dc : Diamètre au collet.

DGF : Direction générale des forêts.

E : écorce de pin.

Enita : école nationale d'ingénieurs de travaux agricoles.

g : gramme.

h : heure.

H : humus.

Ha : hauteur aérien.

ha : hectare.

Hu : humidité.

I.N.R.F : Institut National des Recherches Forestières.

ISTO: institut des sciences de la terre d'orléans.

G: grignon d'olive.

Kg: kilogramme.

Km: kilomètre.

L : litre.

Lr : longueur racinaire.

Meq : milliéquivalents.

m : mètre.

mg : milligramme.

mm : millimètre.

N : nombre de plant en survie par cagette.

PFA: poids frais aérienne.

PFR: poids frais racinaire.

Ppm : partie par million.

Pr : perméabilité.

PSA : poids sec aérienne.

PSR : poids sec racinaire.

S1 : substrat composé de 30% d'humus et 70% grignon d'olive.

S2 : substrat composé de 40% d'humus et 60% grignon d'olive.

S3 : substrat composé de 50% d'humus et 50% grignon d'olive.

S4 : substrat composé de 30% d'humus et 70% d'écorce de pin.

S5 : substrat composé de 40% d'humus et 60% d'écorce de pin.

S6 : substrat composé de 50% d'humus et 50% d'écorce de pin.

S7 : substrat composé de 25% d'humus et 25% grignon d'olive et 50% terre végétale.

T : terre végétale.

***** : significative.

****** : hautement significative.

******* : très hautement significative.

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Le chêne liège.	03
02	Le liège male et femelle.	04
03	Les feuilles de chêne liège.	05
04	Les fleurs de chêne liège.	05
05	Distribution du chêne-liège dans son aire géographique méditerranéenne et atlantique.	06
06	Répartition des superficies de chêne-liège dans le bassin méditerranéen.	07
07	Aire de répartition du chêne-liège en Algérie.	08
08	La tourbe.	15
09	L'écorce de pin.	15
10	Les déchets cellulo-ligneux.	16
11	Les sciures de bois.	17
12	Le polystyrène.	17
13	Le sable.	18
14	La pouzzolane.	18
15	La vermiculite.	19
16	La perlite expansée.	20
17	Localisation de la pépinière de Sidi Merouane.	27
18	Variations mensuelles des précipitations.	28
19	Variation mensuelle de la température.	28
20	Variation mensuelle de l'humidité.	29
21	Le conteneur (WM).	32
22	Le plan du dispositif expérimental.	35
23	Le pH des différents matériaux.	43
24	Le pH des différents substrats.	44
25	La conductivité électrique des matériaux.	44
26	La conductivité électrique des différents substrats.	45
27	La porosité des matériaux.	45
28	La porosité des différents substrats.	46
29	La densité apparente des matériaux.	46
30	La densité apparente des différents substrats.	47
31	L'humidité des matériaux.	47
32	L'humidité des différents substrats.	48
33	Le volume d'eau écoulé en fonction du temps	48

34	Le volume d'eau écoulé en fonction du temps	49
35	La vitesse d'assechement des différents matériaux.	50
36	La vitesse d'assechement des différents substrats.	50
37	Hauteur de la partie aérienne des plants de chêne liège élevés dans différents substrats.	51
38	diamètre au collet des plants de chêne liège élevés dans les différents substrats.	52
39	Le rapport hauteur/diamètre au collet des plants de chêne liège élevés dans les différents substrats.	53
40	La longueur racinaire des plants de chêne liège élevé dans les différents substrats.	55
41	Le rapport hauteur de la partie aérienne sur longueur racinaire des plants.	56
42	Le nombre de feuilles des plants en fonction des substrats.	57
43	Le poids frais de la partie aérienne des plants.	58
44	Le poids frais de la partie racinaire des plants.	59
45	Le rapport PFA/PFR de plants des différents substrats.	60
46	Le poids sec de la partie aérienne des plants.	61
47	Le poids sec de la partie racinaire des plants.	62
48	Le rapport PSA/PSR des plants.	63

Liste des Photos

N°	Titre	Page
01	Humus forestier sous feuillus.	30
02	Le grignon d'olive.	31
03	L'écorce de pin d'Alep.	31
04	Une caissette.	32
05	Les glands de chêne liège.	33
06	La préparation des substrats de culture.	34
07	Le dispositif expérimental.	35
08	Le dispositif expérimental pour détermination de la perméabilité.	38
09	La détermination du PH.	39
10	La lecture de la conductivité électrique par conductimètre.	39
11	La hauteur de la partie aérienne des plantes de chêne liège.	40
12	La longueur de la partie racinaire des plantes de chêne liège.	41

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Répartition et superficies des peuplements de chêne-liège en Algérie.	07
02	Propriétés chimiques des écorces.	16
03	Répartition des différents types de texture en fonction des classes de textures	21
04	Échelle de la texture	21
05	la porosité de quelques matériaux.	22
06	Echelle de classification du pH de la solution du sol.	23
07	Le rapport C/N des principaux matériaux de base des substrats.	24
08	Classification des sols en fonction de la conductivité électrique.	24
10	Composition et dénomination des substrats testés.	34
11	La perméabilité des matériaux après 2min.	49
12	La perméabilité des substrats après 2min.	49
13	Analyse de variance pour la hauteur de la tige.	51
14	Groupes homogènes pour la hauteur de la tige.	52
15	Analyse de variance pour le diamètre au collet.	52
16	Groupes homogènes pour le diamètre au collet.	53
17	Analyse de variance pour le rapport Ha/Dc.	54
18	Groupes homogènes pour le rapport Ha/Dc.	54
19	Analyse de la variance pour la longueur racinaire.	55
20	Analyse de variance pour Ha/Lr.	56
21	Classement de moyenne pour le rapport Ha/Lr.	56
22	Analyse de variance pour le nombre de feuilles.	57
23	Groupes homogènes pour le nombre de feuilles.	57
24	Analyse de variance pour le PFA.	58
25	Groupes homogènes pour le PFA.	58
26	Analyse de variance pour PFR.	59
27	Groupes homogènes pour le PFR.	60
28	Analyse de variance pour le rapport PFA/PFR.	60
29	Analyse de variance pour PSA.	61
30	Groupes homogènes pour PSA.	61
31	Analyse de variance pour PSR.	62

32	Groupes homogènes pour le PSR.	62
33	Analyse de variance pour le rapport PSA/PSR.	63
34	Groupes homogènes pour le rapport PSA/PSR.	63
35	Matrice de corrélation entre les variables morphologiques.	64

Table des matières

Dédicace	
Remerciement	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des tableaux	Pages
Introduction...01	

Première partie: Etude bibliographique.

Chapitre I : Généralités sur le chêne-liège

I- Description générale de l'espèce	03
1- Systématique	03
2- Caractéristiques botaniques	04
3- Aire de répartition.....	06
3.1- Aire de répartition mondiale	06
3.2- Aire de répartition en Algérie	07
4- Exigence écologique	08
4.1- Les facteurs édaphiques	08
4.2- La température	08
4.3- L'humidité	09
4.4- La lumière	09
4.5- L'altitude	09
5 - Germination	09
6- La croissance du chêne liège	09
7- Régénération	10
7.1- Régénération naturelle (semis naturel)	10
7.2- Régénération par rejet de souche	10
7.3- Régénération assistée (semis directes et plantation)	10
8- Ennemies du chêne liège	10
8.1- Les insectes	10
8.2- Les champignons	11
8.3- Les incendies	11
9- Importance économique du liège	12

Chapitre II : Les substrats de culture.

I- Généralités sur la culture hors-sol	13
I.1- Définition.....	13
I.2- Avantages de la culture hors sol.....	13
II- Le substrat de culture	13
II.1- Nécessité des mélanges en pépinière	14
II.2- Les substrats de culture utilisés dans les pépinières	14
II.3- Les différents types de substrat de culture	14
II.3.1- Les matériaux organiques	14
II.3.1.1- Les tourbes	15
II.3.1.2- Les écorce	15
II.3.1.3- Déchets cellulo-ligneux	16
II.3.1.4- Les sciures de bois	17
II.3.1.5- Le polystyrène	17
II.3.2- Matériaux minéraux	17
II.3.2.1- Les matériaux minéraux naturels	18
II.3.2.2- Les matériaux minéraux expansés	19
II.4- Les propriétés des substrats de cultures	20
II.4.1- Les propriétés physiques	20
II.4.1.1- La structure	20
II.4.1.2- La texture	21
II.4.1.3- La porosité	21
II.4.1.4- La rétention en eau	22
II.4.1.5- La perméabilité	22
II.4.1.6- La densité apparente.....	22
II.4.1.7- L'humidité hygroscopique	23
4.2- Les propriétés chimiques	23
II.4.2.1- Le pH	23
II.4.2.2- Le rapport carbone azote (C/N)	23
II.4.2.3- La conductivité électrique (C.E)	24
II.4.2.4- La capacité d'échange cationique (C.E.C)	24
II.4.2.5- La matière organique (M.O)	25
II.4.2.5- Les éléments nutritifs	25
II.4.2.5.1- Les éléments majeurs	26

II.4.2.5.2- Les éléments secondaires	26
II.4.2.5.3- Les oligoéléments	26

Deuxième partie: Etude expérimental.

Chapitre I : Présentation de la station d'étude

1- Présentation de la station d'étude	27
1.2- Conditions climatiques de la période d'expérimentation	27
1.2.1- Les précipitations	27
1.2.2- La température	28
1.2.3- L'humidité	29

Chapitre II : Matériels et méthode

1-Objectif du travail	30
2- Matériels utilisés.....	30
2.1- Humus forestier sous feuillus	30
2.2- Grignon d'olive	30
2.3- Ecorce de pin d'Alep	31
2.4- Le sol	31
2.5- Les conteneurs	31
2.6- Les caissettes	32
2.7- Matériel végétal	33
3- Méthode adoptée.....	33
3.1- Préparation des substrats.....	33
3.2- Le dispositif expérimental	34
3.3- Conduite de l'élevage.....	35
3.3.1- Semis.....	35
3.3.2- Arrosage.....	36
3.3.3- Protection des semis	36
4 Analyses physicochimiques	36
4.1- Analyses physiques	36
4.1.1- La densité apparente	36
4.1.2- La porosité totale	36

4.1.3- L'humidité pondérale (H%)	37
4.1.4- Perméabilité	37
4.1.5- La vitesse d'assèchement.....	38
4.2- Les analyses chimiques.....	38
4.2.1- Détermination du PH	38
4.2.2- Détermination de la conductivité électrique	39
5- Paramètres biométriques.....	40
5.1- Hauteur des plants	40
5.2- Diamètre au collet	40
5.3- Le calcul du rapport hauteur/diamètre au collet	40
5.4- Calcul du nombre des feuilles.....	40
5.5- Longueur des racines	41
5.6- Le calcul du rapport hauteur de la partie aérienne/la partie racinaire	41
5.7- Biomasse aérienne et racinaires	41
5.8- Rapport de la biomasse de la partie aérienne/la partie racinaire.....	41
6- Analyse statistique	41

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultats des analyses physicochimiques des substrats.....	43
1.1-Analyse chimique	43
1.1.1- Le pH	43
1.1.2- La conductivité électrique	44
1.2- Les analyses physiques	45
1.2.1- La porosité totale	45
1.2.2- La densité apparente	46
1.2.3- L'humidité	47
1.2.4- La perméabilité	48
1.2.5- La vitesse d'assechement	50
2- Résultats des paramètres biométriques.....	50
2.1- Hauteur de la partie aérienne	51
2.2- Diamètre au collet.....	52
2.3- Le rapport hauteur de la partie aérienne /diamètre	53
2.4- Longueur racinaire	54
2.5- Le rapport hauteur de la partie aérienne /longueur racinaire	55

5.6- Le nombre de feuilles	56
2.7- Poids frais de la partie aérienne	58
2.8- Poids frais de la partie racinaire.....	59
2.9- Le rapport PFA/PFR	60
2.10- Le poids sec de la partie aérienne	61
2.11- Le poids sec de la partie racinaire	62
2.12- Le rapport PSA/PSR	63
3- corrélation entre les paramètres morphologiques	64
Conclusion générale	65
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Introduction

Introduction

Le chêne-liège (*Quercus suber* L), est une essence forestière remarquable, qui présente une grande valeur économique, grâce à sa particularité physiologique qui le distingue des autres ligneux, à reproduire une nouvelle écorce subéreuse appelée communément : liège et ayant des qualités spécifiques de légèreté, de souplesse, et d'élasticité, d'autant plus que cette espèce est assez rare puisque son aire de répartition se limite au pourtour méditerranéen (Aouati, 2013).

En Algérie, les forêts de chêne-liège comme les autres forêts revêtent un caractère particulièrement important car elles constituent un élément essentiel de l'équilibre physique, climatique et surtout socio-économique des populations des zones rurales. Les subéraies occupent le second rang après les pinèdes à Pin d'Alep et couvrent une superficie approximative de l'ordre de 463000 hectares, soit 17% du tapis forestiers national mais seuls 250000ha sont exploités (Bouhraoua, 2003), d'où la nécessité absolue de mener des actions de rénovation et de rajeunissement des forêts, dans ce cadre le recours à la plantation s'est avéré nécessaire.

La reprise des plants après plantation, qui est le facteur primordial à l'évaluation du succès de la régénération artificielle, est conditionnée aussi par les méthodes de plantation et d'élevage des plants en pépinière (Belaidi, 2010).

En effet, en Algérie le problème de la préparation des substrats se pose toujours dans la plupart de nos pépinières forestières, du fait que nous continuons à utiliser des mélanges traditionnels de qualité physico-chimiques médiocres, caractérisés par la compacité et la densité élevée du substrat, une mauvaise aération et une faible porosité, faible capacité d'échange cationique, faible capacité de rétention en eau, une mauvaise cohésion de la motte et une faible qualité nutritive (Zitouni et *al.*, 2002).

Dans ce sens, des essais de plantations comparatives sont nécessaires chaque fois que l'on manque d'informations suffisantes, soit sur les exigences d'une essence, ou sur les caractéristiques de la station afin de fixer le meilleur mélange pour le reboisement.

Pour cet essai, on cherche à étudier l'influence de certains substrats à base d'humus, du grignon d'olive et d'écorce de pin sur la croissance des jeunes plants du chêne liège.

Dans ce contexte, on a jugé utile de partager notre travail en trois grandes parties :

- La première partie bibliographique traite des généralités sur le chêne liège dans un premier chapitre, et les substrats de cultures dans un deuxième chapitre.

Introduction

- La deuxième partie englobe deux chapitres : le premier présente le site expérimental, le deuxième est consacré aux matériels utilisés et aux méthodes adoptées
- La troisième partie présente les résultats de cette étude

Enfin, nous terminerons notre étude par une conclusion générale.

Première partie

Etude bibliographique

Chapitre I

Généralité sur le chêne liège

I- Description générale de l'espèce :**1-Systématique :**

Le chêne liège (*Quercus suber* L.) est une espèce typiquement méditerranéenne, endémique de la méditerranée occidentale (Zeraia, 1981 in Piazzetta, 2005). Elle est décrite pour la première fois par Linnéen en 1753 (Arbouch 2006). La taxonomie retenue pour le chêne liège est la suivante :

Règne : végétal.

Embranchement : Spermaphyte.

Sous embranchement : Angiosperme.

Classe : dicotylédones.

Sous classe : Apétales.

Ordre : Fagales.

Famille : Fagaceae.

Sous famille : Quercoïdeae.

Genre : *Quercus*.

Espèce : *Quercus suber* L.

En Algérie, le chêne liège est reconnu selon les noms suivants :

Belloute El Féline : cette dénomination est probablement due au fait de la dénomination grecque Phelloderus (Phellos : liège).

Aqchouch : dans les régions de grande Kabylie.

Fernane : dans les régions de petite Kabylie (Bouhraoua *et al.*, 2002).



Figure 01 : Le chêne liège (Amandier *et al.*, 2010).

2-Caractéristiques botaniques :

• Allure générale :

Un arbre de taille moyenne 10 à 15 m, peut atteindre 20 à 25m, il présente un tronc robuste atteignant 4 à 5 m de circonférence, la cime est irrégulière, s'étalant en longueur, l'arbre présente un couvert léger laissant passer la lumière (Karoune, 2008).

• Longévité :

La longévité du chêne liège varie selon les conditions du milieu physique, il peut fêter 500 anniversaires, mais les levées successives de liège diminuent fortement cette remarquable longévité qui, compte tenu de l'état de dégradation des subéraies (abandon, feu successifs,...), est descendu à environ 150 à 200 ans, les levées successives de liège, avec des rotations de 9 à 11 ans sont possibles jusqu'à 150 à 200 ans (Vigue, 1990 in Karoune, 2008).

• Ecorce (liège) :

Le liège est un tissu parenchymateux formé par l'assise subero-phellodermique, il couvre le tronc et les branches. Sur un arbre jamais écorcé, elle est de couleur grisâtre, très épaisse, peu dense et fortement crevassée. En termes de production, on l'appelle "liège mâle". Elle représente une bonne protection contre le feu et permet au chêne de reprendre rapidement sa croissance après le passage d'un incendie. Dans le cas des arbres écorcés, le liège mâle est remplacé par le "liège de reproduction" ou «liège femelle», de couleur jaune, rouge puis noire. Cette nouvelle écorce est beaucoup plus régulière que la précédente, présentant des crevasses moins profondes et des caractéristiques dans l'ensemble plus homogènes (Younsi, 2006).



Figure 02 : Le liège male (à gauche) et liège femelle (à droite) (Amandier *et al.*, 2010).

• Système racinaire :

Il est pivotant, car il est constitué d'une grosse racine principale qui sert de support à l'arbre et de racines secondaires plus superficielles. Il permet l'approvisionnement en eau et en éléments minéraux, peut s'emmêler avec les racines des arbres voisins (échanges de substances nutritives) et

s'associer avec le mycélium de certains champignons qui favoriseront la capture des minéraux. La longueur maximale est de 32 cm (Belhoucine, 2013).

•**Feuille :**

Les feuilles de chêne-liège présentent un polymorphisme très marqués, elles sont alternées généralement coriaces, plus ou moins dentées ou pas, ovales assez souvent renflées, vertes foncées et glabre sur leurs parties supérieures, grises blanchâtres et duveteuses sur leurs parties inférieures, elles sont persistantes dont la durée de vie est de 2 à 3 ans, et elles ont entre 5 et 7 paires de nervures, leurs tailles varient de 3 à 6 cm en longueur et de 2 à 3 cm en largeur (Yessad ,2000).



Figure 03 : Les feuilles de chêne liège (Yessad ,2000).

•**Fleur :**

Le chêne-liège est monoïque et allogame, les fleurs males pendent en chatons à l'extrémité des rameaux de l'année précédente, elles sont longues de 4 à 8 cm (Fraval, 1991). Les fleurs femelles sont de petites boutons écailleux poussent isolées ou en groupe de trois ou maximum sur les rameaux de l'année en cours, leur cupule protectrice se retrouvera les futures glands. Le climat et l'exposition conditionnent la floraison qui commence dès l'âge de 12 - 15 ans et déroule entre la fin Avril et la fin Mai (Piazzetta, 2005).



Figure 04 : Les fleurs de chêne liège (Piazzetta, 2005).

•Fruit :

Le gland est de couleur brune à maturité (automne), avec un pédoncule jusqu'à 4 cm de long, sa taille varie de 2 à 5 cm en longueur et de 1 à 2 cm en largeur (Aouati, 2013). D'après Belaidi, (2010), les glands tombent en Octobre et Novembre, parfois jusqu'à Janvier. La fructification commence dès l'âge de 15 ans.

3- Aire de répartition :

3.1-Aire de répartition mondiale :

Les exigences très précises en climat et en qualité du sol du chêne liège font que son aire de croissance naturelle mondiale s'établit sur le pourtour du bassin méditerranéen sur la façade atlantique du Portugal, entre les latitudes Nord 31° et 45° (Maire, 1961 in Karoune, 2010).

La répartition mondiale du chêne liège est représentée sur la carte (Fig 05), elle comporte les territoires suivants :

- Sur la façade atlantique, trois taches principales : l'une en France, l'autre au Portugal et en Espagne et enfin dans le Nord Ouest du Maroc ;
- Trois autres taches le long des cotes de la méditerranée occidentale en France (la Corse), en Italie (la Sicile et la Sardaigne), en Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie).

La limite vers le Nord dépasse à peine les 44 ème parallèles en Algérie et en Tunisie, ne descend pas la 36 ème parallèle, alors qu'au Maroc, en raison de l'influence océanique, la limite du chêne liège descend au-delà de la 33 ème parallèle (Chiheb et Aouadi, 1998).



Figure 05 ■ : Distribution du chêne-liège dans son aire géographique méditerranéenne et atlantique (Cheriet, 2009).

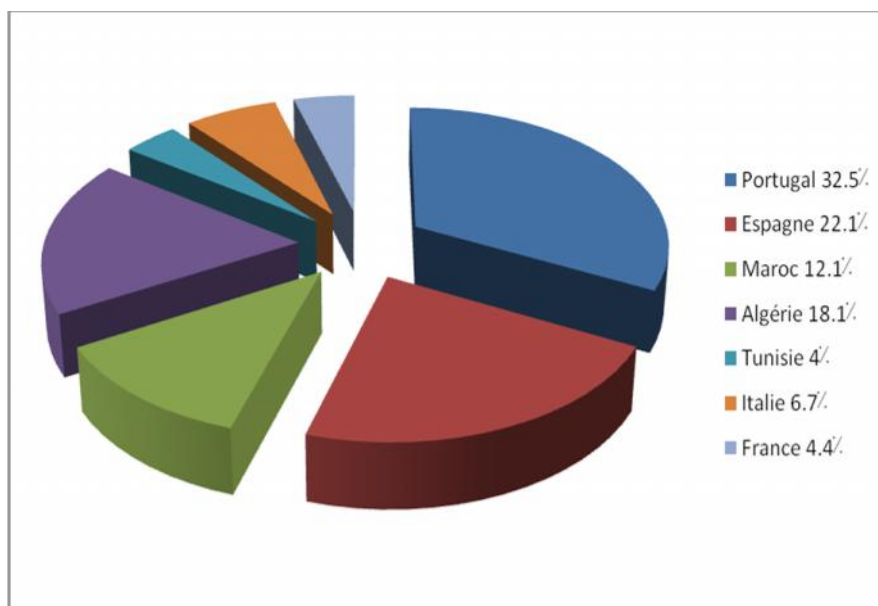


Figure 06 : Répartition des superficies de chêne-liège dans le bassin méditerranéen
(Institut méditerranéen du liège, 2005).

3.2- Aire de répartition en Algérie :

Le chêne-liège est une espèce forestière principale en Algérie, tant en raison des superficies occupées, que de son importance économique. Il est présent sur 450000 ha, mais ne constitue de véritables subéraies que sur 150000 ha. Ces dernières se situent entre les frontières Marocaines et Tunisienne et s'étendent du littoral méditerranéen au Nord aux chaînes telliennes au Sud, sur une largeur ne dépassant pas les 100 km (Bouhraoua, 2003). Les subéraies Algériennes couvrent trois faciès : l'occidental montagnard, l'oriental littoral et l'oriental montagnard (Aouati, 2013).

Tableau 1: Répartition et superficies des peuplements de chêne-liège en Algérie (Yessad, 2000).

Subéraies Orientales	Superficies (ha)	Subéraies Occidentales	Superficies (ha)
Skikda	40000	Telemcen	2000
Jijel- El-Milia	40000	Chleff	3000
Guelma	20000	Médéa	200
Annaba- Eltaref	30000	Blida	1000
Tizi ouzou	10000		
Bouira	1500		
Mila	500		
Total	142000	Total	6200

Le chêne-liège s'étend d'une manière assez continue le long de la zone littorale et reste disséminé sous formes d'îlot de moindre importance dans la partie Ouest. Elles se répartissent à travers 22 wilayas (Figure 07).

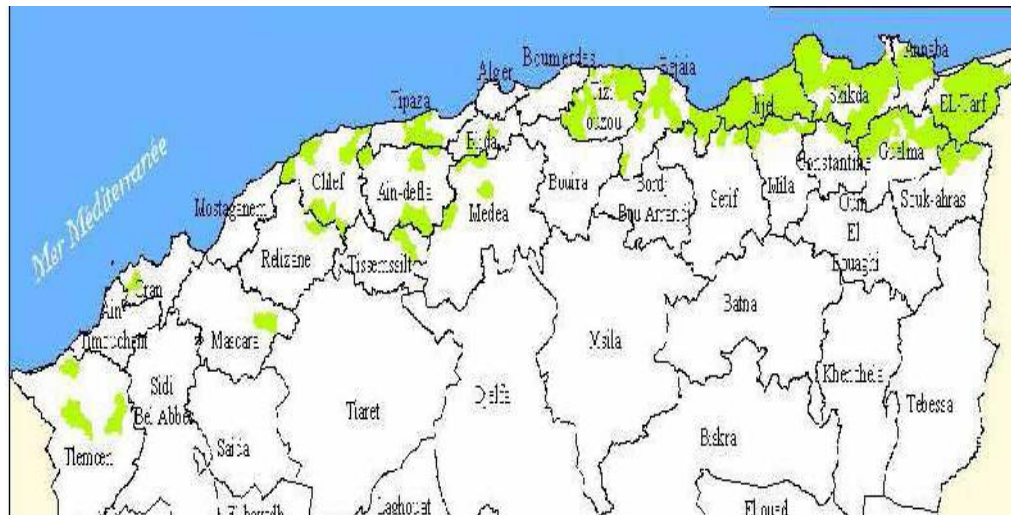


Figure 07 : Aire de répartition du chêne-liège en Algérie (DGF, 2003).

4.1- Les facteurs édaphiques :

Il s'accommode de sols peu fertiles, superficiels ou lourds (riches en argile), mais recherche plutôt des textures légères (sables), bien aérés et riche en matière organique.

4.2- La température :

Le chêne liège est une essence relativement thermophile, elle demande des températures douces, dont l'optimum se situe entre (13°C et 18°C). Les amplitudes thermiques du chêne liège comprises entre -9°C et 40°C (Alatou *et al.*, 2005).

4.3- L'humidité :

Le chêne de liège est une essence xérophile, qui nécessite une humidité atmosphérique d'eau moins de 60% même en saison sèche et une précipitation annuelle comprise entre 400 mm et 700mm (Fekhar, 2012).

4.4- La lumière :

L'essence est héliophile, c'est à dire de pleine lumière et exigeant une forte insolation. La cohabitation avec d'autres essences à la cime peu compacte, tels que le pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.) ou le pin parasol (*Pinus pinea* L.), est possible, mais c'est en peuplement pur, voire en lisière des parcelles qu'il se développera le mieux (Younsi, 2006).

4.5- L'altitude :

L'aire de développement du chêne liège dépend du relief, il pousse à une altitude pouvant atteindre 1550 m en Algérie. A partir de 600 m, le chêne préfère les stations exposées au Sud, Sur les versants Nord, il est concurrencé par le chêne Zéen (Aouati, 2013).

5- La germination et croissance de chêne liège :

5.1 – La germination de chêne liège :

La germination des semences de chêne liège est d'une manière générale très influencée par leur qualité et par la quantité d'éléments (eau, inhibiteurs, stimulateurs...) qu'elles contiennent d'une part et par les conditions biotiques et abiotiques qui les accueillent d'autre part (Merouani, 1996). Sur le même arbre, les glands peuvent être dans un état physiologique différent. En milieu naturel, les glands ne germent pas tous avec la même vitesse, même s'il se trouve dans des conditions apparemment identiques. Ceci est dû aux inhibitions tégumentaires que subit le gland, en raison de la présence de composés phénoliques dans les enveloppes séminales (Karoune, 2008).

5.2- La croissance du chêne liège :

La croissance est un processus par lequel les organismes vivants grandissent, au travers de transformations morphologiques et fonctionnelles, jusqu'à atteindre leur maturité physiologique.

La croissance de chêne liège est rythmique, elle est caractérisée par des vagues appelées également « flush » (Alatou, 1992). L'expression temporelle correspond à une alternance de période d'allongement de la tige et de repos du bourgeon apicale ; l'expression spatiale correspond à une variation de la longueur des entre-nœuds et au nombre d'ensemble foliaires formés par unité de temps au rythme de dégagement des feuilles et la morphogenèse de ces ensembles qui sont :

- Les ensembles foliaires à stipules écailleuses : qui correspondent aux premières pièces foliaires développés sur l'axe caulinaire.
- Les ensembles foliaires à limbe assimilateur stipulé : ce sont les feuilles lobées du chêne.
- Les ensembles foliaires à limbe avorté stipulé : ces ensembles entourent le bourgeon terminal écailleux à la fin d'une vague de croissance (Alatou, 1994).

Selon Alatou *et al.*, (1995) , cette croissance polycyclique est surtout fréquente chez les jeunes sujets (drageons, rejets, jeunes arbres) et tend à disparaître lorsque l'arbre devient adulte.

7- Régénération :

Il existe trois possibilités de multiplication de l'espèce :

7.1- Régénération naturelle (semis naturel) :

Partout en Algérie, la régénération par semi-naturel est déficiente en raison du manque de sylviculture. Etant une espèce de lumière, à tous les niveaux de son développement, le jeune semis issu d'un gland supporte mal le couvert végétal et finit par disparaître à l'ombre de ses concurrents (Belabbes, 1996).

7.2- Régénération par rejet de souche :

Selon Belaidi (2010), les souches peuvent rejeter et donner des rejets vigoureux jusqu'à un âge très avancé (75 à 80 ans), on fonction des conditions écologiques du milieu.

Le chêne-liège drageonnerait sur des racines superficielles ayant subi un traumatisme. D'après Belabbes (1996), il est doté d'une grande faculté de rejeter vigoureusement après recépage mais la méthode est peu utilisée en Algérie en raison du manque d'information sur ses possibilités de production.

7.3- Régénération assistée (semis directes et plantation) :

Le gland de chêne-liège possède suffisamment de réserves pour faire face aux différents aléas climatiques, malheureusement cet avantage va à son contre puisqu'il constitue une paroi d'excellence à certains prédateurs tels que le sanglier et les rongeurs.

Les plantations à base de chêne-liège en Algérie comme dans le pourtour méditerranéen font également défaut suite à la non maîtrise des techniques d'élevage de plant en pépinière, le problème majeur auquel les pépiniéristes sont confrontés demeure l'enroulement des racines latérales et la forte croissance du pivot qui provoque le problème de chignon lorsqu'il atteint le fond du sachet, avant même l'apparition de la tigelle dans les pépinières au sol (Belabbes, 1996).

8- Ennemies du chêne liège :

8.1- Les insectes :

Attaquent aussi bien les feuilles que les rameaux, nous avons les défoliateurs, les xylophages et les déprédateurs des glands (Karoune, 2008).

8.1.1- Les défoliateurs :

➤ Le Bombyx disparate (*Lymantria dispar L*)

En Algérie, cet insecte est sans doute le plus redoutable des forêts de chênes. En 1992, les forestiers ont noté une absence totale de l'espèce dans diverses subéraies du centre et de l'Est prospectées. Par ailleurs, son compétiteur *Euproctis chrysorrhoea* a été noté en abondance et des défoliations parfois totales ont été observées dans les suberaies de Jijel (Bencheikh, 1992).

Les prospections menées au cours de l'année 1996 dans les subéraies Est d'El-Kala, plus exactement dans la station Ghora ont permis de déceler des dégâts localisés du *Bombyx disparate* (Bouabdellah et Boukerdena, 1997).

8.1.2- Les xylophages :

➤ ***Cerambyx cerdo* var. *merbecki*. (Coleoptera – Cerambycidae)**

L'espèce *Cerambyx cerdo* var. *merbecki*, très commune en Algérie, vit aux dépens du chêne liège. Au cours de ces dernières années, suite à la sécheresse qui a sévi et à l'état des peuplements, des populations massives contribuent aux dépérissements de plusieurs hectares dans les subéraies de l'Est algérien dans la région d'El-Kala, de Souk-Ahras et de Guelma. Dans les subéraies de l'ouest où la sécheresse est plus ressentie plusieurs sites d'attaque de *Cerambyx cerdo* var. *merbecki* ont été recensés (Karoune, 2008).

➤ ***Platypus cylindrus* F. (Coleoptera – Platypoidae)**

Platypus cylindrus est connue chez les forestiers par les symptômes de son attaque appelée piqûre noire. Cette espèce a une vaste extension européenne et méditerranéenne (Karoune, 2008).

8.1.3- Les déprédateurs des glands :

➤ ***Cydia fagiglandana* Z. (Lepidoptera -Tortricidae)**

Parmi les tordeuses des glands, l'espèce polyphage *Cydia fagiglandana* se trouve en abondance dans les glands des chênaies algériennes. Les dégâts se traduisent par une perte germinative du gland. Les fruits attaqués se caractérisent par des orifices de 2mm de diamètre. Au cours des années 1993 et 1994, les taux d'attaques moyens ont été estimés à 10% par rapport de la surface totale de subéraies algériennes (Karoune, 2008).

➤ ***Curculio elephas* G. (Coleoptera – Curculionidae)**

L'espèce *Curculio elephas* se développe à partir des glands de divers chênes. Les taux d'attaques estimés au cours des années 1993 et 1994 s'élèvent à 20% (Chakali et Ghelem, 1996).

8.2- Les champignons :

Ils provoquent des dégâts touchent généralement, les feuilles et le bois tels que : la truffe, *Armillaria* et *Polyporus* (Aouati, 2013).

8.3- Les incendie :

Le chêne-liège est une espèce le plus résistant au feu. Les arbres exploités résistent encore plus au feu (sauf si le feu vient juste après le démasclage), parce que le liège, un des tissus végétaux le plus isolant, renforce la résistance du chêne-liège vis-à-vis du feu (Varela, 2004). En Algérie, la surface de la forêt de chêne-liège affectait par les incendies est de 90987.39 ha soit 31.66% de la surface totale des subéraies algériennes (Mezali, 2003).

9- Importance économique du liège :

En raison de la qualité, de la valeur de son écorce et de son bois, le chêne-liège est de point de vue économique l'essence forestière la plus importante d'Afrique du Nord (Rached, 2013). Son écorce (liège) est une ressource exploitable dans plusieurs domaines, il est utilisé dans la fabrication des bouchons, des panneaux d'agglomérés et l'isolation, pour la décoration et le revêtement et article divers. Il contient du tanin utilisé dans l'industrie de tannage. Son bois sert à la fabrication des traverses de chemin de fer, et de tonneaux et autres usages en menuiserie. C'est un bois rouge clair compact.

La production mondiale de liège est estimée à 340000 tonnes/an, dont l'Algérie a été le cinquième producteur mondial de liège brut avec 40000 tonnes/an (Rached, 2013).

Chapitre II

Les substrats de culture

I- Généralités sur la culture hors-sol:**1- Définition :**

L'horticulture sans sol est une technique de production fondée sur l'alimentation de la plante avec une solution minérale nutritive, la plante étant disposée sur un support autre que le sol (Resche, 2008).

Au sens strict, la culture hors sol est la culture dans un milieu racinaire qui n'est pas le sol naturel, mais un milieu reconstitué et isolé du sol. On parle souvent des cultures sur substrat, car ce milieu reconstitué repose sur l'adoption d'un matériau physique stable. Le substrat parfois d'origine manufacturé et industriel, parfois d'origine naturelle (Resche, 2008).

2- Avantages de la culture hors sol :

D'après Titouna (2011) ce procédé présente de nombreux avantages :

- Des rendements très supérieurs.
- Le substrat est inerte et reste aéré.
- Le dosage en éléments nutritifs peut être optimisé pour la variété cultivée.
- Le risque de sécheresse est moindre, le substrat retient plus d'eau que le sol.
- Inversement, aucun risque de noyer les racines. Une fois saturé d'eau, le substrat qui reste perméable, laisse s'écouler le trop plein.
- Les insectes du sol ne s'installent pas dans un substrat inerte.
- Les germes des maladies ne s'implantent pas, ou au pire, se propagent mal dans cet environnement organiquement stérile.

II- Le substrat de culture :

D'après Boufares (2012), le terme substrat désigne tout matériau naturel ou artificiel qui, placé en conteneur pur ou en mélange, permet l'ancrage du système racinaire et joue vis à vis de la plante le rôle de support. Il doit présenter des caractéristiques compatibles avec l'activité métabolique des racines. Il intervient à des degrés divers dans l'alimentation hydrique ou minérale de la plante. Dans le système hydroponique, le rôle de substrat se limite tout simplement à l'encrage et au maintien de la plante (Argilier, 1991).

Le substrat est un support physique de la plante, constitué d'une partie solide (aérateur + rétenteur) et d'une partie liquide, air et eau, les composants de la partie solide combinés à des proportions étudiées, permettent d'avoir les propriétés physiques idéales, compatibles avec un bon développement racinaire (Roula, 2005).

D'après Antoine *et al.*, (2000), le mélange utilisé le plus souvent dans les pépinières forestières est formé à partir de la terre végétale prise sur place (50%), sable d'oued (30%) et terreaux (20%), ces substrats sont plus économiques certes, mais présentent des propriétés physiques et chimiques peu intéressantes à savoir :

- Une capacité de rétention en eau faible.
- Une porosité faible.
- Une perméabilité faible qui entrave l'aération du substrat.
- Une diminution en éléments nutritifs.
- Une mauvaise cohésion de la motte due à une mauvaise stabilité raculaire.

1- Nécessité des mélanges en pépinière :

Le substrat doit être un support solide composé d'un élément rétenteur d'eau et d'un élément aérateur (Argillier *et al.*, 1990). En effet un seul élément ne permet pas de satisfaire à la fois les besoins en eau et en air de la plante, d'où la nécessité de faire des mélanges pour obtenir un substrat qui a les quantités recherchées (Khidour *et al.*, 2014).

Selon Roula (2005), la comparaison entre les caractéristiques des matériaux pris isolément et les qualités requises pour un bon substrat, imposent la nécessité du mélange pour mieux répondre aux exigences des plants, un mélange doit être un milieu où se développent les racines, en assurant une bonne alimentation en eau et en éléments nutritif.

2- Les substrats de culture utilisés dans les pépinières :

En effet, l'utilisation des substrats non standardisés constitue une contrainte majeure qui affecte la qualité des plants forestiers. Les proportions et la nature des substrats varient d'une pépinière à l'autre et d'une année à l'autre pour la même espèce, en fonction des matériaux disponibles localement et non pas en fonction des normes requises. Les substrats utilisés se caractérisent généralement par :

- Une texture fine et une compaction élevée qui peuvent favoriser souvent une croissance superficielle des racines et empêchent la croissance racinaire homogène à travers toute la motte.
- Une faible aération, engendre une mortalité des racines précédée généralement par des attaques de champignons pathogènes comme : *le Phytophthora*.
- Une faible capacité d'échange cationique.
- Une faible capacité de rétention en eau.
- Une diminution des éléments nutritifs (Belaidi, 2010).

3 - Les différents types de substrat de culture :

3.1- Les matériaux organiques :

Pour augmenter le taux de la matière organique, on pourra apporter au sol du fumier parfaitement décomposé ou un composte bien fait. Toutes les sortes de déchets organiques peuvent servir à la préparation d'un compost: couverture morte (litière), paille, humus brut, tourbe, écorce (Boukerker, 2007).

3.1.1- Les tourbes :

La tourbe est un type d'humus formé en anaérobiose permanente ou presque permanente. C'est une couche souvent de plusieurs mètres dont l'humification ne s'effectue que partiellement surtout après un assèchement superficiel des sites humides (Belaidi, 2010).

Ce sont des matériaux d'origine végétale, essentiellement organiques : mousses, plantes vasculaires, plantes à fleurs et feuillus. La quantité de fibres, leur finesse et le degré de décomposition sont en corrélation avec les propriétés fondamentales des tourbes, notamment le comportement mécanique (élasticité, retrait), hydrique (rétention d'eau, aération) et chimique (teneur en azote et rapport carbone/azote) (Titouna, 2011).



Figure 08 : La tourbe (Titouna, 2011).

3.1.2- Les écorces :

L'écorce joue un rôle dans la confection des mélanges binaires, où l'un des constituants joue le rôle de rétenteur d'eau, et d'autre celui de système d'aération. Un compostage bien Conduit (de 8 à 10 mois) permet souvent d'obtenir un produit plus stable, utilisé en mélange avec la tourbe pour ces propriétés d'aération. L'utilisation des écorces est très fréquente dans le monde: Sapin de Norvège, Sitka, Hêtre, Peuplier, Bouleau, Eucalyptus, Pin et Epicéa en France. L'écorce de pin maritime est la plus utilisée, tant pour ces disponibilités que pour ces qualités (Belaidi, 2010).



Figure 09 : L'écorce de pin (J. Michel, 2010).

Tableau 02 : Propriétés chimiques des écorces (Blanc, 1987)

Eléments	Ecorce	Unité
pH eau	4 - 5,5	
Carbone organique	50	%
Matière organique	98	%
Azote (N)	0,40 - 0,96	%
Potassium	0,25 - 1	%
Phosphore (P₂O₅)	0,04 - 0,37	%
Calcium (Ca)	2,9	%
Magnésium	0,5	%
Aluminium	0,38	%
Fer	1,43	mg/kg
Manganèse	84	mg/kg
Capacité de rétention en Eau	75	%
Porosité totale	85,5	%
Teneur en cendre	19,5	%

3.1.3-Déchets cellulo-ligneux :

Ce terme regroupe un ensemble de sous-produits issus de l'activité sylvicole, agricole ou industrielle, la plus part de ces matériaux doivent être compostés et désinfectés avant l'utilisation. Comme pour les écorces, le compostage a pour effet de stabiliser et d'homogénéiser le produit (Belaidi, 2010).

Ces composés se caractérisent par une faible densité apparente et donc une porosité élevée à l'état frais. Parmi les déchets cellulo-ligneux, nous pouvons citer par exemple: les sciures compostées, les raisins, paille de céréales, les déchets de liège, cime de pin, broussailles et bois de platane et de peuplier (Belaidi, 2010).

**Figure 10 : Les Déchets cellulo-ligneux (François *et al.*, 2014).**

3.1.4- Les sciures de bois :

Elles sont souvent utilisées comme intermédiaire de carbone pour assurer une bonne fermentation des produits à haute teneur en azote tel que les déchets de l'élevage. Même si les sciures compostées à d'autres produits organiques ou minéraux donnent des substrats de bonne qualité notamment pour la culture hors sol (Boukerker, 2007).



Figure 11 : Les sciures de bois (Chaàbane, 2010).

3.1.5- Le polystyrène :

C'est un matériau organique synthétique qui sert à alléger les substrats, il est caractérisé par sa capacité de rétention nulle et sa surface hydrophobe et sa neutralité. Il constitue un matériau de paillage appréciable dans la culture du bonsaï, étant exempt de tout parasite (Anonyme, 2008).

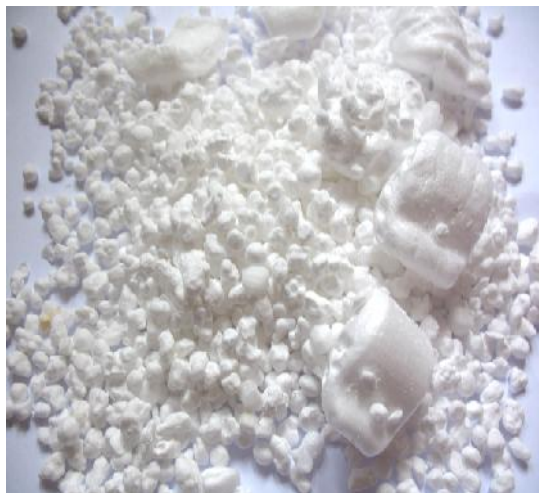


Figure 12 : Billes de polystyrène (Antoine *et al.*, 2000).

3.2-Matériaux minéraux :

Ce sont des matériaux de la catégorie des substrats physico-chimiques inactifs, (n'interviennent pas dans l'approvisionnement minéral du plant), caractérisée par une stabilité structurale plus ou moins inaltérable, et une perméabilité élevée (Neyroud, 1990).

3.2.1-Les matériaux minéraux naturels :

Ce sont des matériaux qui ne subissent aucune dégradation. Ils sont utilisés comme aérateur afin de donner une bonne structure au substrat (Chaabna Bouzitoune, 2012).

A - Sables et graviers :

Le sable est une matière minérale, pulvérulente composée d'ensemble de particules généralement fines (de 0.002 à 2mm de diamètre), provenant de la désagrégation des roches siliceuses ou calcaires, ayant la même composition que les minéraux qui constituent la roche mère. Le sable et le gravier, non calcaires, ont une grande inertie chimique et sont utilisés fréquemment en culture hydroponique car leur solubilité et leur capacité d'échange sont très faibles, inférieurs à 5meq/100g de produit sec (Titouna, 2011).



Figure 13 : Le sable (Hannah, 2006).

B- La pouzzolane:

La pouzzolane est une roche volcanique, rougeâtre, que l'on rencontre près de la pouzzolane, en Italie et en France dans le plateau central. Elle offre pour les cultures hors sol les avantages d'un milieu très aéré de grande stabilité et durabilité, chimiquement inerte initialement exempt de germes pathogènes et ultérieurement facile à désinfecter (Moinreau *et al.*, 1987).



Figure 14 : La pouzzolane

3.2.2-Les matériaux minéraux expansés :

Ce sont les matériaux naturels qu'ont subi un traitement par la chaleur (Crozon et Neyroud, 1990 in Titouna, 2011) on distingue : la perlite, la vermiculite, l'argile expansée et la laine de roche.

A-La vermiculite :

Matériau d'origine minérale (mica) traité à 1100°C et expansé (Foucard, 1994). C'est un substrat très actif du point de vue physico-chimique, dont le pH est pratiquement neutre (7 à 7.2). Ce matériau employé à l'état pur convient tout particulièrement à la germination et au bouturage (Belaidi, 2010).



Figure 15 : La vermiculite (François *et al.*, 2014).

B-L'argile expansée :

Il est obtenu par granulation et chauffage à 1100°C de nodules d'argile humide. Les granules d'argile expansée peuvent entrer dans la fabrication des mélanges à base de tourbe (Foucard, 1994). Elle présente une porosité grossière et fermée, d'où une rétention en eau plutôt faible, ce matériau est intéressant en culture hydroponique à condition de lessiver le produit avant mise en culture (Belaidi, 2010).

C-La perlite :

Il provient du chauffage à 1200°C d'un silicate volcanique. C'est un matériau peu dense, ayant des propriétés hydriques et une aération variable, très friable et peut être incorporée dans les mélanges en pépinière (Anonyme, 2008).



Figure 16 : La perlite expansée

D- Laine de roche :

Ce produit est fabriqué par extrusion d'un mélange fondu à 1600°C comprenant des roches basaltiques (Diabase), du calcaire et du coke dans le rapport massique 4-1-1 (Verdure, 1981). A partir des fibres pontées entre elles par un polymère urée/formol et éventuellement enrobés d'un mouillant.

C'est un produit très utilisé en cultures en sol de tomate, concombre, poivron, gerbera et rose. Il est parfois utilisé en mélange, à hauteur de 10 à 30%, ou le plus souvent, seul, en système avec ou sans recyclage de solutions nutritives (Titouna, 2011).

4- Les propriétés des substrats de cultures

4.1- Les propriétés physiques :

Selon Roula (2005) les qualités physiques des substrats de culture sont très importantes, un substrat doit être perméable avec une bonne rétention en eau et doit conserver sa structure dans le temps.

Un milieu physique favorable constitue un des facteurs essentiels de la valeur d'un mélange, car il conditionne la plus ou moins grande facilité de développement de la cadence des arrosages surtout dans les régions où l'eau est un facteur limitant, si le milieu chimique peut être corrigé par l'apport des fertilisants pour satisfaire les besoins de la plante, le milieu physique, ne peut l'être, car il s'agit d'un caractère déterminé lors de la fabrication d'un mélange (Roula, 2005).

4.1.1- La structure :

La structure est une notion plus importante dans la pratique, car elle conditionne la circulation de l'air, celle de l'eau et l'enracinement (Baize *et al.*, 1995).

D'après Soltner (2000) la structure est le mode d'assemblage, à un moment donné, de constituants solides. La stabilité structurale dépend de la teneur en argile et de la matière organique des sols. Le complexe argilo humique joue un rôle structurale, ce rôle est plus au moins important

selon les teneurs en eau du sol et varie en fonction du type d'argile. La matière organique augmente la stabilité des agrégats.

Selon Roula (2005), une bonne structure va assurer une grande facilité de circulation d'eau, une bonne aération des racines, une bonne germination, une pénétration profonde des racines et une bonne exploration par les racines des ressources nutritives du sol.

4.1.2- La texture :

La texture traduit la distribution dimensionnelle des particules et se rapporte habituellement aux éléments fonctionnellement les plus actifs, que l'on situe au dessous d'une dimension inférieure à 2mm. Cette notion permet d'apprécier les propriétés d'un substrat à partir de la proportion des différentes fractions granulométriques (Boukerker, 2007)

Tableau 03 : Répartition des différents types de texture en fonction des classes de textures (Enita, 2000).

Classe de texture	Type de texture
Textures fines	Argilo sableuse, argileuse
Textures moyennes	Limoneuse fine, limoneuse
Textures grossières	Limon sableuse, sablo limoneuse, sableuse

Pour déterminer la texture du sol, on peut utilisés la méthode par saturation qui consiste à mesurer le pourcentage d'humidité du sol et à le comparer à une échelle qui détermine la texture lui correspondant (Chaabna Bouzitoune, 2012).

Tableau 04: Échelle de la texture (Cheriet, 2009).

Pourcentage d'humidité (%)	Texture
<12	Sableuse
12-24	Sablo-limoneuse
24-37.5	Limono-sableuse
37.5-45	Limono-argileuse
45-75	Argilo-limoneuse
>75	Argileuse

4.1.3- La porosité :

La porosité est une notion essentielle pour tout ce qui concerne la réserve en eau, la circulation des fluides (eau et air) et possibilité d'enracinement (Baize et Jabiol, 1995), elle est représentée par l'espace porale ou l'ensemble des espaces libres entre les particules élémentaires occupés par l'air et l'eau (Privost, 1990).

Elle est élevée dans les substrats (entre 55 et 95%) alors que dans les sols la valeur de 50% est normale (Azzi, 1997).

Tableau 05: La porosité de quelques matériaux (Lemaire, 1990).

Nature	Porosité (%)
Tourbe blonde	92
Tourbe noire	88
Ecorce	85
Pouzzolane	70
Laine de roche	95
Perlite	96.4
Vermiculite	95.4
Fibres de noix de coco	94-98
Fibres de bois	96

4.1.4- La rétention en eau :

La teneur en eau d'un substrat exprime le volume d'eau contenu rapporté au volume total du substrat. Cette teneur vaut 100% à l'état saturé et décroît au fur et à mesure que la plante prélève du liquide. Elle est assurée par la présence des micropores dans le substrat, qui sont responsables de la force de capillarité. Une très grande rétention d'eau est néfaste, car elle se fait au détriment de la capacité de rétention d'air, ce qui entraîne une asphyxie des racines et une perte de rendement (Vallée, 1999).

4.1.5- La perméabilité :

La perméabilité est indépendante du taux de la matière organique. Le critère retenu pour mesurer la perméabilité est la vitesse de percolation de l'eau exprimée en cm^3 /heure. Le taux élevé de la matière organique n'implique pas forcément une bonne perméabilité. Cependant, son degré de décomposition a une influence sur cette dernière ; plus la matière organique est décomposée, plus la perméabilité est faible et vice-versa (Redlich, 1999).

4.1.6- La densité apparente (D_a) :

Sachant que la densité apparente des sols varient entre 1g/cm^3 et $1,8\text{g/cm}^3$, elle représente la masse totale de l'agrégat/volume totale de l'agrégat, la « D_a » indique l'état ou la condition du sol, elle diminue avec la teneur du sol en humus (Chaabna Bouzitoune, 2012).

Un substrat qui a un poids léger est plus facile à transporter sur le terrain. Cependant, les conteneurs doivent être suffisamment lourds pour qu'ils ne soient pas emportés par le vent (François *et al.*, 2014).

4.1.7- L'humidité hygroscopique :

L'humidité hygroscopique représente la quantité d'eau que peut retenir un sol soumis aux conditions d'assèchement naturelles. C'est la quantité d'eau retenue à la surface externe des particules du sol et en équilibre avec la pression et l'humidité atmosphérique. L'évaluation de l'humidité hygroscopique passe par un séchage à l'air libre puis un séchage à l'étuve pendant 24h à 105°C (Chaabna Bouzitoune, 2012).

4.2- Les propriétés chimiques :

A capacités physiques équivalentes, ce sont les propriétés chimiques et biologiques qui détermineront le choix c'est la hiérarchie à respecter dans le domaine des supports de culture pour les plants, même s'il est évident que tout substrat doit respecter des règles élémentaires, notamment au niveau du pH et la salinité. Ce sont en effet les deux premières propriétés chimiques à surveiller afin que la plante puisse trouver tous les éléments dont elle a besoin, et qu'elle ne subisse pas de blocage (Boukerker, 2007).

4.2.1- Le pH :

Le pH est un coefficient qui caractérise l'acidité ou la basicité d'un sol. Il définit la concentration d'ions H^+ dans la phase liquide du sol. Le pH varie de 0 à 14 et la neutralité est atteinte lorsque le pH est égal à 7 (Roula, 2005). Les différentes classes du pH sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 06 : Echelle de classification du pH de la solution du sol (Le clerch ,2000).

pH	5-6.5	<3.5	3.5-4.2	4.2-5	6.5-7.5	7.5-8.7	>8.7
Classes	Hyper Acide	Très Acide	Acide	Faiblement Acide	Neutre	Basique	Très Basique

La connaissance du pH est intéressante pour la conduite de la fertilisation et la satisfaction des exigences des plants en éléments nutritifs ce dernier peut influencer d'une façon marquée sur l'assimilabilité et par suite l'absorption des oligo-éléments par la plante (Boukerker, 2007).

4.2.2-Le rapport carbone azote (C/N) :

Ce rapport entre le carbone totale et l'Azote totale, mesuré sur un matériau organique, indique le degré d'évolution de la matière organique et son degré de résistance à la dégradation microbienne. Ce rapport donne une idée très juste de la vie biologique du sol et permet en conséquence d'en apprécier les propriétés physiques utilisés (Titouna, 2011).

D'après Boneau (1997), il est admis qu'à partir du moment où les produits de transformation de litières ont atteint un rapport C/N de 25 environ, il y a équilibre entre la libération de l'azote par minéralisation et la consommation par les microorganismes

transformateurs de l'azote libéré (réorganisation). Lorsque le rapport C/N devient inférieur à 25, la libération d'ammonium et de nitrates l'emporte sur la réorganisation, et l'alimentation azotée des arbres devient possible.

Tableau 07 : Le rapport C/N des principaux matériaux de base des substrats (Lemaire, 1990).

Matériaux de base	C/N
Ecorce de pin sylvestre composté	300
Composte urbain	14
Fumier de cham pionnière	19
Tourbe brune	20-25
Fumier d'ovin	23
Fumier de bovin	28
Boues de station d'épuration	11
Tourbe blonde	40-60
Ecorce de pin maritime fraîche	92

4.2.3- La conductivité électrique (C.E) :

La mesure de la conductivité à une température fixée, fournit un moyen rapide d'apprécier la salinité des substrats organiques. Elle ne doit pas dépasser 1.5mmhos/cm (Guilbert, 1996).

Tableau 08: Classification des sols en fonction de la conductivité électrique (Baize ,2000).

Désignation	Conductivité électrique (mmhos / cm à 25°C)
Non salé	< 2.5
Faiblement salé	2.5 – 5
Moyennement salé	5 – 10
Salé	10 – 15
Fortement salé	15 – 20
Très fortement salé	20 - 27.5
Excessivement salé	27.5 – 40
Hyper salé	> 40

4.2.4- La capacité d'échange cationique (C.E.C) :

La capacité d'échange de cations (CEC) est la capacité du matériel à absorber positivement les ions chargés (les cations). C'est l'un des plus importants facteurs affectant la fertilité d'un substrat de croissance. Par ordre décroissant de rétention du substrat, les principaux cations faisant

partie de l'alimentation de la plante sont : le calcium, le magnésium, le potassium et l'ammonium. Beaucoup d'oligo-éléments, tels que le fer, le manganèse, le zinc et le cuivre, sont aussi absorbés. Ces éléments sont emmagasinés sur les particules du substrat de croissance jusqu'à ce qu'ils soient ingérés par le système racinaire (François *et al.*, 2010).

La C.E.C s'exprime en milliéquivalents par litre pour les substrats (meq /L), d'où l'intérêt d'utiliser en culture hors sol un substrat ayant une CEC élevée, qui pourra ainsi mettre à la disposition de la plante les éléments au fur et à mesure de ses besoins notamment, tant que l'on ne connaîtra pas parfaitement les rythmes d'absorption des éléments minéraux (Roula, 2005).

4.2.5- La matière organique (M.O) :

Selon Roula (2005) et Benterrouche (2007) , la matière organique joue plusieurs rôles :

- contribue et facilite l'obtention d'un état structural stable.
- une meilleure porosité, bonne perméabilité, meilleure aération et un meilleur réchauffement du sol.
- Elle joue un rôle important dans la rétention en eau.
- Sous l'action des microorganismes du sol, elle libère les éléments minéraux qui sont indispensables à la nutrition et au développement des plants.
- Elle joue un rôle dans la mobilité et la disponibilité des métaux lourds dans le sol.
- La matière organique des sols se caractérise, comme les argiles, par une grande surface spécifique et par son pouvoir gonflant, permettant la pénétration de l'eau et la diffusion de molécules de petites tailles qui peuvent ainsi se lier avec les substances humiques.

4.2.6- Les éléments nutritifs :

Tous les éléments nutritifs nécessaires aux développements des plantes sont absorbés sous formes minérales. Environ 16 éléments sont reconnus indispensables au développement des plantes qui sont regroupés en deux classes:

- Les éléments majeurs (macroéléments) forment environ 99% de la matière sèches végétale.
- Les oligo-éléments (micro-éléments) absorbés en quantité infimes représentent 1% de la matière sèche végétale.

L'insuffisance d'un élément assimilable dans le sol réduit l'efficacité des autres éléments, et par la suite le rendement. De même l'excès ou le déficit du sol en certains éléments nutritifs, et particulièrement les oligo-éléments, peut se manifester par des phénomènes de toxicités ou de carence des végétaux (Chaabna Bouzitoune, 2012).

4.2.6.1- Les éléments majeurs :

Sont des macroéléments qui absorbés en grandes quantités par la plante telle que : l'Azote (N), Phosphore (P), Potassium (K).

4.2.6.2- Les éléments secondaires :

Sont des éléments qui sont absorbés en petites quantités par la plante tel que : Calcium (Ca), Magnésium (Mg), Sodium (Na), Soufre (S).

4.2.6.3- Les oligoéléments :

Sont des éléments nutritifs rarement apportés et présents en très petites quantités dans les tissus végétaux mais ils sont indispensables à la vie de la plante.

Les oligoéléments pour la plante sont : Fer (Fe), Manganèse (Mn), Zinc (Zn), Cuivre (Cu), Bore (B), Molybdène (Mo), Cobalt (Co) (Roula, 2005).

Deuxième partie
Etude expérimentale

Chapitre I

Présentation de la station d'étude

1- Présentation de la station d'étude :

L'essai s'est déroulé en hors sol au siège de la pépinière de Sidi Merouane, cette dernière a été créée en 2003. Elle se localise au niveau de 36°31'14" de latitude Nord et 6°16'39" de longitude Est, avec une altitude moyenne de 241 m. Elle est située à 12 Km au Nord Est de la wilaya de Mila. Elle a pour but principal la production des plants forestiers, destinés au reboisement de la région Nord-Est du pays et la protection du bassin versant aux alentours du barrage de Beni Haroun.

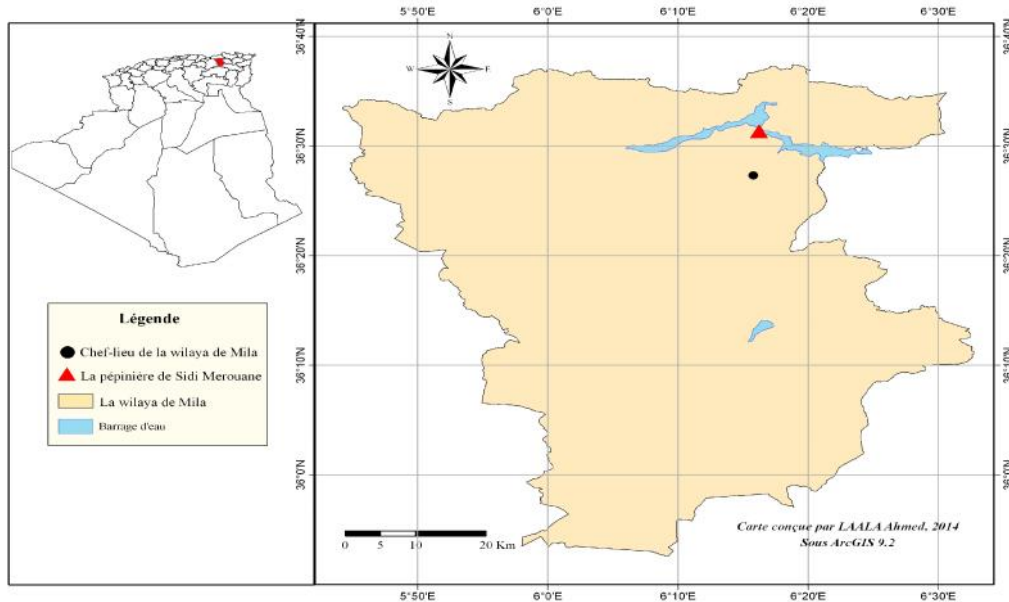


Figure 17 : Localisation de la pépinière de Sidi Merouane (Laala, 2014).

1.2- Conditions climatiques de la période d'expérimentation :

Les données climatiques prises en compte sont délivrées par la station météorologique d'Ain Tin (Wilaya de Mila) pour une période s'étalant de Décembre 2014 à Mars 2015. C'est l'unique station de la Wilaya qui peut fournir des données complètes.

1.2.1- Les précipitations :

Le climat de la région de Sidi Merouane est sub-humide caractérisé par des hivers doux durant les quelles la quantité de pluie enregistrée dans cette zone peut atteindre 900 mm /an.

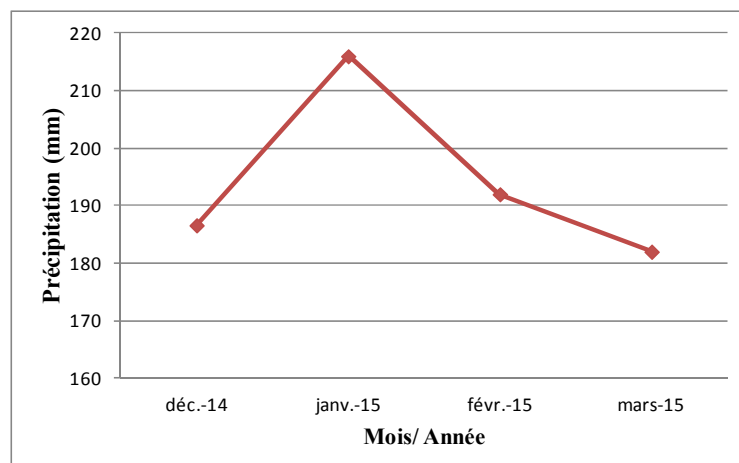


Figure 18 : Variations mensuelles des précipitations (Station d'Ain Tin, 2014-2015).

Les valeurs de précipitation mensuelle pour la période d'expérimentation (Décembre 2014-Mars 2015), illustrés dans la figure 18, montrent clairement qu'elles se répartissent d'une façon irrégulière et reflètent un maximum au mois de Janvier (216mm) et un minimum au mois de Mars (182mm).

1.2.2- La température :

La température constitue un facteur écologique important dans le déroulement des diverses fonctions physiologiques des végétaux. Elle est en général influencée par l'altitude, l'exposition, l'orientation du relief, l'éloignement de la mer ainsi que par le couvert végétal (Younsi S, 2006).

A- La température moyenne :

Nous remarquons que le mois le plus chaud durant la période d'expérimentation est celui de Mars avec une température moyenne de 10.4°C, cependant, le mois le plus froid est Février où la moyenne des températures est de 6.4°C ce moyenne correspondant aux températures favorables à la croissance de chêne liège telles que décrit par Alatou (2005).

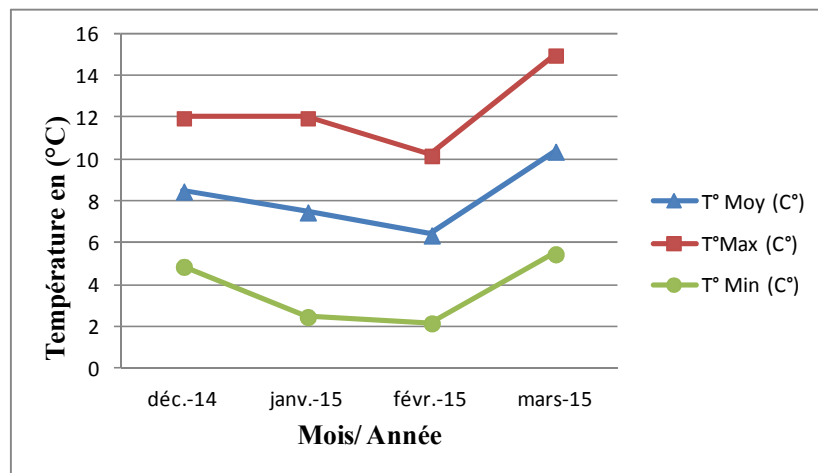


Figure 19 : Variation mensuelle de la température (Station d'Ain Tin, 2014-2015).

B- Températures maximales :

En écologie, la connaissance de la valeur des températures extrêmes permet de classer les espèces en fonction de leur comportement vis-à-vis d'elles (Djellouli et Djebaili, 1981).

Le chêne liège marque son optimum de développement entre les températures maximales moyennes de 25°C et 35°C (Sauvage, 1961). Pour notre région, les températures maximales sont observées durant le mois de Mars (15°C).

C- Températures minimales :

Ces températures définissent la durée des gelées qui conditionnent les stades phénologiques, les phases de développement des espèces et le démarrage de la période de végétation. Le chêne liège trouve un optimum de développement dans les zones où la valeur de minimale va de 0.5°C et

10.3°C (Mizrana, 1983). Dans notre expérimentation nous enregistrons un minimum de température durant le mois de Février (2,2°C).

1.2.3- L'humidité :

La proximité du barrage et des étendues de zones humides favorisent la nébulosité dans la région. Le barrage joue un rôle de condensateur des masses d'air tropical, tandis que les zones humides subissent une évaporation intense du fait de l'ensoleillement. Il en résulte une humidité atmosphérique élevée qui se transforme au début du printemps (Chaabna Bouzitoune, 2012).

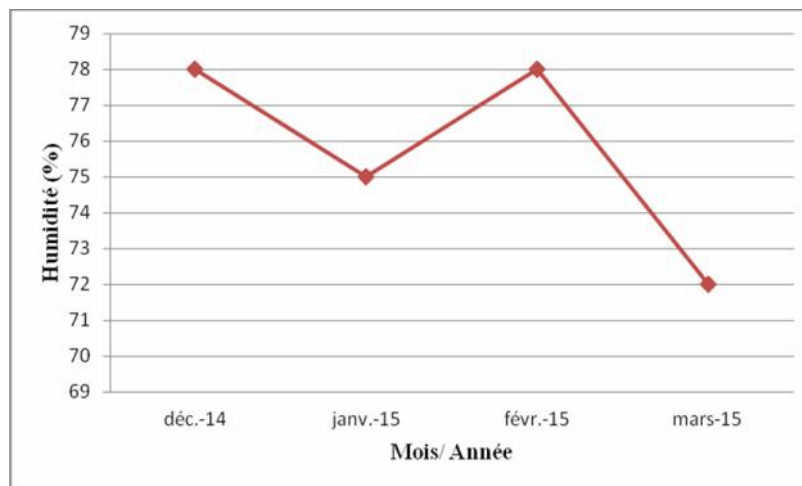


Figure 20 : Variation mensuelle de l'humidité (Station d'Ain Tin, 2014-2015).

D'après la figure (20), on remarque que l'humidité atmosphérique de la station est importante, elle varie de 72% au mois du Mars à 78% au mois du Décembre.

Chapitre II

Matériels et méthodes

1- Objectif du travail :

La présente étude vise à examiner la possibilité d'utiliser les sous-produits forestiers et agro-industriels pour la constitution d'un substrat standard en pépinière forestière.

2- Matériels utilisés :**2.1- Humus forestier sous feuillus :**

C'est la couche supérieure du sol créée et entretenue par la décomposition de la matière organique, principalement par l'action combinée des animaux, des bactéries et des champignons du sol. L'humus forestier est utilisé dans notre étude comme un élément réteneur d'eau pour la confection des substrats. Il s'agit d'une matière organique récoltée sous la subéraie de Bainen.

Les travaux de l' I.N.R.F (Institut National des Recherches Forestières) de la Wilaya de Sétif en 2002 sur l'élevage de plants de pin maritime en pépinière hors-sol ont montré que l'utilisation d'humus forestier sous feuillus avec l'écorce de pin composté mélangés à des proportions égales, donnent des résultats appréciables .



Photo 01: Humus forestier sous feuillus (d'après Boukhalfa et Zid, 2015).

2.2 - Grignon d'olive :

Ce sont les déchets d'origine agro-industrielle récupérés de l'huilerie de la station de Mazouzi Lekhder (Wilaya de Mila). Leurs diamètres varient entre 1 et 5 mm, ils ont subi un compostage de trois ans dans la pépinière afin de réduire le taux des acides et des composés toxiques.



Photo 02: Le grignon d'olive (d'après Boukhalfa et Zid, 2015).

2.3- Ecorce de pin d'Alep :

C'est un excellent produit dont l'utilisation devient de plus en plus fréquente en pépinière. Il se présente sous forme de particules hétérogènes avec un diamètre moyen de 0.5 cm. Ce matériau provient du massif forestier de la Wilaya de Jijel.



Photo 03 : L'écorce de pin d'Alep (d'après Boukhalfa et Zid, 2015).

2.4- Le sol :

Le témoin est un sol agricole récolté dans un champ de culture à proximité de la pépinière de Sidi Merouane (Wilaya de Mila) mélangé avec du fumier selon la proportion 1/3, il s'agit en fait d'une terre végétale habituellement utilisée par les pépiniéristes.

2.5- Les conteneurs :

Le choix du conteneur est un facteur déterminant pour produire un plant de qualité, dans cette étude, nous avons utilisé le conteneur WM de Riedacker qui remplace le sachet polyéthylène traditionnellement utilisés par les pépinières. Il est sans fond, constitué de deux pièces rigides en

polyéthylène emboîtables pliés sous la forme de la lettre alphabétique **W** ou **M** (figure n°21). Il est caractérisé par : une hauteur de 17cm, une longueur de 08cm, une largeur de 05cm, un poids de 22g et un volume de 400cm^3 (Laala et Maameche, 2002).

Contrairement au sachet non recyclable et non biodégradable, ces conteneurs sont réutilisables et ont une espérance de vie qui peut dépasser 10 ans. La forme de ces conteneurs leur permet de s'emboîter les uns dans les autres, ce qui diminue l'espace d'entreposage (Laala et Maameche, 2002).

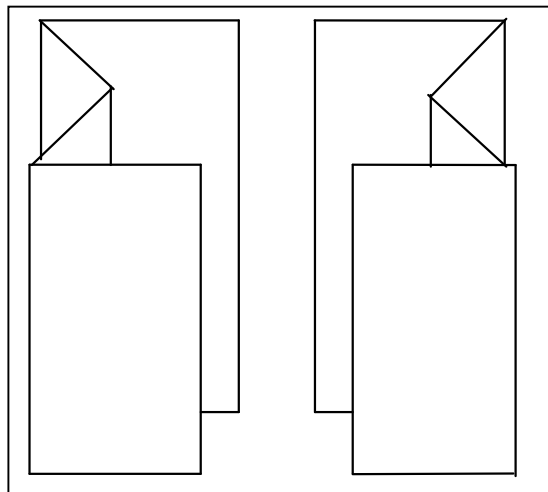


Figure 21 : Le conteneur (WM) (Laala et Maameche, 2002).

2.6- Les caissettes :

Il s'agit des caissettes en plastique de dimension: $51 \times 35 \times 17$ cm, elles représentent des ouvertures dans leur fonds, qui favorisent l'auto-cernage des racines (arrêt spontané de croissance des racines au contact de l'air). Une caissette peut contenir 40 conteneurs (WM).

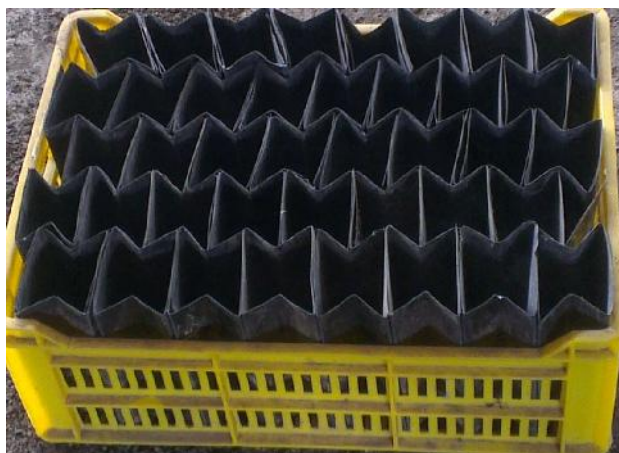


Photo 04 : Une caissette (d'après Boukhalifa et Zid, 2015).

2.7- Matériel végétal :

L'espèce utilisée dans notre expérimentation est le chêne-liège, c'est l'espèce la plus importante du point de vue économique, qui représente une source non négligeable de revenus d'Algérie ; Les glands sont récoltés à la fin de mois de Novembre 2014 dans la forêt domaniale de Jijel.

Les glands de chêne liège utilisés dans cette étude ; ils sont caractérisés par une longueur moyenne de 3.4 cm, un diamètre moyen 1.25 cm, et un poids de 500 glands de : 322.4g.



Photo 05 : Les glands de chêne liège (d'après Boukhalfa et Zid, 2015).

3- Méthode adoptée :

3.1- Préparation des substrats :

Les mélanges utilisés sont composés de deux éléments aérateurs (grignon d'olive et écorce de pin) et d'un élément rétenteur d'eau (l'humus).

Sur la base des références bibliographiques Boubetra (1998), Mouzai et El Kolli (2001), on a choisi les proportions suivantes : 25% et 30% 40% et 50 % pour l'humus forestier, alors que pour les deux aérateurs (grignons d'olives et l'écorce de pin) les proportions retenues sont : 25% et 50%, 60% et 70%. La combinaison de tous ces éléments nous donne au total 7 mélanges. Par cet essai :

Tableau 10 : Composition et dénomination des substrats testés.

Substrats	Mélanges	
	Elément rétenteur	Eléments aérateurs
S1	30% humus forestier	70% grignon d'olive
S2	40% humus forestier	60% grignon d'olive
S3	50% humus forestier	50% grignon d'olive
S4	30% humus forestier	70% écorce de pin
S5	40% humus forestier	60% écorce de pin
S6	50% humus forestier	50% écorce de pin
S7	25% humus forestier	25% grignon d'olive et 50% terre végétale
Témoin : Terre végétale		

Les substrats ont été mélangés manuellement à l'aide d'une pelle et mis dans des conteneurs «W M». Après le remplissage des conteneurs par les substrats, les caissettes sont installées sur un chassies métallique.

**Photo 06 :** La préparation des substrats de culture (d'après Boukhalifa et Zid, 2015).

3.2- Le dispositif expérimental :

Il est formé de 24 caissettes, chaque mélange ou traitement occupe 3 caissettes, soit 120 WM. Avec 3 répétitions, chaque bloc est composé de 8 caissettes en plastique à fond perforé, contenant chacune 40 conteneurs et correspondant chacune à un substrat ce qui donne 320 plants par bloc et 960 plants pour tout le dispositif.

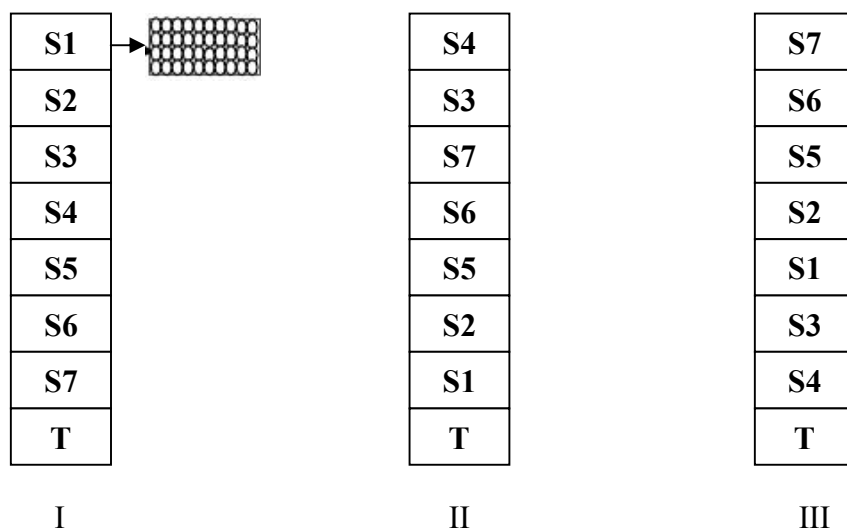


Figure 22 : Le plan du dispositif expérimental.

Le dispositif est surélevé par apport au sol à l'aide d'un châssis métallique, afin de permettre un meilleur développement racinaire et pour éviter les problèmes de déformation racinaire (chignons) les attaques de rongeurs et toutes contamination par le sol (photo n°7).



Photo 07 : Le dispositif expérimental (d'après Boukhalfa et Zid, 2015).

3.3- Conduite de l'élevage :

3.3.1- Semis :

Le trempage des glands du chêne liège dans l'eau tiède nous a permis le tri des glands, ceux flottants ont été écartés.

Les glands ont été semés le 20 /12 /2014 à raison de 2 glands par conteneurs, à une profondeur de 1 à 2cm.

3.3.2- L'arrosage :

Les plants ont été arrosés trois fois par semaines grâce à un système de brumisation. Cette fréquence est diminuée pendant les mois humides.

3.3.3- Protection des semis :

Le désherbage s'est effectué manuellement dès que cela s'avère nécessaire, car les herbes exercent sur les plants des actions nuisibles du point de vue mécanique en étouffant les semis, et physiologique en provoquant une baisse de fertilité.

4- Analyses physicochimiques :

Tout matériau entrant dans la composition d'un support de culture doit nécessairement répondre à un certain nombre de caractéristiques physiques et chimiques prouvant son aptitude à permettre la croissance d'une plante.

4.1- Analyses physiques :**4.1.1- La densité apparente :**

La densité apparente est déterminée, à l'aide d'un cylindre, selon la technique décrite par Duchaufour (1977). Cette technique consiste à prélever un échantillon du substrat, d'un volume connu dont on déterminera la masse sèche par une balance après passage du substrat dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.

La densité apparente est calculée en divisant le poids sec du sol par son volume.

$$Da = \frac{Ps (g)}{V (cm^3)}$$

Da : densité apparente en (g/ cm³)

Ps : poids sec en (g)

V : volume en cm³

4.1.2- La porosité totale :

La porosité ou l'espace poral correspond à l'évaluation des espaces vides par rapport à l'encombrement total d'un substrat (M'sadak *et al.*, 2011).

$$Pt (\%) = \frac{V_v}{V_t} \times 100$$

Pt (%): la porosité totale

V_v : volume de vide

V_t : volume total

4.1.3- L'humidité pondérale (Hu%) :

L'humidité pondérale représente la quantité d'eau que peut retenir un sol soumis aux conditions d'assèchement naturelles. C'est la quantité d'eau retenue à la surface externe des particules du sol et en équilibre avec la pression et l'humidité atmosphérique. L'évaluation de l'humidité passe par un séchage des substrats à l'air libre puis un séchage à l'étuve pendant 24h à 105 C° (Chaabna Bouzitoune, 2012).

On prend 100 g de sol, qui représente le poids frais (Pf), ensuite à l'aide d'un entonnoir, qui contient du papier filtre, on fait saturer les 100g de sol en eau et on place le tout sur un bûcher pendant 24 heures, pour se ressuyer. A la fin de cet essai, on repese le contenu du papier filtre et on détermine le poids humide (Ph). On met le contenu du papier filtre dans une étuve à 105° pendant 24 heures et on obtient le poids sec (Ps).

On obtient l'humidité selon la formule suivante :

$$\text{Hu (\%)} = \frac{\text{Pf-Ps}}{\text{Ps}} \times 100$$

Hu : humidité en %

Pf : la masse fraîche en gramme

Ps : la masse sèche en gramme

4.1.4- Perméabilité :

Le débit de la perméabilité est le volume d'eau écoulé par unité de temps (plus le sol est perméable, plus le débit est important).

Débit = Volume écoulé en cm³/temps (en secondes) (Laala et Maameche, 2002).

Dans notre expérimentation on a essayé de suivre l'écoulement de l'eau à travers un cylindre perforé remplis des substrats testés durant une période de 48 heures.

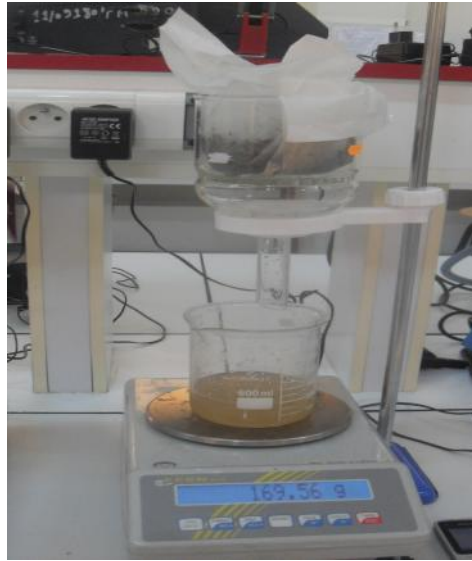


Photo 08 : Le dispositif expérimental qui permet de déterminer la perméabilité (d'après Boukhalfa et Zid, 2015).

4.1.5- La vitesse d'assèchement :

La vitesse d'assèchement est définie comme la pente de la droite d'assèchement en fonction du temps, calculé selon la formule suivante:

$$v = \frac{V2 - V1}{P_s} \quad (\text{Laala et Maameche, 2002})$$

V1 : Volume d'eau retenu par le substrat après une heure de ressuage

V2: Volume d'eau retenu par le substrat humide au temps t_0

Ms : Poids de substrat sec

La vitesse d'assèchement des substrats est exprimé en : ml d'eau/g du substrat/heure (Laala et Maameche, 2002). Elle est représentée par des valeurs négatives puisque c'est une perte (en eau) pour le substrat de culture.

4.2- Les analyses chimiques :

4.2.1- Détermination du pH :

Le pH est le potentiel d'hydrogène qui représente l'acidité du sol. Il est mesuré sur une suspension de terre fine, avec un rapport sol/eau (Boukerker, 2007).

La mesure du pH est réalisée selon la norme internationale. Le pH est mesuré après mise en solution de 20 g de l'échantillon, dans 100 ml d'eau distillée. La méthode employée consiste à préparer une suspension du substrat dilué séché dans 5 fois son volume d'eau, la laisser en agitation pendant 5 mn puis la faire reposer pendant au moins deux heures. La lecture du pH se fait moyennant un pH-mètre de type Methrom.

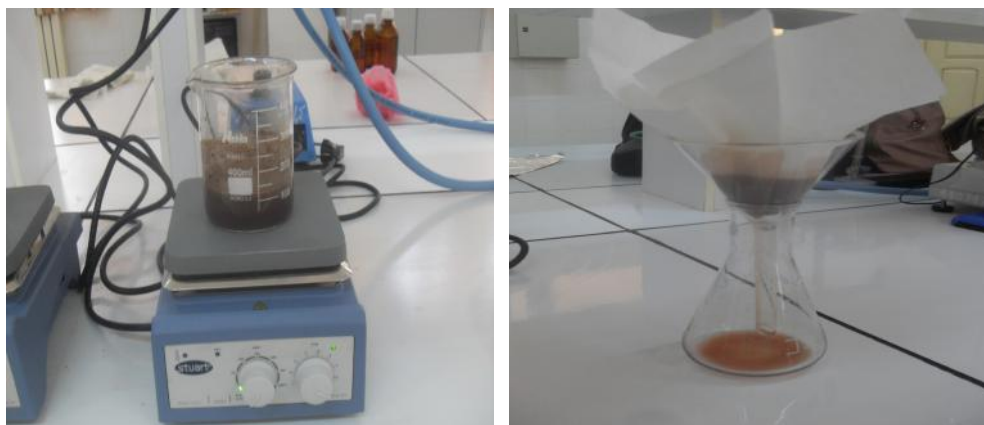


Photo 09 : La détermination du pH (d'après Boukhalfa et Zid, 2015).

4.2.2- Détermination de la conductivité électrique :

La conductivité électrique donne une idée sur la teneur globale en sels soluble d'une solution. La conductivité électrique est déterminée à partir d'une suspension sol/eau suivant un rapport 1/5 à une température de référence égale à 25°C. Les mesures sont effectuées à l'aide d'un conductimètre.

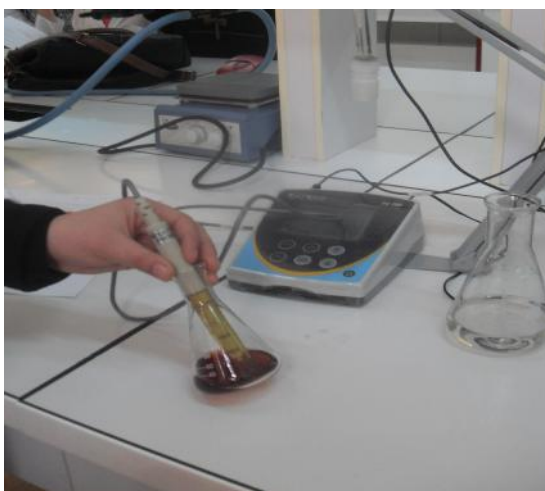


Photo 10 : La lecture de la conductivité électrique par conductimètre (d'après Boukhalfa et Zid, 2015).

5-Paramètres biométriques :

Les critères de vigueur les plus souvent utilisés sont: la hauteur, le diamètre au collet, le nombre des feuilles et la biomasse aérienne et racinaire.

5.1- Hauteur des plants :

Les mesures ont été effectuées 4 mois après le semis. On a mesuré la hauteur de la tige depuis le collet jusqu'à l'apex, à l'aide d'une règle graduée et d'un papier millimètre.



Photo 11 : Mesure de la hauteur de la partie aérienne des plantes de chêne liège
(d'après Boukhalfa et Zid, 2015)

5.2- Diamètre au collet :

Mesuré au niveau de la zone de séparation entre le système racinaire et la partie aérienne, à l'aide d'un pied à coulisse d'une précision de 1/100mm.

5.3- Le calcul du rapport hauteur/diamètre au collet :

Le but majeur de calculer de ce rapport est de définir quels sont les plants de qualités (Lamhamadi ,2000).

5.4- Calcul du nombre des feuilles :

L'estimation du nombre de feuilles est un bon indicateur des capacités assimilatrices de la plante est de sa production en biomasse.

5.5- Longueur des racines :

A la fin de l'expérimentation, et à l'aide d'une règle graduée, on a mesuré la longueur des racines.



Photo 12 : Mesure de la longueur racinaire des plantes de chêne liège
(d'après Boukhalfa et Zid, 2015).

5.6- Le calcul du rapport hauteur de la partie aérienne/la partie racinaire :

Nous avons calculé le rapport : partie aérienne sur partie souterraine.

5.7- Biomasse aérienne et racinaires :

A la fin de l'expérimentation les plants sont démontés soigneusement, pour garder le maximum de masse racinaire, on lave la partie racinaire pour éliminer les particules indésirables. La partie aérienne est séparée du système racinaire à l'aide d'une lame au niveau du collet.

a)- Poids frais :

On pèse la partie aérienne puis la partie racinaire à l'aide d'une balance de précision (1/100).

b)-Poids sec :

Le poids sec est déterminé après passage à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.

5.8- Rapport de la biomasse de la partie aérienne/la partie racinaire :

Après avoir déterminé la biomasse aérienne et racinaire, on a jugé utile de calculer le rapport entre la biomasse des deux parties, aériennes et racinaires, afin de déduire quelle partie la mieux développée.

6- Analyse statistique :

Les résultats, présentés sous forme de courbes ou d'histogrammes ou de tableau, ces derniers ont été réalisés par le logiciel Excel. L'analyse de variance est utilisée de façon à mettre en évidence des

différences entre les substrats pour un paramètre donné. La variance a été analysée à un seul niveau afin de dégager les effets des principaux mélanges sur la croissance morphologique. Les analyses de variance ont été déterminées grâce au logiciel Excel Stat version 2008.

Afin de dégager des groupes homogènes, les résultats obtenus par l'analyse de variance sont soumis au test de Newman-Keuls (SNK) au seuil de 5% à l'aide de logiciel Excel Stat.

Chapitre III

Résultats et discussion

1. Résultats des analyses physico-chimiques des substrats :

1.1-Les paramètres chimiques :

1.1.1- Le pH :

La concentration du milieu en ions H^+ détermine sa réaction mesurée par le pH qui varie de 0 à 14 et la neutralité est atteinte lorsque le pH est égal à 7 (Roula, 2005).

Pour les matériaux :

D'après la figure 23, on peut dire que les matériaux testés sont acceptables comme substrats de culture puisque les valeurs du pH varient entre 7,3 et 8,1. Ce qui rend les éléments minéraux assimilables pour la plante élevé dans ces matériaux. Parmi les trois matériaux testés on remarque que le grignon d'olive présente un pH supérieur aux autres matériaux qui peut atteindre : 8,1.

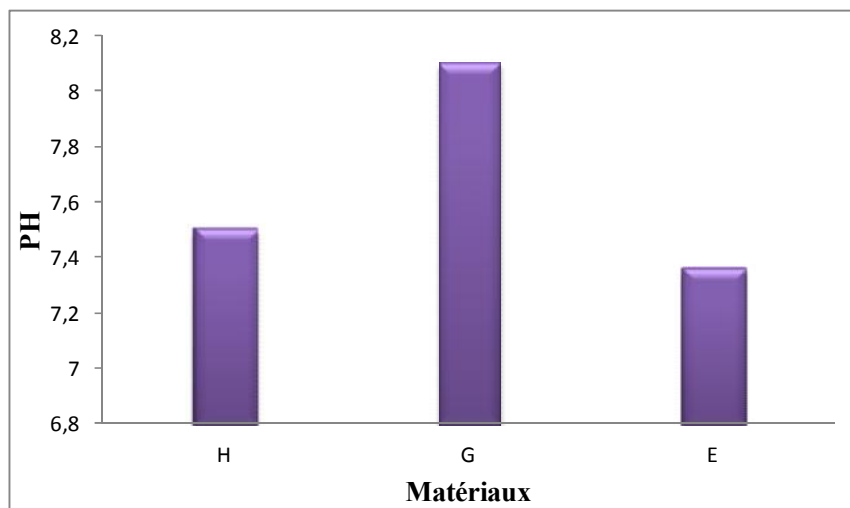


Figure 23 : Le pH des différents matériaux

Pour les substrats :

En se référant au tableau 06, nous constatons que tous les substrats confectionnés sont caractérisés par des valeurs de pH qui fluctuent entre 7,8 et 8,3. Selon Andrés (1991), ces valeurs restent dans l'intervalle souhaitable à la culture hors-sol.

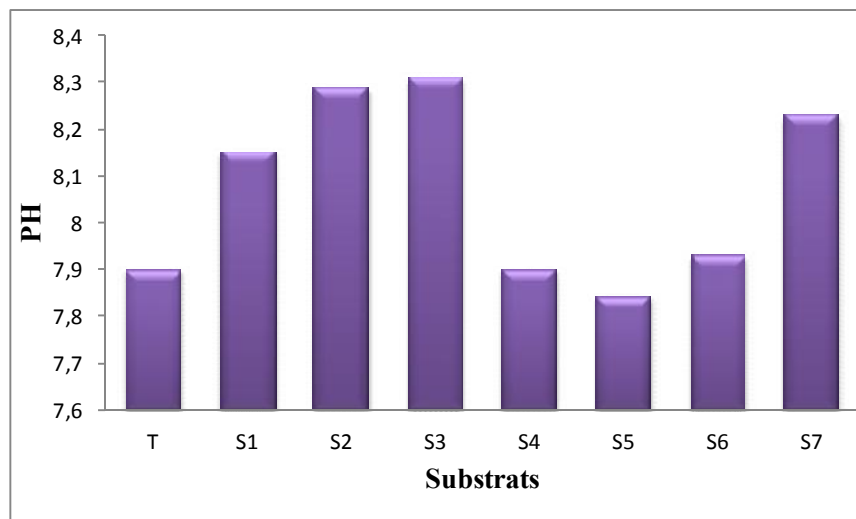


Figure 24 : Le pH des différents substrats

1.1.2- La conductivité électrique :

La conductivité électrique donne une idée sur la salinité du milieu. Lorsque la concentration saline de la solution aqueuse d'un sol est trop élevée, les racines se développent mal et la croissance de la plante est ralentie (Belaidi, 2010).

Concernant les matériaux :

On remarque que la conductivité électrique varie de 0.1mmhos/cm pour l'humus à 0.6mmhos/cm pour l'écorce.

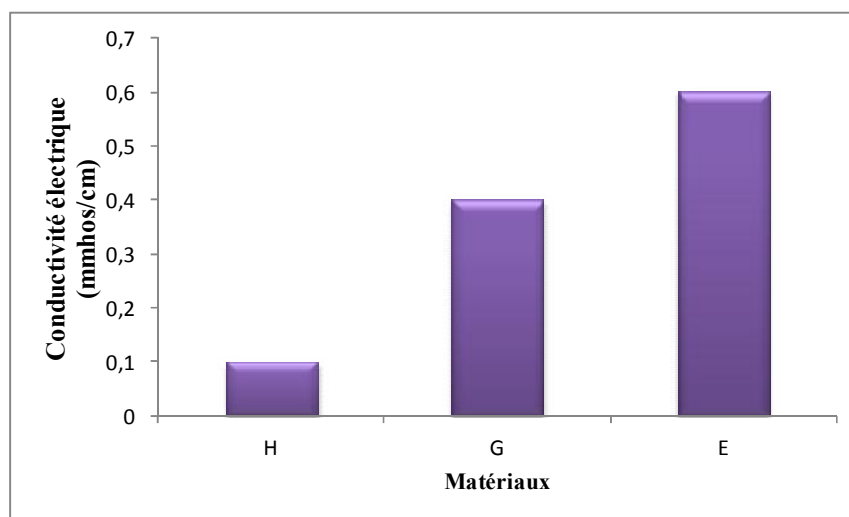


Figure 25 : La conductivité électrique des matériaux

Pour les substrats :

On note que ce paramètre chimique marque le maximum au niveau du substrat S4 composé essentiellement de 30% d'humus et 70% d'écorce. Alors que le minimum est observé pour les substrats à base d'humus et du grignon d'olive dont les proportions sont 40% et 60% et même à proportion équilibrée (substrats S2 et S3).

Selon l'échelle de salure Européenne, tous les matériaux et les substrats analysés sont considérés comme non salés sauf le substrat S4 composé particulièrement de 70% d'humus et 30% d'écorce qui est faiblement salé.

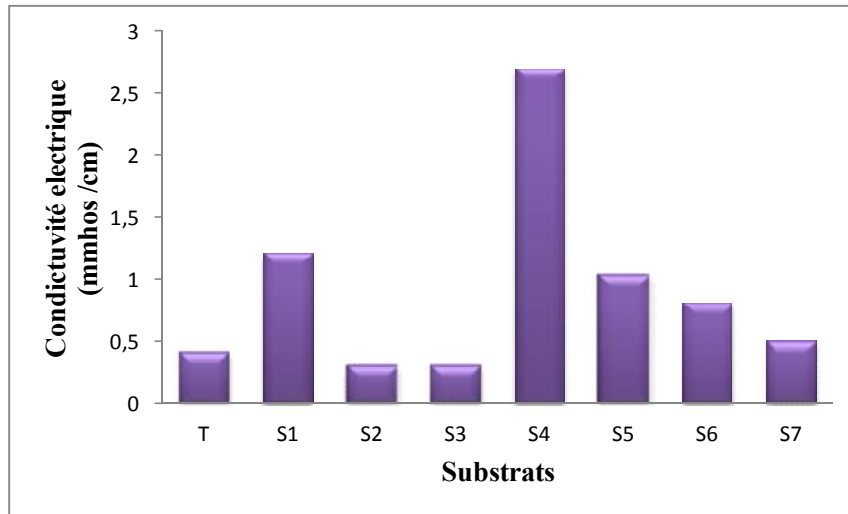


Figure 26 : La conductivité électrique des différents substrats

1.2- Les paramètres physiques :

1.2.1- La porosité totale :

La porosité totale est le rapport du volume des vides existant dans un volume total donné de matériaux. La porosité totale s'exprime en fraction ou en pourcentage du volume total (Blanc, 1987).

Pour les matériaux :

La valeur la plus élevée de ce paramètre est enregistrée pour le grignon d'olive (71%) alors que la plus faible est affichée au niveau de l'écorce de pin (55%). Selon Azzi (1997), les différents matériaux testés présentent des valeurs de porosité acceptables.

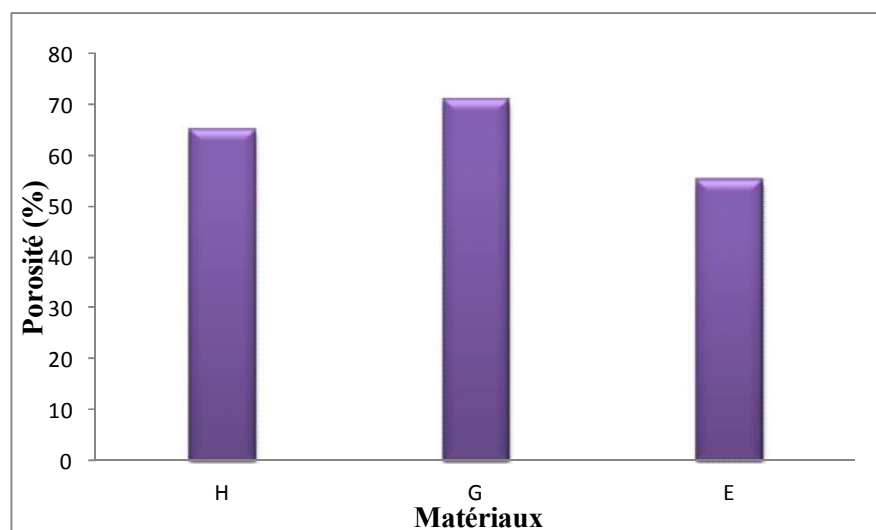


Figure 27 : La porosité des matériaux

Pour les substrats :

En ce qui concerne les substrats, la porosité minimal est observée pour le mélange S6 (55%) alors que celle maximal est affichée pour le mélange S1 avec une valeur de 69%.

On explique le grand pourcentage de la porosité par la taille des particules de grignon d'olive et de l'écorce.

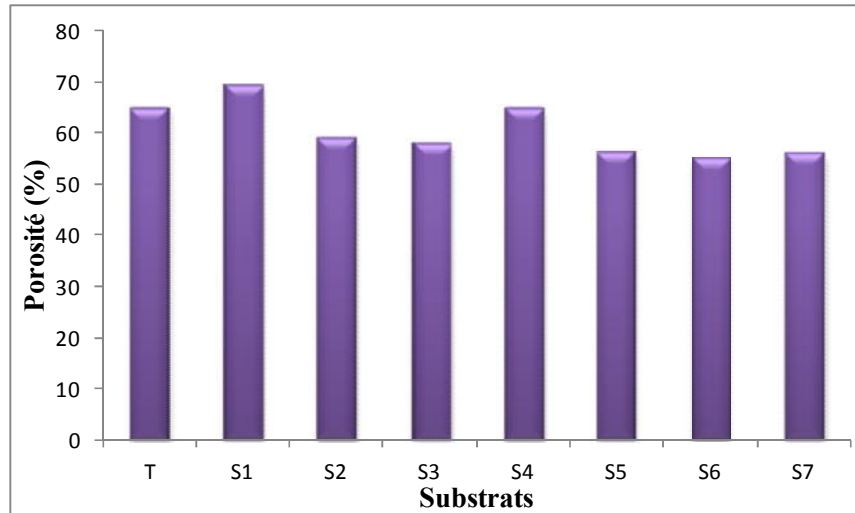


Figure 28 : La porosité des différents substrats

1.2.2- La densité apparente :**Pour les matériaux :**

D'après la figure 29 qui illustre la variabilité de la densité apparente en fonction des matériaux testées, on peut dire que l'humus est le matériau le plus compacte, sa densité est égale à 1.14g/cm^3 , tandis que l'écorce est peu compacte il présente une faible densité apparente (0.29g/cm^3).

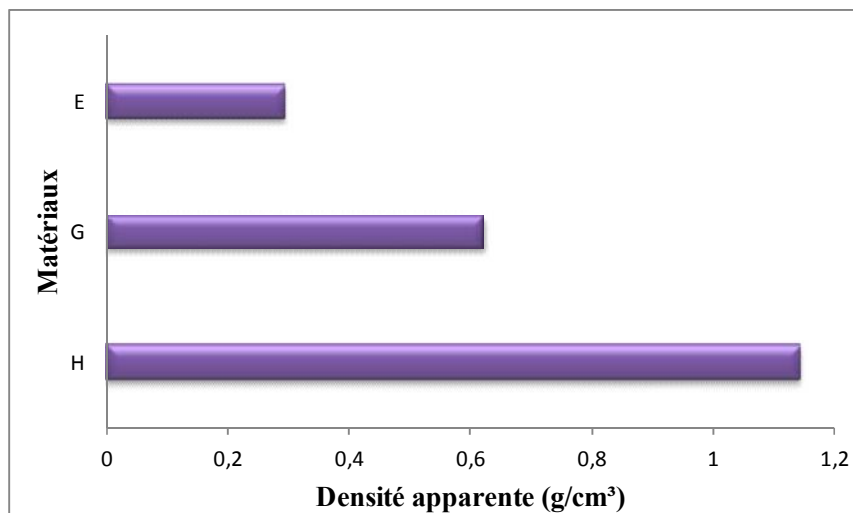


Figure 29 : La densité apparente des matériaux

Pour les substrats :

Parmi les mélanges confectionnés on constate que le substrat S3 présente une forte densité apparente (1.01g/cm^3), alors que la terre végétale marque une valeur minimal de ce paramètre . Ces valeurs sont considérées comme acceptables pour la culture des plants en pépinière car elles sont comprise entre $1,00\text{g/cm}^3$ et $1,80\text{g/cm}^3$.

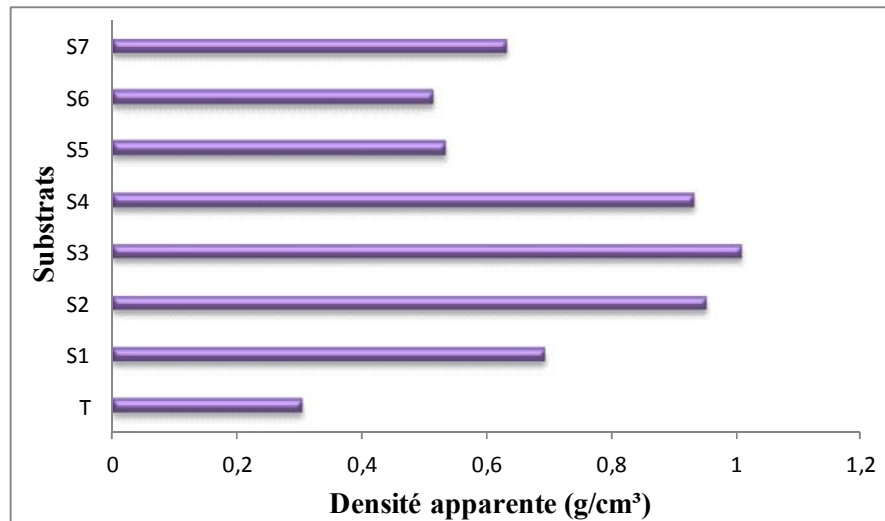


Figure 30 : La densité apparente des différents substrats

1.2.3- L'humidité :

L'humidité représente la quantité d'eau que peut retenir un sol soumis aux conditions d'assèchement naturelles (Chaabna Bouzitoune, 2012).

Concernant les matériaux :

D'après la figure 31, nous constatons que l'humidité minimale est enregistrée chez l'humus (58%), alors que celle maximale est observée pour l'écorce (191%).

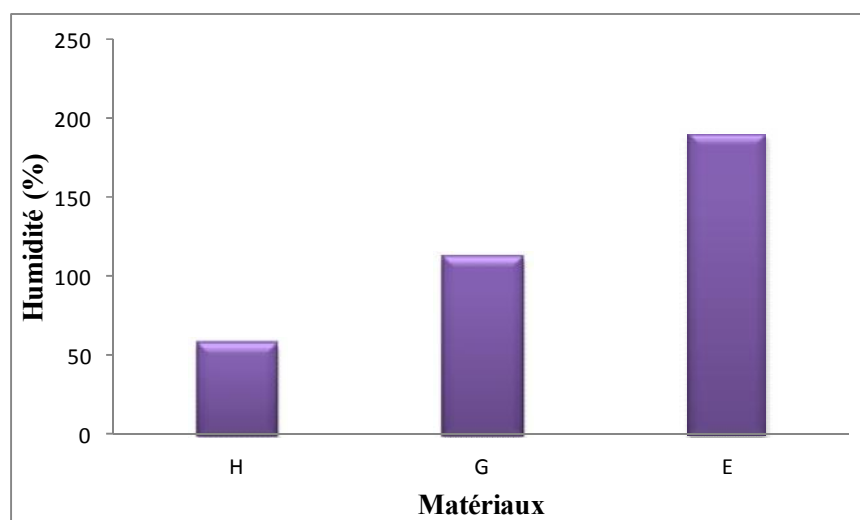


Figure 31 : L'humidité des matériaux

Concernant les substrats :

On a enregistré une valeur minimale (57%) au niveau du substrat S3 composé essentiellement de 50% d'humus et 50% de grignon d'olive. Alors que la valeur maximale est observé pour le substrat S4 (241%).

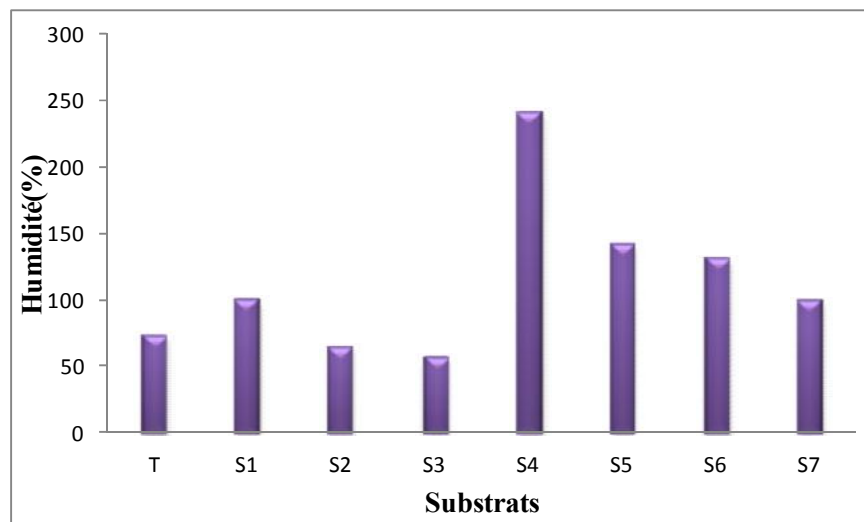


Figure 32 : L'humidité des différents substrats

1.2.4- La perméabilité :

Le critère retenu pour mesurer la perméabilité est la vitesse de percolation de l'eau exprimée en cm^3 /heure.

Pour les matériaux :

D'après la figure 33 qui représente le volume d'eau écoulé en fonction du temps dans les différents matériaux, on remarque que l'écorce est le matériau le plus perméable. Après 15 secondes le volume écoulé est de 72.08ml pour l'écorce et seulement 11.05ml pour l'humus ce qui nous indique que ce dernier retient l'eau entre ses particules.

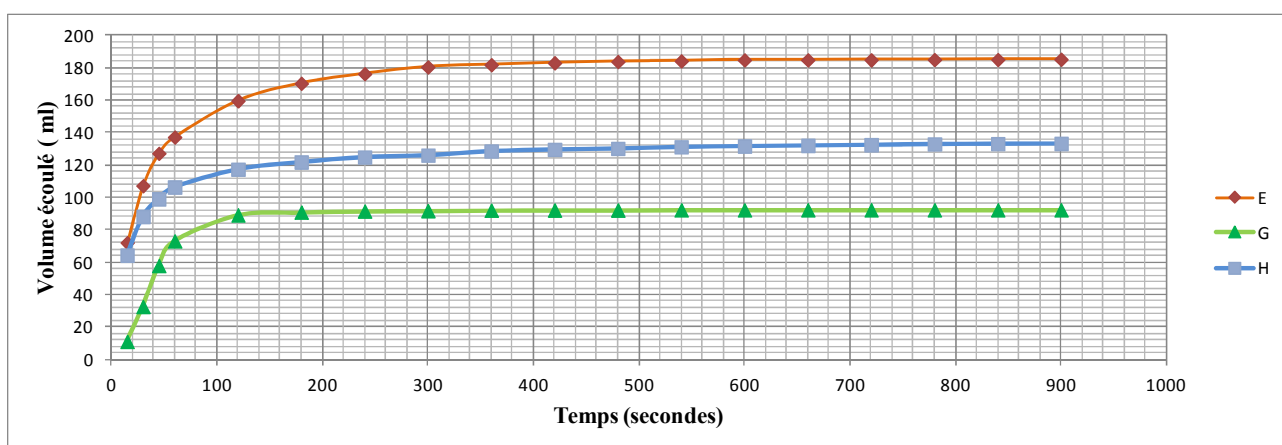


Figure 33 : Le volume d'eau écoulé en fonction du temps

D'après le tableau 11 on remarque que l'écorce est le matériau le plus perméable, son perméabilité est égale à 1.5ml/s, alors que l'humus présente une perméabilité faible (0,77ml/s) par rapport aux autres matériaux testés.

Tableau 11 : La perméabilité des matériaux après 2min.

Matériaux	Perméabilité (ml/s)
H	0,77
G	1,05
E	1,50

Concernant les mélanges :

On peut dire que le substrat S1 composé de 30% d'humus et 70% de grignon d'olive est le substrat le plus perméable qui présente un volume d'eau écoulé de 96.36ml après 15 secondes. Cependant le substrat S2 est le substrat le moins perméable par rapport aux autres mélanges puisque la quantité écoulée est de 5.37ml.

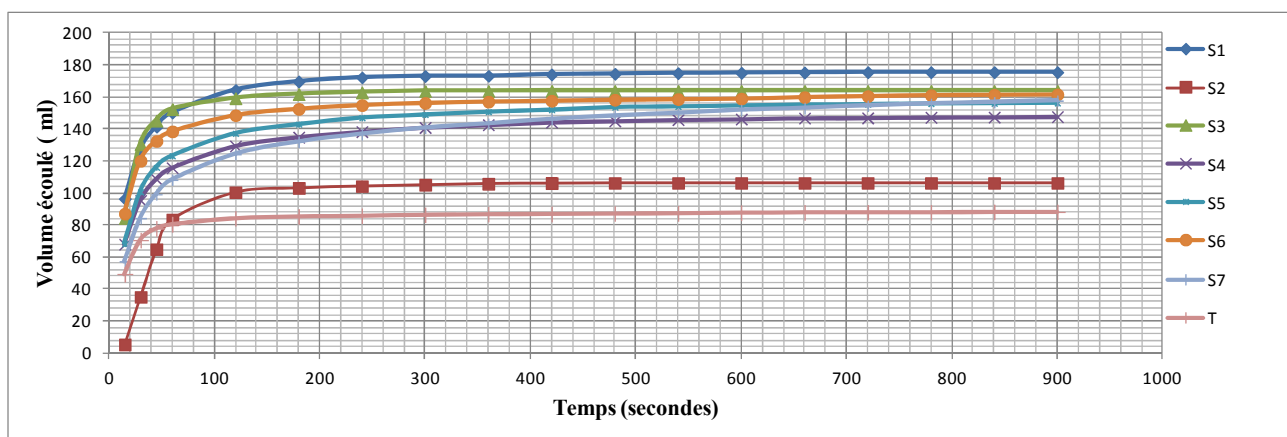


Figure 34 : Le volume d'eau écoulé en fonction du temps

Selon le tableau 12 nous constatons que la valeur de la perméabilité la plus importante est affichée au niveau du substrat S1 (1.44ml/s), alors que la valeur la plus faible est enregistrée chez le témoins (0.72ml/s).

Tableau 12 : La perméabilité des substrats après 2min.

Les substrats	Perméabilité (ml/s)
T	0,72
S1	1,44
S2	0,88
S3	1,36
S4	1,17
S5	1,24
S6	1,30
S7	1,17

1.2.5- La vitesse d'assechement :

Pour les matériaux :

La figure 35 représente la vitesse d'assechement des matériaux, on remarque que l'écorce de pin tend à s'assécher rapidement. Il perd (-0.79 ml/cm³/h). Alors que l'humus est caractérisée par une vitesse d'assechement relativement faible (-0.39 ml/cm³/h).

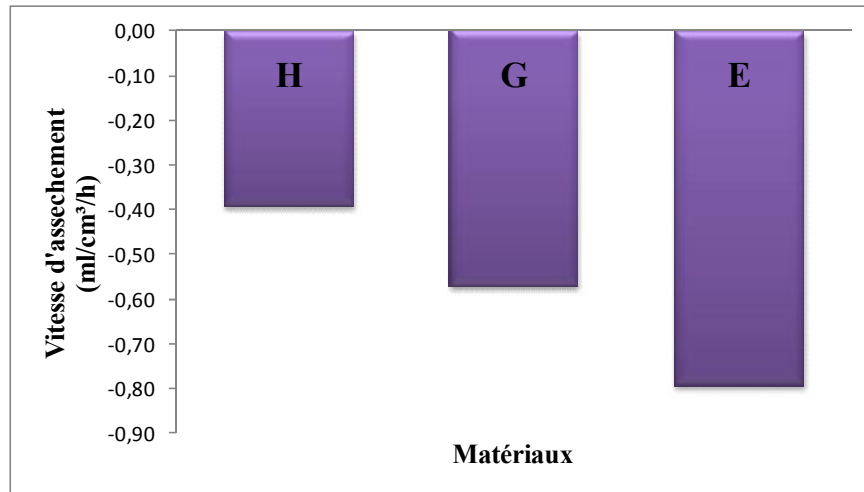


Figure 35 : La vitesse d'assèchement des différents matériaux testés

Pour les substrats :

Pour les substrats, la vitesse d'assechement la plus importante est remarquée au niveau du S1 (-0.75), la plus faible valeur de la vitesse d'assechement est observée pour le témoin.

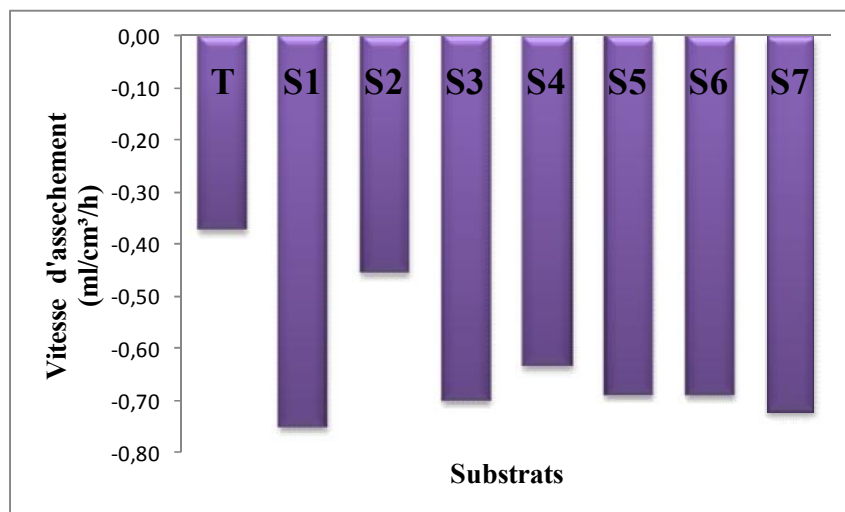


Figure 36 : La vitesse d'assechement des différents substrats

2- Résultats des paramètres biométriques :

Les mesures biométrique pratiquées concernent les paramètres suivants : hauteur de la partie aérienne (Ha), diamètre au collet (Dc), longueur racinaire (Lr), poids frais de partie aérienne (PFA), poids frais racinaire (PFR), poids sec aérienne (PSA), poids sec racinaire (PSR) et nombre de feuilles.

2.1- Hauteur de la partie aérienne :

La figure 37 montre que la hauteur de la partie aérienne diffère d'un substrat à l'autre, ou le maximum est enregistrée chez les plantes élevés dans le mélange S7 ($16.13 \pm 2.22\text{cm}$), ce mélange est composé essentiellement de 25% d'humus, 25% grignon d'olive et 50% de terre végétale. Concernant la valeur la plus faible de la hauteur, elle est enregistrée pour le témoin ($10.71 \pm 0.66\text{cm}$).

Tous les plants de chêne liège élevés dans les différents substrats réponds aux normes de croissance proposés par Lamhamedi (2000) sauf les plants élevés dans les substrats S3 et S4 et le témoin.

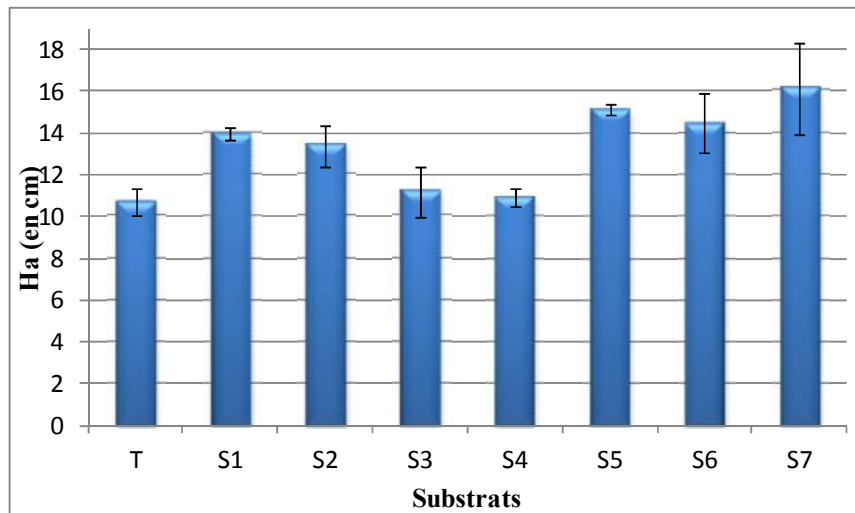


Figure 37 : Hauteur de la partie aérienne des plants de chêne liège élevés dans différents substrats

Le test de l'analyse de la variance à un critère de classification révèle l'existence d'un effet très hautement significative des substrats sur la hauteur de la partie aérienne ($P < 0,001$) (Tab.13).

Tableau 13 : Analyse de variance pour la hauteur de la tige.

Source	DDL	Sc	Mc	F	Pr > F	Signification
Substrat	7	272,802	38,972	6,788	< 0,0001	***
Erreur	64	367,467	5,742			
Total corrigé	71	640,269				

Le test Newman et Keules au seuil de 5% fait ressortir 2 groupes homogènes (A et B) et un groupe intermédiaire (AB) qui englobe le substrat S2 (Tab.14). Un groupe dominant par les substrats (S7, S5, S6, S1), c'est le groupe (A), alors que les substrats (S3, S4, T) sont affectés au deuxième groupe (B) qui présente les plus faibles taux de croissance aérienne.

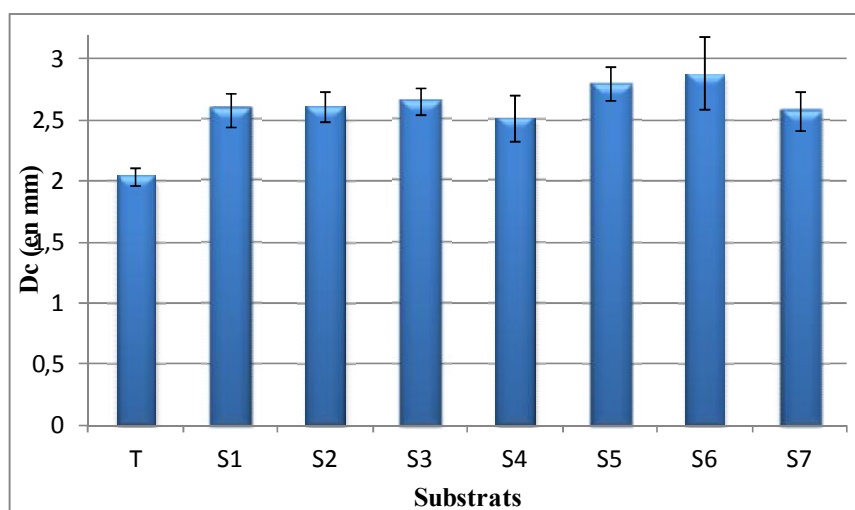
Tableau 14 : Groupes homogènes pour la hauteur de la tige.

Substrats	Ha (en cm)	Groupes homogènes
S7	16,133	A
S5	15,156	
S6	14,489	
S1	13,967	
S2	13,378	AB
S3	11,156	B
S4	10,911	
T	10,711	

2.2- Diamètre au collet :

L'écorce de pin peut influencer la croissance radiale des plants de chêne liège, ce qui a été démontré et représenté par la figure 38 qui nous indique plus l'apport en écorce est important et plus la croissance radiale est plus marquée. Le diamètre le plus important est enregistré au niveau de plantes élevées dans le substrat S6 ($2.89 \pm 0.3\text{mm}$). Cependant, le témoin présent la plus faible croissance en diamètre ($2.03 \pm 0.07\text{mm}$).

Nos résultats confirmés par (Aouati, 2013) qui a travaillé sur l'influence de certains substrats de culture sur le comportement des jeunes plants de chêne liège.

**Figure 38 :** Le diamètre au collet des plants de chêne liège élevés dans les différents substrats

L'analyse de la variance à un critère (Tab.15) signale une différence hautement significative pour ce paramètre biométrique.

Tableau 15: Analyse de variance pour le diamètre au collet.

Source	DDL	Sc	Mc	F	Pr > F	Signification
Substrat	7	4,064	0,581	3,470	0,003	**
Erreur	64	10,709	0,167			
Total corrigé	71	14,773				

Le test Newman et Keules au seuil de 5% donne deux groupes homogènes (Tab.16). Les substrats (S6, S5, S3, S2, S1, S7, S4) occupent le premier groupe A avec la moyenne la plus élevée (2.88mm), tandis que le deuxième groupe contient seulement le témoin avec une moyenne de 2.03mm.

Tableau 16 : Groupes homogènes pour le diamètre au collet.

Substrats	DC en (mm)	Groupes homogènes
S6	2,887	A
S5	2,800	
S3	2,656	
S2	2,607	
S1	2,583	
S7	2,576	
S4	2,518	
T	2,033	B

2.3- Le rapport hauteur de la partie aérienne /diamètre :

D'après la figure 39, le rapport (entre la partie aérienne et le diamètre au collet) est important pour les plantes élevées dans le substrat S7 ($5.84 \pm 0,37$) et faible pour les plantes élevées dans le substrat S3 ($4.08 \pm 0,75$).

Selon Lamhamedi (2000), le calcul de ce rapport a pour but majeur de définir comme «plant de bonne qualité» celui qui représente un rapport (hauteur /diamètre au collet) inférieur à un certain seuil (soit < 8). D'après les résultats obtenus, toutes les modalités présentent des valeurs d'H/D à la norme citée précédemment.

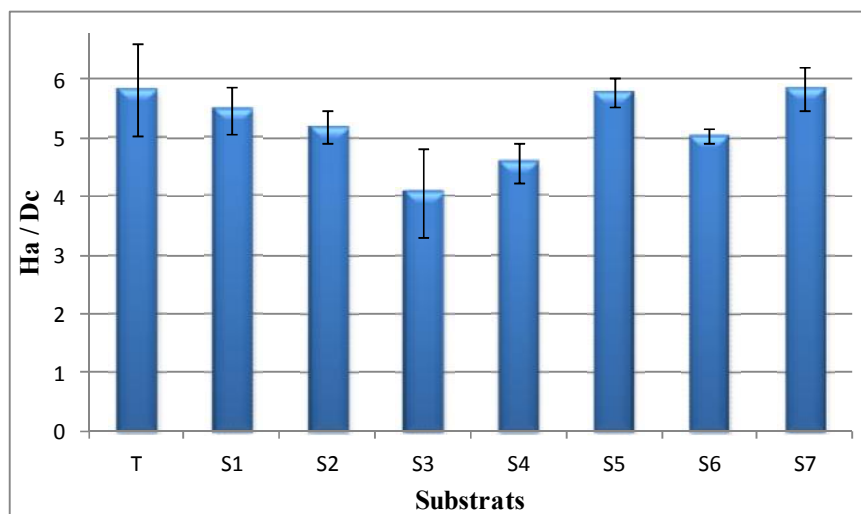


Figure 39 : Le rapport hauteur/diamètre au collet des plants de chêne liège élevés dans les différents substrats

Comme le montre la figure 39, le rapport Ha/Dc est variable entre les substrats, ceci est confirmé par l'analyse de la variance à un seul critère de classification qui montre qu'il existe une différence hautement significative entre les huit substrats (Tab.17)

Tableau 17 : Analyse de variance pour le rapport Ha/Dc.

Source	DDL	Sc	Mc	F	Pr > F	Signification
Substrat	7	25,914	3,702	2,832	0,012	**
Erreur	64	83,662	1,307			
Total corrigé	71	109,576				

Ces résultats sont vérifiés par le biais du test de Newman et Keuls au seuil de 5% qui effectivement nous isole 2 groupes où on note l'affectation de substrats (S7, T, S5) en groupe (A), le substrat S3 en groupe (B), et les substrats (S1, S2, S6, S4) en groupe intermédiaire AB.

Tableau 18 : Groupes homogènes pour le rapport Ha/Dc.

Substrats	Le rapport Ha/Dc	Groupes homogènes
S7	5,837	A
T	5,823	
S5	5,786	
S1	5,472	AB
S2	5,183	
S6	5,048	
S4	4,579	
S3	4,076	B

2.4- Longueur racinaire :

Il est important de mettre l'accent sur la croissance racinaire, surtout lorsqu'on sait que le chêne-liège est une essence qui favorise, au début de son développement, la croissance racinaire aux dépens de la croissance aérienne (Belaidi, 2010).

La longueur cumulée des racines durant les quatre mois est illustrée par la figure 40. On peut constater que la valeur maximale de la croissance racinaire est enregistrée pour les plants de chêne liège élevés dans le substrat S1 où les racines peuvent atteindre (17.92 ± 1.42 cm). Ce mélange est caractérisé par une porosité importante qui favorise un meilleur développement du système racinaire.

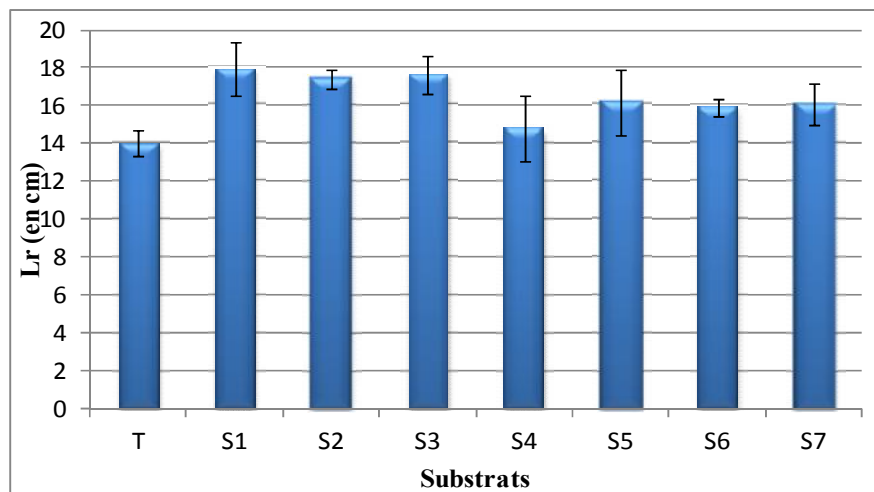


Figure 40 : La longueur racinaire des plants de chêne liège élevés dans les différents substrats

Les substrats représentent une élongation racinaire supérieure à celle enregistrée chez le témoin, les mêmes résultats sont trouvés par Epron *et al.*, (1999) qui ont travaillé sur le chêne.

Les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il y a une différence significative pour ce paramètre (tab.19).

Tableau 19 : Analyse de la variance pour la longueur racinaire.

Source	DDL	Sc	Mc	F	Pr > F	Signification
Substrat	7	120,355	17,194	2,384	0,031	*
Erreur	64	461,578	7,212			
Total corrigé	71	581,933				

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% fait ressortir un seul groupe homogène.

2.5- Le rapport hauteur de la partie aérienne /longueur racinaire :

L'effet des différents substrats sur le rapport longueur partie aérienne /longueur racinaire est illustré dans la figure 41. Le rapport maximal est enregistré pour les plants du substrat S7 (1 ± 0.07), alors que le rapport minimal est observé pour les plants élevés dans le substrat S3 (0.63 ± 0.04).

La réduction du rapport Ha/Lr pour le substrat S3, composé de 50% de grignon d'olive et 50% d'humus, indique une inhibition de la croissance aérienne et la conservation de celle souterraine.

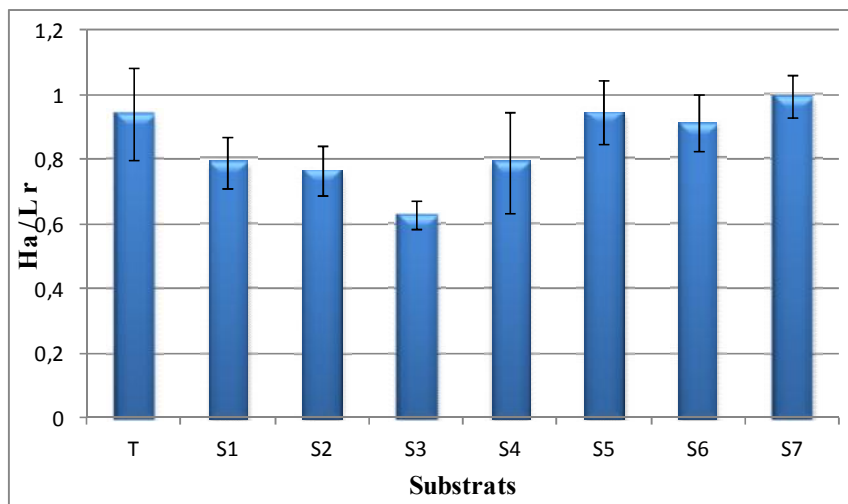


Figure 41 : Le rapport hauteur de la partie aérienne sur longueur racinaire des plants

Toutefois, les résultats de l'analyse de la variance (Tab.20) montrent que le test est hautement significatif pour ce paramètre.

Tableau 20 : Analyse de variance pour Ha/Lr.

Source	DDL	Sc	Mc	F	Pr > F	Signification
Substrat	7	0,957	0,137	3,159	0,006	**
Erreur	64	2,771	0,043			
Total corrigé	71	3,729				

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5%, dégage 2 groupes homogènes. Les substrats (S7, S5, T, S6) en groupe A, alors que le groupe B englobe le substrat S3. Ainsi un groupe intermédiaire AB englobe les substrats (S1, S4, S2).

Tableau 21: Classement de moyenne pour le rapport Ha/Lr.

Substrats	Le rapport Ha/Lr	Groupes homogènes
S7	0,997	A
S5	0,949	
T	0,942	
S6	0,914	
S1	0,791	AB
S4	0,791	
S2	0,767	
S3	0,630	B

2.6- Le nombre de feuilles :

Le nombre de feuilles est un bon indice d'une bonne alimentation en eau et en sels minéraux et une bonne production en biomasse par la plante (Dupuitate, 1996).

La figure ci-dessous représente le nombre de feuilles des plants de chêne liège pour les différents types de substrats.

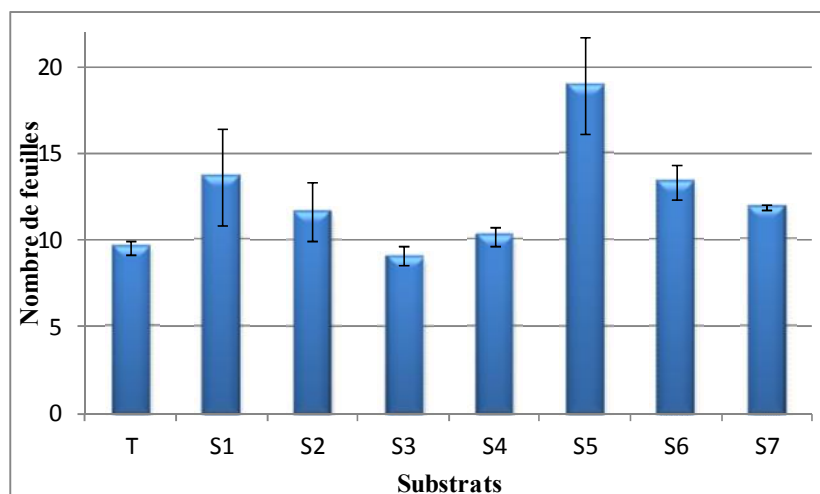


Figure 42 : Le nombre de feuilles des plants en fonction des substrats

Le nombre de feuilles est variable entre les substrats testés, le plus grand nombre de feuilles est observé chez les plantes du substrat S5 (18 feuilles), par contre au niveau du mélange S3, le nombre de feuilles est réduit à (9 feuilles).

L'analyse de la variance pour le nombre de feuilles indique qu'il y a une différence très hautement significative entre les différents substrats (Tab.22).

Tableau 22 : Analyse de variance pour le nombre de feuilles.

Source	DDL	Sc	Mc	F	Pr > F	Signification
Substrat	7	620,431	88,633	9,232	< 0,0001	***
Erreur	64	614,444	9,601			
Total corrigé	71	1234,875				

Le test Newman et Keules au seuil de 5%, fait ressortir 3 groupes homogènes, le groupe dominant A est représenté par le substrat S5, le deuxième est représenté par les substrats S1 et le dernier groupe C englobe le substrat S3. Les substrats (S6, S7, S2, S4, T) occupent le groupe intermédiaire ABC (Tab. 23).

Tableau 23 : Groupes homogènes pour le nombre de feuilles.

Substrats	Nombre de feuilles	Groupes homogènes
S5	18,889	A
S1	13,667	B
S6	13,333	BC
S7	11,889	
S2	11,667	
S4	10,222	
T	9,556	
S3	9,111	C

2.7- Poids frais de la partie aérienne :

La figure ci-dessous représente le poids frais de la partie aérienne des plants de chêne liège élevés dans les différents types de substrats testés.

Le maximum du poids frais de la partie aérienne des plants de chêne liège est observé pour les plants élevés dans le substrat S5 ($2,17 \pm 0,08\text{g}$). Alors que les plants élevés dans le substrat S4 présentent un poids frais faible par rapport aux autres substrats ($0,86 \pm 0,06\text{g}$).

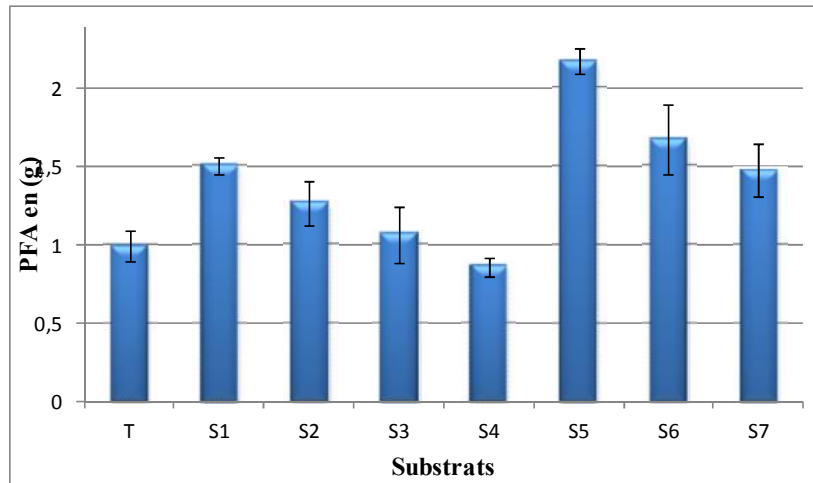


Figure 43 : Le poids frais de la partie aérienne des plants

Des effets très hautement significative ont été relevés de l'effet des substrats sur le poids frais (Tab.24).

Tableau 24 : Analyse de variance pour le PFA.

Source	DDL	Sc	Mc	F	Pr > F	Signification
Substrat	7	11,458	1,637	18,405	< 0,0001	***
Erreur	64	5,692	0,089			
Total corrigé	71	17,150				

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5%, montre 3 groupes, où effectivement la valeur de PFA la plus élevée est enregistrée en substrats S5, cette dernière est affectée au group (A), Par opposition, le substrat S4 est affecté au dernier groupe (E) tandis que les autres groupes sont intermédiaires (BC, CD, DE).

Tableau 25 : Groupes homogènes pour le PFA.

Substrats	PFA en (g)	Groupes homogènes
S5	2,173	A
S6	1,673	B
S1	1,508	BC
S7	1,478	
S2	1,266	CD
S3	1,066	DE
T	0,993	
S4	0,860	E

2.8- Poids frais de la partie racinaire :

Nous constatons d'après la figure 44 que le poids frais de la partie racinaire des plants de chêne liège varie en fonction du substrat de culture.

Au niveau racinaire, la production maximale de la matière fraîche est enregistrée chez les plants de chêne liège de substrat S5 avec $3.43 \pm 0.4g$, alors que la production minimale est affichée pour les plants élevés dans le substrat S4.

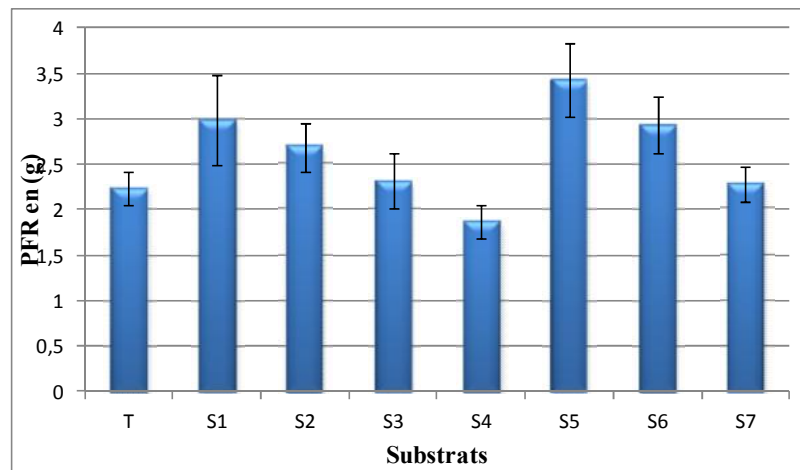


Figure 44 : Le poids frais de la partie racinaire des plants

Ces résultats sont prouvés statistiquement par l'analyse de la variance à un seul critère de classification qui représente une différence très hautement significative pour la biomasse de la partie racinaire (Tab. 26)

Tableau 26 : Analyse de variance pour PFR.

Source	DDL	Sc	Mc	F	Pr > F	Signification
Substrat	7	16,212	2,316	5,113	0,000	***
Erreur	64	28,991	0,453			
Total corrigé	71	45,203				

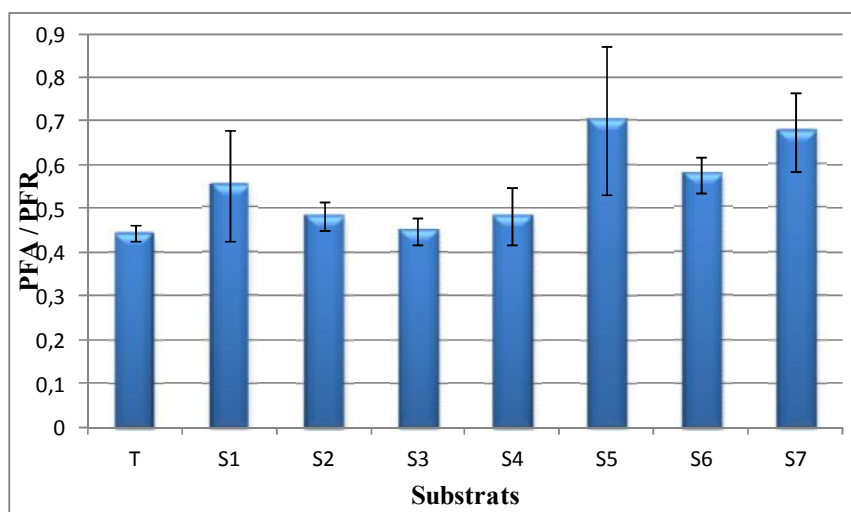
La comparaison des moyennes révèle l'existence de 3 groupes homogènes, ou le groupe dominant (A) comprend le substrat S5 avec la plus forte valeur (3.43g), alors que le dernier groupe (C) englobe le mélange S4 avec les plus faibles moyennes, alors que les autres groupes (AB, ABC, BC) sont intermédiaires.

Tableau 27 : Groupes homogènes pour le PFR.

Substrats	PFR en (g)	Groupes homogènes
S5	3,430	A
S1	2,984	AB
S6	2,927	
S2	2,689	ABC
S3	2,318	BC
S7	2,276	
T	2,233	
S4	1,871	C

2.9- Le rapport PFA/PFR :

Comme le montre la figure 45, le rapport de biomasse fraîche PFA/PFR est variable entre les différents substrats, la valeur la plus importante est enregistrée par les plants élevés dans le substrat S5 (0.70 ± 0.17), le rapport le plus faible est observé au niveau du témoin (0.44 ± 0.02). Ceci peut expliquer par l'inhibition de la croissance pondérale des organes photosynthétiques et la conservation de celle des racines.

**Figure 45 :** Le rapport PFA/PFR des plants des différents substrats

Le test de l'analyse de la variance (Tab.28) révèle qu'il existe une différence hautement significative des moyennes de rapport PFA/PFR.

Tableau 28: Analyse de variance pour le rapport PFA/PFR.

Source	DDL	Sc	Mc	F	Pr > F	Signification
Substrat	7	0,636	0,091	2,839	0,012	**
Erreur	64	2,049	0,032			
Total corrigé	71	2,686				

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% fait ressortir un seul groupe homogène.

2.10- Le poids sec de la partie aérienne :

La biomasse sèche peut être définie comme le reflet des réserves accumulées préalablement et résultent de l'activité photosynthétique (Maziliak, 1982).

D'après la figure 46, nous constatons que le poids sec de la partie aérienne des plants de chêne liège sont assez variables d'un mélange à l'autre, le maximum est affiché chez les plants du substrat S5 avec une valeur de 0,78g alors que le minimum est enregistré chez les plants élevés dans le substrat S4.

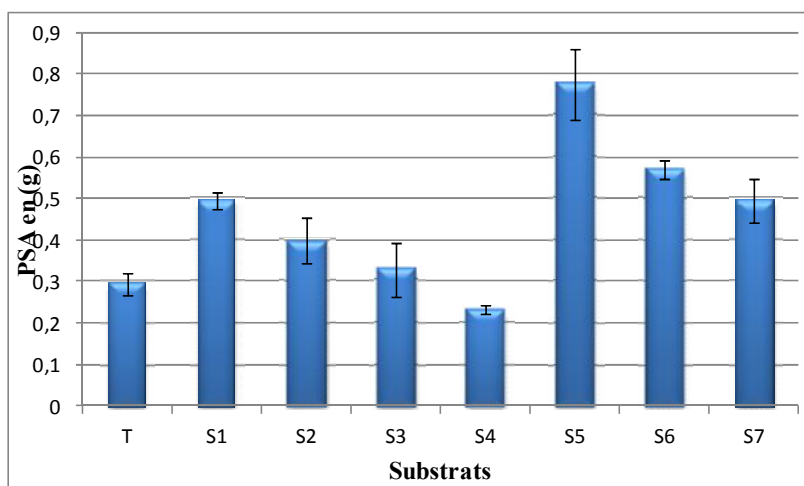


Figure 46 : Le poids sec de la partie aérienne des plants

Les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il y a une différence très hautement significative pour ce paramètre (Tab.29).

Tableau 29 : Analyse de variance pour PSA.

Source	DDL	Sc	Mc	F	Pr > F	Signification
Substrat	7	1,919	0,274	23,950	< 0,0001	***
Erreur	64	0,733	0,011			
Total corrigé	71	2,652				

Le test de NEWMEN et KEULS au seuil de 5% fait ressortir 3 groupes homogènes et 3 groupes intermédiaires. Le groupe dominant (A) englobe le substrat S5 alors que le substrats S4 est affecté au groupe E (Tab. 30).

Tableau 30 : Groupes homogènes pour PSA.

Substrats	PSA en (g)	Groupes homogènes
S5	0,776	A
S6	0,570	B
S1	0,496	BC
S7	0,493	
S2	0,399	CD
S3	0,329	DE
T	0,294	
S4	0,232	E

2.11- Le poids sec de la partie racinaire :

Au niveau racinaire, la production maximale de matière sèche racinaire est enregistrée dans les plants de chêne liège élevés dans le substrat S2 ($0.94 \pm 0.08g$), alors que la production minimale est enregistrée chez le substrat S4 ($0.55 \pm 0.08g$).

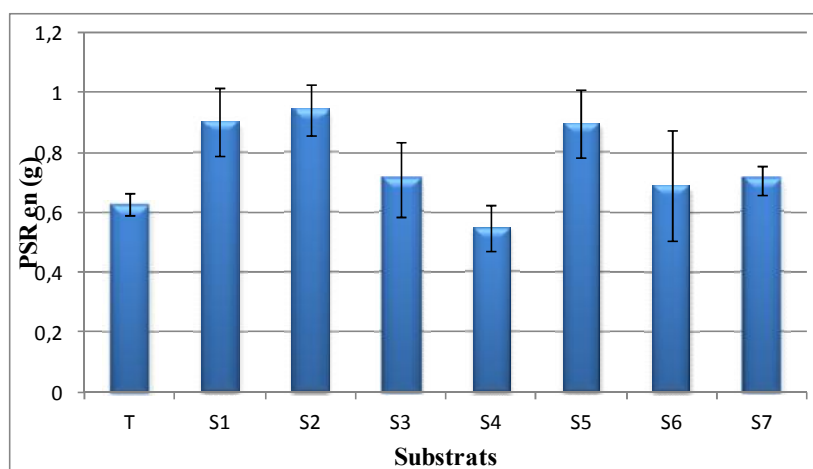


Figure 47 : Le poids sec de la partie racinaire des plants

Ces résultats sont prouvés statistiquement par l'analyse de la variance qui représente une différence hautement significative pour le poids sec racinaire.

Tableau 31 : Analyse de variance pour PSR.

Source	DDL	Sc	Mc	F	Pr > F	Signification
Substrat	7	1,300	0,186	3,223	0,005	**
Erreur	64	3,687	0,058			
Total corrigé	71	4,987				

Le test de NEWMEN et KEULS au seuil de 5% fait ressortir 2 groupes homogènes: le premier A est représenté par plusieurs substrats (S2, S1, S5), un groupe intermédiaire AB qui englobe les substrats (S3, S7, S6, T), et un dernier groupe B représenté par le substrat S4.

Tableau 32 : Groupes homogènes pour le PSR.

Substrats	PSR en (g)	Groupes homogènes
S2	0,942	A
S1	0,902	
S5	0,898	
S3	0,710	AB
S7	0,709	
S6	0,690	
T	0,627	
S4	0,549	B

2.12- Le rapport PSA/PSR :

La figure 48 montre que le rapport de la biomasse PSA/PSR est variable selon la composition des substrats de culture.

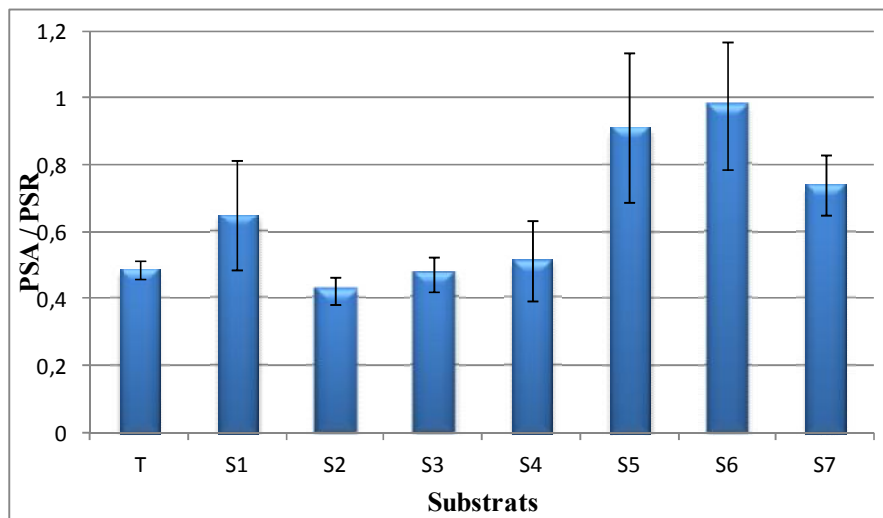


Figure 48 : Le rapport PSA/PSR des plants

Le test de l'analyse de la variance à un seul facteur contrôlé pour le rapport PSA/PSR révèle une différence très hautement significative.

Tableau 33 : Analyse de variance pour le rapport PSA/PSR.

Source	DDL	Sc	Mc	F	Pr > F	Signification
Substrat	7	2,800	0,400	4,992	0,000	***
Erreur	64	5,128	0,080			
Total corrigé	71	7,927				

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% fait ressortir 2 groupes homogènes en affectant les substrats (S6, S5) au groupe (A). Par opposition, les substrats (S4, T, S3, S2) sont affectés au dernier groupe (B), et les autres substrats sont affectés au groupe intermédiaire AB.

Tableau 34 : Groupes homogènes pour le rapport PSA/PSR.

Substrats	Le rapport PSA/PSR	Groupes homogènes
S6	0,978	A
S5	0,913	
S7	0,739	AB
S1	0,650	
S4	0,516	B
T	0,487	
S3	0,474	
S2	0,424	

Le poids sec de la partie aérienne est plus important que le poids sec de la partie racinaire, ceci peut expliquer que la croissance racinaire des plants est conditionnée dans des pots qui permettent un autocanon des racines, et par conséquent la croissance racinaire sera limitée.

3- Corrélation entre les paramètres morphologiques :

Cette matrice a pour objet de tester les liaisons qui peuvent exister entre les variables morphologiques.

Tableau 35 : Matrice de corrélation entre les variables morphologiques.

Variables	Ha	DC	LR	NR de feuilles	PFA	PSA	PFR	PSR
Ha	1							
DC	0,586	1						
LR	0,318	0,538	1					
NR de feuilles	0,701	0,563	0,176	1				
PFA	0,821	0,638	0,264	0,947	1			
PSA	0,819	0,640	0,269	0,941	1,000	1		
PFR	0,613	0,566	0,422	0,880	0,904	0,904	1	
PSR	0,514	0,366	0,734	0,576	0,585	0,581	0,758	1

Au seuil de 5%, les valeurs de coefficient de corrélation qui relient les différentes variables sont comprises entre 0.7 et 1, témoignant d'une corrélation significative et fortement positive entre les variables (Tab.37). La hauteur de la tige est positivement corrélée à celle de poids frais de la partie aérienne, au poids sec de la partie aérienne. Ainsi la longueur racinaire est positivement corrélée au poids sec racinaire. Il ya une forte corrélation positive entre le nombre de feuilles et le poids frais aérienne et aussi racinaire. La valeur de corrélation la plus élevée est observée entre le poids frais aérien et le poids sec aérien.

Conclusion

Conclusion générale

Dans le cadre de montrer l'influence de certains substrats sur la croissance des jeunes plants de chêne liège, notre étude est portée sur la comparaison de quelques substrats de culture (composés essentiellement d'un seul rétenteur qui est l'humus, et deux aérateurs (le grignon d'olive et l'écorce de pin))

Les résultats des analyses physico-chimiques nous permettent d'affirmer que le grignon d'olive et l'écorce de pin peuvent être valorisés, non pas comme substrat mais plutôt comme l'un des constituants de substrat de culture.

D'après les analyses chimiques des mélanges confectionnés, on peut dire que le substrat S5 est le meilleur substrat de culture puisque il renferme une quantité de sel tolérable pour les plants avec un pH proche de la neutralité qui facilite l'absorption des oligo-éléments par les racines des plantes.

Pour les paramètres physiques, il ressort de notre étude que le mélange S6, composé essentiellement de 50% d'humus et 50% d'écorce de pin, est le meilleur substrat de culture puisque il est peu compact et caractérisé par une porosité acceptable qui permet une bonne circulation de l'air et de l'eau entre les particules du substrat.

Concernant les paramètres biométriques, les mélanges S7 et S5, S6 donnent les meilleurs résultats à savoir : la croissance en hauteur et en diamètre, le nombre de feuilles et la biomasse aérienne et racinaire, ce qui prédestinent leur utilisation en priorité en pépinière hors sol pour la production des plants de chêne liège.

Enfin, on peut dire que tous ces résultats restent au stade expérimental, mais restent tout de même significatifs car ils ont apporté un plus par rapport à ceux obtenus chez le témoin, chose qui pourrait être bénéfique et en même temps encourageante pour les chercheurs, qui veulent résoudre le problème de régénération du chêne liège. Cependant, il faut savoir que le choix du substrat ne suffit pas à lui seul, pour garantir un avenir certain de nos reboisements, il faut alors penser à sélectionner à l'intérieur d'une même population d'arbre, des individus susceptibles de fournir des gains génétiques importants.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

Alatou D., (1992). Croissance rythmique de deux espèces de chêne : chêne Zéen et chêne liège. 2ème séminaire national de la biologie végétale et environnement. Annaba octobre. 1992, 109p.

Alatou D., (1994). Croissance rythmique du chêne liège et du chêne Zéen- première journée sur les végétaux ligneux-(Constantine 14 et 15 novembre 1994).

Amandier L., (2002). La subéraie, biodiversité et paysage. Colloque 2002, p : 05.

Andre J.P., (1987). Propriétés chimiques des substrats, Ed. INRA, Paris, France, pp : 127-137.

Anonyme., (2008). Quelques substrats utilisés en botanique Version du 7 août 2008, p : 03.

Anonyme., (2010). Perlite expansée, le succès de vos cultures, p : 03.

Antoine., (2000). Production de plants agro forestiers, p : 30.

Aouati A., (2013). Contribution à l'étude de l'influence de certains substrats de culture et de la provenance des glands sur le comportement des jeunes plants de chêne liège (*Quercus suber L*) dans la pépinière de Sidi Merouane -Wilaya de Mila-. Thèse ing. En foresterie, Batna, 70p.

Arbouche Y., (2006). Valorisation nutritive du gland de chêne vert (*Quercus ilex*) et liège (*quercus suber*) dans l'alimentation du bétail. Thèse. Ing. En agronomie, Tarf, pp : 03.

Argillier C; Flaconnet G; Gruez J., (1991). Production de plants forestiers. Ron centres forestières-chercheurs en forêt méditerranéenne. La grande Motte(34), 6-7 octobre 1992. pp :55-66 ED.INRA Paris 1993(les colloques N°63).

Azzi H., (1997). Mise au point de quelques substrats de culture à partir de matériaux organiques disponibles dans la région de Sétif pour la production des plants en pépinière. Thèse. Ing. En écologie forestière, Sétif, 152p.

Baize D et Jabiol B., (1995). Guide pour la description des sols. Edit.I.N.R.A., Paris, Impri.Louis.Jean, p : 18.

Belabbes D., (1996). Le chêne-liège, la forêt Algérienne, février, mars 1996, pp : 26-30.

Références bibliographiques

Belaidi A., (2010). Etude comparative de trois provenances de chêne liège (*Quercus suber L*) élevées sur différents substrats en pépinière hors-sol de Guerbes (Wilaya de Skikda). Thèse de Magister. En Gestion durable des écosystèmes forestiers, Batna, 114p.

Belhoucine L., (2013). Les champignons associés au *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera, Curculionidae, platypodinae) dans jeune peuplement de chêne liège du forêt de Msila (Oran, nord ouest d'Algérie) : Etude particulière de la biologie et l'épidémiologie de l'insecte. Thèse de Doctorat. En agronomie, Tlemcen, pp : 06.

Belkhdar J., (2003). Les Maghreb à travers ces plantes ; plantes, productions végétales et traditions au Maghreb. Ethnobotanique, histoire et société : Les espèces Emblématiques de la tradition locale, pp : 04.

Bencheikh R., (1992). Contribution à l'étude bioécologique et du contrôle naturel d'*Euproctis chrysorrhoea* L. (Lepidoptera- Lymantriidae) dans la subéraie de Jijel, Thèse Ing, Inst. Nat. Agr, El-Harrach, Alger, 41p.

Benterrouche I., (2007). Réponses éco physiologiques d'essences forestières urbaines soumis à une fertilisation avec les boues d'épuration. Thèse de Magister. En écologie et environnement, Costontine, p : 58.

Blanc D., (1987). Les cultures hors sol. Deuxième édition INRA (Paris), 409 p.

Bonneau M ; Nys C ; Porte A ; Adrian M ; Didier S., (1997). Effet de la fertilisation minérale et du drainage sur la croissance des jeunes chênes, sur des sols lessive à pseudogley de la région de Blois, p : 84.

Bouabdellah S et Boukerdena F., (1997). Distribution spatio-temporelle des pontes de *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera-Lymantriidae) dans la forêt de Zitouna (Collo). Thèse de Magister. En Agronomie, Alger, p : 60.

Boufares K., (2012). Comportement de trois variétés de pommes de terre (Spunta, Désirée et Chubaek) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique. Thèse de Doctorat. En amélioration de la production végétale et biodiversité, Batna, p : 22.

Bouhraoua et al ., (2002). Situation sanitaire de quelques subéraies de l'Ouest algérien : impact des xylophages, *IOBC/wprs Bull.*, pp : 85-90.

Boukerker H., (2007). L'influence des substrats de culture sur l'enracinement de plants sous abri. Thèse de Magister, Batna, pp : 07.

Références bibliographiques

Chaabna Bouzitoune S., (2012). Etude des facteurs de dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber* L.). Etat sanitaire des subéraies du Nord-est Algérien. Thèse de Magister. En éco- Ethologie, Annaba, 145p.

Chakali G et Ghelem M., (1996). Les insectes ravageurs du chêne liège, *Quercus suber* L. en Algérie, in: Actes sémin. médit. Sur la régénération des forêts de chêne liège, Tabarka-Tunisie, 22–24 octobre 1996, pp : 253–255.

Cheriet C., (2009). La subéraie algérienne dans le bassin méditerranéen : Importance, répartition et diagnostic écologique, pp : 05.

Chiheb A et Aouad H., (1998). Les possibilités de développement de la subéraies dans le parc national d'El-kala, C.R des 1ères journées techniques sur le chêne liège. Parc national d'El-kala, pp : 06.

Çiçak Nuran et Çakirlar Husnii., (2002). The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. Bulg.J.Plant Phisiol.

DGF., (2003). Rapport sur le dépérissement du chêne-liège. Conservation des forets de Guelma, p : 03.

Epron D; Toussat M L; Badot P M., (1999). Effect of sodium chloride salinity on root growth and respiration in oak seedlings. ann.for.Sci.56p.

Fekhar A., (2012). Création de pépinière de production des plantes ornementales dans les zones arides et semis arides. Thèse de Magister. En phytochimie, Ouargla, pp : 03.

Foucard J., (1994). Filière pépinière de la production et de la plantation Technique et documentations, édition Lavoisier Paris, 428p.

François M ; Chantal F ; Frédéric F., (2014). Réussir la plantation forestière, 3ème édition décembre 2014, p : 45.

Hannah J., (2006). Bonnes pratiques de culture en pépinière forestière, p : 34.

Institut Méditerranéenne du Liège, (2005). Une valorisation allant de la sylviculture à transformation du bois, pp : 02.

Karoune S., (2008). Effet du bous résiduaire sur le développement des semis du chêne liège (*Quercus suber*L.). Thèse de Magister. En écologie végétale, Constantine, 244p.

Khidour M ; Bouchanek M ; Benmakhlof N., (2014). Etude de l'influence des méthodes de culture sur les différents paramètres morphologiques du chêne liège (*Quercus suber* L.). Thèse de Master. En biologie végétale, Mila, p : 18.

Références bibliographiques

Laala A et Maameche M., (2002). Contribution à l'étude de l'effet de quelques substrats sur la production des plants forestiers - cas du cyprès. Mémoire d'Ingéniorat en Ecologie et environnement, Sétif, p : 89.

Lamhamedi M ., (2000). Problème des pépinières forestières en Afrique du Nord : Stratégies de développement, cahier d'étude et de recherche francophonie, agriculture.369p

Laggoun F., (2011). Les tourbières, zones humides de biodiversité et de capture du CO₂, p : 04.

Lemaire F et Morel P., (1990). Cultures en pots et conteneurs : principe agronomiques et application, p : 65.

Maire R., (1961). Note phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie avec une carte/Alger.

Maziliak P., (1982). Physiologie végétale croissance et développement. vol. Ed. Herman. 461p.

Merouani H., (1996). Contribution à l'étude de la régénération naturelle du chêne liège (*Quercus suber L.*) Maturité et germination des glands, thèse Magistère, Ecophysiologie, Tizi-Ouzou, 122p

Mezali m., (2003). Situation de la subéraie et la production du liège. Atelier sur le liège, p : 12.

Michel J., (2010). Les supports de culture : Bases agronomiques – Marché & tendances stratégiques, p : 16.

Piazzetta R., (2005). Etat des lieux de la filière liège française .Institut Méditerranéen du liège –Vivès, pp : 13-25.

Rached M., (1993). Les recherches méthodologiques en vu d'un zonage viti-vinicole d'une commune Gersoise nommée Gondrin. Thèse de Magister, Constantine, p : 88.

Resche., (2008). Appréciation de l'exposition aux produits phytosanitaires des salariés en production de tomates sous serres dans le finistere, pp : 05.

Roula S., (2005). Caractérisation physico-chimiques et valorisation des boues résiduelles urbaines pour la confection de substrats de culture en pépinière hors-sol. Thèse de Magister. En forêt et conservation des sols, Batna, pp : 13.

Rout G R et Das P., (2003). Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. INRA, EDP Sciences, agronomie, 23p.

Références bibliographiques

Soltner D., (2000). Les bases de la production végétale T1: le sol. 22^{ème} édition Sciences et techniques agricole Maine et Loire France, 457p.

Titouna D., (2011). Etude numérique de la solution nutritive dans un milieu poreux : cas de la laine de roche floriculture et expert. Thèse de Doctorat. En mécanique énergétique, Batna, pp : 12.

Vallée C et Billodeau G., (1999). Les techniques de culture en multi cellule, ouvrage préparée collaboration avec Gégép régional de Lanaudière à Joliette, les presses de l'université Laval, Canada, p : 379.

Varela M., (2004). Le chêne-liège et les incendies de forêts. E.F.N, Portugal (Poste de forêt national).

Villeneuve., (1999). Fertilisation azotée et utilisation de tests rapides de dosage des nitrates dans la reproduction du brocoli. Mémoire pour l'obtention du grade de maître en Science de l'université Laval, 69p.

Yessad Sid A., (2000). Le chêne liège et le liège dans les pays de la Méditerranée occidentale, Louvain la Neuve A, S, B, L Forêt wallonne, p : 52.

Younsi S., (2006). Diagnostic des essais de reboisement et de régénération du chêne liège (*Quercus suber*L.) dans la région de Jijel. Thèse de Magister. En écologie végétale, Constantine, 142p.

Zeraia L., (1981). Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne liège de Provence cristalline (France méridionale) et d'Algérie. Thèse de doctorat en Sciences, université d'Aix Marseille ,367p.

Zeraia, L., (1982). Le chêne-liège, phytosociologie, édaphologie, régénération et productivité. Institut national de la recherche forestière, pp : 65.

Annexes

Annexe I : Paramètres chimiques.

Tableau I.1 : Le pH des différents matériaux et substrats.

H	7,5
G	8
E	7,36
T	7,9
S1	7,95
S2	8
S3	8,1
S4	7,9
S5	7,84
S6	7,93
S7	7,6

Tableau I.2 : La conductivité électrique en (mmhos/cm) des différents matériaux et substrats.

H	0,1
G	0,4
E	0,6
T	0,4
S1	1,2
S2	0,3
S3	0,3
S4	2,7
S5	1,02
S6	0,8
S7	0,5

Annexe II : Paramètres physiques

Tableau II.1 : La porosité en (%) des différents matériaux et substrats.

H	65
G	71
E	55
T	65
S1	69
S2	59
S3	58
S4	65
S5	56
S6	55
S7	56

Tableau II.2 : La densité apparente en (g/cm³) des différents matériaux et substrats.

H	1,14
G	0,62
E	0,29
T	0,3
S1	0,69
S2	0,95
S3	1,01
S4	0,93
S5	0,53
S6	0,51
S7	0,63

Tableau II.3 : L'humidité pondérale en (%) des différents matériaux et substrats.

H	0,58
G	1,13
E	1,91
T	0,73
S1	1,01
S2	0,63
S3	0,57
S4	2,41
S5	1,41
S6	1,3
S7	0,99

Tableau II.4 : La vitesse d'assèchement en (ml/cm³/h) des matériaux et substrats.

Matériaux et substrats	Vit d'assèchement 1h (ml/cm³/h)
H	-0,39
G	-0,57
E	-0,79
T	-0,37
S1	-0,75
S2	-0,45
S3	-0,70
S4	-0,63
S5	-0,69
S6	-0,69
S7	-0,72

Tableau II.5 : La perméabilité après 5 min en (ml/s) des matériaux et substrats.

La perméabilité en (ml/s)	Les matériaux et substrats
H	0,31
G	0,42
E	0,60
T	0,29
S1	0,58
S2	0,35
S3	0,55
S4	0,47
S5	0,50
S6	0,52
S7	0,47

Annexe III : Paramètres morphologiques

Tableau III.1 : Hauteurs moyennes de la partie aérienne en (cm).

Substrats	Ha en (cm) 15 avril
T	10,71
ET par date	0,66
S1	13,97
ET par date	0,31
S2	13,38
ET par date	1,01
S3	11,16
ET par date	1,21
S4	10,91
ET par date	0,41
S5	15,16
ET par date	0,25
S6	14,49
ET par date	1,45
S7	16,13
ET par date	2,22

Tableau III.2 : Le DC des plants en (mm).

Substrats	DC en (mm) 15 avril
T	2,03
ET par date	0,07
S1	2,58
ET par date	0,13
S2	2,61
ET par date	0,12
S3	2,66
ET par date	0,11
S4	2,52
ET par date	0,19
S5	2,80
ET par date	0,14
S6	2,89
ET par date	0,30
S7	2,58
ET par date	0,17

Tableau III.3 : Lr des plants en (cm).

Substrats	Lr en (cm) 15 avril
T	14,00
ET par date	0,68
S1	17,92
ET par date	1,42
S2	17,41
ET par date	0,47
S3	17,62
ET par date	1,00
S4	14,80
ET par date	1,74
S5	16,14
ET par date	1,74
S6	15,88
ET par date	0,43
S7	16,07
ET par date	1,08

Tableau III.4 : Le nombre de feuilles moyen des plants.

Substrats	Le nombre de feuilles 15 avril
T	9,56
ET par date	0,42
S1	13,67
ET par date	2,76
S2	11,67
ET par date	1,70
S3	9,11
ET par date	0,57
S4	10,22
ET par date	0,57
S5	18,89
ET par date	2,79
S6	13,33
ET par date	0,98
S7	11,89
ET par date	0,16

Tableau III.5 : Le poids frais moyen de la partie aérienne des plants en (g).

Substrats	PFA en (g) 15 avril
T	0,99
ET par date	0,10
S1	1,51
ET par date	0,06
S2	1,27
ET par date	0,14
S3	1,07
ET par date	0,18
S4	0,86
ET par date	0,06
S5	2,17
ET par date	0,08
S6	1,67
ET par date	0,22
S7	1,48
ET par date	0,17

Tableau III.6 : Le poids frais moyen de la partie racinaire des plants en (g).

Substrats	Le PFR en (g) 15 avril
T	2,23
ET par date	0,18
S1	2,98
ET par date	0,50
S2	2,69
ET par date	0,26
S3	2,32
ET par date	0,31
S4	1,87
ET par date	0,18
S5	3,43
ET par date	0,40
S6	2,93
ET par date	0,31
S7	2,28
ET par date	0,19

Tableau III.7 : Le poids sec moyen de la partie aérienne en (g).

Substrats	Le PSA en (g) 15 avril
T	0,29
ET par date	0,03
S1	0,50
ET par date	0,02
S2	0,40
ET par date	0,06
S3	0,33
ET par date	0,07
S4	0,23
ET par date	0,01
S5	0,78
ET par date	0,09
S6	0,57
ET par date	0,02
S7	0,49
ET par date	0,05

Tableau III.8 : Le poids sec moyen de la partie racinaire en (g).

Substrats	PSA en (g) 15 avril
T	0,63
ET par date	0,04
S1	0,90
ET par date	0,11
S2	0,94
ET par date	0,08
S3	0,71
ET par date	0,13
S4	0,55
ET par date	0,08
S5	0,90
ET par date	0,11
S6	0,69
ET par date	0,19
S7	0,71
ET par date	0,05

Annexe IV : Figures.

Figure IV. 1 : Localisation de la pépinière de Sidi Merouane (Laala, 2014).

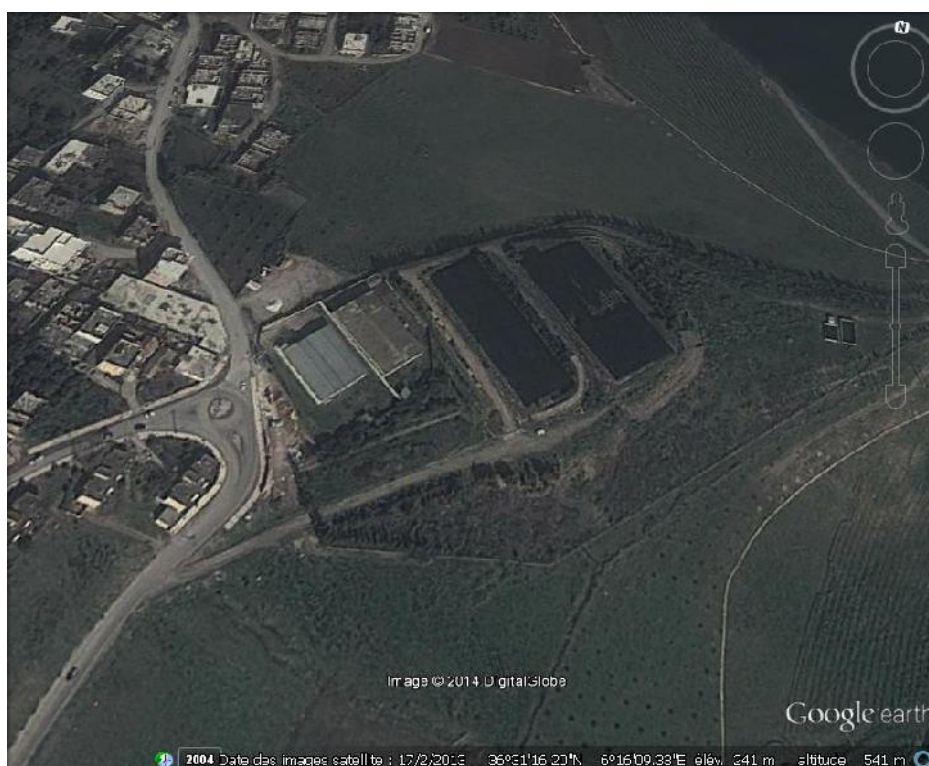


Figure IV.2 : Préparation des substrats de culture.



Résumé

Notre présente étude consiste à caractériser physico-chimiquement certains matériaux tels que l'humus forestier sous peuplement feuillus (H), les tourteaux d'olive (G) et l'écorce de pin (E) et de suivre leurs effets sur la croissance aérienne et racinaire des jeunes plants de chêne liège (*Quercus suber*L). L'élevage des plants a eu lieu en pépinière hors-sol de Sidi Merouane à Mila, dans des conteneurs de type (WM) et en conditions naturel. Les propriétés physico-chimiques ont été évaluées pour les matériaux et pour les différents substrats au début de la période d'expérimentation, alors que les paramètres biométriques ont été évalués à la fin de l'expérimentation (après 4 mois de culture).

Les résultats obtenus nous ont permis de retenir les substrats à base d'écorce de pin (S5 et S6) et le substrat S7, en raison essentiellement de leurs propriétés physiques, chimique et biométrique favorables au développement aérienne et racinaire des plants de Chêne liège. Ces mélanges sont majoritairement légers, aérés et perméable.

Globalement, la valorisation de ces différents matériaux et substrats devient intéressante sur le marché des pépiniéristes horticulteurs, mais l'évaluation des risques de mortalité après plantation des plants et le calcul économique sont encore à faire.

Mots clés : Substrat de culture, Chêne liège, Pépinière hors-sol, Conteneurs WM, croissance.

Abstract

Our present study is to characterize physic-chemically some materials such as the forest humus under population hardwood (H), the olive pomace (G) and the pine bark (E) and to monitor their effects on the growth and aerial root of seedlings of cork oak (*Quercus suber*L). The rearing of seedlings took place in nursery off-ground of Sidi Merouane to Mila, in containers of type (WM) and in natural conditions. The physicochemical properties have been evaluated for the materials and for the different substrates at the beginning of the experimental period, but the biometric parameters were evaluated at the end of the experiment (after 4 months of culture).

The results obtained have allowed us to retain the substrates to basis of pine bark (S5 and S6) and the substrate S7, mainly due to their physical properties, chemical and biometric favorable to development and aerial root of seedlings of cork oak. These mixtures are predominantly light, airy and permeable.

Overall, the valuation of these different materials and substrates becomes interesting on the market of the propagators horticulturists, but the evaluation of mortality risks after planting of seedlings and the economic calculation are still to be done.

Key words: culture substrate, cork oak, Tree Nursery off-ground, Containers WM, growth.



دراستنا تتمثل في معاينة الخصائص الفيزيوكيميائية لبعض المواد و المتمثلة في : الذبال الغابي(H), ثفل الزيتون(G), قشرة الصنوبر الحلبي(E), و متابعة تأثيرات هذه الاخيرة على نمو الجزء الهوائي و الجذري لنباتات البلوط الفليني. زرع النباتات كان في مشتل - خارج التربة - بسيدي مروان في ميلة و ذلك في حاويات من نوع(WM) في ظروف طبيعية.

تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية كان بالنسبة لكل من مختلف المواد و الخلائط كان في بداية فترة التجريب, على عكس الخصائص البيومترية التي كان تقييمها في نهاية فترة التجريب (بعد اربعة اشهر من الزرع).

النتائج المتحصل عليها بينت ان الخليطين اللذين يتكونان من قشرة الصنوبر الحلبي(S5, S6) و الخليط S7 هم الافضل و ذلك رجوعا الى الخصائص الفيزيائية, الكيميائية, البيومترية, التي تعتبر مناسبة من اجل نمو الجزء الجذري و الهوائي لنبات البلوط الفليني. هذه الخلائط بصفة عامة خفيفة, متهوية, نفاذة.

بصفة عامة تثمين مختلف هذه المواد و الخلائط هو شيء مهم في سوق مزارعي المشاتل, لكن خطر الموت بعد الزرع و الخطر الاقتصادي لازال في طور المعالجة.

الكلمات الدالة: خليط تربة, البلوط الفليني, مشتل خارج التربة, حاويات(WM), النمو.