

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la

Recherche Scientifique

Université El Hadj Lakhdar

Batna

Faculté des sciences

Département d'agronomie

Mémoire de Magistère
en Sciences Agronomiques

Option : Gestion durable des écosystèmes forestiers

Étude comparative de trois provenances de chêne
liège (*Quercus suber L*) élevées sur différents
substrats en pépinière hors-sol de Guerbes
(Wilaya de SKIKDA)

Présenté par :
Mr. BELAIDI Abdelouahab

Soutenu le : / /2010.

Devant la commission d'examen :

Mr. B. OUDJEHIH	Prof	Université de Batna :	Président
Mr. A. BENTOUATI	MC (A)	Université de Batna :	Rapporteur
Mr. R. BENSALD	Prof	Université de Skikda :	Examineur
Mr. T. HAZMOUNE	MC (A)	Université de Skikda :	Examineur

Année universitaire : 2009 - 2010

Dédicaces

Il est agréable au moment de présenter ce travail d'adresser mes dédicaces à :

Ma très chère mère, que je ne pourrai remercier assez, pour son soutien moral et matériel, sa compréhension, amour, tendresse, et ses sacrifices, que Dieux lui offre la santé.

Mon cher père pour ses sacrifices, pour mon bien être.

Mes chers frères : Younes, Boubaker et en particulier Ismail et sa petite famille.

Mes chères sœurs : Khaoula, Fadila, Bariza, Saliha, warda et en Particulier Soria, que Dieu lui offre tout ce qui est beaux.

Ma promotion de magistère et mes amis chacun à son nom.

A tous ce que j'aime et qui m'aiment, et ceux qui ont veillé de près ou de loin à l'achèvement de ce travail.

Abdelouahab



Remerciements

Avant tout j'adresse mes remerciements à ELLAH, le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donné durant toutes ces longues années d'études et pour la réalisation de ce travail que j'espère être utile.

Il est agréable au moment de présenter ce travail d'adresser mes remerciements à mon promoteur M^r. BENTOUATI A., Maître de conférences au département d'agronomie de l'université de Batna qui a bien voulu dirigé ce travail, pour tous ses conseils, ses encouragements et la correction du manuel. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Je tiens à remercier également M^r. OUDJEHIL B., professeur au département d'agronomie de l'université de Batna, d'avoir accepté de présider le jury. Qu'il trouve ici ma respectueuse considération.

J'exprime mes remerciements et ma gratitude à M^r. BENSAID R. et HAZMOUNE T., respectivement professeur et maître de conférences à l'université de Skikda, pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Je remercie tous les techniciens des laboratoires en particulier : HADJI N, ABBES.

Mes remerciements vont à tous les personnels de la pépinière de Guerbes en particulier : LAABOUDI B, (gestionnaire de la pépinière), HAKIM D, (ingénieur de recherche), HOCINE, SAMIR ...etc.

Et enfin à tous mes enseignants du primaire à la post-graduation.

Abdelouahab

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Répartition et superficies des peuplements de chêne-liège en Algérie.	06
02	Répartition des différents types de texture en fonction des classes de textures.	13
03	Echelle de classification du pH de la solution du sol.	15
04	Le rapport C/N des principaux matériaux de base des substrats.	17
05	Classe d'appréciation de la CEC des sols d'après la quantité de base échangeable.	17
06	Classification es sols en fonction de la CE et de la somme des anions.	18
07	Classe d'appréciation pour le phosphore assimilable.	20
08	Composition chimique des écorces.	23
09	Les précipitations annuelles de la station de Skikda (2000-2008).	39
10	Caractéristiques physicochimiques du grignon d'olive.	42
11	Composition chimique de l'écorce.	43
12	Composition et dénomination des modalités testées.	44
13	Description écologique des trois provenances.	46
14	Poids moyen de 100 glands de chaque provenance.	46
15	Longueur et diamètre moyennes de 20 glands.	47
16	Résultats des analyses chimiques des substrats.	52
17	Normes d'interprétation du pH de la solution du sol.	53
18	Echelle de salure Européenne.	53
19	Normes d'interprétation du calcaire total.	53
20	Normes d'interprétation de la matière organique selon (SCHAFFER, 1975)	54
21	Normes d'interprétation pour l'azote.	54
22	Classe d'appréciation pour le phosphore assimilable.	55
23	Normes d'interprétation pour la C.E.C.	56
24	Résultats des analyses physiques des substrats.	57
25	Répartition des différents types de texture en fonction des classes de textures.	57
26	Taux de germination de différentes modalités.	59

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Distribution du chêne-liège dans son aire géographique méditerranéenne et atlantique.	05
02	Répartition du chêne-liège dans le bassin méditerranéen.	06
03	Aire de répartition du chêne-liège en Algérie.	07
04	Dépérissement du chêne-liège résulte de multiples interactions.	10
05	Variations mensuelles des précipitations (2000-2008).	39
06	Variation mensuelles des températures.	40
07	Diagramme ombrothermique de Gaussen (station de Skikda).	40
08	Evolution de la température durant les mois d'élevage.	41
09	Evolution de la température durant les mois d'élevage.	41
10	plan du dispositif expérimental.	45
11	Photo du protocole expérimental.	45
12	Localisation des provenances étudiées.	46
13	Photo des glands de trois provenances étudiées.	47
14	Taux de germination de différentes modalités.	59
15	Variation de la hauteur moyenne en fonction des modalités.	60
16	Evolution de la hauteur moyenne en fonction du temps.	61
17	Variation de la croissance moyenne en hauteur en fonction du poids des glands.	62
18	Plants de chêne-liège des différentes modalités.	62
19	Variation du diamètre moyen en fonction des modalités.	63
20	Evolution du diamètre moyen en fonction du temps.	64
21	Variation du nombre de feuille en fonction des modalités.	65
22	Evolution du nombre des feuilles en fonction du temps.	66
23	Variation du nombre de branche en fonction des modalités.	67
24	Evolution du nombre de branches en fonction du temps.	68
25	Variation du Poids frais de la partie aérienne en fonction des modalités.	69
26	Variation du Poids frais de la partie racinaire en fonction des modalités.	70
27	Variation du Poids sec de la partie aérienne en fonction des modalités.	71
28	Variation du Poids sec de la partie racinaire en fonction des modalités.	72
29	Variation du Rapport de la partie aérienne et diamètre au collet en fonction des modalités.	73

Table des matières

Liste des tableaux	
Liste des figures	Pages
Introduction.....	01

Première partie: Etude bibliographique.

Chapitre I : Généralités sur le chêne-liège

1. Place taxonomique et systématique.....	03
2. Principales caractéristiques botaniques.....	03
3. Aire de répartition	05
3.1. Aire de répartition mondiale.....	05
3.2. Aire de répartition en Algérie.....	06
4. Exigences écologiques.....	07
5. la croissance	08
6. régénération.....	09
7. Les causes du dépérissement	09
8. Les ennemies	11
9. importance économique du liège.....	11

Chapitre II : Les substrats de culture.

1. Définition de la culture hors sol.....	12
2. Définition d'un substrat de culture.....	12
3. Nécessité des mélanges en pépinière.....	12
4. Les substrats de culture utilisés dans les pépinières.....	13
5. Les propriétés des substrats de cultures.....	13
5.1. Les propriétés physiques.....	13
5.2. Les propriétés chimiques.....	15
6. Les différents types de substrat de culture.....	22
6.1. Les matériaux organiques.....	22
6.2. Les matériaux minéraux.....	24

Chapitre III : Amélioration et Variabilité génétiques des arbres forestiers.

1. L'amélioration génétique des arbres forestiers.....	26
2. Variabilité génétique des arbres forestiers.....	27
2.3. Causes de la variabilité génétique.....	27
3. Notion de variabilité géographique.....	28
4. Notion de provenance.....	28
4.3. Problèmes de provenances.....	29
5. Les plantations comparatives.....	29
5.1. Objectifs.....	29
5.2. Stratégie d'étude.....	29

Chapitre VI : Production, normes et qualité des plants forestiers hors-sol.

1. La production des plants forestiers hors-sol.....	32
1.1. Les substrats de culture hors-sol.....	32
1.2. Le conteneur.....	32
1.3. Nutrition hydrique, minérale et mycorhization.....	34
1.4. Importance de la production hors-sol.....	34
2. Normes et qualité des plants.....	34
2.1. Définition d'un plant de qualité.....	34
2.2. Critères des plants de qualité.....	34
3. La normalisation des plants forestiers.....	36
3.1. Définition des normes.....	36
3.2. Intérêt de la normalisation pour les pépiniéristes.....	36
3.3. Intérêt de la normalisation pour l'utilisateur.....	36
3.4. Application des normes.....	36
3.5. Les normes pratiquées en Algérie.....	37
3.6. Normes (F.F.N) et les normes (C.E.E).....	38

Deuxième partie : Matériels et méthode.
--

1. Présentation de la station d'étude.....	39
1.1. Coordonnées géographiques.....	39
1.2. Cadre climatique.....	39

2. Matériels utilisés.....	42
2.1. Elément rétenteur d'eau.....	42
2.2. Elément aérateur.....	42
2.6. Matériels végétal.....	44
2.6.1- Choix des provenances.....	44
3. Méthode adoptée.....	44
3.1. Préparation des substrats et composition des modalités.....	44
3.2. Protocole expérimental.....	45
3.3. Conduite de l'élevage.....	46
4. Mesures et observation sur les plants.....	48
4.1. La levée des semis.....	48
4.2. Technique d'échantillonnage.....	48
4.3. Caractères morphologiques des plants	48
5. Analyses physicochimiques.....	50
5.1. Analyses chimiques.....	50
5.2. Analyses physiques.....	51

Troisième partie : résultats et discussions.

1. Résultats des analyses au laboratoire.....	52
1.1. Analyse chimique des substrats.....	52
1.2. Interprétation.....	53
1.3. Analyse physique des substrats.....	57
1.4. Interprétation.....	57
2. résultats des mesures et des observations effectuées sur les plants.....	59
2.1. Le taux de levée.....	59
2.3. Analyse des caractères morphologiques	60
3. Discussion des résultats.....	74
3.1. Analyses physico-chimiques des substrats.....	83
3.2. Mesures et des observations effectuées sur les plants.....	83
Conclusion générale.....	86
Références bibliographiques.	
Annexe.	
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.

En Algérie, l'état actuel des subéraies est préoccupant; peuplement arrivés au terme de leur exploitabilité, déficience de la régénération naturelle, faible rendement à l'hectare, diminution progressive des quantités de liège récoltés annuellement de 43 461 quintaux en 1983 à 7 820 quintaux en 2009, (ANONYME, 2009), 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.

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).

D'autre part, s'engager dans des projets de reboisement sans aucun programme d'expérimentation, mène souvent à des échecs coûteux. Le matériel végétal à utiliser est un facteur déterminant pour la réussite de l'opération.

Aujourd'hui, un vaste programme de réhabilitation est proposé par notre pays, pour l'amélioration et la conservation de ces ressources génétiques.

Parmi ces principaux axes, les plantations comparatives pour rechercher les meilleures provenances et l'approfondissement des techniques de régénération des chênes tel que les testes d'efficacité de différents substrats afin d'obtenir un taux élevé de germination et un maximum des plants de qualité.

Les plantations comparatives d'espèces ou de provenances ont pour but de définir par comparaison, quel est dans une région donnée, le matériel végétal susceptible d'assurer la meilleure production des reboisements. Ces essais sont indispensables pour les essences qui ont une vaste aire géographique.

Pour cela, 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 la meilleure provenance pour le reboisement.

Pour notre étude, nous proposons le plan suivant:

Une première partie bibliographique contenant quatre chapitres :

- ✓ Généralités sur le chêne-liège.
- ✓ Les substrats de culture.
- ✓ Variabilité et amélioration génétiques des arbres forestiers.
- ✓ Production, normes et qualité des plants forestiers hors-sol.

Une deuxième partie de matériel et méthodes.

Et enfin une troisième partie de résultats et discussions qui nous permet de fixer la meilleure provenance pour la région et ainsi de choisir le meilleur substrat pour l'essence cultivé.

Première partie
Etude bibliographique

Chapitre I

Généralités sur le chêne- liège

1- Place taxonomique et systématique du chêne-liège :

Le chêne-liège (*Quercus suber* L.) est une espèce végétale qui appartient à la famille des Fagacées (sous famille des Quercoidées), ordre des Fagales, classe des Dicotylédones, sous embranchement des Angiospermes, embranchement des spermaphytes et genre *Quercus*, un genre qui comprend 200 à 500 espèces dont 6 existent en Afrique du Nord (El ANTRY TAZI et al, 2008). L'arbre a été décrit pour la première fois par LINEE en 1753 (NATIVADADE, 1956). Le chêne-liège est relativement polymorphe, de nombreuses variétés ont été décrites.

AIME (1976), signale que le genre *Quercus* pose un problème polygénétique qui n'est toujours pas résolu, il met l'accent sur le problème posé par *Quercus suber* et les espèces voisines : *Quercus pseudo suber* et *Quercus cerris*.

2- Principales caractéristiques botaniques :

Le chêne-liège est un arbre de taille moyenne de 10 à 15 mètres, peut atteindre 20 à 25 m, la cime est irrégulière, s'étalant en longueur, l'arbre présente un couvert léger laissant passer la lumière, A l'état isolé le tronc est couvert de grosses branches étalées, quand il vit en massif le tronc est plus droit et plus long.

Il peut vivre jusqu'à 250 à 300 ans, mais les levées successives de liège diminuent fortement cette remarquable longévité à environ 150 à 200 ans, les levées successives de liège, avec des rotations de 9 à 11 ans, sont possibles jusqu'à 50 à 200 ans (VIGNES, 1990).

Les feuilles de chêne-liège présentent un polymorphisme très marqué, elles sont alternées généralement coriacées, plus ou moins dentées ou pas, ovales assez souvent renflées, vertes foncées et glabres sur leurs parties supérieures, grises blanchâtres et duveteuses sur leurs parties inférieures. D'après PIAZZETTA (2005), 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. Le pétiole peut atteindre 2 cm. Selon YESSAD (2000), l'arbre peut perdre la totalité de ces feuilles après une forte glandée, à la suite de conditions atmosphériques défavorables ou après une récolte exagérée de liège.

En ce qui concerne les fleurs, le chêne-liège est monoïque et allogame, les fleurs mâles 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 petits 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).

Le fruit ou le gland du chêne-liège présente une forme et des dimensions très variables de 2 à 5 cm en longueur et 1 à 2 cm en largeur. La maturation des glands a lieu dans l'année de floraison (BOUDY, 1950 ; NATIVIDADE, 1956 ; et MAIRE, 1926), les glands tombent en octobre et novembre, parfois jusqu'à janvier (PIAZZETTA, 2005). Selon SACCARDY (1937), la fructification commence dès l'âge de 15 ans, les bonnes glandées se répètent tous les 2 ou 3 ans. Le gland mûrit en automne, ce qui donne lieu à trois récoltes distinctes :

a- glands primaires: ce sont des glands de l'année précédente, qui mûrissent en septembre-octobre. Ils sont produits en petite quantité mais sont très gros.

b- glands secondaires: ils sont produits en grosse quantité de novembre à décembre et leur taille est moyenne.

c- glands tardifs: qui tombent fin janvier.

Les rameaux de chêne-liège sont sinueux pubescents les premières années, puis bruns clairs et enfin entièrement subéreux. Dès qu'ils ont 3 ou 4 ans, les jeunes rameaux, en grossissant, font crevasser leur écorce, plus les branches sont grosses plus les crevasses sont profondes, elles peuvent s'élargir de 2 à 3 mm par ans, l'écorce est alors grise claire, elle porte des taches de lichens, parfois de mousses c'est l'écorce mâle (SEIGUE, 1985).

L'écorce du chêne-liège représente la partie la plus singulière de cet arbre. La grande concentration de la subérine dans le liège rend les cellules de ce tissu imperméables aux liquides et aux gazes (KHALLA, 2006). Le liège est un tissu parenchymateux formé par l'assise suberophellodermique, il couvre le tronc et les branches. La première levée de liège, appelée démasclage est effectuée lorsque l'arbre atteint 17.5 cm de circonférence à 1.30 m (VEILLON, 1998), ce liège appelé liège mâle. Le liège mâle, liège vierge ou de liège naturel, est très creusé et siliceux impropre à la transformation bouchonnière (PIAZETTA, 2005).

Le liège femelle ou liège de reproduction, qui se développe après le démasclage, est moins creusé, plus homogène et plus élastique, ce liège est exploitable au bout de 8 – 15 ans (BOUHRAOUA, 2003).

Pour les racines, le chêne-liège est muni d'un système racinaire pivotant avec des ramifications latérales puissantes, permettant un enracinement profond qui fixe l'arbre sur des sols légers peu profonds et même rocheux (KHALLA, 2006).

NATIVIDADE (1956), souligne que dès le jeune âge, le chêne-liège montre des dispositions naturelles à s'enfoncer verticalement et avec vigueur dans le sol trois mois après le semis, les racines atteignaient 55 à 60 cm, tandis que la partie aérienne atteint 9 cm.

Les racines superficielles présentent l'aptitude de former des drageons, les racines peuvent être mycorhizées par des champignons tels : *boletus*, *russula*, et *lactarius*.

(VEILLON, 1998).

3- Aire de répartition:

3.1-Aire de répartition mondiale :

Le chêne-liège est circonscrit à la région de la méditerranée occidentale et déborde le long du sud de la façade atlantique, où les influences de la mer et de l'océan permettent de tempérer la grande amplitude des oscillations thermiques et l'aridité de la saison d'été du climat méditerranéen au sens strict (CANTAT et al, 2005). Le chêne-liège est une essence endémique de la méditerranée occidentale (ZERAIA, 1981 ; PIAZZETTA, 2005). Débordant sur les côtes atlantiques depuis le Maroc jusqu'au golf de Gascogne entre les latitudes Nord 31 et 45 (Figure 1).



Figure1:  Distribution du chêne-liège dans son aire géographique méditerranéenne et atlantique (Institut méditerranéen du liège, 2005).

Cette espèce couvre une superficie totale d'environ 1 704 000 ha (YESSAD, 2000), éparpillés sur sept pays : Portugal, Espagne, France, Italie, Algérie, Tunisie et Maroc (Figure 2).

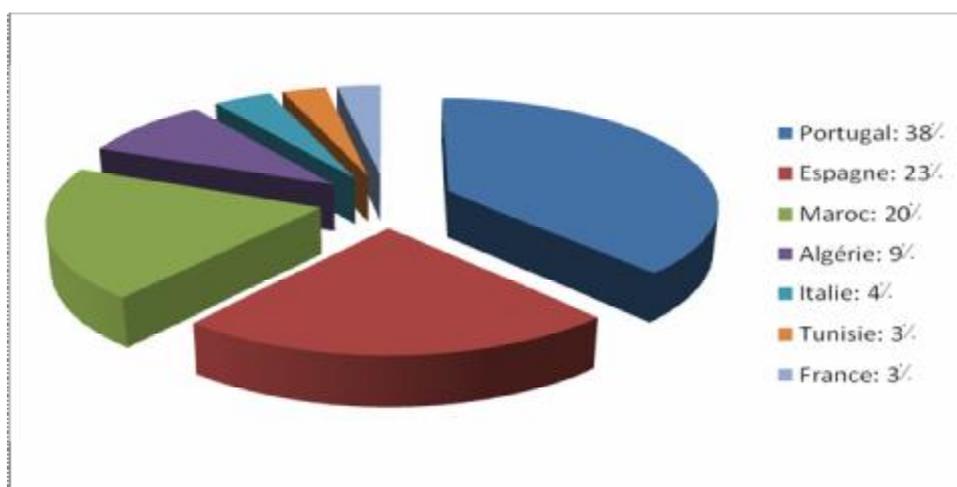


Figure 2 : Répartition du chêne-liège dans le bassin méditerranéen (YESSAD, 2000).

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 450 000 ha, mais ne constitue de véritables subéraies que sur 150 000 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). Selon YESSAD (2000), les subéraies Algériennes couvrent trois faciès : l'occidental montagnard, l'oriental littoral et l'oriental montagnard (tableau 1).

Tableau 1: Répartition et superficies des peuplements de chêne-liège en Algérie.

Subéraies orientales		Subéraies occidentales	
Skikda	40 000 ha	Tlemcen	2 000 ha
Jijel – El-Milia	40 000 ha	Chleff	3 000 ha
Guelma	20 000 ha	Médéa	2 000 ha
Annaba - El-Tarf	30 000 ha	Blida	1 000 ha
Tizi-Ouzou	10 000 ha		
Bouira	1 500 ha		
Total	141 500 ha		6 200 ha

Source : (YESSAD, 2000)

Les principales subéraies Algériennes sont localisées dans le tell Oriental, situées essentiellement en zone subhumides et humides au Nord-est de l'Algérie jusqu'à la frontière Tunisienne (ZERAIA, 1982), région qui renferme à elle seule près des 4/5 de la subéraie Algérienne (BOUDY, 1952 ; NATIVIDADE, 1956 ; YESSAD, 2000).

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 3).

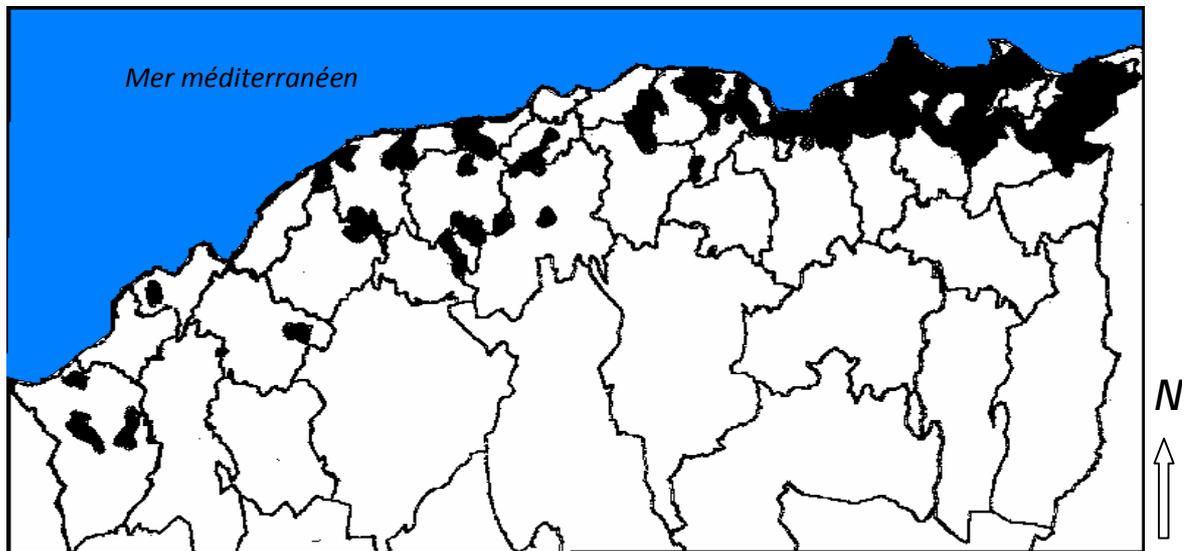


Figure 3: ■ Aire de répartition du chêne-liège en Algérie (ANONYME, 2003).

4- Exigences écologiques :

Le chêne-liège est une essence nettement calcifuge, appréciant les sols dépourvus de carbonate de calcium, acides, présentant peu de contraintes pour la pénétration des racines, suffisamment drainés et avec un horizon organique bien préservé. Il ne supporte pas la présence de calcaire actif dans le sol et ne tolère le substratum calcaire qu'à condition que la chaux soit sous une forme facilement soluble (El ANTRY TAZI *et al*, 2008).

Il préfère des sols siliceux (grès Numidiens, sable, pliocène) ou à la rigueur argilo-siliceux, il s'accommode à d'autres sols, qu'il n'est pas pourvu de calcaire assimilable, il craint les terrains calcaires et argileux (VEILLON, 1998).

Le système racinaire du chêne-liège à l'état juvénile est constitué d'un pivot unique et un système racinaire traçant (SAUVAGE, 1961), celui-ci est surpris par la saison sèche bien loin du plancher argileux humide, ce qui génère le dessèchement des jeunes plants (El HASSANI et DAHMANI, 1996).

Selon DJINIT (1977), les facteurs limitant les semis de chêne-liège sont :

- Ø Une faible alimentation en eau du sol en été.
- Ø Une carence en magnésium et un excès en potassium.
- Ø Pente très forte favorisant le ruissellement et le décapage de la couche superficielle du sol nécessaire à la régénération.

Pour la température, *Quercus suber* est une espèce relativement thermophile, liée aux variantes non froides des bioclimats humides et subhumides, voire semi-aride en cas de compensation hydrique (nappe phréatique ou forte humidité de l'air), (El ANTRY TAZI *et al*, 2008). Il demande une température douce, dont l'optimum se situe entre 13°C et 18°C, elle ne supporte pas les gelées de -9°C, longtemps (1 à 2 jours) (BOUDY, 1952).

En ce qui concerne leur exigence en matière de lumière, Le chêne-liège est une essence héliophile, de ce fait il exige une forte insolation, FROCHOT et LEVY, (1986), estiment que l'augmentation de l'éclairement provoque la levée de dormance d'une partie du stock de graines au sol et permet une photosynthèse plus intense. Des observations quantifiées confirment que la survie des semis et leurs croissances augmentent sensiblement avec l'éclairement relatif (CHOLLET, 1997).

L'humidité est également un facteur limitant, car bien qu'étant xérophile, le chêne-liège nécessite une humidité atmosphérique d'au moins 60% même en saison sèche (CANTAT *et al*, 2005).

L'arbre est remarquablement plastique vis-à-vis des précipitations. Sa moyenne annuelle varie 441 à 1700 mm, il est exigeant en humidité atmosphérique, surtout en saison sèche, condition qu'il rencontre seulement au voisinage de la mer en zone méditerranéenne mais jusqu'à 200 à 300 kilomètres des côtes atlantiques (El ANTRY TAZI *et al*, 2008).

MAIRE (1926), souligne que le *Quercus suber* ne se développe que dans les régions où les précipitations sont fortes (600 mm).

Selon ZERAIA (1981), la fréquence des pluies pendant la période estivale constitue l'élément le plus important pour la régénération du chêne-liège.

5- la croissance:

La croissance du 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 morphogenèse de ces ensembles qui sont :

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

6- Régénération :

Il existe trois possibilités de multiplication de l'espèce :

6.1- 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).

6.2- Régénération par rejet de souche :

Selon CEMAGREF (1983), les souches peuvent rejeter et donner des rejets vigoureux jusqu'à un âge très avancé (75 à 80 ans), selon les conditions écologiques.

Le chêne-liège drageonnerait sur des racines superficielles ayant subi un traumatisme.

D'après BELABBES (1996), le chêne-liège 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.

6.3- 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 encontre puisqu'il constitue une proie 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.

Selon HACHECHENA (1995), dans une étude au niveau de la forêt de Bainem, les plants de chêne-liège en conteneurs résistent mieux à la transplantation en forêt (avec un taux de réussite qui varie de 60 à 100 %) que les plants à racines nues (avec un taux qui varie entre 0 et 20 %).

7- Les causes du dépérissement:

Les problèmes sanitaires des subéraies Algériennes remontent au début du siècle suite à l'apparition du phénomène du dépérissement sur tout à l'Ouest du pays, sur des jeunes sujets (moins de 15 ans et des arbres adultes), (BOUHRAOUA, 2003).

Actuellement, la majorité des subéraies Algériennes se trouve dans un état déplorable et une grande partie est vouée encore à disparaître (MESSOUDENE, 2000).

Le dépérissement peut s'expliquer par la conjonction de trois types de facteurs :

a- Les facteurs prédisposants : qui caractérisent les peuplements vieilliss, récemment incendiés en exposition sud, ou sur station à trop faible réserve en eau.

b- Les facteurs déclenchants : comme les épisodes de sécheresse estivale qui ont marqué ces dernières années et qui ont considérablement affaibli les arbres relativement exigeants en eau.

c- Les facteurs aggravants : les facteurs prédisposants et/ou déclenchants ne provoquent pas à eux seuls le dépérissement des arbres. Il est nécessaire que des facteurs aggravants interviennent tels les insectes, les champignons ou encore l'homme (par un démasclage mal effectué engendrant des blessures à la mère, de mauvaises façons culturales ou des levées exagérées).

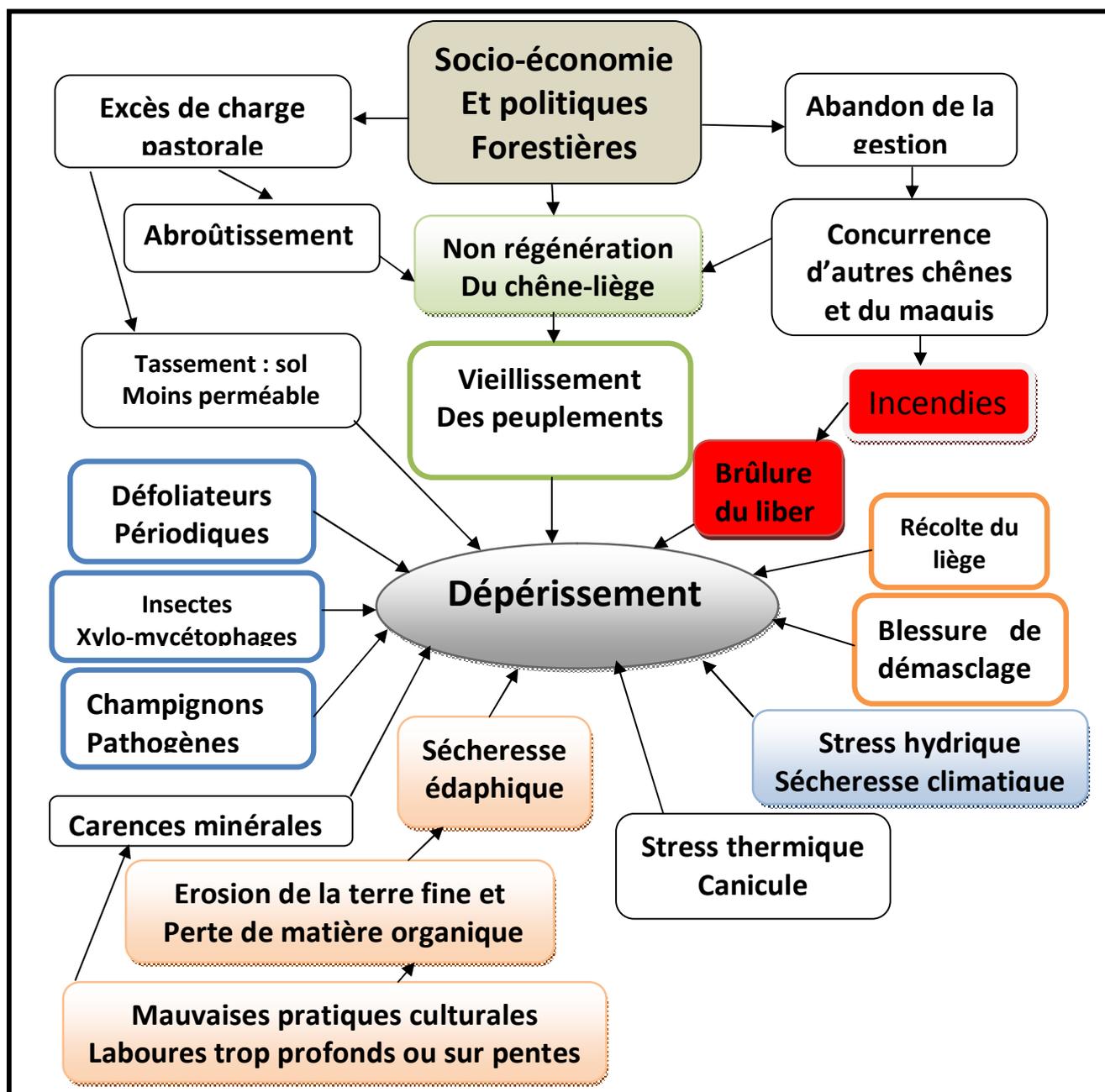


Figure 4: Dépérissement du chêne-liège résulte de multiples interactions. (A.I.F.M, 2006)

8- Les ennemies:

8.1- Les insectes :

Les principaux insectes qui attaquent le chêne-liège sont : le grand capricorne (*Cerambyx cerdo* L), qui attaque le bois du tronc et des branches, le bombyx disparate (*Lymantria dispar* L) et la tordeuse verte (*Tortrix viridana*), qui attaquent les feuilles et les bourgeons, le carpocapse des glands (*Cydia fagiglandana*), la fourmi du liège (*Crematogaster scutellaris*), (DJALOS, 1980).

8.2- Les champignons :

Ils provoquent des dégâts touchent généralement, les feuilles et le bois tels que : la truffe, *Armillaria* et *Polyporus* (HEIM, 1965).

8.3- Les incendies :

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 (1992 à 1997 et 2001) est de 90 987.39 ha avec 31.66%, (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 (BOUDY, 1952). 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.

Chapitre II

Les substrats de culture

1- Définition de la culture hors sol :

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.

2- Définition d'un substrat de culture :

Le terme de substrat en agriculture s'applique à tout matériau, naturel ou artificiel qui, placé en conteneur pur ou en mélange, permet l'ancrage du système racinaire et joue ainsi vis-à-vis de la plante, le rôle du support. En tant que support de la plante, tout matériau solide peut éventuellement être utilisé comme substrat dans la mesure où il est compatible avec un développement normal du système racinaire (BLANC, 1987).

3- 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.

La comparaison entre les caractéristiques des matériaux pris isolément, et les qualités requises pour un bon substrat, nous 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 nutritifs.

Pour respecter cet objectif, il faut chercher des substrats simples à mélanger.

D'après le même auteur, le choix de rétention d'eau se limite aux tourbes blondes ou noires à longue fibre avec toutefois, une préférence pour les tourbes blondes dont la stabilité physico-chimique est meilleur durant toute la période d'utilisation et le choix des aérateurs est vaste: perlite, vermiculite, fibre de bois traités, composte d'écorce de pin, marc de raisin, etc.

3.1- Quelques exemples de mélanges expérimentés dans le monde :

En France les mélanges les plus couramment utilisés sont généralement de composition simple :

- ✓ Tourbe et sable (proportion 50 % - 50 %).
- ✓ Tourbe (50 %), terre ordinaire (30 %), sable (20 %).
- ✓ Tourbe (50 %), pouzzolane (50 %) (HENRY, 1973).

Aux USA le milieu de culture le plus répandu est composé de tourbe blonde et de vermiculite, ce mélange à une bonne rétention en eau et une capacité d'échange en ions élevée. Au Québec le mélange le plus utilisé est composé de tourbe (80 %) et vermiculite (20 %) (PATRICK *et al*, 1992).

4- 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. Ces substrats utilisés se caractérisent généralement par :

- Ø Une texture fine et une compaction élevée de ces substrats qui peuvent favoriser souvent une croissance superficielle des racines et empêchent la croissance racinaire homogène à travers toute la motte. La pénétration des racines dans les substrats compacts est variable selon la vigueur du système racinaire.
- Ø Une faible aération, engendre une mortalité des racines précédée généralement par des attaques de champignons pathogènes comme : *le Phytophthora*.
- Ø Une faible capacité d'échange cationique.
- Ø Une faible capacité de rétention en eau.
- Ø Une diminution des éléments nutritifs.

5- Les propriétés des substrats de cultures :

5.1- Les propriétés physiques :

5.1.1- La structure :

La structure d'un sol est le mode d'assemblage, à un moment donné, de ses constituants solide). 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. Une mauvaise structure peut donc empêcher l'écoulement des eaux dans le sol, les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère.

Une bonne structure va assurer une grande facilité de circulation d'eau, donc laisse s'écouler l'excès, assure 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 (SOLTNER, 2000).

5.1.2- La texture :

Elle est déterminée par une analyse granulométrique. La texture du sol influe sur la concentration des éléments traces métalliques, elles sont plus élevés dans les argiles, puis dans les limons argileux, les limons et le sable (WEBBER et SING, 1991), de petite quantité de cadmium on été prélevés par les plantes beaucoup plus au niveau des sols à texture légère que dans les sols à texture lourde.

Tableau 2 : Répartition des différents types de texture en fonction des classes de textures.

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

Source : (HENIN et al, 1969)

5.1.3- La porosité :

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). Elle peut être calculée à partir des valeurs de la densité réelle et la densité apparente par la formule suivante :

$$P \% = \frac{(1 - \text{Densité apparente}) \times 100}{\text{Densité réelle}}$$

5.1.4- La disponibilité et rétention en eau :

L'alimentation en eau de la plante dépend :

- Des propriétés concernant la plante elle-même: système racinaire et dynamique de son développement, caractéristique physiologique.
- Des conditions météorologiques qui déterminent la densité en eau que représente l'évapotranspiration.
- Des propriétés du substrat : perméabilité aux diverses humidité, disponibilité plus ou moins grande de l'eau, ces caractéristiques déterminent l'offre au niveau des racines (BLANC, 1987).

La qualité d'eau disponible est la différence entre la teneur en eau maximale du substrat (capacité en bac) et la teneur en eau minimale nécessaire pour la vie de la plante (point de flétrissement permanent), elle est donc d'autant plus importante que la capacité de rétention en

eau est plus élevée. La disponibilité en eau doit être au moins égale à 20 % (ARGILLIER et al, 1990).

5.1.5- La teneur en air :

Selon BLANC (1985), La teneur en air est complémentaire de la teneur en eau, puisque ces deux fluides se partagent l'espace poral. On a donc la relation :

Porosité totale (% vol) = humidité (%) + teneur en air (% vol).

La teneur en air est estimée de 20 à 40 % entre pF1 et pF2 (ARGILLIER et al, 1990).

5.1.6- 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 cm³ /heures. Le taux élevé de la matière organique n'implique pas forcément une bonne perméabilité (REDLICH et VERDURE, 1975). 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.

5.1.7- Le pouvoir de réhumectation :

Certains substrats, après un déficit hydrique important présentent des difficultés de réhumectation, s'il est trop faible, entraîne une percolation de l'eau et des éléments fertilisants (TEMAGOULT, 2005).

5.2- Les propriétés chimiques :

5.2.1- Le pH :

La concentration du milieu en ions H⁺détermine sa réaction mesurée par le pH. Les différentes classes du pH sont représentées dans le tableau suivant.

Tableau 3 : Echelle de classification du pH de la solution du sol.

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

(LE CLERCH, 2000)

Le pH à une incidence sur la facilité du plant à se nourrir, il influe aussi sur la contamination par divers champignons, un milieu trop acide peut être à l'origine de brûlures des racines (FALCONNET et al, 1992). Le pH peut influencer d'une façon très marquée l'assimilabilité et par suite, l'absorption des éléments traces par les plantes (LOUE, 1986). Ces métaux lourds sont d'autant plus solidement liés et par conséquent moins mobile et disponibles

que le pH est élevé. Un pH bas, inférieure à 5, limite la croissance de la majorité des plantes. Induisent le symptôme de carences en calcium, à l'exception des plantes calcifuges dites de « terre bruyère » qui exigent un milieu acide sans calcaire.

Un pH supérieur à 8, est également préjudiciable à la croissance d'un grand nombre des végétaux entraînant une mauvaise assimilation de certains éléments (dont le Magnésium et surtout le Fer), qui entraîne les symptômes bien connues de la chlorose ferrique (FAUCARD, 1994). D'après BENSEGHIR (1996), le substrat doit présenter un pH compris entre 5 et 8, en dehors de ses limites, le plant sera confronté à des problèmes de nutrition minérale.

Un pH voisin de 7 est souhaitable, est peut convenir à toutes espèces (METRO et *al*, 1951). L'élévation du pH diminue l'assimilabilité du phosphore (devient insoluble), de même le calcaire bloque la minéralisation de la matière organique et donc diminue la disponibilité en éléments nutritifs pour les plantes. Dans les sols acides, il peut y avoir une libération de l'aluminium qui est toxique pour les plantes. Les symptômes de carence ou excès en éléments minéraux, la non satisfaction de la plante vis-à-vis de sa nutrition, va ralentir sa croissance ou perturbe son développement. A l'extrême tout excès ou carence peut provoquer des symptômes parfaitement visibles.

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

Ce rapport entre le carbone total et l'azote total, 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 la propriété physique. Il est utilisé depuis longtemps, par les forestiers pour caractériser les matières organiques présents dans le sol, mais également les apports et restitutions organiques, tel que fumier, paille, composte, boues d'épuration.

D'après BONNEAU (1995), il admit qu'à partir du moment où les produits de transformation de litière 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. Un rapport C/N bas de l'ensemble de l'épisolume humifère traduit à la fois une évolution rapide des litières « turn-over » rapide et de bonne possibilité d'alimentation des arbres en azote.

Tableau 4 : Le rapport C/N des principaux matériaux de base des substrats.

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

Source : (LEMAIRE et al, 1990)

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

La capacité d'échange cationique est déterminée comme le degré ou la possibilité d'un substrat de stocker les éléments nutritifs (DUCHAUFOR, 1977). Un matériau est chimiquement actif si sa CEC est supérieure à 100 meq/kg. Selon la teneur en CEC les sols sont subdivisés en 5 classes. (Tableau 5)

Tableau 5: Classe d'appréciation de la CEC des sols d'après la quantité de base échangeable.

Appréciation de la CEC	Valeur de CEC (en meq/kg)
Très faible	< 60
Faible	60 – 120
Moyenne	120 - 200
Elevée	200 - 300
Très élevée	> 300

Source : (LE CLECH, 2000)

Un substrat à faible CEC (tourbe, terre, ...) pourrait stocker les éléments fertilisants qu'on lui apporte, en effet les substrats à forte CEC perdent peu d'éléments par lessivage, les risques d'excès de salinité sont donc plus limités. Un substrat à forte CEC met à la disposition de la plante les éléments au fur et à mesure de ses besoins (FOUCARD, 1994). Un sol ayant une CEC élevée aura tendance à immobiliser les métaux lourds et à diminuer ainsi leur disponibilité. La capacité d'échange cationique augmente avec la teneur en Argile du sol, il est logique donc que

les concentrations maximales des métaux soient plus élevées dans le cas des sols à texture fine (comme l'argile et le limon argileux) que dans celui des sols à texture grossière comme le sable.

5.2.4- La conductivité électrique (C.E) :

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, on aboutit même dans les cas graves, au dépérissement des plantes, BAIZE en 2000 classe le sol selon sa conductivité et la somme des anions.

Tableau 6 : Classification es sols en fonction de la CE et de la somme des anions.

Classe	Désignation	Conductivité électrique (mmhos / cm à 25°C)	Somme des anions (meq/L)
0	Non salé	< 2.5	< 25
1	Faiblement salé	2.5 – 5	25 - 50
2	Moyennement salé	5 – 10	50 - 105
3	Salé	10 – 15	105 - 165
4	Fortement salé	15 – 20	165 - 225
5	Très fortement salé	20 - 27.5	225 - 315
6	Excessivement salé	27.5 – 40	315 - 620
7	Hyper salé	> 40	> 620

(BAIZE ,2000)

5.2.5- La matière organique (M.O) :

La matière organique joue plusieurs rôles :

- Ø contribue et facilite l'obtention d'un état structural stable (MOREL, 1996 ; DRIDI et TOUMI, 1999).
- Ø une meilleure porosité, bonne perméabilité, meilleure aération et un meilleur réchauffement du sol (MUSTIN, 1987).
- Ø joue un rôle important dans la rétention en eau (JAUNES et JACOBSON, 2001)
- Ø Sous l'action des microorganismes du sol, elle libère les éléments minéraux qui sont indispensables à la nutrition et au développement des plants (BOLLAG et al, 1998).
- Ø Elle joue un rôle dans la mobilité et la disponibilité des métaux lourds dans le sol (SING et ALMAS, 1997).
- Ø 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 (CHOUDHRY, 1994).

En pépinière un taux de 3 à 5% est recommandé, ce qui est obtenu par un apport d'amendement organiques avant plantation, cependant dans les sols sableux où les quantités nécessaires sont élevées, le coût peut être un facteur limitant.

5.2.6- 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 vertes, ses éléments indispensables, sont subdivisés en deux groupe:

- ✓ Les éléments majeurs (macroéléments) forment environ 99% de la matière sèche 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 (Mn, Cu,...).

5.2.6.1- Les éléments majeurs :

a- L'Azote :

L'azote se trouve dans le sol sous trois formes: organique, ammoniacale et nitrrique, représentant trois stades de décomposition biologique des matières organiques (VILLAIN, 1989). L'essentiel de la nutrition azotée des plantes est assurée par les nitrates. L'azote sous forme d'ions nitrate, est un élément très soluble, peu retenu par le sol. Il provient des sources suivantes : Atmosphérique, organique, et l'azote des engrais. (SOLTNER, 2000).

La carence en azote, inhibe la croissance, entraîne la chlorose des feuilles par diminution de la teneur en chlorophylle en commençant par les plus vieilles (HELLER *el al*, 1993) et l'apparition de tiges plus minces et plus rigides.

L'excès d'azote va provoquer une stimulation de la croissance des feuilles au dépend des fleurs, tissus tendre à paroi mince, dans les cas graves, chlorose des feuilles jusqu'à entre les nervures, tendant vers sa nécrose et dessèchement, excès de pression osmotique, flétrissement, nécrose racinaires.

b- Le Phosphore :

Il se trouve dans le sol sous trois formes :

Une forme accessible: liée au complexe argilo-humique par le calcium et le magnésium.

Une forme combinée: il est immobilisé, en partie, par les hydroxydes d'aluminium et de Fer dans les sols acides (dans ce cas, il est nécessaire de chauler le sol pour le libérer). Insoluble, en sol calcaire, le phosphore peut être sous forme de phosphates de calcium, dont certains sont insolubles.

Une forme adsorbant : constitue la réserve rapidement assimilable par la plante (SOLTNER, 2000 ; JAUNES et JACOBSON ,2001).

Les normes données par le ministère de la coopération de la république Française (1974) pour le phosphore assimilable sont représentées par le tableau suivant :

Tableau 7: Classe d'appréciation pour le phosphore assimilable.

Classe	P ₂ O ₅ assimilable (‰)
Terres pauvres	< 0.12
Terres moyennes	0.12 à 0.30
Terres riches	> 0.30

Source : ministère de la coopération de la république Française (1974).

Une insuffisance en phosphore provoque un rougissement de la tige et du pétiole des feuilles, angle des nervures très aigu, nanisme général, brunissement des extrémités et des bords des feuilles, suivi de nécrose et une faible croissance des racines.

c- Le Potassium :

Le potassium n'est pas très mobile dans la plante, il joue un rôle important dans les mécanismes de la photosynthèse, lors de la migration des sucres, la synthèse des matières azotées, l'économie de l'eau, la résistance aux froids, la résistance aux maladies cryptogamiques. Une insuffisance en potassium provoque des chloroses puis brunissement des bords du limbe des feuilles de base, pouvant s'étendre entre les nervures et évoluant vers la nécrose, La tige devient mince et faible. L'excès du potassium provoque des nécroses au niveau de la racine et une faible croissance,

MOREL (1996), signale que l'estimation de l'aptitude d'un sol à assurer l'alimentation des cultures en potassium doit être associée au taux d'argile et à la valeur de la CEC.

d- Le Calcium :

Dans le sol, le calcium représente le principale élément de saturation du complexe adsorbant, il contribue puissamment à flocculer les argiles et les complexes argilo-humiques (GAUTIER, 1987). Par contre un excès de calcium peut provoquer surtout l'insolubilisation

des composés phosphatés et le blocage éventuel des oligo-éléments (Fe, Zn, Cu, et Mn) (MOREL, 1996).

e- Le Magnésium :

L'insuffisance en cet élément provoque une chlorose sur les feuilles du bas, mais son excès provoque un déséquilibre par absorption insuffisante du potassium.

5.2.6.2- Les oligo-éléments :

Les oligo-éléments sont plus rarement fournis, il peut parfois cependant exister des carences spécifiques, en fonction des types de sol particulièrement. Par exemple, de nombreuses forêts auvergnates souffrent d'un manque de Bore.

a- Le fer :

Bien qu'il ne soit pas un constituant de la chlorophylle, il est indispensable à sa formation, sa carence provoque la chlorose. Le fer participe à la constitution de nombreuses enzymes d'oxydation.

b- Le Cuivre :

Comme le fer, entre dans la composition de nombreuses enzymes d'oxydation.

c- Le Zinc :

Outre son rôle dans de nombreuses enzymes d'oxydation, il participe à la fabrication des auxines de croissance.

d- Le Molybdène :

Est nécessaire au métabolisme de l'azote, il est le constituant d'une enzyme réduisant les nitrates en amines.

e-Le Bore et le Manganèse :

ils entrent dans la composition d'enzymes. Leurs rôles sont encore mal connus.

f- Le Chlore :

Est surtout connu pour les effets négatifs qu'il induit quand il est en excès.

g-Le Cobalt :

N'est peut-être pas indispensable aux végétaux, mais cet élément se révèle indispensable aux bactéries et aux champignons de la rhizosphère et plus encore aux bactéries fixatrices d'azote atmosphérique, symbiotes des légumineuses.

6- Les différents types de substrat de culture :

6.1- Les matériaux organiques :

6.1.1- Les matériaux organiques naturels :

6.1.1.1- 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 (DUCHAUFOR, 1977).

Les couches profondes, les plus anciennes, donnent la tourbe brune « ou noire » et les couches superficielles considérées comme les plus jeunes, donnent la tourbe blonde.

Selon BLANC (1987), les données les plus caractéristiques des tourbes sont :

- La densité solide : 1,40 à 1,65 pour les tourbes françaises.
- La porosité totale qui varie de 90- 95 % (tourbe blonde) à 40 % (tourbe noire très décomposées)
- La rétention en eau: 100g de tourbe sèche et peu décomposée absorbent 1000 -1500g d'eau (tourbe à sphaignes), 700 – 800g (tourbe à carieux) et 400 - 500g (tourbe de plaine).
- Le taux de cendres : 5 % (tourbes acides) à 10 % (tourbes eutrophies non contaminée).
- Le rapport C/N : 40 – 50 (tourbes blondes) à 20 (tourbes noires).

Le pH. eau : 3,8 pour les tourbes acides à 7,5 pour les tourbes eutrophies.

- La capacité d'échange cationique qui varie largement en fonction du matériau (pH, teneur en cendre, degré d'humification).
- Le retrait après dessiccation et la capacité de ré humification qui varient du simple au double selon la finesse et le degré d'humification des tourbes (REDLICH et VERDURE, 1975).

6.1.1.2- 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 (MOINEREAU et al, 1987). L'utilisation des écorces est très fréquente dans le monde: sapin de Norvège, Sitka, Hêtre, peuplier, Bouleau, eucalyptus, pin et épicéa en France. L'écorce de pin maritime est la plus utilisée, tant pour ces disponibilités que pour ces qualités (BLANC, 1985).

Selon le même auteur, la composition des écorces peut être très variable selon l'origine de cette dernière.

Tableau 08 : Composition chimique des écorces.

Elément	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	%

(BLANC, 1987)

L'écorce est un substrat très poreux, aéré, mais à faible capacité de rétention en eau (BLANC, 1985).

Le pH dans l'eau est compris entre 4 et 5.5 ce qui peut nécessiter une neutralisation avant culture (BLANC, 1987). L'écorce est un produit organique instable dont la durabilité est limitée de 4 à 8 cultures (MOINREAU et al, 1987).

6.1.1.3- Déchets cellulo-ligneux :

Selon MOINREAU et al (1987), 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.

Ces composés se caractérisent par une faible densité apparente et donc une porosité élevée à l'état frais. Ce sont des matériaux très aérés, et de faible rétention en eau. Ces mêmes auteurs signalent que la rétention en eau peut augmenter considérablement après la décomposition mais le milieu devient asphyxiant sous l'effet du moindre tassement.

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.

6.1.2- Les matériaux organiques d'origine urbaine :

L'accroissement du volume des compostes d'ordures ménagères a conduit à proposer leur utilisation en pépinière. La durée de compostage est le critère le plus important pour apprécier la qualité du composte urbain. Il doit être au minimum de 4 mois. (ANSTETT, 1979).

Sur le plan chimique le composte présente :

- Un pH alcalin : 7,5 à 8,5.
- Salinité importante.
- Une quantité importante de métaux lourds.

6.2- Les matériaux minéraux :

6.2.1- Les matériaux minéraux naturels :

Ce sont des matériaux qui ne subissent aucune dégradation et sont chimiquement neutre.

En pépinière les plus utilisés sont: le sable, le gravier, la pouzzolane, les terres et les tufs volcaniques.

- Le sable grossier et le gravier ont une faible capacité tamponne pour l'eau, et leur emploi à l'état pur implique un contrôle rigoureux de l'irrigation. Par contre dans les mélanges, ils n'améliorent en aucune façon l'aération des substrats organiques à forte rétention d'eau, car leur porosité intra granulaire est nulle (FAUCARD, 1994).
- Les pouzzolanes sont des matériaux d'origine minérale, Leurs aérations sont importantes et c'est à ce titre qu'elles sont souvent utilisées en mélange avec la tourbe (FOUCARD, 1994). Elle offre aussi pour les cultures hors sol d'un milieu de grande stabilité et durabilité, chimiquement inerte initialement exempt de germes pathogène et ultérieurement facile à désinfecter (MOINREAU et *al*, 1987).
- Les terres ont une porosité supérieure à celle des sables, une rétention d'eau est en général plus élevée. Une caractéristique importante des terres est leur stabilité structurale qui

conditionne la permanence de leurs structures lorsqu'elles sont fréquemment irriguées (GRAS, 1983).

- Les tufs volcaniques sont constitués de cendres volcaniques consolidées et cimentées. Broyés, ces matériaux se comportent comme une terre limono-argileuse à très bonne stabilité structurale (GRAS, 1983).

6.2.2- Les matériaux minéraux expansés :

Ce sont des matériaux naturels qui ont subis un traitement par la chaleur. On distingue les composés suivants :

- **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 (MOINREAU et *al*, 1987).

- **L'argile expansée:** il obtenue 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. Très poreux et très durable, ce matériau est intéressant en culture hydroponique à condition de lessiver le produit avant mise en culture (CAMPREDON, 1985).

- **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 (CAMPREDON, 1985).

Chapitre III

**Variabilité et amélioration
génétiques des arbres
forestiers**

1- L'amélioration génétique des arbres forestiers :

L'amélioration par sélection des arbres forestiers consiste à l'utilisation optimale de la variabilité génétique, en tenant compte de celle due à l'interaction génotype-environnement (LACAZE et TOUZET, 1986). En effet, le développement des arbres est conditionné par des facteurs externes, et par l'interaction entre ces deux facteurs.

L'améliorateur forestier devra donc estimer la part de la variabilité visible ou phénotypique relevant de chacun des deux facteurs ou de leur interaction.

1.2- Objectifs :

Elle a pour objectif, de mettre à la disposition de l'utilisateur, le matériel végétal le mieux adapté et le plus performant, sur le plan de la qualité technique, de la productivité et de l'adaptation au milieu, et par conséquent de la résistance aux maladies et aux accidents climatiques en vue de répondre à une demande économique précise (LACAZE et TOUZET, 1986). Eventuellement, il peut s'agir d'une demande écologique, comme le boisement des zones arides ou la fixation des dunes. En d'autres termes, l'amélioration génétique des arbres forestiers, a pour but d'obtenir en vue de reboisement, des arbres génétiquement meilleurs (WRIGHT, 1963).

1.3- Rôles :

Le rôle de l'améliorateur forestier consiste à guider le praticien dans le choix des espèces et des provenances pour les reboisements, et surtout la création des vergers à graines pour la production de variétés améliorées.

1.4- Bases scientifiques :

1.4.1- Complexité :

Aucun programme d'amélioration ne peut progresser si l'on ignore le niveau d'héritabilité des caractères retenus par le sélectionneur. La science de base est évidemment la génétique au sens le plus large du mot.

Les caractères sont fréquemment complexes (exemple : la croissance) et à commande généralement polygénique, d'où l'utilisation privilégiées des techniciens de génétique quantitative. Par ailleurs, ces caractères sont de nature très diverse, notamment s'il faut se préoccuper de l'adaptation à des milieux très difficiles et variés. Il en résulte l'obligation d'incorporer les démarches scientifiques. Pour la plupart des programmes d'amélioration, des démarches relevant de l'écologie devient prioritaires. La nécessité de mieux comprendre les mécanismes en cause : (expression des caractères sélectionnés, floraison, multiplication végétative, etc....).

1.4.2- Méthodes :

Les essences forestières sont souvent proche de l'état sauvage, révèlent généralement une variabilité naturelle dont l'exploitation passe par les stades classiques suivants :

- **Exploitation de la variabilité interspécifique** : c'est la sélection d'espèce en fonction d'objectifs bien précis (reboisements).
- **Exploitation de la variabilité intraspécifique** : c'est la sélection de provenances.

Les pressions de la sélection naturelle notamment pour les espèces dont l'aire recouvre des zones écologiquement hétérogènes, ont modelé des populations génétiquement déferentes.

Les connaissances de l'ampleur et des lois de cette variabilité constituent souvent une étape indispensable dans les programmes d'amélioration d'essences forestières.

- **Exploitation de la variabilité individuelle** : c'est la sélection d'individus susceptibles de fournir des grains, soit à la génération suivante (par croisement), soit par utilisation directe (multiplication végétative).

2- Variabilité génétique des arbres forestiers :

BARADAT (1986), définit la variabilité observées chez les arbres forestiers, par un ensemble d'interactions entre un arbre ou une population d'arbres et un écosystème, elle dépend de deux facteurs étroitement liés : du génotype et de l'environnement.

Pour mettre en évidence cette variabilité génétique, il faut modifier certaines des interactions de façon décelable au niveau d'une expérimentation d'espèces ou de provenances. Expérimentalement, ce type de variation sera défini comme une variabilité phénotypique à environnement constant. Dans ce genre d'expérience, les conditions du milieu sont homogènes et contrôlées de façon très fine car elles servent de base à la comparaison génétique.

2.3- Causes de la variabilité génétique :

Selon BARADAT (1986), la variabilité génétique au niveau intra-spécifique, est principalement due à l'existence de variante plus au moins nombreuses des gènes en divers emplacements du génome chromosomique. La variabilité génétique peut être due également à des remaniements chromosomiques (duplications, inversions de fragments de chromosome), ou bien à des phénomènes de polyploïdie affectant l'ensemble du stock chromosomiques. Ces derniers mécanismes sont toutefois peu courants chez les arbres forestiers.

3- Notion de variabilité géographique :

Quand l'aire de répartition d'une espèce est importante, celle-ci subit inévitablement des pressions de sélection différentes en fonction des caractéristiques climatiques et édaphiques qui règnent dans chaque type d'environnement (BARADAT, 1986).

La variabilité géographique d'une espèce forestière (variabilité entre provenances), constitue la première phase obligatoire de tout programme d'amélioration génétique (STEINMETZ, 1986). La variabilité géographique induit des subdivisions de l'espèce en sous espèce ou en variétés souvent morphologiquement distinctes mais présentant une localisation écologique et géographique différentes, on les appelle écotypes ou provenances (OSENDAT, 1982).

3.2- Types de variabilité géographique :

D'après BARADAT (1986), il existe deux grands types de variabilité géographique :

- ✓ **variabilité continue (ou clinale) :** suivant un gradient de latitude ou d'altitude ou autre type.
- ✓ **variabilité mosaïque :** avec des caractéristiques très tranchées aboutissant à la création de véritables races géographiques ou écotypes.

3.3- Race géographique et écotype :

La race géographique est une subdivision de l'espèce que l'on peut déceler en cultivant diverses provenances dans un milieu uniforme (WRIGHT, 1963).

L'écotype est une race distincte résultant de l'action sélective d'un milieu particulier dans le sens d'une adaptation à ce milieu (WRIGHT, 1963).

Une race géographique est appelée écotype si ses caractères distinctifs sont dus à l'adaptation. L'étude de la variabilité génétique est fondamentale car elle fournit des renseignements sur les différents comportements d'une essence dans son aire de répartition et permet de définir des races ou écotypes grâce à l'étude des provenances.

4- Notion de provenance :

La provenance indique le lieu où poussent une population d'arbres (indigène ou non), ou celui d'où proviennent des graines forestières (ILLY, 1966).

TEISSIER DUCROS (1979), définit la notion de provenance comme un matériel de reproduction (semences ou parties de plants) récoltés sur un certain nombre d'individus d'un peuplement, il doit être représentatif du peuplement.

4.1- Concept :

Il s'agit d'une notion extrêmement importante mais qui n'a pas encore trouvé sa pleine signification en Algérie en raison de l'extrême rareté des expériences en la matière.

Une espèce forestière peut se rencontrer à l'état naturel dans des régions où les conditions écologiques peuvent être très différentes ; il est probable que cette espèce présente à son tour des caractéristiques phénotypiques et comportementaux très variables d'une à région l'autre et que ces caractères soient stables et transmissibles de génération en génération.

4.2- Essai de provenance :

Un essai ou un test de provenance est une expérience dans laquelle des graines sont collectées dans un certain nombre de stands éloignés et sont élevées ensemble dans des conditions semblables, afin de choisir en dernier les meilleures provenances pour les reboisements et le travail de sélection ultérieur (RENAULT, 1981).

4.3- Problèmes de provenances :

Selon STEINMETZ (1986), la notion de provenance est une notion floue, car il est presque impossible de savoir où commence et où s'arrête une provenance, sauf peut être pour les espèces à aire morcelée, lorsque chaque isolat forme un petit territoire climatiquement et pédagogiquement homogène. Lorsque l'aire est continue, les variations sont progressives (clinales) et la fixation de l'étendue et les limites de provenances devient totalement arbitraire.

5- Les plantations comparatives :

La plantation comparative de provenances permet d'établir quelle est, pour une région où le succès d'une espèce est connu ou probable, la meilleure source des graines de cette espèce pour les reboisements (LACAZE et LEMOINE, 1962).

5.1- Objectifs :

Les plantations comparatives ont pour objectif, d'effectuer pour la station en question, un classement entre les différentes provenances.

5.2- Stratégie d'étude :

Il ya donc d'autre méthodes pour choisir la où les provenances adaptées à tel milieu de reboisement que d'implanter des plantations comparatives de provenances dans le milieu concerné et de suivre le comportement des différentes provenances étudiées :

Cependant, lors de l'installation de telles plantations, les difficultés les plus souvent rencontrés sont :

- ✓ Le problème d'échantillonnage des provenances de l'aire d'origine.
- ✓ Le problème du choix de la localisation.
- ✓ Le problème des critères de choix des provenances.

5.2.1- Échantillonnage des provenances :

Dès que l'aire naturelle est relativement vaste, ce qui est le cas de la plus part des espèces forestières, le nombre de provenances différentes est tel qu'il est impossible de les mettre toutes en comparaison ; il apparait donc nécessaire de procéder à un échantillonnage pour fixer le choix et la répartition, dans l'aire de l'espèce des peuplements sur lesquels on va récoltés les graines. Cet échantillonnage doit être assez dense pour donner une image fidele de l'espèce tout en ne dépassant pas 30 à 40 provenances pour une même expérience (LACAZE et LEMOINE, 1962).

La densité de l'échantillonnage dépendra :

- Ø De l'unité du gradient probable de variation génétique, en général parallèle aux facteurs climatiques importants, c'est-à-dire l'altitude, la température, la pluviométrie. Le nombre de provenances à expérimenter sera d'autant plus grand pour une même région que ce gradient est plus rapide : En région montagneuse, il faudra plus de provenances qu'en plaine pour représenter de la variation de l'espèce.
- Ø de la nature probable de la variation génétique. Celle-ci est en général continue (clinale), mais elle peut être parfois discontinue notamment lorsque l'aire de l'espèce composée de populations isolées génétiquement dans ce cas il faut un échantillonnage très dense, car toute extrapolation des résultats est impossible.
- Ø des connaissances déjà acquises sur les variations de l'espèce.

5.2.2- Choix des sites expérimentaux :

Parallèlement au problème de l'échantillonnage des provenances, se pose celui du choix du nombre et de la localisation des sites expérimentaux.

5.2.2.1- Localisation :

La supériorité génétique n'étant jamais une supériorité absolue, le classement des provenances peut très bien varier d'un site de reboisement à l'autre notamment si des différences de milieu importantes existent entre ces sites : on dit alors qu'il ya interaction (génotype \times milieu).

5.2.2.2- Nombre :

Un raisonnement analogue à celui développé pour l'échantillonnage de provenances pousserait en effet à envisager l'installation d'un essai dans chaque région d'utilisation, la région d'utilisation étant vis-à-vis des problèmes de reboisements, l'homologue de ce que la région de provenance est vis à vis des problèmes de récolte des graines.

Mais, on ne saurait pas, le plus souvent où situer les limites des régions d'utilisation surtout pour les espèces dont le comportement dans l'aire d'introduction est peu connu. On déboucherait donc sur un nombre de sites incompatibles avec les moyens dont on dispose.

Le nombre de sites expérimentaux sera donc, comme celui des provenances en fonctions des dispositifs pratiques et économiques.

5.2.3- Critères de choix des provenances :

STEINMETZ (1986), définit un certain nombre de critères sur lesquelles le forestier doit tenir compte afin d'effectuer un classement de ces provenances :

- **L'adaptation** : c'est le critère le plus important de tous, toute provenance qui ne s'adapte pas parfaitement doit être écartées quelque soit ses qualités.

Une provenance bien adaptée est une provenance dont le taux de survie est satisfaisant, moins sensible aux maladies et aux attaques parasitaires.

Une fois l'adaptation est assurée le choix portera sur la vigueur, caractère de forme et qualité technologique du bois...etc.

- **Le choix des peuplements porte-graines**, est un autre élément de jugement et de sélection de provenance, la récolte de graines doit se faire sur arbres (+) présentant des caractéristiques phrénologiques supérieurs (GHOURI ,1994).

Selon ILLY (1967), un peuplement porte graines doit répondre aux critères suivants :

- Ø Présenter le plus d'uniformité possible, sain, bien conformés, de race pure, résistant à l'action des agents externes (accidents climatiques et maladies), et situés dans un peuplement d'au moins un hectare de superficies.
- Ø Présenter des caractères phénotypiques particulières à savoir : tronc de forme rectiligne, bon élagage naturelle, branches fines avec un angle d'insertion de 90°, cime vigoureux à terminale unique, de forme conique, et une bonne production de graines.

Chapitre VI
Production, normes et
qualité des plants
forestiers hors-sol

1- La production des plants forestiers hors-sol :

Les méthodes utilisées traditionnellement ne donnent pas des plants de bonne qualité. De ce fait, le développement, la reprise, la croissance et la pérennité sont souvent hypothéquées de façon définitive. Il ya donc lieu d'utiliser des techniques répondant mieux aux besoins de la plante. Dans un premier, temps il s'agit d'améliorer les méthodes actuelles en attendant de pouvoir les remplacer par des techniques plus performantes (FALCONNET, 1992).

1.1- Les substrats de culture hors-sol :

Le substrat de culture est le milieu dans lequel se développe le système racinaire du plant, il doit être un réservoir en eau et en éléments minéraux, perméable, aéré et stable durant toute la période d'élevage pour permettre une bonne activité du système racinaire. En ce qui concerne le rétenteur d'eau le choix se limite aux tourbes blondes ou noir à longues fibres avec toutefois une préférence pour les tourbes blondes dans la stabilité physico-chimique est meilleur durant la période d'utilisation (FALCONNET, 1992).

Pour les aérateurs le choix est plus vaste ; on utilise des matériaux d'origine minérale, par exemple la laine de roche, de l'argile expansée ou de roche volcanique, fibre de bois traitée, compost d'écorce de pin, granulats de liège (PIVOT et REIST, 1994).

Selon ARGILIER et *al* (1991), l'utilisation de la terre seule ou en mélange pour la production de plants hors-sol est déconseillée, elle présente les inconvénients suivants :

- Ü contamination par des semences de graminées.
- Ü risque de présence de germes (*Fusarium pythium*) à l'origine de la fonte de semis.
- Ü faible teneur en air entraînant une mauvaise colonisation de la motte par le système racinaire.
- Ü irrégularité d'approvisionnement.
- Ü poids élevés.

1.2- Le conteneur :

La production des plants en conteneurs offre de nombreux avantages par rapport à celle des plants à racines nues :

- Ø Le transfert sur le terrain se fait avec la totalité du système racinaire et maintient intact son architecture.
- Ø Les plants en conteneurs sont moins périssables que ceux à racines nues.
- Ø les conteneurs assurent ainsi jusqu'à la plantation une protection contre la dessiccation et les blessures.
- Ø le risque de traumatisme est diminué (ARGILIER et *al*, 1991).

Le choix du conteneur est un facteur déterminant pour obtenir à la sortie de la pépinière, un bon plant. Plusieurs caractéristiques du conteneur sont à prendre en compte : la hauteur, la section, la forme et la conception ; éléments à prendre en compte pour le choix d'un conteneur pour permettre un développement optimal du végétal en respectant au maximum sa morphologie.

1.2.1.1- La hauteur :

La hauteur du conteneur influe sur la qualité de l'enracinement, mais à une faible influence sur la croissance en hauteur et en diamètre du plant (BENOIT et GRUEZ, 1987).

Selon FALCONET (1992), un conteneur de 15 cm de hauteur conserve l'architecture des racines sans les déformer. D'autre part, plus la hauteur du conteneur est importante, les racines sont installées profondément dans le sol au cours de la plantation et la protection des plants contre la dessiccation est meilleure.

1.2.1.2- La section :

Les résultats obtenus par MARIEN et DROUIN (1977), montrent qu'une section minimale de 25 cm est indispensable pour limiter la densité d'élevage, et permettre le remplissage du conteneur avec des matériaux grossiers (granulométrie : 5 à 15 mm), nécessaire pour assurer une bonne porosité du substrat et une bonne aération et éclaircissement suffisant des parties aériennes (FALCONET, 1992).

1.2.1.3- Le volume :

Il doit être supérieur à 400 cm³ afin de pouvoir accueillir la totalité du système racinaire dans de bonnes conditions. Une meilleure reprise sur le terrain a été constatée par BENBOIT et GRUEZ (1987), avec des plants de cèdres cultivés dans des conteneurs de plus de 400 cm³.

1.2.1.4- La forme et la conception :

MARIEN et DROUIN (1977), puis RIEDACKER (1978), ont montré l'importance du conteneur présentant des angles inférieurs à 40° impose au système racinaire une progression verticale et évite ainsi la spécialisation des racines latérales. L'utilisation d'un conteneur sans fond constitué de deux parties mobiles (WM de REIDACKER) permet l'autocernage et l'aération des racines, le lessivage du substrat en cas de besoin et facilite le suivi permanent de l'état sanitaire du système racinaire et du niveau hydrique du substrat. La matière utilisée pour la fabrication du conteneur est aussi importante au développement du système racinaire selon que les parois du conteneur sont imperméables aux racines ou non, elle joue aussi un rôle sur la température et la lumière (LEMAIRE et al, 1989).

1.3- Nutrition hydrique, minérale et mycorhization :

La culture hors-sol nécessite des connaissances techniques en matière d'irrigation, fertilisation et mycorhization contrôlé afin d'améliorer les propriétés morphologiques et physiologiques du plan, pour assurer une bonne reprise et une bonne croissance sur le terrain après plantation.

1.4- Importance de la production hors-sol :

- Ø La pépinière ne requiert pas l'occupation de sol fertile ni l'utilisation de grande surfaces.
- Ø Elle ne nécessite pas de grandes quantités d'eau pour irriguer.
- Ø Le contrôle de l'environnement rend la production plus fiable et surtout plus rapide.
- Ø L'isolement des plantules diminue les risques de contamination par certains agents phytopatogènes.
- Ø L'apport d'engrais et de pesticides est facilité, en particulier grâce au mélange possible avec les eaux d'arrosage.
- Ø La désinfection des substrats pour éliminer les mauvaises herbes et les parasites est simplifiée.
- Ø Le temps de production des plants est fortement réduit.
- Ø La saison de plantation peut être étendue, l'expédition des conteneurs et la mise en place des plants sont réalisable toute l'année.
- Ø l'emploi de substrats artificiels (CHEVALIER, 1985).

2- Qualité des plants hors-sol :

2.1- Définition d'un plant de qualité :

D'après FRANCOIS (1989), un plant de qualité doit remplir les trois conditions suivantes :

- ✓ Avoir une bonne provenance adaptée à la région d'utilisation, lui assurant une vigueur et une forme satisfaisante;
- ✓ Assurer une reprise voisine de 100% pour éviter les regarnies, toujours coûteux.
- ✓ Permettre une bonne croissance dès la première année pour limiter les entretiens.

2.2- Critères des plants de qualité :

Pour atteindre les trois objectifs cités si dessus, le reboiseur doit porter une Attention particulière aux caractéristiques génétiques, morphologiques et physiologiques des plants avant de les mettre en terre. (FRONCOIS, 1989) a résumé ces Caractéristiques dans les points suivants :

2.2.1- L'âge du plant :

Le taux de reprise des plants et leur rapidité de croissance après plantation dépendent beaucoup de leur capacité de régénérer de nouvelles racines, cette capacité décroît fortement et rapidement avec l'âge. Pour les productions en godet, les plants ne doivent pas excéder une seule saison de végétation.

2.2.2- La viabilité du plant :

La diminution de la viabilité peut être causée, entre autre, par les conditions suivantes:

- De mauvaises conditions de transport et une durée trop longue de celui ci ;
- Un stockage en bottes serrées ou empilées dans un lieu qui n'est pas suffisamment frais et humide.
- Des conditions de terrain asphyxiantes en pépinière.
- Une exposition prolongée des racines au vent et au soleil entraînant une déshydratation des plants.

2.2.3- Conformité du système racinaire :

Le système racinaire doit être bien conformé, la conduite en pépinière doit rechercher la production d'un système racinaire abondant plutôt qu'une tige de grande dimension en effet, les plants doivent avoir un bon équilibre racines/tiges (la masse des racines doit être au moins égale à celle de la tige).ils doivent également présenter une bonne architecture du système racinaire sans déformations rédhibitoires. Une culture sur une seule saison de végétation dans un godet d'un volume suffisant (supérieur à 200cm³) avec un substrat suffisamment drainant et aéré, et en appliquant le principe de cernage à l'air, permet de produire un système racinaire avec un minimum de déformation.

2.2.4- Qualité de la partie aérienne :

De la qualité de la tige dépend la forme ultérieure de l'arbre et donc sa capacité à produire des sujets droits. Elle doit donc respecter les principes suivants :

- La tige doit être bien conformée, les plants présentant des tiges flétries ou en partie noires cassantes ou avec des nécroses ou chancres doivent être refusés.
- Elle doit être droite et unique, une tige flexueuse, une fourche dès la base indique, souvent une mauvaise origine génétique ou un manque de vigueur.
- Elle doit être bien aoûtée et avec un bourgeon terminal en bon état, c'est une garantie sur la croissance ultérieure en particulier, une croissance dans l'axe de la tige sans descente des cimes ou repousses sur de bourgeons auxiliaires qui occasionneraient obligatoirement une crosse.

2.2.5- Etat sanitaire :

Des plants présentant des indices de maladies sur les aiguilles ou les feuilles, de nécroses sur les tiges ou d'attaques par le gibier ou tout autre symptôme doivent être éliminés.

3- La normalisation des plants forestiers :

3.1- Définition des normes :

Les normes sont des textes définissant avec précision les caractéristiques de produits (NICOLAS, 1987), dans notre cas les végétaux de pépinière conformes aux exigences techniques de la plantation tiennent compte de :

- ∅ La qualité génétique.
- ∅ La qualité sanitaire.
- ∅ Et les qualités morphologiques.

3.2- Intérêt de la normalisation pour les pépiniéristes :

Le pépiniériste, en produisant des plants répondant aux normes, contribue à abaisser le prix de revient. En effet, les végétaux normalisés obtenus, sont de qualité, ce qui constitue un argument de vente : qualité et homogénéité des plants (NICOLAS, 1987).

3.3- Intérêt de la normalisation pour l'utilisateur :

Elle constitue :

- ✓ Une garantie de qualité et de régularité ;
- ✓ Un moyen d'accéder à des informations auparavant dispersées, incertaines (origine des semences, traitement, techniques d'élevage),
- ✓ Et l'article étant bien défini, il est aisé de comparer les offres. Donc il devient plus facile de rédiger les commandes avec précision, même à distance (NICOLAS, 1987).

3.4- Application des normes :

L'intérêt du reboiseur est difficile à cerner, si les conditions de reprise à la plantation sont bonnes, il a certainement intérêt à choisir des plants relativement grands, mais pas excessivement, pour éviter la manifestation de la crise de transplantation, par contre si elles sont mauvaises, il a intérêt à choisir des plants plus petits. Le sylviculteur doit bien établir la liaison entre les trois facteurs: âge, hauteur, diamètre au collet pour s'assurer de la commercialisation des plants de qualité. Un seul problème reste à résoudre, à savoir celui de l'enracinement, dont la qualité est difficilement mesurable.

3.4.1- Relation âge- taille :

Pour un âge donné, ce sont des plants ayant les plus grandes dimensions (catégorie US) qui donneront en forêt les meilleurs résultats, de très nombreux essais sur l'épicéa et le douglas l'ont confirmé. Néanmoins il faut se méfier des beaux plants trop âgés, qu'il est déconseillé de planter (HADJSADOK, 1991).

3.4.2- Relation hauteur diamètre au collet :

Cette relation est liée au problème de repiquage en pépinière dans le cas de plants à racines nues. En effet, la hauteur est peu influencée par la densité au repiquage, par contre le diamètre au collet l'est, et il peut y avoir des différences importantes qui peuvent aller jusqu'à 25 %.

3.5- Les normes pratiquées en Algérie :

Une ébauche de normalisation à vu le jour en Algérie pour les plants forestiers. L'arrêté interministériel n° 995/4309/SG/DMVT/ du 14-12-1982 a permis la création de commissions d'agrèges composées de :

- Ü Sous directeur des forêts et de la mise en valeur des terres comme président.
- Ü Chef de bureau de la mise en valeur des terres.
- Ü Chef de bureau de la protection des forêts.
- Ü Et le représentant du producteur (ONTF ou EMIFOR ou autre).

Cette commission est chargée d'inspecter les produits de pépinières pour procéder à leur agrément. Cette opération donne lieu à l'élaboration d'un procès verbal d'agrèage sur la base des critères, en prélevant dix (10) plants par planches, ces critères sont :

- Ø Une bonne présentation générale de la planche et de son contenu avec une Homogénéité de la taille et de la couleur.
- Ø La hauteur de la partie des plants élevés en sachets, ne doit pas excéder deux (02) fois celle de la partie souterraine.
- Ø La tige du plant doit être bien aoûtée au niveau du collet.
- Ø Présence des racines secondaires abondantes.
- Ø Absence de malformations racinaires.
- Ø Absence de symptômes, de maladies et d'agents pathogènes visibles.

3.5.1- Critique :

Il est certain que la mise en place de normes pour la production de plants soit nécessaire, Néanmoins, depuis l'arrêté du 14 décembre 1982, rien de concret n'a été fait pour remédier aux insuffisances aux niveaux de ces normes, excepté un deuxième arrêté daté du 18 août 1986, pour la convocation de commission de Wilaya de contrôle et d'agréeage tout en se référant à celui du 14 décembre 1982. Les insuffisances peuvent être résumées dans les points suivants :

- ✓ tige multiple et souvent traumatisée ou blessée lors des manipulations et absence du bourgeon terminal.
- ✓ système racinaire souvent mal conformé.
- ✓ l'âge et la hauteur des plants (cm) en fonction du diamètre au collet (mm).
- ✓ Échantillonnage faible (10 plants par planche de semis, tout en sachant que cette dernière contient 7000 plants (HADJSADOK, 1991).

3.6- Normes (F.F.N) et les normes (C.E.E) :

Les normes (F.F.N) (Fonds forestier national français) ont été édictées, vers 1960 dont le but majeur, est de définir comme (bons plants) ceux qui présentent un rapport (hauteur/ diamètre au collet) inférieur à un certain seuil, il est variable selon les espèces et les catégories d'âge tout en maintenant le principe d'une hiérarchisation fondée sur un critère de hauteur, d'où la détermination des catégories (U.S) (utilisation spéciale), C'est à dire les plus grands pour les résineux. Les normes (C.E.E) (Communauté Economique Européenne), qui sont apparues en 1973, traduisent, au plan réglementaire, la nécessité du respect d'un rapport (hauteur / diamètre) suffisamment faible déjà imposé au niveau des normes (F. F.N) mais surtout en proposant des tarifs croissants avec la catégorie de hauteur des plants.

Deuxième partie

Matériel et méthodes

1- Présentation de la station d'étude:

L'essai s'est déroulé dans la station expérimentale de l'INRF (institut national des recherches forestières) au siège de la pépinière hors-sol de Guerbes, Cette pépinière créée récemment (Août 1989), située au Nord de la daïra d'Azzaba à 60 km du chef lieu de la wilaya de Skikda. Elle a pour but principal la production des plants forestiers (surtout le chêne-liège), destinés au reboisement de la région Nord-est du pays.

1.1- Coordonnées géographiques:

Ø Longitude: 7°11'18.36" E.

Ø Latitude: 36°56'6.79" N.

1.2- Cadre climatique :

1.2.1- Les précipitations :

Tableau 09: La précipitation annuelle de la station de Skikda (2000-2008).

L'année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Précipitation Annuelle (mm)	493.8	893.3	-	907	-	911	637	666	669

Les données du tableau ci-dessus permettent de constater que les fluctuations de la quantité des précipitations qui tombent chaque année sont importantes. L'année 2005 est considérée comme l'année la plus pluvieuse pour la période (2000-2008), avec 911 mm.

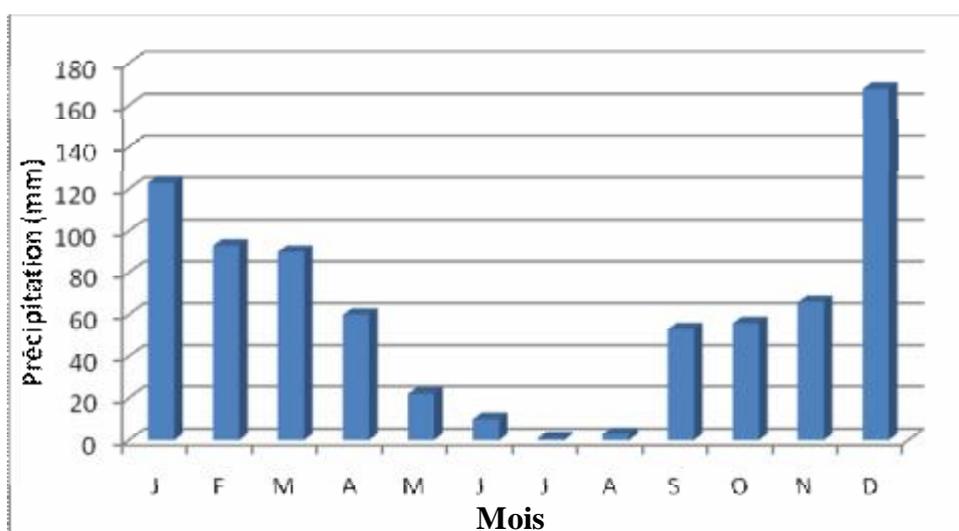


Figure 5: Variations mensuelles des précipitations (station de Skikda ,2000-2008).

Les valeurs de répartition mensuelle des précipitations pour la période (2000-2008), (fig5) montrent clairement qu'elles se répartissent d'une façon irrégulière et reflètent un maximum au

mois de décembre avec une hauteur moyenne de 168.4 mm et un minimum au mois de juillet, dans lequel, la hauteur descend trop bas.

1.2.2- La température :

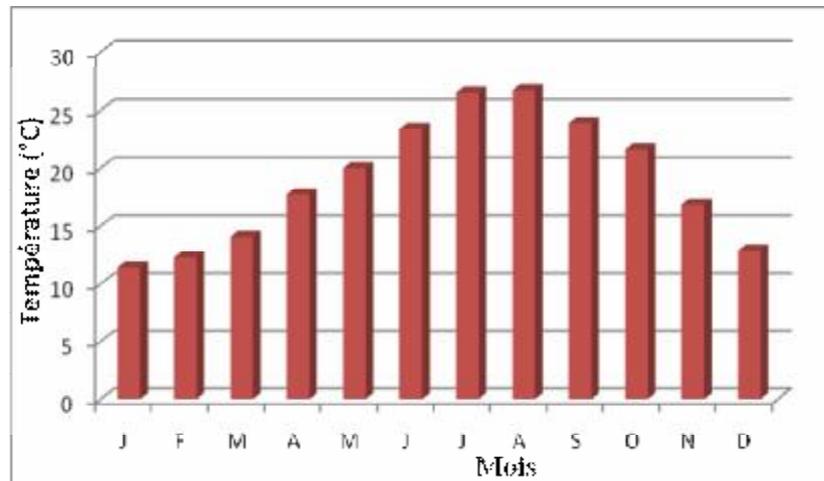


Figure 6: Variation mensuelle de la température (station de Skikda, 2000-2008).

Le diagramme ci-dessous, montre que le mois le plus chaud est celui d'Aout avec une température moyenne de 26.7°C, cependant, le mois le plus froid est janvier où la moyenne des températures est de 11.4°. La température moyenne annuelle pour la période (2000-2008) est de 18.99 °C.

1.2.3. Le vent :

Les vents dominants sont d'ouest et d'est, ce sont des vents chargés d'humidité et souvent violents, du sud ouest souffle au printemps et en été un vent chaud et sec : le siroco qu'il cause de très graves dégâts à la végétation, Sa vitesse moyenne annuelle est de 3.27 m/s.

1.2.4- Synthèse climatique :

1.2.4.1- Diagramme ombrothermique de Gausson.

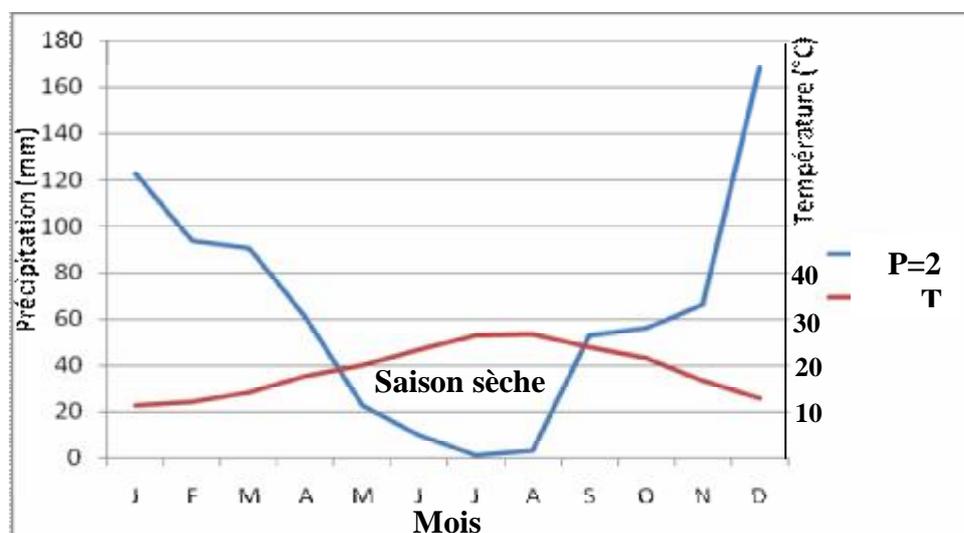


Figure 7: Diagramme ombrothermique de Gausson (station de Skikda).

Le diagramme précédent montre que la saison sèche dure plus de 4 mois, du début de mai à la mi-septembre, celle-ci coïncide presque avec la croissance végétative du chêne-liège qui débute en mi-mars et s'achève en juillet (ANONYME, 1989).

1.2.5- Les conditions climatiques durant l'expérience :

1.2.5.1- La température :

Le mois le plus chaud est celui de juillet et juin avec une température moyenne de 26,7°C, cependant le mois le plus froid est février avec une température de 11,5°C. (Fig. 8)

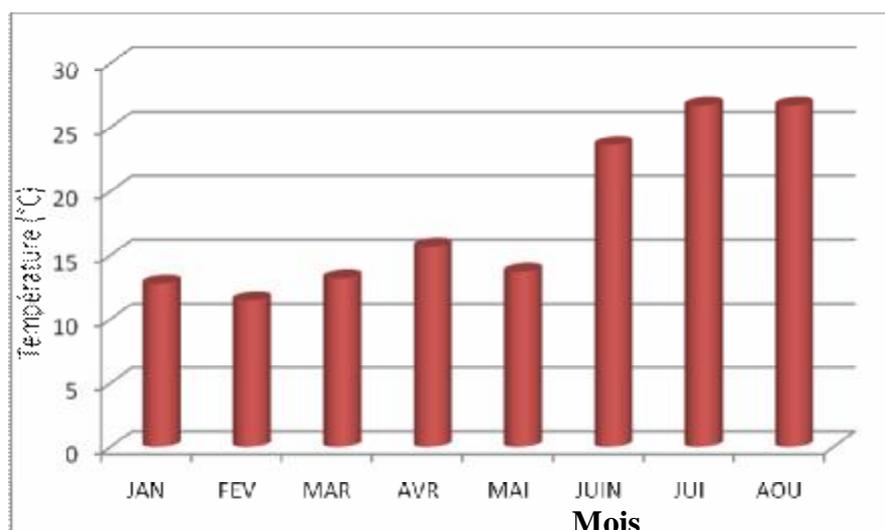


Figure 8: Evolution de la température durant les mois d'élevage (station de Skikda, 2009).

1.2.5.2- La pluviométrie :

La quantité la plus importante de pluie est enregistrée en Janvier avec 251 mm, puis elle baisse progressivement jusqu'à s'annuler au mois de Juin (Fig.9).

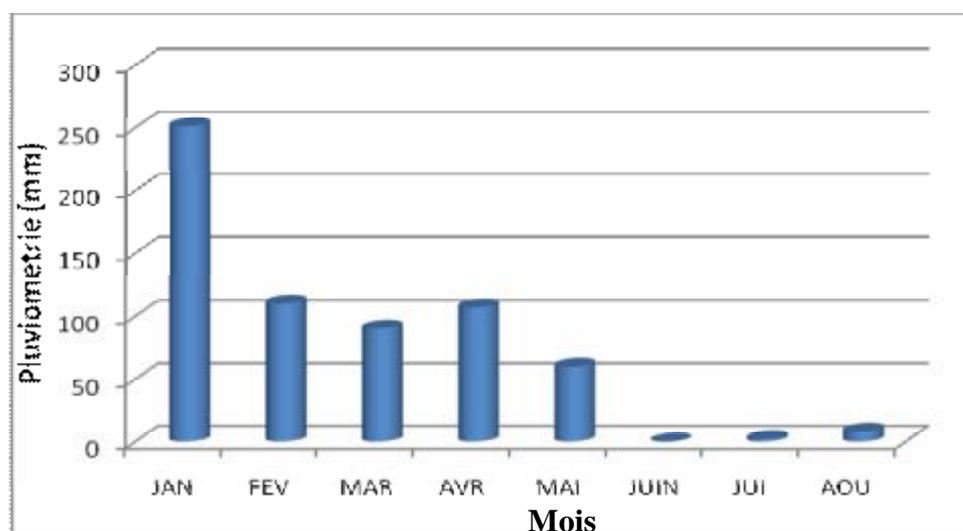


Figure 9: Evolution de la pluviométrie durant les mois d'élevage.

2- Matériel utilisé:

2.1- Elément rétenteur d'eau:

2.1.1- Humus forestier sous feuillus:

Dans notre expérimentation, On a utilisé l'humus forestier comme rétenteur, le seul disponible en pépinière, c'est une matière organique naturelle provenant de la décomposition de la matière accumulée sous une végétation de chêne-liège à Guerbes.

2.2- Elément aérateur:

2.2.1- Grignon d'olive:

Ce sont les déchets récupérés des huileries, ils ont subi un compostage pendant trois ans afin de réduire le taux des acides et des composés toxiques qui peuvent exister, et de réduire le taux d'Azote élevés par minéralisation, leur diamètre varie de 1 à 4 mm.

Tableau 10: Caractéristiques physicochimiques du grignon d'olive.

Paramètres	pH	Porosité %	CE mmhos/cm	MO %	N %
Grignon d'olive	5.60	88	0.07	80	0.50

Source : (ROULA, 2006)

Le tableau ci-dessus montre que le grignon d'olive présente une porosité très importante et un taux très élevé en matière organique.

2.2.2- Ecorce de pin d'Alep:

C'est un excellent produit dont l'utilisation devient de plus en plus fréquente en pépinière. Il s'agit d'une écorce de pin d'Alep (*Pinus halpensis*) qui provient de la station de transformation du bois d'El-hamma (W. de KHENCHELA).

COUSIN et LANIER (1976), citent l'écorce de résineux résidu de traitement des bois de papeterie, comme étant un substrat très intéressant.

Le tableau suivant présente la composition chimique de ce produit.

Tableau 11: Composition chimique de l'écorce.

Elément		Ecorce	Unité
Carbone organique		47.3	%
Azote total		1.06	%
Rapport C/N		44.62	
Éléments Solubles	K	0.025	%
	Na	0.015	%
	Ca	0.32	%
	Mg	0.006	%
P soluble		200	ppm

(TEMAGOULT, 2005)

Le tableau ci-dessus montre que l'écorce est composée essentiellement de carbone organique avec un taux de 47.3 %, cependant les autres éléments solubles (K, Na, Ca et Mg), présentent des taux faibles. Le rapport C/N très élevé de l'écorce indique selon DOMERGUE et MONGENOT, (1970), qu'il ya une mauvaise minéralisation de la matière organique et que sa décomposition s'oriente vers l'humification.

2.3- Les conteneurs:

Le choix du conteneur est un facteur déterminant pour produire un plant de qualité, c'est le système (MW) de Riedacker, qui remplace le sachet polyéthylène, il est sans fond, constitué de deux pièces rigides en polyéthylène emboîtables pliées sous la forme de lettre alphabétique W ou M de hauteur de 17 cm pour 5.5 cm de coté et son volume est de 400 cm³.

L'utilisation de ce conteneur à parois imperméables permet d'éliminer l'enroulement latérales des racines par ses angles dièdres, aigu, inférieur à 40°, qui impose un développement verticales des racines et d'éviter la formation du chignon, ce type de conteneur est réutilisable 3 à 4 fois et même plus.

2.4- Les caissettes:

Il s'agit des caissettes en plastique de dimension: 51×35×15 cm, elles représentent des ouvertures dans leur fonds (bases), qui vont permettre l'auto-cernage des racines, une caissette peut contenir 40 conteneurs (MW) de 400 cm³.

2.5- Les bâches de cultures surélevées:

Les bâches de cultures surélevées sont constituées de châssis métalliques, disposées transversalement sur des murettes de 60 cm de hauteur.

Le conteneur sans fond, la caissette à base ajourée et la surélévation des châssis provoque l'auto-cernage des racines et par la même occasion évitent aux plants toute contamination par le sol et aux attaques des rongeurs (BOURAHLA et KHETIB, 1994).

2.6- Matériel végétal:

L'espèce utilisée dans notre expérimentation est le chêne-liège, tout d'abord parce que : C'est l'espèce la plus importante du point de vue économique (par son aptitude à produire le liège), qui représente une source non négligeable de revenus. Ensuite le chêne-liège est d'un intérêt d'ordre social, par la fixation des riverains dans les massifs et la création d'emploi et un intérêt écologique par sa faculté antiérosive et sa résistance aux incendies.

2.6.1- Choix des provenances:

Parmi les différentes provenances disponibles en pépinière, nous avons choisi ces trois provenances puisqu'elles proviennent des milieux écologiques différents : de la massif de **Collo** à Skikda (P_1), de la forêt domaniale de **Bouhatem** à Bejaïa (P_2), et de la forêt d'**Orrich** à Bouira (P_3).

2.6.2- Quelques caractéristiques des provenances utilisées:

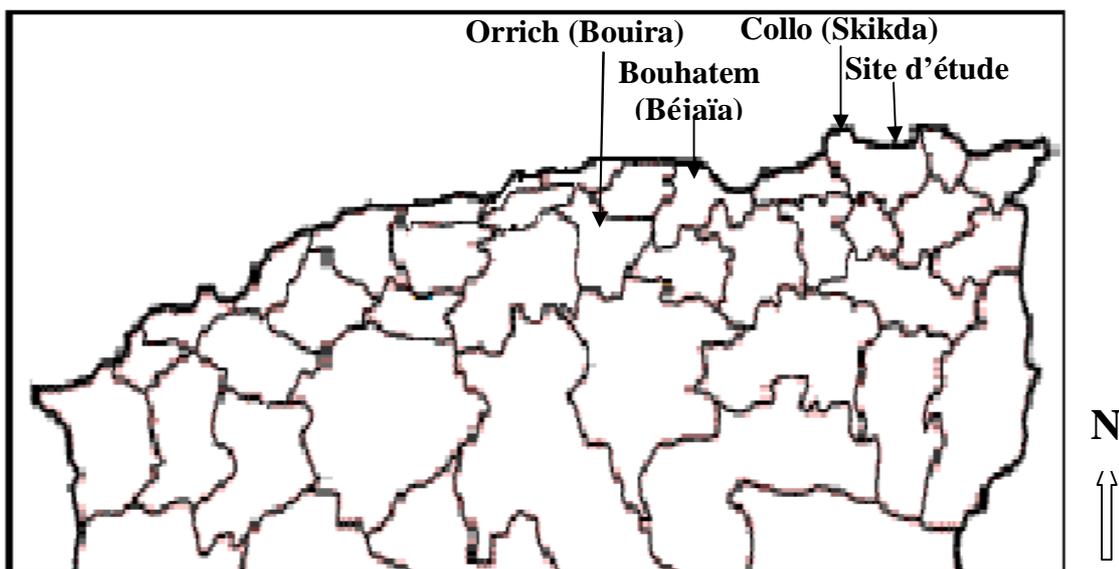


Figure 12: Localisation du site d'étude et des provenances étudiées.

Le tableau suivant donne une description succincte des provenances étudiées de chêne liège.

Tableau13: Description des provenances étudiées.

Provenances	Secteur géographique	Latitude	Longitude	étage bioclimatique
Collo	Est	37°00 N	6°30 E	humide
Bouhatem	Est	36°45 N	5°50 E	humide
Orrich	Centre	36°22 N	3°53 E	subhumide

2.6.2.1- Poids moyen de 100 glands:

Nous avons pesé 100 glands de chaque provenance, cette opération est répétée 5 fois et les poids moyens obtenus sont illustrés dans le tableau ci-dessus.

Tableau 14: Poids moyen de 100 glands de chaque provenance en gramme.

Provenances	Collo	Bouhatem	Orrich
P moyen	529.6	436	480.4

2.6.2.2- Mensuration:

Le tableau ci-dessus représente la longueur moyenne et le diamètre moyen de 20 glands de chaque provenance.

Tableau 15: Longueur et diamètre moyennes de 20 glands en cm.

Collo		Bouhatem		Orrich	
Longueur	Diamètre	Longueur	Diamètre	Longueur	Diamètre
3.30	1.52	2.65	1.33	3.05	1.39

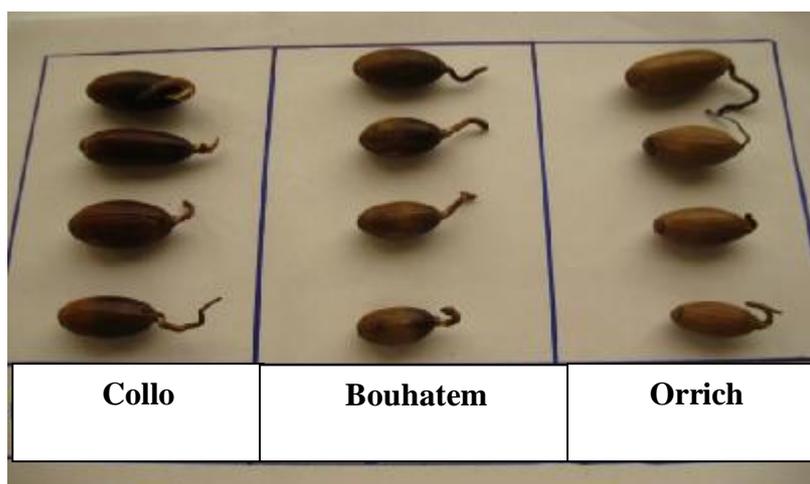


Figure 13: Photo de glands des trois provenances étudiées.

3- Méthode adoptée:

3.1- Préparation des substrats et composition des modalités:

Dans notre expérimentation, l'élément rétenteur utilisée est l'humus forestier associé à deux aérateurs: le grignon d'olive et l'écorce de pin d'Alep.

Par la combinaison de deux substrats (utilisés actuellement en pépinière) avec trois provenances de différentes régions, on cherche de voir le comportement des plants de différentes provenances élevées sur ces substrats et par conséquent classer les modalités testées. Enfin, la meilleure combinaison testée (provenance \times substrat) nous permet de fixer la meilleure provenance pour la région et ainsi de choisir le meilleur substrat d'élevage du chêne-liège.

Tableau 12: Composition et dénomination des modalités testées.

Modalités	Composition	
	Provenances	Substrats
M ₁	Collo (Skikda)	60 % grignon d'olive + 40 % humus forestier
M ₂	Bouhatem (Béjaïa)	60 % grignon d'olive + 40 % humus forestier
M ₃	Orrich (Bouira)	60 % grignon d'olive + 40 % humus forestier
M ₄	Collo (Skikda)	60 % écorce de pin + 40 % humus forestier
M ₅	Bouhatem (Béjaïa)	60 % écorce de pin + 40 % humus forestier
M ₆	Orrich (Bouira)	60 % écorce de pin + 40 % humus forestier

Les substrats ont été mélangés manuellement à l'aide d'une pelle et mis dans les conteneurs (MW) de 400 cm³. Après le remplissage des conteneurs, les caissettes sont installées sur les bâches de production.

3.2- Protocole expérimental:

Le dispositif choisi est un essai en randomisation totale avec trois répétitions, chaque répétition est composé de 6 caissettes en plastiques à fond perforé, contenant chacune 40 conteneurs (40 plants) et correspond chacune à une modalité (fig. 10), ce qui donne $6 \times 40 = 240$ plants par répétition et **720** plants pour tout le dispositif. Les caissettes sont surélevées de 60 cm par rapport au sol pour permettre l'auto-cernage des racines.

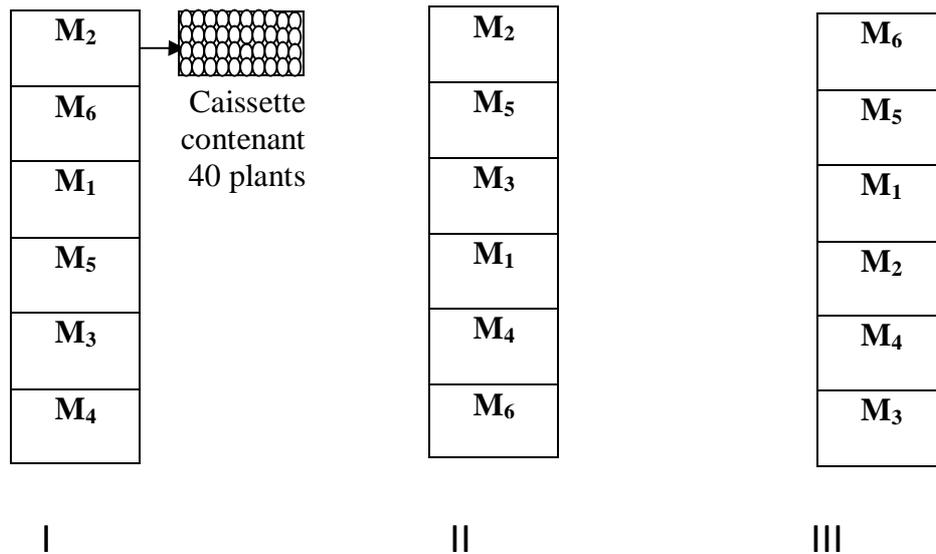


Figure10: Plan du dispositif expérimental.



Figure 11: Photo du protocole expérimental.

3.3- Conduite de l'élevage:

3.3.2- Semis:

La récolte des glands a été effectuée en novembre décembre 2008. Le stockage a été réalisé dans une chambre froide au siège de l'INRF à Guerbes, Après les glands ont été semis le **21/01/2009** à raison d'un gland pré-germé avec radicule apparente.

3.3.3- Arrosage:

Les plants ont été irrigués par brumisation au moyen d'un système d'arrosage automatique à raison de trois fois par semaines, cette fréquence augmente pendant l'été à et devient chaque jour, puis elle diminue pendant les mois plus ou mois humides.

3.3.4- Protection des semis:

Le désherbage des adventices s'est effectué manuellement dès que cela s'avère nécessaire, car celles-ci 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- Mesures et observations sur les plants:

4.1- La levée des semis:

On parle de levée dès qu'il ya apparition d'une plantule de chêne-liège, à chaque fois qu'une plantule apparait on la compte, jusqu'à la dernière levée, (du **23/02/2009** au **02/05/2009**),

4.2- Technique d'échantillonnage:

Afin de réduire les risques d'erreur et d'arriver à une grande fiabilité du test statistique, nous avons opté pour un échantillonnage de 25 % de l'effectif (10 plants par caissette), soit un total de 180 plants mesurés à chaque dates, le choix des plants est aléatoire au sein des caissettes dans chaque bloc, et les différentes mesures des hauteurs et des diamètres au collet ont été effectuées sur les mêmes plants.

4.3- Caractères morphologiques des plants :

De nombreux auteurs se sont basés sur des caractères morphologiques de jeunes plants, afin d'étudier la variabilité génétique de certains provenances (WRIGHT, 1963)

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

4.3.1- Hauteur des plants:

Pour le chêne liège, la croissance végétative débute en mi-mars et s'achève en juillet (ANONYME, 1989).

Les mesures des hauteurs, des tiges et des diamètres au collet ont été effectuées trois mois après le semis à 05 dates différentes espacées d'un mois. A l'aide d'une règle graduée, on a mesuré la hauteur des plants depuis le ras du sol jusqu'à l'apex.

4.3.2- Diamètre au collet:

C'est le diamètre mesuré au niveau de la zone de séparation entre le système racinaire et la partie racinaire, les mesures ont été faites à l'aide d'un pied à coulisse d'une précision de 1 /10 mm.

4.3.3- Calcul du rapport hauteur diamètre au collet:

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 (LAMHAMEDI, 2000).

4.3.4- Calcul du nombre des feuilles et des branches:

L'estimation du nombre des feuilles est un bon indicateur des capacités assimilatrices de la plante et de sa production en biomasse (FISCHESSER et DUPUITATE, 1996).

Le nombre de ramification (branches) nous permet d'avoir une idée sur la qualité du plant, l'importance est l'abondance des ramifications permettant au plant de bien s'alimenter en eau et en sels minéraux.

Le calcul du nombre de feuilles et de branches a été effectuée trois mois après le semis et cela: au début, au milieu, et à la fin de l'essai sur les mêmes plants utilisés pour la mesure des hauteurs et des diamètres au collet.

4.2.5- Poids frais des parties aériennes et souterraines:

A la fin de l'expérimentation nous avons mesuré les biomasses fraîches, aériennes et racinaires des mêmes plants utilisés pour la mesure des hauteurs, et des diamètres au collet de la manière suivante: le conteneur est d'abord séparé, le plant est ensuite demoté soigneusement pour garder le maximum de masse racinaire. La partie aérienne est séparée du système racinaire à l'aide d'une lame au niveau du collet. Avant le passage des parties aériennes et racinaires dans le four, on pèse leurs poids frais à l'aide d'une balance de précision de 1/100.

4.2.6- Poids sec des parties aériennes et souterraines:

Cette opération nécessite le passage des parties aériennes et souterraines à l'étuve 105 C° pendant 24 heures puis pesée.

Les données obtenues pour chaque paramètre ont été interprétées statistiquement au moyen de l'analyse de la variance.

5- Analyses physicochimiques :

5.1- Analyses chimiques :

5.1.1- Détermination du pH :

Il est déterminé à l'aide d'un pH mètre Methrom rapport 1/ 25, basé sur la méthode électrométrique à l'électrode de verre accouplée à une électrode de référence.

5.1.2- Détermination de la conductivité électrique :

La mesure de la conductivité électrique à une température fixée fournit un moyen rapide d'apprécier la salinité des substrats organique (GUY, 1978).

Elle a été déterminée à l'aide d'un conductimètre Methrom, sur un extrait aqueux au rapport 1/5.

5.1.3- Calcaire total :

La teneur en calcaire total permet de préciser le type de sol et de connaître l'importance des réserves en CaCO₃ du sol, on détermine la quantité de calcaire, on dosant la quantité totale des carbonates, avec le calcimètre de Bernard (DUCHAUFOR, 1977).

5.1.4- Phosphore assimilable :

Il est déterminé par la méthode Joret –Hubert.

5.1.5- Azote total :

L'azote total a été déterminé par la méthode Kjeldahl décrit par DUCHAUFOR, (1977). La prise de sol est attaquée par l'acide sulfurique à ébullition. La matière organique est alors minéralisée et le carbone est oxydé en CO₂.

L'azote passe à l'état d'ammoniaque et se fixe par l'excès d'acide sulfurique, cet azote peut être alors déplacé facilement et dosé, par entraînement à la vapeur.

5.1.6- Carbone et matière organique :

Le dosage du carbone organique est effectué par la méthode de Walkley Black ; basée sur l'oxydation à froid de carbone organique par le dichromate de potassium en milieu acide.

La matière organique est calculée selon la relation suivante :

$$\text{La matière organique} = \text{carbone} \times 1.72$$

5.1.7- Rapport C/N :

Le rapport C/N a été déterminé à partir du dosage de l'azote total par la méthode Kjeldahl, et la détermination du carbone par la méthode Walkley Blak.

5.1.8- Potassium et sodium :

Ces deux éléments ont été dosés par spectrométrie à flamme.

5.1.9- Magnésium et calcium :

Le magnésium et le calcium ont été dosés par spectrométrie à flamme.

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

La capacité d'échange cationique est déterminé par la méthode internationale à l'acétate d'Ammonium.

5.2- Analyses physiques :**5.2.1. La granulométrie :**

La granulométrie a été déterminée par la méthode internationale à la pipette de Robinson.

5.2.2- Détermination de la densité apparente :

La méthode de mesure de la densité apparente utilisée est la méthode au cylindre, Cette technique consiste à prélever un échantillon du substrat de volume connue dont on Déterminera la masse sèche après passage du substrat dans le four à 105 C°.

$$D_a = \frac{\text{Poids sec (g/cm}^3\text{)}}{v \text{ (cm}^3\text{)}}$$

5.2.3- La porosité totale:

La porosité a été déterminée selon la formule suivante :

$$P(\%) = \frac{D_r - D_a}{D_r} \times 100$$

P : la porosité totale.

D_r : la densité réelle.

D_a : la densité apparente.

5.2.4- La capacité de rétention en eau :

La méthode utilisée consiste à mettre dans un cylindre perforé un volume de substrat sec à un poids connu (P_s) et ensuite le saturer avec l'eau et le laisser ressuyer pendant 48 heures, le poids du substrat après le ressuyage représente (P_r). On obtient la capacité de rétention selon la relation suivante:

$$R(\%) = \frac{P_r - P_s}{P_s}$$

P_r : Poids du sol retenu.

P_s : poids du sol sec.

Troisième partie
Résultats et discussions

1- Résultats des analyses au laboratoire :**1.1- Analyse chimique des substrats :**

Les analyses chimiques des substrats ont été réalisées au niveau des laboratoires de phytotechnie, foresterie et chimie des sols, de l'université de Batna, laboratoire des sciences agronomiques de l'université de Skikda et à l'INSID d'Oum El-Bouaghi.

Tableau 16: Résultats des analyses chimiques des substrats.

Les éléments	S₁ (grignon+humus)	S₂ (écorce +humus)
pH	6.98	6.94
CE (mmhos/cm)	0.31	0.20
Calcaire totale (%)	0.38	2.30
Carbone organique (%)	4.1	4.4
Matière organique (%)	7.05	7.56
Azote totale (%)	0.043	0.072
C/N	95.34	61.11
Phosphore assimilable (ppm)	198.33	23.33
Sodium (meq/100g)	4.39	2.65
Potassium (meq/100g)	4.02	0.41
Calcium (meq/100g)	6.20	23.56
Magnésium (meq/100g)	38.16	45.06
CEC (meq/100g)	67.52	83.93

1.2- Interprétation

1.2.1- Le pH :

Tableau 17 : Normes d'interprétation du pH de la solution du sol.

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

LE CLERCH (2000)

En se référant aux tableaux 16 et 17, nous constatons que les deux substrats S₁ et S₂, ont des pH voisins et neutres (6.94 et 6.98), ce qui reste dans l'intervalle souhaitable à la culture hors-sol, soit 5 à 8 (ANONYME, 1991).

1.2.2- La conductivité électrique :

Tableau 18 : Echelle de salure Européenne (GROS, 1979).

CE (mmhos/cm)	0 à 0.6	0.6 à 1.2	1.2 à 2.4	2.4 à 6	< 6
Extrait 1/5	Non salé	Peu salé	Salé	Très salé	Extrêmement Salé

Selon l'échelle de salure Européenne, nos résultats montrent que les deux substrats sont loin d'être salés (conductivité électrique < 0.6 mmhos/cm).

1.2.3- Le Calcaire total :

D'après BAIZE (1988), les sols sont classés selon leurs teneurs en calcaire total comme suit :

Tableau 19: Normes d'interprétation du calcaire total selon (BAIZE, 1988).

Teneur en calcaire total (%)	Type de sol
< 1	Sol non calcaire
1 – 5	Sol peu calcaire
5 – 25	Sol modérément calcaire
25 – 50	Sol fortement calcaire
50 – 80	Sol très fortement calcaire
> 80	Sol excessivement calcaire

En comparant la teneur en calcaire total des substrats aux normes d'interprétation citées ci-dessus, nous pouvons classer le substrat S₂, dans la classe des sols peu calcaire.

Cependant S₁ présente une teneur très faible en calcaire total (soit 0.38 %), ce qu'on peut le considérer comme substrat non calcaire, ce qui explique l'absence de calcaire actif.

1.2.4- Le Carbone et la matière organique :

Tableau 20: Normes d'interprétation de la matière organique selon (SCHAFFER, 1975).

Taux de matière organique (%)	Terre
< 1	Très pauvre
1 à 2	Pauvre
2 à 4	Moyenne
> 4	Riche

D'après DUTHIL (1973), la matière organique est considérée comme normale de 1.5 à 2.5 %, de ceci et selon les normes ci-dessus, il ressort la richesse des deux substrats S₁ et S₂ en matière organique avec des taux de 4.1 % et 4.4 %, cela s'explique par la présence du grignon d'olive et de l'écorce de pin dans les deux substrats et qui sont des matières organiques difficilement dégradables.

1.2.5- L'Azote total :

L'azote dans les sols dépend de la minéralisation de l'azote organique, c'est-à-dire l'ammonification et la nitrification. C'est un élément indispensable, sa carence, inhibe la croissance, entraîne la chlorose des feuilles par diminution de la teneur en chlorophylle en commençant par les plus vieilles (HELLER et al, 1993). L'excès d'azote va provoquer une stimulation de la croissance des feuilles au dépend des fleurs, et il provoque une moindre résistance des plantes aux gelées, à la sécheresse et aux maladies.

Tableau 21: Normes d'interprétation pour l'azote.

	Très pauvre	Pauvre	Moyen	Riche	Très riche
Azote (%) (KJELDAHL)	< 0.05	0.05 à 0.1	0.1 à 0.15	0.15 à 0.25	> 0.25

(GROS, 1979)

D'après les résultats obtenus et les normes ci-dessus, on constate la pauvreté des deux substrats en cet élément, avec des valeurs respectivement de 0.043 % et 0.072%.

1.2.6. Le rapport C/N :

Le rapport C/N indique l'évolution de la matière organique, il intervient dans la mesure où oriente la décomposition de la matière organique, soit vers la minéralisation ou vers l'humification (GROS, 1979 ; DUCHAUFOR, 1988 et SOLTNER, 2000). Il traduit la capacité minéralisatrice : un rapport C/N inférieur à 25 accélère la décomposition et limite par conséquent, les possibilités d'humification (DOMERGUE et MONGENOT, 1970).

Concernant nos substrats, le rapport C/N est trop élevé (supérieur à 25), pour les deux substrats avec des valeurs de 95.34 pour S₁ et 61.11 pour S₂, ce qui témoigne d'une mauvaise minéralisation de la matière organique et que ces substrats présente une difficulté d'approvisionnement en azote pour la plante.

1.2.7. Le Phosphore assimilable :

Comme pour l'azote, le phosphore est indispensable à la croissance, il est surtout abondant dans les organes jeunes des plantes, favorise essentiellement la respiration, la photosynthèse et le développement des racines.

Tableau 22: Classe d'appréciation pour le phosphore assimilable.

Classe	P ₂ O ₅ assimilable (‰)
Terres pauvres	< 0.12
Terres moyennes	0.12 à 0.30
Terres riches	> 0.30

Source : ministère de la coopération de la république Française (1974).

En se référant aux normes, et aux résultats obtenus, on que le substrat 2 est très pauvres en phosphore assimilable (0.023 ‰), au contraire le substrat 1 présente une teneur moyenne en phosphore avec une valeur de 0,198 ‰.

1.2.8- Le Sodium :

Les teneurs en Sodium enregistrées dans les deux substrats sont : 4.39 meq/100g pour S₁, et 2.65 meq/100g pour S₂, ces valeurs sont inférieur à celle du Calcium, ceci est favorable à une évolution de la matière organique (ROULA, 2006).

1.2.9. Le Potassium :

Le potassium est indispensable à toute élaboration de la matière sèche et intervient directement dans la photosynthèse, la synthèse d'hydrates de carbone et des protides ne peut se faire qu'en sa présence. Le premier substrat S₁ présente une teneur importante avec une valeur de 4.02 meq/100g, cependant S₂ présente une teneur très faible de 0.41 meq/100g.

1.2.10- Le Calcium :

Le calcium intervient dans la formation des complexes argilo-humiques. Par contre un excès de calcium peut provoquer surtout l'insolubilisation des composés phosphatés et le blocage éventuel des oligo-éléments (Fe, Zn, Cu, et Mn) (MOREL, 1996). Nos résultats montrent que la concentration du calcium est très importante pour S₂ avec une valeur de 23.56 meq/100g ce qui a provoqué l'insolubilisation du phosphore (teneur très faible en phosphore assimilable), cependant S₁ présente une teneur de 6.20 meq/100g.

1.2.11- Le Magnésium :

La teneur en Magnésium n'est pas négligée pour les deux substrats, elle est de 38.16 meq/100g pour S₁ et 45.06 meq/100g pour S₂, Cette teneur élevée en Mg peut provoquer un déséquilibre par absorption insuffisante du potassium.

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

La capacité d'échange cationique représente la quantité maximale de cations que le sol peut retenir sur le complexe adsorbant, elle représente la réserve totale assimilable du sol en éléments minéraux, ce paramètre donne la fertilité Chimique du sol (CALVET et VILLEMEN, 1986).

Tableau 23: Normes d'interprétation pour la C.E.C.

	Très faible	faible	Moyenne	élevée	Très élevée
CEC (meq/100g) DELMAS et DARGTIGUE	< 5	5 - 10	10 – 15	15 - 20	> 20

(CALVET et VILLEMEN, 1986)

La capacité d'échange cationique dépend du taux d'argile et d'humus du sol, en se référant aux normes ci-dessus nous constatons que la capacité d'échange cationique est très élevée pour les deux substrats, elle est de 67.52 meq/100g pour S₁ et 83.93 meq/100g pour S₂.

1.3- Analyse physique des substrats :

Tableau 24: Résultats des analyses physiques des substrats.

Analyses		S ₁ (grignon +humus)	S ₂ (écorce +humus)
Granulométrie	Argile (%)	26.06	19.79
	Argile +limon(%)	13.93	27.47
	Sable (%)	49.33	36.76
	Limon grossier (%)	10.68	15.98
	Texture	Limono-sableuse	Limono-sableuse
	Nature du sol	Limono-sableuse Argileux	Limono-sableuse Argileux
Densité apparente		0.87	0.65
Porosité (%)		66.54	75
La capacité de rétention En eau (%).		52.68	54.08

1.4- Interprétation :

1.4.1- L'analyse granulométrique :

Elle consiste à classer les éléments du sol selon leurs grosseurs et de déterminer le pourcentage de chaque fraction. La comparaison de ces différentes fractions avec un triangle de texture définit le type de sol (BONNEAU et SOUCHIER, 1979 ; MOREL, 1996 ; SOLTNER, 2000 et JAUNES et JACOBSON, 2001).

Tableau 25 : Répartition des différents types de texture en fonction des classes de textures.

Classe de texture	Type de texture
Texture fines	Argilo-sableuse, argileuse
Texture moyennes	Limoneuse fine, limoneuse
Texture grossières	Limono-sableuse, sablo-limoneuse, sableuse

(HENIN, 1969)

D'après le tableau ci-dessus, on peut classer les deux substrats dans la classe des textures grossières. Ces textures ne provoquent pas l'asphyxie du système racinaire et permettent un bon

développement des racines, une texture lourde par contre peut entraîner les phénomènes d'asphyxie radiculaire.

1.4.2- La densité apparente :

Les deux substrats S_1 et S_2 présentent des faibles densités apparentes avec des valeurs respectivement de 0.87 et 0.65, c'est à dire une bonne porosité, une bonne capacité de rétention en eau, et un meilleur développement du système racinaire.

1.4.3- La porosité :

La porosité totale est le rapport du volume des vides existant dans un volume total donné de matériaux. Elle est élevée dans les deux substrats S_1 et S_2 , elle est de l'ordre de 66.54 et 75%, cela s'explique par la présence du grignon d'olive et de l'écorce du pin qui ont une très grande porosité, c'est-à-dire un volume très important des pores entre les particules du sol et par conséquent une meilleure capacité de rétention en eau et un meilleur développement du système racinaire.

1.4.4- La capacité de rétention en eau :

La capacité de rétention en eau, est importante dans les deux substrats avec des taux de 52.68% pour S_1 et 54.08% pour S_2 , grâce à la présence du grignon d'olive et de l'écorce du pin, qui jouent le rôle d'un rétenteur d'eau et également d'un aérateur.

2- résultats des mesures et des observations effectuées sur les plants :

2.1- Le taux de levée :

La levée constitue un premier diagnostic de réussite d'une culture, une mauvaise levée peut avoir plusieurs causes liées à la conduite culturale (semis trop profond, ou trop superficiel), climatique ou parasitaire.

Le comptage des glands germés est débuté dès l'apparition de la première plantule et duré plus de 2 mois (du 23/02/2009 à 02/05/2009).

Tableau 26: Taux de germination de différentes modalités.

Modalités	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆
Taux de Germination (%)	88,33	93,33	90	81,67	94,17	73,32

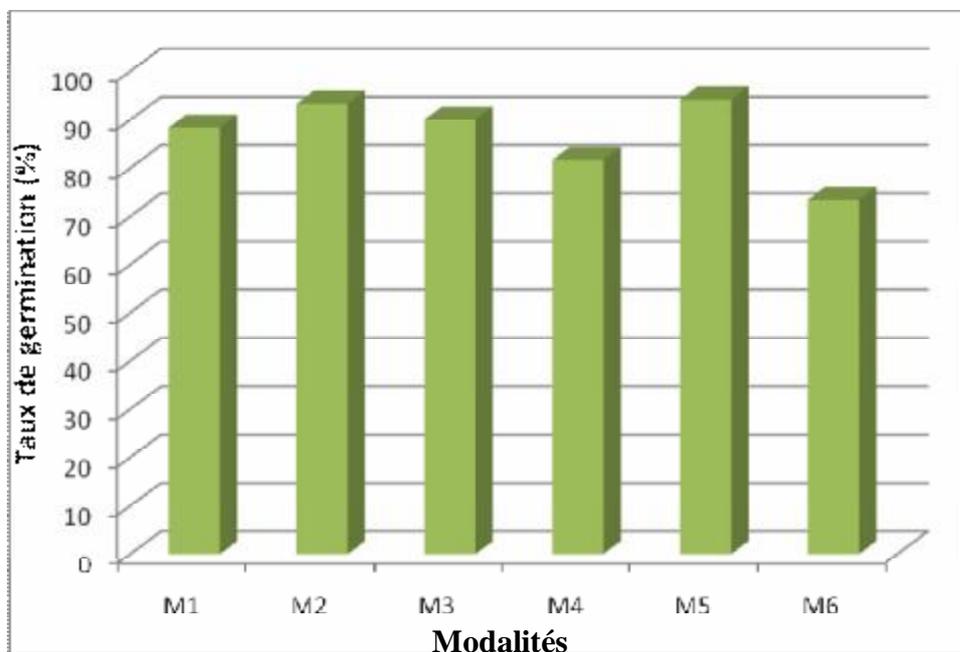


Figure 14: Taux de germination en fonction des différentes modalités.

En se référant aux résultats des taux de levée, nous pouvons dire que la levée des semis de chêne-liège est assez bonne pour les modalités testés : M₅, M₂, M₃, et M₁ avec des valeurs

respectivement de 94,17%, 93,33%, 90% et 88,33%. Cependant la levée la plus faible est enregistrée par M₆ avec un taux de 73,32%.

Les résultats des modalités: M₅, M₂, M₃, et M₁ sont en accord avec ceux de CEMAGREF (1983), qui considère que le taux de germination est satisfaisant à partir de 85%.

2.2- Analyse des caractères morphologiques:

2.2.1- Hauteur de la partie aérienne :

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 2.1) montrent qu'il ya une différence significative pour ce paramètre ($F_{\text{calculé}} > F_{\text{théorique}}$), le test de NEWMEN et KEULS au seuil de 5% fait ressortir 4 groupes homogènes :

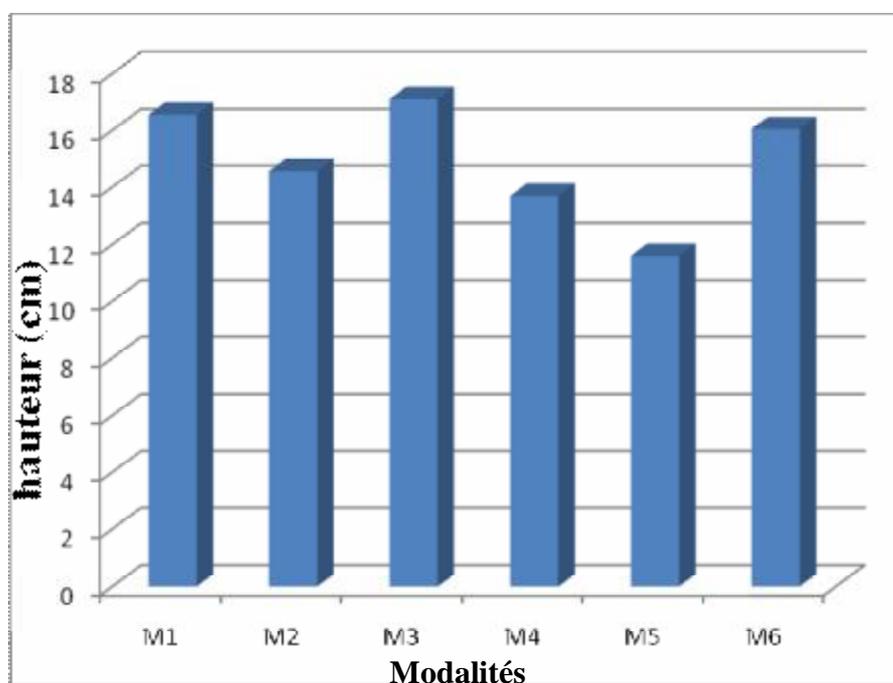


Figure 15: Variation de la hauteur moyenne en fonction des modalités.

La comparaison entre les différentes moyennes de ce paramètre révèle 4 groupes différents: un premier groupe dominant représenté par les modalités 1 et 3 (provenances d'Orrich et de Collo élevées sur le mélange humus-grignon), avec des moyennes respectivement de 17,11 et 16,56 cm, suivit par un deuxième groupe comprenant M₆, M₂ et ensuite vient un troisième groupe représenté par M₄, et enfin un dernier groupe de M₅ (provenance de Bouhatem élevé sur le mélange humus-écorce) avec une très faible croissance moyenne en hauteur (soit 11,6 cm).

2.2.1.1- Evolution de la hauteur moyenne en fonction du temps :

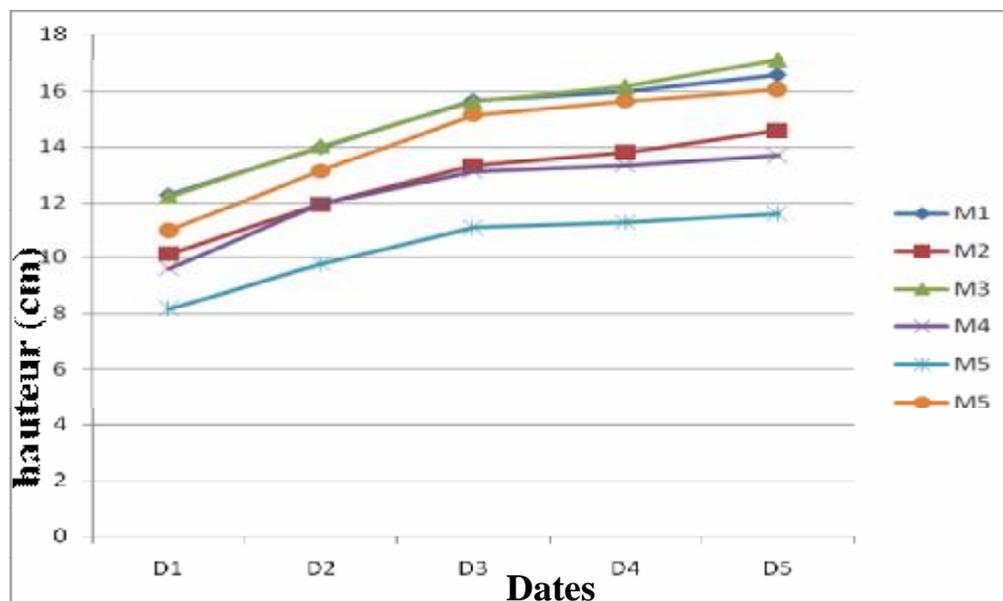


Figure 16: Evolution de la hauteur moyenne en fonction du temps.

La figure de la croissance mensuelle en hauteur montre que toutes les courbes présentent une allure sensiblement identique avec des différences entre elles.

Les modalités M₁ et M₃ (provenance d'Orrich et de Collo élevées sur le mélange humus-grignon) présentent les croissances moyennes en hauteur les plus importantes avec des valeurs respectivement de 17,11 et 16,56 cm. La plus faible croissance moyenne en hauteur est enregistrée par M₅ (provenance de Bouhatem élevée le mélange humus-écorce) avec une valeur de 11,60 cm.

Du point de vue provenance, la provenance d'Orrich a permis de donner les meilleurs résultats avec une croissance moyenne de 16,58 cm, tandis que celle de Bouhatem a cumulé les mauvais résultats avec une moyenne de 13,08 cm, et du point de vue substrat le premier substrat (mélange humus-grignon) et par ses qualités physicochimiques a donné la croissance la plus importante en hauteur (soit 16,57 cm).

La croissance en hauteur moyenne augmente rapidement durant les mois de Mai et Juin, et elle subit un ralentissement dès la fin de Juin jusqu'à la fin d'août, ce phénomène s'expliquerait d'après BELABBES (1994), PIZET et SIMOHAMED (1988) par les fortes températures qui provoquent le développement des ramifications latérales, qui occasionnent le ralentissement de la croissance apicale.

2.2.2- relation entre le poids des glands de chaque provenance et sa croissance moyenne en hauteur :

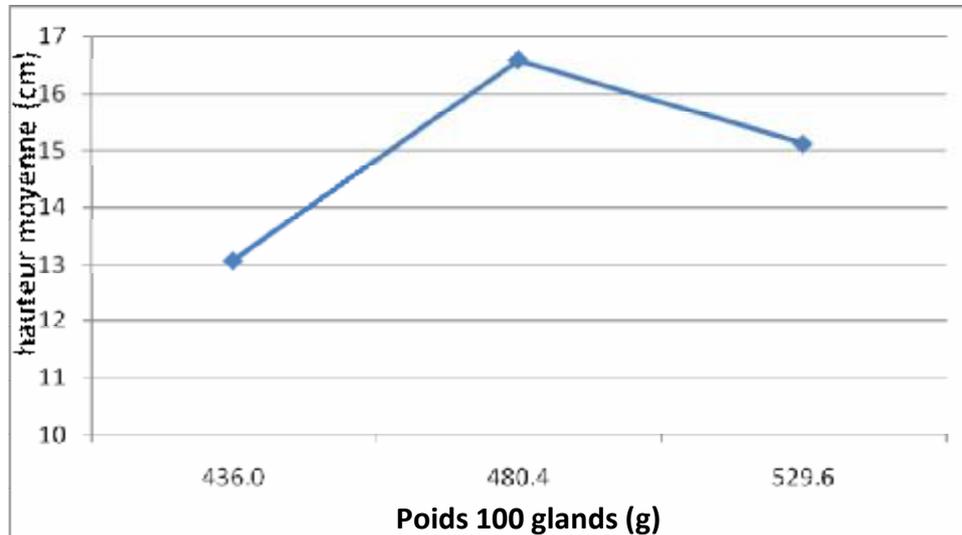


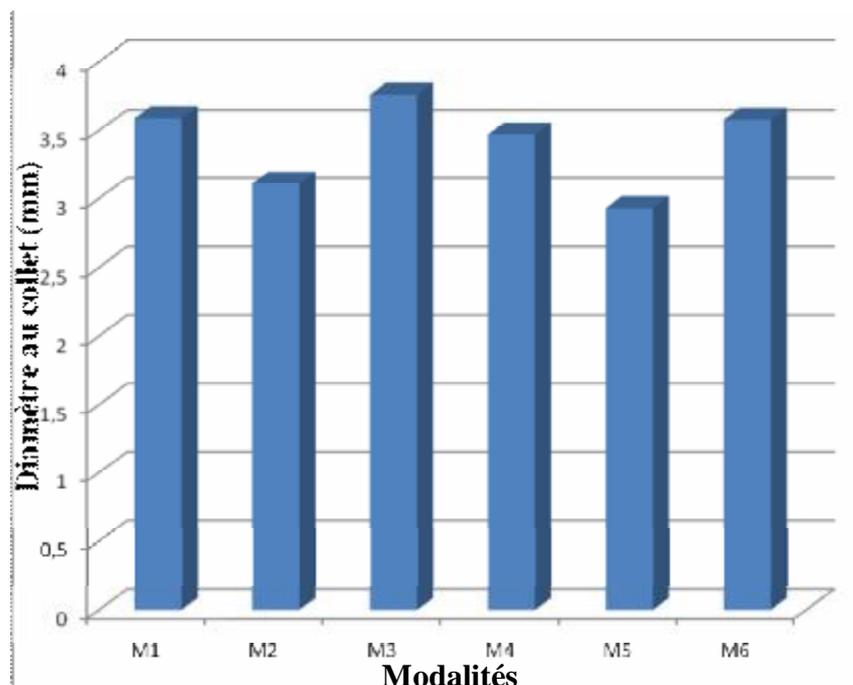
Figure 17 : Variation de la croissance moyenne en hauteur en fonction du poids des glands.

D'après la figure ci-dessus, on remarque qu' à l'exception de la provenance d'Orrich qui a donné la croissance la plus importante en hauteur soit 16.58 cm, malgré que son poids est moins que celle de Collo, qu'il ya une relation proportionnelle entre le poids de 100 glands de chaque provenance étudiée et sa croissance en hauteur, puisque les glands proviennent de Collo et avec un poids moyen de 529,6 g, ont donné une croissance moyenne en hauteur de 15,12 cm, et ceux de Bouhatem avec un poids de 436g, ont donné une croissance en hauteur de 13.08 cm.



Figure 18 : Plants de chêne-liège de différentes modalités**2.2.3- Diamètre au collet :**

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 2.2) montrent qu'il ya une différence significative pour ce paramètre ($F_{\text{calculé}} > F_{\text{théorique}}$), le test de NEWMEN et KEULS au seuil de 5% fait ressortir 4 groupes homogènes:

**Figure 19:** Variation du diamètre moyen en fonction des modalités.

La comparaison entre les différentes moyennes de ce paramètre a donné un groupe dominant contenant M₃ (provenance d'Orrich élevée sur le mélange humus-grignon), M₁ (provenance de Collo élevée sur le mélange humus-grignon) et M₆ (provenance d'Orrich élevée sur le mélange humus-écorce), vient ensuite un deuxième groupe représenté par M₄, suivit par un troisième représenté par M₂, et enfin le dernier groupe représenté par M₅ (provenance de Bouhatem élevée sur le mélange humus-écorce), avec la plus faible diamètre moyen enregistrée soit 2,93 mm.

2.2.3.1- Evolution du diamètre moyen en fonction du temps :

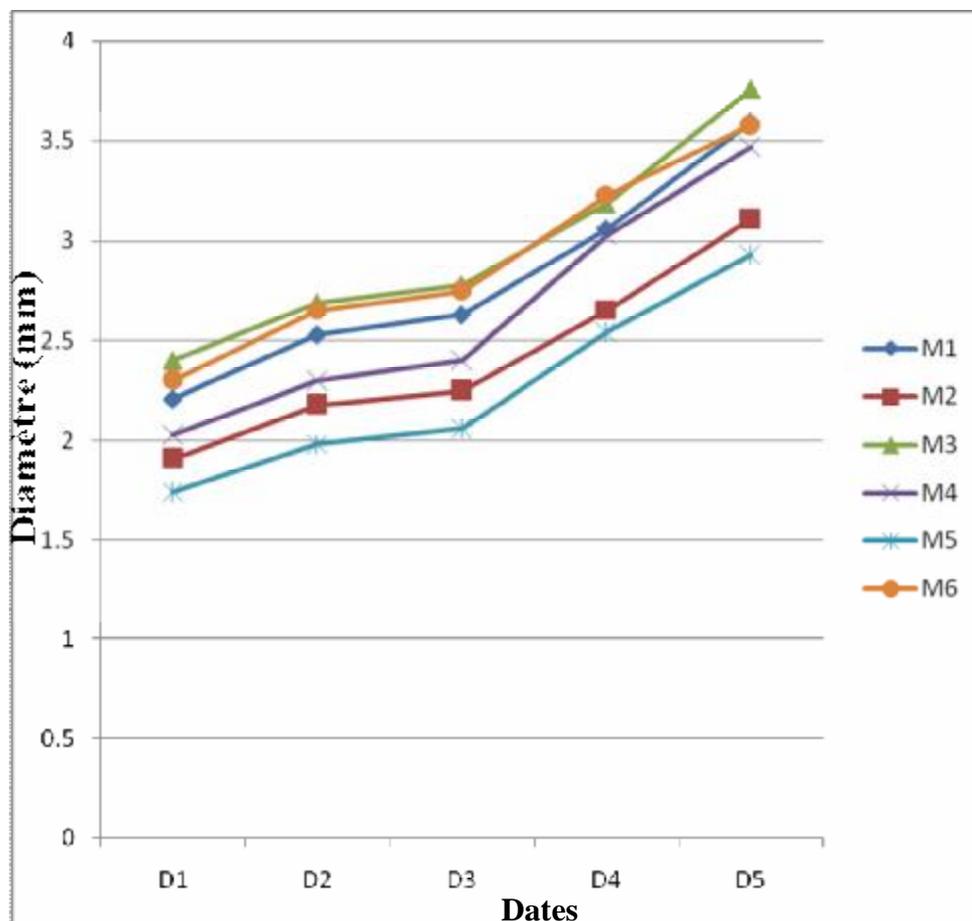


Figure 20: Evolution du diamètre moyen en fonction du temps.

D'après la figure ci-dessus, les accroissements en diamètre pour les différentes modalités suivent la même allure et présentent des différences entre eux.

Le diamètre moyen le plus important est enregistré par la modalité M₃ (provenance d'Orrich élevée sur le mélange humus-grignon) avec une valeur moyenne de 3,76 mm, cependant la modalité M₅ (provenance de Bouhatem élevée sur le mélange humus-écorce) présente la plus faible croissance en diamètre au collet avec une valeur de 2,93 mm.

Du point de vue provenance, la provenance d'Orrich est meilleure car elle a présenté un diamètre moyen important de 3.61 cm, et du point de vue substrat, le premier substrat (mélange humus-grignon) présente toujours les meilleurs résultats avec un diamètre moyen de 3.64 cm.

Contrairement à la croissance en hauteur, nous remarquons que la croissance en diamètre est très faible durant les mois Mai et Juin, et devienne importante en Juillet et Août.

2.2.4- Le nombre des feuilles :

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 2.3) montrent qu'il ya une différence significative pour ce paramètre ($F_{\text{calculé}} > F_{\text{théorique}}$), le test de NEWMEN et KEULS au seuil de 5% fait ressortir 2 groupes homogènes:

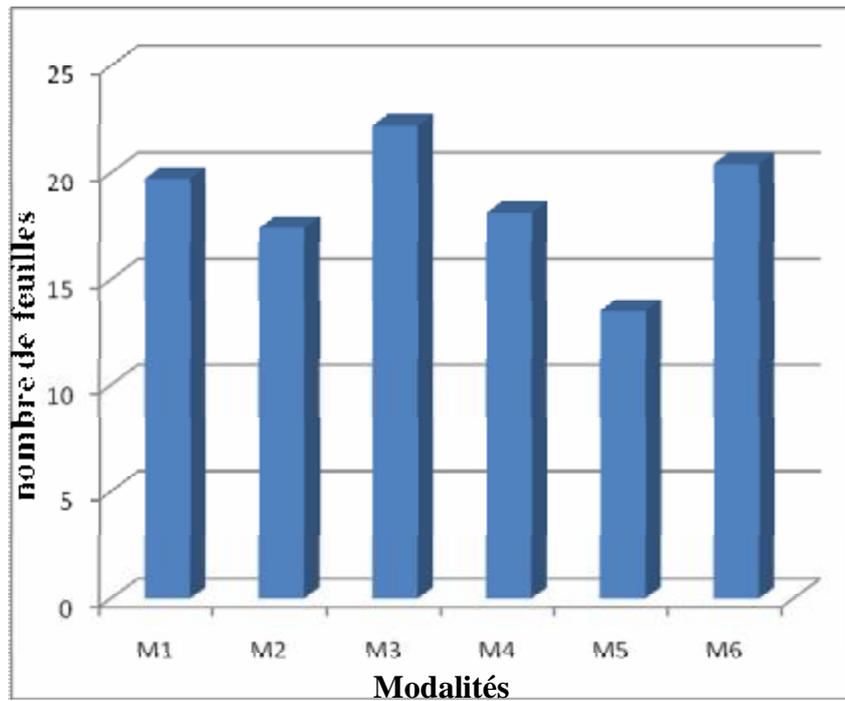


Figure 21: Variation du nombre de feuille en fonction des modalités.

Un groupe dominant constitué par plusieurs modalités : M₃, M₁, M₆, M₄ et M₂ avec un nombre moyen de feuille qui varie de 22,2 à 17,4, ensuite vient un autre groupe représenté par M₅ (provenance de Bouhatem élevé sur le mélange humus-écorce) avec une valeur moyenne de 13,5 feuilles.

2.2.4.1- Evolution du nombre des feuilles en fonction du temps :

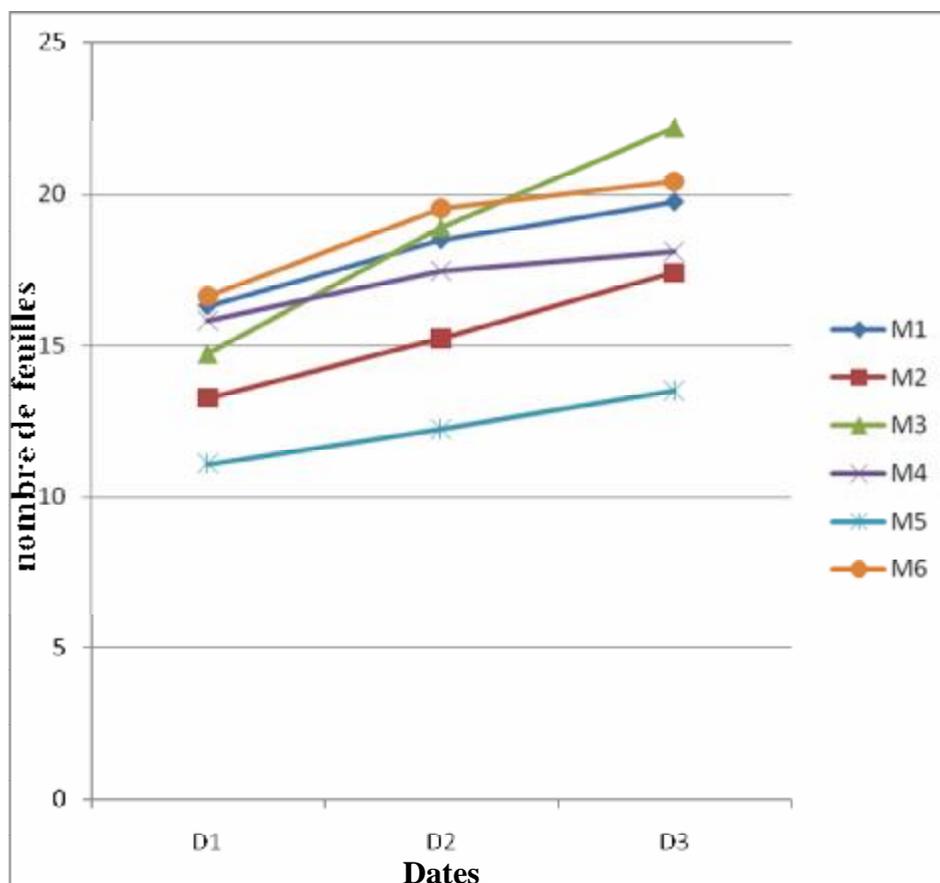


Figure 22: Evolution du nombre des feuilles en fonction du temps.

Selon la figure ci-dessus on remarque que tous le nombre des feuilles de différentes modalités augmentent avec le temps.

Le nombre le plus élevé est enregistré par M₃ (provenance d'Orrich élevée sur le mélange humus-grignon) avec une valeur moyenne de 22,2 feuille, suivit par les modalités : M₃, M₆, M₁, M₄ et M₂, cependant M₅ présente toujours le nombre le plus bas des feuilles soit 13,5 feuille.

Selon ALATOU (1990), au-delà des mois de Octobre-Novembre s'installe une dormance automno-hivernale chez l'espèce *Quercus suber*, c'est est une essence à croissance rythmique, la période d'activité du chêne-liège se situe entre les mois de Mars et Septembre.

2.2.5- Nombre de branche :

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 2.4) montrent qu'il ya une différence significative pour ce paramètre ($F_{\text{calculé}} > F_{\text{théorique}}$), le test de NEWMEN et KEULS au seuil de 5% fait ressortir 5 groupes homogènes:

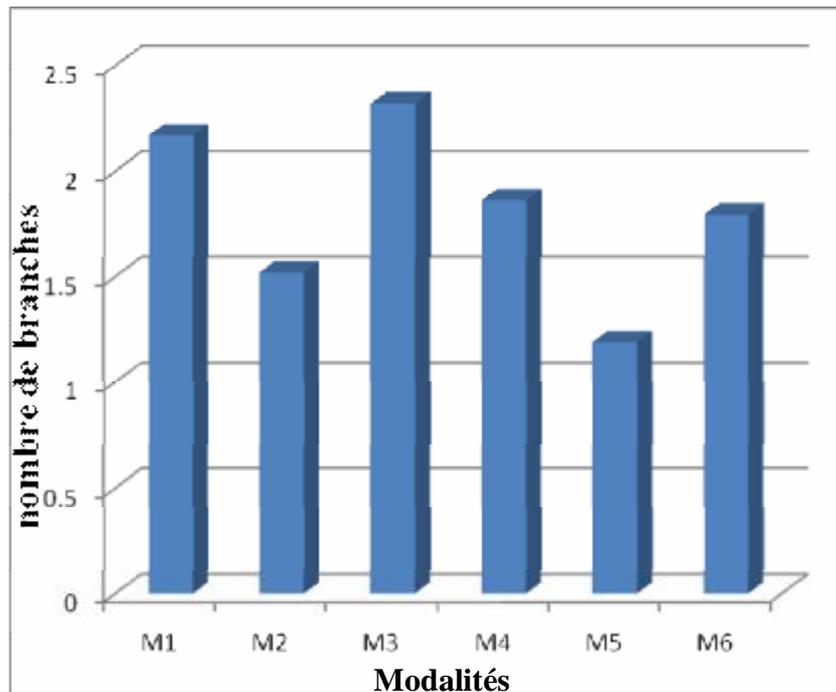


Figure 23: Variation du nombre de branche en fonction des modalités.

Pour ce paramètre, la comparaison entre les différentes moyennes a donné un groupe dominant où se classe M₃, avec une valeur moyenne de 2,32 branches, suivit par un deuxième groupe comprenant M₁, ensuite vient un troisième groupe représenté par M₄ et M₆ et un quatrième de M₂ et enfin le dernier groupe de M₅ avec la plus faible valeur soit 1,19 branches.

2.2.5.1- Evolution du nombre de branches en fonction du temps :

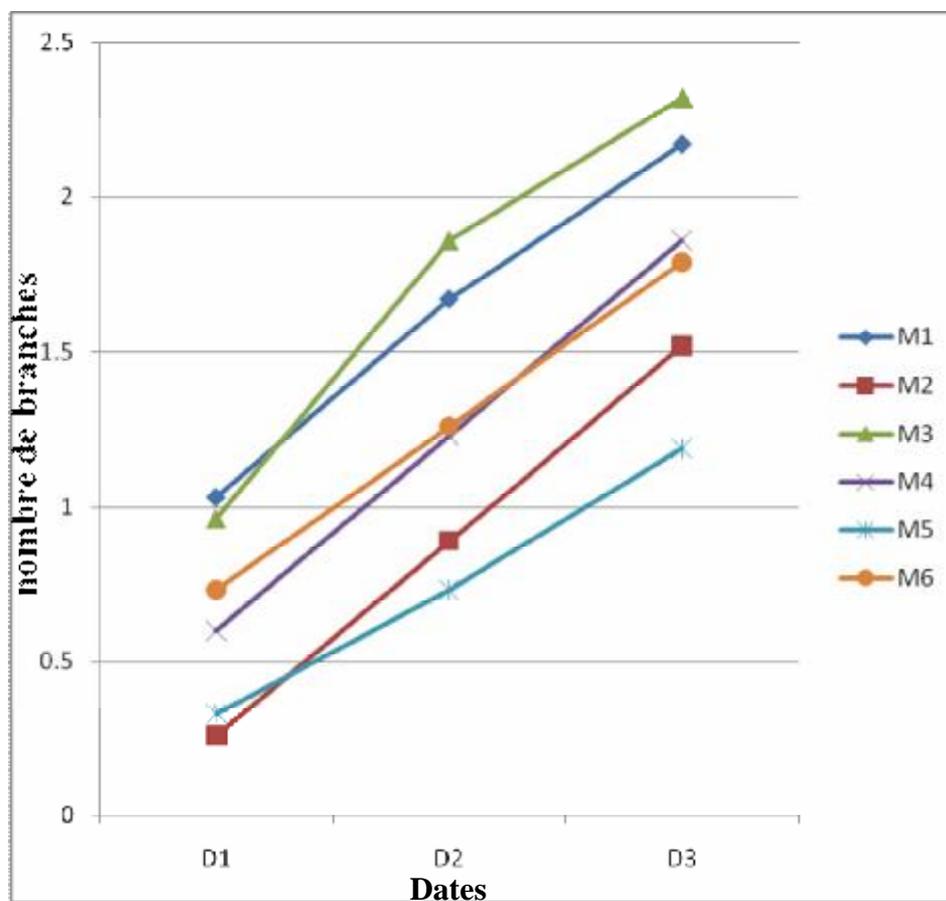


Figure 24: Evolution du nombre de branches en fonction du temps.

D'après la figure nous remarquons que le nombre le plus élevé est enregistré par M₃ (provenance d'Orrich élevée sur le mélange humus-grignon) avec une valeur moyenne de 2,32 branches. Cependant M₅ présente le nombre le plus faible des branches (soit 1,19).

En ce qui concerne ce paramètre, plus les plants présentent un grand nombre de branches, plus ils sont vigoureux, et seront capables de supporter les chocs de transplantation, lors des reboisements en milieu naturel (ALATOU, 1990).

2.2.6- Poids frais de la partie aérienne :

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 2.5) montrent qu'il ya une différence significative pour ce paramètre ($F_{\text{calculé}} > F_{\text{théorique}}$), le test de NEWMEN et KEULS au seuil de 5% fait ressortir 3 groupes homogènes:

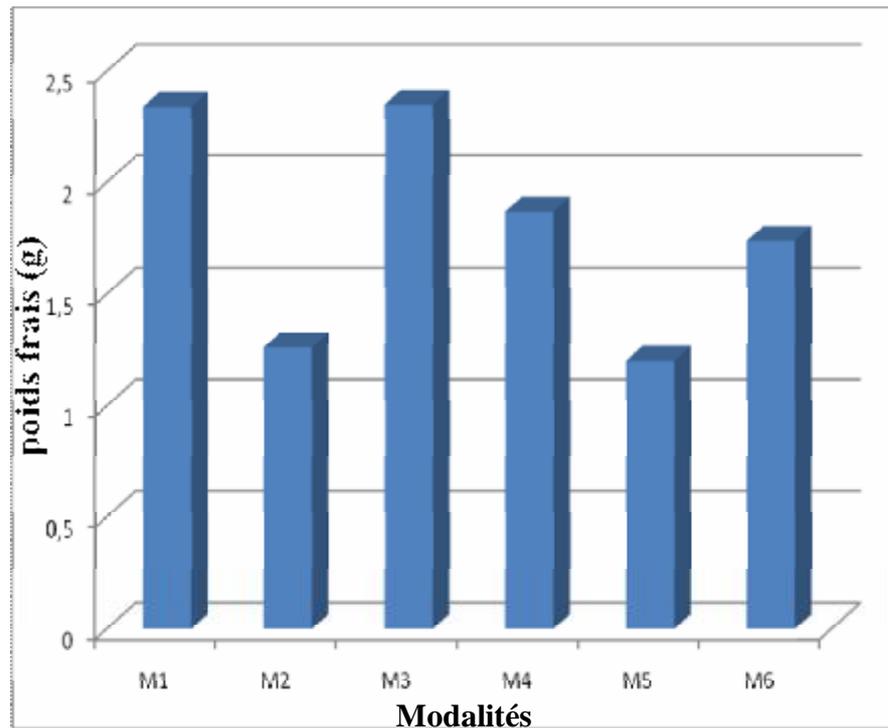


Figure 25: Variation du Poids frais de la partie aérienne en fonction des modalités.

La comparaison entre les différentes moyennes a donné un groupe dominant représenté par M₃ (provenance d'Orrich élevée sur le mélange humus-grignon) et M₁ provenance de Collo élevée sur le mélange humus-grignon), ensuite vient un deuxième groupe constitué par M₆, M₄, et enfin un troisième groupe représenté par M₂ et M₅ (provenance de Bouhatem élevée sur S₁ et S₂) avec des valeurs moyennes respectivement de 1,26 et de 1,20 g.

2.2.7- Poids frais de la partie racinaire :

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 2.6) montrent qu'il y a une différence significative pour ce paramètre ($F_{\text{calculé}} > F_{\text{théorique}}$), le test de NEWMEN et KEULS au seuil de 5% fait ressortir 3 groupes homogènes:

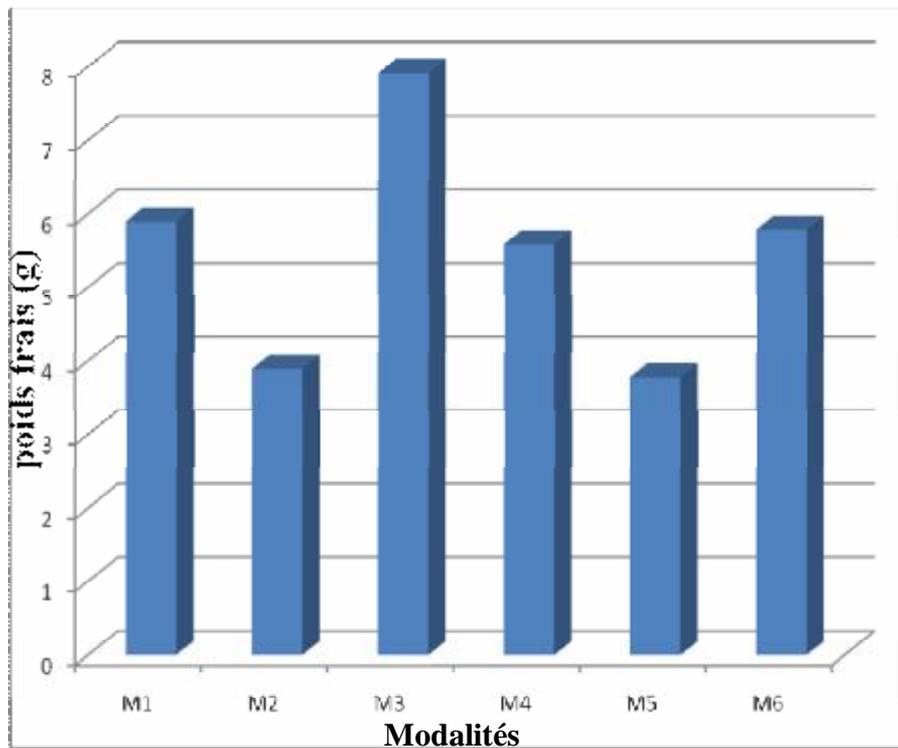


Figure 26: Variation du Poids frais de la partie racinaire en fonction des modalités.

Un groupe dominant où se classe M₃ (provenance d'Orrich élevée sur le mélange humus-grignon) une valeur 7.91 g, suivit par un deuxième groupe comprenant M₁, M₆ et M₄, enfin vient un troisième groupe représenté par M₂ et M₅ (provenance de Bouhatem élevé sur S₁ et S₂), avec des valeurs respectivement de 3.89 et 3.78 g.

2.2.8- Poids sec de la partie aérienne :

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 2.7) montrent qu'il y a une différence significative pour ce paramètre ($F_{\text{calculé}} > F_{\text{théorique}}$), le test de NEWMEN et KEULS au seuil de 5% fait ressortir 3 groupes homogènes:

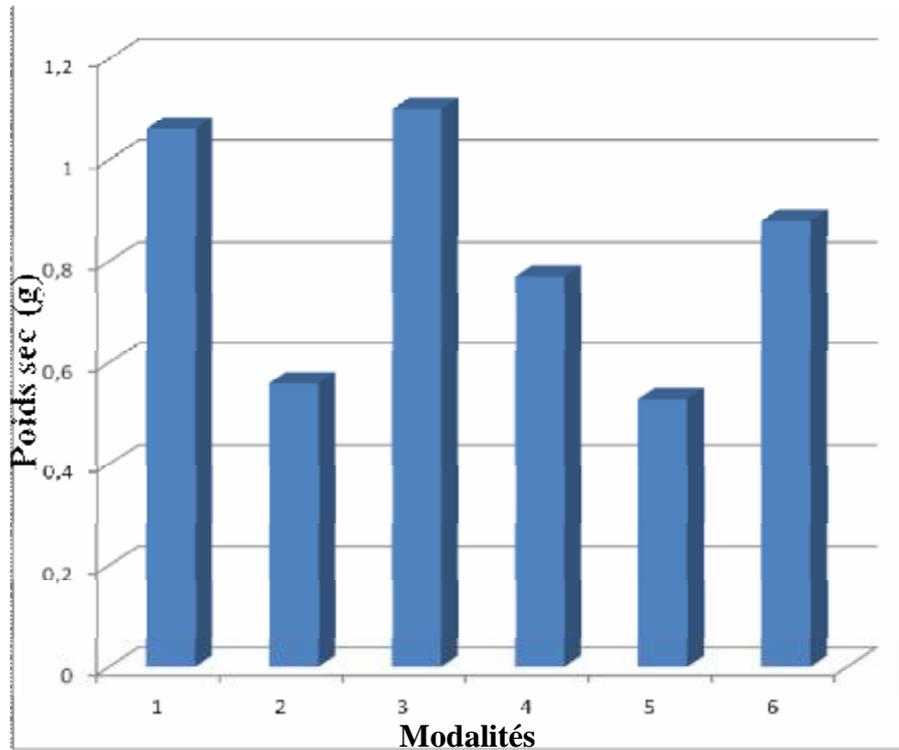


Figure 27: Variation du Poids sec de la partie aérienne en fonction des modalités.

Pour ce paramètre, un groupe dominant représenté par M_1 et M_3 (provenances d'Orrich et de Collo élevées sur S_1), avec des valeurs moyennes de 1,10 et 1,06 g, suit par un deuxième groupe représenté par M_6 et M_4 , enfin vient le troisième groupe représenté par M_5 et M_2 (provenance de Bouhatem élevé sur S_1 et S_2).

2.2.9- Poids sec de la partie racinaire :

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 2.8) montrent qu'il y a une différence significative pour ce paramètre ($F_{\text{calculé}} > F_{\text{théorique}}$), le test de NEWMEN et KEULS au seuil de 5% fait ressortir 2 groupes homogènes:

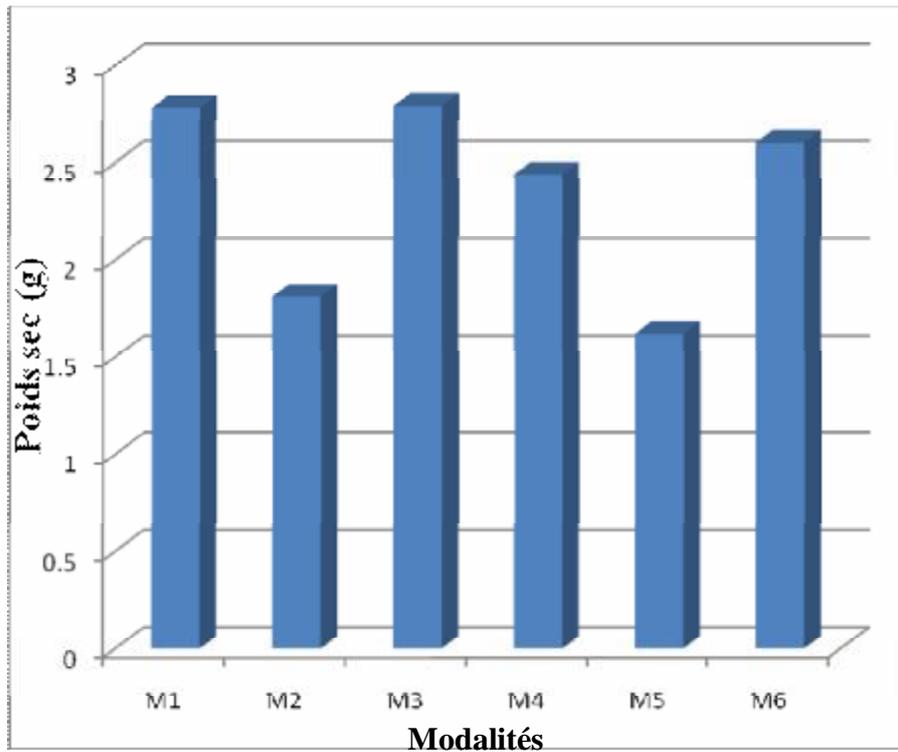


Figure 28: Variation du Poids sec de la partie racinaire en fonction des modalités.

En ce qui concerne ce paramètre, nous avons deux groupes : le premier est représenté par plusieurs modalités : M₃, M₁, M₆ et M₄, (provenances d'Orrich et de Collo élevées sur S₁ et S₂) et un deuxième groupe constitué par M₂ et M₅ (provenance de Bouhatem élevé sur S₁ et S₂).

2.2.10- Rapport hauteur de la partie aérienne et diamètre au collet (H/D):

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 2.9) montrent qu'il y a une différence non significative pour ce paramètre ($F_{\text{théorique}} > F_{\text{calculé}}$).

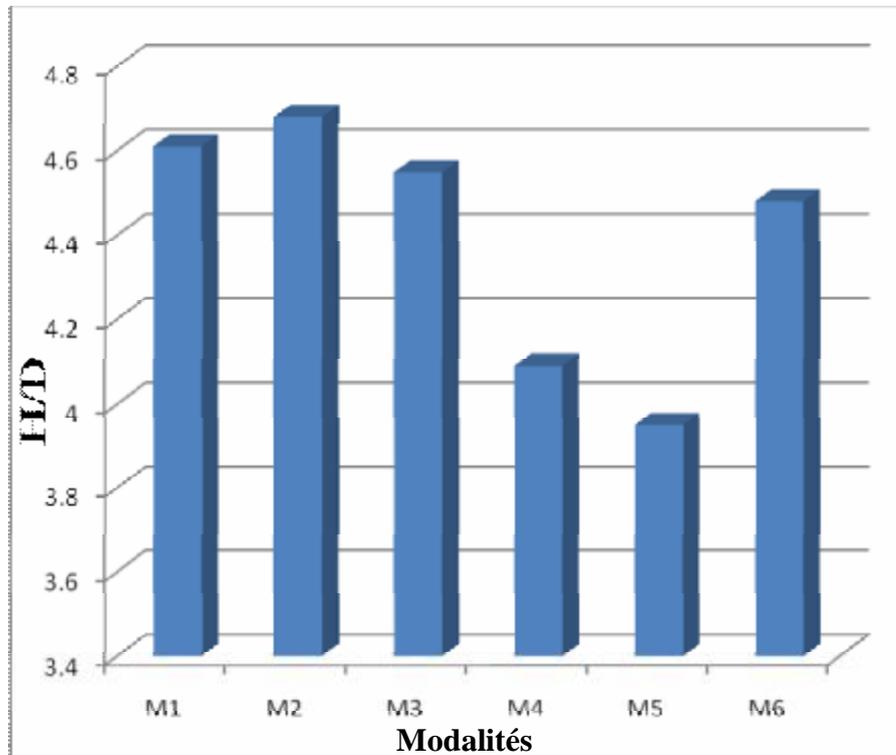


Figure 29: Variation du Rapport de la partie aérienne et diamètre au collet en fonction des modalités.

Pour le rapport hauteur de la partie aérienne et diamètre au collet (H/D), la valeur la plus élevée est enregistrée par M₂ avec une valeur moyenne de 4,68, suivit par: M₁, M₃, M₆, M₄ et enfin M₅ avec des valeurs respectivement de: 4.61, 4.55, 4.48, 4.09 et 3,95.

3. Discussion des résultats :

3.1. Analyses physico-chimiques des substrats :

Les analyses physico-chimiques des deux substrats : S₁ (60 % grignon d'olive + 40 %humus forestier) et S₂ (60% écorce de pin + 40% humus forestier) nous permet de constater :

Pour pH, les deux substrats présentent des pH proches et voisins de neutralité, (6.98 pour S₁, 6.94 pour S₂), selon CALLOT et *al*, (1982), c'est avec un pH voisin de neutralité que l'on a le maximum d'éléments disponibles. C'est un pH favorable à la culture hors-sol, car il contribue à une bonne activité biologique. Et d'après BENSEGHIR (1996), le substrat doit présenter un pH compris entre 5 et 8, en dehors de ses limites, le plant sera confronté à des problèmes de nutrition minérale.

Pour le calcaire total, le substrat 1 est non calcaire, il présente une valeur très faible, inférieur au seuil indiqué par BAIZE (1988), cependant S₂ est peu calcaire.

Les résultats montrent que les deux substrats sont pauvres en azote dont l'ajout des engrais azotés s'avère nécessaire, et très riche en matière organique par la présence de l'écorce et du grignon qui des matières difficilement dégradable.

Au contraire de S₂, le substrat 1 présente des teneurs importantes en phosphore assimilable, en potassium et en sodium, ce qui permet aux plants une bonne nutrition minérale en ces éléments.

On a classé les deux substrats dans la classe des textures grossières. Ces textures ne provoquent pas l'asphyxie du système racinaire et permettent un bon développement du système racinaire. Pour la porosité totale, S₁ et S₂ présentent des porosités assez importante, elle varie de 66.54 à 75%, cela s'explique par la présence du grignon d'olive et de l'écorce du pin qui ont une très grande porosité, c'est-à-dire un volume important des pores entre les particules du sol et par conséquent une capacité de rétention en eau élevée.

3.2. Mesures et des observations effectuées sur les plants :

D'après les résultats des mesures et de l'analyse statistique on peut tirer les constatations suivantes :

Pour la levée des semis, la plupart des modalités ont une levée importante et en accord avec les résultats de CEMAGREF (1983), qui considère que le taux de germination est satisfaisant à partir de 85%. Du point de vue provenance, la provenance de Bouhatem donne les meilleurs résultats avec un taux moyen de 93,75 %. Et du point de vue substrat le premier substrat (60 % grignon d'olive + 40 %humus forestier), présente une levée moyenne très

importante de 90,53 %, Cela peut s'expliquer par la porosité élevée du mélange par la présence du grignon d'olive. FROCHOT et LEVY (1986), estiment que l'augmentation de l'éclaircissement provoque la levée de dormance d'une partie du stock de graines au sol et permet une photosynthèse plus intense. La température ambiante un peu élevée de ce substrat peut aussi favoriser la levée des glands.

Pour la croissance en hauteur, les résultats montrent que toutes les modalités suivent la même allure avec des différences importantes entre eux, la modalité 3 (provenances d'Orrich élevée sur le mélange humus-grignon) présente la croissance moyenne la plus importante en hauteur avec une valeur de 17,11 cm. La valeur la plus basse est enregistrée par M₅ (provenance de Bouhatem élevée sur le mélange humus-écorce) avec une très faible croissance moyenne de 11,60 cm. Du point de vue provenance, la provenance d'Orrich a permis de donner les meilleurs résultats avec une croissance moyenne de 16,58 cm, tandis que celle de Bouhatem a cumulé les mauvais résultats avec une moyenne de 13,08 cm, et du point de vue substrat le premier substrat (mélange humus-grignon) et par ses qualités physico-chimiques a donné la croissance la plus importante en hauteur (soit 16,57 cm).

La croissance mensuelle en hauteur augmente rapidement en Mai Juin puis elle ralentit en Juillet Août, cela s'explique selon BELABBES (1994), PIZET et SIMOHAMED (1988), par les fortes températures qui provoquent le développement des ramifications latérales, qui occasionnent le ralentissement de la croissance apicale.

Pour la croissance en diamètre, les résultats montrent aussi la dominance de la modalité 3 (provenances d'Orrich élevée sur le mélange humus-grignon), avec un diamètre moyen de 3,76 mm. Comme la croissance en hauteur, la modalité M₅ (provenance de Bouhatem élevée sur le mélange humus-écorce de pin) présente la plus faible croissance en diamètre au collet avec une valeur de 2,93 mm. Contrairement à la croissance en hauteur, nous remarquons que la croissance en diamètre est très faible durant les mois Mai et Juin, et devient importante en Juillet et Août.

Le nombre de feuilles est variable entre les modalités testées, le plus grand nombre moyen de feuille est observé chez la modalité 3 avec 22,2 feuilles. Par contre au niveau du M₅, le nombre des feuilles est réduit à 13,5 feuilles, à cause peut être aux qualités physico-chimiques du S₂, qui ne permettent pas aux plants de s'approvisionner correctement en eau et en sels minéraux. Le nombre des feuilles est un bon indice d'une bonne alimentation en eau et en sels minéraux et une bonne production en biomasse par la plante.

Pour le nombre des branches, le nombre le plus élevé est enregistré par M₃, avec un nombre moyen de 2,32 branches. Cependant M₅ présente le nombre le plus faible des branches soit (1,19). En ce qui concerne ce paramètre, plus les plants présentent un grand nombre de branches, plus ils sont vigoureux, et seront capables de supportés les chocs de transplantation, lors des reboisements en milieu naturel (ALATOU, 1990).

Comme les autres paramètres, la modalité 3 présente la biomasse fraîche aérienne et racinaire la plus élevée avec des poids moyens respectivement de 2,35, et 7,91g, cependant, la modalité 5 qui occupe toujours la dernière place avec des valeurs respectivement de 1,2 et 3,78g.

La biomasse sèche peut être définie comme le reflet des réserves accumulées préalablement, et résulte de l'activité photosynthétique (MAZLIAK, 1982). Elle est très appréciable pour la modalité 3 avec des poids moyens de 1.10 g pour la partie aérienne et 2,79 g pour a partie racinaire.

Pour le rapport hauteur / diamètre au collet, et 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.

Globalement, les résultats des différents paramètres discutés précédemment, nous amène à dire que la provenance d'Orrich est génétiquement meilleure que les autres provenances et que le substrat 1 est meilleur que S₂ pour l'élevage du chêne-liège.

Conclusion

Conclusion

Dans le cadre de la recherche d'un plant de qualité destiné aux reboisements, la présente étude porte sur la comparaison entre 6 modalités constituées par la combinaison de trois provenances Algériennes de chêne-liège : Collo, Bouhatem et Orrich et deux substrats de cultures : S₁ (60 % grignon d'olive + 40 % humus forestier) et S₂ (60 % écorce de pin + 40 % humus forestier).

Notre expérimentation s'est déroulée dans une pépinière de l'I.N.R.F (institut national des recherches forestières), située à Guerbez (w. de Skikda), une région favorable pour le développement du chêne-liège avec un étage bioclimatique humide et une saison sèche de 4 mois.

Les analyses physico-chimiques de ces substrats montrent que les deux substrats présentent des difficultés en nutrition azotée, dont l'ajout des engrais azotés et s'avère nécessaire pour palier cette insuffisance. Et qu'au contraire de S₂, qui nécessite des améliorations, le substrat 1 présente des teneurs appréciables en phosphore, en potassium et en sodium ce qui permet aux plants de bien s'alimenter en ces éléments.

La provenance de Bouhatem a permis de donner le taux moyen de levée le plus important (soit 93,75 %). Et du point de vue substrat, le mélange humus-grignon présente un taux moyen très appréciable de 90,53 %.

Concernant les paramètres biométriques exprimés statistiquement, on a trouvé que la modalité 3 (provenance d'Orrich élevée sur le humus-grignon) a donné les meilleurs résultats à savoir: la croissance en hauteur, en diamètre, le nombre de feuilles, et de branches, la biomasse aérienne et racinaire.

L'analyse des résultats de ces paramètres nous amène à constater que la provenance d'Orrich est la mieux adaptée et la plus performante, sur le plan de la qualité technique, de la productivité et de l'adaptation au milieu, et par conséquent de la résistance aux maladies et aux accidents climatiques malgré qu'elle provient d'une région différente et que le premier substrat constitué de l'humus forestier et le grignon d'olive, par ses qualités physico-chimiques est meilleur que le deuxième pour l'élevage du chêne-liège.

Cependant la modalité 5 (provenance de Bouhatem élevée sur le mélange humus-grignon) a cumulé de mauvais résultats d'une part au mal adaptation de cette provenance aux caractéristiques écologiques du site de l'essai et d'autre part au substrat culture présentant des qualités physico-chimiques insuffisantes par rapport au substrat 1 (pH favorable, bonne porosité, sol peu calcaire, excès de Ca, teneurs faibles en N, P, K, Na...etc.).

Globalement, et du point de vue provenance, la provenance d'Orrich est génétiquement meilleur, car elle permet de donner les meilleurs résultats, et du point de vue substrat, le substrat 1 constitué de l'humus forestier et le grignon d'olive, par ces qualités physico-chimiques représente le substrat le plus favorable pour l'élevage du chêne-liège parmi les substrats testés.

Donc, Nous pouvons dire que ces différences observées au niveau de ces paramètres pour les différentes provenances de chêne-liège, seraient des variations génétiques induites par les adaptations à différents milieux écologique.

Du point de vue substrat, ces différences observées entre les plants élevés sur différents substrats de culture ne s'expliquent que par les qualités physico-chimiques du S₁ qui permet au plant de bien s'alimenter en eau et en sels minéraux (pH favorable, bonne porosité, bonne capacité de rétention en eau, sol non calcaire, teneur importantes en P, K, Na...etc.).

Cependant, il faut savoir que le choix du substrat et de la provenance 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.

Enfin, il serait plus intéressant de confirmer les résultats obtenus sur une période de quelques années, afin de prononcer sur les valeurs réelles des provenances étudiées.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

AIME S., (1976) – Contribution à l'étude écologique du chêne-liège. Etude de quelques Limites. Thèse Doc de spécialité, univ de Nice, France, 180 p.

ALATOU D., (1990)- Recherches sur le déterminisme de la croissance rythmique du chêne : *Quercus pedunculata ehrh*, *Quercus mirbeckii*, *Quercus suber L* Etude Morphologique, biochimique et écophysiological. Thèse de Doctorat d'état en sciences naturelles ISN., univ. De Constantine, 109 p + annexes.

ALATOU D., (1992)- Croissance rythmique de deux espèces de chênes : chêne-zeen et chêne-liège. 2^{ème} séminaire national de la biologie végétale et environnement. Annaba octobre 1992.

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

ANONYME, (1991)- Production de plants forestiers. Guide technique du forestier méditerranéen français. Aix en Provence : 40p.

ANONYME, (2003)- Direction générale des forêts.

ANONYME ., (2006)- Séminaire "vitalité des peuplements de chêne-liège et chêne vert : situation actuelle, état des connaissances et actions à entreprendre "Atelier "vers la conception d'un programme intégré de recherche pour promouvoir l'amélioration et la restauration des forêts de chêne-liège et de chêne vert" Evora, Portugal.

ANONYME, (2009)- Direction générale des forêts.

ANSTETT A., (1979)- Problèmes des terreaux utilisés en culture ornementale et en maraichage. I.N.R.A. Versailles ; 6291-6298 pp.

ARGILLIER C, FALCONNET G et GRUEZ J., (1990) – Production de plants forestiers. Guide technique du forestier méditerranéen Français. CEMAGREF (Aix en Provence), 32 p France.

ARGILLIER C, FALCONNET G et GRUEZ J., (1991) – Production de plants forestiers. Guide technique du forestier méditerranéen Français. CEMAGREF (Aix en Provence) chap. 6, 9 fiches.

BAIZE D., (1988) –Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, France, imprimé par Jouve, Paris 172p.

BAIZE D., (2000) – Guide des analyses en pédologie, 2^{ème} édition revue et augmentée. Edition I.N.R.A, Paris, France.

BARADAT PH., (1986)- Variabilité génétique et système de reproduction. Rev. For. Fr. n° spécial, Ed., l'ENGREF. 26-37pp.

BELABBES., (1994)- – Essai comparatif de provenances de chêne –liège (*Quercus suber L*) : Etude des accroissements en hauteur. Ann. Rech. For. Algérie, pp. 51-61

BELABBES D., 1996 : le chêne-liège, la forêt Algérienne n°1, février, mars 1996, pp : 26-30.

BENOIT DECOIGNAC G et GRUEZ, 1987- Plants forestiers en conteneurs. CEMAGREF. Information techniques, 67-71pp.

BENSEGHIR L.A., (1996) – Amélioration des techniques de production hors-sol du Chêne-liège : conteneur- substrats- nutrition minérale. Master en sciences forestières CEMAGREF (Aix en Provence), 26 p.

BLANC D., (1985)- Les cultures hors sol. I.N.R.A. Ed. Louis. Paris, 409 p.

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

BOLLAG et al. (1998) –Interaction entre les minéraux des sols, les composés organiques et les microorganismes Edit Scientifique, Regist N° 404, symposium n° 41

BONNEAU M, SOUCHIER., (1979) – Constituants et propriétés du sol .Bd Masson 495 p.

BONNEAU.M., (1995) –Fertilisation des forêts dans les pays tempérés, E.N.G.R.E.F. Nancy 367 p.

BOUDY P., (1950) – Economie forestière Nord-Africaine. Monographie et traitement des essences forestières. Fasc. I, tome I. Ed la Rose, Paris, 575 p.

BOUDY P., (1952) – Guide du forestier en Afrique du Nord Paris, Maison rustique, 509 p.

BOUHRAOUA R T., (2003)- Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'ouest Algérien : étude particulière des problèmes posés par les insectes, thèse d'état, département de foresterie, faculté des sciences, université de Tlemcen.

BOURAHLA et KHETIB D, 1994 in BOUCHAREB A ., (1997) : contribution à l'étude des peuplements application de différents traitements expérimentaux. Thèse ing:USTHB ,93p.

CALLOT G, CHAMAYOU H, MAERTENS C et SAALSAC.L., (1982)– Mieux comprendre les interactions sol – racines : indice sur la nutrition minérale I.N.R.A, 325p.

CALVET G et VILLEMIN P., (1986) – Interprétation des analyses de terre . Société Commerciale des potasses et de l'azote, 24 p.

CAMPREDON M., (1985)- Aspect agronomiques de la pépinière forestière en en région Languedoc-Roussillon. Analyse et proportion. ENITAH (ANGERS), 61 p.

CANTAT R et BIAZZETTA R., (2005)- La levée de liège. Institut méditerranéen de liège.

CEMAGREF., (1983)- Régénération artificielle des chênes, note technique n°50.

CHEVALIER., (1985)- La mycorhization contrôlée en pépinière forestière, possibilité d'application aux conteneurs. Rev. For. Fr., 2. 93-106pp.

CHOLLET F., (1997) – La régénération naturelle du Hêtre. ONF- Bulletin techniques n° 32.

CHOUDHRY G., (1994) – Humic substances: soptive interactions with environmental chemical in humic substances structural photophysical and Free radical aspects and interaction with environmental chemicals, New york; Gordon and Breach science publisher Inc, 95-134.

COUSSIN J.Y. et LANIER L., (1976)- Techniques modernes de production de plants forestiers .Revue forestière française n°2, pp : 115-130.

DJALOS., (1980)- Ecologie des insectes forestiers. Borde, Paris, 102-116pp.

DJINIT S., (1977) – Etude des facteurs limitants la régénération naturelle par semis de *Quercus suber* L dans la forêt domaniale de Guerouch. Mém. Ing. INA Alger, 80 p.

DOMERGUE et MONGENOT., (1970)- Ecologie microbienne du sol. Ed. Masson. Paris, 769p.

DRIDI B et TOUMI C., (1999)- Influence d'amendement organiques et d'apport de boues sur les propriétés d'un sol cultivés. I.N.A. El- Harrach, Alger ; 7-14 pp.

DUCHAUFOR P.H., (1977) – Pédogenèse et classification pédologique (II) Edition Masson Paris, 477 p.

DUCHAUFOR PH., (1988) – Abrégé de pédologie Ed Masson Paris, 454 p.

DUTHIL J., (1973)-Elément d'écologie et d'agronomie Tome II – III. Exploitation et amélioration du milieu Tome II, p. 265- Tome III, p 656. Edit- J, P BAILLIER, Paris.

ELAANTRY TAZI S., ABOUROUH M et AAFIA., 2008: Etat des connaissances scientifiques sur les subéraies : bilan et perspectives. Ann. Rech. For. Maroc. Tome spécial 39 : 9-18.

EL HASSANI M et DAHMANI J., (1996) – Effet de certaines contraintes édaphiques sur la régénération artificielle du chêne-liège (*Quercus suber* L). Ann .Rech. For. Maroc. T(29), 151- 159.

FALCONNET G., (1992) –La production des plants forestiers hors-sol ENGREF (Nancy) 18p.

FISHESSER et DUPUITATE., (1996) – Le guide illustré de l'écologie .Ed de la Martinières. 319 p.

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

FRANCOIS J M., (1989) – Pour réussir un reboisement, bien savoir choisir les plants. Forêt – entreprise n° 59, avril – mai, pp 36-41.

FRAVAL A., (1991) – Contribution à la connaissance des rythmes de floraison du chêne-Liège en forêt de la Mamora, Ann. Rech. For. Maroc, T(25), 102 – 118.

FROCHOT H et LEVY G., (1986) – Facteurs du milieu et optimisation de la croissance Initiale en plantations de feuillus Rev For. Fr. XXXVIII- 3, 301-306.

GAUTIER., (1987)- les cultures fruitières, VOL1, l'arbre fruitier. Bd Baillièrè Paris,492p.

GHOURI R., (1994)- Etude comparative des graines de *pinus pinaster* pour la production de plants forestiers dans la région de Guerbes, Wilaya de Skikda, These. Ing. INA. El-Harrach., 50p.

GRAS R., (1983)- Quelques propriétés physiques des substrats in BLANC (D). Culture hors sol, 2^{ème} édition. I.N.R.A. Paris, Laris-jean ; 89-126 pp.

- GROS, A., (1979)**- Engrais, guide pratique de la fertilisation, 7^{ème} Ed : Maison Rustique, 553, p.
- GUY A., (1978)** – Méthodes d'analyses des sols. Edition CRDP (Marseille), 191 p.
- HACHECHENA S.,(1995)** – Contribution à l'étude des techniques de renouvellement de *Quercus suber* dans la forêt domaniale de Bainem. Th. Ing. INA. Elharrach. Alger.70p.
- HADJSADOUK A., (1991)** – Contribution à la recherche des normes pour la production de plants de cèdre (*Cedrus atlantica*) en pépinière. Th. Ing. INA, ELHARRACH. 55 p.
- HEIM R., (1965)**- Champignon d'Europe. Ed. Bondée. Net Cie, Paris ; 155-158 pp.
- HELLER R, ESNAULT R, et LANCE C., (1993)**- Physiologie végétale1. Nutrition. 5^{ème} édition, Masson, Paris, France. 242p.
- HENIN S, GRAS R, et MONNIER., (1969)** – Le profil cultural, l'état physique du sol et ses Conséquences agronomiques. Masson, Paris 332 p.
- HENRY E., (1973)** – Initiation à la cultures en conteneurs de végétaux de pépinière. Edition P.H.M 13 p.
- ILLY G., (1966)**- Recherche sur l'amélioration génétique du pin maritime. Ann. Sc. For. Tome XXIII, Fascicule 1.Ed, Georges Thomas, Nancy; 769-1007pp.
- ILLY G., (1967)**- Recherche sur l'amélioration génétique du pin maritime. Extrait des Ann. Sc. For. 947p.
- JAUNES C et JACOBSEN j., (2001)** – Plant nutrition and soil fertility Montana university [www. Colostate.edu / depts. / CoopExt/ TRA/ plants/ nutriment / Pdf](http://www.Colostate.edu/depts/CoopExt/TRA/plants/nutrimnt/Pdf).
- KHALLA A., (2006)**- Etude de facteurs de dépérissement dans la subéraie d'El-Kala (Nord-est algérien) cas de la subéraie sanobari, Mém. Ing. Université d'Annaba. 37 p.
- LACAZE J.F et LEMOINE M., (1962)**- Les plantations comparatives d'espèces et de provenances, dispositif, installation, mesures. Station de recherche et expériences forestières, Nancy ; 22p.
- LACAZE J.F et TOUZET, G., (1986)**- Amélioration génétique des arbres forestiers. Rev. For. Vol 28 N°2 ; 28-208pp.
- LAMHAMEDI MS., (2000)** –Problème des pépinières forestières en Afrique du Nord : stratégies de développement, cahiers d'études et de recherche francophonie, agriculture volume 9 N = 5, 369-80 septembre, octobre.
- LEMAIRE F, MARTIGUS A, RIVIERE L.M, CHARPENTIER S., (1989)**- Culture en pots et en conteneurs. Principe agronomique et application. Ed. Louis JEAN.
- LEMAIRE F DARTIGUE A et RIVIERE L.M., (1990)** – Les substrats : problèmes particuliers posés par les cultures de plantes ornementales en pots et conteneurs, les relations entre les systèmes racinaires des végétaux et les sols ou substrats artificiels Compte rendu des séminaires du groupe d'étude des racines. (Aix en Provence) 55-71.
- LOUE A., (1986)** – Les oligo-éléments en agriculture, Ed. Agr – Nathan Paris 336 p.

MAIRE R., (1926) – Note phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie avec une carte / Alger.

MARIEN et DROUIN (1977)- Etude sur les conteneurs à parois rigides (leurs action sur les végétaux). Ann. Rech. Sylvic ; 137-161pp.

MAZLIAK P., (1982) –Physiologie végétale croissance et développement .vol 2. Ed. Herman, 461p.

MESSAOUDENE M., (2000)- réflexion sur la structure des peuplements de chêne-liège en Algérie. La forêt Algérienne n° 3, 5-9.

METRO A., VIDAL P et SAUVAGE C., (1951) – Etude des subéraies portugaises. Compte rendu de mission au Portugal du 18 au 28 mai. Ann. Rech. Fores. Maroc, pp 59-89.

MEZALI M., (2003)- Situation de la subéraie et la production du liège. Atelier sur le liège, Bejaia, 2003. 12 p.

MOINEREAU J, HERRMANN P, FAUROTJ C et RIVIER L.M., (1987)- Les substrats inventaires, caractéristiques ressources in BLACD. Culture hors sol. 2^{ème} édition. INRA. Paris. Louis Jean ; 15-88 pp.

MOREL R., (1996)- Les sols cultivés 2^{ème} édition Lavoisier, Paris 399p.

MUSTIN M., (1987) – Le composte, gestion de la matière organique. La valorisation agronomique des compostes et plus généralement des matières organiques, Edit ; Français dulux, Paris 954 p.

NATIVIDADE JV., (1956) – Subériculture. ED Française de l'ouvrage Portugais Subériculture. E.N.E.F. (Nancy), 303 p.

NICOLAS J P., (1987) – La pépinière- technique et documentation, édition Lavoisier 208 p.

OSENDAT P, (1982)- les végétaux dans la biosphère. Ed. DOIN. Paris ; 207-208pp.

PATRICK P, JEAN J, PETTER JONES J., (1992)- L'utilisation du compost des boues de station d'épuration dans l'agriculture. Thèse Magister. INA. El-Harrach. ALGER, 81 p.

PIAZZETTA R., (2005)- La levée du liège, guide technique et de vulgarisation, institut méditerranéen du liège. 23p.

PIVOT D et REIST A., (1994)- Horticulture et hydroponique. Rev. Sci.Vit. Arb. Hort. Vol 26(4) ; 247-248pp.

PIZET Y et SI MOHAMED., (1988)- Croissance, morphogenèse et dynamique de l'état, Physiologique des plants de Châtaignier (*Castania sativa Miller*). Ann. Rech. Forest., 45 (1) : 17-32.

REDLICH G.C et VERDURE., (1975)- Le comportement physique des tourbes en cours de culture, PHM. Revue horticole.160 ; 13-20 pp.

RENAULT., (1981)-Cours de génétique forestière .Ed. INA. El-Harrach, 84p.

RIEDACKER A., (1978)- Etude de la déviation des racines horizontales ou obliques issues de boutures de peupliers qui rencontrent un obstacle ; application pour la conception des conteneurs. Ann. Sci. For. 35(1) ; 1-18pp.

ROULA S., (2006)- Caractérisation physico-chimique et valorisation des boues résiduelles urbaines pour la confection de substrats de culture en pépinière hors-sol. Thèse magistère. Univ. Batna : 39p.

SACCARDY L., (1937) – Notes sur le chêne-liège et le liège en Algérie. Bull de la station de rech for du Nord de l’Afrique, II (3), 271-272.

SAUVAGE CH., (1961) – Recherches géobotaniques sur les subérais marocaines. Travaux inst. Sci. Cherif. Serv. Bot. 21 : 1-462 + annexes.

SCHAFFER R., (1975) – La matière organique du sol 1^{er} séminaire sur la croissance des sols du Maghreb, Institut National Agronomique El Harach. (Alger). Avril 1975.

SEIGUE A., (1985) – La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Ed. C.P. Maison neuve et Larousse, 502 p.

PIZET et SIMOHAMED (1988)- croissance, morphogènes, et dynamique de l’état, physiologie des plants de châtaignier (*Castania sativa Miller*). Ann. Rech. Forest., 45(1):17-32.

SINGH BR et ALMAS A., (1997) – Residual effect of organig matter on cadmium uptake by plant and iys distribution in soil Paris-France, 21 p.

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

STATION DE SKIKDA, 2009- station météorologique de SKIKDA.

STEINMETZ G, (1986)- Le choix des provenances et le classement des peuplements portes-graines. Rev. For. Fr. N°spécial ; 69-73pp.

TEMAGOULT O., (2005)- Recherche d’un substrat de culture pour la production de plants en pépinière. Thèse Magister. Université de Batna.120 P+annexe.

TEISSIER DUCROS E., (1979)-Stratégie de l’amélioration des arbres forestiers. Ed. C.R.F, Olivet, 7 p.

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

VEILLON S., (1998) – Guide technique de suberculture dans les Pyrénées-orientales. Typologie de peuplement et étude préliminaire. Stage de fin d’étude, FIF- ENGREF, France, 68 p + annexes.

VIGNES E., (1990) – Le traitement des taillis de chêne dans le Var. O.N.F.Arborescence. N°26.pp 21-23.

VILLAIN M., (1989) – La production végétale. Volume 2 : La maîtrise technique de la Production .Tec et Doc. Lavoisier Ed J.B bailliére.355 p.

WEBBER MD, SINGH SS., (1991) – Contamination des sols agricoles. Centre de Recherches de l'est sur les céréales et les oléagineux (CRECO), Canada, chapitre 9.

WRIGHT J., (1963)-Aspects génétiques de l'amélioration des arbres forestiers. Ed. F.A.O. Rome ; 431p.

YESSAD S.A., (2000)- Le chêne-liège et le chêne dans les pays du méditerrané occidental. Edition ASBL foret Wallonne. 190P.

ZERAIA L., (1981)– Essai d'interprétation comparative de données écologiques, phénologiques et de production subero-ligneuse dans les forêts de chêne-liège de Provence cristalline.(France Méridionale) et d'Algérie, thèse de Doctorat es sciences, Univ. d'Aix Marseille, Faculté des sciences et techniques. Saint Jérôme, 367 P.

ZERAIA, L., (1982)- le chêne-liège, phytosociologie, édaphologie, régénération et productivité. Institut national de la recherche forestière, 159p.

ZITOUNI A, KAHIA F, DJELLABI A (2002) – Recherche de substrats de culture à base de matériaux locaux pour la production de plants forestiers en hors-sol.

Annexes

Annexe1 : tableaux des mesures effectués.

Annexe1.1: poids de 100 glands en (g).

provenances	Collo	Bejaia	Orrich
Poids de 100 glands	515	420	459
	531	465	540
	525	457	501
	521	435	402
	556	403	500
moyenne	529.6	436	480.4

Annexe1.2: mensuration de la longueur et le diamètre des 20 glands en cm.

provenances	Collo		Bejaia		Orrich	
	Longueur	diamètre	Longueur	diamètre	Longueur	diamètre
1	3.17	1.53	3.17	1.23	3.82	1.57
2	3.5	1.83	3.82	1.45	3.08	1.53
3	3.15	1.50	3.06	1.3	2.85	1.47
4	3.5	1.95	2.98	1.47	2.92	1.47
5	3.84	1.71	2.93	1.32	3.62	1.35
6	3.65	1.2	2.69	1.3	2.61	1.18
7	3.54	1.5	2.52	1.29	2.83	1.45
8	3.48	1.63	2.68	1.21	3.22	1.46
9	3.53	1.24	2.73	1.21	3	1.31
10	3.11	1.57	3.16	1.4	3.19	1.51
11	2.94	1.23	2.49	1.17	2.82	1.33
12	3.06	1.72	3.47	1.6	2.9	1.36
13	2.96	1.35	3.13	1.43	3.3	1.6
14	3.51	1.72	2.99	1.46	3.67	1.34
15	3.87	1.64	2.87	1.4	2.88	1.46
16	3.17	1.22	2.9	1.46	3	1.24
17	3.04	1.43	3.12	1.35	2.67	1.31
18	2.76	1.43	2.64	1.21	3.22	1.59
19	3.59	1.4	3.14	1.21	2.17	1.12
20	2.69	1.6	2.59	1.23	3.32	1.39
Moyenne	3.30	1.52	2.65	1.33	3.05	1.39

Tableau 29: Taux de germination en fonction des modalités.

Dates	02/05/2009			
R Modalités	I	II	III	% Moyen
M ₁	35	36	35	88,33
M ₂	37	37	38	93,33
M ₃	37	35	36	90
M ₄	30	33	35	81,67
M ₅	36	39	38	94,17
M ₆	30	29	29	73,32

Annexe 2 : Analyse de la variance.

Annexe 2.1: hauteur de la partie aérienne.

Source de variation	D.D.L	C.M	F. Obs.	Signification $\alpha = 5 \%$
Variation factorielle	5	12.67	11.62	**
Var. Résiduelle	12	1.09		
Var. Totale	17	4.49		

$$\bar{X} = 14,92$$

$$ET = 1,05$$

$$CV = 7\%$$

Annexe 2.2: Diamètre au collet.

Source de variation	D.D.L	C.M	F. Obs.	Signification $\alpha = 5 \%$
Variation factorielle	5	0.32	5.69	**
Var. Résiduelle	12	0.06		
Var. Totale	17	0.14		

$$\bar{X} = 3,41$$

$$ET = 0,24$$

$$CV = 7\%$$

Annexe 2.3: Nombre de feuille.

Source de variation	D.D.L	C.M	F. Obs.	Signification $\alpha = 5 \%$
Variation factorielle	5	27.07	6.73	**
Var. Résiduelle	12	4.02		
Var. Totale	17	10.08		

$$\bar{X} = 18,56$$

$$ET = 2$$

$$CV = 10,8\%$$

Annexe 2.4: Nombre de branches.

Source de variation	D.D.L	C.M	F. Obs.	Signification $\alpha = 5 \%$
Variation factorielle	5	0.51	5.37	**
Var. Résiduelle	12	0.10		
Var. Totale	17	0.22		

$$\bar{X} = 1,80$$

$$ET = 0,31$$

$$CV = 17\%$$

Annexe 2.5: Poids frais de la partie aérienne.

Source de variation	D.D.L	C.M	F. Obs.	Signification $\alpha = 5 \%$
Variation factorielle	5	0.75	42.91	**
Var. Résiduelle	12	0.02		
Var. Totale	17	0.23		

$$\bar{X} = 1,79$$

$$ET = 0,13$$

$$CV = 7,4 \%$$

Annexe 2.6: Poids frais de la partie racinaire.

Source de variation	D.D.L	C.M	F. Obs.	Signification $\alpha = 5 \%$
Variation factorielle	5	6.96	172.89	**
Var. Résiduelle	12	0.04		
Var. Totale	17	2.08		

$$\bar{X} = 5,48$$

$$ET = 0,20$$

$$CV = 3,7\%$$

Annexe 2.7: Poids sec de la partie aérienne.

Source de variation	D.D.L	C.M	F. Obs.	Signification $\alpha = 5 \%$
Variation factorielle	5	0.18	7.62	**
Var. Résiduelle	12	0.02		
Var. Totale	17	0.07		

$$\bar{X} = 0,81$$

$$ET = 0,15$$

$$CV = 18,6\%$$

Annexe 2.8: Poids sec de la partie racinaire.

Source de variation	D.D.L	C.M	F. Obs.	Signification $\alpha = 5 \%$
Variation factorielle	5	0.74	25.19	**
Var. Résiduelle	12	0.03		
Var. Totale	17	0.24		

$$\bar{X} = 2,34$$

$$ET = 0,17$$

$$CV = 7,4\%$$

Annexe 2.9: Rapport hauteur et diamètre au collet.

Source de variation	D.D.L	C.M	F. Obs.	Signification $\alpha = 5 \%$
Variation factorielle	5	0.32	1.61	N.S
Var. Résiduelle	12	0.20		
Var. Totale	17	0.23		

$$\bar{X} = 4,39$$

$$ET = 0,44$$

$$CV = 10,1\%$$

Résumé

Dans le cadre de la recherche d'un plant de qualité destiné aux reboisements, la présente étude porte sur la comparaison entre trois provenances Algériennes de chêne-liège *Quercus suber* L, (Collo, Bouhatem et Orrich) élevées sur deux substrats de culture S₁ (60 % grignon d'olive + 40 %humus forestier) et S₂ (60% écorce de pin + 40% humus forestier).

L'élevage des plants a eu lieu en pépinière hors-sol de Guerbes à Skikda, en plein champs et en conditions climatiques normales.

Le meilleur taux moyen de levée est enregistré par M₂ (provenance de Bouhatem élevée sur le mélange humus-grignon).

Les caractères morphologiques, ont été évalués grâce à des mesures biométriques effectuées périodiquement durant la période de séjour des plants en pépinière (soit 07 mois). Les résultats obtenus nous permettent de constater que la modalité M₃ (provenance d'Orrich (Bouira) élevée sur S₁), représente la meilleure combinaison (provenance × substrat), car ses plants présentent des caractères morphologiques appréciables contrairement à M₅ (provenance de Bouhatem élevée sur S₂) qui a cumulé de mauvais résultats.

Globalement, du point de vue provenance, la provenance d'Orrich est la mieux adaptée, car elle permet de donner les meilleurs résultats, et du point de vue substrat, le substrat 1 constitué de l'humus et le grignon d'olive, par ses qualités physicochimiques, représente le meilleur support pour l'élevage du chêne-liège.

Mots clés : chêne-liège, comparaison, croissance, provenance, substrat, pépinière hors-sol.

Abstract

As part of the research of plant quality for the reforestation, this study focuses on comparing three provenances Algerian cork oak *Quercus suber* L, (Collo, Bouhatem and Orrich) grown on two substrates S1 culture (60% olive pomace + 40% forest humus) and S2 (60% pine bark + 40% forest humus).

The breeding of plants has occurred in the nursery aboveground Guerbes in Skikda, in open fields and normal weather conditions.

The best average strike is saved by M2 (from Bouhatem high on mixing humus-pomace).

The morphological characteristics were evaluated through biometric measurements made periodically during the period of stay in nursery plants (ie 07 months). The results obtained allow us to note that the method M3 (from Orrich (Bouira) high S1) represents the best combination (from × substrate), because its plants exhibit significant morphological characters unlike M5 (from high Bouhatem S2) that has accumulated bad results.

Overall, in terms of provenance, from genetically Orrich is better because it can give the best results, and point of view substrate, the substrate 1 consisting of humus and olive pomace by its physicochemical qualities, represents the best medium for the culture of cor oak.

Keywords: cork oak, comparison, growth, origin, substrate, soilless nursery.

ملخص

في إطار البحث عن شجيرات ذات نوعية جيدة موجهة لإعادة التشجير, تهدف هذه الدراسة إلى المقارنة بين 3 مصادر من البلوط الفليني (القل بسكيدة, بوحاتم ببجاية وأريش بالبويرة) مزروعة في خليطين من التربة: (خ1) (60% ثقل الزيتون + 40 % ذبال غابي), (خ2) (60% قشرة الصنوبر الحلبي + 40 % ذبال غابي). في مشتلة مرفوعة فوق سطح الأرض بقر باز في سكيكدة و هذا في ظروف مناخية طبيعية.

أحسن نسبة إنتاش سجلت من طرف التركيبة 2 (بذور مصدر بوحاتم مزروعة في

خ1) .

تم تقييم الخصائص المورفولوجية بواسطة قياسات بيومترية دورية خلال مدة مكوث الشجيرات في المشتلة (7 أشهر).

سمحت النتائج المحصل عليها من التأكد أن التركيبة الثالثة (M_3) (بذور مصدر أريش مزروعة في خ1) هي الأحسن لان شجيراتها أظهرت خصائص مورفولوجية هامة و هذا عكس التركيبة الخامسة (M_5) (بذور مصدر بوحاتم مزروعة في خ2 التي قدمت نتائج ضعيفة). عموما ، من حيث المصدر ، تعتبر بذور أريش الأحسن لأنها أعطت نتائج أفضل ، و من حيث الخليط ، فإن الخليط الأول المتكون من ثقل الزيتون و الذبال الغابي بخصائصه الفيزيوكيميائية، يمثل الوسط الأفضل لإنتاج البلوط الفليني.

الكلمات الدالة: البلوط الفليني, المقارنة, النمو , خليط تربة, مشتلة مرفوعة فوق سطح الأرض.