

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de Jijel

جامعة جيجل

Eco.F.07/13

Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des sciences de l'environnement
et des sciences agronomiques



كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم علوم المحيط و العلوم الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme : Ingénieur d'état en biologie

Option : Ecosystèmes forestiers

Thème

01
01

Effet de quelques modalités de semis de glands sur les déformations racinaires et la croissance des plants de chêne liège (*Quercus suber* L) en pépinière hors-sol.

Membres de jury :

Présidente : M^{me}. BENABDELKADER Messaouda.

Examineur: M^r. ROULA Salah Eddine

Promotrice: M^{me}. BENFRIDJA Leila

Co-Promoteur: M^r. CHOUIAL Moubarek

Présenté par :

BOUNUIRA Nacira

CHELLAR Soumia



Numéro d'ordre:.....

Session: Juin 2013

Année universitaire: 2012/2013

Sommaire

Sommaire.....	iv
Liste des tableaux.....	ix
Liste des figures.....	x
Introduction	01

Première partie: Etude bibliographique

Chpître I : Généralités sur le chêne liège

I.Place taxonomique et systématique du chêne-liège	03
II. Principales caractéristiques botaniques	03
II.1. Physionomie.....	03
II.2.Appareil végétale.....	03
II.2.1. Feuilles.....	03
II.2.2. Rameaux.....	04
II.2.3. L'écorce (liège).....	04
II.2.4. Racines.....	04
II.3.Appareil reproducteur.....	05
II.3.1. Fleurs.....	05
II.3.2. Glands	05
III. Aire de répartition de chêne liège.....	05
III.1.Aire de répartition mondiale.....	05
III.2. Aire de répartition en Algérie	08
IV. Exigence écologique de chêne liège.....	10
IV.1. Le sol.....	10
IV.2. Températures.....	10
IV.3. Précipitation.....	10
IV.3. Humidité de l'aire.....	11
IV. 4.Lumière.....	11
IV.5.Exposition.....	11
V. Importance économique du liège.....	11

Chapitre II : Déformations racinaires

I. Le système racinaire.....	12
I.1. Définition.....	12
I.2. Rôle du système racinaire.....	12
I.2.1. Respiration.....	12
I.2.2. Absorption Et mycorhizes	12
I.2.3. Mise en réserve.....	12
I.2.4. Ancrage	13
I.3. Constituant du système racinaire.....	13
I.4. Description de la croissance du système racinaire.....	13
I.4.1. Croissance en hauteur	13
I.4.2. Croissance en diamètre.....	13
I.5. Direction de croissance des racines.....	14
I.5.1. Tropisme.....	14
I.5.2. Géotropisme.....	14
II. Principaux facteurs influençant le développement racinaire des plants.....	14
II.1. Mode d'élevage des plants.....	14
II.2. L'élevage en conteneur.....	15
II.2.1. Récipients universels.....	15
II.2.2. Les pots en argile cuite.....	15
II.2.3. Sachet de polyéthylène perforé	15
II.2.4. Dimension des conteneurs d'elavege	16
II.2.4.1. Volume	16
II.2.4.2. Forme et conception	16
II.3. Propriétés physico- chimiques des substrats.....	16
III. Qualités de semences forestières.....	17
IV. Principales déformations provoquées par le systeme d'elevage (cas du chêne liège).....	18
IV.1. Déformation en crosse.....	18
IV.2. Déformation en chignon.....	18

IV.3. Racines remontantes.....	19
IV.4. Etranglement des racines.....	19
IV.5. Les nœuds.....	19
IV.6. Division du pivot	19
IV.7. Pivot tordu	19
IV.8. Déformation en « L ».....	20
V. Conséquences des déformations racinaires.....	20

Deuxième partie : Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

I. Présentation de la station d'étude.....	22
I.1. Conditions climatiques.....	22
II. Matériels utilisés.....	22
II.1. Les conteneurs « WM ».....	22
II.2. Les caissettes.....	22
II.4. Matériel végétal.....	23
II.5. Substrat utilisé.....	23
III. Les modalités de semis en pépinière.....	23
IV. Protocole expérimental.....	23
V. Mesures et observations.....	24
V.1. Le taux de survie.....	25
V.2. Mesures biométrique.....	25
V.2.1. Technique d'échantillonnage.....	25
V.2.2. Hauteur des tiges.....	25
V.2.3. Diamètre au collet.....	26
V.3. Mesure de la biomasse.....	26
V.3.1. Poids sec de la partie aérienne.....	26
V.3.2. Poids sec de la partie souterraine	26
VI. Qualité du système racinaire.....	26
VII. Analyse physico-chimique de substrat à la sortie de la pépinière.....	27
VII.1. Analyse chimique.....	27
VII.1. 1. Détermination du pH	27
VII.1.2. Détermination de la conductivité électrique.....	27

VII.1.3. Calcaire total.....	27
VII.1.4. Carbone et matière organique.....	27
VII.1.5. La capacité d'échange cationique (C.E.C).....	27
VII.1.6. Phosphore assimilable.....	27
VII.1.7. Potassium.....	27
VII.2. Analyse physique.....	28
VII.2.1. La porosité totale.....	28
VIII. Traitement statistique.....	28

Chapitre II : Résultats et discussion

I. Présentation des résultats.....	29
I.1.Principales propriétés physico-chimiques du substrat utilisé.....	29
I.2. Effet de la modalité de semis sur les taux de survie des plants de chêne liège	31
I.3.Effet des modalités de semis sur les caractéristiques dimensionnels des plants.....	32
I.3.1. Croissance en hauteur.....	32
I.3.2. Croissance en diamètre.....	33
I.3.3. Le rapport hauteur sur diamètre.....	34
I.4. Effet des modalités de semis sur les caractéristiques pondérales des plants.....	35
I.4.1. Biomasse sèche aérienne.....	35
I.4.2. Biomasse sèche racinaire.....	36
I.4.3. Ratio matière sèche aérienne/ matière racinaire.....	37
I.5. Effet des modalités de semis sur la qualité du système racinaire des plants de chêne liège.....	38
I.5.1. Fréquence des déformations racinaires observées.....	38
I.5.1.1. Types de déformations observées.....	39
I.5.1.1.1. Crosse au niveau du collet.....	39
I.5.1.1.2. Pivot tordu.....	40
I.5.1.1.3. Mauvais cernage du pivot.....	41
I.5.1.1.4. Division du pivot.....	42
I.5.1.1.5. Nœud au collet.....	43

I.5.1.2. Types de déformations racinaires observés en fonctions des modalités de semis	44
II. Discussion.....	50
Conclusion	54
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau I : Répartition et superficies des peuplements de chêne-liège en Algérie.....	10
Tableau II : Analyses physico-chimiques du substrat.....	29
Tableau III : Echelle de salure Européenne.....	29
Tableau IV : Norme d'interprétation du calcaire total.....	30
Tableau V : Normes d'interprétation de la matière organique.....	30
Tableau VI : Classe d'appréciation pour le phosphore assimilable.....	31
Tableau VII : Analyse de la variance relative à la croissance en hauteur.....	32
Tableau VIII : Analyse de la variance relative à la croissance en diamètre.....	33
Tableau IX : Analyse de la variance relative au rapport hauteur / diamètre au collet.....	34
Tableau X : Analyse de la variance relative à la biomasse sèche aérienne.....	35
Tableau XI : Analyse de la variance relative à la biomasse sèche racinaire.....	36
Tableau XII : Analyse de la variance relative au ratio biomasse sèche aérienne et racinaire.....	37
Tableau XIII : Taux de déformations racinaires observés en fonction des modalités de semis.....	38
Tableau XIV : Taux de déformation en crosse en fonction des modalités des semis...	39
Tableau XV : Taux de déformation type « pivot tordu » en fonction des modalités des semis.....	40
Tableau XVI : Pourcentage de déformation de type « mauvaise cernage» en fonction des modalités des semis.....	41
Tableau XVII : Taux de déformation type « division du pivot » en fonction des modalités des semis.....	42
Tableau XVIII : Taux de déformation en nœud au collet en fonction des modalités des semis.....	43

Liste des figures

Figure01 : Distribution du chêne-liège dans son aire géographique naturelle.....	07
Figure 02 : Répartition du chêne-liège dans le bassin méditerranéen.....	08
Figure 03 : Aire de répartition du chêne-liège en Algérie.....	09
Figure04 : Les facteurs influant sur la morphologie et la structure du système racinaire...	18
Figure 05 : Principales déformations chez les plants de chêne liège.....	20
Figure 06 : Les effets de déformation racinaire sur les plants de chêne liège	21
Figure 07 : Plan du dispositif expérimental.....	24
Figure 08 : Dispositif expérimental en pépinière hors-sol.....	25
Figure 09 : Taux de survie en fonction des modalités de semis	32
Figure 10 : Hauteur moyenne des plants de chêne liège en fonction des modalités de semis.....	33
Figure 11 : Diamètre au collet moyen des plants de chêne liège en fonction des modalités de semis.....	34
Figure 12 : Rapport hauteur/diamètre au collet des plants de chêne liège en fonction des modalités de semis.....	35
Figure 13 : Biomasse sèche aérienne des plants de chêne liège en fonction des modalités de semis.....	36
Figure 14 : Biomasse sèche racinaire des plants de chêne liège en fonction des modalités de semis.....	37
Figure 15 : Ratio MS aérienne /racinaire des plants de chêne liège en fonction des modalités de semis.....	38
Figure 16 : Déformations racinaires en crosse (modalité T ₁).....	40
Figure 17 : Déformations racinaires en pivot tordu (modalité T ₃).....	41
Figure 18 : Déformations racinaires en mauvais cernage du pivot (modalité T ₅).....	42
Figure 19 : Déformations racinaires en division du pivot (modalité T ₇).....	43
Figure 20 : Déformations racinaires en nœud au collet (modalité T ₂).....	44
Figure 21 : Pourcentage des défauts racinaires de semis de glands germés pendant la conservation en position normale (T ₁).....	45

Figure 22 : Pourcentage des défauts racinaires de semis de glands germés pendant la conservation position de la radicule dirigée vers le haut (T ₂).....	46
Figure 23 : Pourcentage des défauts racinaires de semis de glands non germés en position vertical (T ₃).....	46
Figure 24 : Pourcentage des défauts racinaires de semis de glands non germés en position horizontale (T ₄).....	47
Figure 25 : Pourcentage des défauts racinaires de semis de glands pré germés position de la radicule vers le bas (T ₅).....	48
Figure 26 : Pourcentage des défauts racinaires de semis de glands pré germés position de la radicule dirigée vers le coté (T ₆).....	48
Figure 27 : Pourcentage des défauts racinaires de semis de glands pré germés laissé à l'appréciation de l'ouvrier (T ₇).....	49

Introduction

Le chêne-liège (*Quercus suber* L.), est une essence forestière remarquable, qui présente une grande valeur économique, grâce à sa particularité physiologique qui la distingue des autres ligneux, à reproduire une nouvelle écorce subéreuse appelée communément: liège et ayant des qualités spécifiques de légèreté, de souplesse, 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; peuplements arrivés au terme de leur exploitabilité, déficience de la régénération naturelle (Messoudene et al., 2006), 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 de chêne liège.

Dans ce cadre le recours à une régénération assistée par une plantation s'est avéré nécessaire. Toutefois, les difficultés rencontrées par les reboiseurs pour limiter la mortalité après plantation les incitent de plus en plus à utiliser des plants de qualité et de quantité suffisante.

En effet, les plants sont soumis à la sortie de pépinière à des exigences de qualité génétique, morphologique et indemnes des défauts excluant les plants de la qualité loyale et marchande. Parmi ces défauts, on trouve les déformations graves du système racinaire.

Ce travail s'inscrit dans cette optique et vise à apporter un certain nombre de réponses, notamment sur l'origine des déformations racinaires des plants de chêne liège élevé en pépinière hors-sol.

C'est dans ce contexte, nous nous sommes proposé de tester quelques modalités de semis de glands de chêne liège réalisés en pépinière sur la croissance et les déformations racinaires.

Dans cette perspective, nous essayons de tirer des conclusions pouvant apporter des améliorations aux qualités de plants produits dans nos pépinières. Il s'agit, notamment de :

- Comparer l'effet des différentes modalités de semis de glands sur le comportement, la croissance et les défauts racinaires des plants de chêne liège à la sortie de la pépinière ;
- Améliorer les connaissances sur les types de déformations et de les quantifier sur la qualité loyale et marchande des plants en pépinière ;

- Proposer les meilleures modalités de position de glands et l'orientation de la radicule dans le cas de l'utilisation des glands pré germés lors du semis en conteneur.
- Produire des plants de qualité répondant aux normes en vigueur ;
- Et en fin répondre aux préoccupations des opérateurs de la filière pépinière et mettre à leur disposition la modalité de semis la plus pratique en vue de produire des plants de qualités.

Faisant suite à cette introduction, une première partie bibliographique contenant deux chapitres ; le premier chapitre proposera une présentation générale de l'essence de chêne liège, Le second chapitre traitera les déformations racinaires.

La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale qui exposera les matériels utilisés et méthodes adoptées dans le premier chapitre et le dernier chapitre est réservé aux présentations et discussions des résultats obtenus, enfin nous terminerons par une conclusion générale et les perspectives de recherches.



I. Place taxonomique et systématique du chêne-liège

Le chêne liège (*Quercus Suber* L.) est un arbre circonscrit en méditerranée Occidentale depuis l'ère tertiaire, ce qui lui donne une soixantaine de millions d'années d'existence. Il est décrit pour la première fois par Linnée en 1753 (Natividade, 1956).

Il appartient à :

Embranchement :	Spermaphyte
Sous embranchement :	Angiosperme
Classe :	Dicotylédones
Sous classe :	Apétales
Ordre :	Fagales
Famille :	Fagaceae
Sous famille :	Quercoidae
Genre :	Quercus
Espèce :	<i>Quercus suber</i> L.

II. Principales caractéristiques botaniques

II.1. Physionomie

Le chêne-liège présente un port irrégulier et variable en fonction de la densité du peuplement et des traitements sylvicoles appliqués. A l'état isolé et en peuplement clair, il a un tronc relativement court, ramifié à une faible hauteur en grosses branches et son houppier est largement étalé alors qu'en peuplement plus serré, il présente une forme plus élancée.

Bien qu'en mentionne des spécimens de dimensions remarquables, le chêne liège est un arbre de taille moyenne atteignant une hauteur de 10 à 12 mètres, peuvent parfois atteindre 25 m (Canta et al., 2000) avec un maximum de 27 m observé à Collo en Algérie (Yessad, 1999). Sur le plan grosseur, il peut atteindre jusqu'à 5 mètre de tour en station favorable.

A l'état naturel, Le chêne-liège peut vivre jusqu'à 300 ans (Natividade, 1956 ; Schoemberger, 1997 in Sahli, 1993 ; Ozalp et al., 2001).

II.2. Appareil végétale

II.2.1. Feuilles

Les feuilles de chêne-liège sont petites, coriaces, de forme ovales et légèrement dentées à pointes aigues. Elles mesurent 3 à 5 cm de long sur 1,5 à 4 cm de large (Yessad,

1999). Leur face inférieure est de couleur blanchâtre, la face supérieure est plutôt glabre et d'un vert bronzé brillant. A l'exception des arbres de la race marocaine qui restent dépouillées des feuilles 2 semaines environs au printemps (Boudy, 1952), les feuilles de chêne-liège persistent plus d'une année et ne tombent pas en même temps ce qui donne au feuillage l'aspect persistant.

II.2.2. Rameaux

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).

II.2.3. L'écorce (liège)

L'écorce du chêne-liège l'aspect liégeux vers 5 à 6 ans (Yessad, 1999). Il s'agit d'une couche de couleur grisâtre, peu dense et avec de nombreuses et profondes crevasses le long du tronc, composée essentiellement de liège (succession de cellules mortes et creuses) généré par l'assise subero-phellodermique.

Sur un arbre jamais écorcé, elle est de couleur grisâtre, peu dense, fortement crevassée et appelé liège mâle en termes de production. Il atteint une épaisseur moyenne de 2 à 3 cm entre 40 et 60 ans (Yessad, 1999) et est utilisé uniquement en trituration. Après sa mise en valeur par démasclage, le liège mâle est remplacé par le liège de reproduction ou liège femelle, plus homogène et de couleur noirâtre sur sa face externe. On estime, selon Zeraia (1981), que la production subéreuse est plus importante dans le groupement à *Quercus suber* et *Cytisus triflorus* qu'ailleurs.

En plus de son intérêt économique, cette écorce protège efficacement les bourgeons épiphytes des arbres contre les incendies ce qui leur permet de survivre après passage de feu.

II.2.4. Racines

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. En sol meuble et profond, il présente un enracinement pivotant constitué d'un fort pivot garni de nombreuses

racines latérales horizontales. En sol rocheux, de fortes racines s'insinuent dans les fissures des roches.

Ce système racinaire, en lui permettant d'exploiter les horizons profonds du sol, constitue une bonne adaptation à la sécheresse. Les racines superficielles ont l'aptitude de former des drageons et peuvent être mycorhizés par certains champignons des genres *Botelus*, *Russula* et *Lactarius* (Natalina, 1949 *in* natalidade, 1956).

II.3. Appareil reproducteur

II.3.1. Fleurs

Le chêne-liège est monoïque et allogame, les fleurs mâles pendent en chatons de 4 à 8 cm de long (Yessad, 1999) à l'extrémité des rameaux de l'année précédente, et les fleurs femelles sont de petits boutons écailleux qui se forment à la base des rameaux de l'année en cours. La floraison et la fécondation ont lieu au printemps.

II.3.2. Glands

La fécondation donne naissance à un gland de forme et de dimensions variables suivant les arbres (Natalidade, 1956), enchâssé dans une cupule écailleuse. La maturation des glands a lieu dans l'année de floraison à la fin de l'automne et la chute des glands s'échelonne jusqu'à janvier. La fructification débute vers l'âge de 15 ans (Boudy, 1952), elle devient abondante à partir de 30 ans jusqu'à 100 ans tous les 2 à 3 ans environs (Stewart, 1974). En fonction de l'âge de l'arbre, de son état sanitaire et des conditions climatiques, la production de gland par arbre varie de 1 à quelques dizaines de kilogrammes (60 kg) (Yessad, 1999).

Les bonnes glandées épuisent les réserves de l'arbre ce qui explique leur répartition à 2 ou 3 ans d'intervalle. Par ailleurs, quelques auteurs affirment que la propagation bisannuelle est une stratégie adaptative qui permet à l'arbre de tolérer des climats peu convenables, en d'autres termes, les périodes où le climat est trop froid ou trop sec (Polunin, 1997 *in* Ozalp et al., 2001).

III. Aire de répartition de chêne liège

III.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 (Boudy, 1952 ; Quezel et Santa, 1962-1963), où les

influences de la mer et de l'océan permettent d'adoucir la grande amplitude des oscillations thermiques et réduisent la grande aridité de la saison estivale (Natividade, 1956).

On le trouve dans la péninsule Ibérienne, la côte Tyrrhénienne de la péninsule Italienne, la côte sud de la France, en Algérie, en Tunisie, au Maroc, et finalement en Sardaigne, Sicile et en Corse (figure.1).

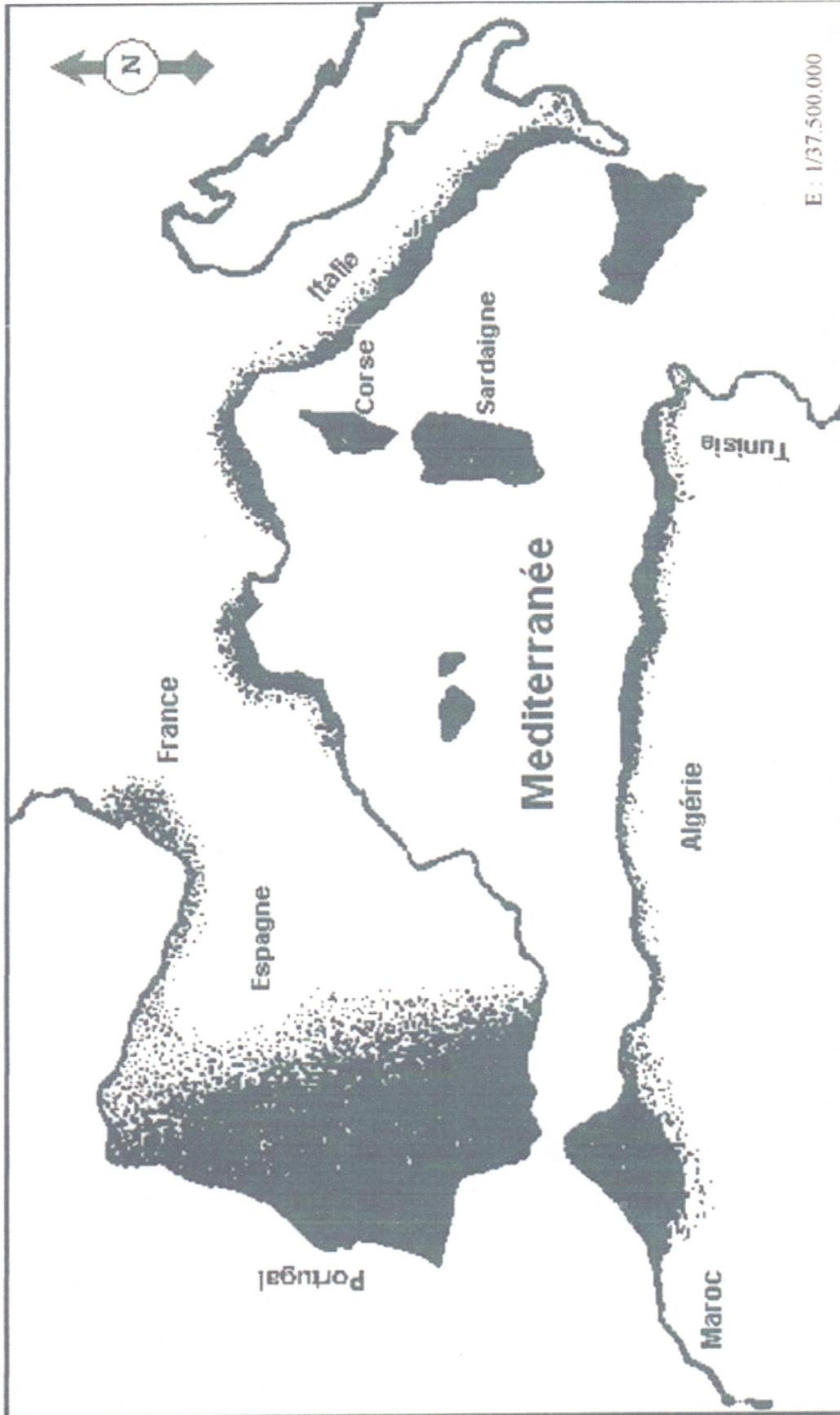


Figure 1 : distribution de chêne liège dans son aire géographique naturelle d'après Natividade (1956).

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).

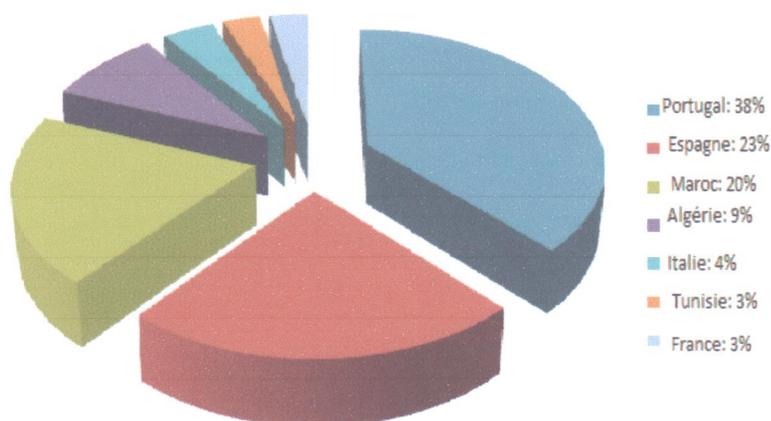


Figure 2 : Répartition du chêne-liège dans le bassin méditerranéen (Yessad, 2000).

III.2. Aire de répartition en Algérie

Selon Yessad (1999), le chêne-liège est présent en Algérie sur 450.000 ha mais ne constitue de véritables subéraies que sur près de 150.000 ha, alors que le dernier inventaire forestière réalisé en 1984 dans le cadre du Plan National pour le Développement Forestière (PNDF) donne une superficie de 229.000 ha de forêt de chêne liège.

Quoi qu'il en soit et malgré ces divergences entre les chiffres d'une source à l'autre, il faut reconnaître que l'aire de chêne liège en Algérie est en régression continue sous les effets des actions anthropiques notamment les incendies répétés et les défrichements à des fins agricoles ou d'urbanisation. Ainsi que par les reboisements de facilité (résineux eucalyptus) au détriment de chêne liège selon Zeraia (1981). Tout, on ne perdant pas de vue que la majorité des forêts de chêne liège en Algérie se trouve dans des régions montagneuses difficilement accessible, ce qui limite d'avantage toute intervention dans ces massifs.

Bien qu'il existe quelques bouquets de chêne liège dans la région Nord-ouest du pays (Tlemcen, Oran, Mascara et Ténès) (figure 3), les principales subéraies algériennes sont situées essentiellement en zone sub-humide et humide au nord-est entre l'algérois et la frontière Tunisienne et elles s'étendent de la mer jusqu'à 1200 m d'altitude (Zeraia, 1981).

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

Subéraies orientales		Subéraies occidentales	
Skikda	40 000 ha	Chleff	3 000 ha
Jijel – El-Milia	40 000 ha	Medea	2 00 ha
Guelma	20 000 ha	Tlemcen	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)

IV. Exigence écologique de chêne liège

IV.1. Le sol

Le chêne-liège préfère des sols acides, profonds et bien drainés, il ne s'accommode pas aux sols argileux compacts. Il marque nettement sa préférence pour les terrains siliceux tels que les grès numidiens (Algérie et Tunisie) ou les sables pliocènes (Boudy, 1952). Il fuit les calcaires actifs et les sols hydromorphes.

Selon Yessad (1999), la majorité des subéraies naturelle se trouvent sur sols contenant plus de 50% de sable dans leurs horizons supérieurs et reposant sur roche mère métamorphique.

IV.2. Températures

C'est une essence relativement thermophile. Elle demande une température moyenne annuelle douce dont l'optimum se situe entre 13 et 18 C° ; elle ne supporte pas plus de 1 à 2 jours des gelées de -9 C° (Boudy, 1952). Des lésions irréversibles apparaissent sur les feuilles en dessous de -5 C°(Anonyme, 2000). Pour ces raisons, il se cantonne à des distances modérées du littoral (Seigue, 1985).

IV.3. Précipitation

Le chêne liège exige une tranche pluviométrique de 500 à 600 mm (Boudy, 1952).

IV.3. Humidité de l'aire

C'est une essence forestière qui exige un état hydrométrique élevé d'au moins 60% durant les mois de la saison sèche (Boudy, 1952).

IV. 4. Lumière

Le chêne-liège est une essence héliophile. Selon Zeraia (1981), la meilleure glandée se manifeste dans les expositions Sud et Ouest où la lumière et la température sont suffisantes. De même, Aouka (1980), a constaté que le nombre de semis est toujours supérieur sur le versant le plus ensoleillé.

IV.5. Exposition

L'altitude dans laquelle vit le chêne-liège est comprise entre 0 et 1200 mètres et même 2200 m (atlas Marocain) (Boudy, 1951).

V. Importance économique

Tout comme les autres produits forestiers, le liège occupe une place importante nationale, et les suberaies sont appelées à en satisfaire les besoins nationaux.

Le bois est utilisé comme bois d'œuvre, il représente une source importante de bois de chauffage et charbon, vu son pouvoir calorifique considérable= 7000 cal à 25% d'humidité (Natividade, 1956).

L'écorce à tanin est utilisée pour l'extraction du tanin, qui présente des caractéristiques intéressantes (Boudy, 1950). Le liège mâle, est utilisé pour la fabrication des agglomérés.

I. Le système racinaire

I.1. Définition

Le système racinaire d'un plant, est la partie souterraine qui permet la fixation de la plante dans son milieu de culture puis dans le sol après plantation. Il assure également l'alimentation en eau et en sels minéraux de la plante. Selon l'espèce, ce système racinaire peut prendre plusieurs formes (pivotantes, fasciculées, traçantes...) (Miquel et al., 2013).

I.2. Rôle du système racinaire

I.2.1. Respiration

Selon Raimbault (2003), la respiration conditionne toutes les autres fonctions du système racinaire. En effet, l'approvisionnement en oxygène ne se fait pas à travers la partie aérienne, mais par absorption directe dans l'air contenu dans la porosité du sol. En dessous de 15% d'oxygène, l'absorption minérale décroît. En dessous de 12%, il n'y a plus d'initiation de nouvelles racines. En dessous de 5%, il n'y a plus de croissance racinaire. En dessous de 1% les racines perdent du poids et meurent.

I.2.2. Absorption Et mycorhizes

La racine étend sa zone d'exploration par croissance, mais surtout grâce aux champignons mycorhiziens qui multiplient la surface d'échange avec le sol. Le champignon se nourrit des hydrates de carbone fournis par la racine, et lui apporte en retour eau et sels minéraux. La mycorhization est efficace surtout en sols pauvres et secs, elle peut être inhibée ou détruite par excès de fertilisation (Raimbault 2003).

I.2.3. Mise en réserve

Les produits de la photosynthèse sont stockés, principalement sous forme d'amidon, dans les parties pérennes de l'arbre, en particulier la base du tronc, la souche et la base des grosses racines. Ces réserves peuvent être hydrolysées pour être utilisées dans la croissance aérienne et racinaire, ou transformées en polyphénols, barrières chimiques contre les insectes et champignons agresseurs. Le système racinaire ne sert pas qu'à alimenter la plante en eau et à la fixer dans le sol; il apparaît comme la moitié complémentaire de la partie aérienne dans toutes les fonctions de la plante (Raimbault, 2003).

I.2.4. Ancrage

La stabilité de l'arbre ne dépend pas seulement de l'extension des racines, mais aussi de la densité de colonisation et de la cohésion entre sol et racines. En cas de tempête, les racines se déterrent des sols peu cohérents, tels que les sables et les sols gorgés d'eau: l'arbre est arraché même si l'extension racinaire est importante. Par contre, si la cohésion entre le sol et les racines est forte, la stabilité de l'arbre dépend de l'ensemble racines plus sol, et la masse à soulever est alors de plusieurs dizaines de tonnes. C'est le cas des sols rocheux fissures bien colonisés (Raimbault, 2003).

I.3. Constituant du système racinaire

Selon Takavol (1979) in Chaba (1983), la racine des plants contient 4 zones différentes. La première zone s'étend de l'extrémité de la coiffe jusqu'à la première racine latérale, la deuxième zone, située juste après la première, elle porte des racines latérales qui sont en croissance très active, la troisième zone, elle vient juste après la deuxième, elle porte des racines latérales dont l'allongement a cessé et en fin la quatrième zone, elle s'étend du collet jusqu'à la troisième, sa longueur augmente avec l'allongement du pivot.

I.4. Description de la croissance du système racinaire

L'accroissement du système racinaire dépend du nombre d'extrémités racinaire en activités, de la vitesse d'allongement des racines et de la vitesse de croissance en épaisseur. D'autres caractéristiques s'ajoutent aux précédentes dont ; la direction de croissance ainsi que le lieu et le moment d'apparition de diverses ramifications (Boukerker, 2007).

I.4.1. Croissance en hauteur

Cette croissance s'opère au niveau des méristèmes apicaux, localisé à l'extrémité des racines, qui sont protégés par la coiffe, qui est selon (Roland F, 1980 in Boukerker, 2007) une sorte de capuchon recouvrant l'extrémité de la racine, jouant ainsi un rôle protecteur, et favorise la pénétration de l'apex entre les particules du sol.

I.4.2. Croissance en diamètre

L'augmentation du diamètre d'une racine se réalise grâce au fonctionnement de méristèmes secondaires se présentant sous forme d'assises génératrices annulaire:

- assise génératrice libéro-ligneuse ou cambium

- assise subéro-phellogermique ou phellogène (Binet et al., 1969 in Boukerker, 2007).

I.5. Direction de croissance des racines

Cette direction peut être déterminé par plusieurs facteurs externes (pesanteur, humidité, richesse minérale, aération, lumière...), elle est alors le résultat de géotropisme, hygrotropisme, aérotrropisme et du phototropisme. Elle peut également résulter de la variation provoquée par des obstacles placés sur le chemin, dans ce cas on dit que l'orientation résulte de l'autotropisme (Tavakol, 1979 in Boukerker, 2007).

I.5.1. Tropisme

Accroissement d'un végétal dans une direction donnée sous l'influence d'une excitation extérieure. Selon (Mazliak 1982 in Boukerker, 2007), le tropisme est une réponse de croissance qui est dirigée par rapport à la stimulation.

I.5.2. Géotropisme

Le géotropisme ou la gravitotropisme désigne l'orientation de la croissance de la plante en réponse à la force de gravité. La racine principale, pousse habituellement vers le bas, en direction du centre de gravité terrestre (géotropisme positif) (Jacques, 2006).

II. Principaux facteurs influençant le développement racinaire des plants

En règle générale, les déformations racinaires sont conditionnées par de nombreux facteurs : l'origine génétique de l'essence, les techniques d'élevage en pépinière et de plantation, les contraintes stationnelles et géopédologiques (figure 4) (Curt et al., 1998).

II.1. Mode d'élevage des plants

Le mode d'élevage des plants forestiers par la technique dite classique domine encore dans nos pépinières ; le semis s'effectue en sachets de polyéthylène de forme cylindrique, perforés, remplis d'un mélange de qualité physico-chimique médiocre, compacte, dense, mal aéré et faiblement poreux placés directement sur le sol et en absence de tout système de drainage. Cette technique a montré de grandes insuffisances, dont les conséquences sont dramatiques et se traduisent par des échecs importants au niveau des reboisements.

En effet, les plants produits présentent à la fin de leur séjour en pépinière des défauts rédhibitoires: notamment des malformations racinaires (chignon et enroulement des racines

latérales) et un déséquilibre morphologique qui entrave le fonctionnement physiologique et après transplantation sur le terrain un faible taux de survie, une faible croissance et une vigueur réduite.

II.2. L'élevage en conteneur

L'élevage en conteneur impose le système racinaire d'un semis de se développer dans un volume limité. Lorsque les racines latérales atteignent une paroi pleine et lisse, leur croissance n'est pas stoppée mais change de direction. Elle se poursuit sur un plan plus ou moins horizontal. Les racines vont ainsi longer la paroi lisse et tourner autour du pivot, donnant naissance à un système racinaire « spiralé » (Girard, 2003). Parmi ces conteneurs ont cité :

II.2.1. Récipients universels

Les récipients universels permettent de produire des plants possédant peu de malformations racinaires et chevelues abondant. Les seules malformations sont induites dans le haut de la cavité (coudes vers le bas de la cavité) (Gingras, 1993).

II.2.2. Les pots en argile cuite

Cette technique de culture des plants en pots d'argile cuite comporte plusieurs inconvénients majeurs sur la croissance de système racinaire à savoir le volume limité de croissance des racines et la formation du chignon et la fragilité du pot durant leur manutention (Boukerker, 2007).

II.2.3. Sachet de polyéthylène perforé

D'après (Josiah et al., 1992 et Wilson 1986 *in* Lamhamedi et al., 2000), l'utilisation du sachet de polyéthylène favorise toujours les déformations racinaires. En effet, le manque de la rigidité des parois et de rainures pour diriger et orienter les racines en cours de croissance, permet aux racines de percer le sachet et de s'enrouler. Cet enroulement, connu sous le terme « chignon », est favorisé aussi par le substrat extrêmement compact dans lequel l'impédance mécanique et l'oxygène sont parmi les facteurs qui limitent la croissance des racines (Glinski et Lipiec, 1990 *in* Lamhamedi et al., 2000).

Ces déformations racinaires entravent la translocation des produits de la photosynthèse indispensables à la croissance de nouvelles racines (Hay et al. 1975, Philipson *in* Sitka, 1988 *in* Lamhamedi et al., 2000). Le recours au repiquage pour augmenter le taux d'occupation des

sachets, à un stade de croissance avancé des plants, accentue la présence des déformations racinaires qui deviennent irréversibles, surtout après lignification, à cause de l'absence de rainures et d'un système de cernage des racines.

II.2.4. Dimension des conteneurs d'élevage

Les dimensions des conteneurs possèdent des effets sur la croissance et le développement des racinaires:

II.2.4.1. Volume

Les résultats des travaux de Benseghir (1995) montrent les déformations racinaires sont très abondantes dans le volume du conteneur le plus petit. En effet, plus un volume du conteneur est restreint plus la masse racinaire est comprimée et déformée. Un volume du conteneur doit être suffisant pour recevoir sans dommage dans un substrat donné toute la capacité de production racinaire de l'espèce pendant toute la durée de séjour du plant dans ce conteneur. En zone méditerranéenne un volume minimal de 400 cm³ est exigé pour la production de plants destinés au reboisement.

II.2.4.2. Forme et conception

Le choix de la forme du conteneur est un élément déterminant pour produire un plant de qualité. En effet, la forme cylindrique (sachet en polyéthylène) présente des déformations souvent fatales entraînant le dépérissement des plants. Les conteneurs de Riedacker (WM) présentent des angles inférieurs à 40° imposent au système racinaire une progression verticale et évitent ainsi la spiralisation des racines latérales (Riedacker, 1978).

II.3. Propriétés physico-chimiques des substrats

D'après Lamhamedi (2006), les propriétés physico-chimiques du substrat (composition, texture, structure, densité, porosité, capacité de rétention en eau, capacité d'échange cationique, pH, etc.) ont un effet majeur sur l'évolution de la fertilité du substrat et la proportion de substrat saturé à la base de chaque cavité. Par exemple, pour la tourbe, il est recommandé d'utiliser une texture dont le diamètre des particules varie entre 0,8 et 6 mm. L'utilisation d'une texture fine (<0,8 mm) favorise le maintien d'une nappe perchée importante (remontée capillaire de l'eau), ce qui diminue l'aération dans cette zone et crée des conditions défavorables à la croissance des racines. Dans le cas d'une texture grossière (>6

mm), le substrat se dessèche plus rapidement. Ceci affecte négativement le contact substrat-racine et l'élongation des apex racinaires.

III. Qualités de semences forestières

La qualité des graines est considérée comme un des facteurs principaux affectant la qualité des plants. Malgré les récentes tentatives d'améliorer le secteur des semences forestières, les centres de graines ne peuvent garantir une qualité des semences qui respecte les normes internationales. La récolte des graines est laissée la plupart du temps à l'initiative du technicien forestier qui, face à des besoins trop importants en graines et limité par le temps et les moyens, choisira des graines de moindre qualité génétique (Lamhamedi et al., 2000). En plus, la qualité des graines, s'ajoute les méthodes de conservation surtout pour les semences dite récalcitrantes, qui sont riches en eau et meurent rapidement s'ils se déshydratent. Les travaux de Corbineau et al. (2001) sur des glands de chêne sessile et chêne pédonculé montrent que la non maîtrise des paramètres de conservation rendent les glands à une germination précoce pendant la conservation et les racines développées pendant la conservation constituent un défaut car elles prédisposent le futur système racinaire à des déformations importantes et souvent rédhibitoires.

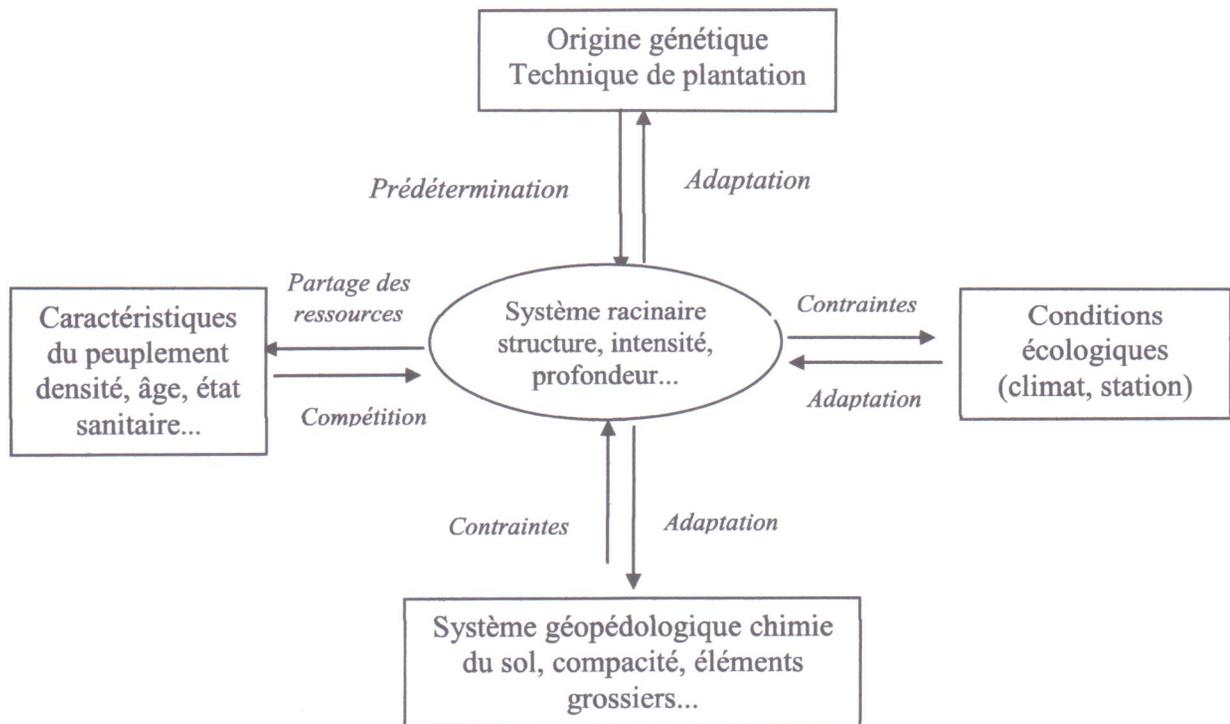


Figure 4 : Les facteurs influant sur la morphologie et la structure du système racinaire (Curt et al, 1998).

IV. principales déformations provoquées par le système d'élevage (cas du chêne liège)

Selon Benseghir (1995), les principales déformations racinaires chez les plants de chêne liège produit en pépinière sont :

IV.1. Déformation en crosse

La crosse est une courbure générale de l'enracinement. La déformation en "crosse" est toujours due à la méthode de repiquage, ou de plantation (Anonyme, 1974 a). Le coude de l'enracinement ralentit la circulation de la sève, les radicelles cessent de croître au delà de la crosse.

IV.2. Déformation en chignon

On appelle "chignon" la spiralisation d'une ou plusieurs racines autour de la souche. Les racines s'étranglent mutuellement quand elles grossissent et constituent un véritable noeud de racines d'où s'échappent que quelques maigres radicelles. Le chignon n'apparaît pratiquement que sur les plants élevés dans certains contenants (pots; godets ou sachets en polyéthylène).

Dans ceux-ci les radicelles se dirigent vers la paroi, en décrivant une spirale, au fond on trouve un enroulement de fines racines qui constituent l'amorce du chignon (Anonyme, 1974 a).

IV.3. Racines remontantes

Elles sont souvent dues à des erreurs de repiquage dans la motte , d'arrosage ou à des volumes de motte insuffisants par rapport à la durée d'élevage (Balleux et al., 2008). On peut néanmoins trouver des racines isolées remontées lors de la mise en terre chez les plants en godets, le stress hydrique dû à un déficit d'approvisionnement en eau en pépinière a pu pousser certaines racines à remonter vers la surface. Ce défaut est lié à une mauvaise plantation, à l'inverse des plants en godet qui peuvent présenter ce défaut dès la sortie de pépinière (Fellmann et al., 2011).

IV.4. Etranglement des racines

Il se produit quand le conteneur est formé d'une paroi pénétrable aux racines mais mécaniquement trop résistante pour céder lorsque le diamètre des racines augmente. (Franclet, 1978 in Lemaire et al., 2003).

IV.5. Les nœuds

Les nœuds sont communs chez des plants qui ont été laissés longtemps en pépinière ou repiqués sans soin. Ces plants ne peuvent pas survivre sur le terrain parce que les racines croisées peuvent étouffer l'arbre ou mourir et les plants deviennent alors vulnérables aux attaques de maladies et de termites (Jaenicke, 2006).

IV.6. Division du pivot

Le division du pivot est un défaut non réversible, il est créé au moment de la germination. Les plants présentant ce défaut ne sont pas éliminés (Derf, 1990).

IV.7. Pivot tordu

Le pivot tordu est une déformation non réversible, la déviation du pivot quelque fois répétitive le long de la racine principale. Ce type de déviation est probablement lié à la granulométrie grossière du substrat (Benseghir, 1995).

- Empêchement de la reprise des plants en plantation à cause d'une mauvaise colonisation du sol (Lemaire et al., 2003) ;
- Aboutissement d'un mauvais ancrage du plant dans le sol et donc une diminution de la résistance du plant face aux aléas climatiques ;
- Limitation du potentiel de reprise et de croissance de plants (Miquel et al., 2013);
- Augmentation de la vulnérabilité des racines aux attaques par les pathogènes (Lindstrom et Hakansson, 1994 *in* Jacques, 2006), suivi par le dépérissement et la mort du plant ;
- Affectation de la qualité du bois et qu'il demeure un danger caché pour les forêts issues d'une plantation avec des plants déformés (Grene, 1978 *in* Gingras et al., 2002).



Figure 6 : Les effets de déformation racinaire sur les plants de chêne liège (Chouial, 2011).

I. Présentation de la station d'étude

Cette expérimentation est conduite dans la pépinière hors-sol de la station régionale de recherche forestière de Jijel, située à environ de 12 Km à l'ouest du chef-lieu de la wilaya et à 12m d'altitude. Il s'agit d'une pépinière expérimentale installée en 1996 dont l'objectif est l'introduction de nouvelles techniques de production de plants forestiers en substitution aux techniques traditionnelles.

I.1. Conditions climatiques

La région est caractérisée par une pluviométrie moyenne annuelle de 1031,7 mm dont presque 80% tombent en hiver et en automne. La température moyenne annuelle voisine 18°C, avec un minima de 9,1 C° au mois de Janvier et un maxima de 27,9C° au mois d'Août. Soumise aux influences maritimes, la région garde un taux d'humidité atmosphérique relativement élevé le long de l'année, varient entre 68 et 79%.

II. Matériels utilisés

II.1. Les conteneurs « WM »

Le choix du conteneur est un facteur déterminant pour produire un plant de qualité, c'est le système (WM) 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 côté 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, aigus, 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.

II.2. 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 (WM) de 400 cm³.

II.4. Matériel végétal

Des lots de glands de chêne liège récoltés d'un peuplement bien venant de la région de Kissir en novembre 2011, puis ont été conservés en chambre froide à une température de 0 à 2 °C et un taux d'humidité moyen de 70 % , Le choix de cette espèce est justifié par :

- leur importance dans les programmes de reboisement ;
- leur importance économique (liège) ;
- leur intérêt écologique et social.

II.5. Substrat utilisé

Dans notre expérimentation, le substrat utilisé est de composition binaire, 50% de terre végétale provenant de la décomposition de la litière accumulée sous une végétation de chêne liège et 50 % de granulés de liège incinérées provenant de la l'industrie de liège .Ce mélange est couramment utilisé dans nos pépinière.

III. Les modalités de semis en pépinière

Les glands ont été semés au mois Mai 2012 à raison d'un gland par conteneur selon les modalités de semis suivantes :

T₁ : Semis de glands germés pendant la conservation (semis en position normale) ;



T₂ : Semis de glands germés pendant la conservation (position racicule dirigée vers le haut) ;



T₃ : Semis de glands conservés non germés en position verticale ;



T₄ : Semis de glands conservés non germés en position horizontale;



T₅ : Semis de glands pré germés radicule dirigée vers le bas ;



T₆ : Semis de glands pré germés radicule dirigé vers le coté ;



T₇ (témoin) : Semis de glands pré germés laissé à l'appréciation de l'ouvrier.

IV. Dispositif expérimental

Le dispositif choisi est un essai en randomisation totale avec trois blocs, chaque répétition est composé de 7 traitements, chaque traitement est constitué de 2 caissettes en plastiques à fond perforé, contenant chacune 40 conteneurs (40 plants), ce qui donne $80 \times 3 = 240$ plants par répétition et 1680 plants pour l'ensemble du dispositif.

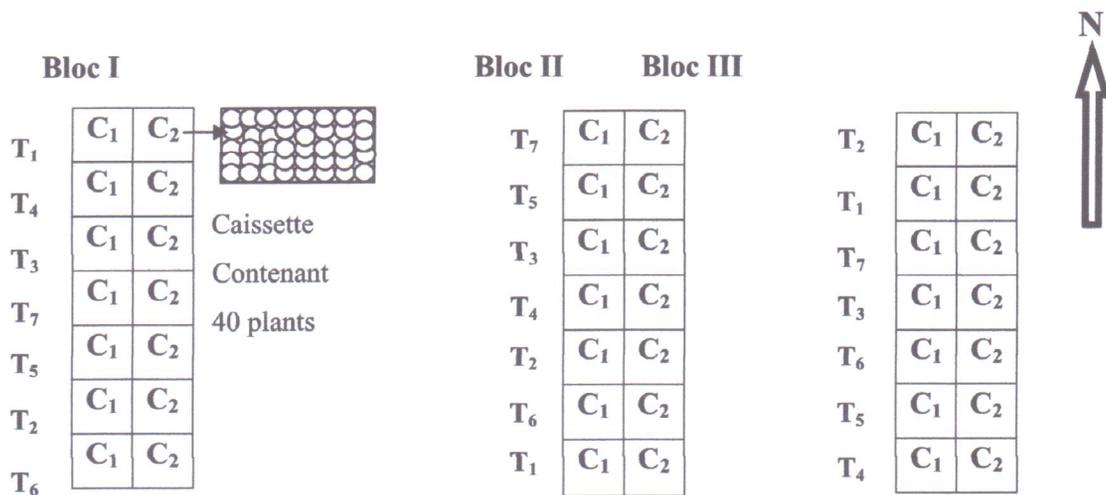


Figure 7 : Plan du dispositif expérimental.

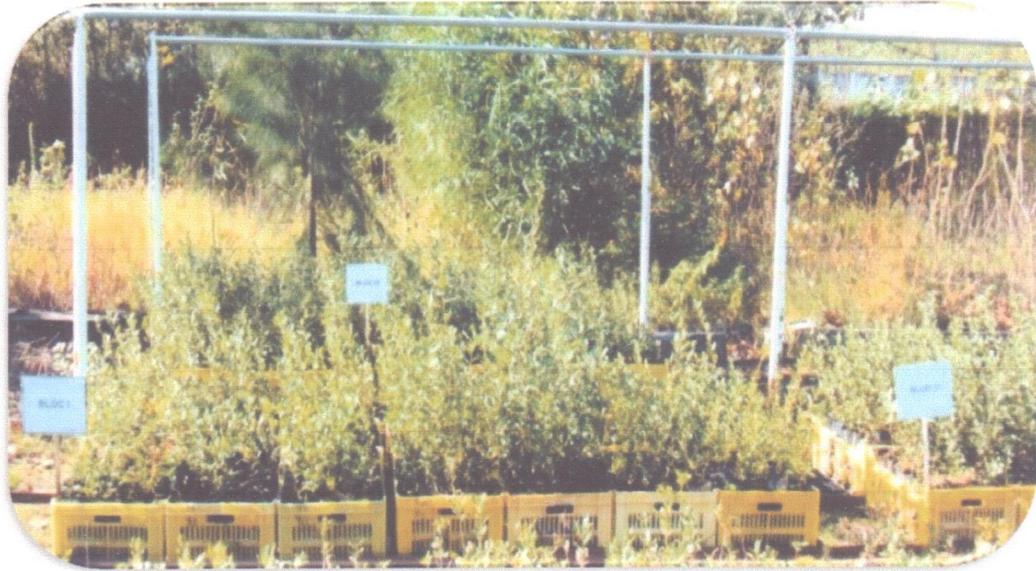


Figure 08: Dispositif expérimental en pépinière hors-sol

V. Mesures et observations

Cette production expérimentale a fait l'objet de mesures et observations d'analyses morphologiques du système racinaire à la fin du cycle de d'élevage en pépinière.

V.1. Le taux de survie

Le taux de survie est calculé dans notre cas, par rapport au nombre total des glands semés, il présente le nombre total des plants restant en vie pas rapport au nombre total des glands ayant levées.

V.2. Mesures biométrique

V.2.1. 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 20 plants mesurés par traitement et par bloc, le choix des plants est aléatoire au sein des caissettes dans chaque bloc.

V.2.2. Hauteur des tiges

La hauteur de la tige a été déterminée, en mesurant à l'aide d'une règle graduée, l'intervalle séparant le collet et le bourgeon terminal.

V.2.3. Diamètre au collet

Le collet est la ligne de séparation entre la tige et la racine d'une plante, la mesure du diamètre au collet a été réalisée à l'aide d'un pied à coulisse d'une précision de 1/10 mm.

V.3. Mesure de la biomasse

Nous avons prélevé trois plants par substrat et par traitement d'une manière aléatoire, les éléments composant le conteneur sont d'abord séparés, le plant ensuite d'émotté soigneusement, pour garder le maximum de masse racinaire. La partie aérienne est séparée du système racinaire à l'aide d'une lame. La partie souterraine est rincée, pour éliminer toutes les particules de terre, susceptibles de fausser les résultats.

V.3.1. Poids sec de la partie aérienne

Le poids sec de la partie aérienne, a été déterminé après séchage à l'étuve à une température de 105°C, pendant 24 heures.

V.3.2. Poids sec de la partie souterraine

La partie racinaire du plant, est placée dans une étuve à 105 °C pendant 24 h puis pesée à l'aide d'une balance électronique de précision.

VI. Qualité du système racinaire

A la fin de culture, nous avons procédé à un dénombrement qualitatif des systèmes racinaires des plants de chêne liège. Afin d'arriver à une fiabilité totale des résultats, nous avons opté un échantillonnage systématique pour l'ensemble des plants, soit un total de 1166. Les plants ont été déterrés soigneusement de leurs mottes, ensuite fait l'objet des observations de qualité du système racinaire, afin de permettre de quantifier et dégager les différents types d'anomalies et défauts du système racinaires qui peuvent être issues selon les modalités de semis.

VII. Analyse physico-chimique de substrat à la sortie de la pépinière

Pour caractériser le substrat utilisé, nous avons procédé à des analyses physico-chimiques au laboratoire.

VII.1. Analyse chimique

VII.1. 1. Détermination du pH

Il est déterminé à l'aide d'un pH mètre Methrom rapport 1/ 2.5, basé sur la méthode électrométrique à l'électrode de verre accouplée à une électrode de référence.

VII.1.2. Détermination de la conductivité électrique (CE)

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.

VII.1.3. Calcaire total

Le calcaire total est déterminé par la méthode volumétrique au calcimètre de BERNARD par la méthode habituelle; $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \longrightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

Sur terre tamisée à 2 mm, on utilise la propriété du carbonate de calcium de se décomposer sous l'action d'un acide, en eau et en gaz carbonique. Ce dernier est recueilli dans un tube gradué en mm ou en unités inférieures (Aubert, 1978).

VII.1.4. 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 :

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

VII.1.5. La capacité d'échange cationique (C.E.C)

La capacité d'échange cationique est déterminée par la méthode internationale à oxalate d'Ammonium.

VII.1.6. Dosage du phosphore

Il est déterminé par la méthode Joret–Hubert. Le dosage est basé sur la formation et la réduction d'un complexe de l'acide phosphorique et de l'acide molybdique. L'addition d'un réactif sulfomolybdique et d'une solution d'acide ascorbique provoque, par chauffage, le développement d'une coloration bleue dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en orthophosphates. La lecture se fait à l'aide d'un spectrophotomètre à 650 nm.

VII.1.7. Potassium

Le dosage du potassium est fait à l'aide d'un spectrophotomètre à flamme.

VII.2. Analyse physique

VII.2.1. La porosité totale

La porosité d'un substrat représente les espaces qui ne sont occupés par les particules. Elle est mesurée selon la méthode de (Lamhamdi et al., 2006), cette dernière consiste à mesurer le volume précis de substrat et qui représente la porosité totale.

$$PT = VA / VT$$

VT= volume total durécipient

VA= volume d'eau nécessaire pour saturer le matériel

VIII. Analyse statistique

Les données obtenues ont fait l'objet d'une analyse de variance à un seul critère de classification (Dagnelie, 1980) par le logiciel XLSTAT. Dans le cas d'une différence significative, l'analyse est complétée par le test de Newman et Keuls qui consiste en une comparaison des moyennes deux à deux et au groupage des moyennes non différentes. Le degré de significativité du test : S= 5 %, TS= 1 % et THS = 1 %, dépend de la valeur de F observée comparée à la valeur F théorique correspondante.

I. Présentation des résultats

I.1. Principales propriétés physico-chimiques du substrat utilisé

L'ensemble des analyses a été effectué au niveau du laboratoire de l'université Jijel. Les résultats des analyses physico-chimiques du substrat testé sont consignés dans le tableau ci-après :

Tableau II: Analyses physico-chimiques du substrat.

Les éléments	Substrat
pH	7.03
CE (mmhos/cm)	0.097
Calcaire total (%)	0.021
Matière organique (%)	11.62
Carbone organique (%)	6.75
CEC (meq/100g)	100
Phosphore assimilable (ppm)	109.33
Potassium (meq/100g)	276
Porosité (%)	60

Le pH du substrat utilisé dans cet essai est neutre selon les normes d'interprétation de Leclech (2000), se trouve dans l'intervalle souhaitable à la culture hors-sol, et obéit aux conditions de nutrition minérale et de l'activité biologique (Argillier et al., 1990).

Du point de vue salinité, le substrat utilisé présente une faible conductivité électrique de 0.097 mmhos/cm. Selon l'échelle de salinité européenne de Gros (1979), nous classons le substrat de cet essai dans le type des sols non salé (tableau III)

Tableau III: Echelle de salure Européenne.

Désignation	Non salé	Peu salé	salé	Très salé	Extrêmement salé
CE mmhos/cm	0 à 0.6	0.6 à 1.2	1.2 à 2.4	2.4 à 6	> 6

Source (Gros, 1979)

Selon les normes citées par Baize (1988), nous pouvons classer ce mélange dans la classe des sols non calcaire (tableau IV).

Tableau IV : Norme d'interprétation du calcaire total.

Teneur en calcaire total (%)	Type de sol
Inférieur à 1	Sol non calcaire
De 1-5	Sol peu calcaire
De 5-25	Sol peu modérément calcaire
De 25-50	Sol fortement calcaire
De 50-80	Sol très fortement calcaire
Supérieur à 80	Sol excessivement calcaire

Source (Baize, 1988)

Concernant la teneur du substrat en matière organique, les résultats obtenus montrent que le substrat utilisé est riche en matière organique d'après les normes de Schaffer (1975) (tableau V), elle est de l'ordre de 11.62 %.

Tableau V: Normes d'interprétation de la matière organique.

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

Source (Schaffer, 1975)

Aussi, la caractérisation du substrat utilisé dans cette expérimentation permet de confirmer que le substrat utilisé dans cette expérimentation possède une forte capacité d'échange cationique (CEC), elle est égale à 100 meq/l. Foucard (1994) souligne qu'un matériau et chimiquement actif si sa CEC est supérieur à 100 meq/l.

Concernant le phosphore assimilable ; le substrat utilisé est pauvre en phosphore assimilable, il est de l'ordre de 109,33 ppm (tableau VI).

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

Classe	P2O5 assimilable (‰)
Terres pauvres	< 0.12
Terres moyennes	0.12 à 0.30
Terres riches	> 0.30

Anonyme (1974 b)

La teneur du substrat en potassium est très élevée (276 meg/100g), selon les normes données par le ministère de la coopération de la république Française (1974).

Pour la porosité totale du substrat, le test de porosité a donné un pourcentage de l'ordre de 60%, ce qui est conforme aux normes souhaitable à la culture hors-sol.

I.2. Effet de la modalité de semis sur les taux de survie des plants de chêne liège

Après huit mois d'élevage, les résultats du taux de survie obtenus (figure 9) permettent de retenir quatre groupes de traitements à savoir :

- Les traitements caractérisés par un effectif supérieur ou égal à 80%, composés essentiellement du T₁ (glands germés pendant la conservation).
- Les traitements caractérisés par un taux compris entre 70 à 80%, représenté par les traitements suivants : T₄, T₅, T₆ et T₇.
- Les traitements caractérisés par un taux compris entre 60 à 70%, représenté par le traitement T₃.
- Les traitements caractérisés par des taux inférieurs à 60%, représenté par le traitement T₂.

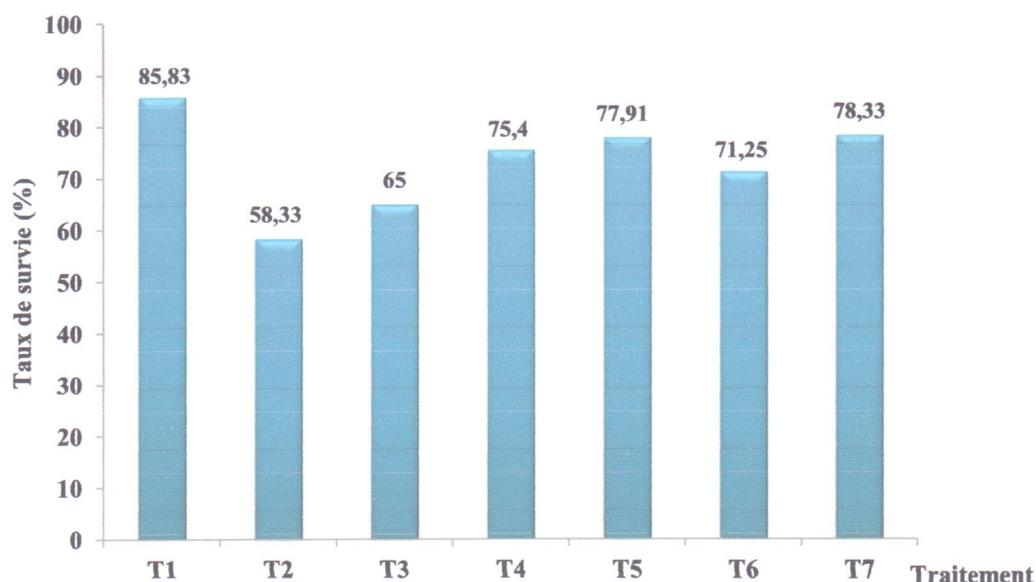


Figure 9 : Taux de survie en fonction des modalités de semis

I.3.Effet des modalités de semis sur les caractéristiques dimensionnels des plants

I.3.1.Croissance en hauteur

La hauteur constitue un bon indicateur de la capacité photosynthétique et de la surface de transpiration qui sont étroitement corrélées avec la surface foliaire.

L'analyse de la variance pour ce paramètre montre une différence très hautement significative entre les différents traitements appliqués ($F_{obs} > F_t$, au seuil de 5%)(Tableau VII).

Tableau VII : Analyse de la variance relative à la croissance en hauteur.

Source de Var.	D.D.L	S.C.E	C.M	F.obs	F.T	Observation
Var fact	6	592.769	98.795	7.079	2.60	S**
Varresidi	14	195.387	13.956			
Var total	20	788.157				

** : très hautement significatif

Au bout de 08 mois d'élevage (figure 10), la hauteur maximale des plants est atteinte dans le traitement T₅ (glands pré germés, position du radicule dirigée vers le bas) avec une hauteur moyenne de 40.52 cm, suivis des traitements T₄ (glands non germés position horizontale), T₁(glands germés pendant la conservation), T₂ (glands germés pendant la

conservation, radicule dirigée vers le haut) et T₃ (glands non germés en position verticale) avec des hauteurs respectives de 34.71 cm, 32.50,31.44 et 28.43cm .

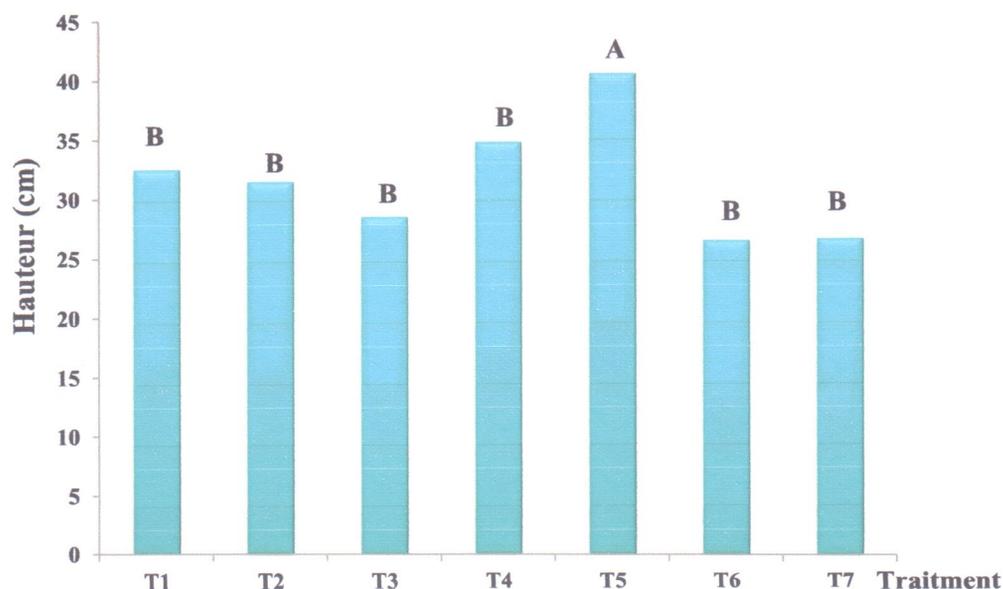


Figure 10 : Hauteur moyenne des plants de chêne liège en fonction des modalités de semis

Les hauteurs les plus faibles sont enregistrées par les traitements T₇ (témoin) et T₆(glands pré germés radicule dirigée vers le coté) avec une hauteur moyenne respectives 26.53 et 26.39cm.

I.3.2.Croissance en diamètre

L'analyse statistique pour ce paramètre n'a pas montré des différences significatives ($F_{obs} < F_t$, au seuil de 5%) (Tableau VIII).

Tableau VIII: Analyse de la variance relative à la croissance en diamètre

Source de Var.	D.D.L	S.C.E	C.M	F.obs	F.T	observations
Var fact	6	0.304	0.051	0.762	2.60	NS
Varresidi	14	0.931	0.066			
Var total	20	1.234				

Les diamètres moyens obtenus varient de 3.62 à 4.02mm. Le diamètre au collet le plus élevé est obtenu par le traitement T₁, suivi par les traitements T₂ et T₇ avec respectivement 3.92 et

3.90 mm. Enfin les plants du traitement T₅ et T₃ présentent des diamètres aux collets les plus faibles avec des diamètres respectifs de 3.76 et 3.62 mm (figure 11).

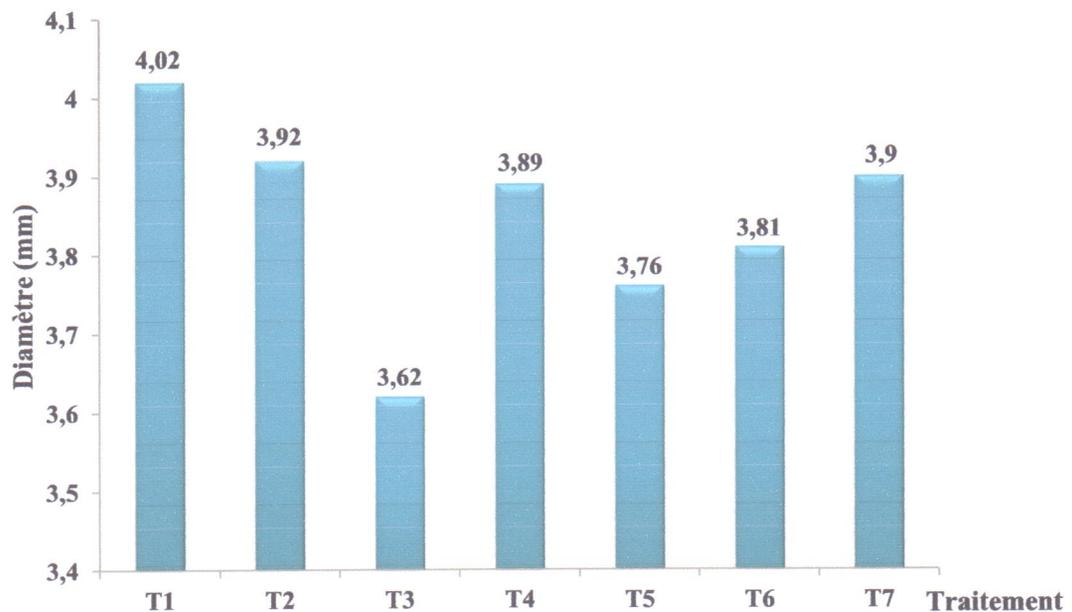


Figure 11 : Diamètre au collet moyen des plants de chene liège en fonction des modalités de semis

I.3.3. Le rapport hauteur sur diamètre

Ce rapport est un critère qui détermine la vigueur des plants et donc la qualité des lots produits en pépinière. Un rapport H/D très bas indique une croissance en hauteur du plant demeurée par rapport à la croissance en diamètre. Dans ce cas les plants sont déséquilibrés et auront tendance à se rabattre une fois mise en terre. L'analyse statistique pour ce paramètre a montré des différences hautement significatives (Tableau IX).

Tableau IX : Analyse de la variance relative au rapport hauteur / diamètre au collet

Source de Var.	D.D.L	S.C.E	C.M	F.obs	F.T	Observations
Var fact	6	45.275	7.546	4.083	2.60	S*
Varresidi	14	25.875	1.848			
Var total	20	71.149				

* : hautement significative

En moyenne le rapport H/D varie de 6.82 à 11.49. Les plants des traitements T₂, T₁, T₃, T₆ et T₇ possèdent un rapport H/D oscillent entre 6 et 8 (figure 12), ce qui correspond aux normes communément admises pour les feuillus (Cornine et al., 1988).

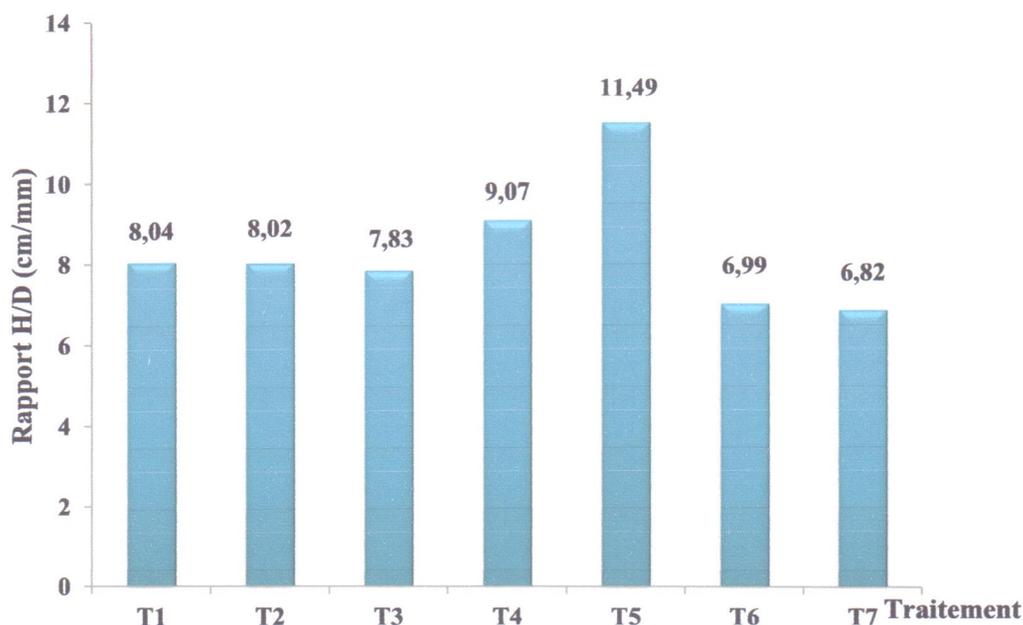


Figure 12 : Rapport hauteur/diamètre au collet des plants de chêne liège en fonction des modalités de semis

I.4.Effet des modalités de semis sur les caractéristiques pondérales des plants

I.4.1.Biomasse sèche aérienne

Les résultats de l'analyse de la variance n'ont pas décelé des différences significatives entre les différentes modalités de semis (Tableau X).

Tableau X : Analyse de la variance relative à la biomasse sèche aérienne.

Source de Var.	D.D.L	S.C.E	C.M	F.obs	F.T	Observations
Var fact	6	8.989	1.498	1.761	2.60	NS
Varresidi	14	11.909	0.851			
Var total	20	20.897				

La figure ci- après montre que la biomasse sèche aérienne la plus importante est obtenue par le traitement T₅ (glands pré germés radicule dirigée vers le bas), avec une moyenne de 3.76 g.m.s, suivi par le traitement T₄ avec une moyenne de 3.29 g.m.s. Alors que les autres traitements enregistrent une biomasse sèche inférieure à 3 g.m.s. La biomasse la plus faible est obtenue par le traitement T₆.

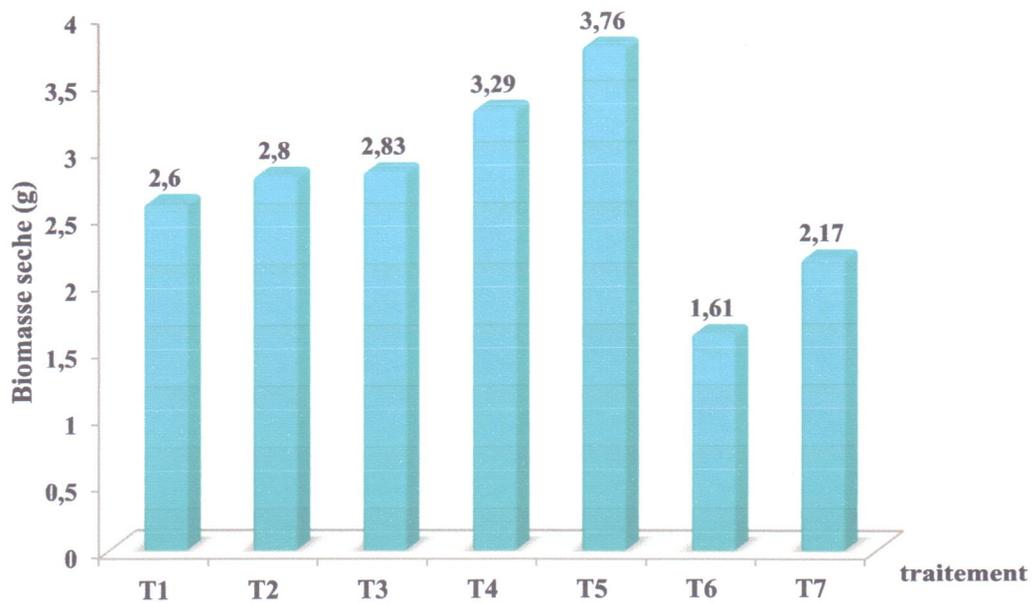


Figure 13 : Biomasse sèche aérienne des plants de chêne liège en fonction des modalités de semis.

I.4.2. Biomasse sèche racinaire

L'analyse de la variance pour ce paramètre n'a pas montré une différence significative entre les différents traitements ($F_{obs} < F.T$) (Tableau XI).

Tableau XI: Analyse de la variance relative à la biomasse sèche racinaire.

Source de Var.	D.D.L	S.C.E	C.M	F.obs	F.T	Observations
Var fact	6	3.769	0.628	0.516	2.60	NS
Varresidi	14	17.05	1.218			
Var total	20	20.82				

Les biomasses sèche racinaire obtenues ont varié de 2.66 à 4.13 g.m.s (Figure 14). La meilleure biomasse est obtenue par le traitement T₇ (témoin), suivi par le traitement T₄ (glands non germés position horizontale).

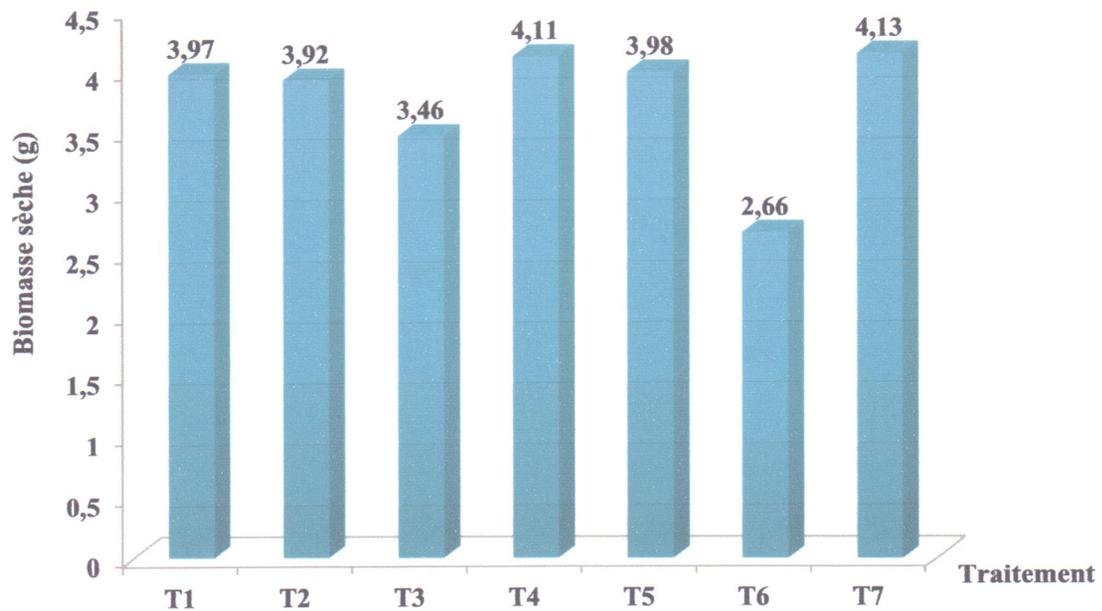


Figure 14 : Biomasse sèche racinaire des plants de chêne liège en fonction des modalités de semis.

I.4.3. Ratio matière sèche aérienne/ matière racinaire

Le ratio (PA/R) est considéré comme un indice d'équilibre entre la surface de transpiration (feuillage) et la surface d'absorption d'un plant (racines) (Lamhamedi et al., 2006). Un ratio faible signifie que le plant est doté d'un système racinaire bien développé, c'est-à-dire que les racines sont beaucoup plus abondantes par rapport à la biomasse foliaire et que ce plant peut tolérer et survivre en conditions de sécheresse après plantation. Par contre, un ratio élevé signifie que les racines ne sont pas abondantes et que ce type de plant va être plus vulnérable au stress hydrique plus particulièrement en conditions du milieu difficiles. Le test statistique n'a pas montré une différence significative entre les différents traitements ($F_{obs} < F_{T}$) (Tableau VII).

Tableau VII: Analyse de la variance relative au ratio biomasse sèche aérienne et racinaire.

Source de Var.	D.D.L	S.C.E	C.M	F.obs	F.T	Observations
Var fact	6	0.321	0.054	1.891	2.60	NS
Varresidi	14	0.397	0.028			
Var total	20	0.718				

Les ratios des biomasses PA/R obtenus sont assez réduits et se situent dans la limite admissible pour la production des plants en conteneurs, soit une valeur maximale de 2 g/g, considérée comme indice satisfaisant (figure 15). Le meilleur rapport est obtenu par le traitement T₅ (glands pré germés radicule dirige vers le bas), tandis que le faible rapport est enregistré par le traitement témoin (T₇).

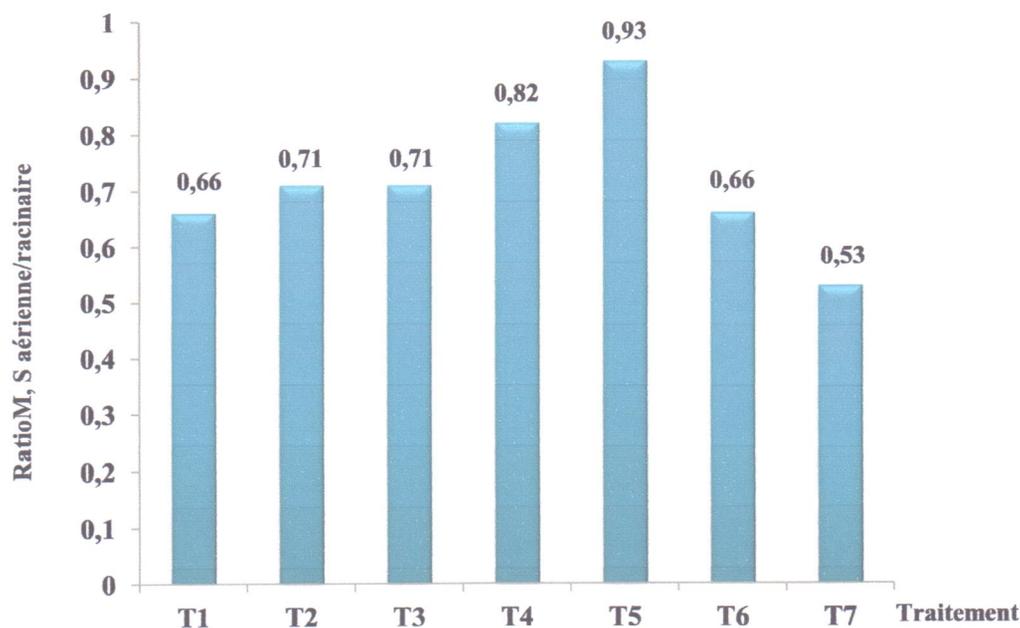


Figure 15 : Ratio MS aérienne /racinaire des plants de chêne liège en fonction des modalités de semis.

I.5.Effet des modalités de semis sur la qualité du système racinaire des plants de chêne liège

I.5.1. fréquence des déformations racinaires observées

D'après le tableau ci-après, les observations menées sur la qualité du système racinaire des plants de chêne liège issus de différentes modalités de semis montrent que les défauts racinaires ont été observés dans toutes les modalités de semis.

Tableau XIII : Taux de déformations racinaires observés en fonction des modalités de semis.

Modalité	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
Plants déformés (%)	94.41	98.81	73.82	38.04	72.35	74.51	85.83
Plants indemnes (%)	5.59	1.19	26.18	61.96	27.65	25.49	14.17

Ces déformations sont très abondantes dans les Traitements T₂ et T₁ issus des glands germés pendant la conservation avec un pourcentage respectivement de 98.81% et de 94.41% et abondantes dans le traitement témoin (T₇) dont le semis de glands pré germés est laissé à l'appréciation de l'ouvrier avec un pourcentage de l'ordre de 85.83 %, suivi par les traitements T₆ et T₅ dont le semis est effectué par des glands pré germés et la radicule est dirigée soit vers le côté ou vers le bas avec un pourcentage respectives 74.55% et 72.35%. De même on enregistre presque le même taux avec des semis de glands non germés en position verticale (T₃) avec un pourcentage de 73.82%. Les déformations les moins fréquents mais non négligeable ont été enregistré chez le traitement T₄ (semis de glands non germés en position horizontale) avec un taux de 38.04 %.

I.5.1.1.Types de déformations observées

Les déformations racinaires majeures observées issues de différentes modalités de semis de glands de chêne liège sont :

I.5.1.1.1.Crosse au niveau du collet

La présence de crosse au niveau du collet a été observée dans tous les traitements. En moyenne ce défaut présente un taux global de 36.44 % dans cet essai. Les plants issues de semis de glands germés pendant la conservation en position normale (T₁) et de glands pré germés radicule dirigée vers le coté (T₆) présentent le pourcentage le plus élevé avec respectivement de 55.73 % et 50.51 % (figure 16), suivi par les traitements T₇ et T₅ avec un taux respectivement de 41.42 % et 35.56 % (Tableau XIV).

Tableau XIV : Taux de déformation en crosse en fonction des modalités des semis.

Défauts	Total	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	Observation
Crosse (%)	36.44	55.73	14.4	13.6	22.11	35.56	50.51	41.42	Rédhibitoire

Le pourcentage la plus faible est enregistré par le traitement T₃ avec 13.6%. Notons que la présence d'une forte crosse est un défaut rédhibitoire excluant les plants de sa qualité loyale et marchande.

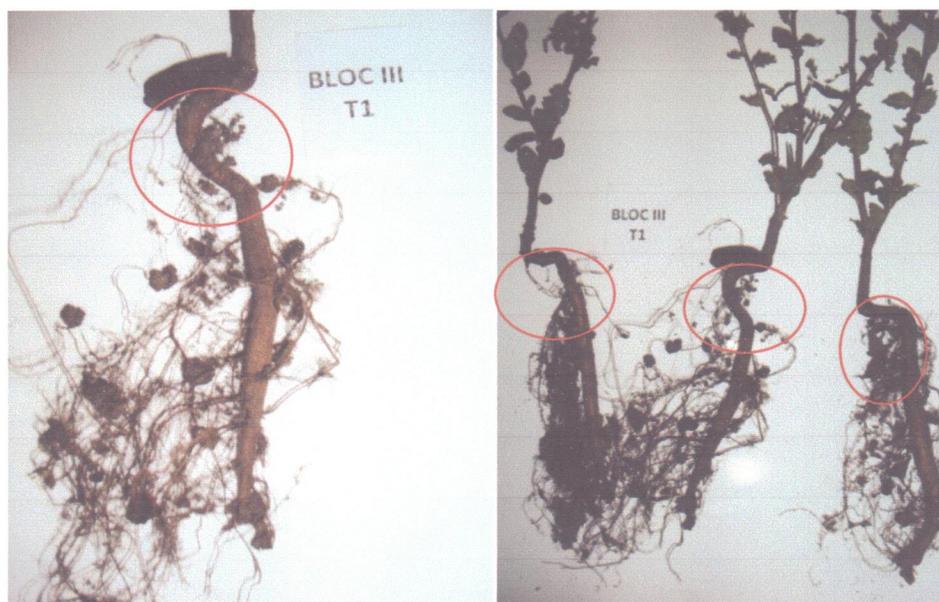


Figure 16: Déformations racinaires type « crosse » (modalité T₁).

I.5.1.1.2. Pivot tordu

On observe ce défaut le long de la racine principale. Ce défaut présente un taux global de 27.78 % dans les différents traitements. Ce défaut est plus marqué chez les plants du traitement T₃ (semis de glands non germés en position verticale) (Figure 17) avec un pourcentage de 62.43 %, suivi par le traitement T₄ avec un taux de 53.83 %. Le pourcentage le plus faible est enregistré par le traitement T₂ (semis de glands pré germés racicule dirigée sur le côté) avec un taux de 14.8% (tableau XV).

Tableau XV : Taux de déformation type « pivot tordu » en fonction des modalités des semis.

Défauts	Total	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	Observation
Pivot tordu (%)	27.78	16.05	14.8	62.43	53.83	34.21	23.49	25.75	Non réhhibitoire

Il faut noter que ce défaut est non réhhibitoire et n'excluant pas le plant de sa qualité marchande.

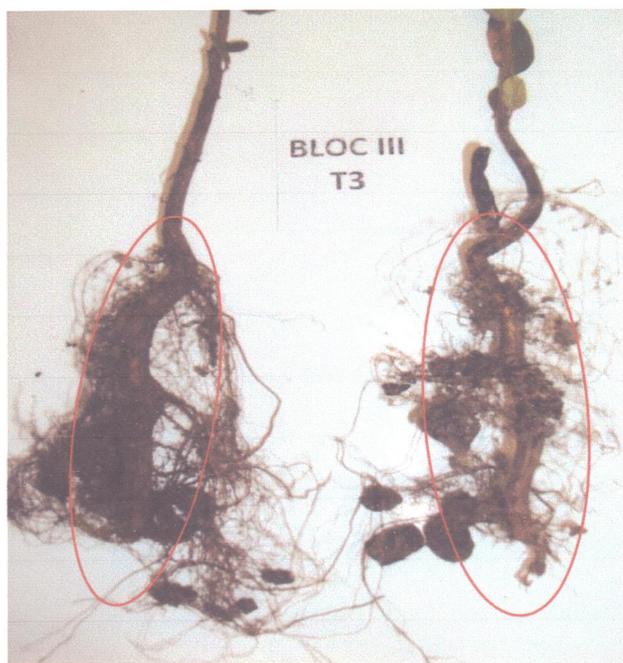


Figure 17 : Déformations racinaires type « pivot tordu » (modalité T₃).

I.5.1.1.3. Mauvais cernage du pivot

Le mauvais cernage du pivot est caractérisé par existence d'un défaut en « L », il affecte l'extrémité de la racine principale, où le pivot arrive au bas du conteneur et prend une direction perpendiculaire en longeant le fond de la caisse. Globalement, on enregistre le taux le plus faible en comparaison avec les autres traitements, il est de l'ordre de 4.97 % dans les différents modalités de semis (Tableau XVI et figure 18).

Tableau XVI : pourcentage de déformation de type « mauvais cernage » en fonction des modalités des semis.

Défauts	Total	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	Observation
Mauvais cernage du pivot (%)	4.97	3.01	3.24	13.49	11.68	19.5	4.88	2.71	Rédhibitoire

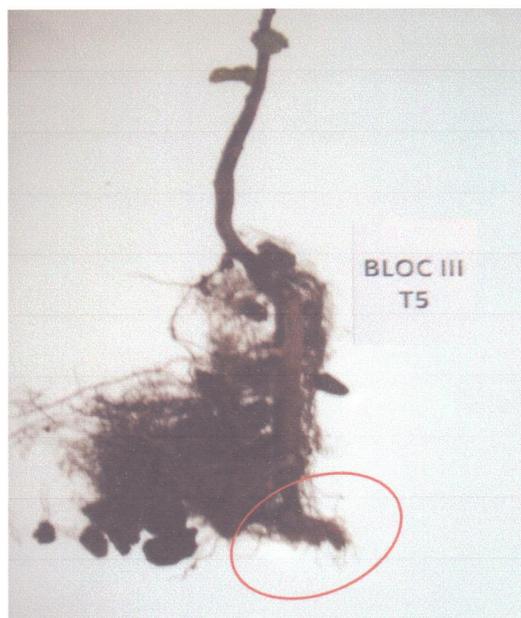


Figure 18 : Déformations racinaires type « mauvais cernage du pivot » (modalité T₅)

I.5.1.1.4. Division du pivot

C'est un défaut qui se produit au moment de la germination. Les plants présentant ce défaut ne sont pas éliminés (Derf, 1990). Ce défaut présente un pourcentage de 15% par rapport aux autres traitements. En moyenne ce défaut varie de 1.58 % et 19.97 % entre les modalités de semis (Tableau XVII et figure 19).

Tableau XVII : Taux de déformation type « division du pivot » en fonction des modalités des semis

Défauts	Total	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	Observation
Division du pivot (%)	15	17.46	18.96	1.58	10.82	16.48	7.55	19.97	Non rédhitoire

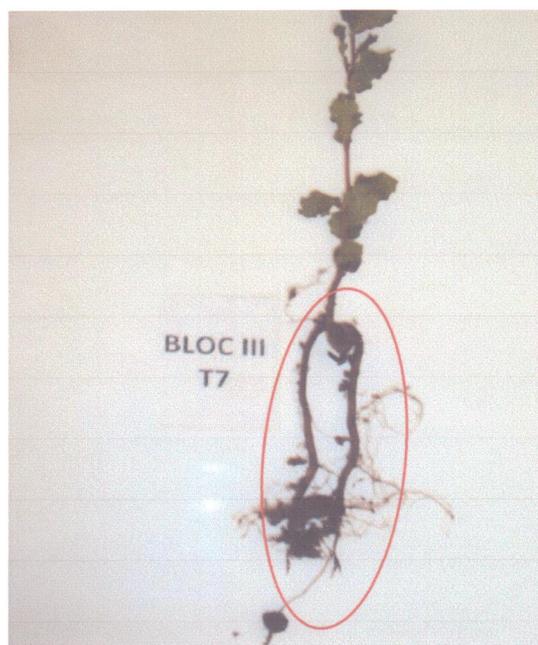


Figure 19 : Déformations racinaires type « division du pivot » (modalité T7).

I.5.1.1.5. Nœud au collet

Cette déformation affecte la partie supérieure du pivot située sous les points d'insertion des cotylédons. Cette déformation racinaire rédhibitoire présente un taux global de 15.43 % par rapport aux autres traitements. Le pourcentage le plus élevé est enregistré dans le traitement T₂ (semis de glands germés pendant la conservation, position de la radicule dirigée vers la haut) avec un taux de 48.56% (figure 20) et le plus faible dans le traitement T₄ (semis de glands conservés non germés en position horizontale) avec 1.51% (Tableau XVIII).

Tableau XIII : Taux de déformation en nœud au collet en fonction des modalités des semis.

Défauts	Total	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	Observation
Nœud au collet (%)	15.43	23.13	48.56	8.29	1.51	9.19	13.55	10.11	Rédhibitoire

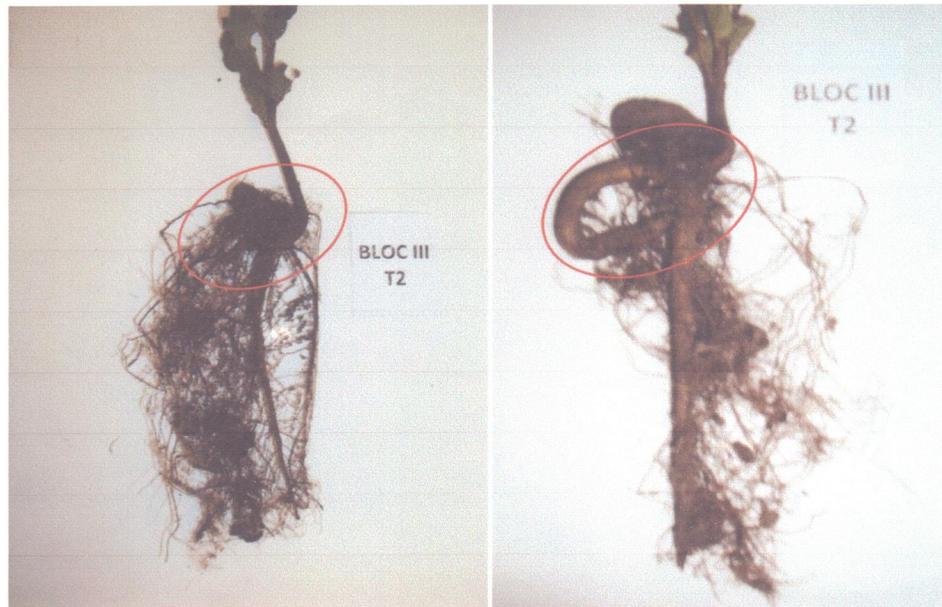


Figure 20 : Déformations racinaires type « nœud au collet » (modalité T₂)

I.5.1.2. Types de déformations racinaires observés en fonctions des modalités de semis

- Modalité 1

Le taux de déformations observé dans cette modalité de semis (glands germés pendant la conservation) est très élevé (94.41%). Les déformations racinaires les plus fréquents sont : la crosse qui vient en premier rang avec un pourcentage de 55.73 % (figure 21), suivi par le défaut de type de division du pivot avec un pourcentage de 17.46%.

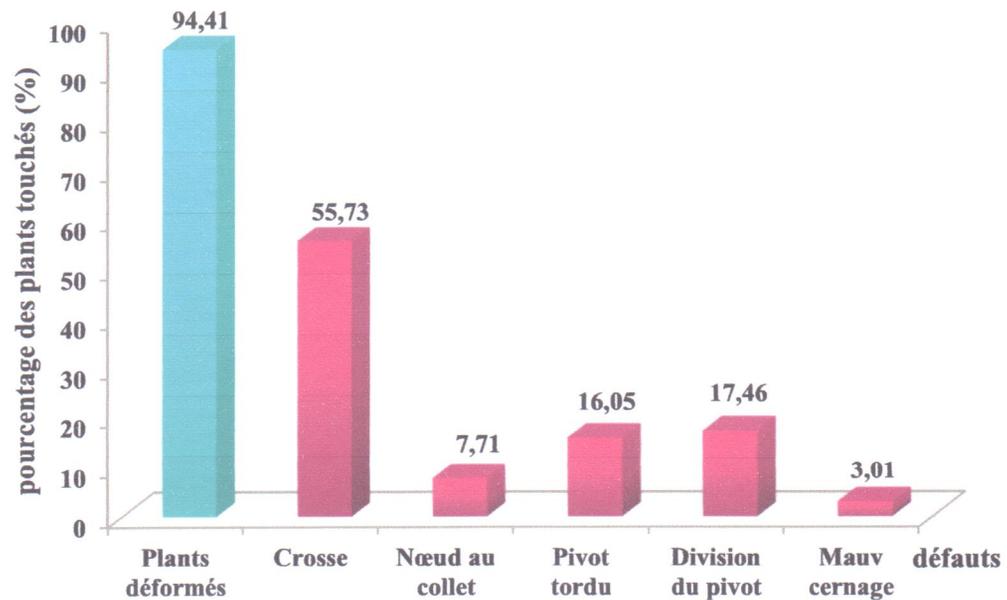


Figure 21 : Pourcentage des défauts racinaires de semis de glands germés pendant la conservation en position normale (T_1).

-Modalité 2

La modalité (T_2) ou les plants de chêne liège issues d'un semis de glands germés pendant la conservation et la position de la radicule est dirigée vers le haut présente un taux élevé de défauts, il est de l'ordre de 98.81 % dont 48.56% sont dus aux défauts qui affectent la partie supérieure du pivot située sous les points d'insertion des cotylédons appelé nœud au collet (étranglement du collet) (figure 22) et 18.96 % sont dus au défaut type « division du pivot ».

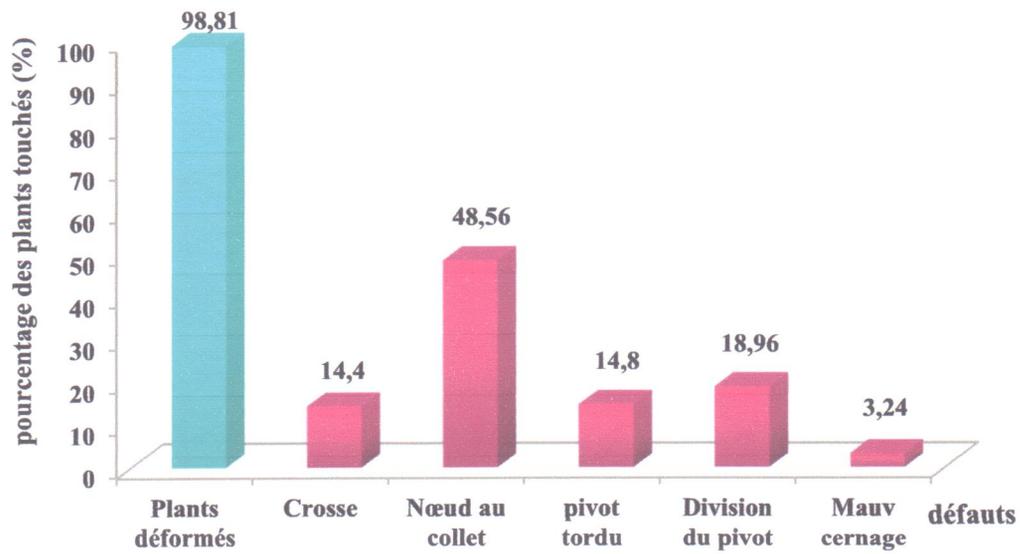


Figure 22: Pourcentage des défauts racinaires de semis de glands germés pendant la conservation position de la radicule dirigée vers le haut (T₂).

- Modalité 3

Dans cette modalité (T₃) dont les plants de chêne liège sont issus des glands non germés en position verticale, on constate que le taux globale de défauts racinaires est avoisine les 74% dont 62.43 % présentent des défauts de type « pivot tordu », les autres défauts racinaires est inférieur à 14 % (figure 23).

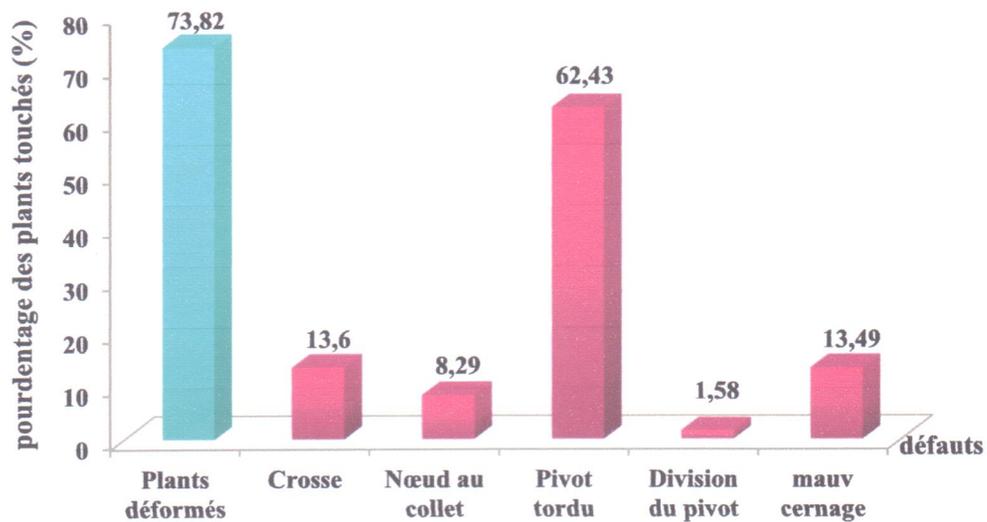


Figure 23 : Pourcentage des défauts racinaires de semis de glands non germés en position vertical (T₃).

-Modalité 4

La modalité (T₄) est celle qui produit le moins de plants avec des défauts racinaire (38.04%), avec à la fois peu de défauts rédhibitoire sous forme de crosse ou de nœud au collet (figure 24).

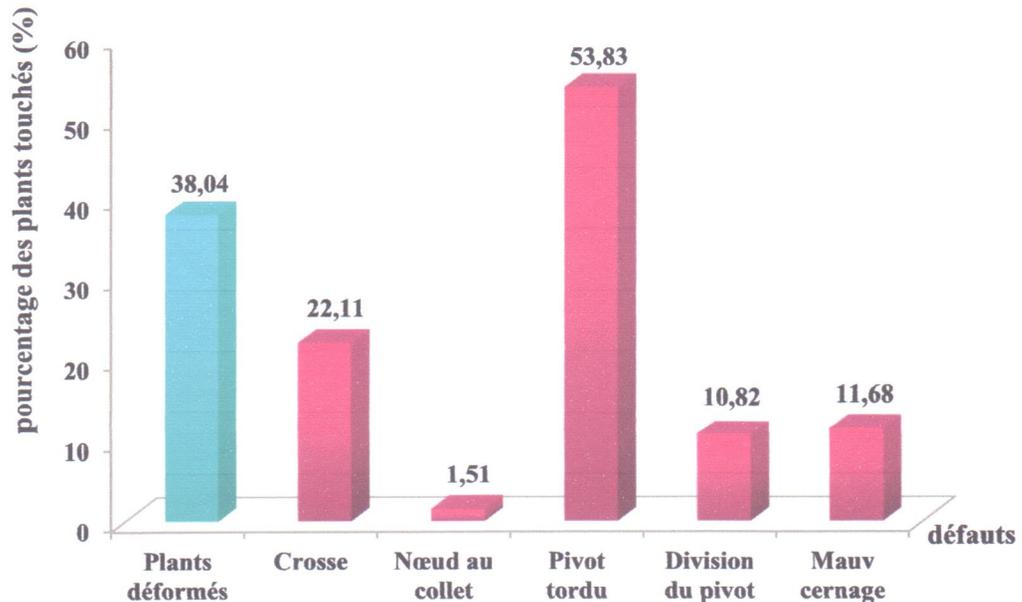


Figure 24: Pourcentage des défauts racinaires de semis de glands non germés en position horizontale (T₄).

- Modalité 5

La modalité (T₅) dont les plants de chêne liège sont issus de glands pré germés et la racicule dirigée vers le bas, présente un taux de déformations assez élevé (72.35%) dont 35.56% sont dus à des défauts de type crosse, 34.21 % de type pivot tordu, 19.5% de type mauvais cernage du pivot et 9.19% sont des défauts de type nœud au collet (figure 25).

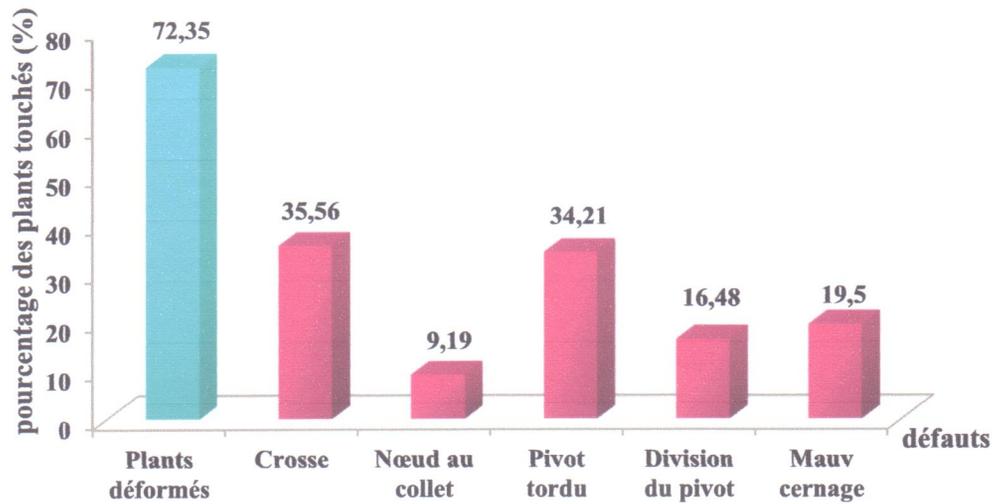


Figure 25: Pourcentage des défauts racinaires de semis de glands pré germés position de la radicule vers le bas (T₅).

-Modalité 6

Cette modalité de semis présente un taux global de défauts de 74.51 %, avec respectivement 50.51 % de crosse, 23.49 % pivot tordu, 13.55 % nœud au collet, 7.55 % de division du pivot et 4.88 % mauvais cernage du pivot (figure 26).

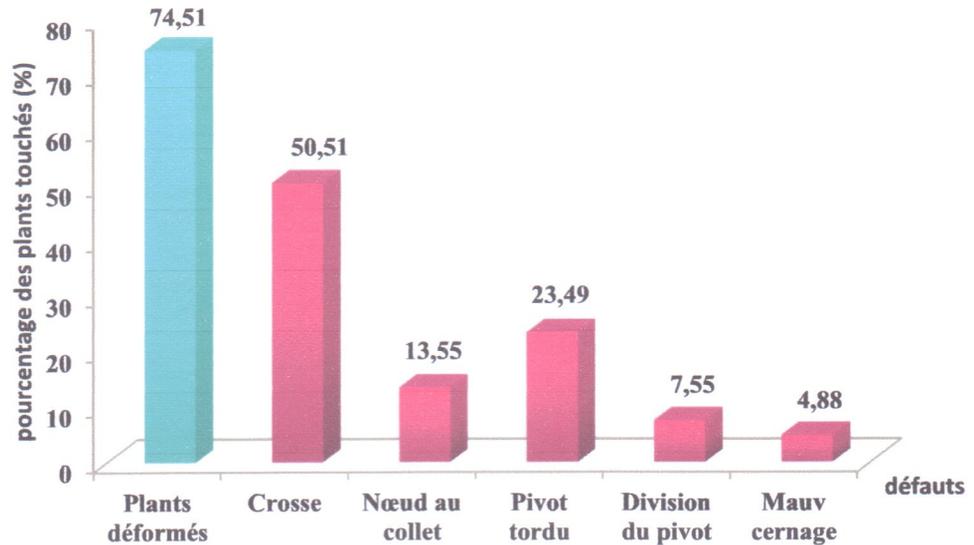


Figure 26 : Pourcentage des défauts racinaires de semis de glands pré germés position de la radicule dirigée vers le côté (T₆).

- Modalité 7

Cette modalité est considérée comme le témoin ou le semis de glands pré germés est laissé à l'appréciation de l'ouvrier. Les résultats obtenus montrent que cette modalité présente un taux global de 85.83 % de défauts racinaires dont 41.42 % sont dus à des crosses, 25.75 % du pivot tordu, 19.97 % division du pivot, 10.11 % nœud au collet et 2.71 % mauvais cernage du pivot (figure 27).

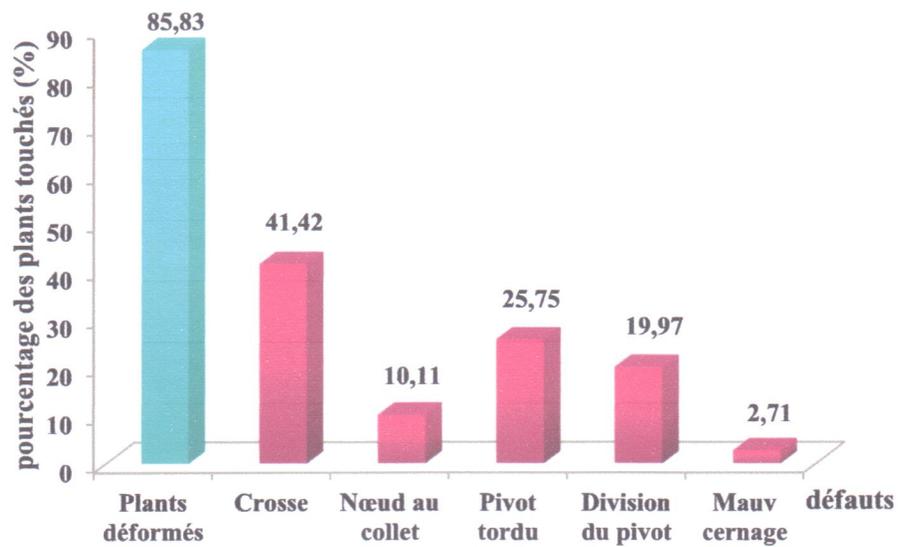


Figure 27: Pourcentage des défauts racinaires de semis de glands pré germés laissé à l'appréciation de l'ouvrier (T₇).

II. Discussion

L'expérimentation réalisée en pépinière sur les modalités de semis de glands en conteneur a permis d'accumuler certaines connaissances sur les possibilités d'améliorer la qualité des plants pour une meilleure réussite en site de reboisement. Les résultats de cette expérimentation ouvrent de bonnes voies pour proposer les meilleures modalités de position de glands et l'orientation de la racine dans le cas de l'utilisation des glands pré germés lors du semis en conteneur.

Le substrat utilisé dans cette expérimentation est constitué d'un mélange de forme binaire, 50 % en volume (humus forestier et granulés de liège), ce mélange est couramment utilisé dans nos pépinières forestières. Ce mélange à un pH neutre, ne présente pas de risque de salinité, riche en matière organique avec une capacité d'échange cationique assez élevée.

L'évaluation des caractéristiques dimensionnelles des plants issus des différentes modalités de semis à la sortie des plants de la pépinière a permis de montrer une variabilité significative des paramètres mesurés. Les plants produits par la modalité (T₅) avec des glands pré germés et racine dirigée vers le bas présentent des performances morphologiques très remarquables avec une hauteur moyenne maximale de 40.52 cm, suivis par les plants produits par la modalité (T₄) avec glands non germés semés en position horizontale avec une hauteur moyenne de 34.71 cm. Les modalités de semis T₁, T₂ et T₃ fournissent des plants de hauteur moyenne, variant entre 28.43 et 32.50 cm et conformes aux normes de qualités cités par Lamhamedi et al (2000). Alors que les plants produits par les modalités T₇ et T₆ présentent un retard de croissance par rapport aux autres modalités dont les performances dimensionnelles sont inférieures aux normes recommandées dans ce domaine.

De manière générale, il semble que la croissance en hauteur des plants est influencée par les modalités de semis et que le traitement de pré germination des glands et la position de la racine dirigée vers le bas favorisent mieux la croissance en hauteur des plants de chêne liège en pépinière. En effet, le traitement de pré germination des glands avant le semis permet de diminuer la période de levée en pépinière.

La croissance en diamètre des plants de chêne liège n'a pas montré des différences significatives entre les différentes modalités testées. Les résultats obtenus ne suivent pas la même allure que la croissance en hauteur. En effet, les plants produits par des semis de glands germés au cours de la conservation ont donné les meilleurs diamètres moyens au

collet. Le faible diamètre est observé chez la modalité (T₃) avec un diamètre moyen au collet de l'ordre de 3.62 mm.

L'analyse statistique du paramètre H/D montre des différences significatives entre les différentes modalités de semis de glands de chêne liège en pépinière. Les résultats obtenus pour ce paramètre vont dans le même sens que la croissance en hauteur. Les plants produits avec les modalités T₅ et T₄ présentent un rapport H/D supérieur à 8. Par contre les plants produits par les autres modalités présentent un rapport variant entre 6 et 8, ce qui correspond aux normes communément admises pour les chênes (Lamhamedi et al., 2000).

La biomasse sèche aérienne et racinaire des plants produits par les différentes modalités de semis testés n'a pas montré des différences significatives. Les résultats obtenus concernant les biomasses aériennes se concordent bien avec la croissance en hauteur des mêmes modalités. En effet, les modalités T₅ et T₄ donnent les meilleurs résultats (3.76 et 3.29 g/plant). Alors que les autres modalités fournissent des biomasses inférieures à 3 g.MS/plants. De même, les résultats de la biomasse sèche racinaire suivent la même allure que la biomasse aérienne (sauf quelques légères exceptions). Les meilleures productions de biomasse racinaire sont obtenues par les modalités de semis T₇, T₄ avec des biomasses moyennes respectives de l'ordre 4.13 et 4.11 g. MS/plant, suivis par les modalités T₅, T₁ et T₂ avec une production moyenne de l'ordre de 3.95 g.MS/plant. Les données recueillies des ratios des biomasses PA/R des différentes modalités sont inférieures à la norme admissible pour la production de plants en conteneurs (2g/2g) cité par Lamhamedi et al. (2006), elle est en moyenne de l'ordre de 0.77 g/g pour l'ensemble des modalités.

L'examen systématique des systèmes racinaires des plants de chêne liège issus des différentes modalités de semis montre un effet important du traitement sur la nature et la répartition des défauts racinaires. En effet, les taux des défauts racinaires les plus importants sont enregistrés par les semis issus des modalités T₁ et T₂ dont les glands sont germés pendant la conservation avec des taux respectives de 94.41 % et 98.81 %. Suivis par la modalité T₇ avec un taux de 85.83 %, modalité T₃ avec un pourcentage de 73.82 % et la modalité T₆ avec une proportion de 74.51 %.

La modalité T₄ ou le semis a été effectué avec des glands non germés en position horizontale est celle qui a produit le plus de plants avec un système racinaire indemne de déformations, avec un taux de 38.04 %.

Les principales déformations racinaires observées sur chacun des plants de différentes modalités de semis montrent que presque la moitié (50%) des semis issus des glands germés pendant la conservation, cas des modalités T₁ et T₂, présentent des déformations rédhibitoires. En effet, la modalité T₁ donne plus de 55 % des plants présentant des crosses au niveau du collet et plus de 7 % des nœuds au niveau du collet alors que la modalité T₃ a fournis plus de 8 % des plants présentant des nœuds au collet et 13.60 % des crosses . Ce résultat corrobore avec ceux de Corbineau et al. (2001), qui ont constaté que le semis avec des glands germés pendant la conservation dispose le futur système racinaire à des déformations racinaires importantes et souvent rédhibitoires. Il on est de même pour les semis issues de la modalité T₆ dont les glands ont subi un traitement de pré germination et semés en avec radicule dirigée sur un côté où on a enregistré 50% de déformation type crosse.

Ces deux types de déformations rédhibitoires (nœud au collet et crosse) semblent être dus au fait que la radicule est obligée de faire un tour (pour former un nœud) ou un demi-tour (pour former une crosse) pour s'enfoncer dans le substrat sous l'effet du phénomène du géotropisme racinaire positif.

Les autres déformations observées sont considérées comme des défauts non rédhibitoires et qui n'excluent pas les plants de ses qualités marchandes au regard des normes. En effet, les modalités T₃ et T₄ fournissent des plants avec plus de 50 % des défauts type pivot tordu. Ce type de déformation semble être expliqué par le faite que la radicule qui apparaît dans le substrat après germination des glands semés intacts (T₃ et T₄) trouve des obstacles liés la granulométrie grossière des particules constituant le substrat.

La modalité T₇ (témoin) où le semis des glands pré germés est laissé à l'appréciation du semeur (ouvrier) présente un taux de déformation de type division du pivot inférieure à 20 %.

Ce type de défaut résulte à des accidents cultureux liés à la décapitation (cassure) de la radicule au moment du semis.

La modalité T₅ (glands pré germés et la radicule dirigée vers le bas) a fourni des plants avec un taux autour de 20 % des défauts type mauvais cernage du pivot. Ce type de déformation résulte dès que le pivot arrive au bas du conteneur et prend une direction perpendiculaire en longeant le font de la caisse et qui ne présente pas parfois des ouvertures (défauts de fabrication) pour provoquer l'auto cernage des racines, formant ainsi un chignon au fond du conteneur ou une déformation en « L ».

En somme, nous pouvons dire que parmi les modalités testés, la modalité T₄ (glands non germés semés en position horizontale) nous semble la préférable modalité ; les plants produits par cette dernière ont des performances morphologiques remarquables et sains et indemnes de plus de 60 % des défauts racinaires que ceux des plants produit par d'autres modalités.

Conclusion

Au terme de ce travail dans lequel nous nous sommes proposé de faire une évaluation de quelques modalités de semis de glands de chêne liège en pépinière hors-sol sur la croissance et les déformations racinaires. L'objectif de cette étude est de faire le point des connaissances en matière d'amélioration de la qualité des plants produits en pépinière pour une meilleure réussite en site de reboisement.

L'analyse des paramètres mesurés sur la croissance et les déformations racinaires issues par les différentes modalités de semis, nous permet de tirer les conclusions suivantes :

- Les plants issus de glands conservés et non germés et semés en position horizontal (T₄) présentent des performances dimensionnelles et pondérales remarquables par rapport aux modalités étudiées.
- les plants produits par des semis de glands germés pendant la conservation ont donné uniquement une meilleure croissance.
- les plants produits par les modalités T₇ (témoin) et T₆ (glands pré germés semés en position horizontale et la racicule dirigée sur le coté) présentent un retard de croissance par rapport aux autres modalités.
- les plants issus de glands germés au pendant la conservation enregistrent des taux les plus importants des défauts racinaires dépassant les 90 % (cas des modalités T₁ et T₂).
- Les plants issus de glands pré germés semés en position horizontales et la racicule dirigée vers le bas où laissé à l'appréciation de l'ouvrier (T₅ et T₇) et des glands non germés (intacte) semés en position verticale présentant un taux de déformation variant entre 72 % et 86 % .
- Les plants issus de glands conservés et n'ont pas subi un traitement de pré germination (T₄) présentent le taux le plus faible des défauts racinaires (38%).
- Les plants issus de glands germés pendant la conservation, cas des modalités T₁ et T₂, présentent des taux les plus importants des déformations rédhibitoires (crosse et nœud au collet).

Enfin, les résultats acquis dans ce travail constituent des éléments positifs quant à l'amélioration de la qualité des plants produits en pépinière par l'utilisation des glands intacts. Ils peuvent être valorisés et vulgarisés auprès des pépiniéristes et de gestionnaires des programmes de reboisement. Par le même, ils ouvrent des perspectives pour d'autres recherches visant la recherche d'autres paramètres qui peuvent être à l'origine de ces défauts racinaires.

Les suggestions que nous pouvons émettre à partir de cet essai sont :

- Adopter le semis avec des glands intacts (non pré germés) en position horizontal comme étant la meilleure modalité permettant de produire des plants sans défauts rédhibitoire ;
- Confirmer les résultats obtenus en pépinière par une plantation comparative sur le terrain
- Approfondir l'étude à d'autres paramètres (type et volume du conteneur, date de semis, caractéristique des physique des substrats : texture, granulométrie, densité ...).
- Faire un essai en minirhizotrons pour mieux comprendre et expliquer l'origine de déformations racinaires observées en pépinière.
- Mise au point de mesures d'évaluation de la qualité (viabilité) des lots de glands en fonction de leur itinéraire de conservation.

Références bibliographiques

Anonyme, 1974 (a) - Formes des racines et réussite des plantations in AFOCEL. ARMEF N°2, pp 1-6.

Anonyme, 1974 (b) - Ministère de la coopération de la république Française.

Anonyme, 2009 - Direction générale des forêts.

Anonyme, 2000 - Etude prospective du secteur forestière en Afrique (FOSA) : Algérie. FAO. Rome, 50p.

Aouka M. S., 1980 - Etude de la régénération naturelle du chêne liège et de la production de liège de reproduction en fonction des facteurs de station de la série V des forêts domaniales d'El Milia (W. Jijel). Mém. Ing. INA (El Harrach), 45 p.

Argillier C. ; Falconn G. et Gruez J., 1990- Production de plants forestiers. Guide technique du forestier méditerranéen Français. CEMAGREF (Aix en Provence) chap. 6, 9 fiches.

Argillier C., 1991 - Contribution à l'étude de la croissance et de la nutrition minérale du Pin laricio de calabre en pépinière. Ann. Cemagref, pp 89-97.

Aubert, 1978 - Méthodes d'analyses des sols. Centre national de documentation pédagogique, Marseille, pp 36-41.

Baize D., 1988 - Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, France, imprimé par Jouve, Paris, 172p.

Balleux P. et Lerberghe P., 2008 - Qualité extérieure des plants. SILVA, 115-5.

Benseghir L., 1995 - Amélioration des techniques de production hors-sol du chêne liège conteneur-substrats-nutrition minérale. Master en sciences forestière. Ecole nationale de génie rural, des eaux et des forets. ENGREF Nancy. Cemagref-Aix en Provenance, 28 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., 1951 - Caractéristiques forestières et régénération du chêne liège, 1416 .pp 13-17.

- Boudy P., 1952** - Guide du forestier en Afrique du Nord Ed La Maison rustique. Paris, 505 p.
- Boukerker H., 2007** - L'influence des substrats de culture sur l'enracinement de plants sous abri. Mémoire de magister. Univ. Batna, 101 p.
- Cantat R. et Piazzetta R., 2000** - La levé du liège : ce qu'il faut savoir sur l'exploitation du liège. Guide édité par l'institut Méditerranéen du liège(IML). France, 12 p.
- Chaba B., 1983** - Etude de développement de jeunes plants de Pin d'Alep (*Pinus Halepensis* Mill), conséquences pratiques pour les reboisements en zones semi arides et arides. Thèse Magister INA, pp27-91.
- Chouial A., 2011** - Production de plants forestiers en hors-sol (cas du chêne-liège). Communication, atelier sur le chêne liège, 5 octobre, DGF.
- Corbineau F. et Bernard R., 2011** - Le gland: une semence courante imparfaitement maîtrisée. Biologie et écologie. Rev. For. Fr. L III -1, pp29-31.
- Cornine et B., Dominique C. 1988** - les plantations d'alignement le long des routes, chemins, canaux, allées collection mission du paysage. Institut pour le Développement Forestier IDF, 416p.
- Curt T. ; Bouchaud M. ; Lucot E. ; Christophe Bardonnet C. et Bouquet F., 1998** - Influence des conditions géopédologiques sur le système racinaire et la croissance en hauteur du Douglas dans les monts du Beaujolais. Ingénieries – EAT – N° 16, pp 29 - 46.
- Dagnelie, 1980**-Théorie et méthodes statistiques, vol2, collection presses agronomiques de Gembloux, 443p.
- Derf, 1990** - Réussir la forêt. Contrôle et réception des travaux, 61p.
- Drouineau S., 2000** - Expertise collective sur les tempêtes, la sensibilité des forets, pp150-151.
- Fellmann M. ;Delhay H. et Falconnet G., 2011** - Etude de l'incidence de la qualité des plants forestiers sur la pérennité des boisements et reboisements de pins sylvestres en Alsace. Résultats de la deuxième campagne de mesures. Rapport final, Paris Tech, 95 P.

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

Jacques F., 2006 - Les plantes :comprendre la diversité du monde végétal, p 79.

Jaenicke H., 2006 - Bonnes pratiques de culture en pépinière forestière. Manuel technique no. 3, 90p.

Gingras B., 1993 - Bilan provisoire des essais expérimentaux réalisés avec des récipients à parois ajourées. Note de recherche forestière n°56, 2p.

Gingras B. ; Richard S. et Robert N., 2002 - Performance de cinq ans en plantations comparatives de plants résineux de fortes dimensions et de feuillus cultivés dans des récipients a parois ajourées. Mémoire de recherche forestière n°141.Quebec ,100p.

Girard S., 2003 - Le système racinaire des plants forestiers élevés en pépinière. Forêt - entreprise n ° 1 5 3, pp 24-26.

Gros A., 1979 - Engrais, guide pratique de la fertilisation, 7 ème Ed : Maison Rustique, 553 p.

Guy, 1978 - Méthodes d'analyses des sols. Edition CRDP (Marseille), 191p.

Lamhamedi M. S. ; Ammari Y. ; Fecteau B. ; Fortin A. et Margolis H., 2000 - Problème des pépinières forestières en Afrique du Nord : stratégies de développement, cahiers d'études et de recherche francophonie, agriculture volume 9, N = 5, pp 369-380.

Lamhamedi M. S., 2006 - Principaux facteurs influençant le développement racinaire et effets de l'irrigation sur la croissance et la physiologie des racines en pépinière forestière.4^{ème} atelier sur la production de plants forestiers au Québec.

Lamhamedi M. S., Fecteau B, Godin L et Gingras C., 2006 - Guide pratique de production en hors sol de plants forestiers, pastoraux et ornementaux en Tunisie, 88p.

Leclech B., 2000 - Agronomie "des bases aux nouvelles orientations". Editions Synthèses Agricole. Bordeaux, 260P.

Lemaire F. et Morel P., 2003 - Cultures en pots et conteneurs principes agronomiques et application, 210 P.

Messaoudene M. ; Metna B. et Djouaher N., 2006 - Etude de quelques facteurs influençant la régénération naturelle de *Quercus suber* L. dans la forêt domaniale des Ait Ghorbi (Algérie). *Ann.recherch.for.*12, pp 43-53.

Mezali M., 2003 - Situation de la subéraie et production des lièges. Atelier Bejaia, 11 et 12 Mai 2003. Communication, 10 P.

Miquel M. et Catania S., 2013 - Cernage aérien des systèmes racinaires en culture en pots biodégradables à parois pénétrables par les racines. Fertil International, 38 rue de Bellevue 92100 Boulogne Billancourt, France. 23 Avenue Salvador Allende 88000 Epinal, France.

Natividade V., 1956 - Subériculture. ED Française de l'ouvrage Portugais « Subericultura ». ENEF. (Nancy), 203p.

Ozalp G., Erats A., 2001- Cork oak plantation in Turkey. Act of the International meeting on silviculture of cork oak (*Quercus suber* L.) and cedar (*Cedrus atlantica* Endl.). Rabat, Morocco, 22-25 Octobre 2001, pp 147-151.

Quezel P. et Santa S., 1962-1963 - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS. Paris, 2 vols, 1117 p.

Raimbault P., 2003 - La physiologie et l'architecture des racines. 9^e congrès de l'APEVC, Igualada. Institut national de l'horticulture INH, Angers (France), pp 22-23.

Riedacker A., 1978 - Etude de la déviation des racines horizontales ou obliques issue de boutures de Peuplier qui rencontrent un obstacle : application pour la conception de conteneurs. *Ann. Sci. For.*, 35 (1), pp 1-18.

Sahli Z. E., 1993 - Nutrition azotée et croissance du chêne liège (*Quercus suber* L.). *Mém .Ing.Univ. Constantine*, 42 p.

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

Seigue A., 1985 - La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Ed Maison Neuve. Paris, 350 p.

Stewart P., 1974 - Cours de sylviculture : Introduction à la forêt et son milieu. Département du Génie Rural. Institut National Agronomique(INR), El Harrach, 74 p.

Yessad S. A., 1999 - Le chêne liège et le liège dans les pays de la méditerranée occidentale. Unité EFOR, UCL, Belgique, 190 p.

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 des données écologiques, phénologiques et production subéro-ligneuses dans les forêts de chêne liège de Provence cristalline (France méridionale) et d'Algérie. Thèse de Docteur ès sciences. Univ. Saint Jérôme (Aix-Marseille), 367p.

Annexe 1 : Taux de survie des plantes de chêne liège.

Bloc	Bloc I							Bloc II							Bloc III						
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
modalité	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
Taux de survie %	85	45	72.5	80	73.75	75	68.75	88.75	56.25	65	76.25	80	65	78.75	83.75	73.75	57.5	70	80	73.75	87.5

Annexe 2 : Mesures des hauteurs et des diamètres au collet.

Tableau 1 : Moyennes des hauteurs par mélange au sorite de pépinière.

Blocs	Bloc I							Bloc II							Bloc III						
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
modalité	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
Hauteur H (cm)	31.04	30.5	25.9	33.16	45.24	23.53	31.56	35.5	31.33	31.4	36.42	48.33	27.66	24.8	31	32.5	28	34.57	34.4	28	23.25

Tableau 2 : Moyennes des diamètres au collet par mélange au sorite de pépinière.

Blocs	Bloc I							Bloc II							Bloc III						
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
modalité	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
Diamètre D (mm)	4.1	3.81	3.31	3.9	3.95	3.96	3.77	3.97	4.14	3.87	3.86	3.36	3.36	4.20	4.01	3.82	3.70	3.92	3.97	4.11	3.75

Tableau 3 : Moyennes de rapport hauteur/diamètres H/D par mélange au sorite de pépinière.

Blocs	Bloc I							Bloc II							Bloc III						
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
modalité	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
H/D	7.58	8	7.82	8.5	11.45	5.94	8.37	8.94	7.57	8.11	9.9	14.38	8.23	5.9	7.33	8.51	7.57	8.82	8.66	6.81	6.2

Annexe 3 : Mesure de la biomasse.

Tableau 1 : Moyennes de la biomasse aérienne par mélange au sorite de pépinière.

Blocs	Bloc I							Bloc II							Bloc III						
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
modalité	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
Biomasse PA (g)	2.65	2.08	2.03	3.55	5.8	1.21	1.96	3.15	2.75	4	2.9	3.5	2.03	2.29	2.01	3.59	2.47	3.44	2	1.59	2.26

Tableau 2 : Moyennes de la biomasse racinaire par mélange au sorite de pépinière.

Blocs	Bloc I							Bloc II							Bloc III						
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
modalité	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
Biomasse PR (g)	4.5	2.8	1.84	3.43	6.02	2.77	4.27	3.55	4.2	4.9	4.49	3.58	2.18	4.57	3.87	4.77	3.65	4.41	2.34	3.05	3.55

Tableau 3 : Moyenne de rapport PA/PR par mélange au sorite de pépinière.

Bloc	Bloc I							Bloc II							Bloc III						
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
modalité	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
PA/PR	0.59	0.74	1.10	1.03	0.96	0.44	0.46	0.89	0.65	0.82	0.65	0.98	0.93	0.5	0.52	0.75	0.68	0.78	0.85	0.62	0.64

Annexe 4 : Déformations racinaires des plantes de chêne liège.

Tableau 1 : Déformation observées chez les plantes de chêne liège.

Bloc	Type de déformation												Total %	
	Crosse		Nœud au collet		Pivot tordu		Division du pivot		Mauvais cernage du pivot		Indemne		N	%
Bloc I	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
T ₁	49	75	05	8	11	17	13	20	03	5	06	9	87	134
T ₂	08	24	19	58	11	33	07	21	02	6	00	/	47	142
T ₃	05	9	03	5	28	51	02	4	04	7	15	27	57	104
T ₄	08	13	00	/	12	20	05	8	01	2	41	67	67	110
T ₅	13	23	05	9	12	21	10	18	03	5	18	32	61	109
T ₆	24	42	03	5	12	21	00	/	01	2	18	32	58	102

Annexes

T ₇	29	56	05	10	13	25	14	27	02	4	10	19	73	140
Bloc II														
T ₁	52	77	05	7	15	22	13	19	02	3	03	4	90	132
T ₂	05	12	32	76	09	21	09	21	01	2	00	/	42	133
T ₃	04	8	02	4	25	51	00	/	05	10	16	33	49	106
T ₄	04	7	00	/	14	24	02	3	03	5	36	62	58	102
T ₅	17	28	04	7	19	31	06	10	01	2	22	36	61	113
T ₆	21	43	05	10	08	16	04	8	03	6	15	31	49	114
T ₇	26	43	14	23	22	37	16	27	03	5	05	8	60	143
Bloc III														
T ₁	46	72	11	17	17	27	21	33	03	5	02	3	100	156
T ₂	14	25	39	70	04	7	21	38	03	5	02	4	83	148
T ₃	08	19	05	12	21	49	00	/	07	16	08	17	49	114
T ₄	04	8	01	2	12	23	01	2	04	71	30	57	52	98
T ₅	27	44	05	8	23	38	09	15	03	5	09	15	76	125
T ₆	25	45	13	23	13	23	08	14	03	5	08	14	70	125
T ₇	36	54	04	6	23	34	14	21	01	1	10	15	88	131

N : Nombres d'observations

% : Pourcentage rapporté au total des plantes observés

Tableau 2 : Déformations racinaires observées dans chaque traitement chez les plantes de chêne liège.

Type de déformation	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	Observation
Crosse	55.73%	14.4%	13.6%	22.11%	35.56%	50.51%	41.42%	Rédhibitoire
Nœud au collet	7.71%	48.56%	8.29%	1.51%	9.19%	13.55%	10.11%	Rédhibitoire
Pivot tordu	16.05%	14.8%	62.43%	53.83%	34.21%	23.49%	25.75%	Non rédhibitoire
Division du pivot	17.46%	18.96%	1.58%	10.82%	16.48%	7.55%	19.97%	Non rédhibitoire
Mauvais cernage du pivot	3.01%	3.24%	13.49%	11.68%	19.5%	4.88%	2.71%	Rédhibitoire

