

## Effet des traitements physiques sur la croissance et le développement des semis de glands de chêne liège (*Quercus suber* L.) en pépinière forestière au Maroc

### Effects of physical treatments on growing of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings in forest nursery, Morocco

El Mostafa EL BOUKHARI<sup>1\*</sup>, Najib GMIRA<sup>2</sup> & Najiba BRHADDA<sup>3</sup>

**Abstract :** Since more than a decade, local managers of the Maamora forest have resorted, in addition to the direct seeding of acorns to artificial regeneration by planting . These reforestation efforts are confronted with the difficulties of seedlings development on the ground. The success rate of these plantations are in most cases very modest. Some technical processings of plants development in the nursery seems to be one of the causes of the failures. This work consists in testing the effectiveness of the root trauma and of the removal of the cotyledonary reserves applied to pregerminates acorns on the performance of Cork oak plants.

In the presence of a witness sample, an experimental complete block was implemented under the production conditions of forest nursery plants.

The results of statistical analysis highlight that:

- the performance of cork oak plants are strongly influenced by the physical treatments applied,
- the only root trauma applied to acorn pregerminates, brings an improvement of 38% for the collar diameter, 19% for height, 15% for the ratio height/diameter and 100% for the ratio of aboveground dry biomass / root dry biomass.

Key words: Cork oak – Acorns - Artificial regeneration – Ablation - Roots trauma

**Résumé :** Depuis plus d'une décennie, les gestionnaires locaux de la forêt de la Maâmora ont eu recours, en plus du semis direct de glands, à la régénération artificielle par plantation. Ces efforts de reboisements sont confrontés aux difficultés de reprise des plants sur le terrain. Les taux de réussite de ces plantations sont dans la plupart des cas très modiques. Le mode d'élevage des plants en pépinière semble être parmi les causes techniques probables des échecs.

Ce travail consiste à tester l'efficacité du traumatisme racinaire et de l'ablation des réserves cotylédonaire, appliqués aux glands prégermés sur les performances des plants du Chêne liège (*Quercus suber* L.). En présence d'un témoin, un dispositif expérimental en blocs aléatoires complets a été mis en place sous les conditions de production de plants en pépinière forestière.

Les résultats des analyses statistiques indiquent que :

- les performances des plants de chêne liège sont fortement influencées par les traitements physiques appliqués,
- le traumatisme racinaire seul, appliqué aux glands prégermés, y apporte une amélioration de 38% pour le diamètre au collet, 19% pour la hauteur, 15% pour le rapport Hauteur/Diamètre et 100% pour le ratio biomasse sèche aérienne/biomasse sèche racinaire.

Mots clés : Chêne liège - Régénération artificielle – Ablation - Traumatisme racinaire.

## INTRODUCTION

Les formations mondiales à Chêne liège (*Quercus suber* L.), arbre typique de la méditerranée occidentale, couvrent une superficie approximative de 2,7 millions ha dont 32% se trouvent au Portugal, 22% en Espagne, 5% en France, 4% en Italie, 15 % au Maroc, 18% en Algérie et 4% en Tunisie (SILVA & CATRY, 2006).

La forêt de la Maâmora, située au Nord-Ouest du Maroc, représente la plus vaste subéraie de plaine d'un seul tenant (132 000 ha) dans le monde et relève des étages bioclimatiques subhumide

---

<sup>1,2,3</sup> Université Ibn Tofail , Faculté des Sciences, Laboratoire de Biodiversité et Ressources Naturelles, Kénitra, 14000, Maroc

\*correspondance ; e-mail : [elboukharielmostafa@yahoo.fr](mailto:elboukharielmostafa@yahoo.fr)

et semi-aride. La majorité des peuplements de Chêne-liège de la forêt sont vieux. Déjà, dans les années cinquante, il a été admis que cette essence se régénère mal et que la régénération naturelle est très aléatoire et délicate (BOUDY, 1952 ; MARION, 1953-1954), voire impossible dans la limite minimum écologique du chêne liège en Maâmora (BEAUDET, 1969) car les jeunes semis ne peuvent supporter la saison sèche de plus de deux à trois ans et sont généralement détruits par les vents chauds de l'été (le Chergui), le ver blanc, le surpâturage, etc... De même, le stock de glands de Chêne liège, source principale de repeuplement, subit de grandes pertes au sol et sur l'arbre dues aux multiples prédateurs : rongeurs, oiseaux, insectes ainsi que l'homme et ses animaux. A cela, il faut ajouter les faibles glandées et leur irrégularité.



**Localisation de la pépinière forestière de Dayet Zerzour**

A l'égard de nombreux essais de renouvellement de la subéraie par semis direct de glands dans certaines forêts de la région méditerranéenne (MESSAOUDENE, 1984 ; SONDERGAARD, 1991), la régénération par rejets de souches a été utilisée comme procédé de rajeunissement des vieilles futaies de Chêne liège en Maâmora (MARION, 1953-1954, NATIVIDADE, 1956 ; LEPOUTRE, 1965). Cependant, les résultats enregistrés étaient vains et les échecs considérables.

De nombreux auteurs ont analysé les effets de certaines techniques (substrats de culture, volume et forme des conteneurs, qualité des plants, conservation des glands,...) sur la reprise et la croissance du Chêne liège. Pour ne citer ici que quelques exemples, on s'est référé toutefois aux travaux de : FAVRE (1970 ET 1977), JARVIS (1986), RIEDACKER (1986), BEISSALAH et al. (1987), AUSSENAC et al. (1988), JOSIAH & JONES (1992), ABOUROUH et al. (1995), LAMHAMEDI et al. (2000), MEROUANI et al. (2001), EL GHAZI (2005), NAHIDI (2006), EL ABBOU (2009), BELGHAZI et al (2011). Ils ont tous conclu que celles-ci conditionnent énormément la réussite des plantations.

Les premières expériences de reboisement par plantation en Maâmora étaient vaines, car les techniques d'élevage des plants de Chêne liège ont été calquées sur celles adoptées pour les Eucalyptus et les résineux (conteneurs en sachets de polyéthylène). Dans ce type de conteneurs les racines puissantes des plants du Chêne liège développent un chignon qui compromet inévitablement l'avenir de la plantation.

Durant cette dernière décennie, un effort considérable a été déployé par le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification au Maroc, en vue de régénérer la subéraie de la Maâmora tant par voie de semis direct de glands que par plantation. Un programme de régénération important a été lancé depuis la campagne 2004/2005 pour le

reboisement de près de 20000 ha à l'horizon 2014. Afin de répondre aux besoins de ce programme très ambitieux, la production moyenne de la pépinière forestière de Dayet Zerzour a été portée à plus de 1.250.000 plants de Chêne liège chaque année. Les conteneurs actuellement utilisés sont d'un volume de 500 cm<sup>3</sup>. Ils se sont avérés plus efficaces que ceux de 400 et 450 cm<sup>3</sup>, déjà proscrits pour ce type de culture (EL GHAZI, 2005). Néanmoins, les taux de réussite dans les périmètres de reboisement sont parfois très médiocres ; le mode d'élevage et les techniques de production des plants sembleraient être la cause principale des échecs enregistrés.

Il est à signaler que l'importance des dégâts causés par le ver blanc (*Sphodroxia maroccana*), espèce endémique de la Maâmora, fait penser que cet insecte constitue la cause majeure des mortalités des plants de chêne liège. Ces mortalités étaient souvent groupées par taches (*observation personnelle*). Nos investigations ont permis de relever une proportion importante des plants desséchés sur pieds. Ces derniers avaient leur pivot sectionné à une profondeur variable entre 10 à 40 cm, et même parfois plus. Leur action était fatale chez les plants ayant développé un seul pivot et à peine moins redoutable chez les plants vigoureux à enracinement bien développé.

Si la réussite d'une plantation repose en tout premier lieu sur le choix de provenances génétiques adaptées à la parcelle à reconstituer, la qualité des plants influence aussi la reprise des plantations. Un plant de grande taille ne signifie pas forcément qu'il s'agit d'un plant de qualité. Dans ce travail nous proposons de tester l'effet des traitements physiques tels que le traumatisme racinaire et l'ablation de réserves cotylédonaire, appliqués aux glands prégermés, sur les performances des plants de chêne liège durant leur cycle de développement en pépinière.

En effet, les six traitements physiques analysés sont des combinaisons des trois techniques suivantes : le traumatisme racinaire, l'ablation de 25% des réserves cotylédonaire et l'ablation de 50% des réserves des cotylédons. La première technique consiste en l'enlèvement de 10 mm de la radicelle à partir de la coiffe ; la seconde à enlever, à l'aide d'une lame tranchante, ¼ du gland du côté de la cicatrice d'insertion dans la cupule et la troisième à supprimer la moitié du gland du côté de la cicatrice. Ces deux derniers traitements sont appliqués au moment des semis des glands.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Matériel végétal

Il s'agit d'un lot de glands frais, morphologiquement mûrs, sensiblement de même calibre (taille et poids) récoltés sur des arbres vigoureux, sains, et adultes (BOUDY, 1952), dans les peuplements bien venant de Chêne liège situés dans la forêt domaniale de la Maâmora. Après triage, nettoyage et traitement préventif antifongique, les glands ont été destinés à la pré-germination.

### Localisation

L'expérimentation a été faite au niveau de la pépinière forestière dite « Dayet Zerzour »<sup>(\*)</sup> située tout près de la ville de Sidi Yahia du Gharb et à 30 km à l'Est de la ville de Kénitra.

### Conditions du milieu

L'essai a été mené sur un substrat de fortune, composé de tourbe et de terreau (terre des charbonnières), prélevé en forêt de la Maâmora dans des proportions respectives égales à 3/4 et 1/4.

### Conduite de l'essai

L'essai a été installé le 6 mars 2013 en pépinière à Dayet Zerzour<sup>(1)</sup> dans des portoirs de 35 alvéoles chacun, ajourés à la base d'un volume de 500 cm<sup>3</sup>, sous ombrière de 45% d'ombrage.

---

<sup>(\*)</sup> pépinière forestière assurant la production des plants de résineux (Pins) et feuillus (Eucalyptus et Chêne liège) pour l'approvisionnement des périmètres de reboisements de la région Nord-Ouest du Maroc.

Les glands ont été semés manuellement en position horizontale à raison d'un gland par alvéole, puis légèrement enfouis pour les protéger de la dessiccation. D'après SONDERGAARD (1991), un semis superficiel (non enfoui) donne un taux de réussite très faible (inférieur à 1%).

Les soins subséquents se résument à des arrosages minutieux et contrôlés en permanence par microaspersion (brumisation ou diffusion), à des traitements phytosanitaires curatifs quand il y a risque d'attaques et au désherbage manuel pour l'enlèvement des mauvaises herbes.

### Traitements physiques appliqués aux glands

Pour l'étude, nous avons réalisé, sur des glands pré-germés avec des radicelles mesurant entre 5 et 10 cm de longueur, la combinaison des trois techniques (tableau 1), décrites comme suit :

#### *Traumatisme racinaire*

A l'aide d'une lame, on enlève près de 10 mm de l'extrémité de la radicule, à partir de la coiffe. L'amputation induit une accumulation d'auxine dans la partie traumatisée, conduisant à une néoformation racinaire (BEISSALAH et al., 1987), et à l'apparition de plusieurs pivots de remplacement. FAVRE (1977) souligne que l'effet des blessures, tout en interrompant la continuité tissulaire, permet l'accumulation de l'auxine au pôle radical de l'organe ce qui conduit à une néoformation radicale.

#### *Ablation des réserves cotylédonaire*

L'ablation a concerné l'enlèvement de 25% et 50% des réserves cotylédonaire des glands prégermés de Chêne liège. Selon FAVRE (1970, 1977), la rhizogenèse est favorisée par les organes aériens, cotylédons, feuilles ou bourgeons. D'après JARVIS (1986), l'appareil aérien intervient certainement par divers facteurs parmi lesquels l'auxine joue un rôle privilégié. Dans la suite du texte, les traitements seront désignés par leur numéro (T1, T2 ... T6).

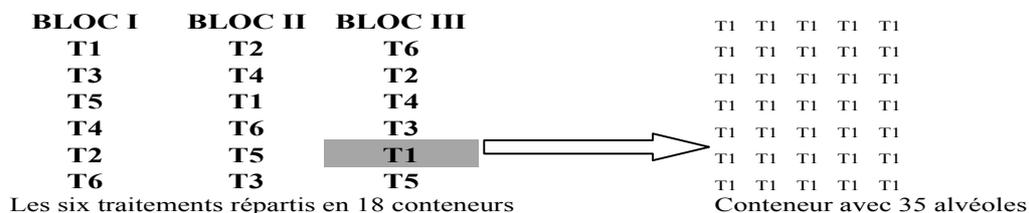


Figure 1: Dispositif expérimental en bloc aléatoire complet.

Tableau 1 : Description des traitements physiques appliqués

Traitement	Traumatisme racinaire	Ablation de 25% de réserves cotylédonaire	Ablation de 50% de réserves cotylédonaire
T1	Oui	Non	Non
T2	Oui	Oui	Non
T3	Oui	Non	Oui
T4	Non	Non	Oui
T5	Non	Oui	Non
T6	Non	Non	Non

Pour chaque traitement, nous avons installé, à 30 cm au dessus du sol, trois blocs de portoirs à alvéoles ajourées à la base (sans fonds), d'un volume de 500 cm<sup>3</sup>, où nous avons semé dans chacun d'eux **35** glands (soit, en tout, **105** semis pour chaque traitement). Au total, nous avons donc semé **630** glands sur **18** portoirs, le 6 mars 2013. Ce nombre nous semble largement suffisant pour en tirer des conclusions.

## Mesures et observations

Le diagnostic du dispositif consistait à étudier l'effet des traitements physiques appliqués aux glands du Chêne liège sur les performances des plants après un séjour de six mois en pépinière. Ce diagnostic a été fondé sur l'analyse des résultats d'inventaire opéré comme suit :

### *Evaluation du taux de levée (%)*

Le taux de levée est le nombre de plants ayant levé par rapport au nombre semé. Ces mesures ont commencé à partir du 30 mars 2013 et ont duré jusqu'au premier juin 2013.

### *Mesure de la hauteur moyenne (cm).*

C'est la moyenne des hauteurs des vingt (20) plants ayant levé, choisis au hasard par traitement et par bloc. Les mesures se faisaient à peu près toutes les quinze jours à l'aide d'une règle graduée en cm, à compter du 26 avril 2013 jusqu'au 5 octobre 2013. Ces mesures ont concerné 360=20x6x3 plants à chaque passage. Ceci nous renseigne sur l'effet des traitements sur la croissance en hauteur.

### *Mesure du diamètre moyen (mm) au collet*

C'est la moyenne des diamètres au collet de trois (3) plants ayant levé, choisis au hasard par traitement et par bloc, soit 3x6x3=54 plants au total. Les mesures ont été faites le 5 Octobre 2013, à l'aide d'un pied à coulisse au dixième de mm près.

### *Comptage du nombre de feuilles par plant*

Le comptage a été effectué sur trois plants par traitement et par bloc. Ceci nous renseigne sur l'activité photosynthétique des plants en fonction du traitement.

### *Importance et description du système racinaire*

Un échantillon de 54 plants au total à raison de 3 plants par traitement et par bloc, a été arraché à la fin de l'expérimentation pour analyse. Les observations recueillies concernent :

- Le pesage des biomasses fraîches et sèches de la tige et des racines à l'aide d'une balance.
- La description du système racinaire.

Il a été également noté, l'importance des plants ayant développé plus d'une tige (plants à tiges multiples). Ces plants n'ont pas été concernés par les mesures décrites ci-dessus.<sup>†</sup>

## Analyse des données

L'analyse de la variance à deux critères de classification (traitement, bloc) a été employée pour étudier l'effet des divers traitements sur les performances des plants en pépinières. La validité de cette méthode a été préalablement vérifiée. En effet, si la valeur F observée de FISCHER SNEDECOR<sup>(\*)</sup> est supérieure à la valeur F théorique, cela veut dire qu'il y a un effet significatif du traitement. Le degré de significativité du test : Significatif (S) pour  $\alpha = 5\%$ , Hautement Significatif (HS) pour  $\alpha = 1\%$  et Très Hautement Significatif (THS) pour  $\alpha = 0,1\%$ , dépend de la valeur observée comparée à la valeur théorique correspondante. Par ailleurs, la comparaison multiple des moyennes, opérée par la statistique de NEWMAN-KEULS (DAGNÉLIE, 1998), permet leur

---

(\*) La valeur observée de Fischer Snedecor pour le « facteur traitement » est le rapport entre le Carré Moyen traitement (CMt) et le carré moyen servant de base de comparaison (Carré Moyen traitement\_bloc (CMt\_b)).  
Donc  $F_{obs} = (CMt/CMt_b)$

La valeur théorique de Fischer Snedecor est une valeur tabulée, donnée par les tables statistiques (les valeurs critiques F sont données dans les tables des distributions F de Snedecor).

Alpha ( $\alpha$ ) : appelé aussi risque d'erreur de première espèce (seuil...) cela signifie que, lorsqu'on rejette une hypothèse nulle alors que celle-ci est vraie, on commet une erreur de première espèce dite alpha ( $\alpha$ ).

classement en groupes significativement distincts à un seuil de probabilité donnée. Pour le taux de levée, où toutes les valeurs sont inférieures à l'unité, une transformation angulaire en Arcsinus a été envisagée (DAGNÉLIE, 1975). L'analyse de la variance a été effectuée grâce au logiciel statistique Minitab 16.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'analyse de la variance abordée concerne l'étude de l'effet de chaque traitement sur le taux de levée, la croissance en hauteur, la croissance en diamètre au collet, le nombre de feuilles par plant, le nombre de racines par plant, le facteur de robustesse (Hauteur/Diamètre), le rapport biomasse fraîche de la tige/biomasse fraîche de la racine et enfin le ratio biomasse sèche de la tige /biomasse sèche de la racine. Les résultats de l'analyse de la variance et du test de NEWMAN-KEULS<sup>(\*)</sup> sont consignés dans le tableau 2, qui traduit un effet non significatif du bloc sur l'ensemble des variables étudiées, un effet non significatif du traitement sur le taux de levée et enfin, un effet significatif à très hautement significatif du traitement pour le reste des variables invoquées ci-dessus. Une attention particulière sera accordée aux interprétations des analyses relatives aux normes de qualité du plant du chêne liège (hauteur, diamètre au collet, facteur de

**Tableau 2 :** Effets des traitements sur les variables étudiées

Variable	Traitement						CM <sub>t</sub>	CM <sub>t-b</sub>	Fobs.
	T1	T2	T3	T4	T5	T6			
Taux de levée (%)	89,5	89,5	81,0	78,1	87,6	82,9	0,06599	0,04552	1,45NS
Hauteur (cm)	59,33a	51,73b	44,82d	39,00e	50,38bc	49,88c	140,58	11,22	12,53***
Diamètre au collet (mm)	5,9a	4,9b	3,8d	3,2e	4,2c	4,3c	2,6727	0,0222	120,61***
Nombre de feuilles /plant	46,7a	37,3b	33,1d	27,6e	36,2c	36,3c	117,073	0,251	467,17***
Nombre de racines/plant	5,7a	5,1a	5,3a	4,8a	2,7b	3,0b	4,8505	0,1840	26,36***
Rapport (H/D) (cm/mm)	9,93b	10,58b	11,98a	12,25a	11,98a	11,66a	2,5791	0,4136	6,24**
Rapport (MFA/MFR)	1,00c	1,14b	0,73d	1,67a	1,27b	1,27b	0,29198	0,01986	14,70***
Rapport (MSA/MSR)	1,82a	1,27b	0,75c	1,00b	1,22b	0,88bc	0,44859	0,08780	5,11*

NS : non significatif \* : significatif \*\* : hautement significatif \*\*\* : très hautement significatif. a, b, c, d et e : les moyennes avec lettres différentes sur la même ligne sont significativement différentes au seuil de  $\alpha = 5\%$ . F<sub>obs</sub> : valeur observée de Fischer Snedecor. CM<sub>t</sub> : carré moyen traitement. CM<sub>t-b</sub> : carré moyen traitement-bloc. MFA : matière fraîche aérienne, MFR : matière fraîche racinaire, MSA : matière sèche aérienne, MSR : matière sèche racinaire

<sup>(\*)</sup> Le test proposé par Newman-Keuls a pour objectif la constitution de groupes de moyennes homogènes. La Plus Petite Amplitude Significative (PPAS) varie avec le seuil de signification alpha ( $\alpha$ ) et le nombre de moyennes comparées :

$$PPAS_{\alpha} = q_{1-\alpha}(CMr/n)^{1/2};$$

q est une valeur tabulée en fonction du nombre de population et du nombre de degrés de liberté. CMr étant le carré moyen servant de base de comparaison et n est le nombre d'observations qui interviennent dans le calcul des moyennes.

Pratiquement, on calcule pour un seuil donné, les PPAS pour K, K-1, K-2, ... moyennes. On ordonne les moyennes et l'on compare l'amplitude du groupe formé des K moyennes à la PPAS correspondante. Si cette dernière est supérieure, le groupe est considéré comme homogène, en cas contraire, on examine de la même façon les deux groupes de K-1 moyennes et ainsi de suite jusqu'à l'obtention de groupes homogènes. Les moyennes appartenant à un groupe homogène sont notées de même lettre : a, b, c, ...

robustesse (H/D) et le ratio (MSA/MSR) qui intéressent à plus d'un égard le gestionnaire forestier marocain. Aussi, un commentaire des résultats ressortira l'effet des traitements physiques appliqués sur les autres paramètres morphologiques de croissance des plants à savoir le nombre de racines/plant et la proportion des plants non individualisés (à tiges multiples).

### Taux de levée

La levée est un premier diagnostic de réussite d'une culture. Le taux moyen de levée (%) a été déterminé à partir du 25<sup>ème</sup> jour après le semis et s'est étalé sur plus de deux mois : du 30 mars 2013 jusqu'au 01 juin 2013 (figure 2). Il est à remarquer que la cinétique de la levée des glands du chêne liège suit la même allure pour l'ensemble des traitements (figure 3). Les taux finaux cumulés sont bons. Ils atteignent respectivement 89,5% ; 87,6% ; 82,9% ; 81% et 78,1% pour les traitements T1 et T2, T5, T6, T3 et T4. L'analyse de la variance ne révèle l'existence d'aucun effet significatif des traitements physiques appliqués sur le taux de levée des glands.

A la lumière de ce résultat, il apparaît clairement, en toute rigueur statistique, que le traumatisme racinaire et l'ablation jusqu'à la moitié des réserves cotylédonaire ne sont pas efficaces sur le taux de levée des glands et n'y apportent pratiquement aucune amélioration significative.

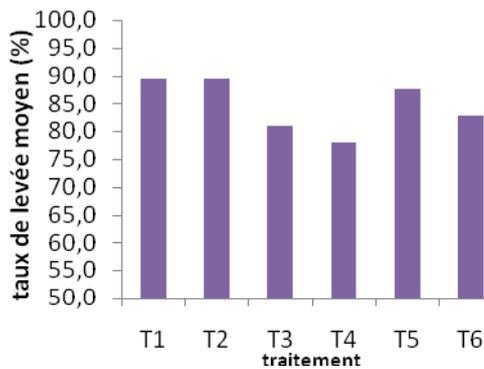


Figure 2 : Taux de levée moyen des glands de Chêne liège

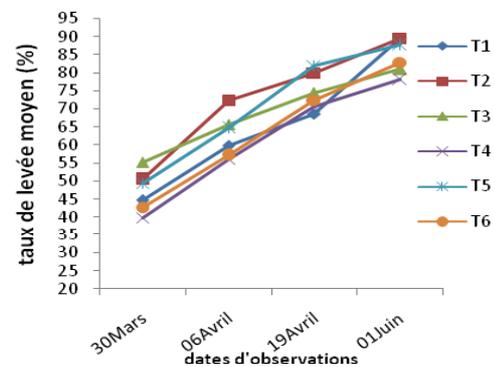


Figure 3 : Cinétique de la levée des glands par traitement

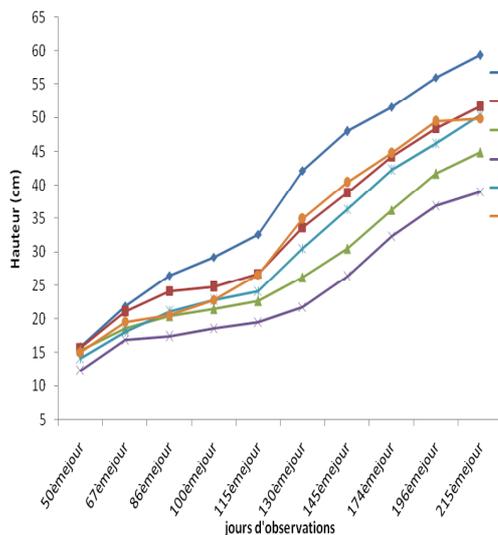


Figure 4 : Croissance en hauteur des plants de Chêne liège par traitement

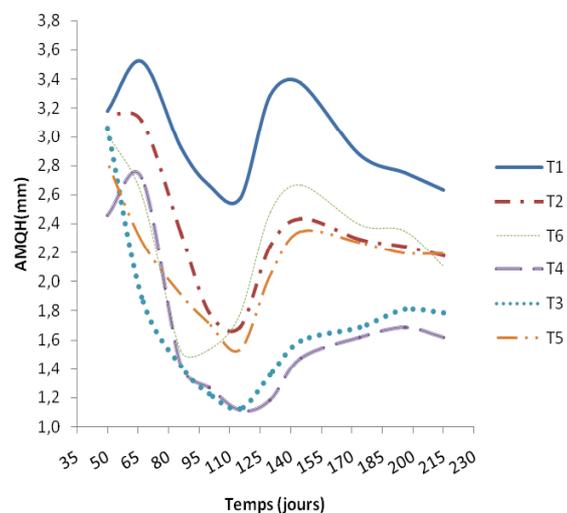


Figure 5 : Accroissements moyens quotidiens des plants par traitement

## Croissance en hauteur

La hauteur est parmi les facteurs morphologiques qui peuvent prédire au mieux la performance des plants en pépinière. Elle est considérée selon LAMHAMEDI *et al.* (1997) comme étant un bon indicateur de la capacité photosynthétique et de la surface de transpiration qui sont étroitement corrélés avec le nombre de feuilles. L'évolution de la croissance en hauteur des plants du Chêne liège (*Quercus suber* L.) durant leur cycle de développement en pépinière est illustrée par la figure 4. La croissance maximale en hauteur a été enregistrée chez les plants du traitement T1 (H=59,33 cm) où la radicule a été excisée à 10 mm de la coiffe. Les individus du traitement T4 (H=39,00 cm) où la moitié des réserves cotylédonaires a été enlevée, enregistrent les plus faibles valeurs en hauteur. La figure 5 visualise les accroissements moyens quotidiens en hauteur par traitement. Il est remarqué qu'après une phase de croissance rapide chez les plants des traitements T1 (3,1mm/j) et T4 (2,7 mm/j) enregistrant des gains moyens quotidiens supérieurs à ceux des plants des traitements T2, T3, T5 et T6, une décélération nette s'est produite pour l'ensemble des plants des différents traitements entre la mi-mai et fin juin. Ces accroissements atteignent de nouveau des maxima durant la période début juillet-fin août pour les traitements T1 (3,4 mm/j), T6 (2,7 mm/j), T2 (2,4 mm/j) et T5 (2,3 mm/j) et un peu plus tard chez les plants des traitements T3 (1,8 mm/j) et T4 (1,7 mm/j), soit mi- septembre début octobre. En effet, le chêne liège présente une première phase très active en avril-mai, consécutive au débourrement des bourgeons ; puis un ralentissement est observé en mai, allant jusqu'à l'arrêt complet de croissance, ce qui permet à la plante de parfaire l'édification de ses structures et d'accumuler les matériaux nécessaires à une nouvelle reprise vigoureuse de la croissance en juin (BENNADJA *et al.*, 2007)

L'analyse de la variance révèle un effet très hautement significatif des traitements appliqués sur la croissance en hauteur des plants. La comparaison multiple des moyennes, deux à deux, (test de NEWMAN-KEULS) au seuil de probabilité de 5%, révèle l'existence de quatre groupes bien distincts :

- Le premier groupe concerne uniquement le traitement T1, où la radicule a été excisée à 10 mm de la coiffe, avec une hauteur moyenne de 59,33 cm.
- Le second groupe concerne T2 et T6, avec respectivement 51,73 cm où la radicule a été excisée et le gland a subi une ablation de 25% de réserves cotylédonaires, et 49,88 cm là où le gland est resté intact. Néanmoins, ils sont rejoints par T5 avec 50,38 cm, ayant pourtant subi une ablation de 25% de réserves cotylédonaires.
- Le troisième groupe concerne T3, enregistrant une hauteur moyenne de 44,82 cm quand le traumatisme racinaire a été combiné à l'ablation de 50% des réserves cotylédonaires.
- Le quatrième et dernier groupe concerne T4 où le gland a subi une ablation de 50% de réserves cotylédonaires. La hauteur moyenne observée est de 39,00 cm.

Notons enfin que l'ablation de 50 % des réserves cotylédonaires défavorise nettement la croissance en hauteur alors que l'effet de l'ablation de 25 % de réserves cotylédonaires s'est vu atténué lorsqu'elle est combinée au traumatisme racinaire. Ceci, permet d'affirmer l'effet favorable de l'excision de la radicule sur la croissance des plants en pépinière.

## Diamètre moyen au collet

Selon LAMHAMEDI *et al.* (2007), les plants ayant un gros diamètre au collet possèdent généralement des racines latérales bien développées. Ce paramètre peut expliquer jusqu'à 97% de la variation observée de la masse totale des plants (LAMHAMEDI *et al.*, 2007). Le diamètre moyen observé va de 3,2 mm (T4) à 5,9 mm (T1) alors que LAMHAMEDI *et al.* (2000) rapportent qu'un bon plant forestier devrait atteindre un objectif de 28 à 40 cm lorsque le diamètre au collet varierait entre 4 et 5 mm (figure 6).

Le test statistique concernant ce paramètre a été très hautement significatif ( $\alpha = 0,1\%$ ) et les traitements se sont répartis en cinq groupes très inégaux :

- Le T1 (traumatisme racinaire) a constitué le premier groupe avec une moyenne de 5,9 mm.
- Le second groupe, concerne T2, où l'ablation de 25% de réserves cotylédonaires a été combinée au traumatisme racinaire avec une moyenne de 4,9 mm.

- Le troisième groupe englobe le témoin (T6) et T5 où 25% des réserves cotylédonaire ont été enlevées, avec respectivement 4,3 et 4,2 mm.
- Le quatrième groupe concerne le T3 où le traumatisme racinaire a été combiné à l'ablation de 50 % des réserves cotylédonaire donnant un diamètre moyen de 3,8 mm.
- Le cinquième et dernier groupe, relatif à T4 où le gland a subi une ablation de 50% de réserves cotylédonaire, enregistre une valeur de 3,2 mm.

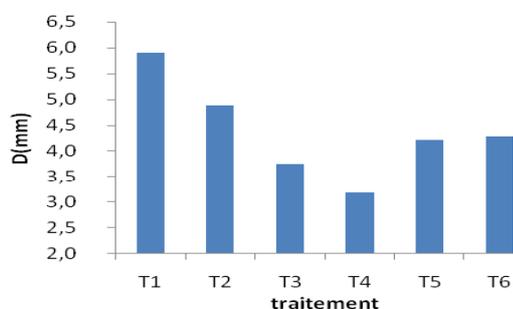


Figure 6 : Diamètre moyen au collet des plants par traitement

### Nombre moyen de feuilles par plant

Ce paramètre est considéré comme étant un bon indicateur de la capacité assimilatrice de la plante et de sa production en biomasse. Sur le plan statistique, la même logique a caractérisé ce paramètre. En effet, le test statistique s'est révélé très hautement significatif ( $\alpha = 0,1\%$ ) et le test de NEWMAN-KEULS (tableau II) a permis de mettre en évidence cinq groupes significativement différents les uns des autres où les moyennes observées par traitement sont regroupées comme suit : T1 avec 46,7 feuilles/plant ; T2 avec 37,3 feuilles/plant, T6 et T5, respectivement avec 36,3 feuilles/plant et 36,2 feuilles/plant, T3 avec 33,1 feuilles/plant et enfin T4 avec 27,6 feuilles/plant (Figure 7).

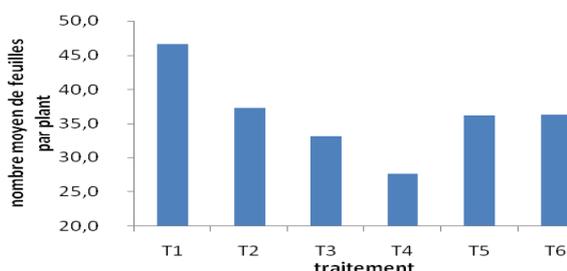
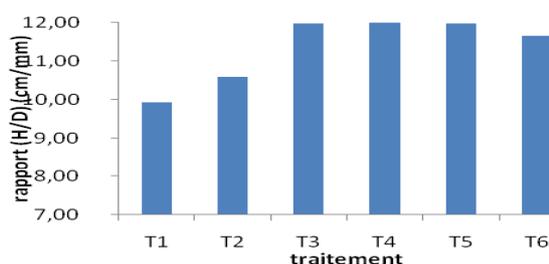


Figure 7 : Nombre moyen de feuilles par plant des différents traitements

### Quotient de robustesse : rapport hauteur de la tige /diamètre au collet (cm/mm)

Les résultats relatifs à ce paramètre sont visualisés par la figure 8. Le but recherché est d'obtenir un plant de format idéal en hauteur, en diamètre, de bonne robustesse et avec un bon ratio MSA/MSR. Les normes de qualité sont relatives non seulement à la morphologie mais aussi à la physiologie des plants. Selon les normes citées par LAMHAMEDI et *al.* (2000), le ratio de robustesse : Hauteur/Diamètre au collet (H/D) exprimé en cm/mm devrait être inférieur à 8 lorsque le plant devrait atteindre un objectif de 28 à 40 cm quant le diamètre au collet varierait entre 4 et 5 mm. Ce rapport, calculé pour l'ensemble des traitements physiques appliqués, dépasse ce seuil de près de 53% pour T4, 49% pour T3 et T5 et 45% pour T6 et encore un peu moins pour T2 (32%) et T1 (24%). Le test statistique a révélé un effet hautement significatif et les traitements sont répartis en deux groupes bien distincts : un premier groupe englobe T4, T3, T5 et T6 avec des rapports variant entre 12,25 et 11,66 et un second groupe, constitué de T2 (10,58) et T1 (9,93).

En effet, la croissance en diamètre chez les plants des traitements T1 et T2 était plus importante que celle des plants où le gland avait subi une ablation de plus 25% de réserves cotylédonaire même si elle est combinée au traumatisme racinaire.



**Figure 8 :** Variation du quotient de robustesse (H/D) des plants de chêne liège par traitement

### **Rapport biomasse tige /biomasse racine**

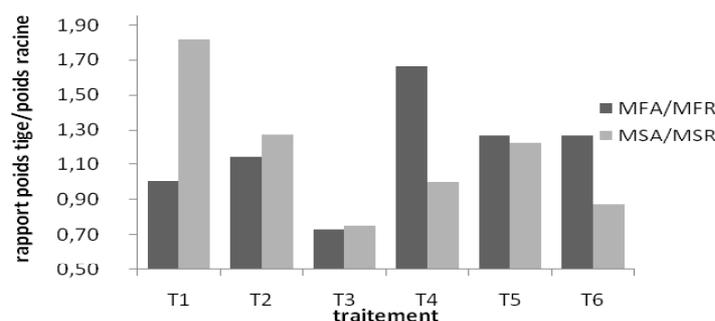
Le rapport biomasse tige /biomasse racine permet d'apprécier le développement relatif de l'une par rapport à l'autre (figure 9). Ce paramètre donne aussi une idée sur le lieu de stockage des produits issus de l'activité photosynthétique de la plante d'une part et d'estimer la qualité de nutrition d'autre part sous l'influence des différents traitements physiques appliqués. En effet, un plant en bonne santé devrait avoir un ratio variant de 1 :1 à 1 :2 (HANNAH, 2006) alors que LAMHAMEDI *et al.* (2000) affirment que, pour un bon plant forestier de Chêne liège, ce rapport devrait être proche de 2. Pour cela, il a été déterminé d'abord le poids frais et poids sec de la partie aérienne, ensuite le poids frais et le poids sec de la partie racinaire ; puis les rapports entre ces valeurs ont été calculés.

#### **\*Ratio MSA/MSR (Matière sèche aérienne/Matière sèche racinaire)**

Le test statistique concernant ce rapport a été à peine significatif et les traitements se sont répartis en deux groupes où le T1 (traumatisme racinaire) en a constitué le premier, générant le meilleur rapport (MSA/MSR=1,82) pour le système souterrain qui pourrait engendrer ultérieurement un bon développement pour les plants du Chêne liège. Le second groupe comprend le reste des traitements qui se sont rejoints par le témoin T6, avec des rapports (MSA/MSR) de l'ordre de 1,27 (T2), 1,22 (T5), 1,00 (T4), 0,88 (T6) et 0,75 (T3). En effet, les glands ayant subi un traumatisme racinaire ont pris de l'avance sur le témoin et encore sur ceux ayant subi une ablation de réserves cotylédonaire même si elle est combinée au traumatisme racinaire.

#### **\*Ratio MFA/MFR (Matière fraîche aérienne/Matière fraîche racinaire)**

Le rapport de biomasse MFA/MFR a été souvent considéré comme marqueur de stress (KAUFMAN, 1977). Comme le montre la figure 9, le rapport MFA/MFR est variable entre les différents traitements, la valeur la plus importante est enregistrée par le traitement T4 (1,6) là où la moitié de réserves cotylédonaire ont été enlevées. La valeur la plus faible est notée au niveau du traitement T3 (0,73) là où la racine a été traumatisée et la moitié de réserves a été enlevée. Pour les autres traitements, les valeurs de ce paramètre se situent à l'intérieur de cet intervalle avec un parfait équilibre qui s'est installé entre les deux systèmes au niveau du traitement T1 (1,00). Enfin, les traitements T2, T5 et T6, semblent générer des rapports égaux. Ce constat est confirmé par le test statistique qui s'est révélé très hautement significatif.



**Figure 9 :** Variation du rapport biomasse tige/biomasse racine par traitement

## OBSERVATIONS COMPLÉMENTAIRES

### Nombre moyen de racines/plant

L'appareil racinaire des plants de chaque traitement a été décrit dès après arrachage. La synthèse des observations du système racinaire des différents traitements est dissemblable à plusieurs points de vue (tableau 3, photos 3 et 4)

Le nombre de racines par plant est influencé par les traitements physiques appliqués. Le test de NEWMAN-KEULS a permis de mettre en évidence deux ensembles de moyennes significativement différentes les unes des autres : le premier ensemble englobe les T1, T3, T2, et T4 avec un nombre moyen variant de 4,8 racines/plant à 5,7 racines/plant et un deuxième ensemble concerne le T6 et T5 avec respectivement 3 racines/plant et 2,7 racines/plant.

**Tableau 3 :** Morphologie et description du système racinaire

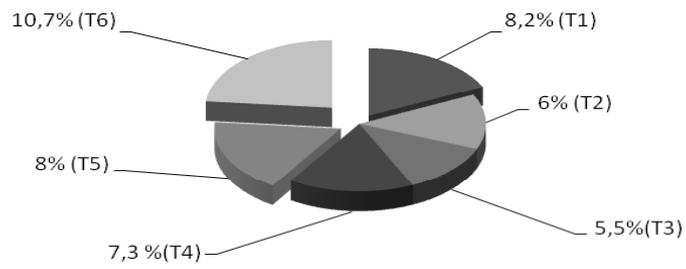
traitement	Nombre moyen de racines/plant	Morphologie et Niveau d'appréciation de l'importance du système racinaire	
		Épaisseur des racines	Densité du chevelu
T1	5,7	***	***
T2	5,1	***	**
T3	5,3	*	***
T4	4,8	*	**
T5	2,7	**	*
T6	3,0	**	*

\* faible, \*\* moyen, \*\*\*élevé.

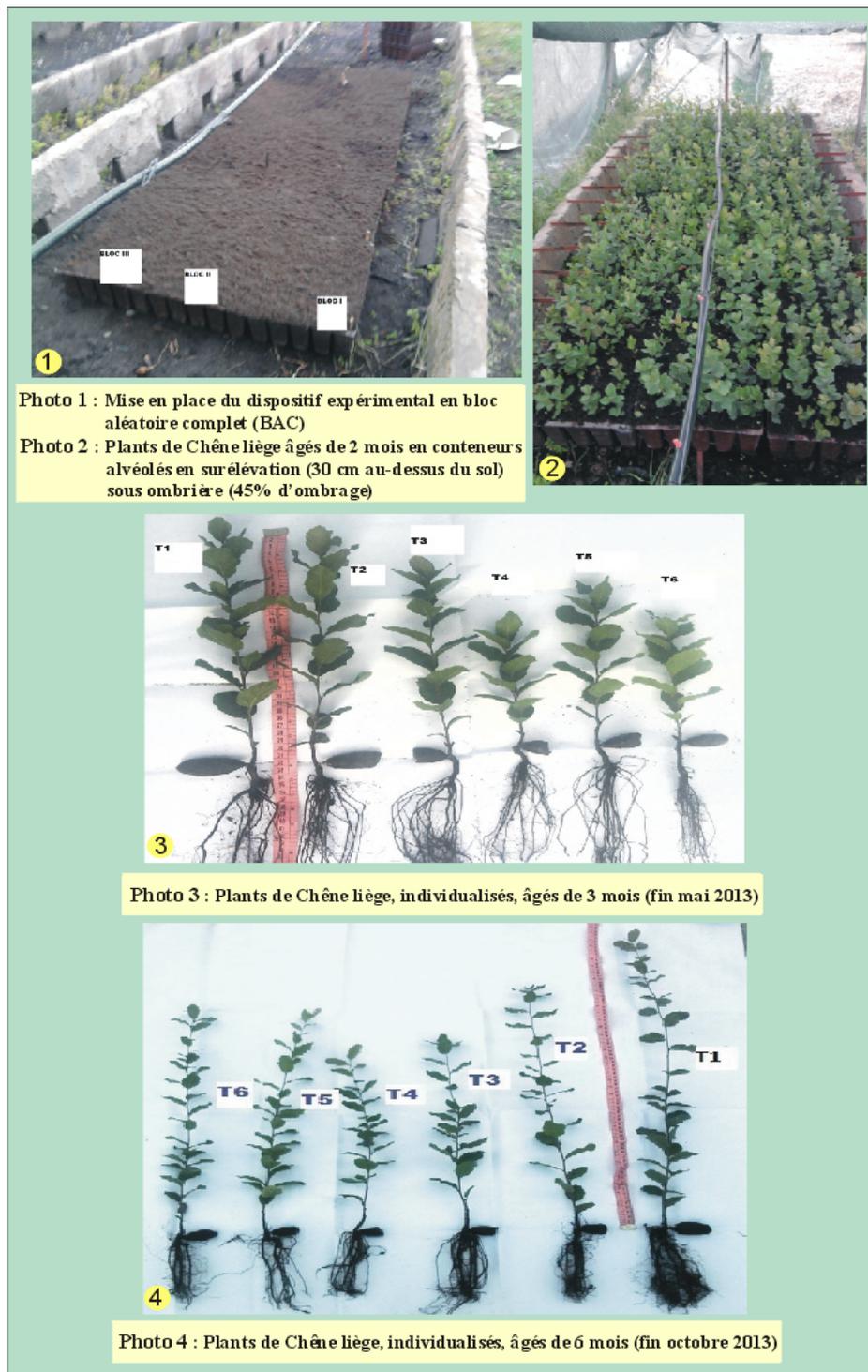
### Proportion des plants à tiges multiples

Ces plants sont considérés comme des plants non individualisés, ils étaient exclus de toutes les mesures et analyses statistiques. En effet, Les plants non individualisés dits aussi plants à tiges multiples, ont été observés chez l'ensemble des traitements physiques appliqués y compris le témoin (figure 12) qui marque la proportion la plus importante, soit plus de 10% des plants ayant levé. Pour les autres traitements, cette proportion varie de 5,5% à 8,2%.

Il est à noter que ces résultats sont pris avec prudence et ne peuvent être utilisés que comme des valeurs comparatives ou d'éléments d'hypothèse à vérifier.



**Figure 12** : Proportion des plants à tiges multiples pour les différents traitements



## CONCLUSION

Après six mois de séjour en pépinière, l'effet des traitements du traumatisme racinaire appliqués sur les radicules mesurant entre 5 et 10 cm et l'ablation cotylédonaire de glands prégermés de Chêne liège (*Quercus suber* L.) lors du semis, ne présente pas de différence significative pour l'effet du bloc (conditions de milieu entre blocs voisins). Par contre, on observe des différences significatives à très hautement significatives entre les différents traitements pour l'ensemble des paramètres de croissance étudiés, à l'exception du taux de réussite où les traitements physiques appliqués ne semblent pas apporter une amélioration significative.

La croissance est favorisée par le traitement T1 (excision de la radicule à 10 mm de la coiffe) qui occupe la première classe pour la hauteur totale avec 59,33 cm, le diamètre moyen au collet avec 5,9 mm, le nombre de feuilles avec une moyenne de 46,7 feuilles/plant, le rapport H/D ou facteur de robustesse avec un quotient de 9,93 et le rapport MSA/MSR avec un ratio de 1,82.

Le traitement T2 (combinaison du traumatisme racinaire et ablation du quart des réserves cotylédonaires) se classe en deuxième place pour l'ensemble des paramètres évoqués ci-dessus.

Le traitement témoin T6 se situe au troisième rang avec une hauteur moyenne de 49,88 cm, un diamètre moyen au collet de 4,3 mm, un rapport H/D égale à 11,66 et un ratio MSA/MSR de 0,88.

Les traitements de l'ablation cotylédonaire T5 (ablation de 25 %), T3 (ablation de 50% combinée au traumatisme racinaire) et T4 (ablation de 50%) présentent une croissance et un développement des plants défavorisés en donnant des résultats plus faibles notamment pour le T4. On constate que, plus le gland est grand, plus les plantules seront vigoureuses parce qu'elles disposent de réserves en quantité (BOUCHAOUR-DJABEUR, BENABDELI, BEJEMAA & STITI, 2011). Mais cette influence du poids et de la taille du gland ne se fait sentir que durant les premiers jours de croissance, et va en s'affaiblissant au fur et à mesure que la plantule grandit. Par ailleurs, LAMOND (1978) signale aussi que chez le Chêne pédonculé (*Quercus robur* L) la masse cotylédonaire a une influence considérable sur la croissance et le développement. On a pu ainsi constater que la suppression d'une fraction importante de réserves cotylédonaires de la graine a un effet néfaste sur le développement et la survie des jeunes semis de Chêne liège en donnant des plants de qualité inférieure dans les six premiers mois. Quant au traumatisme racinaire, il influence positivement la croissance en permettant la génération de plusieurs racines et l'augmentation de la masse racinaire qui joue un rôle important dans la nutrition des plantes. Dans ce sens, RIEDACKER & PODA (1977) ont montré que quel que soit le niveau de section de la racine chez les plants à racines pivotantes, celle-ci régénère entre 2 et 8 racines verticales.

## REFERENCES

- ABOUROUH, M., LAMHAMEDI, M. S. & FORTIN, J. A., 1995. Techniques de « mycorhization » en pépinières de plants forestiers- CNRF-Rabat, 38p.
- AUSSENAC, G., GUEHL, J.M., KAUSHAL, P., GRANIER, A. & GRIEU P., 1988. Critères physiologiques pour l'évaluation de la qualité des plants forestiers avant plantation. *Rev. For. Fr. n° spécial* : 131-149.
- BEAUDET, C. ; 1969. Un essai pédagogique destiné aux classes de sciences naturelles de l'enseignement secondaire : le chêne liège et son milieu, société des sciences naturelles et physiques du Maroc, tome 49 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> semestres.
- BEISSALAH, Y., AMIN, T. & NEVILLE P., 1987. Variations de la régénération du pivot des jeunes plants de chêne vert (*Quercus ilex* L.) après divers traumatismes. *Ecol. Med.*, XIII, 14/2 : 61-76.
- BELGHAZI, B., OUROUS, O., PONETTE, Q. & DALLAHI Y., 2011. La problématique de la régénération de l'arganier : quelle innovation en matière de production de plants de qualité ? Actes du premier congrès international de l'Arganier, Agadir 15-17 septembre 2011.
- BENNADJA, S., DE BLAIR, G. & CHEFROUR A., 2007. Essai de régénération artificielle par semis de la subéraie de Numidie orientale. *Forêt méditerranéenne*, XXVIII, 1 : 15-26.
- BOUDY, P. 1952. Guide du forestier en Afrique du Nord. Editions « La Rose » : 131-156

- BOUCHAOUR-DJABEUR, S., BENABDELI, K., BEJEMAA, M.L. & STITI B., 2011. Déprédation des glands de chêne liège par les insectes et possibilités de germination et de croissance de semis. *Geo-Eco-Trop*, 35 : 69-80.
- DAGNÉLIE, P., 1980. Théorie et méthodes statistiques, vol 2, Collection presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 463 p.
- DAGNÉLIE, P., 1998. Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Interférence statistique à une et deux dimensions. Les presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 218p.
- DAGNÉLIE, P., 1975. Théorie et méthodes statistiques. Presses agronomiques de Gembloux, Belgique, vol.2.
- EL ABOU, K., 2009. Caractéristiques des plants à racines enrobées et à racines nues d'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) en rapport avec les techniques culturales. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle ENFI, Salé, pp. 22-27.
- EL GHAZI, S., 2005. Contribution à l'élaboration des normes de qualité des plants forestiers : Cas du chêne liège, du thuya et du pin maritime des Landes. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, ENFI, Salé, 99 p.
- FAVRE, J.M., 1970. Effets d'une température élevée (39°) sur l'enracinement de boutures de vigne cultivées in vitro *C.R.Acad. Sci.*, Paris : 778-781.
- FAVRE, J.M., 1977. La rhizogenèse. *Ann. Univ. Abidjan Ser. C, Sci.* : 1-100.
- HANNAH, J., 2006. Bonnes pratiques de culture en pépinière forestière, directives pratiques pour les pépinières de recherche. Manuel technique n°3. World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi, Kenya.
- JARVIS, B.C., 1986. Endogenous control of adventitious rooting in non-woody cuttings. *Dev ; Plant Soil Sci.*, 20 : 191-222.
- JOSIAH, S.J. & JONES N., 1992. Root trainers in seedling production systems for tropical forestry and agroforestry. Washington DC, USA : World Bank. Asia technical Departement. Agriculture Division, 54p.
- KAUFMAN, M.R., 1977. Soil temperature and drought effects on growth of Monterey pine. *For.Sci*, 23 : 317-325
- LAMHAMEDI, M.S., FORTIN, J. A., AMMARI, Y., BEN JELLOUN, S., POIRIER, M., FECTAU, B., BOUGACHA, A. & GODIN, L., 1997. Évaluation des composts, des substrats et de qualité des plants (*Pinus pinea*, *Pinus halepensis*, *Cupressus sempervirens* et *Quercus suber*) élevés en conteneurs. Projet Bird 3601. Rapport technique : exécution des travaux d'aménagement de trois pépinières pilotes en Tunisie. Direction générale des forêts, Tunisie et Pampev. internationale LTEE, Canada, 121 p.
- LAMHAMEDI, M. S., AMMARI, Y., BERTRAND, F., FORTIN, J.A. & MARGOLIS, H., 2000. Problématique des pépinières forestières en Afrique du Nord et stratégie de développement. *Cahiers Agriculture*. 9, 5 : 369-80.
- LAMHAMEDI, M.S., FECTAU, B., GODIN, L., GINGRAS, CH., EL AINI, R., GADER, GH. & ZARROUK M.A., 2007. Guide pratique de production hors sol de plants forestiers, pastoraux et ornementaux en Tunisie. Projet : ACDI E4936-K061229. Direction Générale des Forêts, Tunisie et Pampev. internationale LTEE, Canada, 114 p
- LAMOND, M., 1978. Péricarpe et cinétique de germination des glands de chêne pédonculé. *Ann. Sci. Forest.*, 35 (3) : 203-210.
- LEPOUTRE, B., 1965. Régénération artificielle du chêne liège et équilibre climacique de la subéraie en forêt de la Maâmora. *Ann. Rech. For. Maroc*, 9, 1 : 1-188.
- MARION, J., 1953-1954. Les repeuplements artificiels en chêne liège dans la forêt de la Maâmora (Maroc). *Ann. Rech. For. Maroc*, 39-158.
- MEROUANI, H., BRANCO, C., ALMEIDA, M. & PEREIRA J., 2001. Comportement physiologique des glands de chêne liège (*Quercus suber* L.) durant leur conservation et variabilité inter-individus producteurs. *Ann. For. Sci. INRA. EDP. Sciences*, 58 : 143-153.
- MESSOUADENE, M., 1984. Résultats des essais de semis directs du chêne liège à Melata. INRF. Algérie. 10 p.
- NAHIDI, A. ; 2006. Évaluation de la qualité des plants de chêne liège de plaine (forêt de Maâmora) en relation avec le conteneur et le substrat. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle ENFI, Salé, 66 p.
- NATIVIDADE, J., 1956. Subériculture. Edition Française de l'ouvrage Portugais Subericultura.
- RIEDACKER, A., 1986. Production et plantation de plants à racines nues ou en conteneurs. *Rev. For. Fr.* XXXVIII, 3 : 226-236.
- RIEDACKER, A. & PODA, U., 1977. Les systèmes racinaires de jeunes plants de hêtre et de chêne, modification de leur morphogenèse par décapitation d'extrémités de racines et conséquences pratiques. *Ann. Sci. Forest.* 34 (2) : 121-135.
- SILVA, J.S. & CATRY F., 2006. Forest fires in Cork Oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. *International Journal of Environmental Studies*, 63, 3 : 235-257.
- SONDERGAARD, P., 1991. Essai de semis de chêne liège (*Quercus suber* L.) dans la forêt de Bab Azhar, une subéraie de montagne au Maroc. *Ann. Rech. For. Maroc*, 25 : 16-29.