

Article de recherche

Reçu: 09 octobre 2025 / Accepté: 08 novembre 2025

La qualité des plants de chêne-liège en pépinière : Effet du substrat et de la taille de glands

M. Chouial* et S. Benamirouche

Institut National de Recherche Forestière (INRF), station de Jijel-Algérie

* Auteur correspondant : mchouial@gmail.com

ملخص

يعرض هذا المقال نتائج تجربة أجريت في المشتلة التجريبية لمحطة INRF-جيجل بهدف تقييم تأثير حجم البلوط وبيئة النمو على نمو شتلات البلوط الفلبيني (*Quercus suber* L.). جُمعت الثمار من غابة كسير (جيجل) ثم فُزلت إلى ثلاث فئات: صغيرة (<5 غ)، متوسطة (5-9 غ)، وكبيرة (>9 غ). زُرعت الثمار فرادى في حاويات بسعة 400 سم³ مملوءة بنوعين من الوسط الزراعي: كومبوست *Acacia cyanophylla* وتربة سطحية. تم تقييم النمو من خلال نسبة ومدة الإنبات، الارتفاع، قطر الساق عند القاعدة، الكتلة الحيوية، عدد الأوراق ومساحة الورقة. أظهرت النتائج أن الإنبات لم يتأثر بحجم الثمار ولا بنوع الوسط. لكن باقي مؤشرات النمو تأثرت معنوياً بكل العاملين. وحققَت الثمار الكبيرة المزروعة في وسط الكومبوست أفضل النتائج، بزيادة تراوحت بين 34 و55% في الارتفاع، و7 إلى 26% في القطر، و26 إلى 67% في الكتلة الحيوية مقارنة بالمعالجات الأخرى. تلتها شتلات الثمار المتوسطة، في حين سجلت الثمار الصغيرة أدنى القيم. تقدم هذه النتائج معطيات مفيدة لمديري المشاتل لاختيار حجم الثمار والوسط الزراعي الأنسب لإنتاج شتلات بلوط فلبيني ذات جودة عالية وقادرة على تحمل صدمات الغرس.

كلمات مفتاحية: البلوط الفلبيني، بذرة البلوط، وسط النمو، المشتلة، النمو.

Abstract

This article presents the results of a trial conducted at the experimental nursery of the INRF-Jijel station, aimed at evaluating the effects of acorn size and growing substrate on the growth of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. Acorns, collected from several trees within a stand in Kissir Forest (Jijel), were sorted into three classes: small (<5 g), intermediate (5–<9 g), and large (>9 g). They were sown individually in 400 cc WM containers filled with two substrates: compost from *Acacia cynaophylla* chipped material and topsoil. Seedling growth was monitored through several parameters: germination rate and mean germination time, height, collar diameter, biomass, leaf number, and leaf area. The results indicate that germination was not influenced by either acorn size or substrate. In contrast, all other growth parameters were significantly affected by these two factors. The best performance was observed in seedlings from large acorns grown in the compost-based substrate, with growth increases ranging from 34 to 55% in height, 7 to 26% in diameter, and 26 to 67% in biomass compared to the other treatments. Seedlings from intermediate-sized acorns ranked second, whereas those from small acorns exhibited the lowest values across all measured parameters. These findings provide useful guidance for selecting acorns and substrates to produce vigorous cork oak seedlings suitable for transplantation.

Keywords: cork oak, acorns, substrate, nursery, growth.

Résumé

Cet article présente les résultats d'un essai conduit à la pépinière expérimentale de la station INRF-Jijel, visant à évaluer l'effet de la taille des glands et du substrat de culture sur la croissance des plants de chêne liège (*Quercus suber* L.). Les glands, collectés de plusieurs arbres d'un peuplement de la forêt de Kissir (Jijel), ont été triés en trois classes : petits (<5 g), intermédiaires (5-<9 g) et gros (>9 g). Ils ont été semés individuellement en conteneurs WM de 400 cc remplis de deux substrats : compost de broyat d'*Acacia cynaophylla* et terre végétale. La croissance des plants a été suivie à travers plusieurs paramètres : taux et temps moyen de levée, hauteur, diamètre au collet, biomasse, nombre de feuilles et surface foliaire. Les résultats montrent que la levée n'est influencée ni par la taille des glands ni par le substrat. En revanche, tous les autres paramètres de croissance sont significativement affectés par ces deux facteurs. Les meilleurs résultats sont obtenus avec les gros glands cultivés dans le substrat à base de compost, avec des gains de croissance atteignant 34 à 55 % en hauteur, 7 à 26 % en diamètre, et 26 à 67 % en biomasse par rapport aux autres traitements. Les plants issus de glands intermédiaires se classent en seconde position, tandis que ceux provenant de petits glands affichent les valeurs les plus faibles pour l'ensemble des paramètres mesurés. Ces résultats fournissent des indications utiles pour le choix des glands et du substrat en vue de produire des plants de chêne liège vigoureux et adaptés aux contraintes de transplantation.

Mots clés : chêne liège, glands, substrat, pépinière, croissance.

1. Introduction

Le chêne-liège est l'une des plus importantes essences forestières dans le bassin méditerranéen eu égard aux superficies occupées et aux multiples rôles socio-économiques et écologiques. Toutefois, à l'instar dans tous les pays subéricoles, la forêt de chêne liège en Algérie connaît une dégradation continue sous les effets conjugués de plusieurs facteurs naturels, anthropiques et de gestion forestière dont les conséquences sont une diminution de superficie, une baisse continue de production de liège et des problèmes de régénération naturelle et de dépérissements (Yessad, 2000 ; Abbas, 2006 ; Letreuch, 2009 ; Mechergui et al., 2023). La superficie occupée est passée de 440 000 ha au cours des années 1950 (Boudy, 1952) à 357 000 ha en 2008, constitués en majorité de vieilles futaies (DGF, 2008).

Face à ce déclin continu, la réussite de la régénération du chêne-liège reste une des préoccupations majeures des forestiers sur le terrain. Pour surmonter cette difficulté, le recours au reboisement par transplantation s'est imposé comme une alternative incontournable pour renouveler les peuplements et assurer par conséquent la pérennité de cette noble essence. Toutefois, la réussite d'une telle opération nécessite, entre autres, un choix judicieux du matériel végétal (glands) et le passage par la phase pépinière qui est un maillon clé pour la production de plants de qualité, capables de faire face au choc de transplantation, de s'établir et de croître sur le terrain (Lamhamedi et al., 2000 ; Benamirouche, 2020).

La disponibilité des glands de qualité et d'origine génétique connue reste l'une des contraintes majeures de la filière production de plants en pépinière. Des études ont montré la grande variabilité entre les arbres de chêne liège au sein d'un même peuplement au vu de la taille/poids des glands (Thill, 1994 ; Merouani et al., 2001a ; Chouial et al., 2020 ; Mechergui et al., 2021 ; Chouial et al., 2022 ; Benamirouche et al., 2022). Cette variabilité de taille des glands entre individus de la même provenance pourrait avoir un effet sur la germination, l'émergence, la survie et la vigueur des jeunes plants (Merouani et al., 2001b ; Karrfalt, 2004 ; Ennajeh et al., 2013).

En plus, s'ajoute la qualité du support d'élevage qui reste le paramètre le plus important dans la filière production de plants du fait que nous continuons à utiliser des supports d'élevage comme la terre prise sur place et l'humus forestier de qualité physico-chimiques médiocres et qui constituent, en plus, une source latente d'agents pathogènes (Lamhamedi et Fortin, 1994). De plus, le prélèvement excessif de la couche superficielle sous les peuplements forestiers affecte négativement l'écosystème déjà fragile. A ce propos, l'intégration du compost de déchets verts constitue un choix potentiel à développer en raison notamment de sa richesse en matière organique, en minéraux et en azote (Bakry et al., 2012 ; M'Sadak et al., 2013 ; M'Sadak et al., 2014 ; Benamirouche et al., 2018 ; Chouial et al., 2018).

Face à cette situation, ce travail vise à développer des solutions et/ou alternatives pouvant contribuer à lever certaines contraintes entravant les pépinières forestières appelées à fournir des plants de qualité pour les projets de reboisement. Dans cette étude, nous nous sommes particulièrement intéressés aux facteurs taille/poids de glands et substrat de culture. En effet, ces deux facteurs peuvent être considérés comme les principaux facteurs qui contrôlent la qualité de plants en pépinière et leur capacité à résister au stress de transplantation.

C'est dans ce sens que s'inscrit l'expérimentation conduite au niveau de la pépinière expérimentale de la station régionale de recherche forestière de Jijel dont l'objectif général était de contribuer à l'amélioration de l'efficacité des efforts de régénération artificielle par transplantation des plants chêne liège de qualité. En particulier, il s'agit de :

- Vérifier s'il existe une relation entre la taille/poids des glands et la qualité des plants produits, avec comme pour hypothèse que les gros glands fournissent plus de ressources et d'énergie nécessaires au développement des plantules après germination que les petits glands ;
- Quantifier les gains en croissance et en qualité des plants élevés en compost par rapport aux plants élevés en substrat sans compost ;

- Evaluer l'effet combiné du substrat et taille / poids des glands sur les paramètres de croissances des plants en phase pépinière ;
- Proposer des standards de culture relatifs à l'élevage des plants de chêne liège permettant d'améliorer la qualité de plants et par conséquent les taux de réussite après plantation.

2. Matériel et Méthodes

L'expérimentation a été menée au niveau de la pépinière de la station régionale de recherche forestière de Jijel à l'Est Algérien. Le climat est de type méditerranéen avec une température moyenne annuelle de 18 °C et des précipitations annuelles moyennes de 1100 mm.

2.1. Matériel végétal

Les glands utilisés dans l'expérimentation ont été récoltés en quantité suffisante en décembre 2022 dans un peuplement de chêne liège situé près de la pépinière d'élevage à Kissir relevant de la forêt domaniale d'El-Aouana – Jijel (36°47'26,61"N, 5°39'55,24"E, élévation 20-50 m). Les glands récoltés ont été triés et nettoyés puis caractérisés du point de vue pondéral (P, g) à l'aide d'une balance de précision au 1/100 et séparés en trois classes de taille ([Figure 1](#)) : petits ($P < 5$ g), intermédiaires ($5 < P < 9$ g) et gros ($P > 9$ g). Les glands ont été ensuite entreposés, après un traitement fongicide à base de 80 % de Thirame (Rhodiasan®), en couches séparées par la poudre de liège dans des fûts en plastique et mis en conservation en chambre froide maintenue à une température oscillant de 0 à 2°C ([Benamirouche et al., 2018](#)).

2.2. Conduite de l'essai

2.2.1. Choix des substrats de culture

Deux types de substrats ont été utilisés dans cette étude. Le premier substrat est constitué de compost pur produit au niveau de la station INRF de Jijel à partir de broyat de feuilles et de branches d'*Acacia cyanophylla* Lindl. de diamètre inférieur à 5 cm durant trois mois de compostage, dont les principales propriétés chimiques et physiques sont conformes aux normes citées par [Foucard \(1994\)](#)



Figure 1. Classe de la taille des glands

et Argilier et al. (1999), à savoir un pH neutre (7,02), une richesse en matière organique (91,2%), une teneur en azote total assez importante (3 %), une faible densité (0,23 g/cm³) et une capacité de réserve en eau élevée (61,1 %). Le deuxième substrat est constitué de terre végétale récupérée des alentours de la pépinière, elle a une texture limono-argilo-sableuse, un pH basique (8,6), moyennement riche en matière organique (7,93%) et pauvre en azote (0,14%).

2.2.2. Semis de glands

Cent vingt glands de chaque classe de taille (<5 g, 5 à <9 et > 9 g) ont été séparément semés en Mai 2023, à raison d'un gland disposé horizontalement au centre du conteneur WM de 400cc et enfoncé à environ 2 cm dans le substrat. Le plan d'expérience en pépinière était un dispositif en blocs complets randomisés, composé de six traitements avec trois répétitions et à deux facteurs (classe de taille de gland et substrat). Chaque traitement est représenté par trois caissettes contenant chacune 40 conteneurs et déposées aléatoirement au sein du bloc. Le protocole expérimental a consisté en 720 plants (3 blocs x 6 traitements x 40 plants par traitement). L'élevage a été conduit sur châssis surélevés de 40 cm par rapport à la surface du sol et sous une ombrière verdâtre laissant passer environ 50 % d'ensoleillement. Après l'ensemencement des glands, les soins courants en termes de désherbage et arrosage ont été assurés au besoin durant tout le cycle d'élevage de 6 mois.

2.3. Mesures et observations

Afin d'évaluer l'effet seul ou combiné des facteurs taille de glands et substrat sur la croissance et la qualité des plants, plusieurs paramètres ont été mesurés tout au long du cycle d'élevage en pépinière.

2.3.1. Levée des semis

le nombre de plantules levées a été comptabilisé au rythme de 3 jours pendant une durée de 35 jours à partir de la date de semis de glands. La levée est considérée par l'apparition du coléoptile à la surface du substrat. Les données relevées ont été utili-

sées pour calculer le taux de levée (L, %) et le temps moyen de levée (TML, jours).

2.3.2. Hauteur des tiges, diamètre au collet et nombre de feuilles

La hauteur des tiges des plants (H, cm) a été mesurée par une règle graduée depuis le collet jusqu'au bourgeon terminal.

Le diamètre au collet des plants (D, mm) a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse à affichage digital d'une précision de 1/100 mm.

Le quotient de robustesse est calculé en divisant la hauteur du plant (cm) par son diamètre au collet (mm).

Le nombre de feuilles émises par tige a été compté du bas vers le haut. Pour minimiser les risques d'erreurs et arriver à une grande fiabilité des tests statistiques, nous avons opté pour un échantillonnage optimal et réalisable de 25% de l'effectif total (10 plants par caissette), ce qui représentait un total de 180 plants mesurés chaque mois.

Les plants mesurés ont été choisis aléatoirement au sein des caissettes et des blocs et étiquetés pour faciliter leur suivi tout au long de l'expérimentation.

2.3.3. Biomasse de la partie aérienne, racinaire et surface foliaire

À la fin du cycle d'élevage, la biomasse sèche des parties aériennes et racinaires a été déterminée après séparation des deux parties puis leur pesée à l'aide d'une balance de précision au 1/100 après séchage à l'étuve à une température de 80° C pendant 48 heures.

Pour des raisons pratiques, nous avons prélevé aléatoirement cinq (05) plants par caissette, donc 15 plants par traitement, ce qui correspond à un total de 90 plants. Les mêmes plants ont servi aussi pour mesurer les paramètres de feuilles (nombre de feuilles/plant, surface foliaire/plant, surface foliaire moyenne/plant).

La surface foliaire a été déterminée par la méthode de pesée : sur une feuille choisie aléatoirement, un carré de 1cm² a été soigneusement prélevé avec un cutteur, puis pesé à l'aide d'une balance de précision. Le poids total des feuilles par plant est converti par la suite à une surface foliaire en cm².

2.4. Analyse des données

Les données relevées au cours de cette expérimentation ont été interprétées statistiquement par une analyse de variance à un et deux facteurs de variation (taille des glands et substrat de culture). Dans le cas où les différences étaient significatives, le test de Newman-Keuls a été utilisé pour classer les valeurs par groupes homogènes au seuil de probabilité de 5 %. Par ailleurs, pour déterminer la relation entre les variables et les traitements, nous avons réalisé une analyse en composantes principales (ACP). Les données en pourcentage ont subi une transformation angulaire en arcsin avant analyse (Zar, 1996). Les données ont été saisies à l'aide du tableur Excel et traitées avec le logiciel XLSTAT version 2014. Les résultats ont été considérés comme significatifs quand $p \leq 0,05$ et hautement significatifs quand $p < 0,001$.

3. Résultats

3.1. Levée des plantules

Les taux moyens de levée ont été très satisfaisants, ils ont varié de 79,13% pour les glands semés dans le substrat à base de compost d'Acacia à 81,66% pour les glands semés dans la terre végétale (Tableau 1). La vitesse de levée exprimée par le temps moyen de levée a été relativement plus rapide pour les glands semés dans le substrat à base de compost que pour la terre végétale avec des valeurs respectives de 20,22 et 21,80 jours en moyenne. L'analyse de variance n'a pas montré d'effet significatif du substrat, de la taille des glands ou de leur interaction sur le taux et le temps moyen de levée des glands.

La Figure 2 illustre l'évolution du taux cumulé de levée des glands semés dans les deux types de substrats testés en fonction de la taille des glands au cours d'une trentaine de jours après le semis. Lors du premier comptage (10 jours après semis), on a constaté un taux de levée relativement élevé pour le substrat à base de compost avec un taux moyen de 8.61 % contre 3.33% pour la terre végétale. Par ailleurs, la comparaison des moyennes relatives à chacune des trois classes de poids montre que les glands de taille intermédiaires (5 à < 9g) ont révélé les meilleurs taux de levée. Globalement, les courbes d'évolution du taux de levée suivent une allure identique pour l'ensemble des traitements. Les plantules issues du semis de glands de taille intermédiaire en compost ont affiché une levée plus rapide que les plantules des autres traitements. L'évolution la plus lente du taux de levée est observée au niveau de la classe des petits glands (< 5 g). Les taux finaux cumulés obtenus sont satisfaisants pour l'ensemble des traitements et dépassent les 70 %.

3.2. Influence de la taille des glands et du substrat sur les plants de chêne-liège

L'examen du Tableau 2 met en évidence l'effet hautement significatif du substrat et de la taille des glands et leur interaction sur la hauteur des tiges et la biomasse sèche racinaire des plants de chêne liège à la fin de cycle d'élevage. En revanche, les autres paramètres de croissance comme le diamètre au collet ont été significativement affectés par chacun des facteurs substrat et taille de glands mais pas par leur interaction.

Tableau 1. Variation des paramètres de levée par traitement.

Modalité	<5g	5- 9g	> 9g
TL -Compost (%)	73,33 ^a ± 3,01	83,33 ^a ± 3,01	80,83 ^a ± 7,13
TL- TV (%)	83,30 ^a ± 9,29	79,16 ^a ± 5,84	82,50 ^a ± 1,45
TML -Compost (j)	20,69 ^a ± 0,72	18,10 ^a ± 0,19	21,87 ^a ± 2,24
TML -TV (j)	22,82 ^a ± 2,49	20,80 ^a ± 2,32	21,33 ^a ± 0,15

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± incertitude. Les valeurs d'une même colonne, suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Newman-keuls au seuil de 5%. j : jour ; g : gramme.

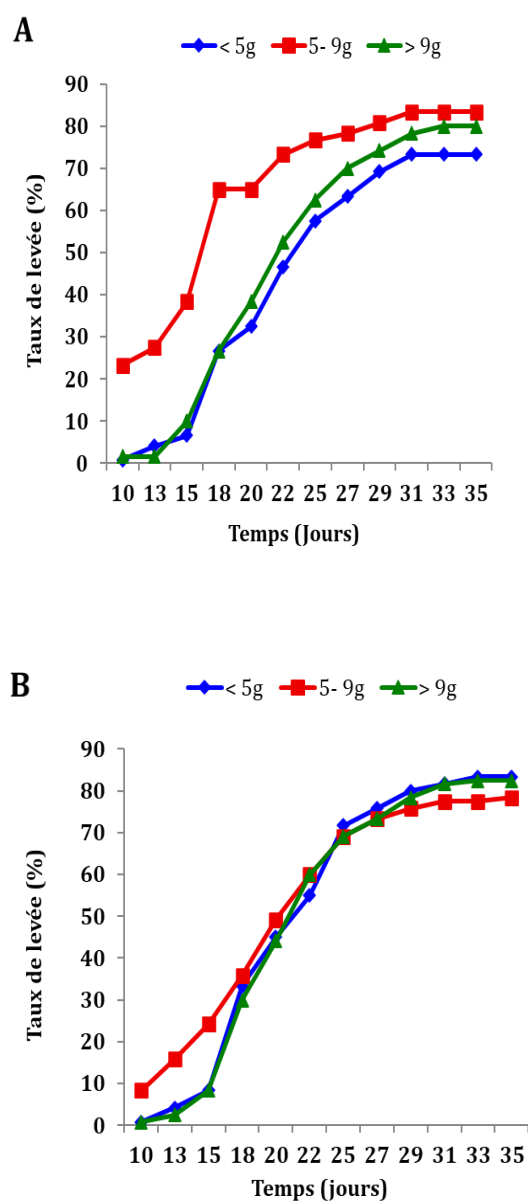


Figure 2. Evolution du taux de levée des glands des trois classes taille en fonction du substrat de culture. **A** : Compost d'Acacia. **B** : Terre végétale.

3.2.1. Les caractéristiques dimensionnelles

Croissance en hauteur

Les Figures 3 et 4 illustrent l'évolution de la hauteur des tiges des plants de chêne liège en fonc-

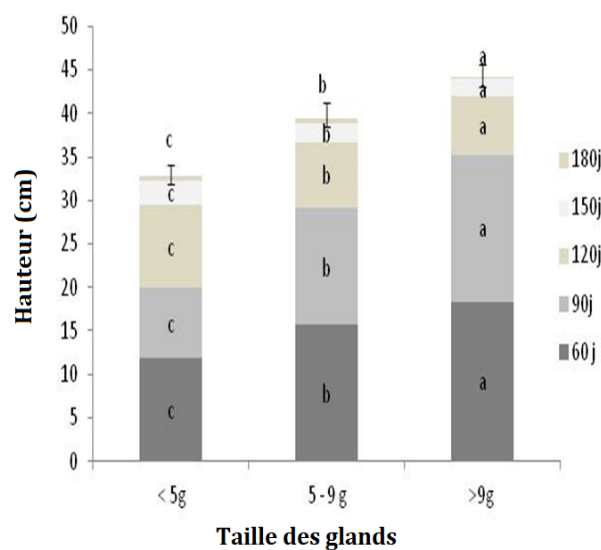


Figure 3. Croissance en hauteur des plants de chêne-liège en fonction de la taille des glands.

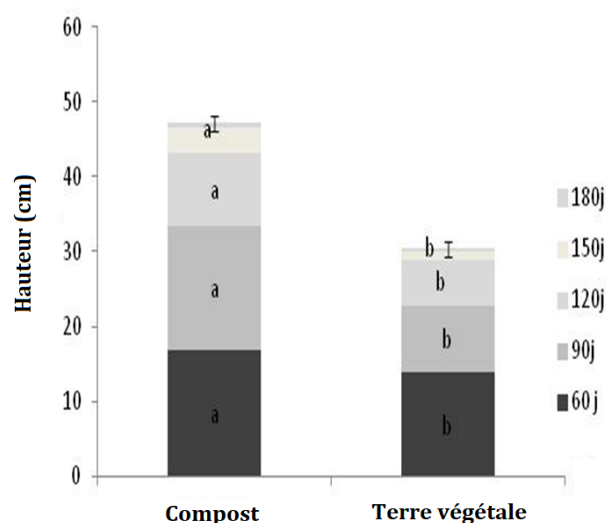


Figure 4. Evolution de la croissance en hauteur des plants de chêne liège en fonction du substrat

tion des substrats et de la taille des glands. Les résultats obtenus sont les moyennes de mesures à raison de 10 plants /substrat/taille de glands x 3 répétitions = 180 plants /traitement.

L'analyse de variance des données relatives à la hauteur des tiges du 60^{ème} au 180^{ème} jour après le semis révèle un effet hautement significatif du type

de substrat et de classe de poids de glands sur l'évolution de la croissance en hauteur ($P < 0,0001$). En effet, entre les trois classes de poids de glands, la hauteur la plus élevée a été obtenue dès le début de croissance des plants avec les gros glands (>9 g), alors que la hauteur la plus faible a été enregistrée avec les petits glands (< 5 g). En fin de cycle d'élevage, les hauteurs moyennes des plants ont oscillé entre $44,08 \pm 1,54$ et $32,81 \pm 1,31$ cm respectivement pour les gros et les petits glands. Les gros glands ont permis donc des gains en hauteur de 14,12% et 34,34% par rapport aux glands de taille moyenne et de petite taille, respectivement. Les plants issus de gros glands avaient un accroissement moyen mensuel appréciable de 6,42 cm/mois alors que ceux des glands de moyenne et petite taille ont affiché des accroissements moyens respectifs de 5,95 cm/mois et 5,21 cm/mois.

En fin du cycle d'élevage, le substrat à base de compost a permis d'atteindre une hauteur moyenne maximale de $47,17 \pm 0,96$ cm contre $30,42 \pm 0,97$ cm pour la terre végétale, soit un gain de 55%. L'accroissement moyen mensuel en hauteur des plants élevés dans le compost a été de 7,57 cm/mois contre 4,16 cm/mois pour les plants élevés dans la terre végétale.

Croissance en diamètre

Les Figures 5 et 6 représentent l'évolution de la croissance en diamètre des plants en fonction des classes des poids des glands et le type de substrat. L'analyse de la variance a montré un effet hautement significatif des facteurs poids des glands et substrat sur la croissance en diamètre des plants ($p = 0,0001$) au seuil de 5%. Les plants issus des gros glands ont maintenu leur supériorité en diamètre tout le long du cycle d'élevage. A la dernière mesure, les plants issus de gros glands ont atteint un diamètre moyen de 5,53 mm, suivis par les plants issus de gland de la classe poids moyen avec un diamètre de 4,89 mm, alors que les glands issus de petits glands ont atteint un diamètre moyen de 4,39 mm. Le diamètre au collet moyen des plants produits par les gros glands était de 13% et 26% plus grand que celui des plants issus des glands de moyenne et petite taille, respectivement. De même, les plants élevés en compost d'Acacia ont affiché un diamètre moyen de 5,10 mm alors que les plants

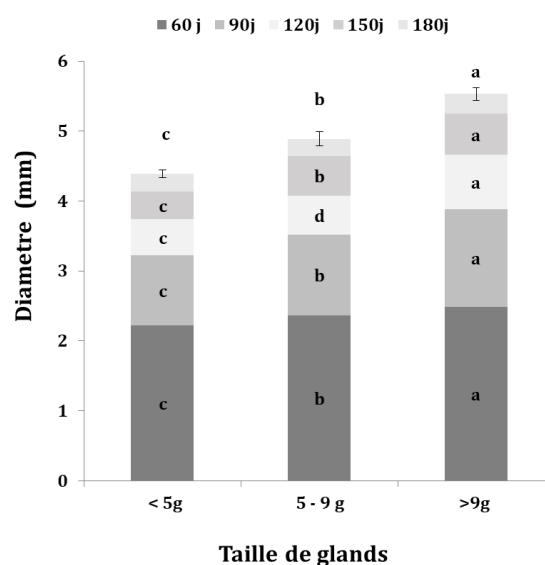


Figure 5. Croissance en diamètre des plants de chêne liège en fonction de la taille de glands

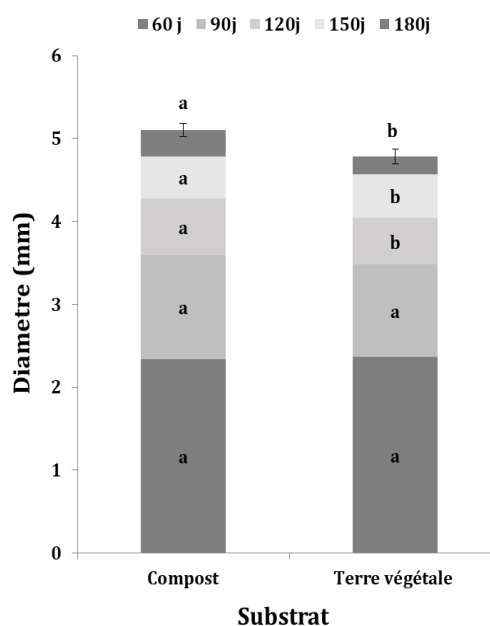


Figure 6. Croissance en diamètre des plants de chêne liège en fonction du substrat

élevés en terre végétale ont affiché un diamètre moyen de 4,78 mm.

Tableau 2. ANOVA bifactorielle des paramètres mesurés.

Paramètres mesurés	Source de variation	F _{obs}	F.T	Signification
Hauteur de la tige (cm)	Taille de glands	31,65	7,41	***
	Substrat	207,61	7,41	***
	Substrat x taille de glands	3,33	3,09	*
Diamètre au collet (mm)	Taille de glands	49,26	7,41	***
	Substrat	11,16	7,41	***
	Substrat x taille de glands	1,53	3,09	NS
Nombre de feuilles par tige (NF)	Taille de glands	4,85	7,41	***
	Substrat	56,01	7,41	***
	substratxtaille de glands	0,69	3,09	NS
Surface foliaire moyenne par tige (cm²)	Taille de glands	43,88	7,41	***
	Substrat	2,92	7,41	***
	Substrat x taille de glands	0,22	3,09	NS
Biomasse de la partie aérienne (BA) (g)	Taille de glands	45,88	7,41	***
	Substrat	60,41	7,41	***
	Substrat x taille de glands	1,40	3,09	NS
Biomasse des racinaires(BR) (g)	Taille de glands	33,99	7,41	***
	Substrat	28,16	7,41	***
	Substrat x taille de glands	3,67	3,09	*

F_{obs} : Test de Fisher observé. F.T : Valeur de critique de la table de Fisher. NS : non significatif, *significatif, ***très hautement significatif.

Quotient de robustesse

Les résultats de ce paramètre sont présentés par la Figure 7. Le test statistique n'a pas révélé d'effet significatif de la taille des glands sur le quotient de robustesse ($p > 0,05$). Les valeurs enregistrées sont conformes aux normes et ont varié de 7,46 à 8,06 en fonction de la taille des glands. En revanche, pour ce qui est de l'effet du substrat, les résultats obtenus montrent que les plants élevés dans le substrat à base de compost d'Acacia ont des quotients plus élevés par rapport aux normes préconisées pour les plants de chêne liège, alors que les plants élevés dans la terre végétale ont enregistré un rapport significativement plus faible que le compost.

Evolution du nombre moyen de feuilles

Les résultats du Tableau 3 montrent l'évolution progressive du nombre moyen de feuilles par tige au cours du temps. Cette évolution a été affectée d'une manière significative ($p < 5\%$) par la taille des glands et le type de substrat à toutes les dates de mesure. A la fin du cycle d'élevage, le nombre

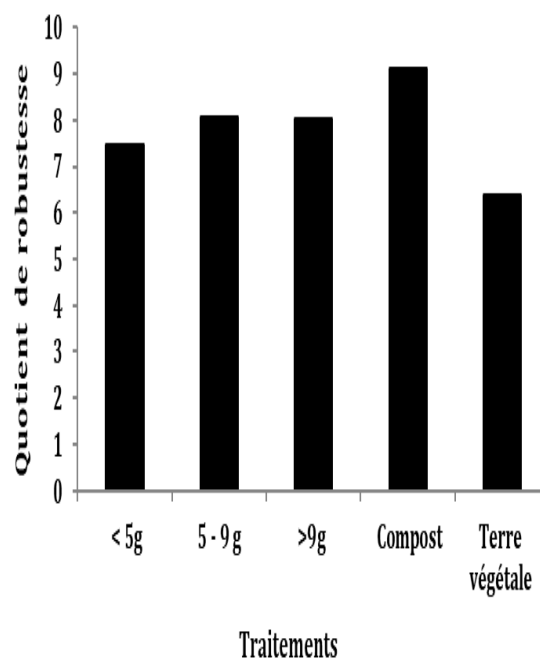


Figure 7. Variation du quotient de robustesse en fonction de la taille des glands et du substrat

Tableau 3. Effet de la taille des glands et du substrat sur le nombre moyen de feuilles.

Paramètre	Taille des glands			Substrat	
	< 5g	5 à < 9 g	>9g	Compost	Terre végétale
60j	10,31 ^c ± 0,33	11,93 ^b ± 0,47	13,53 ^a ± 0,48	13,34 ^a ± 0,44	10,51 ^b ± 0,41
90j	18,80 ^c ± 0,86	22,31 ^b ± 0,84	26,80 ^a ± 1,31	25,85 ^a ± 0,72	19,42 ^b ± 1,26
120j	27,60 ^b ± 1,10	27,80 ^b ± 1,16	32,75 ^a ± 1,48	33,64 ^a ± 1,02	25,12 ^b ± 1,29
150j	31,10 ^{ab} ± 1,24	29,85 ^b ± 1,21	34,58 ^a ± 1,50	36,91 ^a ± 1,02	26,77 ^b ± 1,30
180j	32,13 ^{ab} ± 1,27	30,23 ^b ± 1,23	35,32 ^a ± 1,34	37,60 ^a ± 1,03	27,52 ^b ± 1,34

j : jours. Les moyennes d'une même colonne suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Newman-Keuls (5 %).

moyen de feuilles par tige a varié de 30,23 à 35,32 feuilles/ plant. Le nombre le plus important de feuilles a été enregistré chez les plants issus de gros glands (> 9g), suivi par les plants issus des glands de taille moyenne (5 à 9 g). De même, les plants élevés dans le substrat à base de compost ont émis plus de feuilles (37,60 feuilles/ plants) que ceux élevés dans le substrat à base de terre végétale (27,52 feuilles/plant).

Surface foliaire

L'analyse des traits morphologiques des feuilles (poids, surface totale et surface moyenne des feuilles) montre des différences très hautement significatives entre les classes des tailles des glands et le type de substrat (Tableau 4). En effet, les plants issus des gros glands (>9g) se distinguent par des feuilles de grande dimension (SF= 142,35 cm², SFM=4,13 cm²) alors que les plants issus des petits glands (< 5 g) se distinguent par des feuilles de petite dimension (SF=77,96 cm², SFM=2,54

cm²). Il apparait aussi que les plants élevés dans le substrat à base de compost d'Acacia ont donné des valeurs (SF=128,49±4,46, SFM= 3,50 ± 0,12 cm²) nettement supérieures à celles enregistrées dans le substrat à base de terre végétale (SF=90,11± 4,26, SFM=3,26±0,12 cm²).

3.2.2. Les caractéristiques pondérales

Biomasse de la partie aérienne et racinaire

Le Tableau 5 montre l'effet hautement significatif de la taille des glands et le type de substrat sur la production de la matière sèche des parties aériennes et racinaires des plants de chêne liège. Les plants issus des gros glands (> 9 g) ont des masses sèches moyennes des parties aériennes et racinaires significativement plus élevées que les plants issus des glands de taille moyenne. Les petits glands (< 5 g) ont permis de produire significativement moins de biomasse que les glands de grande et de moyenne taille. En revanche, les ratios de bio-

Tableau 4. Traits morphologiques des feuilles en fonction de la taille des glands et du substrat.

Paramètre		Traits morphologiques		
		PF	SFT	SFM
Taille des glands	< 5g	2,33 ^c ± 0,09	77,96 ^c ± 3,05	2,54 ^c ± 0,07
	5 à < 9 g	3,22 ^b ± 0,12	107,60 ^b ± 3,91	3,47 ^b ± 0,10
	>9g	4,27 ^a ± 0,12	142,35 ^a ± 4,02	4,13 ^a ± 0,09
Substrats	Compost	3,85 ^a ± 0,13	128,49 ^a ± 4,46	3,50 ^a ± 0,12
	Terre végétale	2,70 ^b ± 0,13	90,11 ^b ± 4,26	3,26 ^a ± 0,12

PF : poids des feuilles ; SFT : surface foliaire totale ; SFM : surface foliaire moyenne. Les moyennes d'une même colonne suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Newman-Keuls (seuil de 5 %).

Tableau 5. Biomasse aérienne et racinaire en fonction de la taille des glands et des substrats

Paramètre		Biomasse aérienne (BA)	Biomasse racinaire (BR)	BA/BR
Taille des glands	< 5g	2,39 ^c ± 0,09	5,35 ^c ± 0,18	0,45 ^a ± 0,02
	5 à < 9 g	3,30 ^b ± 0,14	7,40 ^b ± 0,27	0,44 ^a ± 0,01
	>9g	4,32 ^a ± 0,15	8,62 ^a ± 0,25	0,52 ^a ± 0,02
Substrats	Compost	3,98 ^a ± 0,16	7,99 ^a ± 0,28	0,51 ^a ± 0,02
	Terre végétale	2,70 ^b ± 0,13	6,25 ^b ± 0,26	0,44 ^b ± 0,02

Les moyennes d'une même colonne suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Newman-Keuls (seuil de 5 %).

masse ont été statistiquement similaires pour les 3 classes de taille de glands. De même, les plants élevés dans le substrat à base de compost ont produit significativement plus de matière sèche par rapport aux plants élevés dans la terre végétale.

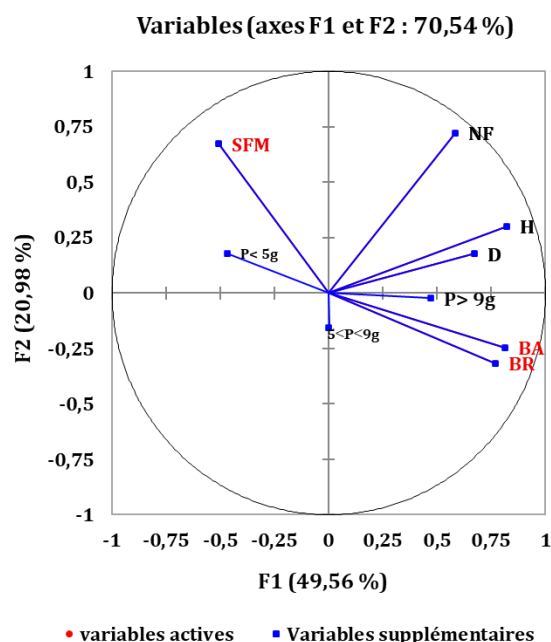
3.2.3. Corrélation variables-traitements

La Figure 8 présente les résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) réalisée pour déterminer la corrélation entre les paramètres de croissance mesurés pour les plants de chêne liège et la taille de glands. L'examen de la matrice montre que les axes F1 (49,56%) et F2 (20,98%) expliquent 70,54% des informations.

Le cercle des corrélations de l'ACP démontre la supériorité des gros glands (> 9g) pour les attributs de plants mesurés de par les corrélations positives avec le diamètre au collet, la hauteur des tiges, le nombre de feuille et les biomasses sèches aériennes et racinaires.

4. Discussion

Les données relevées dans le cadre de cette étude montrent globalement que la croissance et la qualité des plants de chêne liège dépend des facteurs de production en pépinière comme la taille des glands et le substrat d'élevage. En matière de taille de glands, nos résultats consolident des travaux antérieurs (Merouani et al., 2001a, Chouial et al., 2020 ; Benamirouche et al., 2022) sur la variabilité morphologique des glands de chêne liège. Les écarts de taille sont assez importants entre les glands

**Figure 8.** Résultats de l'ACP poids de glands - paramètres de croissance.

comme entre les deux classes de poids $P < 5$ g et $P > 9$ g utilisés dans le cadre de cette étude.

La levée est considérée comme un premier diagnostic de réussite d'une culture. L'analyse de variance n'a pas révélé d'effet significatif des facteurs taille de glands et substrat sur le taux final de levée, lequel était satisfaisant pour l'ensemble des traitements. Par contre, la vitesse de levée exprimée par le temps moyen de levée a été légèrement plus rapide chez les glands de grande taille (>9g) par rapport aux deux autres classes de taille de glands.

Cette amélioration de la vitesse de levée est attribuée à une meilleure disponibilité des réserves nutritives chez les gros glands par rapport aux glands plus petits (Tilki, 2010 ; Rachita et al., 2017). Nos résultats sont comparables à ceux trouvés par Sarir et al. (2017) et Kholkhal et Benmahioul (2021) qui ont obtenu des taux de levée supérieurs à 80 % chez les trois espèces de chêne (chêne vert, chêne liège et chêne zéen) élevées en pépinière. Une levée rapide et uniforme confirme la maturité totale du compost utilisé comme substrat d'élevage (absence d'effet inhibiteur) et constitue, selon De Ron et al. (2016) et Koumiche et Benmahioul (2016), une caractéristique souhaitée permettant aux semis de passer rapidement à la phase de croissance.

Les paramètres de la croissance des plants telles que la hauteur, le diamètre au collet et l'organogénèse foliaire sont souvent utilisées pour apprécier la qualité des plants en pépinière. La croissance en hauteur et en diamètre des plants de chêne liège a été affectée d'une manière hautement significative par le type de substrat, la taille (poids) des glands et leur interaction. Les plants issus du semis de gros glands et élevés dans le substrat à base de compost ont affiché une meilleure croissance en hauteur et en diamètre tout le long du cycle d'élevage, ce qui démontre clairement que les conditions étaient plus propices à la croissance des plants par rapport aux plants issus de petits glands et semés en terre végétale ayant affiché les plus faibles taux de croissance en hauteur et en diamètre. La cinétique de croissance en hauteur et en diamètre consolide les résultats antérieurs (Mechergui et al., 2013 ; Pinto et al., 2015 ; Benamirouche et al., 2018 et Chouial et al. 2020) qui ont montré que les plants ayant une croissance initiale plus élevée conservent souvent leur avantage au cours de leur séjour en pépinière. Bonfil (1998) attribuait la supériorité de croissance de plants de *Q. rugosa* et *Q. laurina* issus de semis de gros glands à une meilleure disponibilité des réserves dans les cotylédons par rapport aux petits glands. De plus, cette performance de croissance en hauteur résulte de l'utilisation du compost beaucoup plus riche en matière organique, en azote et en phosphore par rapport à la terre végétale (Shah et al., 2021 ; Chouial et Benamirouche, 2022). Des résultats similaires ont démontré que l'utilisation du compost a permis un gain significatif en diamètre de 47 %

chez les plants de chêne liège (Mechergui et al., 2021). Le quotient de robustesse hauteur/diamètre a été significativement influencé par le substrat de culture mais pas par la taille de glands confirmant ainsi les résultats de Kholkhal (2021) et de Hasnaoui et al. (2021). Il a été, en moyenne, plus élevé dans le substrat à base de compost que dans la terre végétale en raison d'une plus forte croissance en hauteur des plants élevés dans le compost. Les quotients enregistrés dans notre étude répondent aux normes citées par Lamehamedi et al. (2000) pour le chêne liège. L'équilibre entre la croissance en hauteur et en diamètre permet aux plants une meilleure stabilité vis-à-vis des conditions climatiques extrêmes (vent, etc.) après transplantation (Grossnickle et MacDonald, 2018).

La feuille est un organe essentiel dans la vie des végétaux. Un nombre important de feuilles indique une activité physiologique importante (photosynthèse, respiration et transpiration) de la plante et de sa production en biomasse (Fischesser et Dupuis Tate, 1996). Nos résultats montrent que l'organogénèse foliaire des plants a été influencée d'une manière très significative par la taille des glands. En effet, les glands de grande taille (>9g) ont donné un nombre moyen de feuilles par plant plus élevé que les glands de petite taille. Des résultats similaires ont été obtenus par Kholkhal (2021) avec des écarts allant de 6 à 11 feuilles entre les glands de grande taille et ceux de petite taille. Dans le même sens, les plants issus de gros glands se distinguent par des feuilles de plus grande dimension par rapport aux plants issus de petits glands.

La biomasse sèche des parties aériennes des plants a été significativement affectée par la taille de glands et le substrat de culture. Le test de corrélation a montré une corrélation positive entre la biomasse sèche aérienne et la taille des glands ($r = 0,54$) et le substrat de culture ($r = 0,50$). La biomasse sèche aérienne des plants issus des gros glands et élevés dans le substrat à base de compost a été supérieure à celle des autres plants avec un gain plus de 50% en poids sec. La biomasse sèche des parties racinaires a été aussi significativement influencée par le type de substrat et le poids de glands et leur interaction. Elle a été, en moyenne, toujours significativement plus importante pour les plants élevés dans le compost et issus des semis des gros glands. Ce résultat soutient les travaux de

Kormanik et al. (1998) sur les glands du chêne rouge, qui ont rapporté que plus la taille des glands est grande, plus la différence entre les systèmes racinaires est plus prononcée. Cette relation élucide l'avantage physiologique des gros glands par rapport aux petits glands basé sur l'épuisement des réserves en glucides dans les cotylédons (Rachita et al., 2017).

Le rapport biomasse tige /biomasse racine permet de donner 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'effet des paramètres testés. 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 qu'un bon plant de chêne liège devrait avoir un ratio de biomasses tige/racine proche de 2. Dans cette étude, le rapport a été significativement affecté par le type de substrat. Il était, en moyenne, légèrement plus faible pour les plants élevés dans la terre végétale que pour les plants élevés dans le compost (0,44 contre 0,50).

5. Conclusion

La présente étude a permis de mettre en évidence l'effet de la taille des glands et du substrat de culture sur la croissance des plants de chêne liège en pépinière. Pratiquement tous les paramètres de croissance de plants ont été significativement affectés par les deux facteurs étudiés et leur interaction. Parmi les traitements testés, les meilleures performances de plants de chêne liège ont été obtenues à partir du semis de gros glands dans le substrat à base de compost. De plus, les résultats montrent que le classement de glands en fonction de leurs poids peut entraîner une levée et un développement uniformes des semis. Par ailleurs, au vu des conditions difficiles de survie des plants transplantés sous climat méditerranéen, on peut suggérer de sélectionner les gros glands pour produire des plants de forte taille avec une biomasse racinaire importante permettant plus de surface de contact avec le sol, donc plus de potentiel de concurrence pour les ressources et de meilleures chances de survie.

En perspective, un suivi du comportement de plants en site de reboisement est nécessaire pour

valider les résultats de la phase pépinière et mettre à disposition des pépiniéristes des informations suffisantes pour un choix judicieux des glands et du substrat de culture permettant de produire de plants performants pour le reboisement.

Références

- Abbas, M. (2006). Le Potentiel subéricole et la possibilité de production. Atelier sur la gestion durable de la subéraie algérienne, El-Tarf, 30–31 octobre 2006.
- Argillier, C., Falconnet, G., & Gruez, J. (1999). Production de plants forestiers méditerranéens hors-sol. Dans Guide du forestier méditerranéen français (Chap. 6). CEMAGREF.
- Bakry, M., Lamhamedi, M. S., Caron, J., Margolis, H., Zine El Abidine, A., Bellaka, M., & Stowe, D. C. (2012). Are composts from shredded leafy branches of fast-growing forest species suitable as nursery growing media in arid regions? *New Forests*, 43, 267–286. doi.org/10.1007/s11056-011-9280-x
- Benamirouche, S., Chouial, M., & Messaoudene, M. (2018). Storage of cork oak (*Quercus suber* L., 1753) acorns and effect of storage duration on seedling vigour: Artificial regeneration implications. *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*, 73(1), 80–95. doi.org/10.3406/revec.2018.1913
- Benamirouche, S., & Chouial, M. (2018). Essai de production et de valorisation du compost d'*Acacia cyanophylla* pour la production de plants de chêne-liège (*Quercus suber* L.) : résultats en pépinière et après transplantation. *Déchets Sciences & Techniques*, 76, 21–32.
- Benamirouche, S. (2020). Essai d'amélioration de la qualité des plants de chêne-liège (*Quercus suber* L.) élevés en pépinière : implications pour la régénération artificielle de l'espèce (Thèse de doctorat). ENSA El Harrach.
- Benamirouche, S., Chouial, M., & Guechi, W. (2022). Effet de l'arbre producteur et de la durée de conservation sur le comportement physiologique de glands et la qualité des plants de *Quercus suber* L. *Agriculture and Forestry Journal*, 6(1), 41–54.
- Bonfil, C. (1998). The effects of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). *American Journal of Botany*, 85(1), 79–87. doi.org/10.2307/2446557
- Boudy, P. (1952). Guide du forestier en Afrique du Nord. Maison rustique.
- Chouial, M., Benamirouche, S., & Guerchi, W. (2018). Production et évaluation du compost d'*Acacia cyanophylla* Lindl. et de broussaille forestière pour la confection

- de substrats de culture. *Agriculture and Forestry Journal*, 2(1), 36–47.
- Chouial, M., Benamirouche, S., & Guechi, W. (2020). Effet de l'arbre producteur sur la croissance et la qualité de plants de chêne-liège (*Quercus suber* L.) en pépinière. *Agriculture and Forestry Journal*, 4(2), 121–130.
- Chouial, M., Benamirouche, S., & Guechi, W. (2022). Effet de l'arbre producteur et de la durée de conservation sur le comportement germinatif des glands de chêne-liège (*Quercus suber* L.). *Revue Agrobiologia*, 12(2), 3085–3094.
- De Ron, A. M., Rodiño, A. P., Santalla, M., González, A. M., Lema, M. J., Martín, I., & Kigel, J. (2016). Seedling emergence and phenotypic response of common bean germplasm to different temperatures under controlled conditions and in the open field. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1087. doi.org/10.3389/fpls.2016.01087
- Direction Générale des Forêts. (2008). Bilan annuel de la production du liège en Algérie.
- Ennajeh, A., Azri, W., Khaldi, A., Nasr, Z., Selmi, H., & Khouja, M. (2013). Variabilité génétique du chêne-liège (*Quercus suber* L.) en Tunisie : bilan d'un essai comparatif multisites. *Geo-Eco-Trop*, 37(2), 191–200.
- Fischesser, B., & Dupuis-Tate, M. F. (1996). *Le guide illustré de l'écologie*. Éditions de La Martinière.
- Foucard, J.-C. (1994). Filière pépinière : de la production à la plantation. Lavoisier.
- Grossnickle, S. C., & MacDonald, J. E. (2018). Why seedlings grow: Influence of plant attributes. *New Forests*, 49, 1–34. doi.org/10.1007/s11056-017-9606-4
- Hannah, J. (2006). Bonnes pratiques de culture en pépinières forestières : Directives pratiques pour les pépinières de recherche (Manuel technique n° 3). World Agroforestry Centre.
- Hasnaoui, F., Zouaoui, I., Chaabane, A., & Hasnaoui, B. (2021). Contribution à la sauvegarde de la subéraie tunisienne par renouvellement artificiel : fructification du chêne-liège et élevage des plants en pépinière. *Annales de l'INRGREF*, 22, 95–122.
- Karrfalt, R. P. (2004). How acorn size influences seedling size and possible seed management choices. In I. E. Riley (Ed.), *National proceedings: Forest and conservation nursery associations* (pp. 117–118). USDA Forest Service.
- Kholkhal, D., & Benmahioul, B. (2021). Effects of substrate on the germination and seedling growth of *Quercus suber* L. *Biodiversity Research and Conservation*, 64, 7–14. doi.org/10.2478/biorc-2021-0008
- Kholkhal, D. (2022). Caractérisation, germination et conservation du chêne-liège (*Quercus suber* L.) en Algérie (Thèse de doctorat). Université de Tlemcen.
- Kormanik, P. P., Sung, S., Kormanik, T. L., Schlarbaum, S. E., & Zarnoch, S. J. (1998). Effect of acorn size on development of northern red oak 1–0 seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 28(12), 1805–1813. doi.org/10.1139/x98-152
- Koumiche, F., & Benmahioul, B. (2016). Effet de quelques traitements physiques sur la germination des glands et la croissance ultérieure des plants de chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.). *Algerian Journal of Arid Environment*, 6(2), 83–92.
- 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 Agricultures*, 9, 369–380.
- Lamhamedi, M. S., & Fortin, J. A. (1994). La qualité des plants forestiers : critères d'évaluation et performances dans les sites de reboisement. Dans M. Abou-rouh (Ed.), *Actes de la première journée nationale sur les plants forestiers* (pp. 35–55). Centre de Recherche et d'Expérimentation Forestière.
- Letreuch-Belarouci, A., Letreuch-Belarouci, N., Benabdeli, K., & Medjahdi, B. (2009). Impact des incendies sur la structure des peuplements de chêne-liège et sur le liège : le cas de la subéraie de Tlemcen (Algérie). *Forêt méditerranéenne*, 30(3), 231–238.
- Mechergui, T., Pardos, M., Boussaidi, N., Hasnaoui, B., & Jacobs, D. F. (2013). Development of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings in response to tree shelters and mulching in northwestern Tunisia. *Journal of Forestry Research*, 24, 193–204. doi.org/10.1007/s11676-013-0345-x
- Mechergui, T., Pardos, M., Douglass, F., & Jacobs, D. F. (2021). Effect of acorn size on survival and growth of *Quercus suber* L. seedlings under water stress. *European Journal of Forest Research*, 140, 175–186. doi.org/10.1007/s10342-020-01323-2
- Mechergui, T., Pardos, M., Boussaidi, N., Jacobs, D. F., & Catry, F.-X. (2023). Problems and solutions to cork oak (*Quercus suber* L.) regeneration: A review. *iForest*, 16, 10–22. doi.org/10.3832/ifer3945-015
- Merouani, H., Branco, C., Almeida, M. H., & Pereira, J. S. (2001a). Effects of acorn storage duration and parental tree on emergence and physiological status of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. *Annals of Forest Science*, 58, 543–554.
- Merouani, H., Branco, C., Almeida, M. H., & Pereira, J. S. (2001b). Comportement physiologique des glands de chêne-liège (*Quercus suber* L.) durant leur conservation et variabilité inter-individus producteurs. *Annals of Forest Science*, 58, 143–153.
- M'sadak, Y., Hamdi, W., & Zaalani, Ch. (2013). Production et croissance des plants d'*Acacia* sur des substrats à base de tamisat de compost dans une pépinière hors-sol (Tunisie). *Revue Agriculture*, 6, 29–34.
- M'sadak, Y., & Ben M'barek, A. (2014). Caractérisation physico-hydrigue des substrats de culture à base de méthacompost avicole pour une meilleure valorisation. *Larhyss Journal*, 20, 167–187.
- Pinto, J. R., Davis, A. S., Leary, J. J. K., & Aghai, M. M.

- (2015). Stocktype and grass suppression accelerate the restoration trajectory of *Acacia koa* in Hawaiian montane ecosystems. *New Forests*, 46, 855–867. doi.org/10.1007/s11056-015-9492-6
- Pandey, R., Bargali, K., & Bargali, S. S. (2017). Does seed size affect water stress tolerance in *Quercus leucotrichophora* A. Camus at germination and early seedling growth stage? *Biodiversity International Journal*, 1 (1), 24–30. doi.org/10.15406/bij.2017.01.00005
- Sarir, R., & Benmahiou, B. (2017). Étude comparative de la croissance végétative et du développement de jeunes semis de trois espèces de chênes (chêne vert, chêne-liège et chêne zéen) cultivés en pépinière. *Agriculture and Forestry Journal*, 1(1), 42–48.
- Shah, S. U., Ayub, Q., Hussain, I., Khan, S. K., Ali, S., Khan, M. A., Haq, N., Mehmood, A., Khan, T., & Brahmi, N. C. (2021). Effect of different growing media on survival and growth of grape (*Vitis vinifera*) cuttings. *Journal of Advanced Nutrition Science & Technology*, 1, 117–124. doi.org/10.15228/ANST.2021.v01.i03.p03
- Thill, A. (1994). La sylviculture du chêne rouge d'Amérique en Belgique. Dans J. Timbal, A. Kremer, N. Le Goff, & J. Nepveu (Eds.), *Le chêne rouge d'Amérique* (pp. 254–264). INRA.
- Tilki, F. (2010). Influence of acorn size and storage duration on moisture content, germination and survival of *Quercus petraea* (Mattuschka). *Journal of Environmental Biology*, 31(3), 325–328.
- Yessad, S. A. (2000). Le chêne-liège et le liège dans les pays de la Méditerranée occidentale. Forêt Wallonne.
- Zar, J. H. (1996). *Biostatistical Analysis* (3e éd.). Prentice Hall.