

# Essai de production et de valorisation de compost d'*Acacia cyanophylla* pour la production de plants de chêne liège (*Quercus suber* L.) : résultats en pépinière et après transplantation

Samir Benamirouche<sup>1,2</sup>, Mebarek Chouial<sup>1</sup>

(1) Station régionale de recherche forestière de Jijel, Kissir, Jijel, Algérie.

(2) Ecole nationale supérieure agronomique, Avenue Hassan Badi - El Harrach – Alger, Algérie.

\*Auteur correspondant : [sbenamirouche@gmail.com](mailto:sbenamirouche@gmail.com)

## RÉSUMÉ

Cet article présente les résultats d'un essai conduit au niveau de la pépinière expérimentale de l'INRF de Jijel visant la production et l'évaluation des caractéristiques agronomiques du compost d'*Acacia cyanophylla* pour la production de plants de chêne liège. A cet effet, après élaboration du compost, neuf substrats à base de compost et un témoin à base d'humus forestier ont été confectionnés, caractérisés du point de vue physique et chimique et mis à l'essai en pépinière. La croissance des semis et la capacité de régénération racinaire mesurées en pépinière ainsi que la reprise après plantation ont été les paramètres utilisés pour juger la qualité des plants et l'effet du compost. Les résultats obtenus montrent que l'*Acacia cyanophylla* présente une bonne aptitude au compostage, son compost peut être facilement produit avec ou sans stimulateur. Le comportement des plants des dix substrats montre par ailleurs, que des améliorations qualitatives significatives ont été enregistrées chez les plants élevés dans les substrats à base de compost par rapport aux plants du témoin. Les plants élevés dans le compost affichent des gains significatifs de croissance allant de 28 à 48 % en hauteur, de 17 à 30 % en diamètre et de 15 % en biomasse, une meilleure capacité de régénération racinaire et une meilleure reprise sur le terrain par rapport aux plants du témoin. Il est donc possible d'améliorer la qualité des plants de chêne liège grâce à l'utilisation de compost d'*Acacia cyanophylla* comme substrat de culture en remplacement de l'humus forestier.

**MOTS-CLÉS :** chêne liège, substrat, compost, croissance, régénération racinaire, reprise

## ABSTRACT

This article aims to improve cork oak seedlings quality by use of compost to make growing media in substitution of the forest humus. *A. cyanophylla* composts were made with or without activator. Nine composts based growing media and a control made of forest humus were made, physically and chemically characterized and used for seedlings production in nursery according to a three block design. Seedlings growth and root growth potential measured in nursery as well as field recovery were monitored to highlight the compost effects on seedlings quality. *A. cyanophylla* compost improves cork oak seedlings quality as compared to forest humus. Seedlings supplied by compost based growing media showed significant growth gains ranging from 28% to 48% in height, 17% to 30% in diameter and 15% in dry matter, better root potential growth and better recovery in field as compared to those of control. *A. cyanophylla* has good composting ability; its compost can be easily produced even without activator. Cork oak seedlings quality can be improved with growing media based on *A. cyanophylla* compost.

**KEYWORDS:** cork oak, growing media, compost, seedlings growth, root growth potential, field recovery

# Essai de production et de valorisation de compost d'*Acacia cyanophylla* pour la production de plants de chêne liège (*Quercus suber* L.) : résultats en pépinière et après transplantation

Samir Benamirouche, Mebarek Chouial

## Introduction

Le terme substrat de culture en agriculture s'applique à tout matériau naturel ou artificiel qui, placé dans un conteneur, pur ou en mélange, permet l'ancrage du système racinaire et joue ainsi vis-à-vis de la plante le rôle de support ou intervient à des degrés divers dans l'alimentation hydrique ou minérale de la plante. Il peut être constitué d'un seul matériau ou d'un mélange de matériaux divers (Blanc, 1987).

En absence de substrat standard, les supports de culture utilisés en pépinières sont composés de terre disponible sur place utilisée seule ou mélangée généralement avec du sable. Ces substrats sont certes économiques mais plusieurs études (Fellah, 1979 ; Letreuch- Belarouci, 1981) ont démontré qu'ils ne permettaient pas de produire des plants de qualité en raison de leurs propriétés physiques et chimiques peu convenables.

À la recherche de substrats pouvant offrir de meilleures conditions de croissance aux plants en pépinière, une dizaine de tourbes de la région nord-est du pays ont été expérimentées à partir des années 1990 pour la production de plants de chêne liège et de pin maritime (Benamirouche et Dernane, 1999, Djellabi *et al.*, 2004 ; Kahia *et al.*, 2004). Les taux de croissance enregistrés en pépinière étaient comparables à ceux obtenus avec la tourbe blonde importée. Toutefois, l'exploitation à une échelle opérationnelle des tourbières ne peut pas être envisagée pour des raisons d'approvisionnement et de risques de dégradation des milieux d'extraction qui sont des zones humides d'importance internationale classées sites Ramsar.

En substitution à la tourbe blonde importée, d'autres matériaux organiques ont été expérimentés comme les grignons d'olives, la sciure de bois, les marcs de raisin et les noix d'abricot sans pour autant arriver à maîtriser parfaitement les seuils et les modalités de leur emploi. À la recherche de matériaux accessibles et répondant aux exigences de croissance des plants, plusieurs études se sont intéressées au recyclage des déchets urbains solides (Charnay, 2005 ; Ben Ammar, 2006 ; Tahraoui Douma, 2013), de la biomasse végétale (Miller et Jones, 1995 ; Ammari *et al.*, 2003) et animale (M'Sadak *et al.*, 2012a) à des fins agronomiques. En effet, le recours au compostage de la biomasse végétale constitue un choix potentiel à développer pour des raisons agronomiques et environnementales : restitution de la matière organique et réduction des émissions de gaz occasionnées par le brûlage des résidus sylvicoles.

Ainsi, au lieu d'incinérer la biomasse végétale issue des différentes opérations sylvicoles en forêt, de la taille d'arbres en ville et des chaumes, celle-ci est récupérée, compostée et valorisée dans la confection de substrats de culture pour l'élevage en pépinière de plants de diverses espèces. En effet, le compostage de la biomasse végétale fraîche est une étape indispensable pour stabiliser les matériaux organiques (Miller et Jones, 1995). Les résultats obtenus en pépinières ayant eu recours aux substrats à base de compost de déchets sylvicoles et agricoles pour l'élevage de plants de diverses espèces étaient très satisfaisants (Lemaire *et al.*, 1989 ; Landis, 1990 ; Miller et Jones, 1995 ; Ammari *et al.*, 2003). Toutefois, la généralisation de l'emploi du compost requiert tout d'abord la réponse à quelques préoccupations concernant la disponibilité et l'accessibilité du matériau envisagé, le coût de production, les caractéristiques agronomiques, le comportement en culture et l'existence de préjudices économiques et écologiques liés à son utilisation à grande échelle.

Parmi les espèces pouvant offrir une source renouvelable de matière verte à composter, l'*Acacia cyanophylla* Lindl. offre de réelles potentialités en raison notamment de sa croissance rapide permettant une exploitation à courte rotation et de sa disponibilité vis-à-vis des superficies plantées ces dernières années à travers tout le pays.

Ainsi, le présent article présente les résultats d'une étude menée au niveau de la pépinière expérimentale de la station régionale de recherche forestière de Jijel (Algérie) visant l'évaluation des possibilités d'introduction du compost dans le processus de production de plants forestiers via la production d'un compost d'*Acacia cyanophylla*, sa caractérisation et l'évaluation de son effet sur la qualité des plants de chêne liège (*Quercus suber* L.) en pépinière et après transplantation en parcelle expérimentale.

## I. Matériel et méthode

### I.1. Production du compost

L'objectif de cette phase était de produire un compost pour des essais en pépinière. L'*Acacia cyanophylla* constitue le matériel végétal utilisé pour la production du compost. Pour la préparation du broyat, les branches ayant un diamètre inférieur à 5 cm récoltées d'arbustes rabattus à proximité de la pépinière

expérimentale, ont été broyées à l'aide d'un broyeur doté d'un système à couteaux. Le broyat a été aussitôt mis en andains de 1,50 m x 1,50 m x 1,30 m sur une plate-forme en béton légèrement inclinée pour faciliter le drainage du lixiviat de compost.

Afin de stimuler le processus de compostage, deux intrants (urée et fientes de volailles) ont été ajoutés lors de la mise en andain du broyat. Au total, trois andains ont été constitués :

**Andain 1** : Broyat d'*Acacia cyanophylla* (sans intrant)

**Andain 2** : Broyat d'*Acacia cyanophylla* + urée (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO à raison de 3 kg d'urée/andain ajoutée en deux applications ; la première à la mise en andain et la deuxième lors du premier retournement (Lamhamedi et al., 2006).

**Andain 3** : Broyat d'*Acacia cyanophylla* + fientes de volailles, à raison de 0,20 m<sup>3</sup>/andain ajoutées en couches lors de la mise en andains.

La température et l'humidité à l'intérieur des andains ont été suivies comme deux variables essentielles de contrôle du processus (Finstein et Morris, 1975). Cinq mesures de température (4 aux coins et 1 au centre de l'andain) ont été réalisées quotidiennement à la même heure de la journée à l'aide d'un thermomètre étanche (HI 935005) équipé d'une sonde compost d'une longueur de 1,4 m. Les courbes d'évolution de la température à l'intérieur des trois andains ont montré des fluctuations aux alentours de 40°C. Le suivi journalier de la température permettait de détecter les différentes phases de compostage et d'intervenir pour réajuster les paramètres essentiels à l'activité microbienne qui sont l'oxygénation et l'humidité. Au besoin, des arrosages sans excès ont été effectués de façon à maintenir un taux d'humidité de 50 à 60 % (Barrington et al., 2002) et des retournements pour l'oxygénation.

Un test de germination a également été réalisé pour vérifier la maturité du compost. À cet effet, des graines de lentille ont été mises en germination dans des plaques de semis horticoles contenant 32 alvéoles de 100 ml de volume chacune et repotées avec des échantillons des trois composts élaborés. Les plaques ont été placées sur paillasse de laboratoire et humectées au besoin. L'absence d'effet phytotoxique a été jugée après le calcul du pourcentage de germination des graines dans les trois composts. En raison de la germination très rapide des graines, le test n'a duré que deux semaines durant lesquelles il nous a été possible d'observer l'état général des semis levés.

À la fin de l'opération de compostage, les composts élaborés ont été criblés avec un tamis de 10 mm afin d'éliminer les grosses particules non totalement compostées. Le rendement en compost a été calculé en déduisant le volume final après

maturation et criblage du volume initial de broyat mis en compostage. Une extrapolation a été faite pour calculer le rendement en compost d'un hectare planté en *Acacia cyanophylla*.

## 1.2. Valorisation du compost pour la production de plants de chêne liège

L'objectif de cette phase était d'évaluer les possibilités d'incorporation du compost d'*Acacia cyanophylla* en pépinière pour l'élevage des plants de chêne liège. À cet effet, en plus des trois composts élaborés, six substrats ont été confectionnés en substituant partiellement les trois composts avec de granulés de liège et de sable d'oued. Ainsi, neuf substrats à base de compost ont été mis à l'essai en pépinière en comparaison avec un témoin composé de proportions égales d'humus forestier et de granulés de liège, ordinairement utilisé en pépinière (tableau 1).

Après leur confection, des échantillons des dix substrats ont été mis en sachets étiquetés puis caractérisés au laboratoire de point de vue pH et conductivité en suspension de substrat dans l'eau (rapport 1/5), teneur en matière organique (perte au feu au four à moufle à 550°C pendant 4 heures), teneur en azote (méthode Kjeldahl), masse volumique apparente et porosité (méthode Lamhamedi et al., 2006).

### 1.2.1. Description du test

L'essai a été conduit en blocs aléatoires complets avec trois répétitions. Chaque substrat a été représenté par deux caissettes contenant chacune 40 conteneurs et déposées aléatoirement au sein du bloc. L'essai renfermait, ainsi, 2400 plants de chêne liège : 80 x 10 x 3.

Les glands utilisés sont récoltés d'arbres de chêne liège aux environs de la pépinière d'élevage et conservés en chambre froide de la récolte au semis. Avant le semis, les glands ont été mis en germination en sciure de bois maintenue humide au laboratoire. Le semis en pépinière a été effectué le 18/03/2013 à raison d'un gland prégermé par conteneur WM de Reidacker composé de deux parties emboîtables et sans fond et d'un volume de 400 cm<sup>3</sup>. L'élevage a été conduit en hors sol sur châssis surélevés à 40 cm de la surface du sol afin de permettre le cernage des racines au contact de l'air. Outre les soins courants assurés au besoin (arrosage et désherbage), aucun amendement n'a été apporté aux plants durant tout le cycle d'élevage.

### 1.2.2. Mesures et observations

Afin d'évaluer les performances des substrats élaborés, des mesures de hauteur H (cm), diamètre au collet D (mm) et biomasse (g) ont été effectuées sur un échantillon de 25 % de plants de chaque substrat au cours et en fin du cycle d'élevage. Les plants mesurés ont été aléatoirement choisis et étiquetés afin de faciliter leur suivi. Le ratio de robustesse Hauteur/

**Tableau 1. Nature et dosage (exprimé en proportion massique de l'apport) des substrats utilisés comme amendement dans les différents essais et le témoin.**

Référence	Compost de broyat d'Acacia	Compost de Broyat d'Acacia+ Urée	Compost de broyat d'Acacia+ Fientes de volailles	Humus forestier	Granulés de liège	Sable
<b>S0*</b>				50	50	
<b>S1</b>	100					
<b>S2</b>		100				
<b>S3</b>			100			
<b>S4</b>	80				10	10
<b>S5</b>		80			10	10
<b>S6</b>			80		10	10
<b>S7</b>	60				20	20
<b>S8</b>		60			20	20
<b>S9</b>			60		20	20

\* : témoin

diamètre H/D (cm.mm<sup>-1</sup>) a été subséquemment calculé. Pour la détermination des biomasses sèches, les tiges et les racines des plants échantillonnés ont été mis à l'étuve maintenue à 80°C pendant 24 heures, puis pesées.

### 1.3. Etude de la capacité de régénération racinaire et de la reprise après transplantation

Afin d'évaluer les performances des plants de chêne liège élevés dans les dix substrats testés, cinq plants de chaque substrat ont été aléatoirement choisis et repiqués avec leur motte dans des conteneurs plus volumineux (sachets en polyéthylène d'un volume de 4000 cm<sup>3</sup>) empotés avec du sable d'oued. Après deux mois de repiquage, les racines de tous les plants ont été soigneusement débarrassées du sable et délicatement lavées afin de ne pas abimer leurs racines notamment celles nouvellement formées. La capacité de régénération racinaire a été appréciée en mesurant le nombre, la longueur et la biomasse des nouvelles racines formées à l'extérieur de la motte initiale.

Par ailleurs, afin de confirmer les résultats obtenus en pépinière, un essai de confirmation a été effectué en parcelle expérimentale sise à proximité de la pépinière d'élevage. À cet effet, neuf plants âgés d'une année ont été aléatoirement sélectionnés de chaque substrat et transplantés avec leur motte en trous de plantation de 50 cm x 50 cm x 50 cm d'arête ouverts à la pioche. La plantation a été installée selon un dispositif en blocs aléatoires complets à trois répétitions comptabilisant un total de 90 plants. Mis à part les deux arrosages effectués en saison estivale, les plants n'ont pas été fertilisés et n'ont bénéficié d'aucun autre entretien.

La reprise des plants de chaque substrat a été déterminée après une année de transplantation en déduisant le nombre de plants morts du total des plants mis en terre. Les taux de reprise obtenus ont été utilisés pour des tests de corrélation avec les diamètres au collet et les rapports H/D des plants lors de la plantation, d'une part, et avec la capacité de régénération racinaire mesurée en pépinière, d'autre part.

### 1.4. Analyse des données

Les données relevées au cours de cette expérimentation concernant la croissance et la capacité de régénération racinaire des plants de chêne liège ont été interprétées statistiquement par une analyse de variance à un seul facteur de variation (substrat). Dans le cas où les différences étaient significatives, le test de Newman-Keuls a été utilisé pour classer les substrats par groupes homogènes au seuil de probabilité de 5 %. Par ailleurs, afin d'évaluer l'intensité de liaison entre les taux de reprise mesurés après transplantation et le diamètre au collet, le rapport H/D et la capacité de régénération racinaire mesurés en pépinière, nous avons procédé au calcul du coefficient de corrélation. Les analyses ont été effectuées par le logiciel XLSTAT.

## 2. Résultats

### 2.1. Effet du compost sur la qualité des plants de chêne liège

Les résultats obtenus de la caractérisation des substrats confectionnés et du suivi de l'évolution de la croissance des semis de chêne liège sont résumés ci-après.

### 2.1.1. Caractéristiques chimiques et physiques des substrats étudiés

Les résultats de la caractérisation physique et chimique des dix substrats étudiés sont synthétisés dans le tableau 2.

Les valeurs de pH mesurées pour les dix substrats étudiés ont varié entre 6,91 et 7,33 indiquant des pH neutres à légèrement alcalins, alors que les valeurs de conductivité ont été légèrement différents entre les substrats et ont varié de 0,01 pour le témoin et S9 à 0,44 mS/cm pour le substrat S2. Du point de vue matière organique, avec des teneurs oscillant entre 91,2 % à 96,4 % pour les essais à 100 % de compost, entre 51,4 % et 64,44 % pour ceux à 80 % de compost et entre 31,6 % et 39,8 % pour ceux 60 % de compost, les substrats à base de compost étaient de loin plus riches en matière organique que le témoin avec une teneur de 8,6 %. Les teneurs en azote ont varié de 0,7 (S0) à 3 % (S2, S3). Les valeurs du rapport C/N étaient ainsi 6,14 pour le substrat témoin et 8,10 à 17,21 pour les substrats à base de compost.

En ce qui concerne la porosité totale, les substrats à base de compost ont des porosités variant entre 70 % et 87,20 % alors que le témoin une porosité totale de 44,66 %.

Les masses volumiques apparentes des substrats ont varié avec les proportions de compost. En effet, les masses volumiques des substrats à 100 % de compost ont varié

entre 0,23 et 0,33 g/cm<sup>3</sup>, celles des substrats à 80 % de compost entre 0,34 et 0,4 g/cm<sup>3</sup> et celles des substrats à 60 % de compost entre 0,43 à 0,5 g/cm<sup>3</sup>, alors que celle du substrat témoin était de 0,93 g/cm<sup>3</sup>.

### 2.1.2. Croissance des plants

Les résultats des mesures des hauteurs, des diamètres au collet des semis, des rapports H/D, des biomasses aériennes (PSA) et racinaires (PSR) sont respectivement synthétisés dans les figures 2, 3, 4 et 5. La figure 1 illustre l'aspect des plants élevés dans les dix substrats.

Bien que les valeurs mesurées lors des deux premières mesures effectuées après 60 et 100 jours du semis n'étaient pas statistiquement différentes, les plants des substrats renfermant du compost étaient visiblement plus grands que les plants du substrat témoin sans compost dès le début de l'expérimentation. À la fin du cycle d'élevage, les plants élevés dans les substrats à base de compost ont atteint des hauteurs oscillant entre 29,15 et 39,90 cm et des diamètres oscillant entre 3,89 et 4,49 mm alors que les plants du témoin n'ont atteint que 20,75 cm en hauteur et 3,14 mm en diamètre. Pour ce qui est du rapport hauteur-diamètre, les plants des substrats à base de compost ont affiché des rapports oscillant entre 7,67 et 9,56 alors que les plants du témoin affichaient le rapport le plus bas avec une valeur de 6,6. Il apparaît aussi pour les biomasses aériennes que les substrats renfermant du compost ont produit plus de

**Tableau 2. Propriétés chimiques et physiques des substrats étudiés.**

Paramètres	Substrats									
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
<b>pH</b>	7,11	7,15	6,91	7,02	7,22	7,22	7,22	7,23	7,33	7,29
<b>CE (mS/cm)</b>	0,01	0,23	0,44	0,28	0,09	0,12	0,11	0,05	0,11	0,01
<b>Carbone total (%)</b>	4,3	48,2	46,1	45,6	32,22	25,7	29,3	19,9	15,8	17,7
<b>Matière organique (%)</b>	8,6	96,4	94,2	91,2	64,44	51,4	58,6	39,8	31,6	35,4
<b>Azote total (%)</b>	0,7	2,8	3	3	2,2	2,45	2,4	1,65	1,95	1,8
<b>C/N</b>	6,14	17,21	15,36	15,2	14,64	10,48	12,2	12,06	8,1	9,83
<b>Masse volumique (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0,93	0,23	0,26	0,33	0,34	0,4	0,38	0,43	0,46	0,5
<b>Porosité totale (%)</b>	44,66	74,8	71,2	85,5	87,6	87,2	86,4	70	68	87,2
<b>Porosité d'aération (%)</b>	12	26,66	17,86	24,4	24,4	25,2	19,6	15,2	13,6	36
<b>Porosité de rétention (%)</b>	32,66	48,13	53,33	61,1	63,2	62	66,8	54,8	54,4	51,2

À l'exception de la masse volumique et des porosités mesurées selon les méthodes décrites par Lamhamedi et al., 2006, les autres paramètres ont été mesurés selon les méthodes décrites par Aubert (1978).



Figure 1. Aspect des plants des dix substrats en fin de cycle d'élevage en pépinière.

Tableau 3. Capacité de régénération racinaire des plants de chêne liège

Substrats	Nombre de nouvelles racines	Longueur moyenne (cm)	Biomasse totale (g)
S0	22 a	19,68±3,11 a	0,28±0,09 b
S1	30 a	29,50±2,81 a	1,11±0,42 ab
S2	23 a	27,52±1,73 a	0,50±0,09 ab
S3	33 a	28,62±3,78 a	0,51±0,08 ab
S4	34 a	31,43±1,73 a	1,32±0,35 a
S5	24 a	24,60±1,55 a	0,47±0,07 ab
S6	30 a	21,48±2,82 a	0,81±0,06 ab
S7	18 a	23,53±3,21 a	0,46±0,06 ab
S8	22 a	27,37±2,88 a	0,40±0,06 ab
S9	21 a	28,23±4,60 a	0,80±0,24 ab

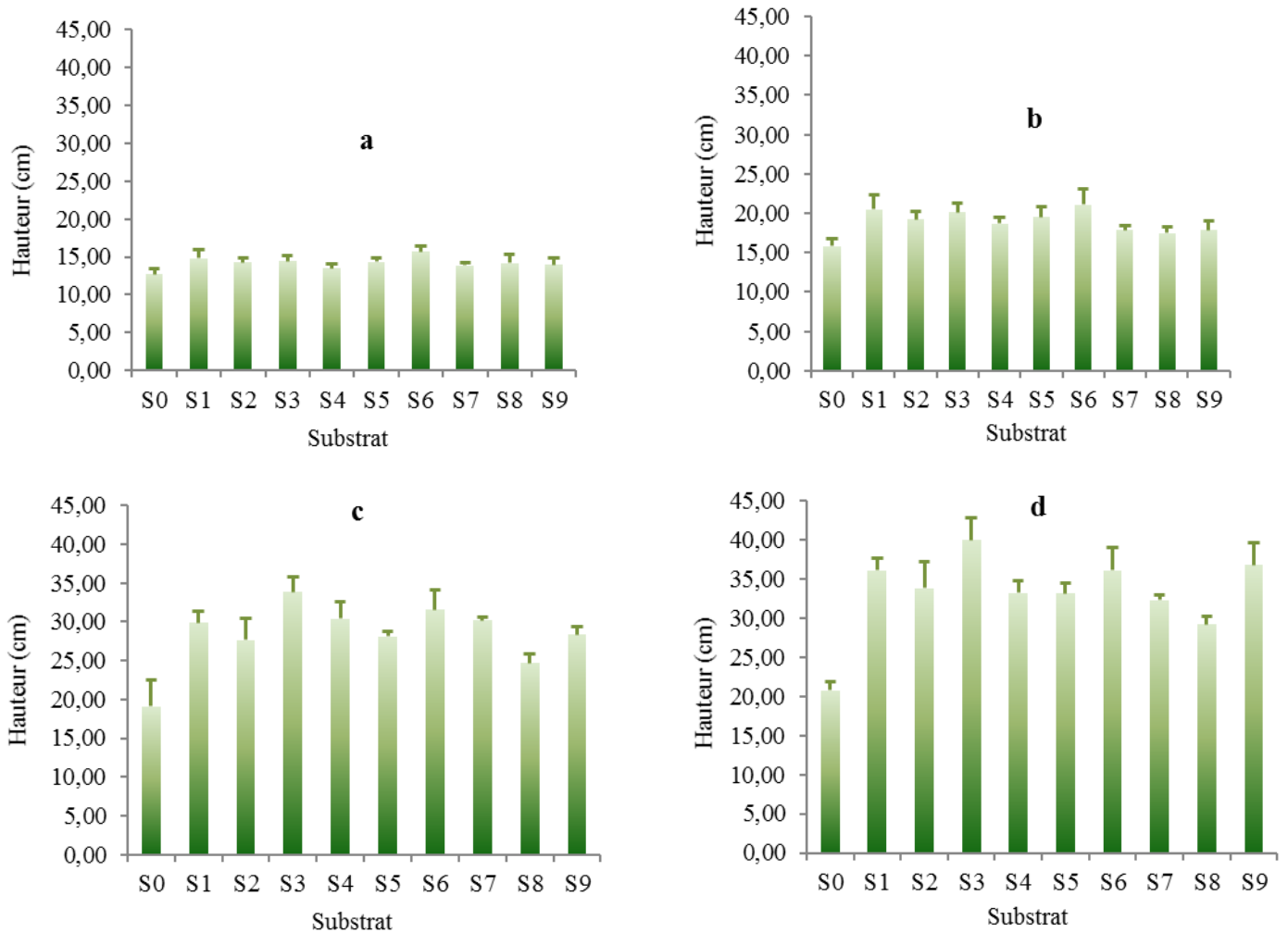
Pour chaque paramètre, les valeurs (moyenne ± incertitude) suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes (Newman- Keuls, 5 %).

matière sèche avec des valeurs oscillant entre 3,07 et 5,65 g/MS que le témoin sans compost avec une valeur de 2,24 g/MS. Pour les biomasses racinaires, ce sont les substrats à base de 80 % de compost qui ont donné les meilleures productions de matière sèche. D'une manière générale, on peut constater que parmi les trois composts, ceux contenant des fientes de volailles ont donné les meilleurs résultats pour l'ensemble des paramètres de croissance mesurés.

## 2.2. Capacité de régénération racinaire et reprise après plantation

Les résultats obtenus concernant l'émission de nouvelles racines chez les plants de chêne liège des dix substrats après repiquage dans du sable sont rapportés dans le tableau 3.

L'évaluation de la capacité de régénération racinaire a montré que tous les plants ont émis de nouvelles racines à l'extérieur de la motte initiale. Le nombre de nouvelles racines émises a varié entre 18 et 34 (tableau 3). Entre les trois composts, le nombre le plus élevé de nouvelles racines émises a été enregistré dans les substrats à 100 % et 80 % de compost avec fientes de volailles et le compost sans intrant. Les meilleurs allongements ont été obtenus chez les plants des substrats à base de compost avec des moyennes variant de 21,48 à 31,43 cm contre 17,18 cm chez les plants du témoin. Les nouvelles matières sèches racinaires produites étaient alors de 0,47 à 1,32 g pour les plants élevés en compost contre 0,28 g pour les plants du témoin. Ces résultats ont été confirmés par les taux de reprise des plants subséquentement mesurés après une année de transplantation sur le terrain (figure 6).



**Figure 2. Evolution des hauteurs des plants de chêne liège au cours d'élevage. a : hauteurs mesurées après 60 jours du semis ; b : après 100 jours ; c : après 140 jours ; d : après 190 jours. Les résultats affichés sont les moyennes des hauteurs mesurées sur un échantillon de 25 % des plants/substrat. Les valeurs sont exprimées en moyenne  $\pm$  incertitude. Les barres comportant des lettres différentes indiquent que les hauteurs correspondantes sont statistiquement différentes (Newman-Keuls, 5 %).**

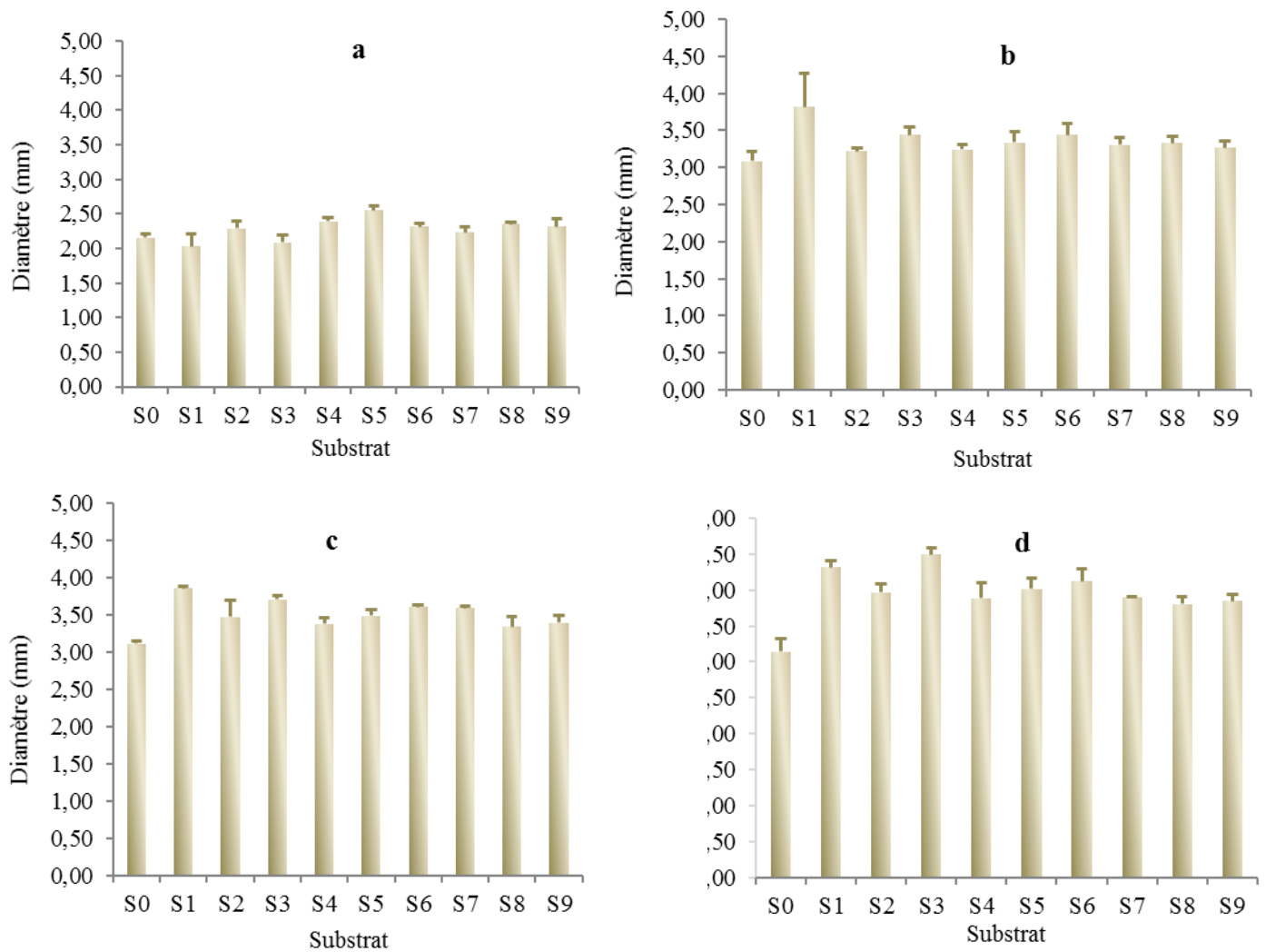
Avec des taux compris entre 83,33 % et 100 %, la reprise des plants des substrats à base de compost était bien plus élevée que celle des plants du substrat témoin sans compost affichant un taux de reprise de 66,66 %. Les coefficients de corrélation calculés montrent, par ailleurs, que la reprise des plants a été positivement corrélée avec les diamètres au collet ( $r = 0,83$ ), les ratios H/D ( $r = 0,69$ ) et avec la capacité de régénération racinaire exprimée en poids sec des racines néoformées ( $r = 0,46$ ).

### 3. Discussion

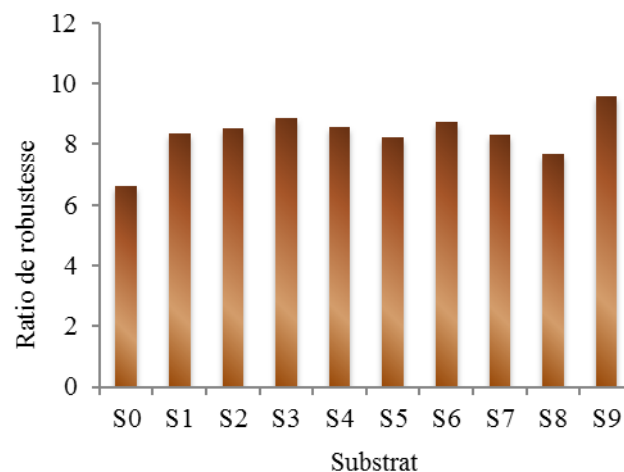
Les travaux menés dans le cadre de ce travail ont permis de produire dans la première phase un compost à partir de broyat de branches d'*Acacia cyanophylla* avec ou sans intrant : broyat d'*Acacia* sans intrant, broyat + urée et broyat + fientes de volailles. Le suivi de l'évolution des températures a montré

que l'ajout d'urée à l'andain (AC+U) a stimulé le processus de compostage pour cet andain qui a atteint le stade de maturation au 80<sup>ème</sup> jour, alors que la maturation des deux autres andains n'a été atteinte qu'après 100 jours de compostage. Ce résultat se concorde avec des travaux antérieurs (Verdonck, 1983 ; Lemaire *et al.*, 1989) ayant montré que l'ajout d'une source minérale d'azote comme les nitrates d'ammonium avait bien stimulé le compostage d'écorces et de broussaille forestière. Cette rapide maturation du compost nous a permis aussi de suggérer que *i*) la saison printanière était propice au compostage *ii*) les dimensions des andains adoptées dans cette expérimentation étaient adéquates *iii*) la conduite en termes de retournements et arrosages était efficace.

La germination des graines de lentille semées dans les trois composts était supérieure à 80 % témoignant l'absence de tout effet phytotoxique. De plus, l'absence d'odeur d'ammoniac ou de gaz malodorants, levée rapide et homogène des semis de

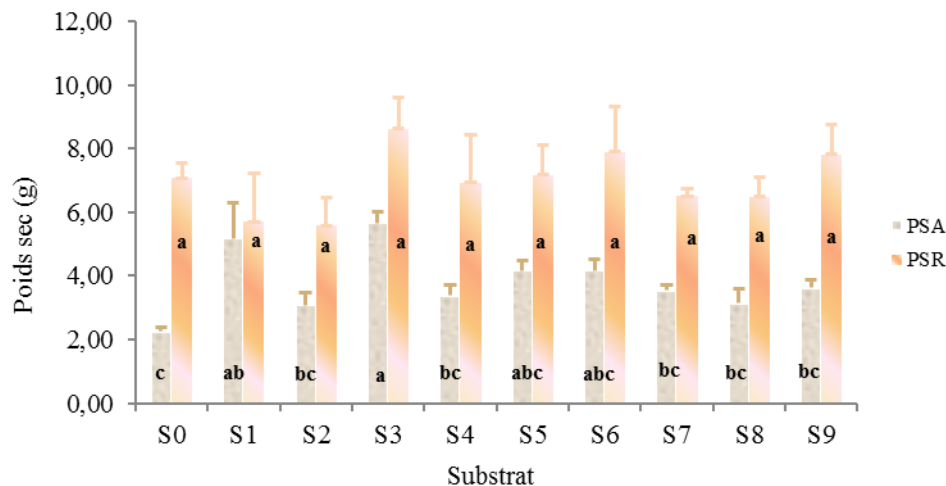


**Figure 3. Evolution des diamètres au collet des plants de chêne liège au cours d'élevage. a : diamètres mesurés après 60 jours du semis ; b : après 100 jours ; c : après 140 jours ; d : après 190 jours. Les résultats affichés sont les moyennes des diamètres mesurés sur un échantillon de 25 % des plants/substrat. Les valeurs sont exprimées en moyenne  $\pm$  incertitude. Les barres comportant des lettres différentes indiquent que les hauteurs correspondantes sont statistiquement différentes (Newman- Keuls, 5 %).**

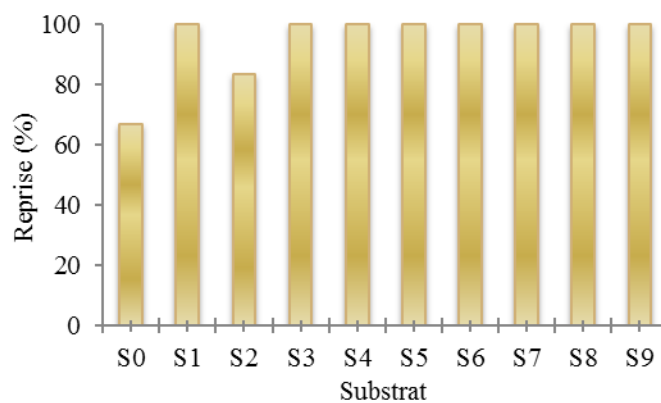


**Figure 4. Ratios de robustesse des plants de chêne liège en fin du cycle d'élevage. Les valeurs affichées sont les moyennes calculées pour un échantillon de 25 % des plants de chaque substrat.**





**Figure 5. Production de matière sèche des parties aérienne et racinaire des plants de chêne liège en fin du cycle d'élevage. PSA : matière sèche des tiges ; PSR : matière sèche des racines. Les valeurs sont exprimées en moyenne  $\pm$  incertitude. Les barres comportant des lettres différentes indiquent que les hauteurs correspondantes sont statistiquement différentes (Newman-Keuls, 5 %).**



**Figure 6. Taux de reprise des plants des dix substrats après une année de transplantation.**

lentille avec absence de signes d'effet dépressif (phytotoxicité, carence) sont aussi de bons indicateurs d'une maturité suffisante des trois composts élaborés dans cette étude. Un taux de germination de plus de 50 % est souvent considéré comme caractéristique d'un compost mûr et sans effet phytotoxique (Zucconi *et al.*, 1981).

Une baisse significative du volume des trois andains a été observée dans le temps résultant du tassement des andains suite à la dégradation progressive de la matière végétale. La réduction de volume a été de l'ordre de 50 % pour l'andain AC+U et environ 60 % pour les andains AC et AC+F. Le rendement net après criblage à 10 mm a été de 45 % pour l'andain AC+U et de 50 % pour les andains AC et AC+F. En termes de rendement par hectare, un hectare d'*Acacia cyanophylla* d'une densité de 1000 arbres/ha pourrait fournir 555 m<sup>3</sup> de compost prêt à l'utilisation. Cette quantité de compost permettrait de produire 1 387 500 plants en conteneurs WM de 400 cm<sup>3</sup> ordinairement utilisés en pépinière.

Les trois composts produits ont été par la suite utilisés dans la confection de substrats de culture pour l'élevage de plants de chêne liège en hors sol. Les résultats de la caractérisation physique et chimique des dix substrats testés étaient, dans l'ensemble, en faveur des substrats renfermant du compost par rapport au témoin sans compost. Les pH des dix substrats ont varié entre 6,91 et 7,33 les classant ainsi dans l'intervalle de neutralité. Ces valeurs en concordance avec ceux d'Ammari *et al.*, (2003), sont dans l'intervalle souhaitable pour la culture hors sol (Argillier *et al.*, 1991 ; Foucard, 1994). Avec des teneurs en matière organique dépassant les 90 %, les substrats à base de composts ont été plus riches par rapport au témoin ayant affiché une teneur de 8,6 %. Ces valeurs comparables à ceux de Guedira *et al.*, (2011) ont conféré aux trois composts une valeur amendante appréciable. Pour ce qui est des teneurs en azote, les substrats à 100 % de compost (S1, S2 et S3) étaient plus riches que les autres substrats. À l'exception du substrat témoin ayant affiché un rapport en deçà des valeurs citées dans ce domaine, les rapports C/N calculés étaient, dans l'ensemble, dans l'intervalle souhaitable pour des valorisations agronomiques. Les valeurs du rapport

C/N des substrats composés à 100 % de compost S1 (17,21), S2 (15,36) et S3 (15,20) ont confirmé, en outre, la maturité suffisante des trois composts élaborés.

En déterminant l'espace disponible dans le conteneur d'élevage pour l'air, l'eau et la croissance des racines, la porosité est l'une des plus importantes propriétés physiques des substrats. À l'exception du témoin ayant une porosité totale inférieure au standard (50 % < Pt > 60 %) préconisé pour ce paramètre (Lamhamedi *et al.*, 2006), les substrats à base de compost ont des porosités très satisfaisantes. Les substrats à base de compost S1, S4, S5, S6 et S9 ont, particulièrement, donné des porosités d'aération et de rétention très proches aux normes. En permettant une aération adéquate et une rétention plus efficace d'eau et de nutriments, minimisant par conséquent le lessivage des substrats, de telles valeurs de porosité ont procuré de meilleures conditions de croissances en hors-sol aux plants. En concordance avec M'Sadak *et al.*, (2012b), le criblage du compost mûr à la maille de 10 mm x 10 mm permet d'obtenir un matériau d'une porosité suffisante pour l'élevage en hors sol des plants. Toutefois, du point de vue consistance de la motte, les substrats renfermant 100 % et 80 % de compost ont permis une meilleure cohésion de la motte que les substrats refermant 60 % de compost.

Les masses volumiques apparentes des substrats à 100 % de compost étaient logiquement moins élevées que celles des autres substrats. Le substrat témoin était le plus dense (0,93 g/cm<sup>3</sup>). D'un point de vue pratique, la faible densité des substrats à base de compost, et par conséquent leur légèreté, facilite la manutention des caissettes en pépinière et lors des déplacements en chantier de reboisement par rapport au substrat témoin plus lourd. Une caisse en plastique contenant 40 conteneurs WM (400 cm<sup>3</sup>) empotés avec du compost d'*Acacia cyanophylla* pèse 12 kg alors qu'elle pesait 23 kg avec le substrat témoin (50 % humus + 50 % granulés de liège).

En termes de croissance en pépinière, les substrats à base de compost étaient plus performants que le substrat témoin avec des différences statistiquement significatives pour les paramètres dimensionnels et pondéraux étudiés. Les substrats à base de compost ont permis de réaliser des gains significatifs de croissance allant de 28 à 48 % en hauteur, de 17 à 30 % en diamètre et de 15 % en biomasse sèche par rapport aux plants du témoin. Bien que les plants des substrats à base de compost d'*Acacia* + fientes de volailles ont affiché une légère supériorité pour tous les caractères mesurés, les plants produits dans du compost ont répondu aux normes de qualité citées pour cette espèce (Lamhamedi *et al.*, 2000).

Le faible développement des plants dans le substrat témoin peut être attribué aux propriétés physiques et chimiques peu convenables et à la compétition exercée par les adventices colonisant ce substrat par rapport aux substrats à base de compost. En effet, le compostage a un effet négatif sur la germination des adventices (Grundy *et al.*, 1998) et le développement de plusieurs champignons pathogènes (Fuchs

et Larbi, 2005) affectant négativement la qualité des plants (Lamhamedi *et al.*, 2000). Des études (Fuchs et Larbi, 2005 ; Hoitink *et al.*, 1997) ont montré, en outre, que le compost de qualité permet de produire des plants plus résistants aux pathogènes par rapport aux plants produits sur d'autres substrats.

L'émission de nouvelles racines constitue un bon indicateur de performance des plants après transplantation (Kaushal et Aussenac, 1989). C'est l'un des tests de performance les plus utilisés (Landis *et al.*, 2010). Les résultats obtenus dans cet essai ont montré que tous les plants ont émis de nouvelles racines à partir des apex racinaires cernés au contact de l'air. Les plants élevés dans les substrats à base de compost ont généré plus de masse racinaire (0,70 g/MS en moyenne) que les plants élevés dans le témoin (0,28 g). Les nouvelles racines se sont développées plutôt en profondeur confirmant le caractère pivotant pour les racines de cette espèce. Cette rapide croissance en profondeur permet aux racines d'atteindre rapidement les horizons inférieurs plus humides augmentant le potentiel de survie sous les conditions particulièrement sèches du climat méditerranéen.

La reprise sur terrain des plants des différents substrats était très satisfaisante dans l'ensemble. Le taux moyen de reprise était de 95 %, lequel dépasse de loin les taux de reprise enregistrés dans les reboisements de cette espèce. La reprise était plus élevée chez les plants élevés en compost (98,14 %) que chez les plants du témoin (66,66 %). Cette performance des plants des substrats à base de compost par rapport aux plants du témoin a véritablement confirmé la supériorité de régénération racinaire observée en phase pépinière. En outre, le test de corrélation réalisé a montré que la reprise des plants était positivement corrélée avec les variables diamètre au collet ( $r = 0,83$ ), rapport H/D ( $r = 0,69$ ) et capacité de régénération racinaire ( $r = 0,46$ ). Bien que le lien avec le diamètre au collet était plus élevé qu'avec le rapport H/D et la capacité de régénération racinaire, on peut admettre que les paramètres diamètre au collet, H/D et capacité de régénération racinaire peuvent être considérés pour prédire la reprise des plants de cette espèce après transplantation partout où les conditions pédoclimatiques correspondent à celles de notre site expérimental car, en effet, la relation vigueur des plants en pépinière et performance après plantation reste tributaire des conditions du milieu où les plants sont transplantés (Simpson et Ritchie, 1997), et c'est à ce propos que notre résultat contrarie celui de Trubat *et al.*, (2010) stipulant que la performance des plants de chêne liège après transplantation n'est pas corrélée avec la capacité de régénération racinaire observée en pépinière.

## Conclusion

Les résultats obtenus à l'issue des trois phases de cette étude ont montré que des améliorations qualitatives significatives ont été enregistrées chez les plants de chêne liège élevés dans

les substrats à base de compost par rapport aux plants du témoin. En effet, les plants élevés dans le compost étaient nettement mieux développés en pépinière et plus performants sur le terrain. Donc, les trois composts produits peuvent être utilisés pour l'élevage des plants de chêne liège de bonne qualité. Toutefois, compte tenu des performances rapprochées des trois composts élaborés dans cette étude et pour des raisons purement économiques, on peut se contenter du compostage sans intrant. Par ailleurs, en plus de meilleures conditions de croissance offertes aux plants de chêne liège par le compost d'*Acacia cyanophylla* par rapport au substrat classique, l'élevage en compost permet de minimiser les coûts liés à la lutte contre les mauvaises herbes et les pathogènes associés à l'élevage dans l'humus forestier. De plus, au vu de son caractère invasif et des superficies récemment plantées en *Acacia cyanophylla*, l'approvisionnement en matière verte à composter ne pose pas problème. Pour toutes ces raisons, le compost d'*Acacia cyanophylla* constitue donc une solution raisonnable et peut avantageusement remplacer l'humus forestier dans la confection des substrats destinés à l'élevage des plants de chêne liège.

Ce projet de recherche réalisé au niveau de la station régionale de recherche forestière de Jijel a été financé par la direction générale de la recherche scientifique et du développement technologique dans le cadre des programmes nationaux de recherches PNR IV (projet N° 1/CRA01/2229). Les auteurs tiennent à remercier les partenaires socio-économiques et tout le personnel de la station INRF de Jijel ayant contribué à la réalisation des travaux liés à ce projet dans ces trois phases.

## Références bibliographiques

- Ammari Y., Lamhamedi M.S., Akrimi N., El Abidine A.Z., (2003). Compostage de la biomasse forestière et son utilisation comme substrat de croissance pour la production de plants en pépinières forestières modernes. *Revue de l'INAT*, vol. 18, n° 2, pp. 99-119. <https://www.researchgate.net/publication/237400979>
- Argillier C., Falconnet G., Gruez J., (1991). Production de plants forestiers méditerranéens hors-sol. In *Guide du forestier méditerranéen français*. Chapitre 6, Editions CEMAGREF (Aix en Provence), 40 p.
- Aubert G., 1978. *Méthodes d'analyses des sols*, Editions CRDP, Marseille, 191 p.
- Barrington S., Choinière D., Trigui M., Light W., (2002). Effect of carbon source on compost nitrogen and carbon losses. *Bioresources Technology*, vol. 83, n° 3, pp. 189-194. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00229-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00229-2)
- Benamirouche S., Derrane R., (1999). Influence de quelques substrats de culture sur le comportement des plants de chêne liège (*Quercus suber L.*) en pépinière hors-sol. *Mémoire Ingénieur en agronomie*. Alger : INA El-Harrach, 73 p.
- Ben Ammar S., (2008). Les enjeux de la caractérisation des déchets ménagers pour le choix de traitements adaptés dans les pays en développement. Résultats de la caractérisation dans le grand Tunis mise au point d'une méthode adaptée. Thèse de doctorat, Lorraine : Institut National Polytechnique de Lorraine, 281 p.
- Blanc D., 1987, *Les cultures hors sol*, Deuxième édition, Paris, INRA, 409 p.
- Charnay F., (2005). *Compostage des déchets urbains dans les Pays en Développement : élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost*. Thèse de doctorat, Limoges : Université de Limoges, 212 p.
- Djellabi A., Chouial A., Bezzaz F., Kahia F., (2004). Essai de confection de substrats de culture à base de tourbes locales dans la production de plants forestiers en pépinière hors sol. *La forêt algérienne*, n° 6, pp. 20-23.
- Fellah A., (1979). Problèmes des substrats en pépinières forestières et les effets d'utilisation d'un compost. *Mémoire ingénieur*, Alger : INA El-Harrach, 45 p.
- Finstein M.S., Morris, M.L., (1975). Microbiology of municipal solid waste composting. *Advances in applied microbiology*, n° 19, pp. 113-51. [https://doi.org/10.1016/S0065-2164\(08\)70427-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2164(08)70427-1)
- Foucard J.C., 1994, *Filière pépinière : de la production à la plantation*, Technique et documentation-Lavoisier, 395 p.
- Fuchs J.G., Larbi M., (2005). Disease control with quality compost in pot and field trials. I International Conference soil and compost eco-biology, León, Espagne, 15-17 septembre 2004. [http://orgprints.org/48871/1/Fuchs-2005-Quality\\_Compost.pdf](http://orgprints.org/48871/1/Fuchs-2005-Quality_Compost.pdf)
- Hoitink, H.A.J., Stone A.G., Han D.Y., (1997). Suppression of plant diseases by composts. *HortScience*, n° 32, pp. 184-187. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-1569-5-35>
- Grundt A.C., Green J.M., Lennartsson M., (1998). The effects of temperature on the viability of weed seeds in compost. *Compost sciences and utilization*, n° 3, pp. 26-33. <https://doi.org/10.1080/1065657x.1998.10701928>
- Guedira A., Lamhamedi M.S., Satrani B., Boulmane M., Serrar M., Douira A., (2011). Valorisation des matières résiduelles et de la biomasse forestière au Maroc : compostage et confection de substrats organiques pour la production de plants forestiers. *Nature et Technologie*, n° 7, pp. 87-95.
- Kahia F., Djellabi A., Zitouni A., (2004). Recherche de substrats de culture à base de matériaux locaux pour la production de plants forestiers en hors sol. *La forêt algérienne*, n° 6, pp. 15-19.
- Kaushal P., Aussenac G., (1989). Transplanting shock in Corsican pine and cedar of Atlas seedlings: internal water deficit, growth and root regeneration. *Forest Ecology and Management*, n° 27, pp. 29-40. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(89\)90080-7](https://doi.org/10.1016/0378-1127(89)90080-7)
- Lamhamedi M.S., Bertrand S., Fecteau B., (2000). Fondements théoriques et pratiques du compostage des branches et des écorces des essences

forestières et leur utilisation dans les pépinières forestières en Tunisie. Projet Fonds Nordique NIB/NDF. Direction générale des forêts, Tunisie. Pampev Internationale, Montréal, Canada, 35 p.

Lamhamedi M.S., Fectau B., Godin L., Gingras C.H., El Aini R., Gader G.H., Zarrouk M.A., (2006). 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.

Landis T.D., 1990, Containers and growing media. Chapter 2: growing media. In The Container Tree Nursery Manual. Agricultural Handbook. Washington DC, US, Department of agriculture, Forest service, vol. 2, pp. 41-85.

Landis T.D., Dumroese R.K., Haase D.L., 2010, Seedling processing, storage and out planting. In The Container Tree Nursery Manual. Agricultural Handbook 674. Washington DC, US, Department of agriculture, Forest service, vol. 7, 200 p.

Lemaire F., Dartigues A., Rivières L.M., Charpentier S., 1989, Culture en pots et conteneurs. Principes agronomiques et applications, Paris, INRA, 181 p.

Letreuch-Belarouci N., (1981). Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Thèse de doctorat. Gembloux, Université de Gembloux, 600 p.

Miller J.H., Jones N., 1995, Organic and compost-based growing media for tree seedlings nurseries. World Bank Technical papers, n° 264, 75 p.

M'Sadak Y., Ben M'Barek A., Tayachi L., (2012a). Possibilités d'incorporation du méthacompost avicole dans la confection des substrats de culture à base de compost sylvicole en pépinière forestière. Revue Nature & Technologie, n° 6, pp. 59-70.

M'Sadak Y., Elouaer M.A., EL Kamel R., (2012b). Comportement physique des composts, des tamis et des substrats pour une meilleure exploitation en pépinière, Revue de Génie Industriel, n° 8, pp. 44-54.

Simpson D.G., Ritchie G.A., (1997). Does RGP predicts field performance? A debate. New Forest, n° 13, pp. 249-273. <https://doi.org/10.1023/A:1006542526433>

Tahraoui Douma N., (2013). Valorisation par compostage des résidus solides urbains de la commune de Chlef, Algérie. Thèse de doctorat, Limoges, Université de Limoges, 224 p.

Trubat R., Cortina J., Vilagrosa A., (2010). Nursery fertilization affects seedling traits but not field performance in *Quercus suber* L. Journal of Arid Environments, n° 74, pp. 491-497. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.10.007>

Verdonck O., (1983). Reviewing and evaluation of new materials used as substrates. Acta Horticulturae, n° 150, pp. 467-473. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1984.150.50>

Zucconi, F., Forte M., Monaco A., De Bertoldi M., (1981). Biological evaluation of compost maturity. Biocycle, vol. 22, n° 2, pp. 27-29.