

## Artificial regeneration of cork oak and zeen oak: effects of mulching and tree shelters on establishment and seedlings growth

### Régénération artificielle du Chêne-liège et du Chêne-zeen : effets du paillage et des abris-serres sur l'installation et la croissance des plants

T. MECHERGUI<sup>1\*</sup>, N. BOUSSAIDI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculté des Sciences de Bizerte (Tunisie).

<sup>2</sup> Institut Sylvo-Pastoral de Tabarka, Laboratoire des Ressources Sylvo-Pastorales.

\*Corresponding author: mecherguit@yahoo.fr

**Abstract** – The objective of the present study is to assess the effect of mulching and tree shelters on the establishment and early growth of cork oak (*Quercus suber* L.) and zeen oak (*Quercus canariensis* Willd.). Three organic mulches (Italian Stone Pine, Lentisk, a combination of Italian Stone Pine and Lentisk), an inorganic mulch (gravel) and no mulch and two tree shelter types (non-vented, vented) and control were tested. The experiment was set up in the reserve of barbary red deer at the M'hibeus National Forest, Northwestern Tunisia (Sejnane). Tree shelters did not have a significant effect on the seedlings survival rate for both oaks, whereas they significantly improved their height growth compared to unsheltered seedlings; average growth rate in height inside non-vented and vented tree shelters was each year significantly greater, respectively, by 7.7 and 12.5 cm for cork oak, and by 7 and 11 cm for zeen oak. Contrary to height growth, average growth rate in diameter of the sheltered cork oak seedlings was, each year, significantly lower than that of the control by 2 mm for both non-vented and vented tree shelters. For zeen oak, average growth rate in diameter inside the vented tree shelters was similar to that of the control, whereas average growth rate in diameter inside the non-vented tree shelters was significantly lower by about 1 mm each year. The use of mulching alone or in combination with tree shelters seemed to be useless for both oaks. This is because of the site fertility where the experimentation was carried out.

**Keywords:** *Quercus suber*, *Quercus canariensis*, mulching, tree shelters, survival rate, growth.

**Résumé** – L'objectif du présent travail est d'étudier les effets du paillage et des abris-serres sur l'installation et la croissance initiale du Chêne-liège (*Quercus suber* L.) et du Chêne-zeen (*Quercus canariensis* Willd.). Trois paillages organiques (Pin pignon, Lentisque, mélange de Pin pignon et de Lentisque), un paillage inorganique (gravier), un témoin (sans paillage), ainsi que deux modalités d'abris-serres (étanches, ventilés) en plus d'un témoin (sans abri) ont été testés. Le dispositif a été installé dans la réserve de Cerf de Berbérie à M'hibeus, au Nord-Ouest de la Tunisie (Sejnane). Les abris-serres n'ont pas eu d'effet significatif sur le taux de survie chez les deux espèces de chênes, alors qu'ils ont montré une protection efficace des plants contre l'abroustissement et ont amélioré très significativement leur croissance en hauteur par comparaison au témoin ; le taux de croissance moyen en hauteur des plants des abris-serres étanche et ventilé a été significativement plus élevé que celui du témoin respectivement de 7,7 et 12,5 cm/an, et de 7 et 11 cm/an pour le Chêne-zeen. Contrairement à la croissance en hauteur, pour le Chêne-liège, le taux de croissance moyen en diamètre du Chêne-liège a été significativement plus faible pour les plants abrités que pour le témoin avec une différence de 2 mm/an tant pour les abris-serres étanches que ventilés. Chez le Chêne-zeen le taux de croissance moyen en diamètre des plants des abris-serres ventilés a été similaire à celui du témoin, alors que celui des plants des abris-serres étanches a été significativement plus faible d'environ 1 mm/an. L'utilisation du paillage, tant seul qu'en combinaison avec les abris-serres, s'est avérée inutile pour les deux chênes, et ce à cause de la fertilité du milieu où l'expérimentation a été conduite.

**Mots clés :** *Quercus suber*, *Quercus canariensis*, paillage, abris-serres, taux de survie, croissance.



## 1. Introduction

En Tunisie, la subéraie-zeenaie est cantonnée essentiellement au Nord-Ouest (Kroumirie et Mogods), zone la plus humide du pays. Elle forme des écosystèmes de grands intérêts écologique et socio-économique. Elle constitue une source de revenu appréciable pour la population locale. Par ailleurs, elle contribue à la conservation du sol et abrite une faune et une flore riches et diversifiées et offre à la région un paysage pittoresque. Ce capital forestier précieux et fragile se trouve, actuellement, menacé sous l'effet de pressions diverses dont principalement l'abrutissement des jeunes plants en cours de reconstitution et la concurrence végétative vis-à-vis des ressources du milieu (Hasnaoui 1992).

Afin de protéger les jeunes plants contre la dent du bétail, les périmètres reboisés ont été généralement clôturés et mis en défens sur une période de 10 à 15 ans (Chaar et al. 2008). Toutefois, cette stratégie a montré rapidement ses limites du fait qu'elle prive les habitants de vastes terrains de pâturage, d'où la difficulté de faire respecter les décisions de mise en défens. Cette mise en défens est, par ailleurs, s'avère très onéreuse car, pour qu'elle soit efficace, elle doit s'accompagner d'une compensation pastorale. Les abris-serres ou protections individuelles constituent une solution alternative permettant d'empêcher physiquement l'animal de causer des dégâts au niveau du plant tout en lui permettant de circuler et de trouver sa nourriture entre les sujets protégés séparément (Van Lerberghe et Balleux 2005). Leur usage est devenu aujourd'hui une pratique courante dans de nombreux pays nordiques (Swistock et al. 1999). Les abris-serres permettent aussi d'accélérer la croissance en hauteur (Costello et al. 1996). Ils ont été développés, à l'origine, pour protéger les arbres contre l'abrutissement, mais ils ont été utilisés par la suite pour créer autour du plant un microclimat favorable à sa croissance (Johnson 1997). En effet, des améliorations de croissance en hauteur ont été signalées par bien d'auteurs (Burger et al. 1996 ; Costello et al. 1996 ; West et al. 1999 ; McCreary et al. 2002 ; Chaar et al. 2008). Ces auteurs ont rapporté, par contre, que le diamètre de la tige a été sévèrement réduit dans les abris. Outre la protection contre les animaux herbivores, la réussite d'une plantation forestière nécessite également d'autres précautions notamment le contrôle de la végétation concurrente pendant au moins les deux à trois premières années correspondant à la phase délicate d'installation des jeunes arbres (Kennedy 1981 ; Von Ahlten 1990). La suppression de la végétation indésirable constitue une condition indispensable à une bonne reprise et à une croissance homogène des jeunes plants (Albouchi et Abbassi 2000) en leur permettant d'éviter une compétition qui peut intervenir à différents niveaux : la consommation en eau et en éléments nutritifs, l'occupation des espaces aériens et souterrain.

La lutte contre la végétation concurrente s'effectue classiquement par le désherbage mécanique et/ou manuel du sol (labours, hersages, sarclages, binages,...), le désherbage chimique et plus récemment le paillage. Le désherbage mécanique et/ou manuel est très onéreux (Albouchi et Abbassi 2000) et fastidieux en raison de son efficacité temporaire. Le désherbage chimique, moins coûteux, permet d'intervenir efficacement, mais son impact négatif sur l'environnement limite sa mise en œuvre. Le paillage consiste à disposer sur le sol, préalablement préparé autour du plant, un matériau organique ou inorganique formant un écran permettant d'empêcher le développement des adventices qui viennent concurrencer les jeunes plants (Van Lerberghe et Gallois 1997) et d'améliorer les ressources hydrique (Wien et al. 1993) et nutritive du sol (Buerkert et al. 2000). Une large gamme de matériaux organiques ou inorganiques est utilisée tels que : paille, écorce d'arbres, branches et feuilles (paillages organiques ou biodégradables), pierres, gravier, sable et films plastiques (paillages inorganiques) (Gallois et al. 1997 ; Van Lerberghe et Gallois 1997). Aujourd'hui, l'usage de matériaux organiques en tant que paillages sont plus recommandés que les matériaux inorganiques, en raison de l'innocuité vis-à-vis de l'environnement (Van Lerberghe et Leboulange 2009). Le paillage constitue actuellement, pour plus d'une raison, la principale alternative aux méthodes traditionnelles de désherbage (Van Lerberghe 2004) : il règle le problème de l'entretien au pied des plants en une fois, dès la mise en terre des ligneux et pour une période minimale de 3 ans correspondant à la phase délicate d'installation des plants, et crée des conditions microclimatiques favorables à la l'installation et à la croissance du plant en limitant les pertes en eau du sol et en le maintenant plus frais, en plus qu'il est facile à appliquer. Le paillage est couramment utilisé en agriculture, en horticulture et en maraîchage, mais son introduction en foresterie est récente. En Tunisie, le paillage n'est pas utilisé dans les plantations forestières ainsi que dans celles d'alignement.

L'objectif du présent travail est l'évaluation de l'influence des paillages organique et inorganique et/ou des abris-serres avec ou sans trous d'aération sur l'installation et la croissance des plants, durant quatre ans après la plantation, et la détermination du type de paillage et/ou d'abri le ou les plus approprié(s).

## 2. Matériels et Méthodes

### 2.1. Site expérimental

L'expérience a été menée dans la réserve nationale de Cerf de Berbérie à M'hibeus, au Nord-Ouest de la Tunisie. Le site de plantation (Latitude : 9°07'52"N, Longitude : 37°06'05"E) est une ancienne clairière, situé à 200 m d'altitude, d'exposition Nord-Ouest et de pente inférieure à 10%. Il se situe dans l'étage bioclimatique humide inférieur à hiver doux (Mechergui 2016). La température moyenne annuelle est de 18,2°C (1975-2004) (Mechergui 2016). Les températures maximale et minimale moyennes sont respectivement 34,4 et de 5,6°C (Mechergui 2016). Les précipitations annuelles moyennes sont de 911,1 mm, avec 77% des précipitations sont enregistrées en automne et en hiver et seulement 4% en été. Le sol est homogène, à pH acide, non salin, dépourvu de calcaire actif et riche en matière organique (Mechergui 2016). Les espèces végétales ligneuses, caractérisant le site expérimental, inventoriées avant le début des travaux préparatoires du sol sont principalement le *Calicotome villosa* (Poir.) Link, *Myrtus communis* L., *Pistacia lentiscus* L., *Phillyrea angustifolia* L., *Erica arborea* L., *Rubus ulmifolius* Schott, *Chamaerops humilis* L., *Smilax aspera* L., *Quercus suber* L., dominées par *Cistus monspeliensis* L.

### 2.2. Matériel végétal

Les plants de chênes sélectionnés pour cette étude sont le Chêne-liège et le Chêne-zeen. Ils ont été obtenus à partir de glands récoltés en 2007 à la fin du mois d'octobre pour le Chêne-zeen et à la fin du mois de novembre pour le Chêne-liège, mois pour lesquels les glands de ces deux chênes sont bien matures, sur des individus adultes à Elferchaya (Ain Draham) au Nord-Ouest de la Tunisie et ce, parce qu'on n'est pas arrivé à récolter suffisamment de glands à partir du Chêne-zeen présent dans notre zone d'étude. Les glands ont été triés et semés, sans aucun prétraitement. L'ensemencement a été effectué dans des sachets en polyéthylène (12 cm de diamètre et 30 cm de profondeur) remplis de compost d'*Acacia saligna* (Labill.) Wendl. f. Les plants ont été élevés dans une première phase, pendant toute une année (fin décembre 2007-janvier 2009) dans la pépinière de Tamra (Sejnane), puis transplantés (début février, 2009). La plantation a été réalisée courant février 2009 dans un dispositif clôturé afin de minimiser les dégâts que peuvent causer le Sanglier et le Cerf de Berbérie au niveau des jeunes plants. La préparation du sol a été manuelle et a commencé trois mois avant la plantation. Elle a consisté principalement en : le défrichage du maquis, avec conservation des arbres existants, le piquetage de la plantation, et la confection de trous de plantation d'environ 30 cm de diamètre et 30 cm de profondeur.

### 2.3. Dispositif expérimental et traitements appliqués

Le dispositif expérimental a été établi selon un plan en tiroir (split-plot) composé de quatre blocs (répétitions) pour chaque espèce étudiée. Chaque bloc a été subdivisé en cinq parcelles principales de forme rectangulaire (16 m × 8 m), comportant chacune 15 plants. Chaque parcelle principale a été subdivisée à son tour en trois sous-parcelles, composée chacune d'une rangée de 5 plants adjacents répartis sur une surface de 80 m<sup>2</sup> (4 m × 20 m). Le facteur type de paillage a été distribué aléatoirement dans les parcelles principales à l'intérieur de chaque bloc, et le facteur type d'abri a été randomisé dans les sous-parcelles à l'intérieur de chaque parcelle principale. Au total, le dispositif contient 300 plants de chaque espèce de chêne étudiée (4 blocs × 5 parcelles principales × 3 sous-parcelles × 5 plants).

Les paillages testés sont: Pin pignon (*Pinus pinea* L.) (P), Lentisque (*Pistacia lentiscus* L.) (L) ; mélange de Pin pignon et de Lentisque (50% : 50%) (P+L) (Paillages organiques), (gravier (G) : calibrage 4 à 16 mm) (paillage inorganique), comparés à un témoin (T), sans paillage. Le choix du Pin pignon et du lentisque pour le paillage des plants est justifié par l'abondance de ces deux espèces au niveau ou à proximité du site. En revanche, le choix du gravier est justifié par le fait qu'il permet de contrôler la végétation concurrente sur plusieurs années après la plantation, alors que d'autres paillages inorganiques tels que les paillages en plastique ont l'inconvénient de disparaître dès la première année sous l'effet des aléas climatiques (Mechergui 2007). Les paillages organiques consistent en de petites tiges feuillées d'environ 20 à 40 cm de long et 5 à 20 mm de diamètre. Ils ont été utilisés en tant que matière fraîche (voir Mechergui et al. 2013) afin d'éviter leur désintégration rapide sous l'effet des précipitations (Oelbermann et al. 2004). En outre, l'utilisation des biomasses fraîches en tant que paillage est plus représentative du processus de dégradation naturelle de la matière qui se produit au niveau de la surface du sol (Fang et al. 2008). Tous les paillages utilisés sont de 3 cm d'épaisseur et de 1 m<sup>2</sup> de surface. L'application des paillages sur, au moins, une surface de 1 m<sup>2</sup> a été recommandée par Davies (1988). Tous les paillages ont été mis en place, immédiatement après la plantation, dans des cuvettes d'environ

3 cm de profondeur, préalablement confectionnées au pied des plants, afin d'éviter leur prise par le vent ou par les eaux de ruissellement. Par ailleurs, des petites pierres, prévues également à cet effet, ont été mises sur les paillages. Quant aux abris-serres, il s'agit d'un abri-serre de type étanche (E), non aéré et d'un abri-serre de type ventilé (V) (voir Mechergui et al. 2013), comparés à un témoin (T'), sans abri. Les abris-serres ventilés (Tubex 'E' Equilibre®) sont des tubes minces, à double paroi, en polypropylène (pp), de couleur verte translucide, de diamètre variant de 8 cm à 12 cm et aérés à leur base à l'aide de 10 trous d'aération de 1 cm de diamètre. Les abris-serres étanches (Tubex 'L' Standard®) ont été utilisés afin d'examiner l'intérêt des trous d'aération dans les conditions du Nord-Ouest de la Tunisie. Tous les abris-serres sont de 1,8 m de long, enterrés à environ 5 cm dans le sol et tenus en place à l'aide de pieux droits, de bois d'eucalyptus, plantés sur environ 20 cm.

## 2.4. Paramètres mesurés

Les mesures de la hauteur et du diamètre à la base des plants ont été prises immédiatement après la mise en terre des plants et ont été reprises vers la fin du mois de décembre de chaque année (2009, 2010, 2011 et 2012). La hauteur et le diamètre à la base des plants mesurés juste après la plantation ont été similaires pour tous les traitements. La hauteur du plant a été mesurée depuis le niveau du sol jusqu'au bourgeon terminal de la tige principale, tandis que le diamètre à la base a été mesuré à 2 cm environ du niveau du sol. Au cours de la croissance, il n'est pas rare d'observer des mortalités d'apex (méristèmes apicaux) qui se traduisent d'une part par le dessèchement de ces apex et d'autre part par la poursuite de la croissance par le développement d'autres axes, qualifiés de « relais », issus de bourgeons latéraux. Dans d'autres cas, on observe la perte de dominance de l'axe principal initial au profit d'un autre axe latéral qui se redresse et assume la fonction de relais. L'axe principal est défini comme étant la succession des unités de croissance formant la tige la plus verticale et ayant la plus grande longueur, de la base au sommet de l'arbre, au moment de l'étude. Le taux de survie a été déterminé, pour chaque année, après comptage des plants morts. Les dégâts causés aux plants (abrouissement) ont été également notés. A la fin de la 4<sup>ème</sup> année, 2 plants par bloc et par traitement (paillage, abri), choisis aléatoirement, soit un total de 120 plants de chaque espèce de chêne, déterrés avec leur système racinaire, ont servi pour la détermination de la biomasse. Ainsi et ce, après avoir séché les plants des mesures de masses sèches des parties aériennes et des racines ont été effectuées. La masse sèche totale, exprimée par la somme des masses sèches des racines et des parties aériennes, a été également déterminée.

## 2.5. Analyses statistiques

L'analyse des données relatives aux différents paramètres mesurés a été effectuée par espèce. L'analyse des données relatives aux variables quantitatives hauteur et diamètre à la base du plant a été effectuée selon le modèle de régression général décrit ci-dessous (modèle 1). La pente de ce modèle correspond, en fait, à la vitesse ou taux de croissance du plant. Elle est obtenue de la dérivée de l'équation du modèle par rapport au temps (âge). La hauteur et le diamètre des plants, mesurés juste après la plantation, ont été introduits dans le modèle comme covariables. L'âge du plant (en année) a été introduit dans le modèle en tant que covariable continue. Une telle interaction significative entre les traitements appliqués (paillage, abri) et l'âge du plant indique des différences significatives de pentes, et donc du taux de croissance, entre les traitements au cours du temps. Dans ce cas, la relation linéaire qui lie la croissance en hauteur ou en diamètre du plant à l'âge de celui-ci, montrant que la condition d'application du modèle est remplie, a été illustrée graphiquement. Les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant Proc mixed de SAS 9.2. La comparaison des moyennes des taux de croissance a été effectuée à l'aide du test *t* de Proc mixed en utilisant l'option 'ESTIMATE'. Les effets fixes testés ont été jugés significatifs pour une valeur de  $P < 5\%$ .

$$\text{Modèle 1: } y_{ijkt} = a_{ijk} + b_{ijk} * \text{Age}_t$$

Où :

$y_{ijkt}$  est la valeur moyenne pour le traitement de paillage *i* et le traitement d'abri *j* dans le bloc *k* à l'âge *t*.

$$a_{ijk} \text{ (ordonnée à l'origine)} = \mu + \tau_i + \omega_j + (\tau\omega)_{ij} + \beta(X_{i,j,k} - X...) + \theta 1_k + \gamma 1_{jk} + \delta 1_{ijk}$$

$\mu$  est la moyenne générale,  $\tau_i$  est l'effet fixe du traitement de paillage *i*,  $\omega_j$  est l'effet fixe du traitement d'abri *j*,  $(\tau\omega)_{ij}$  est l'effet fixe de l'interaction entre le traitement de paillage *i* et le traitement d'abri *j*,  $(X_{i,j,k} - X...)$  est l'effet de la covariable,  $\theta 1_k$  est l'effet aléatoire du bloc *k*,  $\gamma 1_{jk}$  est l'effet aléatoire de

l'interaction entre le traitement  $i$  et le bloc  $k$ , et  $\delta_{ijk}$  est l'effet aléatoire de l'interaction entre bloc  $k$  et le traitement  $i$  avec le traitement  $j$ .

$$b_{ijk} \text{ (pente du modèle)} = \gamma_0 + \tau_i + \omega_j + (\tau\omega)_{ij} + \theta_{2k} + \gamma_{2ik} + \delta_{2ijk}$$

$\gamma_0$  est la moyenne générale,  $\tau_i$  est l'effet fixe du traitement de paillage  $i$ ,  $\omega_j$  est l'effet fixe du traitement d'abri  $j$ ,  $(\tau\omega)_{ij}$  est l'effet fixe de l'interaction entre le traitement de paillage  $i$  et le traitement d'abri  $j$ ,  $\theta_{2k}$  est l'effet aléatoire du bloc  $k$ ,  $\gamma_{2ik}$  est l'effet aléatoire de l'interaction entre le traitement  $i$  et le bloc  $k$ , et  $\delta_{2ijk}$  est l'effet aléatoire de l'interaction entre bloc  $k$  et le traitement  $i$  avec le traitement  $j$ .

Les données relatives à la croissance en biomasse ont été analysées selon le modèle décrit ci-dessous (modèle 2). La comparaison des moyennes a été effectuée à l'aide du test de comparaisons multiples de Tukey–Kramer. Les effets fixes testés ont été jugés significatifs pour une valeur de  $P < 5\%$ .

$$\text{Modèle 2 : } y_{ijk} = \mu + \tau_i + \theta_k + \gamma_{ik} + \omega_j + (\tau\omega)_{ij} + e_{ijk}$$

Où :

$y_{ijk}$  est valeur moyenne pour le traitement de paillage  $i$  et le traitement d'abri  $j$  dans le bloc  $k$ ,  $\mu$  est la moyenne générale,  $\tau_i$  est l'effet fixe du traitement de paillage  $i$ ,  $\theta_k$  est l'effet aléatoire du bloc  $k$ ,  $\gamma_{ik}$  est l'effet aléatoire de l'interaction entre le traitement  $i$  et le bloc  $k$  (erreur associée à la parcelle principale),  $\omega_j$  est l'effet fixe du traitement d'abri  $j$ ,  $(\tau\omega)_{ij}$  est l'effet fixe de l'interaction entre le traitement de paillage  $i$  et le traitement  $j$ , et  $e_{ijk}$  est l'erreur associée à la valeur moyenne  $y_{ijk}$  (erreur associée à la sous-parcelle). Concernant les variables qualitatives (état du plant (mort ou vivant) et abrouissement des plants), elles ont été exprimées en proportions (%). Ensuite, de simples tests d'indépendance du Khi-deux ( $\chi^2$ ) ont été effectués afin de tester la signification des relations avec les facteurs fixes étudiés. La procédure PROC FREQ de SAS, version 9.2, a été utilisée. Les effets fixes testés ont été jugés significatifs pour une valeur de  $P < 5\%$ .

### 3. Résultats et Discussion

#### 3.1. Taux de survie

Le taux de survie des plants a été très élevé pour les deux chênes ; il a été évalué, après 4 ans de la plantation, à 97,8% pour le Chêne-liège et 89,4% pour le Chêne-zeen, tous traitements confondus. Il a été significativement dépendant du type de paillage pour le Chêne-zeen, alors qu'il ne l'a pas été pour le Chêne-liège (Tableau 1). En revanche, l'effet du type d'abri n'a pas été significatif pour les deux espèces.

**Tableau 1.** Résultats d'analyses relatifs au taux de survie chez les deux chênes étudiés.

	Chêne-liège	Année			
		1	2	3	4
Effets fixes		Probabilité (P) de signification			
Paillage	0,0896	0,3951	0,0756	0,0756	
Abri-serre	0,6045	0,6004	0,2529	0,2529	
		Année			
		1	2	3	4
Effets fixes		Probabilité (P) de signification			
Paillage	0,4333	0,3906	0,0810	0,0043*	
Abri-serre	0,5571	0,3058	0,0662	0,0990	

Les valeurs de  $P$  marquées par un astérisque (\*) indiquent la présence d'un effet significatif au seuil de 5%.

Le taux de survie chez le Chêne-zeen enregistré au cours de la 4<sup>ème</sup> année, année pour laquelle ce taux a été significativement dépendant du type du paillage, a été de 88,3% sous le paillage de gravier, 65% sous le paillage de lentisque, 90% sous le paillage pin pignon, 80% sous le paillage composé de lentisque et de pin pignon, utilisé en combinaison, et 76,6% pour le témoin sans paillage. Il a été significativement réduit seulement sous le paillage de lentisque comparativement au témoin, ou autres types de paillages.

#### 3.2. Taux de croissance en hauteur

Les résultats d'analyses de la covariance relatives au taux de croissance en hauteur chez les deux chênes sont consignés dans le tableau 2. Il est à rappeler que toute interaction significative entre les traitements appliqués (paillage et abri) et l'âge du plant, indique une différence significative du taux de croissance entre les traitements. Aucun des deux effets, paillage et interaction (paillage  $\times$  abri) ne s'est montré significatif pour les deux chênes, comme il est révélé par les interactions paillage  $\times$  âge et paillage  $\times$

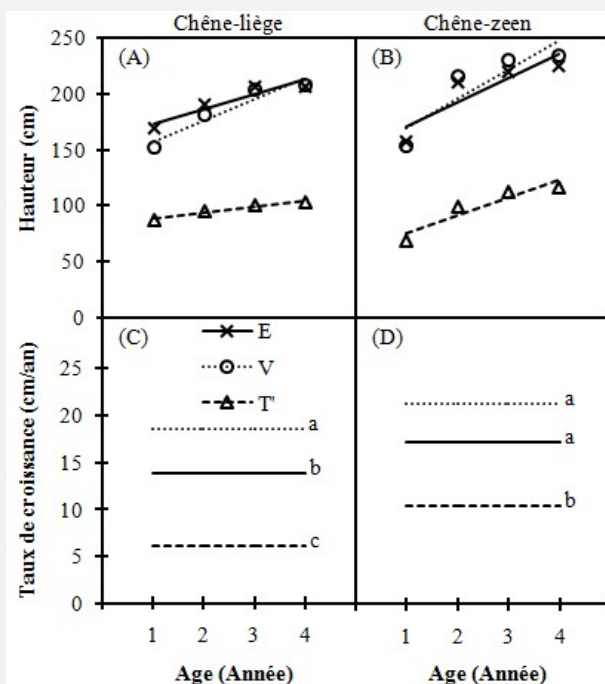
abri × âge, respectivement. En revanche, un effet significatif du type d'abri a été trouvé (l'interaction abri × âge est significative).

Le taux de croissance moyen en hauteur a été significativement plus élevé pour les plants abrités que pour le témoin, plants sans abris, et ce pour les deux chênes (Figure 1C, D) ; il a été plus élevé pour les plants des abris-serres étanche et ventilé respectivement de 7,7 et 12,5 unités/an pour le Chêne-liège, et respectivement de 7 et 11 unités/an pour le Chêne-zeen. Au sein des plants abrités, le taux de croissance moyen en hauteur a été significativement plus élevé de 4,8 unités/an chez les plants des abris-serres ventilés que chez ceux des abris-serres étanches pour le Chêne-liège, et similaire pour les deux types d'abris pour le Chêne-zeen.

**Tableau 2.** Résultats d'analyses de la covariance relatifs aux taux de croissance en hauteur et en diamètre chez les deux chênes étudiés. T.C.H et T.C.D, taux de croissance en hauteur et en diamètre, respectivement.

Effets fixes	Chêne-liège		Chêne-zeen	
	T. C.H	T. C. D	T. C.H	T. C. D
Hauteur initiale* ou Diamètre initial*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*
Paillage*	0,2436	0,2784	0,7233	0,8650
Abri-serre *	<0,0001*	0,0001*	<0,0001*	0,1103
Paillage × Abri-serre *	0,2654	0,6142	0,6584	0,9998
Age	0,0009*	0,0004*	0,0004*	0,0008*
Paillage × Age**	0,6787	0,4257	0,4735	0,7413
Abri-serre × Age**	<0,0001*	<0,0001*	0,0002*	0,0252*
Paillage × Abri-serre × Age**	0,4485	0,5008	0,5285	0,5939

**Nota :** \*, effets sur l'ordonnée à l'origine ; \*\*, effets sur le taux de croissance. Les valeurs de *P* marquées par un astérisque (\*) indiquent la présence d'un effet significatif au seuil de 5%.

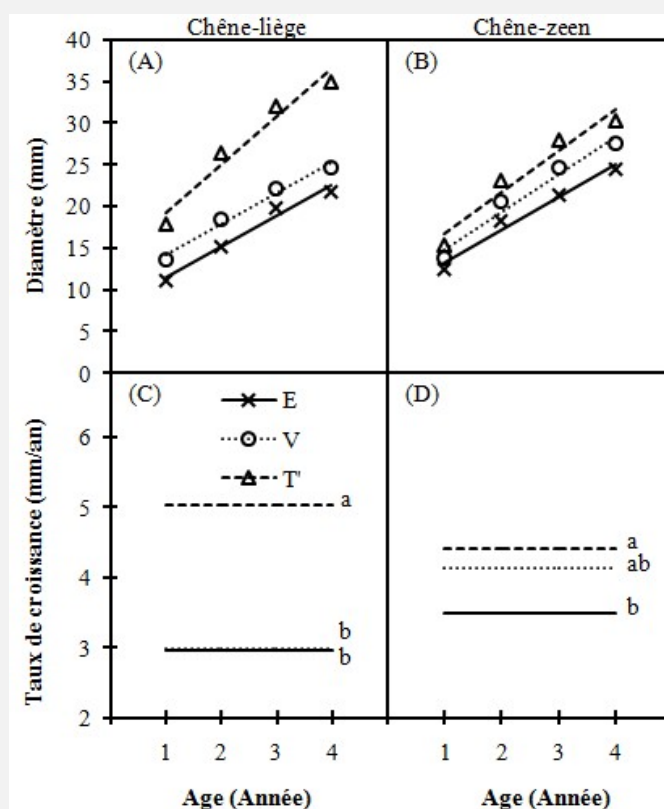


**Figure 1.** Représentation graphique de la relation linéaire qui lie la croissance en hauteur à l'âge du plant (A, B) et du taux de croissance en hauteur (C, D) chez les plants de Chêne-liège (à gauche) et de Chêne-zeen (à droite) en fonction de l'âge et du type d'abri-serre (E, abri-serre étanche ; V, abri-serre ventilé ; T, témoin). Les comparaisons des moyennes du taux de croissance chez les trois groupes de plants sont représentées par les lettres a, b et c. Lorsque la lettre change d'une moyenne à l'autre, les moyennes correspondantes sont significativement différentes pour un risque de 5%.

### 3.3. Taux de croissance en diamètre

A l'image du taux de croissance en hauteur, le taux de croissance en diamètre n'a été affecté ni par le type de paillage ni par son interaction avec le type d'abri. Par contre, il a été significativement affecté par le type d'abri (Tableau 2).

Contrairement à la croissance en hauteur, et ce pour le Chêne-liège, le taux de croissance moyen en diamètre a été significativement plus faible pour les plants abrités que pour le témoin avec une différence de 2 mm/an tant pour les abris-serres étanches que ventilés (Figure 2C). Chez le Chêne-zeen le taux de croissance moyen en diamètre des plants des abris-serres ventilés a été similaire à celui du témoin, alors que celui des plants des abris-serres étanches a été significativement plus faible d'environ 1 mm/an (Figure 2D). Chez les plants abrités, le taux de croissance en diamètre chez les deux chênes a été similaire pour les deux types d'abris (étanche et ventilé).



**Figure 2.** Représentation graphique de la relation linéaire qui lie la croissance en diamètre à l'âge du plant (A, B) et du taux de croissance en diamètre (C, D) chez les plants de Chêne-liège (à gauche) et de Chêne-zeen (à droite) en fonction de l'âge et du type d'abri-serre (E, abri-serre étanche ; V, abri-serre ventilé ; T', témoin). Les comparaisons des moyennes du taux de croissance chez les trois groupes de plants sont représentées par les lettres a et b. Lorsque la lettre change d'une moyenne à l'autre, les moyennes correspondantes sont significativement différentes pour un risque de 5%.

### 3.4. Croissance en biomasse

Les masses sèches des parties aérienne et souterraine ont été significativement affectées par le type d'abri, tant pour le Chêne-liège que pour le Chêne-zeen (Tableau 3). Par contre, aucun des deux effets, paillage et interaction paillage × abri n'a été significatif ni pour la masse de la partie aérienne ni pour celle souterraine et ce, pour les deux chênes. Aucun effet significatif du type de paillage ou de l'interaction paillage × abri sur le ratio aérien/souterrain n'a été mis en évidence ni pour le Chêne-liège ni pour le Chêne-zeen (Tableau 3). Par ailleurs, l'effet du type d'abri a été significatif pour le Chêne-zeen, alors qu'il ne l'a pas été pour le Chêne-liège. Les effets du type de paillage et de l'interaction paillage × abri sur la masse sèche totale n'ont pas été significatifs, tant pour le Chêne-liège que pour le Chêne-zeen. En revanche, un effet significatif du type d'abri a été trouvé pour les deux chênes (Tableau 3).

Chez le Chêne-liège, la masse sèche aérienne moyenne a été significativement plus élevée pour le témoin que pour les plants abrités (Tableau 4). Chez le Chêne-zeen, la masse sèche aérienne moyenne a été, par contre, plus élevée pour les plants abrités, quoique seulement les plants abris-serres ventilés qui aient manifesté une différence significative par rapport au témoin (Tableau 4). En ce qui concerne la masse sèche racinaire et ce pour les deux chênes, elle a été toujours significativement plus élevée pour le témoin que pour les plants abrités. Au sein de ces derniers, les masses sèches aérienne et racinaire des deux espèces en question ont été toujours plus élevées pour les plants des abris-serres ventilés que pour les plants des abris-serres étanches, quoique les différences n'aient été pas significatives que pour le Chêne-zeen.

Le ratio aérien/souterrain moyen, enregistré pour le Chêne-zeen, chez les plants des abris-serres étanches ( $3,6 \pm 0,23$  ( $\pm$  erreur standard)) a été significativement plus élevé que celui des plants des abris-serres ventilés ( $2,9 \pm 0,24$ ), lui-même significativement plus élevé que celui du témoin ( $1,6 \pm 0,23$ ).

Chez le Chêne-liège, la masse sèche totale a suivi la même tendance décrite pour la masse sèche aérienne et celle racinaire; elle a été, en moyenne, significativement plus importante pour le témoin que pour les plants abrités pour lesquels, la différence n'a pas été significative (Tableau 4). Chez le Chêne-zeen, la masse sèche totale des plants des abris-serres étanches a été significativement plus faible que celle du témoin, elle-même plus faible que celle des plants des abris-serres ventilés, mais sans que la différence soit significative (Tableau 4).

**Tableau 3.** Résultats d'analyses de la variance pour la masse sèche aérienne (M.S.A), la masse sèche racinaire (M.S.R), le ratio aérien/souterrain (R.A/S) et la masse sèche totale (M.S.T) des plants des deux chênes étudiés.

	Chêne-liège	M.S.A	M.S.R	R.A/S	M.S.T
Effets fixes			Probabilité (P) de signification		
Paillage		0,3373	0,2021	0,5483	0,2888
Abri-serre		<0,0001*	<0,0001*	0,2058	<0,0001*
Paillage $\times$ Abri-serre		0,4087	0,4770	0,3423	0,4104
	Chêne-zeen	M.S.A	M.S.S	R.A/A	M.S.T
Effets fixes			Probabilité (P) de signification		
Paillage		0,6134	0,4923	0,2560	0,1476
Abri-serre		0,0037*	<0,0001*	<0,0001*	0,0090*
Paillage $\times$ Abri-serre		0,2008	0,0595	0,2304	0,1596

Les valeurs de *P* marquées par un astérisque (\*) indiquent la présence d'un effet significatif au seuil de 5%.

**Tableau 4.** Masses sèches aérienne (M.S.A), racinaire (M.S.R) et totale (M.S.T) moyennes enregistrées pour les deux chênes étudiés, après 4 ans de la plantation, chez les plants avec et sans abris (E, abri-serre étanche ; V, abri-serre ventilé et T', témoin sans abri).

Variables	Chêne-liège			Chêne-zeen		
	E	V	T'	E	V	T'
M.S.A (g)	248,5a	305,0a	516,7b	279,4a	360,8b	266,9a
M.S.R (g)	104,2a	139,2a	219,1b	91,7a	125,4b	191,1c
M.S.T (g)	352,6a	445,7a	735,8b	368,0a	486,4b	457,8b

Les valeurs indiquées par des lettres différentes sont significativement différentes pour un risque de 5%.

### 3.5. Abrouissement des plants

Le pourcentage des plants abrouissés a été évalué à 10,5% pour le Chêne-liège et 9% pour le Chêne-zeen, tous traitements et toutes années confondus. Il a été significativement dépendant seulement du type d'abri et ce, pour les deux espèces. Les différences entre les traitements n'ont pas été significatives qu'à partir de la 2<sup>ème</sup> année pour le Chêne-liège, alors qu'elles l'ont été dès la 1<sup>ère</sup> année pour le Chêne-zeen (Tableau 5).

Bien que plus de la moitié des plants abrités des deux chênes (52,5%, en moyenne) aient été déjà sortis des abris-serres dès la 1<sup>ère</sup> année, tous les plants de Chêne-liège et de Chêne-zeen abrouissés ont été notés seulement pour les plants sans abris (témoin), quelle que soit l'année considérée (Figure 3). Les dégâts d'abrouissement enregistrés pour les deux chênes au cours des deux premières années sont dus aux Cerfs de Berbérie et sont plus faibles que ceux principalement dus aux animaux domestiques (bovins + caprins) au cours des deux dernières années.





Les abris-serres ont nettement stimulé la croissance en hauteur chez les deux chênes. Ces résultats concordent avec ceux trouvés en Europe tempérée avec différents feuillus (Dupraz et al. 1993), ce qui montre que l'effet des abris-serres sur la croissance en hauteur des plants est extrapolable à d'autres conditions (climat /essence). Les abris-serres ont fait donc la preuve de leur utilité non seulement dans la protection des plants, mais ils ont eu une influence positive sur la vitesse de croissance du plant en hauteur. Ceci a fait des abris-serres l'outil le plus privilégié parmi d'autres utilisés jusqu'à présent dans la protection des plants contre la dent animale (clôture, répulsif, filets...). L'effet négatif des abris-serres sur la croissance en diamètre a été fréquemment rapporté dans la littérature (Rendle 1985 ; Ponder 1991; Burger et al. 1996; Leroy et Caraglio 2003; Quilhó et al. 2003). Il a été, par ailleurs, souvent attribué aux conditions ombragées que créent les abris ou à la protection qu'ils offrent aux plants contre le stress mécanique généré par le vent (Sharpe et al. 1999). Notre résultats suggèrent, cependant, que cet effet est dépendant de l'espèce abritée, ce qui peut expliquer la réduction du taux de croissance en diamètre des plants à l'intérieur des abris-serres ventilés seulement pour le Chêne-liège, ainsi que du type d'abri-serre utilisé ce qui peut expliquer la réduction du taux de croissance en diamètre des plants de Chêne-zeen seulement à l'intérieur des abris-serres étanches.

Bien que le taux de croissance en hauteur des plants abrités ait été chaque année considérablement plus élevé que celui du témoin leur production en matière sèche, comme en témoigne leur masse sèche totale, a été égale où même inférieure à celle du témoin. Des résultats identiques ont été rapportés par Famiani et al (2007) et Dupraz (1997). Il est à rappeler que la hauteur initiale des plants, au moment de la plantation, est similaire pour tous les traitements d'abris-serres (étanche, ventilé et témoin). Ainsi, les différences de biomasses observées sont forcément dues aux traitements appliqués. L'augmentation de la croissance en hauteur, à l'intérieur des abris, accompagnée d'une réduction au niveau de la masse sèche totale montrent que les excellentes croissances initiales en hauteur des plants abrités peuvent masquer une croissance en biomasse médiocre (Dupraz 1997). La réduction de la croissance en biomasse chez le Chêne-liège due à l'effet des abris-serres a concerné la partie aérienne et les racines. Ainsi, l'équilibre de croissance en biomasse entre le système souterrain et celui aérien chez les plants abrités n'a pas été affecté, comme en témoigne, en effet, le ratio aérien/souterrain qui ne diffère pas de celui du témoin. Le maintien de l'équilibre de croissance en biomasse entre le système souterrain et celui aérien à l'intérieur des abris a été également rapporté par McCreary et al (2002) pour différentes espèces de chêne (*Quercus douglasii*, *Q. lobata* et *Q. agrifolia*). Contrairement au Chêne-liège, chez le Chêne-zeen les abris-serres ont affecté cet équilibre, ce qui s'est traduit par une augmentation du ratio aérien/souterrain, en imposant aux plants de modifier leur stratégie d'allocation de matière sèche ou de carbone vers la partie aérienne ; il y avait un transfert de l'ordre de 17 et 16% de la biomasse de l'appareil souterrain vers l'appareil aérien respectivement chez les plants des abris-serres étanches et ventilés. Des résultats analogues ont été rapportés par Dupraz (1997) pour d'autres espèces. L'augmentation de la masse sèche aérienne ou la diminution de la masse sèche racinaire que montrent les plants de Chêne-zeen à l'intérieur des abris-serres ventilés sont dues uniquement à une mauvaise répartition de la biomasse entre le système souterrain et celui aérien, tant que la production en masse sèche totale n'a pas été affectée. En revanche, la diminution de leur production en masse sèche racinaire à l'intérieur des abris-serres étanches est due, en plus, à une réduction de la production en matière sèche, comme l'atteste la baisse de la masse sèche totale.

Les travaux effectués jusqu'à présent sur l'effet du paillage sur la survie et la croissance des plants ont montré que celui-ci peut avoir un effet positif ou négatif comme il peut ne pas avoir d'effet et ce en relation avec la fertilité du site, le niveau de la végétation concurrente (Green et al. 2003), la technique de la mise en place du paillage (Chaar et al. 2008), le type de paillage utilisé ainsi que de l'espèce plantée (Huang et al. 2008). Dans le cas de notre étude, la réduction du taux de survie seulement sous le paillage de lentisque n'a été constatée que chez le Chêne-zeen. L'effet du paillage est donc tributaire du type de paillage utilisé et de l'espèce considérée. Les paillages organiques, bien qu'ils soient plus recommandés en raison de leur innocuité environnementale, peuvent influencer négativement la survie et la croissance du plant paillé en plus de leur inhibition de la croissance de la végétation concurrente par la libération d'inhibiteurs de croissance suite à leur décomposition (Duryea et al. 1999). Ceci pourrait expliquer pour une bonne part la réduction du taux de survie des plants mise en évidence pour le Chêne-zeen sous le paillage de lentisque. Etant donné qu'un tel type de paillage organique pourrait avoir un effet allélopathique sur la survie ou la croissance de l'espèce sélectionnée à la plantation, des tests au laboratoire ont été souvent effectués avant son utilisation sur le champ (Kramer et Kozlowski 1979). Si

seulement le paillage de lentisque a influencé négativement le taux de survie chez le Chêne-zeen, aucun des autres paillages n'a favorisé la survie des plants.

Enfin et d'une manière générale, le paillage n'a pas abouti aux résultats attendus, bien qu'il ait montré une forte efficacité à empêcher le développement d'adventices concurrentes et cela peut être attribué à la fertilité de notre site. Il a été montré, en effet, que le paillage a amélioré la croissance des plants de peuplier jaune lorsqu'il a été appliqué sur un sol appauvri en matière organique, par enlèvement de la couche superficielle et de l'horizon A du sol (riches en matière organique), alors qu'il ne l'a pas fait lorsque ce sol a été fertilisé, en lui ramenant un peu du sol qui a été enlevé (Francis 1977).

#### 4. Conclusion

La protection de chaque plant avec un abri-serre est une technique relativement coûteuse, en particulier, lorsque les périmètres à reboiser sont de grandes surfaces. Elle est, cependant, très efficace et pourrait contribuer à l'amélioration de la régénération artificielle du Chêne-liège et du Chêne-zeen notamment là où la présence d'herbivores peut condamner l'installation et la croissance des plants. Les abris-serres sont disponibles sur le marché à différentes hauteurs. Le choix d'un abri-serre d'une hauteur donnée s'effectue en fonction de la taille de l'animal redouté. En Tunisie, ce sont généralement les caprins et les bovins qui entraînent des dégâts sévères au niveau des jeunes pousses des plants. La lutte contre ces animaux à l'aide d'abris-serres de 1,2 m de hauteur est souvent inefficace (Chaar et al. 2008). Des abris-serres de 1,8 m de hauteur semblent adaptés, comme en témoignent nos résultats.

Le fait le plus remarquable des abris-serres, en ce qui concerne leur effet sur la croissance des plants, est l'augmentation de la vitesse croissance en hauteur tant pour le Chêne-liège que pour le Chêne-zeen. Ceci est favorable pour les deux chênes qui montrent sous des conditions naturelles une croissance très lente. Les abris-serres étanche et ventilé ont montré une forte efficacité en protégeant les jeunes plants contre la dent animale et en stimulant la croissance en hauteur. Toutefois, les abris-serres ventilés s'avèrent mieux indiqués que ceux étanches au moins pour les raisons suivantes :

- Pour le Chêne-liège, qui semble bénéficier moins que le Chêne-zeen de l'effet de ventilation des abris, les abris-serres ventilés permettent de produire des plants à croissance en hauteur plus rapide (taux de croissance plus élevé).

- Pour le Chêne-zeen, ces abris permettent de produire des plants à :

\* croissance en biomasse plus équilibrée (équilibre entre la partie aérienne et celle souterraine).

\* croissance en diamètre non affectée (taux de croissance comparable à celui du témoin).

\* biomasse racinaire plus élevée et donc un système racinaire plus développé.

\* biomasses aérienne et totale plus élevées.

L'utilisation du paillage, tant seul qu'en combinaison avec les abris-serres, s'est avérée inutile pour les deux chênes et ce dans la limite de notre expérience.

#### 5. Références

- Albouchi A, Abbassi M (2000)** Effet du paillage plastique noir sur la survie et la croissance de six espèces forestières plantées en brise-vent en région semi-aride. *Annales de l'INRGREF* 4: 40-61
- Bellot J, Ortiz de Urbina JM, Bonet A, Sanchez JR (2002)** The effects of treeshelters on the growth of *Quercus coccifera* L. seedlings in a semiarid environment. *Forestry* 75: 89-106
- Buerkert A, Bationo A, Dossa K (2000)** Mechanisms of residue mulch-induced cereal growth increases in West Africa. *Soil Science Society of America* 64: 346-358
- Burger DW, Forister GW, Kiehl PA (1996)** Height, Caliper Growth, and Biomass Response of Ten Shade Tree Species to Tree shelters. *Journal of Arboriculture* 22: 161-166
- Burger DW, Suiha P, Harris R (1992)** Tree shelter use in producing container-grown trees. *HortScience* 27: 30-32
- Chaar H, Mechergui T, Khouaja A, Abid H (2008)** Effects of tree shelters and polyethylene mulch sheets on survival and growth of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings planted in North-western Tunisia. *Forest Ecology and Management* 256: 722-731
- Costello LR, Peters A, Giusti GA (1996)** An evaluation of tree shelter effects on plant survival and growth in a Mediterranean climate. *Journal of Arboriculture* 22: 1-9
- Davies RJ (1988)** Sheet mulching as an aid to broadleaved tree establishment II. Comparison of various sizes of block polythene mulch and herbicide treated spot. *Forestry* 61:107-123
- Dupraz C (1997)** Les Protections de plants à effet de serre. Première partie : ce qu'en pensent les arbres... *Revue Forestière Française* XLIX 5: 417-432

- Dupraz C, Guitton JL, Rapey H, Bergez JE, De Montard FX (1993)** Broad-leaved tree plantations on pastures: the treeshelter issue. In: Proceedings of the Fourth International Symposium on Windbreaks and Agroforestry, Viborg, Denmark, pp. 106-111
- Duryea ML, English RJ, Hermansen LA (1999)** A comparison of landscape mulches : chemical, allelopathic, and decomposition properties. *Journal of Arboriculture* 25: 88-97
- Fallah M, Dupraz C, Dauzat M (2001)** Impact des protections individuelles à effet de serre sur des plants d'arganier en conditions hydriques non limitantes. *Forêt méditerranéenne* 22: 235-240
- Famiani F, Proietti P, Micheli M, Boco M, Standardi A (2007)** Effects of tree shelters on young olive (*Olea europaea*) tree growth and physiology. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 35: 303-312
- Fang SZ, Li HY, Xie BD (2008)** Decomposition and nutrient release of four potential mulching materials for poplar plantations on upland sites. *Agroforestry Systems* 74: 27-35
- Francis JK (1977)** Fertilizer and Mulch Improves Yellow-Poplar Growth on Exposed Hartsells Subsoils. *Research Note*. pp. 1-3
- Gallois F, Schmutz T, Basin P (1997)** Nouveaux matériaux de paillage : Premiers résultats d'essai en milieux ouverts. *Forêt-entreprise* n° 116: 34-41
- Green DS, Kruger EL, Stanosz GR (2003)** Effects of polyethylene mulch in a short-rotation, poplar plantation vary with weed-control strategies, site quality and clone. *Forest Ecology and Management* 173: 251-260
- Hasnaoui B (1992)** Chênaies du Nord de la Tunisie. *Ecologie et Régénération*. Thèse de doctorat d'Etat Es. Sciences Naturelles. Université de province-Aix-Marseille I
- Huang Z, Xu Z, Blumfield TJ, Bubb K (2008)** Effects of mulching on growth, foliar photosynthetic nitrogen and water use efficiency of hardwood plantations in subtropical Australia. *Forest Ecology and Management* 25: 3447-3454
- Jacobs DF (2011)** Reforestation of a salvage-logged high-elevation clearcut: Engelmann spruce seedling response to tree shelters after eleven growing seasons. *Western Journal of Applied Forestry* 26: 53-56
- Johnson E (1997)** Restoring upland hardwood forests using tree shelters. *Restoration and Reclamation Review* 2 (6). *Restoration Techniques-Forests*  
Site: [www.hort.agri.umn.edu/h5015/rrr.html](http://www.hort.agri.umn.edu/h5015/rrr.html)
- Kennedy HE (1981)** Bottomland hardwoods research on site preparation, plantation establishment and cultural treatments, at the Southern Hardwood Laboratory. *USDA Forest Service General Technical Report So-34: 75-78*
- Kramer PJ, Kozlowski TT (1979)** *Physiology of Woody Plants*. Academic Press, New York
- Leroy C, Caraglio Y (2003)** Effect of tube shelters on the growth of young Turkish pines (*Pinus brutia* Ten., *Pinaceae*). *Annals of Forest Science* 60: 549-556
- McCreary D, Costello L R, Tecklin J, Jones K, Labadie D (2002)** The Influence of Treeshelters and Irrigation on Shoot and Root Growth of Three California Oak Species. *USDA Forest Service General Technical Report PSW-GTR-184*
- Mechergui T (2007)** Effets de l'utilisation des abris-serres et du paillage plastique sur l'installation et la croissance de plants de chêne-liège dans la région de Nefza (Nord-Ouest de la Tunisie). *Mémoire de Mastère*
- Mechergui T, Pardos P, Boussaidi N, Hasnaoui B, Jacobs DF (2013)** Development of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings in response to tree shelters and mulching in northwestern Tunisia. *Journal of Forestry Research* 24(2): 193-204
- Mechergui T (2016)** Régénération artificielle du Chêne-liège (*Quercus suber* L.) et du Chêne-zeen (*Quercus canariensis* Willd.): impacts du paillage et des abris-serres sur l'installation, la croissance et le développement architectural des plants. *Thèse de doctorat*
- Navarro Cerrillo RM, Fragueiro B, Ceacero C, Del Campo A, De Prado R (2005)** Establishment of *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* [Desf.] Samp. using different weed control strategies in Southern Spain. *Ecological Engineering* 25: 332-342
- Oelbermann M, Voroney RP, Schlönvoigt AM, Kass DCL (2004)** Decomposition of *Erythrina poeppigiana* leaves in 3-, 9-, and 18-year-old alleycropping systems in Costa Rica. *Agroforestry Systems* 63: 27-32
- Ponder F (1991)** Growth of black walnut seedlings protected by tree shelters. *Annual Report of Northern Nut Growers Association* 82: 170-174

- Potter MJ (1991)** Tree Shelters. Forestry Commission. Handbook 7. Hmso, London
- Quilhó T, Lopes F, Pereira H (2003)** The effect of tree shelter on the stem anatomy of cork oak (*Quercus suber*) plants. IAWA Journal 24 (4): 385-395
- Rendle EL (1985)** The influence of tube shelters on microclimate and the growth of oak. Proceedings of 6th Meeting of National Harwoods Programme. Oxford Forest Institute. 3rd Octobre 1985, pp.8-16
- Sharpe WE, Swistock BR, Mecum KA, Demchik MC (1999)** Greenhouse and Field Growth of Northern Red Oak Seedlings Inside Different Types of Tree shelters. Journal of Arboriculture 25: 249-257
- Swistock BR, Mecum KA, Sharpe EW (1999)** Summer temperatures inside ventilated and unventilated brown plastic tree shelters in Pennsylvania. North Journal of Applied Forestry 16: 7-10
- Taylor TS, Loewenstein EF, Chappelka AH (2006)** Effect of animal browse protection and fertilizer application on the establishment of planted Nuttall oak seedlings. New Forests 32: 133-143
- Tuley G (1985)** The growth of young oak trees in shelters. Forestry 58: 181-195
- Van Lerberghe Ph (2004)** Le paillage des plantations ligneuses, une alternative au désherbage chimique. Forêt-entreprise 157: 22-26
- Van Lerberghe Ph, Balleux P (2005)** La protection des arbres contre les dégâts d'animaux. I. Les manchons grillagés en plastique. Forêt-entreprise 161: 28-36
- Van Lerberghe Ph, Gallois F (1997)** Les différents types de paillis. Forêt-entreprise 116: 31-34
- Van Lerberghe Ph, Le boulogé É (2009)** Effet des matériaux biodégradables de paillage sur la croissance juvénile du merisier (*Prunus avium* L.). AFPP-2<sup>ème</sup> conférence sur l'entretien des espaces verts, jardins, gazons, forêts, zones aquatiques et autres zones non agricoles. Institut pour le Développement Forestier (France), pp. 1-11
- Von Ahlten FW (1990)** Guide réserve relative à la plantation des bois durs sur les terres agricoles abandonnées au sud de l'Ontario. Forêt Canada-Région de l'Ontario. Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault-Saint, Marie
- West DH, Chappelka AH, Tilt KM, Ponder HG, Williams JD (1999)** Effect of tree shelters on survival, growth, and wood quality of 11 tree species commonly planted in the southern United States. Journal of Arboriculture 25: 69-75
- Wien HC, Minotti PL, Grubinger VP (1993)** Polyethylene mulch stimulates early root growth and nutrient uptake of transplanted tomatoes. Journal of the American Society for Horticultural Science 118: 207-211