

GESTION DE LA QUALITE DES PLANTS DE PIN MARITIME EN PEPINIERE

Avec la plantation, les sylviculteurs peuvent utiliser de nouvelles essences ou de nouvelles provenances mieux adaptées aux conditions climatiques futures attendues ainsi que, pour certaines essences, des variétés plus performantes issues des programmes d'amélioration génétique, ce qui n'est pas possible avec la régénération naturelle. Ces plantations se font dans des conditions souvent difficiles : période de gel ou de sécheresse, forte concurrence de la végétation accompagnatrice, sols pauvres, qui peuvent impacter le taux de survie et la croissance des plants. **La maîtrise de la qualité des plants forestiers en pépinière est un élément essentiel à prendre en compte pour garantir une bonne reprise et une croissance initiale rapide après plantation afin d'assurer la réussite du reboisement.**

Contexte

Avec plus de 41 millions de plants commercialisés en 2015-2016, le pin maritime est l'essence la plus vendue en France et représente à lui seul 56 % des ventes totales de plants forestiers en France devant le douglas et le chêne sessile avec respectivement 10,2 et 3,7 millions de plants vendus (Joyeau et Pierangelo, 2017).

La fertilisation des plants dans les pépinières forestières est effectuée soit par l'apport régulier d'une solution fertilisante par arrosage, permettant de maintenir un niveau nutritionnel élevé, soit par une adjonction d'engrais à libération progressive sous forme de granulés qui sont incorporés au substrat de culture.

Le choix des éléments nutritionnel à apporter, les niveaux d'apport et le calendrier de fertilisation sont déterminants dans la qualité des plants produits :

- ✓ maîtriser la croissance des plants afin de pouvoir respecter les normes dimensionnelles réglementaires (hauteur, diamètre au collet),
- ✓ assurer un bon niveau des réserves nutritives dans les plants au moment de la commercialisation pour permettre une croissance initiale rapide de la partie aérienne et des racines après plantation de façon à favoriser l'installation des plants.

De plus on constate ces dernières années, pour le pin maritime en particulier, des mortalités importantes suite à des dégâts de gel sur les jeunes plants, dégâts pouvant survenir à l'automne ou en début d'hiver, en pépinière ou juste après plantation. Ces dommages, qui entraînent des pertes économiques importantes, semblent être liés aux changements climatiques se traduisant par une croissance des plants plus tardive en fin de saison ou un démarrage plus précoce en fin d'hiver, avec un niveau de durcissement des plants insuffisant pour résister au gel.



Photo 1 : Essai de nutrition en pépinière expérimentale, sur jeunes plants de pin maritime en conteneurs.

Objectifs

Le projet « Qualiplant » a reçu le soutien de la Région de Nouvelle Aquitaine qui est la première région productrice de plants forestiers en France avec 52 millions de plants produits, soit 71% de la production nationale (Joyeau et Pierangelo, 2017). On mesure, dans ce projet, l'effet de différentes modalités de culture en pépinière expérimentale : date de semis, volume de conteneur, type de fertilisation, sur la dynamique de croissance et la qualité des plants produits, avec trois objectifs principaux :

La définition de standards de culture pour la production de plants de pin maritime en vue d'établir des calendriers de fertilisation précis afin d'ajuster les apports de nutriments pour gérer la croissance des plants en pépinière.

La mesure de l'impact de la fertilisation en pépinière sur le durcissement des plants et leur tolérance au froid.

La comparaison en plantation les différentes modalités expérimentales de fertilisation. Ces données permettront de préciser le type de plant et les méthodes de culture en pépinière pour obtenir le meilleur taux de survie et favoriser une installation rapide sur le terrain.

Principaux résultats obtenus

Pour établir des calendriers de fertilisation permettant de gérer la croissance et la qualité de différents lots de plants en pépinière, il est nécessaire de connaître les besoins en nutriments des plants pendant toute la phase de croissance en pépinière (Girard *et al.* 2001 ; Fraysse, 1994). Cela implique d'avoir des informations précises sur :

- ✓ la dynamique de croissance des plants : hauteur, diamètre au collet, biomasse,
- ✓ l'évolution de la concentration et du contenu minéral tissulaire pour N, P, K, Ca et Mg,
- ✓ l'évolution du taux d'utilisation par les plants des éléments minéraux qui sont apportés.

Ces données, qui constituent les standards de culture (Girard D. *et al.* 2001), ont été mesurées en pépinière pour des plants de pin maritime en conteneur (photo 1) dans un dispositif expérimental combinant :

- ✓ 2 volumes de l'alvéole de culture du conteneur (110 et 220 cc),
- ✓ 2 dates de semis en pépinière (juin et juillet),
- ✓ 6 niveaux de fertilisation différents (Tableau 1).

| Modalité de fertilisation | | Equilibre de la solution fertilisante (sur les éléments) | | | Quantité de N apportée par plant sur la saison (en mg) |
|---------------------------|--------|--|------|------|--|
| | | N | P | K | |
| 1 | N1 | 50 | 21,8 | 41,5 | 27 |
| 2 | N2 | 100 | 21,8 | 41,5 | 54 |
| 3 | N3 | 150 | 21,8 | 41,5 | 81 |
| 4 | N2P2 | 100 | 43,6 | 41,5 | 54 |
| 5 | N2K2 | 100 | 21,8 | 83 | 54 |
| 6 | N2P2K2 | 100 | 43,6 | 83 | 54 |

Tableau 1 : Descriptif et équilibre des solutions fertilisantes pour les six modalités retenues dans le dispositif expérimental.

Les données de croissance des plants : hauteur, diamètre au collet, biomasse caulinaire, biomasse des racines et les données analytiques des flux intrants et extrants pour les macroéléments (N, P, K, Ca et Mg) des différentes composantes : A (apports), P (plants), S (substrat) et L (lixiviats) du bilan minéral (Figure 1) ont été mesurées pour 8 dates d'échantillonnage. Ces données ont été recueillies pour les 24 modalités expérimentales étudiées (2 dates de semis X 2 volumes de godets X 6 modalités de fertilisation) ce qui a permis d'établir les standards de culture de plants de pin maritime en pépinière :

- ✓ Standard de croissance pour la hauteur, le diamètre au collet, la biomasse caulinaire et racinaire,
- ✓ Standard de la dynamique de l'évolution en contenu et en concentration tissulaire dans les plants,
- ✓ Standard de l'évolution du taux d'utilisation (U%) des éléments minéraux majeurs (N, P, K, Ca et Mg) par les plants.

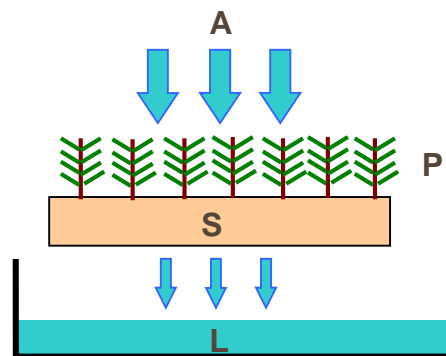


Figure 1 : Bilan minéral d'une culture de plants de pin maritime en conteneur avec A : apports en éléments minéraux, P : évolution du contenu minéral des plants, S : évolution de la teneur en éléments minéraux du substrat de culture et L : pertes en éléments minéraux par lessivage du substrat de culture.

Principaux résultats obtenus

Standards de culture

La gestion de la fertilisation et en particulier de la fertilisation azotée a un effet majeur sur le contrôle de la croissance des plants de pin maritime en pépinière (Figure 2).

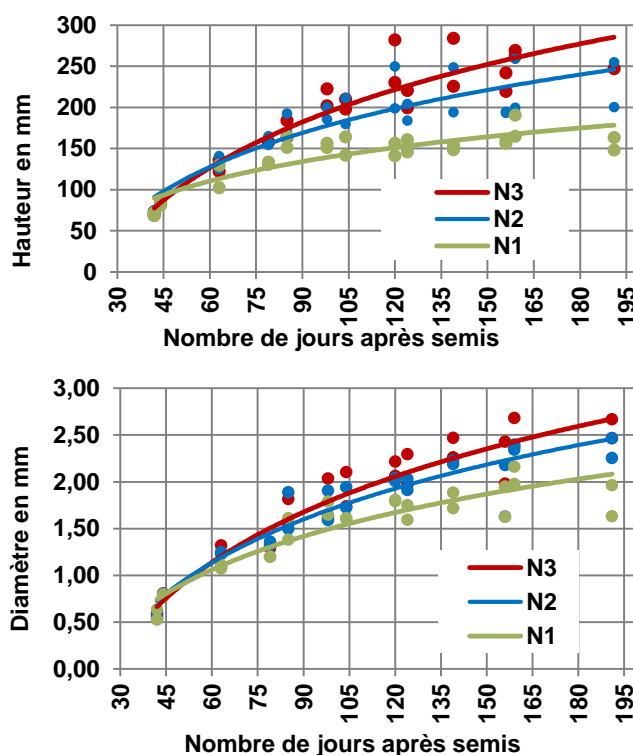


Figure 2 : Evolution de la croissance en hauteur et en diamètre au collet de plants de pin maritime en conteneurs pour trois niveaux d'apport en azote N1, N2 et N3, correspondant à : 27, 54 et 81 mg de N.plant⁻¹.

Les croissances les plus fortes en hauteur, en diamètre et en biomasse ainsi que le niveau de concentration tissulaire le plus fort en azote sont obtenus pour les niveaux de fertilisation les plus élevés : modalités N2 et N3 (Figure 3). L'augmentation de la

dose d'apport de phosphore (N2P2) ou de potasse (N2K2) n'améliore pas la croissance des plants de pin maritime en pépinière.

Par ailleurs, à fin août, en valeur relative, la croissance en hauteur représente 80 % de la croissance sur l'ensemble de la saison de végétation alors que dans le même temps, la biomasse n'atteint que 50 % de sa valeur en fin de saison. Pour les plants de pin maritime, l'essentiel de la croissance en hauteur est donc réalisé en début de saison alors que 50 % de l'accroissement en biomasse des plants se fait en automne, à partir du mois de septembre.

L'effet du niveau d'apport en azote marque dès le début de la culture sur la concentration tissulaire en azote qui reste la plus élevée pour les apports les plus forts. Cependant, quel que soit le niveau d'apport N1, N2 et N3, on observe tout au long de la saison, une chute régulière de la concentration tissulaire en azote des plants de pin maritime liée à des effets de dilution par la croissance en biomasse (Figure 3).

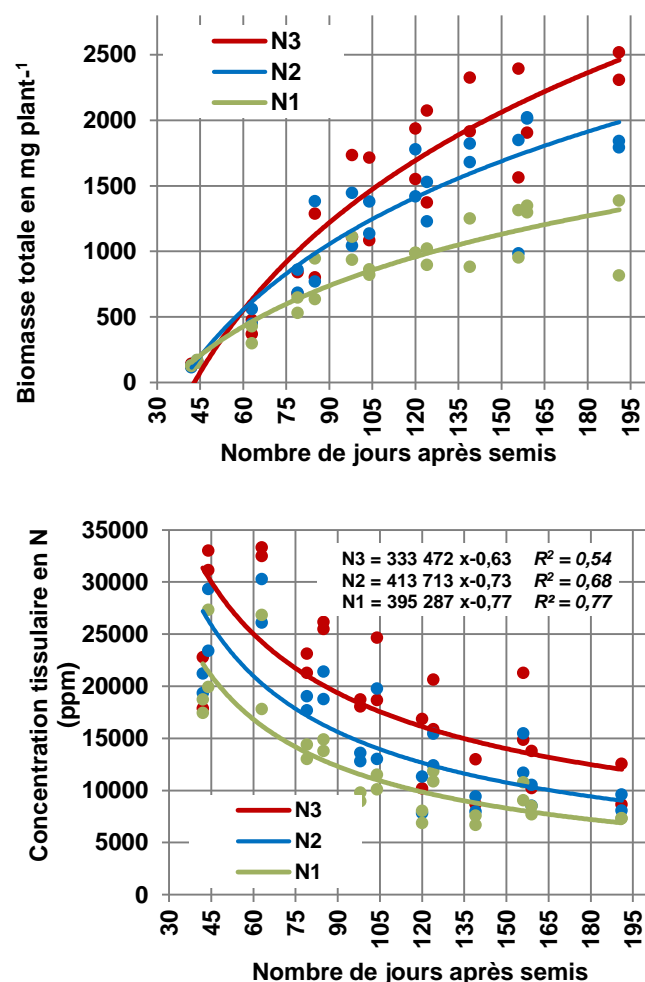


Figure 3 : Evolution de la croissance en biomasse et de la concentration tissulaire en azote (N) de plants de pin maritime en conteneur pour trois niveaux d'apport en azote, N1, N2 et N3 avec respectivement : 27, 54 et 81 mg de N.plant⁻¹.

Ces résultats doivent être pris en compte dans la gestion de la fertilisation en pépinière. Il faut éviter des fertilisations fortes en azote en début de croissance qui risquent d'aboutir à des plants

trop grands pour la plantation. En revanche, compte tenu de la dynamique de croissance en biomasse tardive, la fertilisation en fin de saison doit être maintenue pour conserver un bon niveau de concentration tissulaire et avoir des plants avec des réserves minérales suffisantes pour favoriser une installation rapide après plantation. Un apport supplémentaire de fertilisation (recharge minérale) peut également être fait en fin de saison quand les plants ont terminé leur croissance en hauteur de façon à ne pas les fragiliser.

Influence des conditions de culture sur le durcissement des plants de pin maritime en fin de saison

L'impact de la fertilisation a également été mesuré sur le durcissement des plants de pin maritime et leur tolérance au froid au travers de tests spécifiques. Ces tests sont effectués en chambre climatique contrôlée, par application de chocs thermiques, pour différents niveaux de froid, sur des plants repotés en conteneurs (Photo 1).



Photo 1 : Dégâts de froid sur les plants de pin maritime repotés en conteneurs, pour différentes modalités de fertilisation en pépinière expérimentale, après application d'un choc thermique de -16°C pendant une heure en chambre climatique contrôlée

La tolérance au froid peut également être évaluée à partir de tests non destructifs en cryostat, sur des échantillons d'aiguilles placés en tube à essais dans un volume d'eau déminéralisée. Après l'application des chocs thermiques sur les échantillons, on mesure le niveau de fuite d'électrolytes dans le soluté, par conductivité électrique en mS.cm⁻¹ (Figure 4). Un niveau élevé de conductivité indique que l'on a eu une fuite importante d'électrolytes cellulaires lié à un dommage par le choc thermique.

L'impact sur la tolérance au froid de plants de pin maritime a été mesuré pour les six modalités de fertilisation décrites précédemment : N1, N2, N3, N2P2, N2K2 et N2P2K2. Pour les deux modalités N2 et N3, l'intérêt d'une réduction de l'alimentation en eau (stress hydrique) a également été évalué (Figure 5). L'augmentation du niveau d'apport de la fertilisation azotée a un effet favorable et significatif sur l'amélioration de la tolérance au froid des plants de pin maritime. Pour une conductivité relative de 50 %, le niveau d'apport en N le plus élevé (N3) permet d'obtenir un gain de tolérance au froid de 1°C (Figure 5).

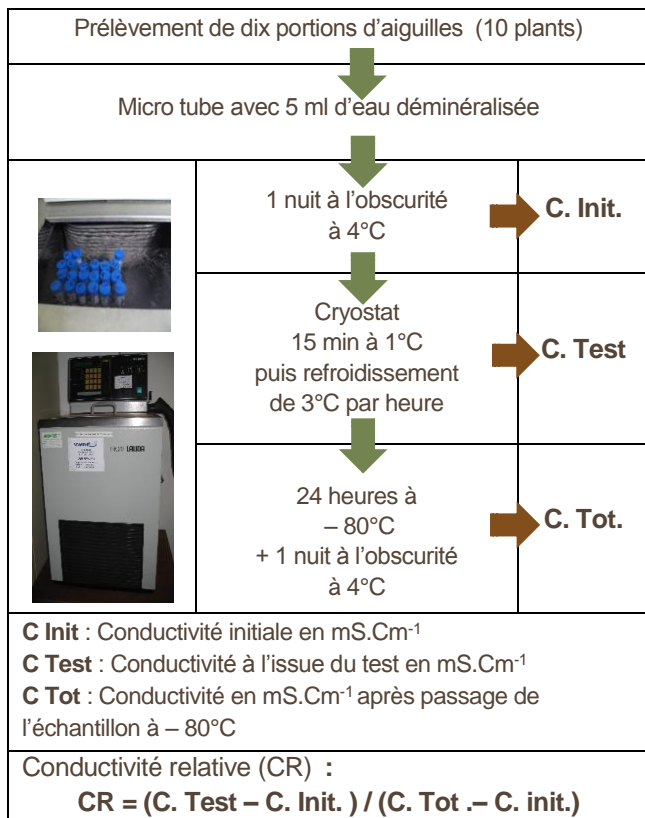


Figure 4 : Méthode d'évaluation de la tolérance au froid de plants de pin maritime par la mesure de la conductivité relative (CR) de la fuite d'électrolytes après l'application de chocs thermiques au cryostat sur des échantillons d'aiguilles.

Les tests effectués ne mettent en évidence aucun effet d'un apport additionnel de phosphore ou de potasse : modalités N2P2, N2K2 et N2P2K2. En revanche la réduction de l'alimentation en eau a un effet négatif marqué sur la tolérance au froid des plants de pin maritime, quel que soit le niveau d'apport de la fertilisation azotée (Figure 5).

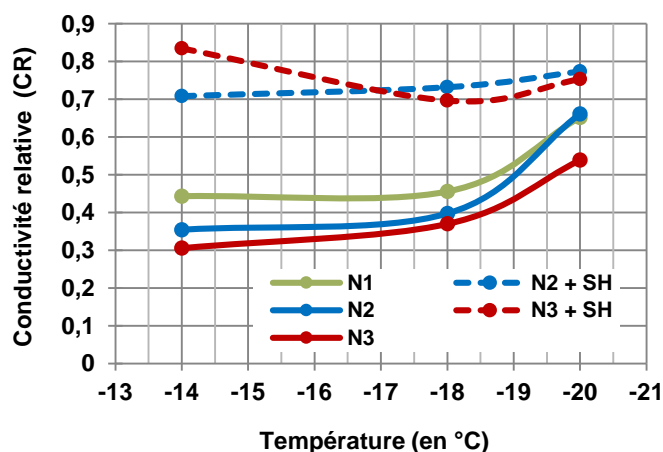


Figure 5 : Influence de la fertilisation azotée et d'un stress hydrique (SH) sur la tolérance au froid de plants de pin maritime pour trois niveaux d'apport en azote, N1, N2 et N3 avec respectivement : 27, 54 et 81 mg de N.plant⁻¹. La tolérance au froid est évaluée par la mesure de conductivité relative (CR) sur des échantillons d'aiguilles pour trois niveaux de chocs thermiques en cryostat -14°C, -18°C et -20°C.

Comparaison aux champs des modalités de culture

Les plants produits pour les six modalités de fertilisation testées en pépinière (Tableau 1) ont été plantés au printemps sur une parcelle forestière dans un dispositif expérimental. A l'issue de la première saison de croissance ayant suivi la plantation, les plants ont été mesurés en hauteur et un échantillon a été arraché pour estimer la croissance en biomasse pour la partie aérienne et les racines.

La fertilisation azotée des plants de pin maritime en pépinière a un effet favorable sur la croissance initiale au champ, un an après plantation. L'augmentation du niveau d'apport de la fertilisation azotée de plants de pin maritime en pépinière induit une croissance caulinaire plus importante avec une hauteur plus forte dès la fin de la première saison de végétation.

La croissance racinaire initiale en biomasse est également significativement augmentée favorisant ainsi une installation plus rapide des plants après plantation. En revanche on n'observe aucun effet sur la croissance des apports additionnels de phosphore et de potasse pour les modalités N2P2, N2K2 et N2P2K2.

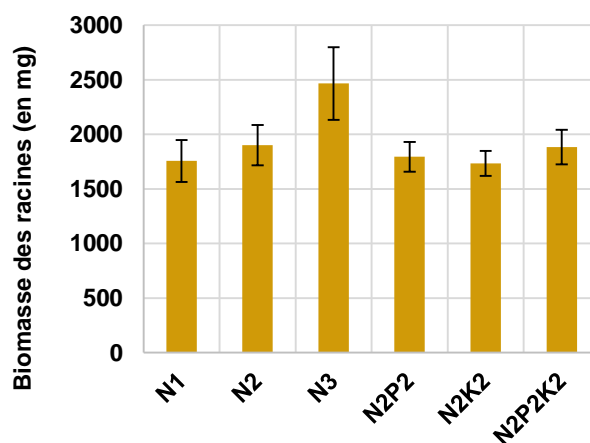
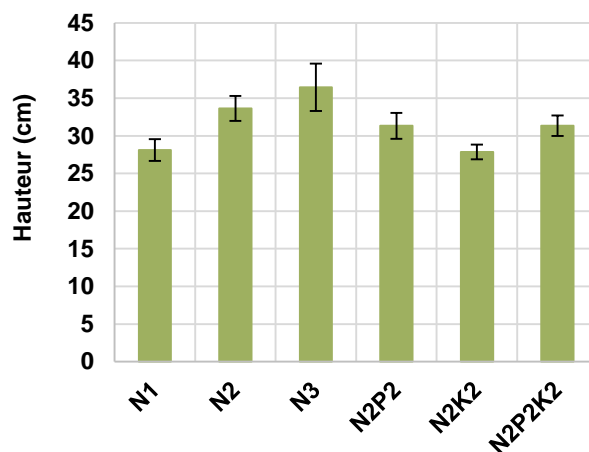


Figure 6 : Croissance en hauteur et biomasse des racines de plants de pin maritime, un an après plantation pour six modalités de fertilisation en pépinière : N1, N2 (témoin), N3, N2P2, N2K2 et N2P2K2. Les barres verticales sur l'histogramme représentent l'erreur type.

Conclusions

Un bon niveau du statut nutritionnel des plants de pin maritime en azote en fin de culture est nécessaire pour garantir à la fois une bonne tolérance aux stress (tolérance au froid) et une croissance rapide après plantation (Frayssse et Crémère, 1998 ; Frayssse et Arcas, 1998). Il faut cependant limiter les apports en azote au départ de la culture pour éviter une croissance initiale en hauteur trop forte qu'il sera difficile de maîtriser ensuite.

La fertilisation en automne doit être maintenue pour limiter la chute des concentrations tissulaires compte tenu de la forte croissance en biomasse en fin de saison. Une fertilisation azotée supplémentaire (recharge minérale) peut également être appliquée en fin de culture, après l'arrêt de croissance en hauteur, cela permet d'augmenter la concentration tissulaire en élément minéraux et d'améliorer ainsi la tolérance au froid des plants de pin maritime.

L'évaluation de la tolérance au froid des plants de pin maritime peut être effectuée à partir de tests rapides et non destructifs sur des échantillons d'aiguilles par la mesure de fuite d'électrolytes par conductivité électrique après chocs thermiques en cryostat.

Perspectives

Les résultats obtenus au travers de ce projet vont aider les pépiniéristes à établir des calendriers de fertilisation adaptés en fonction des conditions de culture spécifiques à chaque pépinière : date de semis, volume de conteneur, densité de culture, type d'engrais. Ces calendriers de fertilisation permettront :

- ✓ D'ajuster précisément les apports en éléments minéraux à effectuer en fonction du stade de développement des plants, tout au long de la culture en pépinière.
- ✓ De produire des plants de dimensions prédéfinies, correspondant aux standards de qualité recherchés et aux normes dimensionnelles exigées.
- ✓ De limiter les apports de fertilisants aux stricts besoins des plants et éviter ainsi les pertes par lessivage dans le sol et les nappes phréatiques.

Pour les sylviculteurs, le contrôle de la qualité des plants en pépinière est une sécurité et une nécessité pour :

- ✓ Favoriser une croissance initiale rapide de la partie aérienne et des racines après plantation de façon à faciliter l'installation des plants.
- ✓ Obtenir des plants plus résistants face aux stress : tolérance au froid et à la sécheresse, concurrence de la végétation accompagnatrice.

Ce programme d'amélioration de la qualité des plants nécessite des efforts et des investissements pour : moderniser les pépinières forestières, développer de nouveaux itinéraires de culture mieux adaptés et plus précis. C'est une garantie nécessaire pour améliorer la réussite et la qualité des reboisements dans le contexte plus difficile du changement climatique.

Bibliographie

Frayssse J.Y., 1994- Le Québec forestier et ses grandes pépinières. Informations-Forêt n° 4 (Fasc. 496), 6 p.

Frayssse J.Y. et Crémère L., 1998- Nursery Factors Influencing Containerized Pinus pinaster Seedlings' Initial Growth. Silva Fennica 1998, 32 (3), pp. 261-270.

Frayssse J.Y. et Arcas F., 1998- Réussite des plantations de pin maritime. Influence de la qualité des plants produits en conteneurs et de la période d'installation. Informations-Forêt n° 2 (Fasc. 570), 6 p.

Girard D., Gagnon J. et Langlois C.G. 2001- Plantec : un logiciel pour gérer la fertilisation des plants dans les pépinières forestières. Québec, Ministère des Ressources Naturelles, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière n°111, 8 p.

Joyeau C. et Pierangelo A. 2017- Synthèse des résultats de l'enquête « Statistiques sur la production et la vente de plants forestiers en pépinières - Campagne 2015-2016 » Irstea – Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (IRSTEA). Mars 2017, 32 p.

Ce projet a bénéficié du soutien de la Région Nouvelle-Aquitaine et a été réalisé avec les équipements de la plateforme de recherche Xylobiotech coordonnée par FCBA (Equipex Xyloforest, réf. ANR-10-EQPX-16) à Cestas Pierroton (33)



Contacts

Jean-Yves FRAYSSE ● jean-yves.frayssse@fcba.fr
Francis CANLET ● francis.canlet@fcba.fr
Tél. 05 56 79 95 00



Pôle Biotechnologie Sylviculture Avancée
71, route d'Arcachon, Pierroton, 33610 Cestas