

# LES CAHIERS du Groupe Pin Maritime du Futur

## GESTION DU SOUS-BOIS ET DE LA FERTILISATION

### édito

Les effets du réchauffement climatique sur les forêts peuvent déjà être observés dans certaines régions du monde (modification de la croissance, mortalité due à des vagues de sécheresse, répartition des essences forestières) et devraient augmenter à l'avenir. Ces impacts modifient le fonctionnement de ces écosystèmes, mais également les services écologiques qu'ils fournissent, tels que l'approvisionnement en bois, le stockage de carbone ou la conservation de la biodiversité.

La vitesse et l'ampleur de ces effets vont dépendre de plusieurs facteurs qui interagissent avec le changement climatique. Par exemple, on peut citer la capacité de tolérance à la sécheresse des espèces composant les peuplements mais également, dans les forêts cultivées, les sylvicultures appliquées, en particulier la fréquence et l'intensité des éclaircies.

Des mesures d'adaptation nécessaires pour réduire les impacts négatifs du changement climatique sont à rechercher. Le GPMF travaille sur des innovations génétiques et sylvicoles pour limiter l'effet des stress hydriques estivaux. Nous expertisons la variabilité des réponses des variétés disponibles et les différentes pratiques sylvicoles existantes ou susceptibles d'être développées dans le cadre d'une diversification des itinéraires. Pour améliorer les conditions d'alimentation hydrique et minérale, les modalités de reboisement et de gestion des peuplements comme la fertilisation initiale ou le contrôle du sous-bois doivent être attentivement examinées de façon à comprendre leur influence au moment du renouvellement des peuplements et durant toute la révolution sylvicole.

Le Groupe Pin Maritime du Futur



# Gestion combinée du sous bois et de la fertilisation pour améliorer la production des peuplements de pin maritime

PIERRE TRICHET/INRA • DOMINIQUE MERZEAU/CPFA CNPF • DIDIER CANTELOUP/ONF • SYLVAIN BAZAS/CNPF  
NICOLAS CHEVAL/INRA • AURÉLIEN FÉVRIER/CNPF • FRANCIS MAUGARD/ONF

L'évolution des techniques et des itinéraires sylvicoles combinée à l'utilisation de variétés améliorées ont permis une forte augmentation de la productivité à l'échelle du massif forestier landais. Dans un contexte d'environnement climatique changeant, il est nécessaire pour soutenir cette productivité, de veiller au maintien de la fertilité des sols et d'intégrer les risques dans la gestion, notamment celui lié au stress hydrique estival.

## Eau et éléments minéraux, facteurs limitants de la croissance du Pin maritime dans le massif landais

La pauvreté minérale des sols forestiers est un facteur limitant principal de la production des peuplements de Pin maritime dans les Landes de Gascogne. Les sols sableux landais sont en effet considérés comme les plus pauvres du monde pour la richesse en phosphore (Augusto et al, 2006). Les résultats constatés de gains de productivité issus des réseaux expérimentaux d'essais de fertilisation ont permis d'établir une courbe de réponse de la croissance du Pin maritime à la dose de phosphore apportée à l'installation d'un peuplement. La dose recommandée en lande humide se situe aux alentours de 80 kg de  $P_2O_5$  /ha (Trichet et al, 2009). La réponse à la fertilisation phosphatée présente toutefois une certaine hétérogénéité stationnelle : elle est généralement efficace en lande humide et mésophile alors qu'une absence d'effet sur la croissance est constatée en lande sèche (Trichet et al, 2009). Dans ce dernier cas, le facteur limitant principal de la croissance des arbres est l'alimentation en eau.

En effet, dans les landes sèches bien drainées, la nappe reste hors d'atteinte de la majorité des racines des arbres. De plus, le stock de matière organique du sol, plus faible dans ce type de station, réduit la réserve en eau disponible en période de sécheresse estivale, qui est alors estimée à 8 à 10 jours de transpiration en lande sèche contre 15 à 20 jours en lande humide (Loustau et al, 1999).

Aussi bien en lande sèche qu'en lande humide, le sous-bois est fortement présent tout au long de la vie du peuplement, en raison du caractère ouvert de ce dernier et de la lumière ainsi disponible. Le sous-bois et les arbres entrent en compétition pour l'accès aux ressources hydriques et minérales présentes en quantité limitée, cette relation évoluant au cours du temps. En effet à l'installation du peuplement, le sous-bois peut coloniser

plus vite le milieu que les jeunes arbres qui s'installent plus progressivement, avant que finalement ces derniers ne dominent la végétation accompagnatrice.

Comme il n'est pas envisageable de lever la contrainte hydrique par l'irrigation, les opérations de contrôle de la croissance du sous-bois constituent un des seuls leviers d'action à disposition des sylviculteurs pour améliorer l'alimentation en eau des peuplements. Elles sont réalisées dès l'installation du peuplement avec un travail du sol en plein ou en bandes qui élimine la strate basse, puis régulièrement par voie mécanique, tout au long de la vie du peuplement et plus particulièrement jusqu'à la première éclaircie. Les opérations d'entretien du sous-bois sont, avec la fertilisation phosphatée, une des composantes de la sylviculture du Pin maritime dans les Landes de Gascogne.

## Deux dispositifs expérimentaux testant l'effet croisé de la fertilisation et du contrôle du sous-bois

Dans l'objectif de quantifier les effets respectifs de la fertilisation phosphatée et du débroussaillage sur la croissance d'un peuplement de Pin maritime dans des conditions stationnelles contrastées du massif des Landes de Gascogne, deux dispositifs ont été installés en 2008, l'un en lande humide (commune de Saint-Médard-en-Jalles), l'autre en lande sèche (commune d'Escource). Ces deux dispositifs ont été installés selon le même schéma expérimental pour mesurer l'effet de la station sur la réponse des peuplements à la manipulation de deux leviers de la croissance : alimentation minérale via la fertilisation phosphatée et alimentation hydrique et minérale via la réduction de la concurrence à travers le débroussaillage.

Quatre traitements sont ainsi testés :

- Absence de fertilisation et d'entretien : Non Fertilisé – Non Débroussaillé (NF-ND)
- Fertilisation phosphatée (60 ou 80 U de  $P_2O_5$ ) sans aucun entretien : Fertilisé – Non Débroussaillé (F-ND)
- Absence de fertilisation et gestion régulière de la strate basse : Non Fertilisé – Débroussaillé (NF-D)
- Fertilisation phosphatée (60 ou 80 U de  $P_2O_5$ ) et gestion régulière de la strate basse : Fertilisé – Débroussaillé (F-D)

Pour les 2 dispositifs, le plan d'expérience est dit complet car tous les traitements sont testés et répétés 4 fois dans des parcelles unitaires de grande taille (50m x 48m) (Figure 1).

## Lande sèche : Dispositif d'Escource (CPFA)

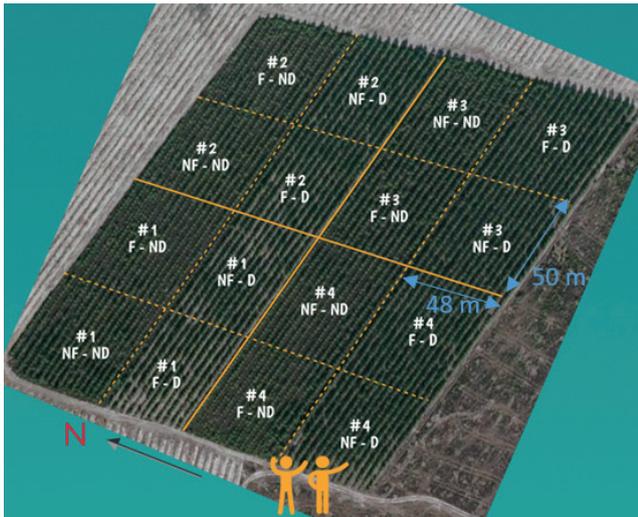


Figure 1. Plan d'expérience des 2 dispositifs

La végétation de cette parcelle est une lande sèche à bruyères et hélianthème. La préparation du dispositif a consisté en un débroussaillage au rouleau landais en plein, suivi d'un épandage en bandes d'une fertilisation phosphatée à 60 kg de  $P_2O_5$  / ha cadastral (pour les parcelles des traitements fertilisés) puis d'un labour en bandes. Les pins maritimes ont été plantés à 1250 tiges /ha en avril 2008. Les débroussaillages au rouleau landais des interlignes ont été effectués au cours des étés 2010 (3 ans), 2013 (6 ans) et 2017 (10 ans).

L'effet du débroussaillage augmente régulièrement en apportant un gain sur la croissance en hauteur, de +4,3 % à 1 an, +4 % à 2 ans, +5,4 % à 3 ans, +18,3 % à 4 ans, +27,9 % à 5 ans, +40,4 % à 7 ans et +42,6 % à 10 ans. Ce gain ne devient significatif qu'à partir de 4 ans. Aucun effet significatif de la fertilisation n'est observé (Figure 2). Le faible effet du débroussaillage sur ces premières années peut s'expliquer par la faible vitesse de la recolonisation de la végétation basse sur ce type de station xérique après le travail du sol réalisé avant l'installation.

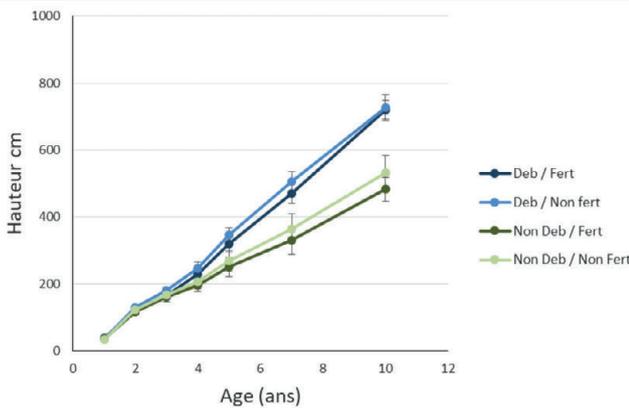


Figure 2. Évolution de la hauteur de 1 à 10 ans pour les 4 traitements de débroussaillage et de fertilisation, sur le dispositif d'Escource.

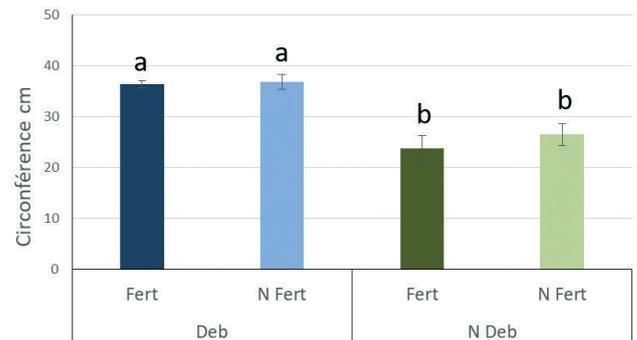


Figure 3. Circonférence moyenne des arbres à 10 ans sur le dispositif d'Escource pour les 4 traitements de débroussaillage et de fertilisation. Deux valeurs indexées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Student Newman Kheuls).



Figure 4. Effet du débroussaillage à 5 ans sur le dispositif d'Escource.

A 10 ans (fin 2017), l'analyse de variance sur la circonférence moyenne des arbres met en évidence un effet positif et significatif du débroussaillage de +45,8% mais aucun effet significatif de la fertilisation (Figure 3).

Les valeurs dendrométriques moyennes (Circonférence et Hauteur) situent ce peuplement au niveau des plus faibles croissances enregistrées dans les dispositifs expérimentaux en lande sèche du réseau CPFA.

### Sur cette lande sèche :

- Pas d'effet de la fertilisation sur la croissance
- Effet significatif du débroussaillage sur la croissance :
  - en hauteur (gain de 43% à 10 ans)
  - en circonférence (gain de 46 % à 10 ans)

## Lande humide : dispositif de Saint-Médard-en-Jalles (ONF-INRA)

La végétation de cette parcelle est une lande humide à molinie. La préparation du dispositif a consisté en un débroussaillage en plein suivi d'un épandage en plein d'une fertilisation phosphatée à 80 kg de  $P_2O_5$  / ha cadastral (pour les parcelles des traitements fertilisés) puis d'un labour en plein. Les pins maritimes ont été plantés à 1250 tiges/ha en décembre 2007. Les débroussaillages au rouleau landais des interlignes ont été effectués en 2008 (1 an), 2009 (2 ans), 2010 (3 ans), 2013 (6 ans) et 2015 (8 ans).

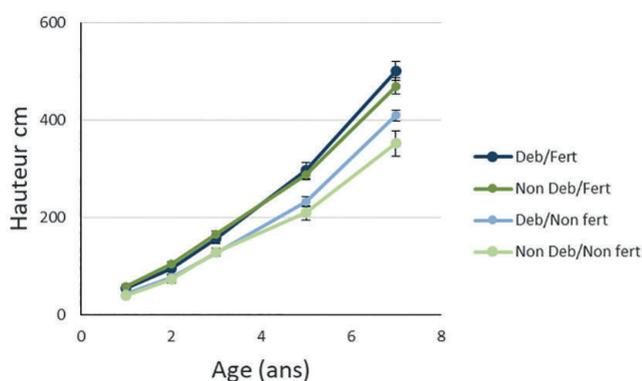


Figure 5. Évolution de la hauteur moyenne de 1 à 7 ans pour les 4 traitements de débroussaillage et de fertilisation, sur le dispositif de Saint-Médard-en-Jalles

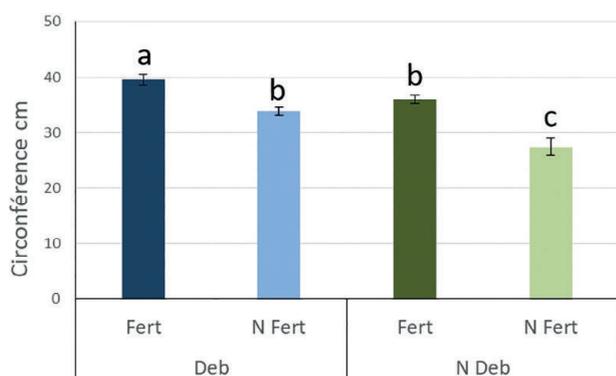


Figure 6. Circonférence moyenne à 9 ans sur le dispositif de Saint-Médard-en-Jalles pour les 4 traitements de débroussaillage et de fertilisation. Deux valeurs indexées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Student Newman Kheuls).

L'effet fertilisation sur la hauteur moyenne des arbres est significatif dès la première année (+37%). A 7 ans, il est toujours de 33%. L'effet débroussaillage ne devient significatif qu'à partir de la 5<sup>ème</sup> année, en apportant un gain de +16% sur la hauteur. A 7 ans, l'effet cumulé de la fertilisation et du débroussaillage a augmenté la croissance en hauteur de 42% (Figure 5).

Le faible effet du débroussaillage sur les premières années pourrait s'expliquer sur ce site par un maintien de la végétation basse sur la ligne de plantation (entretien de l'interligne uniquement) entraînant un faible développement des jeunes arbres les premières années. A 9 ans (fin 2016), l'analyse de variance sur la circonférence moyenne met en évidence un effet positif et significatif de la fertilisation (+31%) et du débroussaillage (+23%). L'effet cumulé de la fertilisation et du débroussaillage a augmenté la circonférence de 44% (Figure 6).

### Sur cette lande humide :

- **Effet significatif de la fertilisation sur la croissance en hauteur (+ 37 % à 7 ans) et en circonférence (+ 31 % à 9 ans)**
- **Effet significatif du débroussaillage sur la croissance en hauteur (+ 16 % à 7 ans) et en circonférence (+23 % à 9 ans)**



Figure 7. Effets cumulés de la fertilisation et du débroussaillage à 3 et 11 ans sur le dispositif de Saint-Médard-en-Jalles.

## Synthèse : réponse du pin maritime à la fertilisation et au débroussaillage sur les différents types de landes

Les dispositifs de Saint-Médard-en-Jalles et d'Escource, installés la même année et selon des protocoles expérimentaux identiques permettent une comparaison des effets d'une fertilisation phosphatée apportée à l'installation et d'un débroussaillage régulier au rouleau landais, entre une station de lande humide et une station de lande sèche (Figure 8).

En station de lande humide (site de Saint-Médard-en-Jalles), la fertilisation phosphatée et le débroussaillage mécanique régulier augmentent significativement la croissance initiale du jeune peuplement, avec un gain respectif de 45% et 30% environ sur la circonférence moyenne à 7 ans. La réalisation combinée d'une fertilisation et d'un débroussaillage apporte un gain légèrement supérieur à 60%. Sur ce type de station, il est important de combiner fertilisation et débroussaillage.

En station de lande sèche (site d'Escource), le débroussaillage mécanique augmente significativement la croissance initiale du jeune peuplement, avec un gain d'environ 50% sur la circonférence à 7 ans. La fertilisation phosphatée n'a pas d'effet sur la croissance qu'elle soit appliquée seule ou en combinaison avec un débroussaillage. Sur ce type de station, le débroussaillage doit être réalisé en priorité.

Alors que l'effet de la fertilisation lorsqu'il est présent, apparaît dès le début de l'installation du peuplement, l'effet du débroussaillage ne devient significatif qu'à partir de 4 - 5 ans en lien avec la dynamique progressive de recolonisation du sous-bois suite à l'installation du peuplement après un labour. Il est à noter que la quatrième année de croissance en 2011 de ces deux dispositifs a été caractérisée par un déficit hydrique marqué.

Si l'ampleur de l'effet positif de la fertilisation phosphatée est bien connue dans les landes de Gascogne, il existe cependant une hétérogénéité de la réponse à cette fertilisation : il peut arriver que sur certaines stations de lande humide, la fertilisation phosphatée se révèle moins efficace. Cet effet moindre de la fertilisation a été observé sur des sites où la productivité ainsi que la quantité de phosphore biodisponible dans le sol étaient déjà élevées. L'effet de la fertilisation phosphatée observé sur le site de Saint-Médard-en-Jalles est représentatif de ce qui est observé en moyenne sur le massif landais (Trichet et al, 2009).

La quantification de l'effet du débroussaillage est quant à elle moins bien connue dans le contexte landais, même si le débroussaillage mécanique est couramment réalisé. Des expérimentations réalisées dans des plantations de Pins (*ponderosa*, *taeda*, *radiata*, *eliotii*) dans le sud des USA mettent en

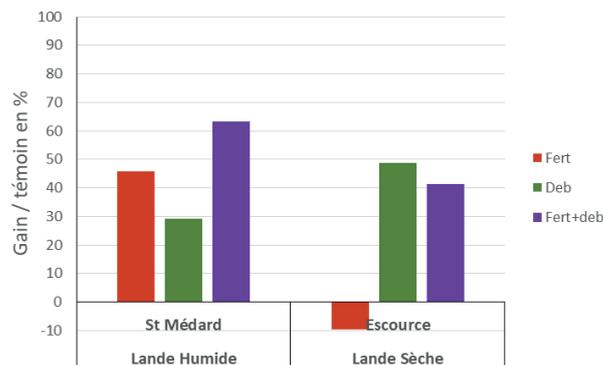


Figure 8. Gain sur la circonférence à 7 ans (en % / témoin) procuré soit par une fertilisation phosphatée apportée à l'installation à la dose de 60-80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha (Fert), soit par un débroussaillage régulier au rouleau landais (Deb) ou soit par la combinaison des deux (Fert+Deb) sur une station de lande humide et une station de lande sèche du massif forestier des Landes de Gascogne.

évidence des gains sur la surface terrière apportés par le débroussaillage compris entre 7 et 105% selon le contexte pédoclimatique (Albaugh et al, 2012 et 2015 ; Zhang et al, 2013). Le gain procuré par le débroussaillage sur la surface terrière est de 90% à 10 ans à Escource et de 32% à 9 ans à Saint-Médard-en-Jalles.

Dans tous les cas, le sous-bois est un fort compétiteur des jeunes arbres pour les ressources en eau, il peut l'être également pour les éléments minéraux. Néanmoins, sur les sites étudiés il n'apparaît pas de différence sur la teneur minérale des aiguilles en lien avec le débroussaillage. En lande humide, le sous-bois de molinie joue un rôle important dans le bilan hydrique du peuplement de Pin maritime, en particulier en période de sécheresse estivale où la transpiration du sous-bois peut être de même ampleur que celle des arbres (Loustau et al, 1991).

En lande sèche, le sous-bois à dominante de ligneux (bruyères) joue un rôle important en consommant une ressource en eau qui est moins importante qu'en lande humide du fait d'une nappe moins accessible et d'une réserve en eau plus faible dans les couches superficielles du sol.

La phase juvénile du peuplement est la phase où la concurrence entre les jeunes arbres et le sous-bois est maximale en lien avec le caractère ouvert du peuplement qui permet un développement important du sous-bois et du fait que les jeunes arbres sont encore peu développés. Les entretiens sont un moyen pour réguler la croissance de ce sous-bois et donc atténuer la concurrence pour l'eau et les éléments minéraux à un stade où le couvert par les arbres n'est pas constitué.

Le débroussaillage en supprimant la végétation concurrente dans les interlignes permet l'arrivée directe au profit du pin maritime de l'essentiel des précipitations (diminution de la consommation et de l'interception). Son intérêt est d'autant plus marqué dans le cadre du changement climatique avec un risque accru de sécheresses estivales et d'incendies.

Cependant, le sous-bois joue aussi un rôle dans le maintien de la fertilité des sols landais en permettant de fixer une quantité non négligeable de minéraux qui pourraient être lessivés si le sol était maintenu sans couvert végétal. Sur certaines stations, des légumineuses comme l'ajonc, permettent une fixation de l'azote de l'air et pourraient améliorer le bilan azoté. Des études sont en cours pour évaluer l'impact de sous-bois constitué essentiellement de légumineuses sur la croissance des peuplements.

On doit également rappeler que le sous-bois de la forêt cultivée des landes de Gascogne contribue à la diversité de cet écosystème en fournissant une grande diversité d'habitats et de ressources pour différentes espèces forestières endémiques. Il participe également à la séquestration du carbone dans le sol, grâce à la matière organique issue de la décomposition de la biomasse aérienne et par le renouvellement des racines fines.

D'autre part, il ne faut pas non plus négliger les possibles impacts négatifs du débroussaillage mécanique sur la stabilité des arbres. En effet les racines traçantes du pin maritime se trouvent près de la surface du sol et peuvent être sectionnées par l'utilisation de matériel trop lourd et pénétrant trop profondément dans le sol. Les racines des pins une fois coupées émettent à partir de la blessure, des racines plus fines qui possèdent une moindre rigidité en flexion (Danjon et Meredieu, 2016). La capacité de résistance au vent de l'arbre est donc impactée.

Il apparaît donc important de contrôler le développement du sous-bois par un débroussaillage régulier, en particulier dans les phases juvéniles du peuplement, sans pour autant l'éliminer complètement. C'est d'ailleurs ce qui est le plus souvent réalisé dans les Landes de Gascogne avec des débroussaillages mécaniques des interlignes, espacés de 5 à 7 ans.

Pour consolider les résultats acquis, un nouveau réseau de dispositifs est mis en place dans le cadre du programme PINASTER du GIS Groupe Pin Maritime du Futur pour tester l'intensité et la périodicité des entretiens du sous-bois dans le cadre de la diversité stationnelle du Massif landais. Des bilans gain/coûts et bénéfiques/risques de ces pratiques culturales seront ainsi possibles.



Fertilisation en phosphore à l'installation du peuplement



Débroussaillage au rouleau



### BIBLIOGRAPHIE

Albaugh T., Stape J., Fox T., 2012.

Mid-rotation Vegetation Control and Fertilization Response in *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* across the Southeastern United States. *Southern Journal of Applied Forestry*, 36 (1) : 44-53.

Albaugh T., Alvarez J., Rubilar R., Fox T., Allen HL., Stape J., Mardones O., 2015.

Long-Term *Pinus radiata* Productivity Gains from Tillage, Vegetation Control, and Fertilization. *Forest Science*, 61 (4) :800-808.

Augusto L., Badeau V., Arrouays D., Trichet P., Flocc J.-L., Jolivet C., Merzeau D., 2006.

Caractérisation physico-chimique des sols à l'échelle d'une région naturelle à partir d'une compilation de données. Exemple des sols du massif forestier landais. *Etude et Gestion des Sols* 13:7-22.

Danjon F. et Meredieu C., 2016. L'ancrage racinaire et le risque tempête.

Les cahiers du GPMF, n° 5 : page 7-8.

Loustau D., Cochard H., Sartore M., Guédon M., 1991.

Utilisation d'une chambre de transpiration portable pour l'estimation de l'évapotranspiration d'un sous-bois de pin maritime à molinie (*Molinia coerulea* (L) Moench).

*Annales des sciences forestières*, 48(1) : 29

Loustau D., Bert D., Trichet P., 1999.

La productivité forestière du massif landais et sa gestion durable.

*Revue Forestière Française*, LI-5-1999 : 571-591.

Trichet P., Bakker M R., Augusto L., Alazard P., Merzeau D., 2009.

Fifty years of fertilization experiments on *Pinus pinaster* in southwest France: importance of phosphorus as a fertilizer. *Forest Science* 55(5) : 390-402.

Zhang J., Powers R., Oliver D., Young D., 2013.

Response of ponderosa pine plantations to competing vegetation control in Northern California, USA: a meta-analysis. *Forestry*, 86(1) :3-11.



Directeur de la publication  
GPMF

Comité éditorial  
Patrick Pastuszka, INRA - Président du GPMF  
et le Comité Exécutif du GPMF

Rédacteurs en chef  
Annie Raffin, Céline Meredieu (INRA)

Contacts GPMF  
Groupe Pin Maritime du Futur,  
Domaine de l'Hermitage  
69 route d'Arcachon - Pierroton - 33612 Cestas Cedex  
contact@gisgpmf.fr

#### CAHIERS DÉJÀ PARUS

- N°1 - Sylviculture et stabilité, novembre 2011
- N°2 - Situation sanitaire et Diversification, mai 2012
- N°3 - Les techniques d'installation, mai 2013
- N°4 - Matériel végétal de reboisement, juin 2014
- N°5 - 20 ans de progrès et d'innovation, novembre 2016

#### POUR EN SAVOIR PLUS

Les publications du GIS GPMF sont disponibles en ligne  
sur les sites des partenaires. Tapez « Publications du GPMF »  
dans un moteur de recherche.

Avec le soutien de

