

Intérêt de l'amendement et du paillage pour les plantations forestières en région méditerranéenne

Le projet FP7 Sustaffor

par Jaime COELLO, Míriam PIQUÉ, Pere ROVIRA et Carla FUENTES

Lors une plantation, il est primordial d'optimiser la reprise et la croissance initiale des plants. En région méditerranéenne, les principaux facteurs limitant leur réussite sont la sécheresse et la concurrence de la végétation.

Dans cet article, les auteurs nous présentent les résultats d'une expérimentation menée dans le cadre d'un projet européen qui a permis de tester des techniques d'amendements du sol et de traitements de la végétation concurrente, grâce notamment à des produits innovants. Les premiers résultats semblent encourageants.

Introduction : les défis de la plantation forestière en région méditerranéenne

Les principaux défis

En région méditerranéenne, les plantations forestières — qu'elles soient à objectif de production, de protection ou à vocation paysagère — nécessitent des techniques innovantes qui permettent d'atténuer les principales contraintes que sont la sécheresse, la végétation concurrente et les dégâts causés par la faune. De plus, ces techniques doivent faire appel à des matériaux qui répondent aux exigences suivantes :

- faible coût d'acquisition, de mise en œuvre, d'entretien et, le cas échéant, d'élimination ;
- faible impact environnemental : ils doivent être élaborés préférentiellement à partir de matières premières recyclées ou recyclables et être inoffensifs pour le milieu.

Deux facteurs limitants : la sécheresse et la végétation concurrente

La sécheresse et la végétation concurrente peuvent causer, séparément ou conjointement, une diminution de la croissance et de la vigueur des arbres, une sensibilité plus importante aux ravageurs et aux maladies, voire la perte partielle ou totale de la plantation.



Photo 1 :

L'arrosage à l'aide d'une citerne pour lutter contre la sécheresse est cher et inapplicable sur les terrains peu accessibles.

La **sécheresse**, facteur le plus limitant pour la production végétale, est une caractéristique des écosystèmes méditerranéens (VALLEJO *et al.*, 2006). Il est prévu que son incidence soit de plus en plus importante pour les décennies à venir (RESCO DE DIOS *et al.*, 2007). Dans ces conditions, la principale technique utilisée contre la sécheresse est l'arrosage d'appui ou d'urgence (Cf. Photo 1). Cette technique est efficace pour améliorer l'état hydrique des jeunes arbres, mais elle ne peut pas, dans la majorité des cas, être appliquée. Le coût du personnel et du maté-



Photo 2 :

La végétation concurrente peut atteindre des dimensions remarquables. En quelques semaines, elle peut cacher complètement un jeune arbre.

riel, particulièrement dans les zones peu accessibles, et la difficulté à planifier le nombre d'interventions nécessaires chaque année, limitent son utilisation. Des techniques préventives, non récurrentes et plus durables, sont donc préconisées. Cela inclut la sélection d'un matériel végétal prenant en considération les [adapté à des] scénarios climatiques prédisant un climat de plus en plus sec ; des pratiques de conservation de l'eau durant la préparation du sol et des techniques de plantation spécifiques comme, par exemple, les amendements de sol (SLOUP & SALAŠ 2009). Les amendements améliorent, durant les premières années, les propriétés physiques (et souvent chimiques et biologiques) du sol dans le volume occupé par les racines. Les amendements les plus usuels sont des substrats de pépinière, du compost ou bien des polymères hydroabsorbants préférentiellement combinés à d'autres composants. Ces polymères augmentent fortement (50 fois) leur volume au contact de l'eau qui reste ainsi emmagasinée pendant la saison des pluies, ce qui évite l'évaporation ou l'infiltration rapide, et rendent de cette façon l'eau disponible pour la plante au fur et à mesure que le sol s'assèche. Les principaux avantages de cette technique sont sa facilité d'application (il suffit de mélanger le produit avec le sol du potet au moment de planter ou de semer) et l'absence d'entretien.

Par ailleurs, la **végétation concurrente**, dans la mesure où elle entre en compétition avec les arbres pour l'eau, la lumière et les nutriments (WILLOUGHBY *et al.*, 2009), représente un problème particulièrement sévère (Cf. Photo 2) dans les zones les plus productives (OLIVERA *et al.*, 2014). Les techniques les plus communément utilisées pour lutter contre cette végétation sont des interventions répétées de dégagement mécanique ou chimique, le nombre de passages étant positivement corrélé à la fertilité de la station. Le premier se réalise avec une machine (inapplicable dans de nombreuses zones difficilement accessibles, et peu efficace si la compétition la plus proche des arbres n'est pas éliminée) ou avec des outils et machines manuels peu efficaces. Dans les deux cas, les risques de dommage pour les arbres sont élevés. Le second, le dégagement chimique, est plus efficace et à coût raisonnable (WILLOUGHBY *et al.*, 2009), il consiste en l'application de phytocide. En plus de devoir recourir à plusieurs applications, cette technique conduit, par son impact environnemental élevé, à un rejet croissant de la part

de la société. Elle ne peut être utilisée dans de nombreuses conditions du fait de restrictions légales (THIFFAULT & ROY, 2011).

Une alternative qui permet d'éviter, de simplifier ou de réduire considérablement le besoin de désherber, ainsi que le risque de dommages qui peut en découler, est l'utilisation de paillis (Cf. Photo 3). Les paillis sont placés de sorte que l'arbre soit au centre, de façon à empêcher, par un double effet de barrière physique et d'ombrage, la germination et la prolifération de la végétation concurrente proche du tronc et des racines (MAGGARD *et al.*, 2012). Les paillis peuvent être continus (lames de plastique, bioplastique, textile, carton...) ou faits de particules (petits éléments associés : pierres, bois fragmenté, paille). Les paillis ont une fonction supplémentaire : diminuer l'évaporation de l'eau du sol, particulièrement importante lors des périodes sèches (MC CONKEY *et al.*, 2012). De plus, en fonction de leur composition, ils peuvent réguler la température du sol et améliorer ses propriétés. Les paillis plastiques sont les plus utilisés, car ils ont un faible coût et une résistance prolongée. Cependant, ils présentent deux inconvénients : ils doivent être retirés après utilisation, ce qui suppose une intervention très coûteuse, et ils sont fabriqués à partir de matières premières non renouvelables et difficilement recyclables après utilisation. Au cours des dernières années, de nouveaux produits de paillage, notamment des matériaux biodégradables (biopolymères), ont été développés et permettent d'éviter ces inconvénients.

Objectif

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'efficacité d'un ensemble de nouveaux produits d'amendement du sol et de paillage, développés dans le cadre du projet Sustaffor, destinés à améliorer les projets de plantation forestière d'un point de vue environnemental, technique et économique, ainsi que d'étudier leurs synergies. Ces nouveaux produits ont été développés pour diminuer l'effet négatif de la sécheresse et de la végétation concurrente pendant les premières années du développement des arbres, tout en diminuant de façon importante les besoins d'entretien.



Photo 3 :
Le paillage permet de réduire notablement l'effet de la végétation concurrente autour de l'arbre.

Dispositif expérimental

Traitements et méthode expérimentale

Les produits développés durant le projet Sustaffor ont été testés sur le terrain, et comparés à des techniques et produits de référence, c'est-à-dire ceux utilisés actuellement dans le même but. Le Tableau I recense les différentes techniques et les produits utilisés.

Différentes combinaisons de modalités d'amendements de sol et de lutte contre la végétation concurrente ont été testées. Les 17 traitements expérimentaux retenus sont décrits dans le Tableau II.

Chacun de ces 17 traitements est appliqué sur 30 arbres à chaque plantation expérimentale, suivant un dispositif aléatoire par bloc, avec 6 blocs par plantation.



Photo 4 :
Aspect du nouvel amendement de sol.



Photo 5 :

Aspect du nouveau paillis de biopolymères.

Tab. I :

Description des techniques étudiées et le code correspondant utilisé dans cet article.

Plantations expérimentales

Début 2014, un réseau de huit plantations expérimentales a été déployé dans quatre régions bioclimatiques contrastées du nord-est de l'Espagne, représentatives des principaux bioclimats méditerranéens. Le Tableau III montre les principales caractéristiques de chaque bioclimat et des plantations réalisées.

Les conditions de la région semi-aride sont les plus limitantes du fait de faibles précipitations et de températures extrêmement élevées durant l'été, ainsi que d'un sol à faible capacité de rétention d'eau, à cause de sa texture légère et d'une forte pente. Les plantations réalisées dans des conditions méditerranéennes continentales, spécialement en conditions humides, correspondent aux sites de bonne productivité où les sols sont riches et où l'incidence de la sécheresse est modérée (méditerranéen continental) ou faible (méditerranéen humide). Les conditions de l'étage montagnard sont caractérisées par des températures basses et par une texture du sol légère qui limite la disponibilité de l'eau et des nutriments.

Suivi des tests et analyses statistiques

Depuis l'installation des plantations expérimentales, un suivi a été réalisé pour les principales variables liées à la vigueur, à la productivité des arbres et à l'humidité du sol (Cf. Tab. IV).

Les résultats ont été analysés et les traitements organisés de deux façons. Tout d'abord, les 14 traitements correspondant à la troisième et à la sixième colonne du Tab. II, équivalents à un dessin expérimental factoriel à deux facteurs : l'amendement de sol

Photo 6 :

Aspect du nouveau paillis de toile de jute.



Technique	Description / Produits	Code
Amendements de sol	Nouvel amendement de sol granulé, avec plus de 20 ingrédients, dont un nouveau composé de polymères hydroabsorbants.	NAS20 NAS40 NAS80
	Trois doses ont été évaluées : 20, 40 et 80 g/arbre* (Cf. Photo 4)	
	Amendement de sol commercial TerraCottem Universal®, 40 g/arbre**	ComAS40
	Témoin (sans amendement de sol)	Non_AS
Lutte contre la végétation concurrente	Paillis biodégradable de biopolymères, basé sur un film biodégradable commercial* (Cf. Photo 5)	BIOPOL
	Paillis biodégradable de toile de jute, traité avec une résine biologique pour le rendre plus durable* (Cf. Photo 6)	JUTE
	Paillis de caoutchouc recyclé, de longue durée ou réutilisable, sans besoin de fixation au sol* (Cf. Photo 7)	CAOUT
	Biofilm commercial tissé**	ComBiofilm
	Film de polyéthylène noir**	ComPe
	Application d'un phytocide (glyphosate) chaque printemps**	ComHerbi
	Témoin (sans technique contre la végétation compétitrice)	Non_Desher

* produit innovant, développé durant le projet Sustaffor

** produit ou technique de référence

(2 niveaux) et les techniques de lutte contre la végétation concurrente (7 niveaux) ont été regroupés dans une première analyse. Par la suite, les 5 traitements correspondants aux différentes modalités d'amendements de sol, combinées à un même produit utilisé contre la végétation concurrente (paillage plastique) (voir la cinquième ligne du Tab. II) ont été analysés. Une analyse de variance a été effectuée pour déterminer si deux traitements sont considérés comme significativement différents au seuil de 5 %. Les moyennes ont été groupées à l'aide du test de Duncan.

Résultats

Résultats pour le bioclimat semi-aride

La technique de plantation la plus efficace pour le semi-aride est l'amendement de sol, avec un effet positif très marqué pour toutes les variables mesurées, aussi bien pour l'orientation sud que l'orientation nord (Cf. Fig. 1). Le paillage a aussi eu un effet positif sur la survie, l'état végétatif et la croissance des arbres (Cf. Fig. 2).

Résultats pour le bioclimat méditerranéen continental

La mortalité des arbres a été très faible (4%), sans être clairement corrélée aux traitements appliqués. Les techniques contre la végétation concurrente ont eu un effet très favorable sur la croissance, l'allocation de la biomasse (Cf. Fig. 3) et l'état hydrique, alors que l'amendement de sol n'a eu aucun effet significatif sur les variables suivies.

De haut en bas :

Photo 7 :

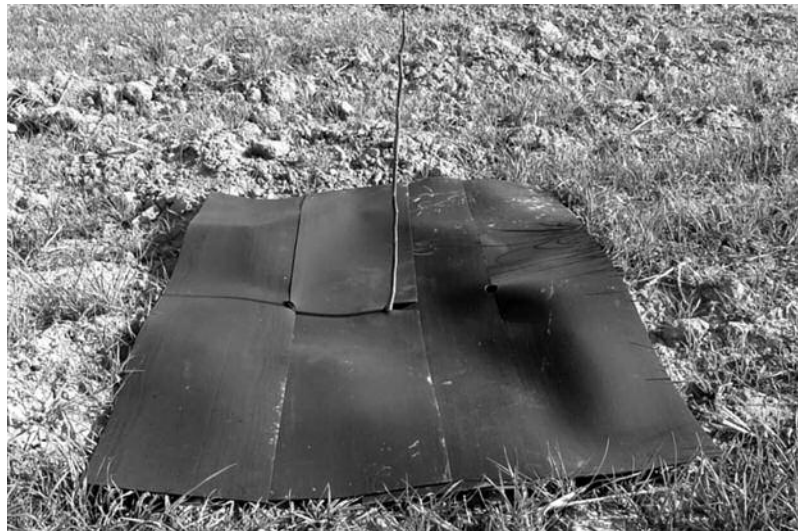
Aspect du nouveau paillis de caoutchouc recyclé.

Tab. II :

Traitements étudiés (marqués d'un X), résultant de la combinaison de différentes modalités d'amendements de sol et de techniques contre la végétation concurrente.

Tab. III.

Caractéristiques principales de chaque bioclimat et des plantations expérimentales réalisées.



Techniques contre la végétation concurrente	d'amendements du sol				
	NAS20	NAS40	NAS80	ComAS40	NonAS
BIOPOL		X			X
JUTE		X			X
CAOUT		X			X
ComBiofilm		X			X
ComPe	X	X	X	X	X
ComHerbi*		X			X
Non_Desher		X			X

*Le phytocide n'a pas été appliqué dans les bioclimats semi-aride et montagneux parce que la compétition de la végétation autour des arbres est presque inexistante ; l'effet du phytocide n'a donc pas été analysé dans ces conditions.

Bioclimat	Semi-aride	Méditerranéen continental	Méditerranéen humide	Étage montagnard
Municipalité	Mequinenza	Solsona	Banyoles	Fontanals de Cerdanya
Altitude	210 m	672 m	215 m	1430 m
Type de terrain	forestier, brûlé en 2005	agricole abandonné	agricole abandonné	pâturage, abandonné
Orientation et pente	sud et nord 40% et 60%	Plat	Plat	nord, 30%
Température moy. annuelle	15°C	12°C	14°C	7,5°C
Précipitation moy. annuelle	371 mm	683 mm	872 mm	887 mm
Précipitation moy. estivale	69 mm	165 mm	213 mm	272 mm
Texture du sol	équilibrée sableuse	équilibrée argileuse	équilibrée limoneuse	équilibrée sableuse
Espèces utilisées	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Juglans x intermedia</i> <i>Quercus ilex</i> avec <i>Tuber melanosporum</i>	<i>Juglans x intermedia</i> <i>Pinus pinea</i>	<i>Fraxinus excelsior</i> <i>Betula pendula</i>
Surface traitée contre la végétation concurrente, par arbre	40 x 40 cm	80 x 80 cm	80 x 80 cm	40 x 40 cm

Variable *	Outil / Méthode	Dates des mesures
Survie et vigueur (30)	Observation directe	Octobre 2014 et 2015
Croissance aérienne en volume (cm ³) (30)	Pied à coulisse numérique (diamètre), ruban métrique (hauteur), calcul du volume initial et final	Avril 2014, octobre 2014 et 2015
Production racinaire (6)	Arrachage des arbres et séparation des racines fines (<2 mm) et des plus grosses racines (> 2 mm) ; séchage pendant 72 h à 70 ° C et pesée de chaque composant sec	Novembre 2014 (semi-aride et noyers du méditerranéen continental)
État hydrique (5)	Contenu relatif en eau des aiguilles (pin) ; Potentiel hydrique (feuillus)	Été 2014 et 2015 (8 fois)
Humidité du sol (3)	Sonde d'humidité TDR dans des tubes installés dans le sol ; mesures à 0-20 cm et à 20-40 cm de profondeur	Printemps - Été 2014 et 2015 (14 fois)

* Entre parenthèses est noté le nombre d'arbres par plantation et traitement.

Tab. IV :
Description des variables suivies.

Résultats pour le bioclimat méditerranéen humide

Comme pour les résultats précédents, la mortalité des arbres a été très faible (nulle pour le noyer, 6% pour le pin parasol), sans être clairement corrélée aux différents traitements. La réponse des arbres à l'amendement de sol n'a été significative pour aucune des variables, tandis que les traitements contre la végétation concurrente ont fortement favorisé la croissance des arbres (Cf. Fig. 4).

Résultats pour le bioclimat montagnard

A cet étage, 92% des frênes et 93% des bouleaux ont survécu, sans différence notable entre les traitements. Ce sont dans ces conditions que les techniques de plantation utilisées ont eu un effet global moindre : l'amendement de sol autant que la lutte contre la végétation concurrente ont eu un

léger effet positif sur la croissance des arbres (Cf. Fig. 5).

Résumé général des résultats

Le tableau V résume de façon synthétique les principaux résultats présentés dans les sections précédentes.

Conclusion

Les amendements de sol

L'amendement de sol développé s'est avéré très efficace pour augmenter la croissance des arbres dans des conditions où le sol présente une faible capacité de rétention en eau et en nutriments du fait de sa texture très légère. Ces conditions ont été observées pour les plantations en conditions semi-arides et montagnardes. L'effet positif a été particulièrement notable dans un contexte de restriction hydrique sévère (semi-aride) où la plupart des résultats obtenus pour les variables mesurées (survie, croissance aérienne et racinaire, état hydrique) ont été grandement améliorés, en comparaison aux arbres sans amendement de sol.

Pour une dose de 40 g/arbre, dose recommandée par le fabricant pour des arbres jusqu'à 60 cm de hauteur, les résultats obtenus pour la nouvelle formule sans acrylamide ont été très similaires à ceux obtenus pour la formule commerciale. Même si le résultat positif du nouvel amendement de sol augmente en fonction de la dose employée (20, 40 et 80 g/arbre), l'amélioration des résultats entre les doses de 20 et 40 g/arbre est beaucoup plus évidente qu'entre 40 et 80 g/arbre. Par conséquent, la dose de 40 g/arbre prescrite par le fabricant est apparemment la plus efficace par rapport au coût.

Tab. V :
Résumé des résultats de l'étude (2014 – 2015) : effet de l'amendement de sol (AS) et des traitements contre la végétation concurrente (TVC).

Bioclimat	Semi-aride		Med. continental		Med. humide		Montagnard	
	AS	TVC	AS	TVC	AS	TVC	AS	TVC
Type de traitement	AS	TVC	AS	TVC	AS	TVC	AS	TVC
Survie / vigueur	+	+	o	o	o	o	o	o
Croissance aérienne	++	+	o	++	o	++	+	+
Production racinaire	++	+	o	++			(non étudiée)	
État hydrique	+	o	o	+	o	o	o	o
Humidité su sol	o	+	o	o	o			

++ : effet très positif pour toutes les doses et/ou les techniques

+ : effet positif pour la plupart des doses et/ou des techniques

o : effet non significatif

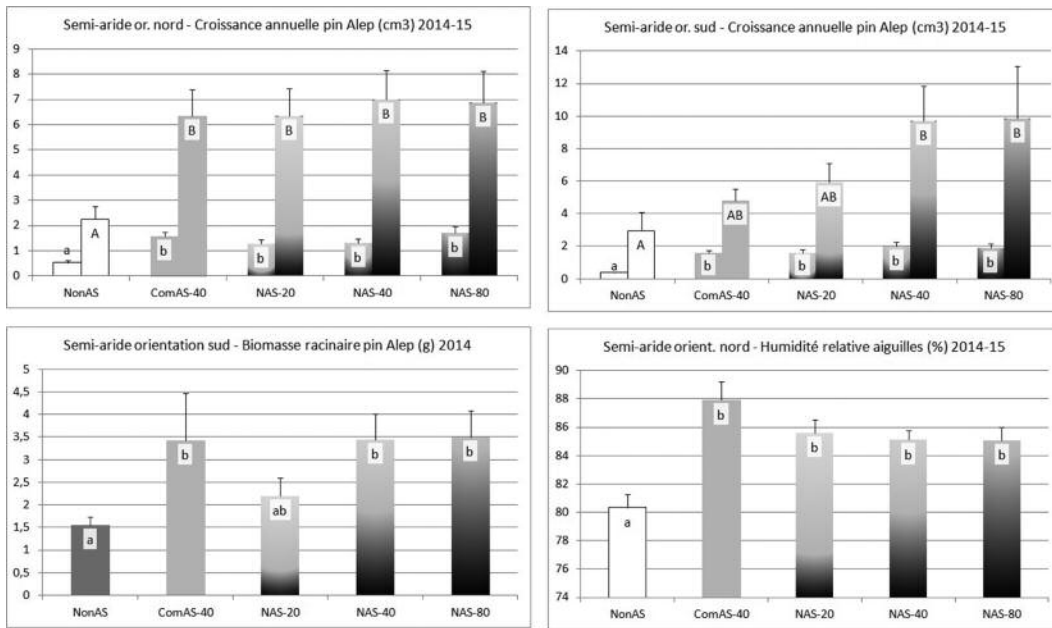


Fig. 1 : Principaux résultats de l'amendement du sol dans le bioclimat semi-aride : croissance annuelle en volume, biomasse racinaire et humidité relative des aiguilles. Les différentes lettres (a, b, c) correspondent aux groupements des moyennes suivant le test de Duncan. Quand il y a deux colonnes, celles situées à gauche représentent les valeurs de 2014, alors que celles de droite représentent les valeurs de 2015.

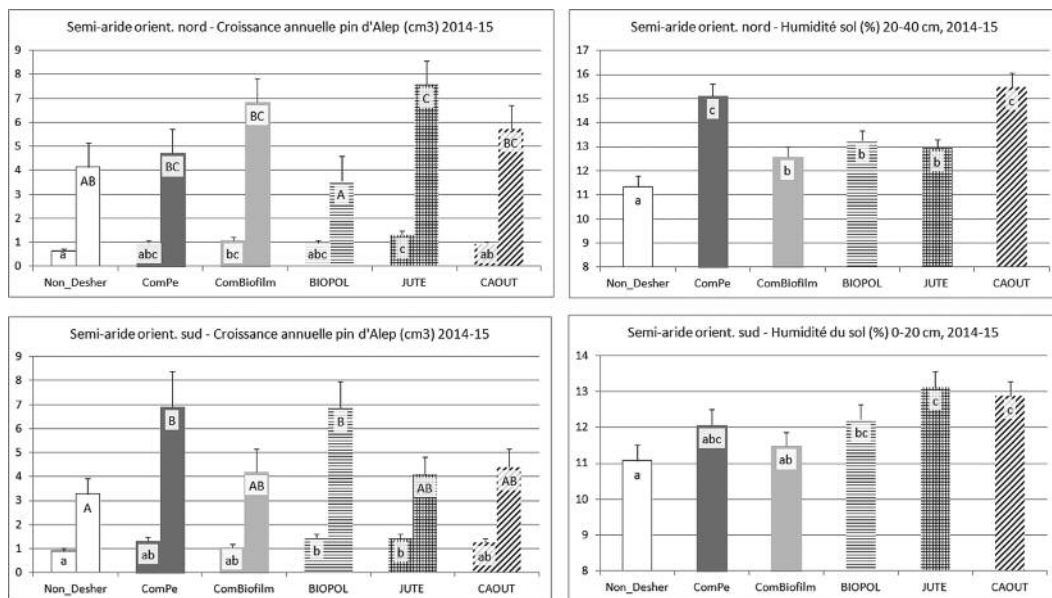


Fig. 2 : Principaux résultats des traitements contre la végétation concurrente dans le bioclimat semi-aride : croissance annuelle en volume, biomasse racinaire et contenu relatif en eau des aiguilles. Les différentes lettres (a, b, c) correspondent aux groupements des moyennes suivant le test de Duncan. Quand il y a deux colonnes, celles situées à gauche représentent les valeurs de 2014, alors que celles de droite représentent les valeurs de 2015.

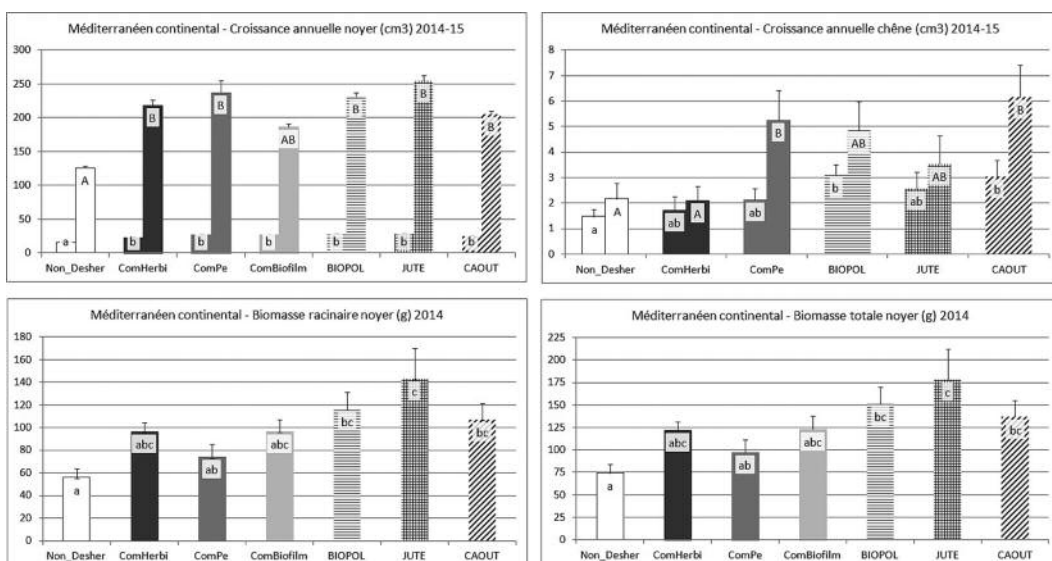


Fig. 3 : Principaux résultats des traitements contre la végétation concurrente dans le bioclimat méditerranéen continental : croissance annuelle en volume, biomasse racinaire et biomasse totale. Les différentes lettres (a, b, c) correspondent aux groupements des moyennes suivant le test de Duncan. Quand il y a deux colonnes, celles situées à gauche représentent les valeurs de 2014, alors que celles de droite représentent les valeurs de 2015.

Fig. 4 :
Principaux résultats des traitements contre la végétation concurrente dans le bioclimat méditerranéen humide : croissance annuelle en volume du pin pignon et du noyer hybride.

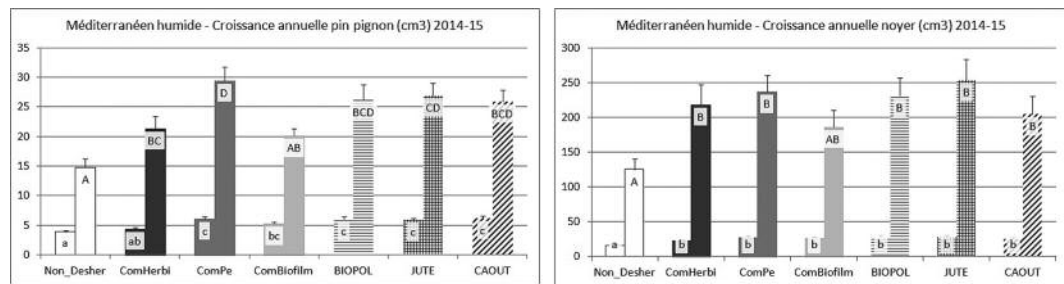
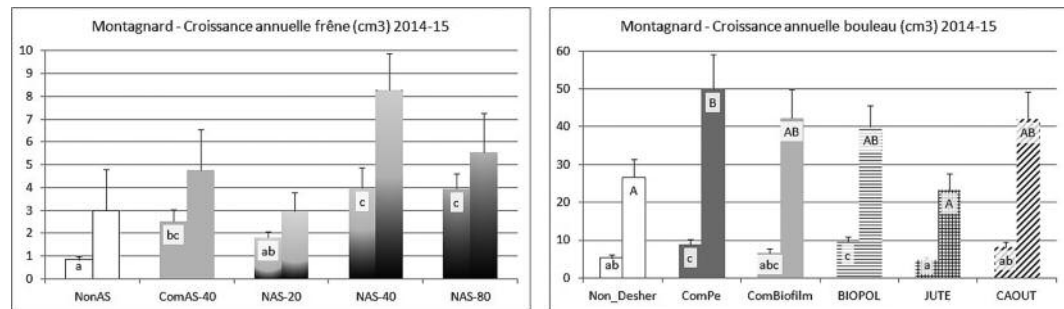


Fig. 5 :
Principaux résultats des amendements du sol et des traitements contre la végétation concurrente pour l'étage montagnard : croissance annuelle en volume du frêne et du bouleau.



Les différentes lettres (a, b, c) correspondent aux groupements des moyennes suivant le test de Duncan. Les colonnes de gauche représentent les valeurs de 2014, alors que celles situées à droite représentent les valeurs de 2015.

Les traitements contre la végétation concurrente

Dans les conditions les plus productives : méditerranéen continental et méditerranéen humide, les techniques de lutte contre la végétation compétitrice se sont avérées essentielles pour améliorer le fonctionnement des jeunes plants, spécialement au niveau de leur croissance aérienne et souterraine et de leur état hydrique. De plus, un effet positif a été observé, bien que plus limité, sur la croissance des arbres en conditions semi-arides et montagnardes.

Toutes les techniques ont amélioré la majorité des résultats des arbres. Parmi les différentes techniques évaluées, le paillage a donné en général des résultats légèrement supérieurs en comparaison avec l'application de phytocide. Finalement, entre les différents types de paillis (deux de référence et trois innovants), peu de différences ont été trouvées, sans logique évidente.

Les nouveaux paillis biodégradables (nouveau biopolymère et toile de jute) ont comme avantage principal par rapport aux paillis plastiques qu'ils ne doivent pas être enlevés, ce qui laisse supposer un bénéfice économique et technique important. Ces produits peuvent être très intéressants pour la restauration forestière particulièrement pour

les zones difficilement accessibles, où retirer le paillis représente un coût élevé. De plus, ces nouveaux modèles présentent un autre intérêt environnemental : puisqu'ils sont faits de matières premières renouvelables, ils réduisent l'usage du plastique et sa possible dispersion dans les espaces naturels. Le paillis en toile de jute, de haute valeur esthétique, peut notamment être intéressant dans des zones de grande qualité paysagère et visuelle. Le paillis en caoutchouc recyclé a pour principal intérêt la valorisation d'un résidu et sa longue durabilité (estimée à 15 ans), ce qui semble être une option intéressante pour la restauration dans des zones urbanisées : jardineries, espaces verts, etc.

Aspects qui restent à évaluer

Cette étude a été limitée aux deux premières saisons de végétation. Un suivi sur plusieurs années supplémentaires permettrait de connaître l'effet à moyen terme, sur l'arbre et sur le sol, des nouveaux produits utilisés et permettrait de déterminer leur durabilité et leur adéquation aux différents scénarios de plantation d'arbres.

D'autre part, il est aussi nécessaire d'intégrer une étude économique pour déterminer le potentiel d'utilisation des nouveaux produits en comparaison avec les traitements de

référence, et d'établir leur intérêt d'utilisation en fonction de différents facteurs : le coût de la main-d'œuvre, la densité de plantation ou son accessibilité... Ces modèles économiques ont été développés durant le projet Sustaffor, et seront inclus dans un guide technique qui sera disponible en libre accès sur la page web du projet.

J.C., M.P., P.R., C.F.

Bibliographie

- Maggard A.O., Will R.E., Hennessey T.C., McKinley C.R. Cole J.C., 2012. « Tree-based Mulches Influence Soil Properties and Plant Growth ». *HortTechnology*, 22 (3), 353-361.
- McConkey T., Bulmer C., Sanborn P., 2012. « Effectiveness of five soil reclamation and reforestation techniques on oil and gas well sites in northeastern British Columbia ». *Can. J. Soil Sci.*, 92 (1), 165-177.
- Olivera A., Bonet J.A., Palacio L., Liu B., Colinas C., 2014. « Weed control modifies *Tuber melanosporum* mycelial expansion in young oak plantations ». *Annals of Forest Science*, 71 (4), 495-504.
- Resco de Dios V., Fischer C., Colinas C., 2007. « Climate change effects on Mediterranean forests and preventive measures ». *New Forests* 33: 29-40.
- Sloup J, Salaš P., 2009. « Affecting the quality of nursery produce by soil conditioners ». *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 57 (4), 103-108.
- Thiffault N., Roy V., 2011. « Living without herbicides in Quebec (Canada): historical context, current strategy, research and challenges in forest vegetation management ». *European Journal of Forest Research*, 130 (1), 117-133.
- Vallejo R., Aronson J., Pausas J.G., Cortina J., 2006. « Restoration of Mediterranean woodlands ». In: Van Andel, J., Aronson, J., (eds). *Restoration ecology: the new frontier*. Blackwell Publishing, Malden, USA. pp. 193-207.
- Willoughby I., Balandier P., Bentsen N.S., McCarthy N., Claridge J., (eds.). 2009. « Forest vegetation management in Europe: current practice and future requirements ». COST Office, Brussels.

Jaime COELLO, Míriam PIQUÉ,
Pere ROVIRA, Carla FUENTES
Département de gestion forestière durable
Centre de recherche forestière de Catalogne
(CTFC)
Ctra vella Sant Llorenç de Morunys km 2
25280 Solsona Lleida
Mél : jaime.coello@ctfc.es

Quelques expériences antérieures d'amendement et de paillage en France

Le forestier qui procède à une plantation se doit d'optimiser la reprise et la croissance initiale des plants. Cela suppose d'améliorer leur alimentation hydrique et de limiter la concurrence végétale, notamment en région méditerranéenne où le stress hydrique est le principal facteur limitant. Le paillage et l'utilisation de rétenteurs d'eau sont à ce titre des techniques très séduisantes comme cela est clairement exposé dans l'article. Ces techniques ont été testées en France dans les années 1980 et 1990, avec des résultats souvent décevants. Voici un bilan non exhaustif des expérimentations réalisées par l'Office national des forêts (ONF).

Une synthèse sur le paillage, publiée dans le bulletin technique de l'ONF (LECLERC, 1997) recense 21 essais, avec au total une quinzaine de produits différents et une vingtaine d'espèces d'arbres. Selon les sites, plusieurs types d'interventions ont été comparés : dégagement manuel ou chimique, binage... Le nombre de modalités testées est très variable mais, à chaque fois, un témoin sans traitement constituait la référence.

Le paillage a un effet souvent négatif ou non significatif sur la reprise et la croissance en hauteur, notamment pour le chêne pubescent, le pin noir d'Autriche et le mélèze. Le paillage peut en outre aggraver les effets des attaques de rongeurs. Cet effet négatif est sensible surtout la première année et s'estompe ensuite. Un effet positif a été constaté localement pour le cèdre de l'Atlas et quelques feuillus tels que le merisier et les érables, sur les stations à bonne réserve en eau. Cet effet positif s'atténue de même au bout de 2 à 3 ans. Parmi les produits testés, le plus efficace est le polyéthylène noir, tandis que les plaques forestières ne sont pas convaincantes.

Le coût d'achat et d'installation n'est pas toujours compensé par une réduction du nombre de dégagements ni par l'économie de temps de dégagement sur les plants paillés.

Toutes les modalités et toutes les essences n'ayant pas été comparées sur tous les sites, il s'agit plus d'un bilan que d'une analyse rigoureuse et les conclusions ne peuvent être généralisées. Cependant, le paillage est plutôt déconseillé sur les stations sèches dans lesquelles on attendait justement un bénéfice et il est, de fait, peu utilisé depuis 20 ans en région méditerranéenne française.

Une autre synthèse, publiée également dans le bulletin technique de l'ONF (COUHERT, 1991) porte sur trois tests d'amendement. L'utilisation d'un rétenteur d'eau (l'AQUASTOCK, un polymère synthétique) a été croisée avec l'emploi d'engrais à libération lente et la préparation du sol par sous-solage. Ces essais concernent le pin noir d'Autriche (1 essai à 4 blocs complets) et le cèdre de l'Atlas (2 essais à 2 blocs complets chacun).

Le sous-solage joue un rôle bénéfique prépondérant sur la survie et la croissance en hauteur les premières années, tandis que l'engrais n'a pas d'effet intéressant. Le rétenteur d'eau n'a pas d'effet significatif dans l'essai en pin noir. Dans les essais en Cèdre, il a un effet défavorable net sur la survie la première année et aucun effet sur la croissance. De plus, dans ces derniers, l'effet négatif est augmenté en l'absence de sous-solage.

Un autre essai mettant en œuvre deux rétenteurs (AQUAGRO et WATERFIX) sur des sapins méditerranéens, a été installé en 1990. La très forte mortalité constatée après la sécheresse subie la même année tend à confirmer l'absence d'efficacité en cas de stress hydrique.

L'article de nos collègues catalans a le mérite de remettre ces questions en lumière avec des résultats plutôt positifs. Il serait intéressant d'expertiser plus finement l'origine de ces différences de résultats.

Jean LADIER
Office national des forêts

Remerciements

Au Projet FP7 Sustaffor "Allier efficacité et durabilité dans des projets de plantation forestière dans un contexte de changement climatique : des nouvelles technologies pour améliorer les caractéristiques du sol et le rendement des plantes", financé par la ligne *Capacités* du 7^e Programme-cadre de l'Union européenne, coordonnée par la REA - Research Executive Agency <http://ec.europa.eu/research/rea/7/2007-2013> en vertu de la convention de subvention n° 606554 (2013-2015). www.sustaffor.eu

Au consortium du projet Sustaffor, formé par les entreprises TerraCottem Internacional (ES), DTC (BE), ECORUB (BE), La Zeloise (BE), Terrezu (ES) et Ceres Internacional (PL) et par les institutions de R+D CTFC (ES), Centexbel (BE), CNRS (FR) et EDMA (ES). Au personnel de support qui a participé à l'installation et au suivi des plantations, à la section Gestion des forêts du Service Provincial de Huesca du ministère régional de l'Agriculture, l'Élevage et l'Environnement du Gouvernement d'Aragon, au ministère régional de l'Agriculture, de l'Élevage, de la Pêche, de l'Alimentation et de l'Environnement du Gouvernement de Catalogne dans la région de Cerdanya et aux propriétaires forestiers privés.

Résumé

En région méditerranéenne, il est nécessaire de faire l'entretien des jeunes plantations d'arbres pour faire face à la sécheresse et à la végétation concurrente. Ces interventions ont un grand impact économique, en plus d'avoir, lors de l'utilisation de plusieurs techniques (arrosage d'urgence, dégagement chimique ou mécanique), un effet négatif sur l'environnement.

Dans le cadre du projet Sustaffor, de nouveaux produits innovants sont développés : un amendement de sol et trois prototypes de paillis, dont deux sont biodégradables (un nouveau biopolymère et une toile de jute) et un réutilisable (en caoutchouc recyclé).

Ces produits sont étudiés dans le nord-est de l'Espagne dans quatre bioclimats méditerranéens représentatifs : semi-aride, méditerranéen continental, méditerranéen humide et étage montagnard.

Durant les deux premières saisons de végétation, le nouvel amendement de sol a eu un effet très positif pour les sols légers ayant une faible capacité de rétention d'eau. Le paillage a été très efficace dans les conditions les plus productives et, dans une moindre mesure, en conditions limitantes.

Les nouveaux produits permettent de réduire entre autres les entretiens nécessaires dans les plantations d'arbres, tout en présentant un avantage environnemental.

Summary

Benefits of soil conditioners and ground cover for forest plantations around the Mediterranean Rim : the Sustaffor FP7 project

Tree plantations in the Mediterranean must involve the use of techniques against drought and competing vegetation. Such techniques have a major economic impact but most of them (emergency irrigation, mechanical or chemical weeding) also have a negative impact on the environment.

In the framework of the Sustaffor project, a range of innovative plantation techniques were developed: a new soil conditioner and three groundcovers, two of which are biodegradable (based either on a new biopolymer or on jute) and one reusable (recycled rubber).

The performance of these techniques was studied during two growing seasons in eight field trials in NE Spain, representative of four Mediterranean bioclimates: semiarid, Mediterranean continental, Mediterranean humid and montane.

The new soil conditioner led to outstanding results in sites with poor water and nutrient retention capacity. The new groundcovers were very effective in the most productive sites and also, though to a lesser extent, on sites providing limiting conditions.

These new techniques notably reduced the dependence of plantations on subsequent tending operations, while bringing environmental benefits.

Resumen

En plantaciones forestales jóvenes en el Mediterráneo es necesario aplicar técnicas frente a la sequía y la vegetación competidora. Estas técnicas suponen un gran impacto a nivel económico y muchas de ellas (riego de emergencia, desbroce mecánico o químico) tienen un efecto negativo sobre el medio ambiente.

En el marco del proyecto Sustaffor se han desarrollado prototipos innovadores de técnicas de plantación: un acondicionador del suelo y tres tipos de cubiertas del suelo: dos biodegradables (en un nuevo biopolímero o en yute) y una reutilizable (goma reciclada).

Estas técnicas se estudian durante 2 periodos vegetativos en 8 parcelas experimentales en el NE de España, representativas de 4 bioclimas Mediterráneos: semiárido, mediterráneo continental, mediterráneo húmedo y montano.

El nuevo acondicionador del suelo ha tenido un efecto muy positivo en suelos ligeros con una baja capacidad de retención de agua y nutrientes. Las nuevas cubiertas del suelo han sido muy positivas en las condiciones más productivas y en menor medida también en las limitantes.

Estas nuevas técnicas de plantación permiten reducir notablemente la dependencia de las plantaciones forestales respecto de intervenciones de mantenimiento, además de suponer importantes mejoras ambientales.