

# La scarification du sol et le dosage du couvert forestier permettent de lever des blocages de régénération naturelle

*La compétition exercée par la végétation herbacée rend souvent difficile le renouvellement des peuplements forestiers par régénération naturelle, et peut conduire à des situations de blocage partiel ou total. Cet article présente les résultats de l'équipe MGVF de l'INRA de Nancy, qui, en partenariat avec l'ONF Alsace, expérimente des méthodes mécaniques innovantes d'élimination de la végétation concurrente et de préparation simultanée du sol. Objectif : réussir l'installation et la croissance de la régénération naturelle dans les peuplements de moyenne montagne dominés par les éricacées et les graminées.*

**L**e renouvellement des peuplements forestiers par régénération naturelle est une pratique sylvicole majeure. Cette méthode permet généralement de constituer un peuplement de qualité adapté aux conditions locales, mais peut être confrontée à des phénomènes de blocage, indépendamment des problèmes d'ongulés sauvages. L'installation et la croissance des semis dépendent en effet de nombreux facteurs, une régénération naturelle réussie étant le résultat d'un processus qui intègre la production de graines par les semenciers, leur germination au sol, ainsi que la compétition entre les semis, la végétation spontanée et le peuplement adulte.

Le premier facteur de réussite réside dans la proximité et la quantité des semenciers, les graines produites se dispersant à des distances variables selon les essences. Ensuite, des interactions complexes interviennent. La végétation forestière et l'humus constituent souvent une barrière physique qui empêche les graines d'atteindre le sol minéral et de germer. Lorsqu'ils parviennent à s'installer, les semis entrent en compétition avec la végétation concurrente, mais

aussi avec le peuplement en place, pour l'acquisition des ressources (eau, lumière et éléments minéraux). Enfin, la compétition exercée par le peuplement sur la végétation concurrente peut réduire la pression qu'elle exerce sur les semis.

Dans les situations problématiques, l'utilisation d'herbicides permet généralement de contrôler le développement de la végétation concurrente, pour un coût réduit. Cependant, la réglementation de plus en plus stricte (réduction de la liste des produits autorisés, plan Ecophyto) incite à limiter au maximum le recours aux produits phytosanitaires. Les méthodes mécanisées traditionnelles, dont le rôle est de faciliter l'installation des semis en les libérant de la végétation concurrente, ne sont souvent pas adaptées aux contextes de régénération naturelle, notamment sur les sites difficiles d'accès pouvant présenter une forte pente ou de nombreux obstacles. Afin de lever les situations de blocage de régénération naturelle, l'étude des interactions entre semis, végétation concurrente et peuplement, ainsi que le développement de méthodes alternatives de préparation de site sont indispensables.

Depuis 2009, des expérimentations sont menées par l'INRA de Nancy (équipe MGVF<sup>1</sup>), en partenariat avec l'ONF (DT Alsace), dans le cadre du projet WE-PP (Wintzenheim-Eguisheim-Petite Pierre). Ce projet a été initié suite à la demande de l'ONF d'expérimenter de nouvelles méthodes permettant de lever les blocages de régénération naturelle par les éricacées et les graminées, situations fréquemment rencontrées dans les peuplements de moyenne montagne. Il cherche notamment à analyser les effets combinés du degré d'ouverture du couvert adulte et de la préparation du sol sur la régénération naturelle (Dassot et Collet, 2015 ; Dassot et al., 2015). Ce projet fait intervenir des méthodes mécanisées innovantes, basées sur l'utilisation d'outils spécifiques montés sur mini-pelle, visant à éliminer la végétation concurrente et à travailler le sol afin de réussir la régénération naturelle dans les situations fortement contraignantes, voire de blocage total.

<sup>1</sup> À compter de février 2017, l'équipe MGVF (Mission Gestion de la Végétation en Forêt) devient le pôle RENFOR (RENovellement FORestier) INRA-ONF-AgroParisTech

Plus particulièrement, le propos est ici d'évaluer l'impact de différentes méthodes de préparation du sol sur l'installation et la croissance en hauteur des semis le long d'un gradient d'ouverture du couvert.

## Le réseau WE-PP : deux sites expérimentaux en Alsace

Le réseau WE-PP a été installé en 2009 sur deux sites expérimentaux, situés sur le versant alsacien des Vosges, où le blocage de la régénération est effectif depuis plusieurs décennies. Les deux sites, particulièrement difficiles d'accès (forte pente et présence de nombreux obstacles) ont des historiques sylvicoles, des peuplements forestiers et des communautés végétales très différents :

- Le site de la Petite Pierre (PP) est un peuplement régulier de hêtre situé en forêt domaniale de la Petite Pierre (altitude 387 m), dans le Bas-Rhin. Le sol est acide (pH 4) et de type sablo-limoneux sur grès. La hauteur moyenne de ce peuplement est d'environ 20 m et la végétation au sol est majoritairement composée de myrtille (*Vaccinium myrtillus*, figure 1 haut).
- Le site de Wintzenheim-Eguisheim (WE) est un peuplement mélangé de hêtre et de sapin pectiné situé en forêts communales de Wintzenheim et d'Eguisheim (altitude 751 m), dans le Haut-Rhin. Le sol est acide (pH 4) et de type sablo-limoneux sur granite. La hauteur moyenne du peuplement est d'environ 27 m et la végétation au sol est majoritairement composée de fétuque géante (*Festuca gigantea*, figure 1 bas).

## Dispositif expérimental

En 2009, des placettes de 25 m x 25 m ont été installées sur chaque site (10 sur le site PP et 12 sur le site WE). Le couvert forestier a été maintenu en place pour la moitié des placettes et coupé à blanc pour l'autre moitié afin d'obtenir 5 placettes « sous couvert » et 5 placettes « en trouée » sur le site PP, et respectivement 6 et 6 sur le site WE. Chaque placette a ensuite été divisée en cinq bandes parallèles de 5 m de largeur, chaque bande correspondant à une modalité différente de préparation du sol (figure 2 et encadré) : TE = témoin sans préparation ; HE = élimination de la végétation par herbicide ; PH = griffage à la pioche herse® ; SR = bêchage au scarificateur réversible® ; CV = semis d'une couverture végétale peu compétitive après griffage.

Des placeaux de 1 m<sup>2</sup> ont été définis le long de chaque bande à raison de 10 ou 11 par bande, soit un total d'environ 1200 placeaux sur l'ensemble des deux sites. Des photos hémisphériques

ont été prises au-dessus de chaque placeau afin de calculer l'éclairement relatif ER (pourcentage d'éclairement par rapport à l'éclairement en plein découvert). Cet éclairement relatif peut être considéré comme un moyen d'évaluer l'ouverture du couvert mais également la proximité des semenciers.

L'installation du dispositif a été suivie d'une forte fructification des arbres semenciers, de sorte que les conditions d'ensemencement initial ont été aussi bonnes que possible. De 2010 à 2013, une fois par an, le recouvrement de la végétation concurrente (toutes espèces herbacées confondues, en % de la surface au sol) et la densité de semis, toutes essences forestières confondues, ont été évalués dans chaque placeau. En 2014, les dégâts importants de hannetons ont ruiné le site de la Petite Pierre, qui a dû être abandonné. En 2015, des mesures de hauteur des semis sont venues s'ajouter aux mesures de densité sur le site WE (nombre et hauteur des semis dépassant 50 cm).



Fig. 1 : végétation concurrente sur le site PP (myrtille, en haut) et le site WE (fétuque, en bas)

## Les méthodes mécaniques testées contrôlent efficacement la végétation

De 2010 à 2013, la végétation concurrente recolonise progressivement le sol préparé. La recolonisation est par ailleurs beaucoup plus rapide sur le site WE (fétuque) que sur le site PP (myrtille). Pour chaque année étudiée, la végétation est d'autant plus abondante que l'éclaircissement (ouverture du couvert) est important (figure 3 page suivante).

Malgré les différences de communautés végétales et de dynamique de recolonisation, les méthodes de préparation du sol présentent des résultats similaires sur les deux sites.

La modalité TE présente systématiquement les recouvrements de végétation les plus importants (plus de 90 % à PP, quel que soit le niveau d'éclaircissement, et de 60 % à 90 % à WE lorsque l'éclaircissement augmente). Les méthodes mécaniques PH et SR, très proches, permettent de réduire la quantité de végétation concurrente durant trois années après préparation du sol sur le site PP et deux années sur le site WE. La modalité CV, qui met en jeu des espèces herbacées moins envahissantes, est encore plus efficace et présente systématiquement les recouvrements les plus faibles lorsque l'éclaircissement est important. La modalité HE, qui permet d'obtenir les recouvrements les plus faibles lorsque le couvert est fermé, présente dès la deuxième année des recouvrements supérieurs aux méthodes alternatives lorsque l'éclaircissement augmente.

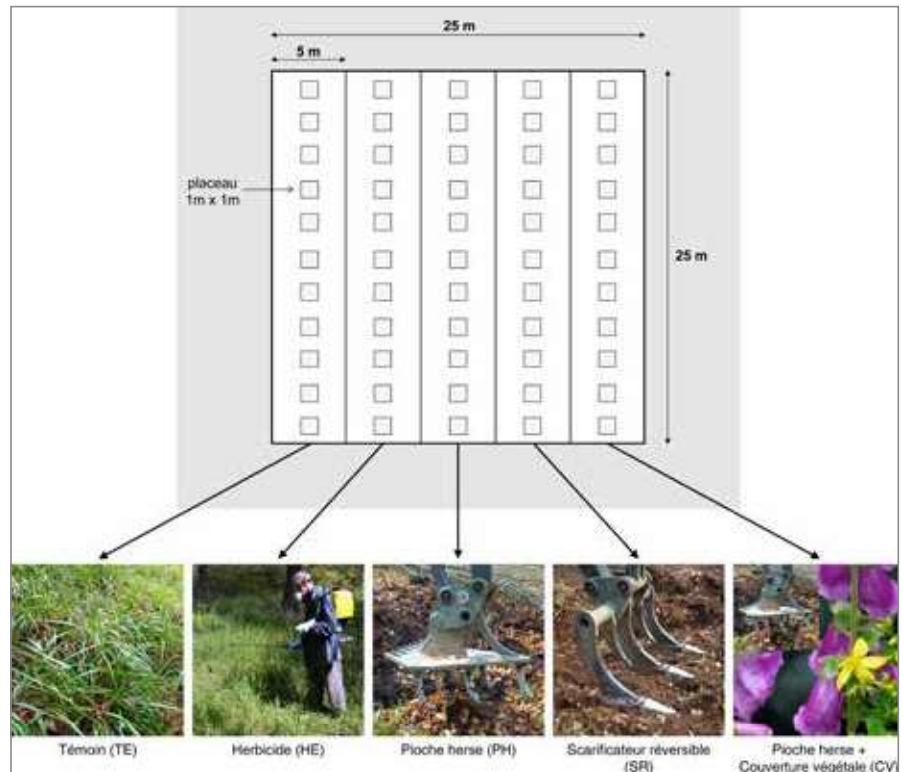


Fig. 2 : organisation des placettes expérimentales et modalités de préparation du sol mises en œuvre dans chaque placette, sur les deux sites. Les placettes sont installées sous couvert pour une moitié et en trouée pour l'autre.

### Modalités de préparation du sol

Cinq modalités ont été mises en œuvre dans chacune des placettes des sites PP et WE. Elles incluent deux modalités de référence :

- **Témoine (TE)** : aucune intervention, maintien de la végétation spontanée.
- **Herbicide (HE)** : élimination de la végétation au sol par pulvérisation de glyphosate (pulvérisateur à dos, 2160 g/ha).

Trois modalités de préparation mécanique du sol sont également expérimentées. Elles mettent en jeu des outils mécaniques innovants qui permettent à la fois de retirer la végétation concurrente (retrait de la compétition) et de travailler le sol à des profondeurs variables (meilleur accès aux ressources). Ces outils sont montés sur une mini-pelle, dont la maniabilité permet d'effectuer le travail du sol de manière localisée, sur des sites difficiles d'accès :

- **Pioche Herse® (PH)** : utilisation de l'outil PH (fabricant : Kirpy, 47390 Layrac, France) monté sur mini-pelle pour griffer le sol jusqu'à 25 cm de profondeur, arracher la végétation et décaper l'humus.
- **Scarificateur Réversible® (SR)** : utilisation de l'outil SR (fabricant : Kirpy, 47390 Layrac, France) monté sur mini-pelle pour bêcher le sol jusqu'à 40 cm de profondeur, extraire la végétation et décompacter le sol sans retourner les horizons pédologiques.
- **Couverture végétale (CV)** : préparation du sol à la Pioche Herse® et semis de plantes sélectionnées pour leur moindre compétitivité vis-à-vis de la régénération (densité de semis : 1 g/m<sup>2</sup>). Cette technique permet de ralentir la réinstallation de la végétation spontanée, très compétitrice. Mélange de plantes utilisé : alliaire officinale, digitale pourpre, aspérule odorante, millepertuis commun, myosotis des bois, séneçon de Fuchs, silène penché, stellaire holostée.

## Les méthodes mécaniques testées favorisent l'installation de la régénération

Les résultats obtenus en termes d'acquisition de la régénération sont similaires sur les deux sites, bien que la gamme de densité de semis soit différente (figure 4). La régénération naturelle des deux sites est bloquée depuis plusieurs décennies. Il n'est donc pas étonnant de n'observer presque aucune installation de semis dans la modalité témoin, sur toute la gamme d'éclairement. Malgré un bon contrôle de la végétation concurrente, la modalité HE ne permet l'installation que d'un nombre très réduit de semis sous un couvert forestier important (environ cinq semis au mètre carré, sur les deux sites), et d'aucun semis lorsque l'éclairement augmente, la matière

végétale morte empêchant l'accès des graines au sol minéral.

Les méthodes mécaniques alternatives PH, SR et CV, quant à elles, rendent possible l'installation de la régénération. La suppression de la barrière physique que représente la végétation vivante ou morte et l'exposition du sol minéral permettent aux semis de s'installer et à la régénération de devenir conséquente sous couvert, où les semenciers maintenus en place fournissent de nombreuses graines. Malgré une diminution importante de la densité de la régénération lorsque l'éclairement (et donc, l'éloignement des semenciers) augmente, les modalités PH, SR et CV permettent encore l'installation de quelques semis dans les trouées. La hiérarchie entre les différentes méthodes de préparation du sol est

la même sur les deux sites (par ordre de performance croissante) : TE, HE, PH, SR et CV.

## Les méthodes mécaniques testées favorisent la croissance en hauteur de la régénération

Seul le site WE est concerné par les mesures de hauteur, réalisées en 2015. Six années après préparation du sol, la densité de semis de plus de 50 cm de hauteur, toutes essences confondues (figure 5a), est bien inférieure à la densité totale et montre une tendance opposée. Le nombre de semis de plus de 50 cm augmente ainsi avec l'éclairement, excepté pour TE qui reste à 0. La modalité HE, qui ne présente pas de semis par faible éclairement, n'en compte qu'un nombre extrêmement réduit lorsque

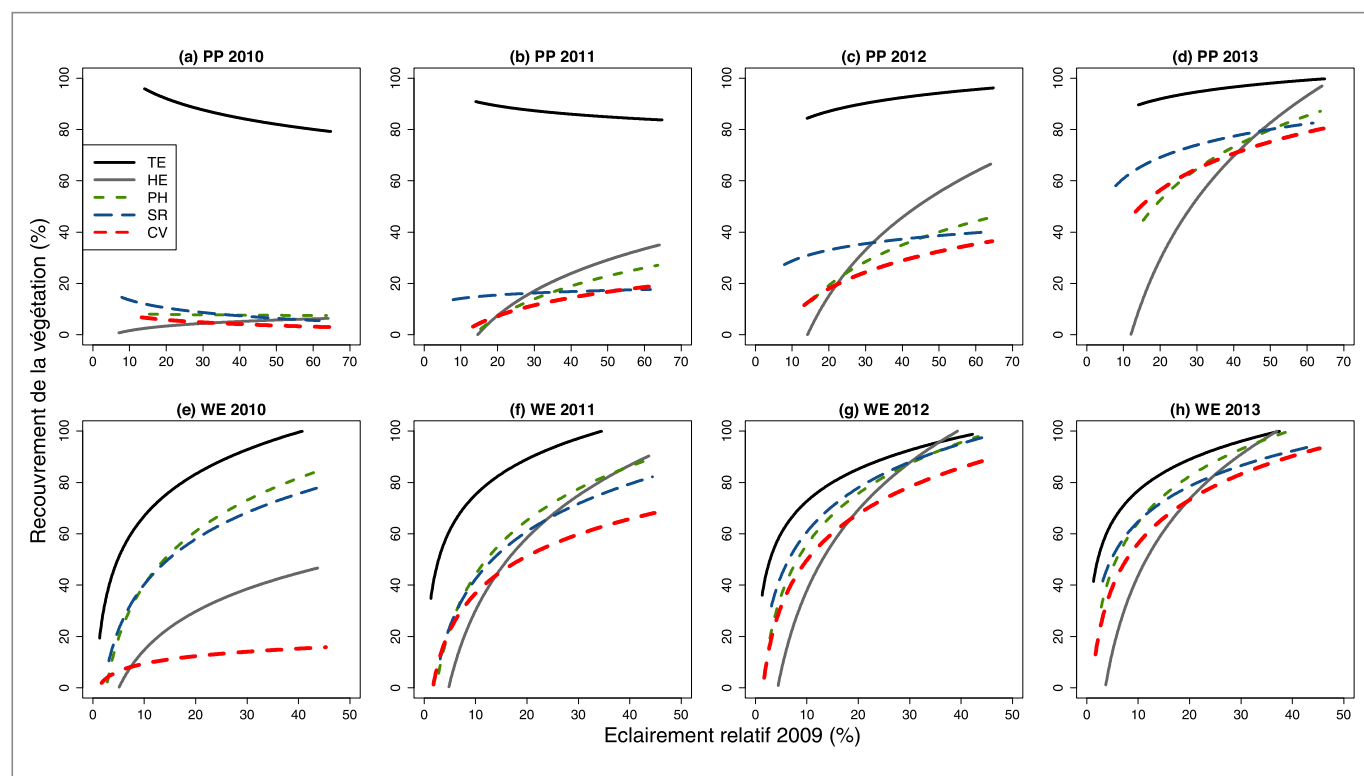


Fig. 3 : recouvrement total de la végétation en fonction de l'éclairement initial (mesuré en 2009) sur les sites PP (en haut) et WE (en bas) pour les quatre premières années de l'expérimentation

l'éclairage augmente (moins de 1 par m<sup>2</sup>, en moyenne). Les méthodes mécaniques alternatives PH, CV et SR ne permettent pas d'obtenir des semis de plus de 50 cm par faible éclairage (moins de 1 par m<sup>2</sup>), mais présentent en revanche 2, 3 et 4 semis de plus de 50 cm au mètre carré par fort éclairage, respectivement.

Ces résultats se confirment lorsqu'on analyse séparément les semis de hêtre et les semis de saule (*Salix caprea*), seules essences présentant des semis de plus de 50 cm. Pour le hêtre (figure 5 b), le nombre de semis de plus de 50 cm est nul pour les modalités TE et HE, sur toute la gamme d'éclairage. Pour les techniques de préparation mécanique du sol, la densité de semis de plus de 50 cm reste inférieure à 0,5

semis au mètre carré sous couvert, et inférieure à 1 en trouée. Les semis de saule (figure 5c) ne parviennent pas à s'installer sous couvert, quelle que soit la modalité. Les traitements TE et HE ne permettent pas l'installation du moindre semis, sur toute la gamme d'éclairage. Les modalités PH et CV permettent d'obtenir environ 1 semis de plus de 50 cm pour les éclairages les plus importants, tandis que la modalité SR permet d'obtenir environ 3 semis.

La relation entre hauteur des semis et éclairage (figure 6) est essentiellement influencée par le saule, dont la croissance est particulièrement rapide. La hauteur augmente ainsi avec l'ouverture du couvert, et se situe dans une gamme allant de 50

à 100 cm sous couvert et de 50 à 650 cm en trouée. Le faible nombre de semis dépassant 50 cm dans les modalités TE et HE ne permet pas d'évaluer la significativité de leurs différences avec les modalités PH, SR et CV. Les modalités PH et SR, très proches, présentent les croissances en hauteur les plus importantes, loin devant la modalité CV, qui se montrait pourtant particulièrement efficace en terme de densité de semis.

Ces résultats semblent indiquer que l'utilisation de plantes de couverture moins concurrentielles serait un frein à la croissance en hauteur de la régénération naturelle et rendent discutable l'investissement (coût d'achat et temps de mise en œuvre) dans ce type de préparation de site.

Fig. 4 : densité de semis au mètre carré en fonction de l'éclairage initial (mesuré en 2009), quatre années après préparation du sol, pour le site PP (a) et six années après préparation du sol pour le site WE (b)  
Les surfaces colorées représentent l'erreur standard des prédicteurs

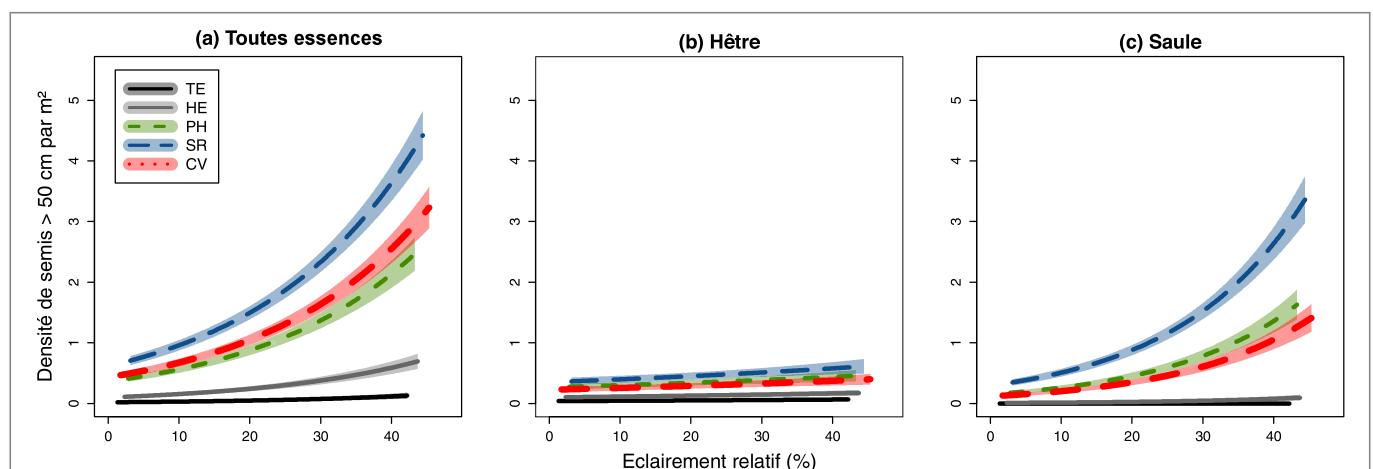
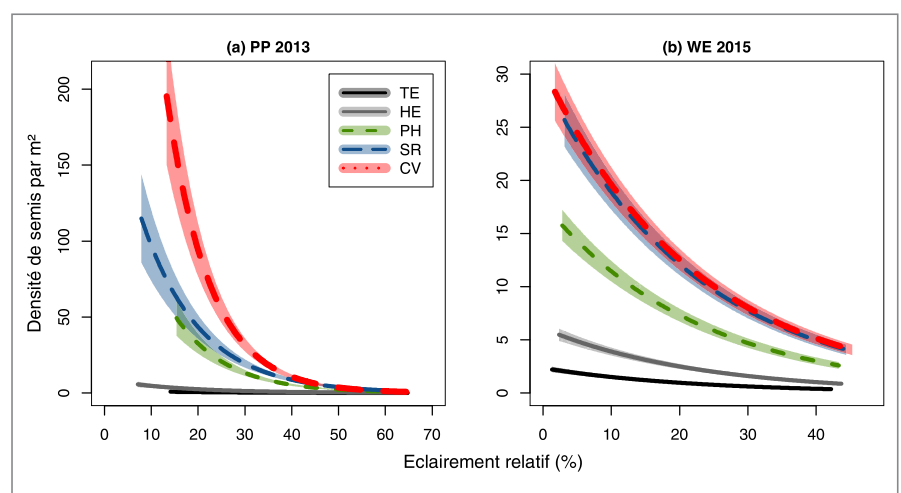


Fig. 5 : densité de semis de plus de 50 cm de hauteur au mètre carré en fonction de l'éclairage initial (mesuré en 2009) pour le site WE, six années après préparation du sol  
Sont présentés les résultats globaux (a), ceux du hêtre (b) et ceux du saule (c). Les surfaces colorées représentent l'erreur standard des prédicteurs.

## Conclusion

Cette étude a permis de montrer que le griffage et le bêchage mécanique du sol sous couvert étaient nécessaires pour assurer l'installation d'une régénération dense dans les peuplements de moyenne montagne dominés par la myrtille et la fétuque. La suppression de la compétition herbacée et la mise à nu du sol minéral permettent aux graines de germer en quantité (à condition que la préparation du sol soit suivie d'une fructification), contrairement à l'utilisation d'herbicide, qui laisse une épaisse couche de matière végétale morte. Par la suite, une ouverture modérée du couvert permet à la régénération de se développer en hauteur.

La couverture végétale, pourtant favorable à l'installation des semis, semble toutefois limiter leur croissance en hauteur. Elle ne présente donc qu'un intérêt limité compte tenu du coût d'achat et de mise en œuvre.

Ces résultats sont essentiellement influencés par la dynamique des essences pionnières de lumière, notamment le saule. Le suivi de l'expérimentation sur une période plus longue permettra d'établir des conclusions pour les essences d'ombre et les essences cibles (hêtre et sapin), à croissance juvénile plus lente.

Les méthodes mécaniques alternatives mises en œuvre dans cette étude peuvent être utilisées dans

toutes les régénérations naturelles où la végétation au sol est essentiellement composée d'éricacées ou de graminées (excepté la molinie). L'utilisation d'une mini-pelle offre par ailleurs de nombreux avantages. Elle permet de travailler le sol sur des sites difficiles d'accès, présentant une forte pente (jusqu'à 60 %) ou de nombreux obstacles (rochers). Son poids réduit (de 2,5 à 6 tonnes), ses chenilles en caoutchouc et sa capacité à réaliser un travail localisé permettent de limiter l'impact environnemental lors du renouvellement de la forêt. Une évaluation technico-économique est en cours afin d'évaluer le rapport coût-bénéfice de l'utilisation d'outils montés sur mini-pelle, sachant qu'actuellement les coûts d'utilisation de la Pioche-Herse® et du Scarificateur Réversible® sont respectivement estimés à 0,5 € et 1,05 € par mètre linéaire pour un travail en bande de 1,5 m de large.

### Mathieu DASSOT

EcoSustain, Bureau d'études en environnement, R&D  
31 rue de Volmerange,  
57 330 Kanfen  
contact@ecosustain.fr

### Alexandre FRAUENFELDER

### Léon WEHRLÉN

### Catherine COLLET

UMR LERFoB, AgroParisTech, INRA  
54 000 Nancy  
prenom.nom@inra.fr

## Remerciements

Les auteurs remercient Erwin Thirion et Florian Vast pour l'installation et le suivi des sites expérimentaux, ainsi que Vanessa Vilard, Fabien Duez et Xavier Auzuret pour leur participation au travail de terrain. Ils remercient également les agents locaux des agences ONF de Colmar et de Saverne, ainsi que les communes de Wintzenheim et Eguisheim pour la mise à disposition gracieuse du site. Le projet a bénéficié du soutien financier du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF, programmes E 30/07, E 16/2011 et E/21/2013) ainsi que de l'Office National des Forêts (ONF, programmes « Maîtrise de la végétation forestière concurrente 2007-2010 et 2011-2014 »).

## Références

Dassot M., Collet C., 2015. Manipulating seed availability, plant competition and litter accumulation by site preparation and canopy opening to ensure regeneration success in temperate low-mountain forest stands. *European Journal of Forest Research* 134, pp. 247-259

Dassot M., Wehrén L. et Collet C., 2015. La scarification du sol et le dosage du couvert forestier permettent l'installation de la régénération naturelle. *Forêt Entreprise* 223, pp. 17-21

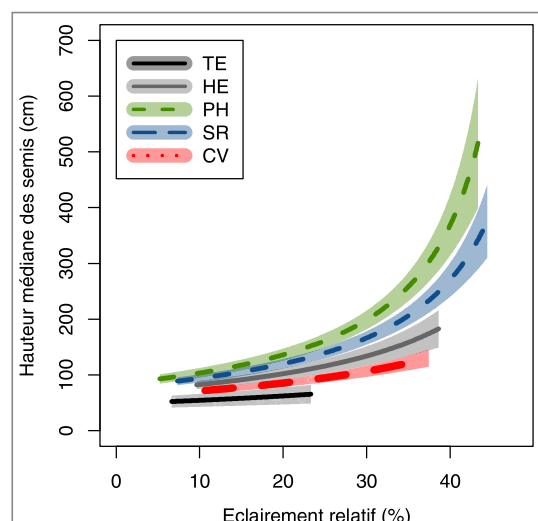


Fig. 6 : relation entre hauteur des semis de plus de 50 cm et éclairage initial (mesuré en 2009)

La relation est majoritairement influencée par le saule. Les surfaces colorées représentent l'erreur standard des prédictes.