

# Méthodes alternatives de contrôle de la molinie et de préparation du sol pour réussir les plantations

La molinie est souvent une entrave au renouvellement des peuplements forestiers par plantation. L'emploi d'herbicide, moyen efficace et peu coûteux pour limiter son développement, fait aujourd'hui l'objet d'une réglementation d'autant plus restrictive qu'elle s'inscrit dans un objectif global de réduction de l'usage des produits agropharmaceutiques (plan Ecophyto). Des méthodes mécaniques alternatives sont actuellement testées par l'équipe MGVF de l'INRA et ses partenaires, notamment le département RDI de l'ONF. Présentation des premiers résultats.

La molinie (*Molinia caerulea*) est une graminée héliophile qui se développe sur des sols acides hydromorphes où elle forme un tapis dense de végétation (figure 1). Sa distribution géographique s'étend sur la quasi-intégralité du territoire français et, par conséquent, un grand nombre de contextes sylvicoles. Lorsqu'elle est abondante, la molinie est un obstacle majeur à la réussite des plantations. Son système racinaire forme un réseau souterrain extrêmement dense sur une profondeur d'environ 40 cm qui freine le développement racinaire des plants. De plus, par la compétition qu'elle exerce pour les ressources souterraines (eau et éléments minéraux), elle réduit fortement la survie et la croissance des jeunes plants (Gaudio 2011, Timbal *et al.* 1990). Pour assurer la réussite d'une plantation, le contrôle du développement de la molinie est nécessaire, tant que les plants ne se sont pas affranchis de cette concurrence.

L'application d'herbicides permet généralement de bien contrôler le développement des plantes indésirables. Un antigraminées sélectif des plantations forestières constitue une solution efficace et peu coûteuse pour

lutter contre la molinie. Néanmoins, les produits phytopharmaceutiques sont aujourd'hui soumis à une réglementation de plus en plus restrictive (réduction de la liste des produits autorisés en forêt, restrictions liées au plan Ecophyto). Leur utilisation sur des sols hydromorphes peut notamment présenter un risque de transfert par écoulement latéral ou ruissellement durant les périodes de saturation

en eau. Les méthodes mécaniques de préparation du sol et d'entretien traditionnellement utilisées pour le renouvellement des forêts, qui ont pour rôle de faciliter la mise en place et de « dégager » les plants de la végétation concurrente, ne permettent souvent pas d'arracher la molinie et son système racinaire dense sans retirer en même temps le sol qui l'entoure, en particulier dans les sols lourds.



Fig. 1 : molinie en milieu découvert

De nouvelles méthodes mécaniques de contrôle de la végétation et de préparation du sol sont actuellement expérimentées dans le cadre du projet ALTER (Alternative aux herbicides), initié en 2010. Il est coordonné par l'équipe MGVF (Mission de Gestion de la Végétation Forestière) de l'INRA de Nancy-Lorraine, en collaboration avec l'ONF, FCBA, la Compagnie des Landes et l'ARAA<sup>1</sup>. Ces outils mécaniques innovants sont montés sur une mini-pelle dont la pression exercée sur le sol est réduite. Ce critère est d'une grande importance sur les sols hydromorphes où se développe la molinie, qui sont généralement sensibles à la compaction. Les situations étudiées dans le cadre du projet ALTER correspondent à des cas de blocage par la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*) (Auzuret *et al.*, 2013) et par la molinie.

L'efficacité du contrôle de la végétation et de la préparation du sol étant variable selon le type de station, l'essence plantée et l'itinéraire sylvicole utilisé (Wehrle 2013), les méthodes mécaniques expérimentées dans le cadre du projet ALTER sont mises en œuvre sur plusieurs sites d'étude et pour différentes essences.

## Le réseau expérimental ALTER-molinie

Le réseau expérimental ALTER-molinie comporte quatre sites possédant une couverture dense et homogène de molinie correspondant à une large gamme de conditions pédo-climatiques : un site en forêt domaniale de Rennes (35), un site en forêt privée sur la commune de Solférino (40) et deux sites en forêt indivise de Haguenau (67), en parcelles P35 et P32. Sur la parcelle P32 de Haguenau, la végétation au sol comporte également de la fougère aigle, toutefois beaucoup moins abondante que la molinie. Sur chacun des quatre sites, cinq modalités de préparation du sol ont été mises en œuvre (encadré, figure 2) : TE (témoin), modalité sans préparation du sol utilisée comme référence ;

### Le réseau expérimental ALTER-molinie

Le projet ALTER compte quatre sites à molinie : un en forêt domaniale de Rennes, deux en forêt indivise de Haguenau, parcelles P35 (molinie seule) et P32 (molinie >> fougère aigle), et le dernier dans une forêt privée des Landes (à Solférino).

#### Modalités de préparation du sol

Cinq modalités ont été mises en œuvre dans chacun des quatre sites :

- Témoin (TE) : aucun contrôle de la végétation ni préparation du sol durant toute la durée de l'expérimentation.
- Herbicide (HE) : application initiale de glyphosate (2160g/ha) avant plantation, puis applications (glyphosate et/ou anti-graminées) et interventions manuelles régulières pour maintenir un sol nu après plantation.
- Locale (LO) : modalité de référence régionale, propre à chaque site :
  - Haguenau : broyage de la molinie suivi d'un labour forestier croisé à la charrue à disques ;
  - Rennes : labour forestier au crabe ;
  - Solférino : broyage croisé de la molinie au débroussaillier landais suivi d'un labour à la charrue bi-socs.
- Scarificateur Réversible (SR) : scarification du sol jusqu'à 40 cm de profondeur sur une bande de 1,5 m de large centrée sur la ligne de plantation. Aucun dégageage pendant 4 ans.
- Scarificateur Réversible + Sous-Soleur Multifonction (SR+SSMF) : même travail que SR, puis passage du Sous-Soleur Multifonction pour travailler le sol jusqu'à 60 cm de profondeur et créer un billon sur lequel les arbres sont plantés. Aucun dégageage pendant 4 ans.

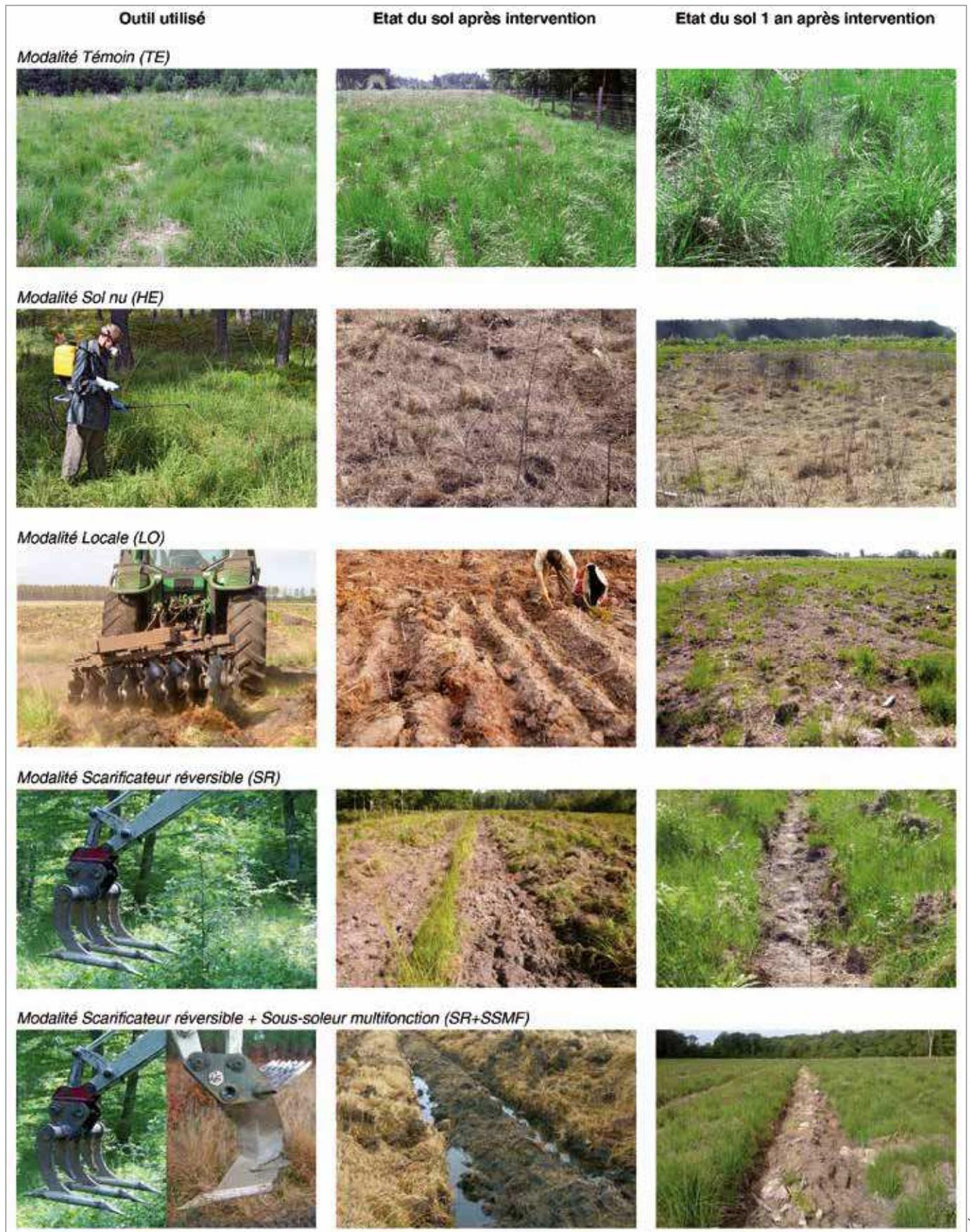
#### Plantation et zones de mesure

Les quatre sites ont été plantés en chêne et en pin, l'espèce étant variable selon le site en fonction de sa compatibilité avec la station :

- Haguenau (2 sites) : pin sylvestre (1-0, godet 400 cm<sup>3</sup>) planté en novembre 2011 ; 1<sup>re</sup> plantation de chêne sessile (1S1, racines nues) en novembre 2011 ; 2<sup>e</sup> plantation de chêne sessile (1S1, racines nues) dans les modalités SR+SSMF en décembre 2012, suite à une mortalité importante, avec installation d'une nouvelle modalité HE (nommée HE2) servant de référence. Chacun des deux sites (P32 et P35) est planté en chêne et en pin
- Rennes : pin sylvestre (1-0, godet 220 cm<sup>3</sup>) et chêne sessile (1S1, racines nues) plantés en mars 2012.
- Solférino : 1<sup>re</sup> plantation de pin maritime (1-0, godet 100 cm<sup>3</sup>) en avril 2012 ; 1<sup>re</sup> plantation de chêne pédonculé (1S1, racines nues) en février 2012 ; 2<sup>e</sup> plantation de pin maritime (1-0, conteneur 110 cm<sup>3</sup>) en décembre 2012 ; 2<sup>e</sup> plantation de chêne pédonculé (1S1, racines nues) en décembre 2012, suite à une mortalité importante.

Chaque modalité a été répétée deux à trois fois par site, sur des placettes unitaires de 13 ares (19 pour la modalité SR+SSMF), plantées à moitié en chêne et à moitié en pin. Chaque placette unitaire est constituée d'une zone de mesure comportant une centaine de plants de chaque essence et d'une zone tampon entourant la zone de mesure. Des placeaux permanents de 1 m<sup>2</sup> ont également été installés sur les lignes de plantation afin de réaliser des inventaires floristiques annuels et ainsi de suivre la recolonisation de la végétation.

<sup>1</sup> Association pour la Relance Agronomique en Alsace



Equipe MGVF (INRA) et ONF

Fig. 2 : modalités mises en œuvre sur les sites

HE (herbicide/sol nu), qui correspond à l'élimination de la molinie et au maintien d'un sol nu par l'application régulière d'herbicides; LO (locale), qui correspond à la préparation du sol par une technique régionale usuelle; SR (scarificateur réversible<sup>®</sup>), qui correspond à la scarification du sol; et enfin SR+SSMF (scarificateur réversible<sup>®</sup> + sous-soleur multifonction<sup>®</sup>), qui correspond au décompactage du sol sur 60 cm de profondeur après passage préliminaire du scarificateur réversible<sup>2</sup>. Cette technique, appelée « 3B » (Wehrlen 2009), correspond à un sous-solage-billonnage qui permet d'installer les plants sur une ligne de plantation surélevée de 20 cm, à l'abri de l'engorgement et dans un volume facilement prospectable par les racines plus important. Sur chaque site, chaque modalité est répétée deux ou trois fois, en placettes unitaires de 13 à 19 ares selon le dispositif.

Les quatre sites ont été plantés en chêne (sessile ou pédonculé) et en pin (sylvestre ou maritime) durant l'hiver 2011-2012, l'espèce variant selon le site (encadré). La survie, la hauteur totale et le diamètre au collet des plants ont été mesurés chaque année. De même, des inventaires floristiques annuels réalisés sur la ligne de plantation ont permis de suivre la recolonisation de la végétation.

### Les méthodes alternatives offrent un contrôle plus efficace de la molinie pendant au moins 3 ans

Quels que soient le site et le type de préparation du sol, la végétation recolonise progressivement les lignes de plantation (figure 3). Toutefois, le recouvrement de la végétation est toujours plus faible dans les modalités SR et SR+SSMF que dans la modalité LO. Trois années après traitement, le recouvrement moyen sur les quatre sites est ainsi de 37 % dans la modalité SR+SSMF et de 65 % dans la modalité SR, tandis qu'il est de 100 % dans la modalité LO.

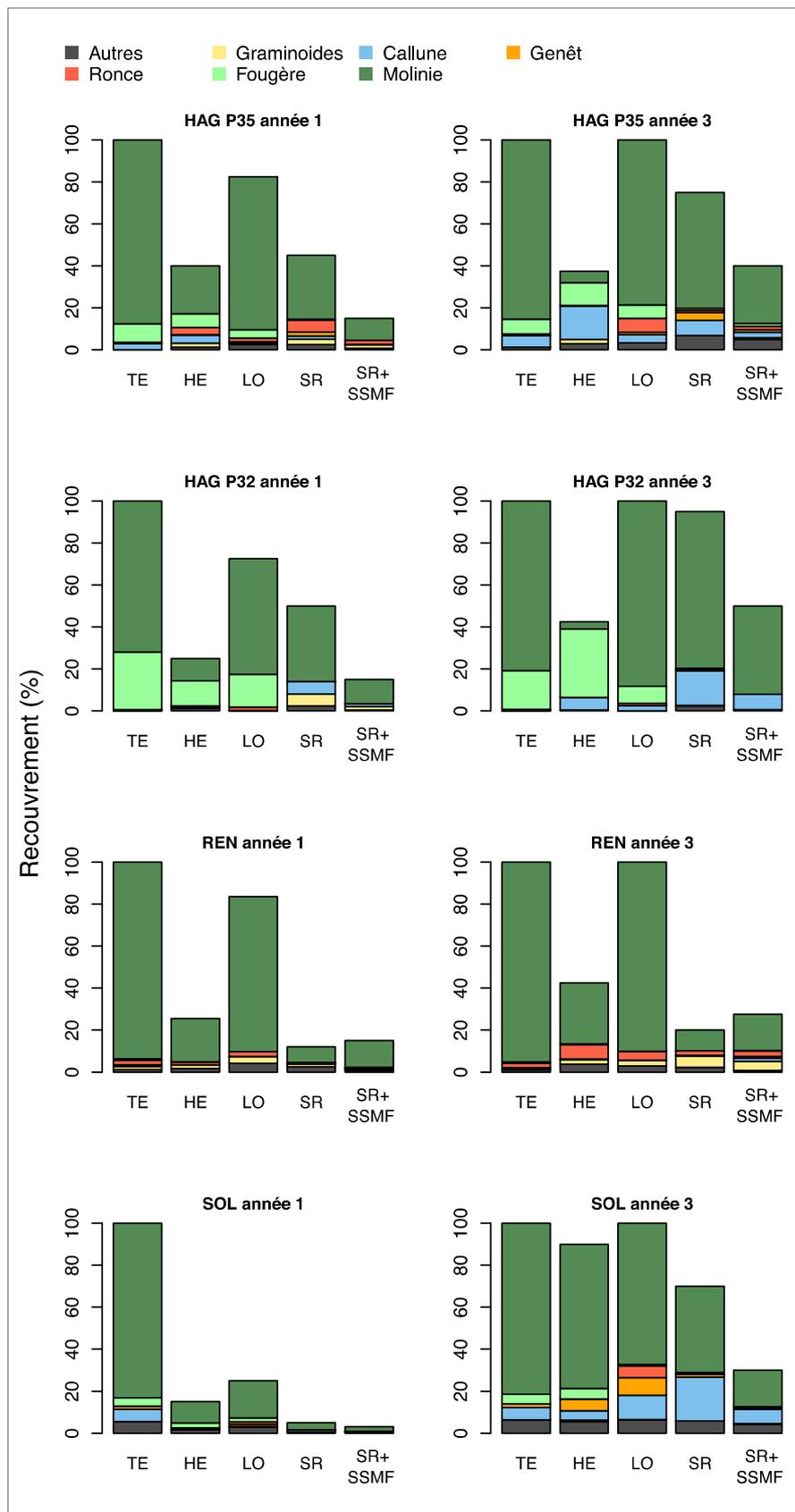


Fig. 3 : recouvrement médian de la végétation dans chaque modalité pour les 4 sites, un an et trois ans après intervention. Le recouvrement est divisé selon la contribution des différents types de végétation présents

2 Les fiches techniques des différents outils sont téléchargeables sur le site web de l'équipe MGVF

La composition floristique, quant à elle, n'est que légèrement affectée par les différentes méthodes de préparation du sol durant les trois premières années. Quelle que soit la modalité, la végétation qui recolonise le sol reste toujours majoritairement composée de molinie. Toutefois, les modalités SR et SR+SSMF présentent globalement une plus forte diversification de la composition spécifique, signe d'un recul de la domination de la molinie, et permettent d'éradiquer complètement la fougère, initialement présente sur les deux sites de Haguenau. On note, pour ces deux modalités, l'apparition de callune en quantité non négligeable à Haguenau et à Solférino, espèce qui pourrait se révéler bloquante pour l'installation des plants si elle devenait plus abondante.

### Une survie des plants variable selon le contexte

En février 2012, quelques semaines après la plantation, un froid intense a entraîné une forte mortalité des chênes dans la modalité SR+SSMF des deux sites de Haguenau (20-40 % de survie). Le travail du sol correspondant à cette modalité a certainement augmenté la sensibilité des plants au froid, qui n'ont pas pu débourrer au printemps. Des facteurs autres que le seul travail du sol (qualité des plants, conditions climatiques...) sont donc à considérer pour assurer une bonne reprise. Les chênes de la modalité SR+SSMF de Haguenau ont donc été replantés l'hiver suivant, conjointement à l'installation d'une nouvelle modalité herbicide/sol nu (HE2) servant de référence. Seuls ces arbres replantés seront considérés dans la suite de cette étude.

Trois années après plantation, les taux de survie observés pour le chêne diffèrent d'un site à l'autre. Sur les deux sites de Haguenau, les taux sont acceptables (plus de 80 %), avec un léger avantage pour la modalité SR. En revanche, les modalités SR+SSMF et HE2 (replantées un an plus tard, donc

décalées d'une année par rapport aux autres modalités) ont connu une première année plus délicate, sans que la cause de cette mortalité plus forte puisse être identifiée (figure 4). Sur le site de Rennes, en revanche, c'est la modalité SR+SSMF qui présente le meilleur taux de survie des chênes après trois ans (95 %!), loin devant les modalités TE, LO et HE (65-70 %) et la modalité SR (60 %). Ce très faible taux de survie pour la modalité SR s'explique par l'engorgement temporaire encore plus prononcé sur ce site : pendant 8 à 9 mois par an, l'eau stagne dans les « cuvettes » créées par l'outil et provoque l'engorgement des racines des plants. L'importance de cette contrainte traduit bien l'intérêt de la modalité SR+SSMF sur ce type de station. Ces taux de survie, prometteurs, peuvent toutefois encore évoluer.

Il est par ailleurs important de noter qu'à Haguenau les modalités HE et

LO présentent des taux de survie pour le chêne légèrement inférieurs à ceux de la modalité TE. Le maintien d'une végétation abondante pourrait-il, dans certains cas, réduire la contrainte hydrique subie par les chênes en « épongeant » plus rapidement l'excès d'eau dans le sol ? Le dispositif expérimental actuel ne permettra malheureusement pas de répondre à cette question.

D'une manière générale, la survie des pins est supérieure à celle des chênes. Trois années après plantation, le taux de survie des pins à Haguenau et à Rennes se situe entre 90 et 99 %, toutes modalités confondues (excepté TE), la modalité SR+SSMF présentant systématiquement les meilleurs taux (de 97 à 99 %). La survie des pins dans les modalités SR (ennoyées), LO et HE, légèrement inférieure, reste toutefois excellente (plus de 90 %).

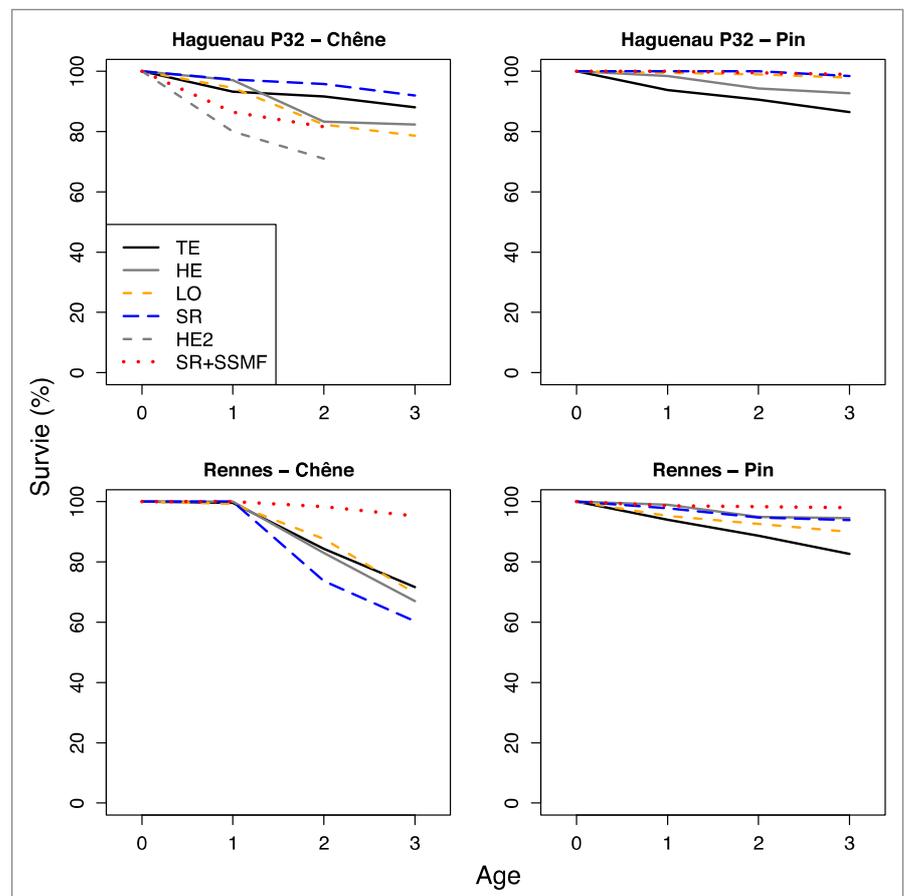


Fig. 4 : évolution des taux de survie des chênes et des pins dans chaque modalité sur les sites de Haguenau P32 et Rennes

## Une croissance des plants variable selon l'essence

Les chênes ne connaissent presque aucune croissance durant les trois années qui suivent la plantation, ni en hauteur, ni en diamètre. Sur tous les sites, le diamètre moyen des chênes stagne, entre 7 et 10 mm (figure 5 gauche, exemple de Rennes). La hauteur après trois ans sur les sites de Haguenau stagne aux alentours de 70 cm (données non présentées). La hauteur des chênes à Rennes, quant à elle, diminue durant les trois années (du fait des descentes de cime), plus fortement encore dans la modalité SR, où les chênes voient leurs racines ennoyées (figure 5 droite). Sur ce type de station à molinie très contraignante, on peut se poser la question de l'adaptation du chêne et de la réussite de son implantation avec les méthodes classiques.

Ces descentes de cime semblent moins fréquentes pour la modalité SR+SSMF. Bien que, comme pour les autres modalités, on n'observe pour le moment aucune croissance en hauteur des chênes, cette technique démontre son potentiel sur des sols très engorgés. Ces descentes de cime sont suivies par l'apparition de tiges relais (rejets) et sont principalement observées sur les jeunes chênes tant que le système racinaire n'est pas suffisamment développé et que les nouvelles tiges ne sont pas assez vigoureuses.

Des tendances plus claires apparaissent en revanche pour les pins. Quel que soit le site, les croissances en diamètre et en hauteur démarrent dès la plantation (figure 6). Trois ans après plantation, la modalité HE présente les diamètres les plus importants sur tous les sites, suivie par la modalité SR+SSMF. Les modalités LO et SR arrivent ensuite, juste avant TE. Les diamètres peuvent toutefois être similaires entre les modalités SR et TE (Haguenau P35 et Rennes). Ces premiers résultats montrent que la croissance initiale en diamètre sur ce type de station dépend en premier

lieu de la réussite de la gestion de la végétation concurrente plutôt que de la manière dont le sol est travaillé. C'est essentiellement la présence de la molinie qui semble limiter l'installation des racines et l'accès des plants aux ressources du sol.

La hauteur des pins est légèrement supérieure dans les modalités avec intervention, la différence n'étant cependant pas significative. Seule exception : la modalité SR, où la croissance en hauteur peut être similaire à celle de la modalité TE (site de Haguenau P35), voire inférieure (Rennes). Ces résultats démontrent que la méthode SR seule est moins adaptée à ce type de station.

## Un réel apport du sous-soleur multifonction... mais un coût initial à ne pas négliger

Sur un site extrêmement contraignant comme celui de Rennes, le scarificateur réversible utilisé seul ne favorise ni la survie des plants, ni leur croissance. Son utilisation entraîne la formation de cuvettes où l'eau stagne, ce qui provoque l'ennoyage des racines des plants (figure 7 centre). Le billon créé suite au passage additionnel du sous-soleur multifonction permet en revanche de surélever les plants et de canaliser l'eau sur les côtés, ce qui les protège de l'ennoyage temporaire classiquement rencontré sur ce type de station (figure 7 droite).

Ce phénomène est responsable des excellents taux de survie observés, notamment pour les chênes. Un volume de sol prospectable plus important est également créé, ce qui améliore leur croissance. Le suivi des plants sur les prochaines années permettra de déterminer si les effets bénéfiques observés justifient le surcoût dû à l'utilisation combinée de ces deux outils par rapport aux techniques utilisées localement. En effet, utilisé seul, le sous-soleur multifonction ne constituerait pas une solution efficace pour se débarrasser

de la molinie. Le passage préliminaire d'un outil de désherbage reste indispensable, ce qui augmente le coût de mise en œuvre.

Afin d'atténuer les effets de rétention d'eau engendrés par l'utilisation du scarificateur, d'autres outils pourraient être utilisés préalablement au sous-soleur pour contrôler la molinie. C'est notamment le cas du Razherb®, un outil dont la mise en œuvre est plus rapide et qui permet d'arser la végétation herbacée aérienne et ses racines superficielles. Par ailleurs, afin de pallier l'inconvénient du coût de mise en œuvre du sous-soleur sur mini-pelle (actuellement entre 1,25 et 1,55 € par mètre linéaire pour un travail par bandes), un outil tracté permettant de réaliser plus rapidement un travail du sol proche est également en cours d'expérimentation : le Culti3B® (Ulrich *et al.*, 2014). Les outils Razherb® et Culti3B® sont actuellement expérimentés dans le cadre du projet PILOTE<sup>3</sup>.

## Travail du sol : indispensable ?

Dans cette étude, le maintien d'un sol nu grâce au glyphosate et à des interventions manuelles régulières a permis d'obtenir les meilleurs résultats en terme de croissance des plants de pin sylvestre. Ces résultats, surprenants, montrent que la croissance de cette espèce sur ce type de station dépend au premier ordre de la végétation concurrente plutôt que de la manière dont le sol est travaillé. Que le sol soit décompacté ou non, c'est essentiellement la présence de la molinie qui semble limiter l'installation des racines et l'accès des plants aux ressources du sol. Un tel « itinéraire technique » est toutefois exclu, puisque l'enjeu est justement de réduire l'utilisation des produits phytopharmaceutiques. De plus, il n'améliore pas la survie des plants, dans la mesure où il n'empêche pas l'ennoyage de leur racines sur ce type de station hydromorphe (figure 7 gauche).

<sup>3</sup> Descriptif du projet PILOTE et fiches techniques des outils disponibles sur le site web de l'équipe MGVF

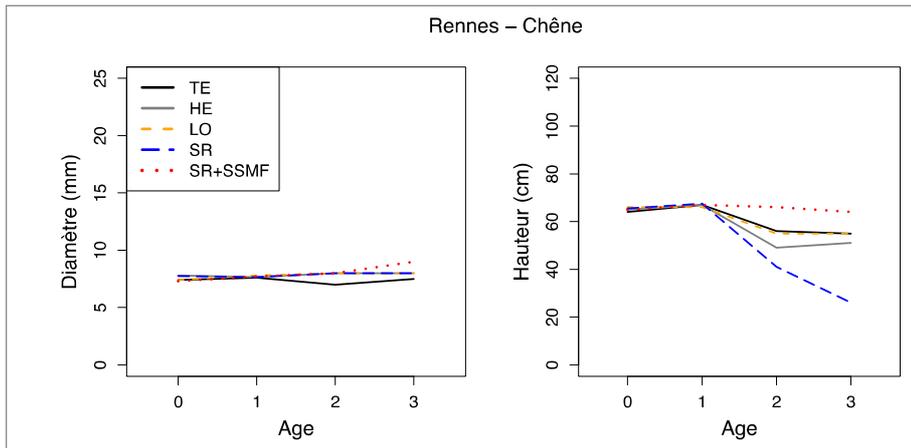


Fig. 5 : croissance en diamètre et en hauteur des chênes à Rennes, dans chaque modalité

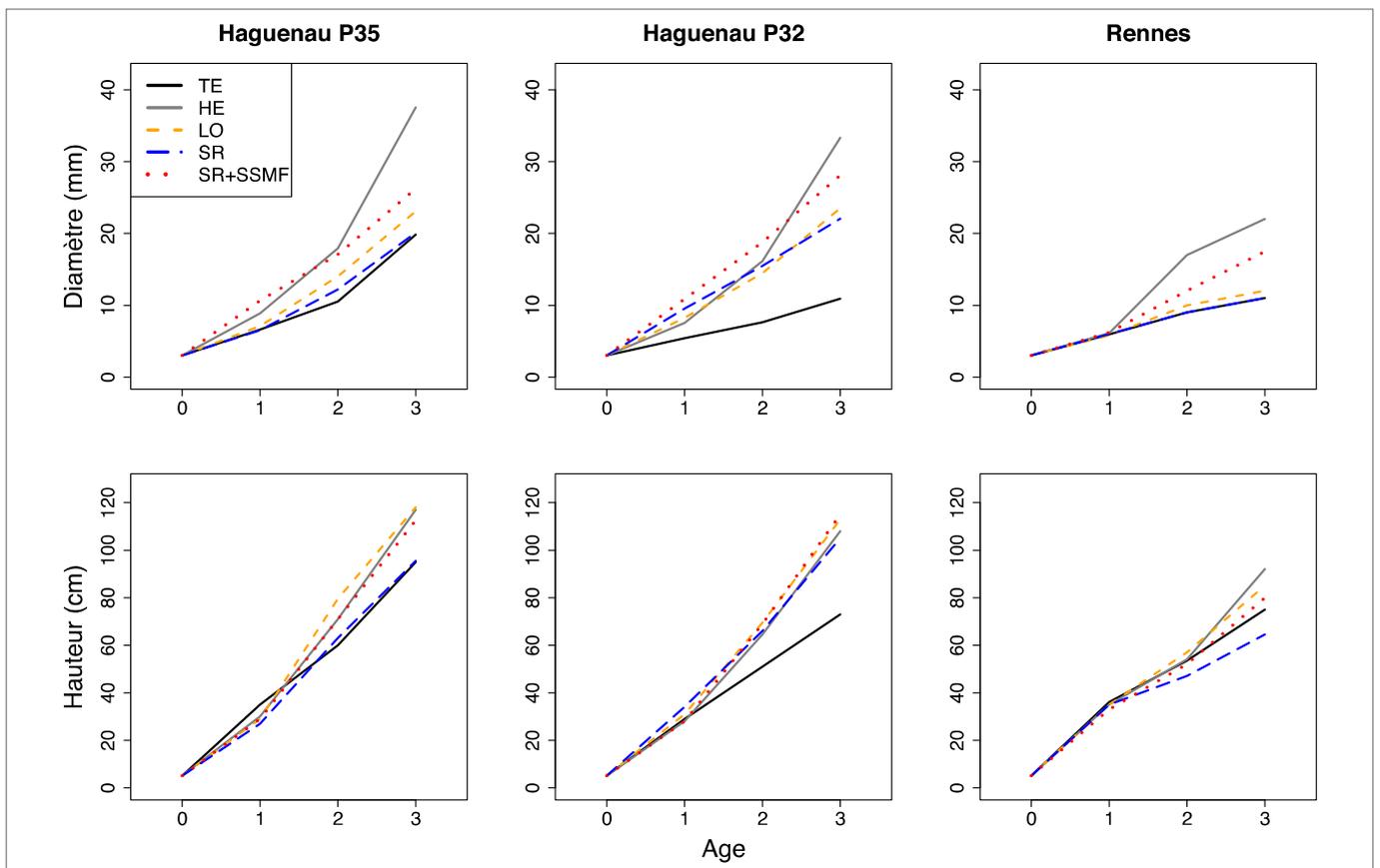


Fig. 6 : croissance en diamètre et en hauteur des pins à Haguenau P35, Haguenau P32 et Rennes, dans chaque modalité



Fig. 7 : aspect du sol après précipitations dans les modalités HE (à gauche), SR (au centre) et SR+SSMF (à droite)

Pour éviter les effets de rétention d'eau observés avec le scarificateur, d'autres outils pourraient être utilisés préalablement au sous-soleur; notamment le Razherb®, un outil dont la mise en œuvre est plus rapide et qui permet d'araser la végétation herbacée aérienne et ses racines superficielles. Par ailleurs, afin de pallier l'inconvénient du coût de la mini-pelle embarquant le sous-soleur, un outil tracté permettant de réaliser un travail du sol similaire plus rapidement est également en cours d'expérimentation : le culti3B® (Ulrich *et al.*, 2014). Ces deux outils sont actuellement en test dans le cadre du projet PILOTE<sup>4</sup>, également animé par l'équipe MGVF.

## Conclusion

Cette étude montre que le travail du sol est indispensable pour assurer une installation rapide des plants et la réussite des reboisements sur ce type de stations hydromorphes, aussi bien pour les pins que pour les chênes. L'utilisation combinée du scarificateur réversible et du sous-soleur multifonction, qui permet de réaliser un sous-solage-billonnage (technique « 3B »), semble être particulièrement adaptée à ce contexte. Elle permet à la fois de contrôler la recolonisation de la molinie et la compétition qu'elle exerce sur les plants, d'installer les plants hors de l'eau durant les premières années et d'améliorer leur croissance.

**Mathieu DASSOT<sup>a</sup>**  
**Catherine COLLET<sup>b</sup>**  
**Quentin GIRARD<sup>c</sup>**  
**Gwénaëlle GIBAUD<sup>c,d</sup>**  
**Jérôme PIAT<sup>e</sup>**  
**Léon WEHRLÉN<sup>b</sup>**  
**Claudine RICHTER<sup>c</sup>**  
**Jean-Yves FRAYSSE<sup>e</sup>**

## Remerciements

Les auteurs remercient Erwin Thirion, Florian Vast et Lindsay Godard (INRA) et les membres du pôle RD&I de Boigny (ONF) pour l'installation et le suivi des expérimentations, ainsi que Fabien Duez et Xavier Auzuret pour leur participation au travail de terrain. Ils remercient également les agents locaux de l'agence territoriale ONF de Bretagne, ainsi que la Compagnie des Landes (40) qui a mis à disposition pour l'expérimentation deux parcelles forestières. Le projet a bénéficié du soutien financier du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF, conventions E30/07, E13/2010, E16/2011, E21/2013), de l'Office National des Forêts (ONF, Conventions cadre de R&D ONF-INRA en 2007 et 2010) et de la région Alsace (convention 871-10-C1).

## Bibliographie

Auzuret X., Gibaud G., Piat J., Collet C., Wehrlen L., Richter C., Girard Q., Fraysse J. Y., 2014. Contrôler la fougère aigle sans asulame : quelles méthodes alternatives pour réussir les plantations? *Rendez-Vous Techniques* n° 43, pp. 22-32

Gaudio N., Balandier P., Philippe G., Dumas Y., Jean F., Ginisty C., 2011. Light-mediated influence of three understorey species (*Calluna vulgaris*, *Pteridium aquilinum*, *Molinia caerulea*) on the growth of *Pinus sylvestris* seedlings. *European Journal of Forest Research* vo. 130, pp. 77-89

Timbal J., Gelpe J., Garbaye J., 1990. Étude préliminaire sur l'effet dépressif de la molinie (*Molinia caerulea*) sur la croissance et l'état mycorhizien de semis de chêne rouge (*Quercus rubra*). *Annales des sciences forestières* vol. 21, pp. 643-649

Ulrich E., Becker C., Franco J.P., 2014. Préparer le sol avant plantation selon la technique « 3B » avec tracteur et l'outil Culti 3B® – Validation des chantiers test. *Rendez-Vous Techniques* n° 43, pp. 11-21

Wehrlen L., 2013. Quels outils pour mieux maîtriser la végétation forestière concurrente? *Forêt Wallonne* n° 122, pp. 22-35

Wehrlen L., 2009. Mieux planter ! La technique « 3B » élimine la végétation et décompacte le sol en une seule opération. *Rendez-Vous Techniques* n° 25, pp. 7-12

<sup>a</sup> EcoSustain, Bureau d'études en Environnement, Recherche et Développement, 31 rue de Volmerange, 57330 Kanfen

<sup>b</sup> INRA, UMR1092 LERFoB, Champenoux (54280) [prenom.nom@nancy.inra.fr](mailto:prenom.nom@nancy.inra.fr)

<sup>c</sup> ONF, Département RDI, [prenom.nom@onf.fr](mailto:prenom.nom@onf.fr)

<sup>d</sup> ONF, UT de Modane (Savoie)

<sup>e</sup> FCBA, Pôle Biotechnologies et Sylviculture Avancée, Cestas-Pierroton (33610), [prenom.nom@fcba.fr](mailto:prenom.nom@fcba.fr)

<sup>4</sup> Le descriptif du projet PILOTE et les fiches techniques des outils sont disponibles sur le site web de l'équipe MGVF