



HAL
open science

Le travail du sol en montagne : enjeux, expérimentations passées et pratiques actuelles

Léa Veuillen, Laurent Malabeux, Catherine Riond, Didier Cornevin

► To cite this version:

Léa Veuillen, Laurent Malabeux, Catherine Riond, Didier Cornevin. Le travail du sol en montagne : enjeux, expérimentations passées et pratiques actuelles. Rendez-vous Techniques de l'ONF, 2020, 67-68, pp.1-7. hal-03176281

HAL Id: hal-03176281

<https://hal.inrae.fr/hal-03176281>

Submitted on 31 Jan 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LE TRAVAIL DU SOL EN MONTAGNE : ENJEUX, EXPÉRIMENTATIONS PASSÉES ET PRATIQUES ACTUELLES

Léa Veuillen^{(1) (2)}, Laurent Malabeux⁽³⁾, Catherine Riond⁽³⁾, Didier Cornevin⁽⁴⁾

(1) Stage AgroParistech/ONF, pôle RATD Annecy

(2) INRAe Aix-Marseille – UMR RECOVER

(3) ONF – pôle RDI Chambéry

(4) ONF – Agence Savoie

Les forêts de montagne assurent de multiples fonctions : production de bois, protection contre les risques naturels, hébergement de la biodiversité, paysage, loisirs... Les importantes variations de climat, d'altitude, de pente et d'exposition engendrent en outre une grande diversité des peuplements forestiers, de leurs essences et de leur structure.

Dans les formations forestières productives montagnardes et subalpines, les principales essences-objectifs sont l'épicéa, le mélèze et le sapin qui peuvent être accompagnés de pin cembro, de pin sylvestre ou de pin à crochet. Les conditions climatiques y sont très dures et rendent très complexe le renouvellement des peuplements. En effet, le jeune semis se voit confronté à de nombreuses difficultés : un rayonnement exacerbé en adret et insuffisant en ubac, un enneigement conséquent et une période de végétation courte, de violents épisodes de précipitations couplés à une pente souvent raide, des températures basses toute l'année.

De ce fait, la régénération naturelle a une dynamique très lente en montagne, à tel point qu'elle peut parfois paraître bloquée à une échelle de temps humaine (Fuhr *et al.*, 2015). Si l'analyse des cycles naturels tend à montrer que la régénération finit toujours par s'installer, l'état sanitaire de certains peuplements, la décapitalisation parfois avancée, et l'ambition de maintenir une récolte soutenue de bois en montagne incitent parfois à mettre en œuvre des techniques accélérant cette dynamique naturelle, afin d'assurer la pérennité des différentes fonctions de la forêt.

L'analyse des contextes présentant des difficultés de régénération et des surfaces concernées a conduit les gestionnaires de forêts publiques à s'interroger sur les solutions techniques à proposer en termes de travaux. Un état des connaissances, des pratiques et des expérimentations

est apparu nécessaire en premier lieu, afin de proposer des solutions réalistes et économiquement acceptables. Cet article se concentre ainsi sur les techniques de travail du sol : Que peut-on tirer des nombreuses expérimentations qui ont été menées sur le sujet ? Quelles sont les pratiques actuelles en matière de travail du sol ?

Importance des surfaces concernées par les difficultés de régénération

À l'échelle des Alpes du Nord, de nombreux gestionnaires expriment depuis plusieurs années leurs craintes au sujet de la réussite de la régénération naturelle, mises en lumière depuis la mise en place d'itinéraires de renouvellement par trouées. Dans ce contexte, le pôle RDI de Chambéry et l'agence territoriale de Savoie ont mené une analyse sur l'état de la régénération dans le département, d'après les informations recueillies à l'occasion des révisions d'aménagement (sur la période 2004 à 2016), afin de définir les actions de recherche et de développement à mettre en œuvre.

Sur un jeu de données correspondant à 23 384 ha de surfaces en sylviculture aux étages montagnard et subalpin, il ressort (Fig. 1) que parmi les peuplements dont le capital sur pied peut permettre l'installation de la régénération ($G < 25 \text{ m}^2$), ce sont les peuplements d'épicéas dans des contextes stationnels frais ou drainés légèrement acides qui présentent le plus de difficulté de régénération (Fig. 1). Ainsi, sur 3934 ha, la régénération a été estimée, à dire d'expert, insuffisante ou absente.

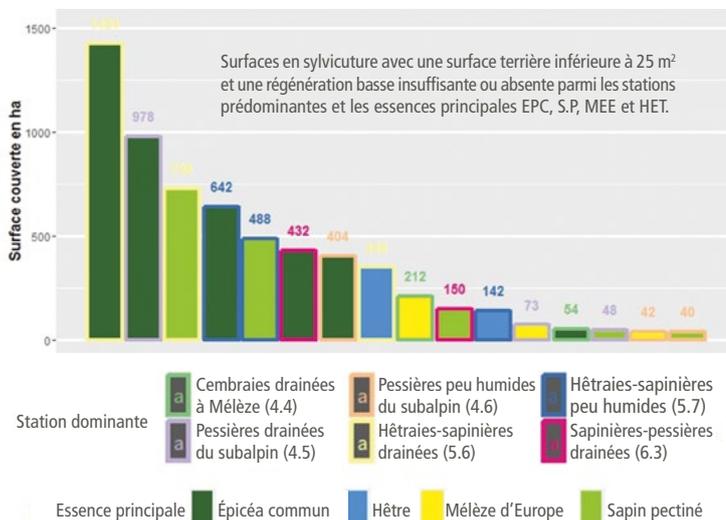


Figure 1. Surfaces en difficulté de régénération selon les stations prédominantes et les essences principales dans les peuplements faiblement capitalisés en Savoie.

Données recueillies lors de la phase de description préalable à la révision des aménagements sur la période 2004 à 2016.

Les résultats de cette analyse, réalisée à l'échelle d'une agence seulement mais qui est a priori représentative de la situation dans les Alpes du Nord, ont montré l'importance des surfaces concernées et la nécessité de mettre en place un plan d'actions visant à proposer rapidement des solutions aux gestionnaires.

La sylviculture par trouées, une première réponse aux contextes contraignants de montagne

L'ouverture de trouées sylvicoles apporte chaleur, lumière et eau aux semis. Elle crée ainsi des conditions propices à l'installation de nouveaux semis et au développement des préexistants, à condition que les trouées soient correctement orientées et dimensionnées. Cette pratique a été formalisée dans le Guide de Sylviculture de Montagne (GSM) des Alpes du Nord (Gauquelin et Courbaud, 2006).

Outre l'objectif de renouvellement des peuplements, la sylviculture par trouées permet également de prendre en compte la complexité de l'exploitation en contexte de pente, et de faciliter la récolte de bois tout en réduisant considérablement les dégâts aux arbres de la matrice du peuplement.

Cependant, il peut arriver que l'ouverture d'une trouée ne suffise pas à enclencher la régénération, ou du moins pas aussi vite que le forestier le souhaiterait. En effet, la mise en lumière peut accentuer le développement d'une végétation concurrente herbacée et arbustive monopoliste (callune, fougère aigle, molinie en sont des exemples à l'échelle nationale). Dans les Alpes, il s'agira plutôt de la framboise, des hautes herbes ou de graminées qui colonisent l'espace disponible au détriment des semis. Ces espèces se développent déjà à des taux de recouvrement conséquents pour un éclaircissement relativement faible et pas seulement en cas de fort éclaircissement (Gaudio *et al.*, 2011). En leur présence, il n'est donc pas recommandé d'ouvrir le peuplement sans accompagner cette action de travaux (installation de bois mort, travail du sol, plantation).

La concurrence herbacée s'atténue naturellement au bout d'un certain temps, permettant le développement d'arbustes et d'essences feuillues pionnières (sorbier, tremble, bouleau, aulne, saule...) qui favorisent ensuite les semis d'épicéa (Duchaufour, 1953) (Angst *et al.*, 2001). Mais cette évolution naturelle prend du temps : une étude suisse montre que moins de 50 % des trouées suivies ont atteint les valeurs-cibles de régénération 25 ans après ouverture (Streit *et al.*, 2009).

Par ailleurs, en contextes stationnels non contraignants, la vitesse de fermeture des trouées est plus faible au subalpin (40 ans) qu'au montagnard (20-25 ans) (Fuhr *et al.*, 2015). En revanche, en conditions plus difficiles du montagnard, la vitesse de fermeture des trouées est la même que celle du subalpin dans de bonnes conditions de croissance. On peut alors penser à des situations de blocage.

Un panel de solutions envisageables pour lever les blocages de régénération

L'ouverture d'une trouée sylvicole peut donc être couplée à des travaux s'il n'y a pas de semis acquis et si les choix de gestion impliquent de ne pas pouvoir attendre plusieurs décennies :

- **le travail du sol**, qui consiste ici à supprimer la végétation concurrente et les limitations édaphiques (sécheresse et épaisseur de la couche organique superficielle) en décapant ou en scarifiant le sol.
- **l'installation sur le sol de bois morts**, qui constituent des microsites à l'abri de la concurrence de la végétation, où la neige demeure moins longtemps, et sont ainsi propices à la régénération (Garet, 2017).
- **la régénération artificielle par plantation**, technique très utilisée dans un but de protection (forêts RTM), souvent remise en cause aujourd'hui du fait de la pression forte des cervidés.

À partir des connaissances actuelles et des besoins exprimés par les gestionnaires, plusieurs axes de travail ont été identifiés avec le pôle RDI :

- réaliser une recherche bibliographique afin de s'appuyer sur les expérimentations et observations passées, pour établir si possible un référentiel (technique et outil) sur le travail du sol en contextes de pentes,
- en parallèle, analyser les chantiers de travail du sol réalisés en Savoie et documentés depuis plusieurs années pour conforter ce référentiel et l'ancrer dans les contextes rencontrés localement,
- réfléchir à l'adaptation des outils et matériels utilisés en plaine aux contextes de forte pente, afin de faciliter la mise en œuvre des travaux,
- proposer des méthodes alternatives au travail du sol
- mieux documenter la méthode d'installation des trouées.

Les 2 premiers axes ont été confiés à Léa Veuillen, dans le cadre de son stage de fin d'études AgroParisTech, et les résultats sont présentés respectivement ci-après et dans l'article suivant. Le pôle Recherche, Développement et Innovation (RDI) et le Réseau d'Appui Technique et de Développement (RATD) Auvergne-Rhône-Alpes ont travaillé sur l'adaptation des outils et les méthodes alternatives, sujets également présentés dans ce dossier. La méthode d'installation des trouées fait encore l'objet de travaux de R&D afin d'apporter des outils d'aide aux gestionnaires ; les résultats seront présentés dans un prochain numéro des *RenDez-Vous techniques*.



Le travail du sol : enseignements des multiples expérimentations et observations passées

L'inquiétude des gestionnaires quant au renouvellement des peuplements d'altitude ne date pas d'hier, et le travail du sol constitue une solution technique qui a déjà été explorée dans le passé par de nombreuses expérimentations et observations. Quel bilan pouvons-nous dresser de ces essais ?

À notre connaissance, il y a eu ces dernières décennies une vingtaine d'expérimentations et observations de chantiers de travail du sol, en majorité dans les Alpes du Nord.

Une grande part des expérimentations a été réalisée par la STIR (Section Technique Inter-Régionale, ancien pôle Recherche, Développement et Innovation de l'ONF) dans les années 1980-90. Il faut distinguer ces expérimentations des observations conduites par ailleurs sur des chantiers réels : les premières sont rigoureuses et bien documentées mais souvent réalisées sur des très petites surfaces et entraînant un effet microsite important ; les secondes concernent de plus grandes surfaces dans de nombreux sites mais sont souvent moins documentées.

Les conclusions principales des différentes études sont résumées ici selon l'essence-objectif considérée (pour le bilan exhaustif, voir le mémoire de fin d'études (Veuillen, 2018)).

Notons que dans les expérimentations comme dans les observations, les termes utilisés pour décrire le travail du sol sont assez variés, sans une description précise des modalités et des résultats. On parle ainsi parfois indifféremment de crochetage, de décapage, de travail du sol sans qu'il soit toujours facile de distinguer les différentes modalités. À défaut de plus de précisions, dans les présentations ci-après, les termes repris sont toujours ceux utilisés dans les comptes-rendus des opérations (voir aussi le lexique).

Décapage pour l'épicéa dans les Alpes du Nord

Les quatre expérimentations et trois observations que nous avons pu retracer pour l'épicéa ont toutes été réalisées dans les Alpes du Nord, dans des pessières à myrtille et/ou à hautes herbes, contextes stationnels très contraignants mais plus marginaux en surface. Cela témoigne néanmoins de la préoccupation des forestiers alpins pour la régénération des pessières.

D'après ces essais, un décapage ou crochetage après ouverture d'une trouée semble être une bonne solution pour favoriser l'installation des semis d'épicéa dans ces contextes particuliers, notamment en adret.

Deux expérimentations STIR ont été réalisées à la fin des années 1980, concluant à l'effet bénéfique, après une dizaine d'années, du travail du sol sur la régénération de l'épicéa (Fig. 2 et 3). Le travail du sol consistait, soit en un décapage seul, soit la mise en place de micro banquettes qui, en plus de l'action décapante, ont pour objectif de casser la pente et de limiter ainsi les problématiques liées à l'érosion.

Travail du sol et renouvellement en montagne : lexique

Les définitions s'appuient sur le Guide des sylvicultures de montagne – Alpes du Nord (dit GSM ; Gauquelin et Courbaud, 2006) et sur l'ouvrage intitulé « Vocabulaire Forestier » (Bastien et Gauberville., 2011)

Banquette : aplanissement ponctuel de la pente, permettant de former des rectangles (de dimensions variables en fonction de la taille du godet / de la surface piochée) dans lesquels le sol est donc décapé et horizontal.

Cellule de régénération : ensemble de tiges de fourrés et gaules dont au moins une d'avenir (parfois un seul individu), correspondant à la surface occupée par une perche de classe de diamètre 10 ou 15 cm (environ 6 m²).

Crochetage : terme générique utilisé dans les différentes études et expérimentations STIR pour parler du travail du sol (scarification, décapage...).

Décapage (= écroûtage) : retrait de toutes les couches supérieures organiques du sol (humus) et de la végétation.

Essence-objectif : espèce d'arbre à favoriser dans un peuplement pour répondre aux objectifs fixés dans les documents de gestion durable.

Régénération : (1) processus de renouvellement naturel ; (2) ensemble des semis et tiges de fourrés présents sur une surface donnée.

Scarification = griffage : fragmentation mécanique de l'humus et ameublissement superficiel du sol par griffage de surface (10-15 premiers cm). Entraîne le mélange des horizons superficiels. La végétation est retirée.

Semis (= semis non acquis) : individu issu de graine de hauteur inférieure à 50 cm.

Semis acquis (= viable) : régénération jugée viable et en quantité suffisante pour participer au renouvellement du peuplement forestier. La station lui convient et son développement n'est pas mis en cause par des facteurs externes (gibier). N'est pas considéré comme viable un semis dont la forme ou la vigueur lui ôte toute chance de jouer un rôle dans le futur peuplement.

Semis-objectif : semis d'une des essences-objectifs du peuplement.

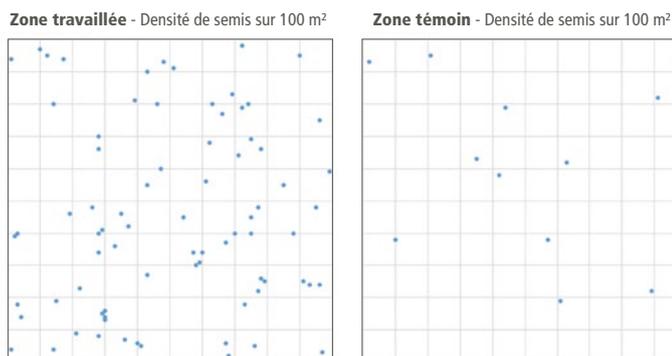


Figure 2. Essai 86-19-08 (FC des Avanchers), 12 ans après travaux : densité de 7 800 semis/ha sur la zone travaillée (banquettes réalisées à la pioche, à gauche) contre 1 200 semis/ha pour le témoin (à droite)

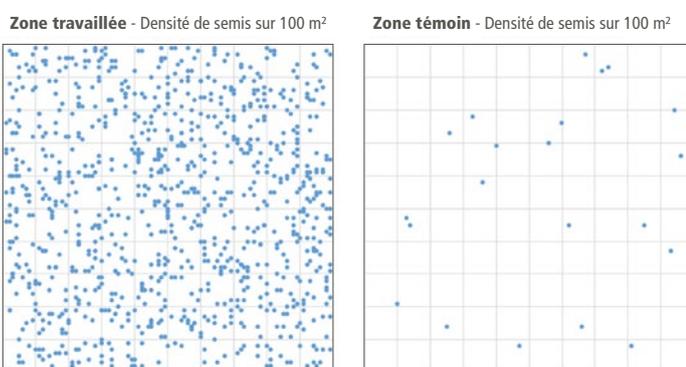


Figure 3. Essai 87-19-04 (FC de Cohennoz), 12 ans après travaux : densité de 95 500 semis/ha sur la zone travaillée (décapage de 15-20 cm superficiels au godet, à gauche) contre 2250 semis/ha pour le témoin (à droite).

Un essai de crochetage a également été mis en place en Savoie au même moment, sans résultat probant (Pellissier, 1992) puisque le taux de germination est proche de zéro ; mais le suivi n'a été effectué que les 3 premières années après travail du sol, période durant laquelle la densité de semis peut énormément varier, leur mortalité étant très importante (Brang, 1998) (Picard, 1994) (Gapin, 1999) (Camaret, 1997). De plus, il semble que cet essai ait été réalisé sous couvert.

Chez nos voisins suisses, P. Brang (1998) a conclu après expérimentation à une amélioration des conditions de germination et survie des jeunes semis après décapage, particulièrement en stations sèches.

Trois observations de chantiers existants viennent conforter les résultats des expérimentations :

- P. Fourchy, dans les années 50, avait observé en Suisse « l'heureux effet » de l'écroûtage (« couverture vivante soulevée et roulée comme un tapis ») sur l'installation des semis dans les quelques années qui ont suivi les travaux (Fourchy, 1953).
- S. Camaret a conclu à un impact positif du crochetage de l'humus dans des trouées sylvicoles en Savoie, après avoir observé au bout de 10 ans 7 fois plus de semis sur sol travaillé que sur sol témoin (Camaret, 1997)
- et enfin P. Gensac observe une très bonne régénération de l'épicéa sur les sols décapés pour la création de pistes de ski (Gensac, 1989).

Décapier pour le mélèze

Pour ce qui concerne le mélèze, une expérimentation STIR a été mise en place dans les Alpes du Nord, et deux dans les Alpes du Sud. Dans les Alpes du Nord (essai 91-19-07, Maurienne) le travail du sol a favorisé la régénération d'épicéa et de sapin mais pas de mélèze ; on en conclut que les travaux doivent concorder avec une année de bonne grainée, ce qui est peu fréquent pour cette essence. Les expérimentations 92-21-02 (Haute Tinée) et 87-21-08 (Barcelonnette) menées dans les Alpes du Sud mettent en lumière la nécessité d'un bon diagnostic stationnel préalable, afin de ne pas engager de travaux inutiles : dans certains contextes stationnels, le travail du sol n'est pas nécessaire.

Par ailleurs, l'étude de 72 sites décapés pour la régénération du mélèze dans les Alpes du Sud (Haute-Ubaye, Queyras et Briançonnais) (Ladier, 2003) montre à quel point le travail du sol y est répandu et admis en situation de régénération difficile. En termes de résultats, l'auteur a conclu à un effet bénéfique du décapage sur l'installation et la croissance initiale des semis, quelques années après travaux : 180 000 semis/ha ont été comptés en moyenne sur sol décapé, contre seulement 400 sur sol témoin.

Mais pour le sapin, des résultats plus mitigés

La régénération du sapin semble avoir préoccupé les forestiers de toutes les montagnes françaises, puisque huit expérimentations de travail du sol en sa faveur ont été mises en place, quatre dans les Vosges, deux dans les Alpes du Nord et deux dans les Pyrénées ; sans parler de celles des Montagnes d'Auvergne (non mentionnées ici). Ces essais, menés dans des massifs et des peuplements variés, ont montré de bons résultats lorsqu'ils étaient réalisés sous couvert (par exemple, essai 93-15-01 en forêt communale de Saint Amarin et Stosswir : 170 000 semis/ha sur sol décapé contre 8 000 semis/ha sur sol témoin, 4 ans après travaux). À l'inverse, l'essai d'installation de micro banquettes dans une trouée de 0,7 ha en Chartreuse est un échec total. La végétation concurrente ainsi que l'épicéa ont été plus favorisés que le sapin.

Si une trouée est déjà ouverte dans le peuplement, il ne semble donc pas judicieux d'y travailler le sol en faveur du sapin. Attention néanmoins à la validité des résultats, les observations ayant été faites dans la plupart des cas dans les 3-4 premières années après travail du sol, ce qui est une durée courte pour conclure à la bonne installation des semis.

Globalement, le travail du sol accélère la fermeture des trouées...

M. Fuhr a observé la vitesse de fermeture de 36 trouées naturelles et sylvicoles âgées de 20 à 30 ans, (dont 10 crochetées) dans 14 forêts des Alpes du Nord (Fuhr et al., 2015).

Les résultats de l'étude montrent que la fermeture des trouées (couvert dépassant 80 % de la surface, toutes essences confondues) est accélérée par le travail du sol : celles-ci se referment 2,5 fois plus vite que le témoin au subalpin, 1,5 fois plus vite que le témoin au montagnard. Pour les trouées plantées, aucune tendance claire n'a pu être dégagée sur la vitesse de fermeture.

... mais les seuils de diagnostic sont difficiles à définir

Malgré ces résultats, les forestiers manquent de connaissances plus précises concernant la dynamique de la régénération à ces stades d'installation et de croissance initiale. Le diagnostic de la régénération suffisante ou non est souvent tiré du jugement individuel de chaque observateur et de comparaisons à des situations connues. Les gestionnaires souhaiteraient donc fixer des « seuils » objectifs, en deçà desquels il est établi que la régénération est insuffisante ; Mais les seuils à partir desquels on considère qu'une régénération est « viable », « acquise », ou « suffisante » dépendent de nombreux paramètres comme le peuplement, la station ou l'essence considérée, et n'ont à ce jour pas été déterminés (Couty et Gauquelin, 2006) (M. Fuhr, communication personnelle).

Néanmoins, une bonne partie des essais menés en France sur le sapin convergent pour dire qu'un seul semis de moins de 50 cm de haut par m² (soit moins de 10 000 semis/ha) est insuffisant. Les maigres données à dire d'expert dénichées pour le mélèze et l'épicéa semblent confirmer cette valeur. Pour une hauteur supérieure à 50 cm, les valeurs du GSM font office de référence : la régénération est considérée comme acquise lorsqu'il y a **au moins une cellule de régénération tous les 8 m soit 156 cellules/ha**, représentant en général 6 à 9 % de la surface. En forêt de protection, le GSM des Alpes du Sud remonte ce seuil à 800 semis viables/ha (un tous les 4 m).

En Suisse, ces valeurs seuils sont estimées à :

- 0,7 semis de moins de 10 cm de haut/m² soit 7 000 semis/ha (Streit et al., 2009).
- 0,4 semis de 10 à 130 cm de haut/m² au haut montagnard soit 4 000 semis/ha (Bühler, 2005) et 0,18 semis/m² au subalpin soit 1 800 semis/ha (Ott et al., 1997).

Et en pratique aujourd'hui ?

Les résultats des expérimentations passées montrent le grand intérêt du travail du sol pour l'obtention de la régénération d'épicéa et de mélèze. Mais en pratique, quelle utilisation fait-on aujourd'hui de cette technique dans les itinéraires sylvicoles de renouvellement des pessières et des mélézins ?

Dans les applications informatiques de programmation des travaux de l'ONF, le travail du sol ne bénéficie pas d'une appellation claire et explicite décrivant le type de travail réalisé. L'intitulé très générique « Travaux préalables à la régénération : préparation du sol » ne permet pas d'apprécier l'étendue des différentes pratiques. Mais les retours, même partiels, laissent penser que les gestionnaires de terrain emploient rarement cette technique. Une enquête a donc été menée auprès des gestionnaires forestiers des 73 Unités Territoriales de montagne (Alpes du Nord et du Sud, Vosges, Pyrénées) afin de les interroger sur le recours au travail du sol dans leur secteur. En tout, 44 UT ont répondu, réparties sur tous les massifs montagneux.

Les résultats de l'enquête de terrain

62 % des enquêtés ont indiqué ne pas mettre en œuvre de travail du sol, notamment dans les Vosges. Cette pratique est également peu utilisée dans les Pyrénées, mais les gestionnaires forestiers locaux semblent vouloir la développer à l'avenir.

Dans les secteurs où un travail du sol est réalisé, les chantiers (Fig. 4) visent principalement à favoriser la régénération de l'épicéa (surtout dans les Alpes du Nord), du mélèze (dans les Alpes du Sud) et du sapin (en Ardèche). Quelques chantiers ont également été réalisés pour favoriser des pins ou des feuillus (Ardèche, Alpes du Sud, Pyrénées).

Les causes de blocage évoquées sont majoritairement la végétation concurrente et l'humus trop épais. La technique employée est principalement le décapage, le plus souvent au godet, à l'aide d'un engin adapté à la pente (Fig. 5).

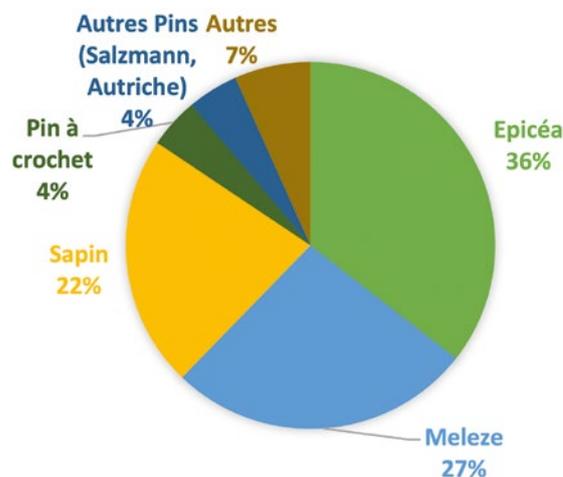


Figure 4. Essence-objectif principale des 39 chantiers de travail du sol renseignés (en % du nombre de chantiers).



Figure 5. Pelle-araignée équipée d'un godet décapant le sol, Esserts-Blay (73).

Bilan

Les expérimentations et observations réalisées montrent que **le travail du sol permet de lever de nombreuses situations de blocage** et de faciliter l'installation et la croissance initiale des semis, particulièrement à l'étage subalpin. **Le diagnostic préalable des causes de blocage est une étape clef**, permettant de cibler les situations dans lesquelles il est vraiment nécessaire d'engager des travaux.

Faute de pouvoir agir sur la fructification en elle-même, l'importance de faire coïncider le chantier de travail du sol avec une bonne fructification, ou à défaut, d'assurer un sol propre et réceptif pendant plusieurs années est soulignée à de nombreuses reprises.

Le retour d'enquête sur les pratiques actuelles laisse penser que les techniques de travail du sol sont peu connues en contexte de montagne, et rarement mises en œuvre. En outre, il est difficile de tirer

des conclusions quant à la réussite des chantiers d'après cette enquête, car la caractérisation de l'état de régénération des chantiers dépend fortement de l'appréciation de l'observateur. Enfin, la technique employée est rarement bien documentée (profondeur du travail du sol, nature des horizons décapés...) et souvent réduite à un seul mot, « crochetage » par exemple. Toute conclusion quant à la technique en elle-même est donc hasardeuse.

C'est pourquoi un inventaire détaillé de nombreux chantiers de travail du sol a été réalisé en 2018 dans les Alpes du Nord, avec pour objectif de caractériser objectivement et de manière uniforme l'état de régénération dans des contextes stationnels différents, et d'essayer de dégager des conclusions quant aux conditions optimales de réussite (contextes stationnels et technique employée).

Références

- Angst C., Brang P., Schönenberger W., 2001. Le reboisement après Lothar - Les chablis en montagne : Faut-il aider la régénération ou attendre ? La forêt vol. 54(1), pp. 20-24.
- Bastien Y. et Gauberville C. (coord.), 2011. Vocabulaire forestier. Ecologie, gestion et conservation des espaces boisés. CNPF, ONF, AgroParisTech.
- Brang P., 1998. Early seeding establishment of Picea abies in small forest gaps in the Swiss Alps. Canadian Journal of Forest Research, vol 28(4), pp. 626-639
- Bühler U., 2005. Jungwaldentwicklung als Eingangsgröße in die Jagdplanung: Erfahrungen aus dem Kanton Graubünden. Birmensdorf : WSL. Forum für Wissen 2005, pp. 59-65
- Camaret S., 1997. Rôle des perturbations dans la dynamique des pessières d'altitude. Impact d'ouvertures artificielles et naturelles sur la régénération et le développement d'un peuplement forestier. Thèse de doctorat. Université Savoie Mont Blanc.
- Couty E., Gauquelin X., 2006. Etude d'indicateurs et de protocoles pour le suivi du renouvellement en futaie irrégulière de montagne. Rendez-vous techniques ONF n°12, pp. 59-63
- Duchaufour P., 1953. Régénération de l'Epicéa et pédologie. Revue Forestière Française vol. V(4), pp. 257-268
- Fourchy P., 1953. Travail du sol et régénération. Revue Forestière Française vol. V(5), pp. 328-340
- Fuhr M., Weyant J., Durand N., Riond C., 2015. Dynamique de fermeture des grandes trouées dans les forêts de montagne des Alpes du Nord. Rendez-vous techniques ONF n°47, pp. 3-10
- Garet E., 2017. Etat des lieux de l'utilisation du bois mort au sol. Mémoire de stage fin de 3^e année FIF-AgroParisTech. Nancy : AgroParisTech. Sion (Suisse) : Service des forêts, des cours d'eau et du paysage du Canton du Valais. 110 p.
- https://infodoc.agroparistech.fr/index.php?lvl=notice_display&id=193452
- Gaudio N., Balandier P., Dumas Y., Ginisty C., 2011. Régénération naturelle du pin sylvestre sous couvert : contrainte de la végétation monopoliste de sous-bois en milieu acide. Rendez-vous techniques ONF n°33-34, pp. 18-24
- Gauquelin X., Courbaud B. (coord.), 2006. Guide des Sylvicultures de Montagne Alpes du Nord françaises. Cemagref – CRPF Rhône-Alpes – ONF. 278 p.
- Gensac P., 1989. Régénération de l'épicéa sur les terrassements des pistes de ski. Bulletin de la Société Botanique de France. Lettres Botaniques n°136, pp. 327-334
- Ladier J., 2003. Régénération naturelle du mélèze d'Europe. La gestion compte plus que la station. Rendez-vous techniques ONF n°2, pp. 32-34
- Ott E., Fehner M., Frey H. U., Lüscher P., 1997. Gebirgsnadelwälder : Ein praxisorientierter Leitfaden für eine standortgerechte Waldbehandlung. Bern : Paul Haupt. 287 p.
- Pellissier F., 1992. Reboisement expérimental dans une pessière subalpine à régénération naturelle déficiente. Revue Forestière Française vol. XLIV(1), pp. 54-61
- Streit K., Wunder J., Brang P., 2009. Slit-shaped gaps are a successful silvicultural technique to promote Picea abies regeneration in mountain forests of the Swiss Alps. Forest ecology and management vol. 257(9), pp. 1902-1909
- Veullen L., 2018. Travailler le sol en faveur de la régénération naturelle en montagne. Nancy:AgroParisTech. https://infodoc.agroparistech.fr/doc_num_data.php?explnum_id=6032