

Forêt & INNOVATION

La revue technique du CNPF



2024 | n° 6 - 9,50 €

à vos côtés, agir pour les forêts privées de demain

Du matériel innovant pour l'entretien sylvicole

Actualité
Maintenir l'efficacité de la
pompe à carbone forestière

Économie
Davantage de forêts achetées
par des personnes morales

Sylviculture
Résultats mitigés
pour la fraise rotative

Formation continue - Saison 2024

L'Institut pour le Développement Forestier (IDF), le service Recherche & Développement du CNPF, est qualifié au titre des instituts techniques agricoles.

Son service IDF-Formation est certifié au référentiel national sur la qualité des actions concourant au développement des compétences professionnelles Qualiopi.



La certification qualité a été délivrée au titre de la catégorie d'action suivante : **ACTIONS DE FORMATION**

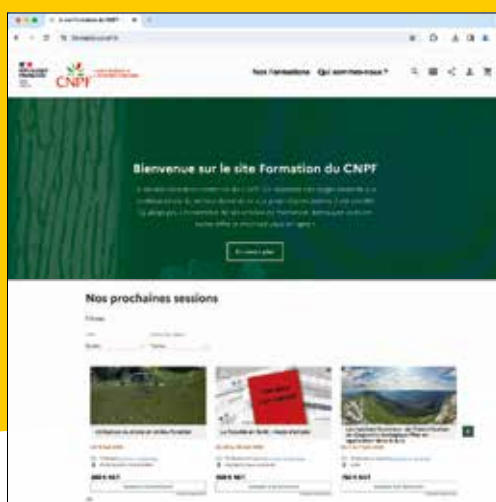
QUELQUES DATES POUR 2024

- **Initiation SIG avec Quantum GIS (Qgis), logiciel libre**
➔ 11 au 13 (matin) juin 2024 à Orléans
- **Réussir ses plantations forestières - Module 3 : Bien entretenir une plantation**
➔ 4 au 5 juillet 2024 à Nancy (54)
- **BioClimSol : utilisation de l'application de diagnostic sylvo-climatique**
➔ 9 au 10 juillet 2024 à Lempdes (63)
- **Diagnostic des sols et applications forestières**
➔ 17 (après-midi) au 20 septembre 2024 à Florac (48)

NOUVEAU SITE INTERNET **formation.cnpf.fr**

Vous souhaitez plus d'information ?

Retrouvez toutes nos formations de la saison 2024, les chiffres clés et nos actualités sur notre nouveau site internet. <https://formation.cnpf.fr/>



<https://l.ead.me/bd1i6E>

Inscrivez-vous en ligne !

à la session de formation qui vous intéresse.

Nos formations sont destinées aux professionnels du secteur forestier, et sont en majorité ouvertes aux propriétaires forestiers qui disposent d'une bonne pratique technique.

La formation sur mesure intra-entreprise vous permet de bénéficier des tout derniers fruits des travaux de recherche et développement de l'IDF.

Renseignements et inscriptions :

07.65.18.88.23 – idf-formation@cnpf.fr

Rubrique « Se former, s'informer » sur www.cnpf.fr ou formation.cnpf.fr

Centre national de la propriété forestière
Institut pour le développement forestier
47 rue de Chaillot, 75116 Paris
Tél. : 01 47 20 68 15
idf-librairie@cnpf.fr

Directrice de la publication
Anne-Marie Bareau

Directeur de la rédaction
François Morneau

Comité de lecture

Eugène Duisant

Thomas Formery

Bernard Héois

Martial Hommeau

Claude Mannevy

Geoffroy de Moncuit

Xavier Pesme

Éric Sevrin

Rédacteur

François d'Alteroche

francois.dalteroche@cnpf.fr

Relecture

Mireille Thollet

Apolline Pellecuer

Conception graphique

Sophie Saint-Jore

Mise en page

Sophie Gavouyère

Responsable Édition-Diffusion

Christine Pompougnac

Diffusion - abonnements

François Kuczyński

Assistante édition

Marion Sentis

Impression : Imprimatur

43 rue Ettore Bugatti

87280 Limoges

Tél. : 05 55 04 14 04



Périodicité : 6 numéros par an

Abonnement 2024

France: 50 € - étranger: 63 €

édité par le CNPF-IDF

Commission paritaire des publications et agences

de presse: n° 1024 T 08072

ISSN: 2970 - 359X

Siret: 180 092 355 004 52

Les études présentées dans Forêt & Innovation ne donnent que des indications générales. Nous attirons l'attention du lecteur sur la nécessité d'obtenir l'avis d'un professionnel avant toute application à son cas particulier. En aucun cas le CNPF-IDF ne pourrait être tenu responsable des conséquences – quelles qu'elles soient – résultant de l'utilisation des méthodes ou matériels préconisés. Cette publication peut être utilisée dans le cadre de la formation permanente. Tous droits de reproduction ou de traduction réservés pour tous pays, sauf autorisation de l'éditeur.

Dépôt légal: février 2024



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Florent Gallois © CNPF



Innover pour protéger les forestiers

C
hers lecteurs,

C'est avec une émotion particulière que je prends la plume pour la première fois dans cette magnifique revue. J'ai en effet rejoint l'équipe CNPF en prenant la suite d'Éric Sevrin à la tête de l'Institut pour le Développement Forestier (IDF). C'est aussi pour moi l'occasion de saluer son engagement et de tâcher de m'inscrire dans son sillage !

La presse s'en fait désormais l'écho : si nos forêts continuent à progresser en France, cette dynamique est aussi affectée par le changement climatique. Les sylviculteurs ont un rôle majeur à jouer, celui d'assurer l'adaptation et le renouvellement de leurs forêts, plus résilientes et aptes à fournir les services dont la société a plus que jamais besoin.

Renouveler sa forêt, c'est justement le cœur de l'engagement des forestiers qui se poursuit génération après génération. Au fil des siècles, la place de l'homme au sein de ces écosystèmes complexes a évolué à mesure que progressait la compréhension de leur fonctionnement.

En parallèle, les méthodes et les outils n'ont cessé d'évoluer. En particulier, l'accès à des énergies peu chères et facilement disponibles a bouleversé l'action des forestiers de terrain, décuplant leur force de travail et les soulageant peu à peu des tâches les plus pénibles. C'est la fameuse mécanisation qui, vous le verrez par quelques exemples, ne cesse d'innover.

Mais il restait encore toutes ces tâches essentielles, non mécanisables, requérant la précision du geste et l'intelligence de l'homme pour être accomplies au bénéfice des forêts. Dans ce numéro de *Forêt & Innovation*, vous découvrirez notamment comment il est possible, au-delà de l'amélioration des outils, de développer des solutions pour accompagner et préserver les travailleurs eux-mêmes. Cette préoccupation est d'autant plus essentielle qu'il est de plus en plus difficile de recruter des agents de terrain. Offrir une protection accrue, garantir au mieux la santé et la sécurité au travail est une nécessité. Et cela pourrait bien passer par l'emploi d'exosquelettes !

Dans ce domaine comme dans d'autres, l'innovation est en marche et n'est pas prête de s'arrêter. Bonne lecture !

François Morneau,
directeur du CNPF-IDF



Christophe Vidal © CNPF

Dégagement
de plantations
par des ouvriers
sylviculteurs
équipés
d'exosquelettes.

Dossier du numéro 7 à venir :
Compte-rendu des journées 2023
des groupes de progrès : renouvellement
de la Chênaie bourbonnaise dans
un contexte de crise climatique.

Abonnez-vous à

Forêt
& INNOVATION

ou abonnez l'un de vos proches



Abonnement papier : 50 €/an
(6 numéros) - (étranger : 63 €)

Abonnement numérique : 39 €/an
(1 an + 2 ans d'archives)

Abonnement papier + numérique :
60 €/an (étranger : 73 €)

• Offre découverte pour 1 an : 35 €
pour tout nouvel abonné

• Offre étudiant, Cetef,
Groupes de progrès, Conseillers
CRPF : 35 €/an



Commande en ligne sur librairie.cnpf.fr
Contact : idf-librairie@cnpf.fr - 01 47 20 68 39

Paulo Gaspar © Garpar&fils



RUBRIQUES

p. 4 **ACTUS**

p. 9 **À LIRE/À VOIR**

p. 43 **SYLVICULTURE**

Des résultats mitigés pour la fraise rotative

Florian Vast, Alexandre Frauenfelder, Sébastien Harnist, Erwin Ulrich,
Jonathan Pitaud, Catherine Collet

Installation de peupleraies mixtes :

retours sur quelques exemples

Noémi Havet

p. 51 **ÉCONOMIE**

De plus en plus de forêts achetées
par des personnes morales

François d'Alteroche

p. 54 **ENVIRONNEMENT**

Synthèse de données « anciennes »
sur les hannetons

Delphine Sellier et Florentin Madrolles

p. 60 **FORÊT ET SOCIÉTÉ**

La vision de l'arbre au centre
du débat sociétal sur la gestion
forestière

Deuxième partie : quelle place pour
l'homme dans l'écosystème forêt ?

Philippe Riou-Nivert

p. 65 **UNE PHOTO À L'HONNEUR**

Du matériel innovant pour l'entretien sylvicole

- p. 10 ■** Du matériel innovant pour l'entretien sylvicole
Christophe Vidal,
- p. 12 ■** Les exosquelettes arrivent en forêt
François d'Alteroche
- p. 14 ■** Les principaux résultats du projet EXTRAFOR
Marin Chaumet et Clarine Lenormand
- p. 20 ■** Pierre Davezac, fondateur et directeur de la société Exhaus
« Il faut environ un mois à un utilisateur novice pour devenir opérationnel »
Propos recueillis par Christophe Vidal
- p. 22 ■** Bertrand Chapelant et Michel Moulin, CFBL Coopérative forestière
« Nous essayons de faciliter le travail de nos opérateurs en manuel »
Propos recueillis par Christophe Vidal
- p. 24 ■** Damien François, responsable technique à la Coopérative Forêts et Bois de l'Est
« Nous testons les exosquelettes et les ergosquelettes »
Propos recueillis par Christophe Vidal
- p. 26 ■** Quand un entrepreneur de travaux forestiers et un fabricant mettent au point un broyeur
Christophe Vidal
- p. 28 ■** Michel Dard et Fabien Rouvidan, Gallic Solutions
« Nous réalisons toute la chaîne de production »
Propos recueillis par Christophe Vidal
- p. 30 ■** Frédéric Michon, Mickaël Lacroix et Thomas Tureau, directeur technique et techniciens de COFORET
« La mécanisation des dégagements a fait évoluer nos dates d'intervention »
Propos recueillis par Christophe Vidal
- p. 33 ■** Suivi du Barto-70® dans deux plantations de douglas en retard de dégagement
Christophe Vidal
- p. 39 ■** Exemple de matériels d'entretiens
Christophe Vidal

Maintenir l'efficacité de la pompe à carbone forestière malgré les évolutions du climat

François d'Alteroche



Albert Maillet, directeur Forêts et risques naturels à l'Office National des Forêts
« Le changement climatique est d'origine anthropique et prend de vitesse les mécanismes d'adaptation naturelles qui existent. »

La capacité des forêts à séquestrer du carbone grâce à la photosynthèse est une des solutions pour freiner le réchauffement climatique. Cette aptitude est malheureusement pénalisée par les évolutions du climat. Ces problématiques ont été débattues à l'occasion d'un webinaire co-organisé le 8 décembre dernier par le CNPF et l'ONF.

« En France métropolitaine, la forêt et le sol forestier séquestrent 10 à 15 % des émissions nationales de carbone (450 Mt de CO₂/an). C'est un moteur essentiel de la lutte contre le changement climatique » rappelait Olivier Picard, directeur de la délégation Occitanie du CNPF et de C+For (le Service d'utilité forestière dédié au développement de projets Label Bas-Carbone forestier du CNPF), à l'occasion d'un webinaire conjointement organisé par le Centre National de la Propriété Forestière et l'Office National des Forêts le 8 décembre dernier. Il visait à répondre à la question suivante : « La forêt française peut-elle continuer à jouer son rôle de puits de carbone ? »



Olivier Picard, directeur de la délégation Occitanie du CNPF
« Le rôle du forestier est d'analyser quelles solutions il est possible d'apporter pour limiter les effets négatifs du changement climatique. »

Un réservoir à deux compartiments

« Le réservoir de carbone de la forêt est composé de deux compartiments » rappelait Albert Maillet, directeur Forêts et risques naturels à l'ONF. L'un correspond aux peuplements forestiers visibles, situés au-dessus du sol et l'autre est le carbone contenu dans les sols forestiers avec, selon la localisation et le type de forêt concernée, une répartition à peu près équilibrée entre ces deux entités. Côté entrées, ce réservoir est alimenté par le carbone résultant de la photosynthèse des différentes espèces végétales présentes en forêt. Et côté sorties, ces dernières sont la conséquence de différents phénomènes : décomposition du bois mort, récolte de bois pour les besoins humains, incendies.... « Si les entrées sont supérieures aux sorties, on dit que la forêt est un puits de carbone. Mais il peut également arriver que les entrées soient inférieures aux sorties ! » La forêt émet alors davantage de carbone qu'elle n'en capte. Dans ce cas, elle n'est plus un puits de carbone mais devient émettrice nette et donc une source. Trop souvent occultée, la préservation du carbone du sol est un objectif

primordial à la fois pour conforter sa fertilité, mais également pour le rendre plus efficient sur ce volet puits de carbone.

Or cette aptitude de la forêt française à séquestrer du carbone devient moins efficace. Ce constat est confirmé par les derniers bilans de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). Parmi les 17,3 millions d'hectares de forêt situés en France métropolitaine, l'IGN considère que 670 000 ha, soit 4 % de ces surfaces ont été diagnostiqués comme déperissants (voir Forêt & Innovation n° 5 pages 4 à 6).

Cela traduit la moins bonne aptitude d'une partie des forêts françaises à être de bons puits de carbone. « Cela peut être lié à une activité photosynthétique moins efficace, car impactée par les conséquences du changement climatique (déficit hydrique, chaleur, attaques sanitaires accrues...). » Mais les évolutions du climat accroissent également le risque d'incendies. Et une forêt victime des flammes dégage de façon soudaine d'énormes quantités de gaz carbonique dans l'atmosphère¹. Autant de carbone qui avait mis des années à être stocké. « Non seulement ces émissions sont brutales, mais en plus elles sont massives. Lors des incendies qui ont eu lieu au cours de l'été 2023 au Canada, certaines estimations font état de niveaux d'émission similaires à ce que le cinquième pays le plus fort émetteur de gaz carbonique de la planète dégage au cours d'une année entière » précisait Albert Maillet. Avant d'ajouter que ces émissions résultent à la fois de la combustion des parties aériennes des plantes, mais concernent également le carbone du sol. Et les forêts déperissantes sont plus vulnérables aux risques d'incendies, dans la mesure où elles abritent une plus forte proportion d'arbres morts, plus facilement inflammables.

¹ Voir Forêt & Innovation n°3 pages 32 à 37 : « Première quantification de l'impact carbone des feux de l'été 2022 en Gironde ».



Sylvain Gaudin © CNPF

Davantage de carbone dans les sols forestiers permet de retenir davantage d'eau et favorise une meilleure activité biologique.

Donc face aux évolutions du climat, « pour nous forestiers, ne rien faire et laisser la forêt se débrouiller seule n'est pas la bonne solution. La mortalité dans les forêts sans document de gestion durable est plus importante que dans les forêts pour lesquelles la gestion des différentes interventions a été planifiée avec ce type de document. » insistait Olivier Picard. Le rôle des forestiers est de chercher à adapter les différents couverts pour maintenir au mieux leur aptitude à produire du bois, qui leur permettra – entre autres – de continuer à être efficaces pour être de bons puits de carbone.

Changement climatique d'origine anthropique

« À l'image du médecin qui soigne son malade, le forestier doit avoir pratiquement la même attitude vis-à-vis de sa forêt. » ajoutait Olivier Picard. « Au CNPF, on développe des outils pour réaliser des diagnostics sur les différents facteurs de vulnérabilité des forêts et voir comment les différentes essences peuvent se comporter compte tenu de ces évolutions du climat. »

« Ne pas chercher à adapter les forêts ne serait pas la bonne réponse dans la mesure où l'actuel changement climatique est d'origine anthropique et ses évolutions sont beaucoup plus rapides que d'autres évolutions du climat – naturelles cette fois – qui ont pu avoir lieu à d'autres époques » ajoutait Albert Maillat. D'ailleurs, les évolutions actuelles et à venir prennent de vitesse les mécanismes d'adaptation naturelle. « Nous avons la chance d'avoir dans les forêts françaises une forte diversité génétique pour les différentes essences. » Cela signifie qu'elles ont un potentiel d'adaptation naturel aux aléas, mais pour que ces mécanismes d'adaptation puissent pleinement s'exprimer, il faut plusieurs générations successives d'arbres et

Prolonger le stockage du carbone grâce au bois d'œuvre

Si les arbres permettent de stocker du carbone en forêt, leur utilisation dans les constructions et l'ameublement permet de prolonger ce stockage. Il y a deux façons d'accroître la quantité de carbone stocké sous forme de bois. La première est de rallonger la durée de présence des arbres en forêt et la seconde est de rallonger la durée de vie du produit bois à l'extérieur de la forêt, une fois que les arbres ont été coupés puis transformés pour différentes utilisations nécessaires aux besoins de l'homme. Plus le bois, une fois coupé, a une longue durée de vie et plus le carbone qu'il contient sera stocké longtemps. Lorsque l'on exploite une forêt pour mobiliser du bois, la fonction de stockage se déplace. À chaque fois que l'on met en œuvre un matériau biosourcé et en particulier du bois, à la place d'un autre matériau dont l'empreinte carbone est plus médiocre, c'est tout bénéfique pour le bilan carbone général. Les forestiers le savent, reste à faire connaître cette évidence auprès des décideurs et du grand public.

Le stockage du carbone dans le bois se fait en forêt via les arbres, mais également hors forêt via le bois d'œuvre utilisé en construction ou ameublement.



Jacques Degenève © CNPF

donc un long intervalle de temps. « Or l'évolution climatique actuelle est tellement rapide qu'elle risque fort de ne pas leur en laisser le temps. C'est pour cela que, tout en cherchant à exploiter au mieux les capacités des différentes essences à résister à ces changements, on va les accompagner par des démarches visant à accélérer cette adaptation. Il s'agit entre autres et pour une même espèce d'aller chercher des provenances plus méridionales et donc à priori déjà mieux adaptées à des conditions à la fois plus sèches et plus chaudes pour les faire « migrer » artificiellement plus au nord. » Par exemple le Cèdre, le Chêne pubescent et le Pin maritime, couramment présentes dans la moitié sud du pays, sont de plus en plus fréquemment plantées dans la moitié nord. Et en cela, les forestiers ne font qu'accélérer un phénomène qui aurait eu lieu de façon naturelle mais très progressive sur une échelle de temps beaucoup plus longue. « C'est ce que nous appelons la 'migration assistée' » précisait Albert Maillet.

La surabondance du grand gibier a également été évoquée dans la mesure où son appétit pour les jeunes pousses pénalise et même souvent voue à l'échec tout projet de renouvellement des peuplements.

Philippe Van Lerberghe © CNPF



Tester le comportement d'essences « nouvelles »

Simultanément, les travaux du moment consistent à tester le comportement d'essences « nouvelles » dans le sens où elles existent dans des régions ou des pays déjà confrontés à des climats dont les caractéristiques ressemblent fort à celles auxquelles le territoire français sera confronté dans les décennies à venir. Il s'agit là encore d'adapter la flore forestière pour préparer les forêts de demain.

Et comme les évolutions du climat ne connaissent pas les limites de propriété, les forêts privées et publiques seront logées à la même enseigne. CNPF et ONF travaillent donc de concert. « On connaît la direction prise en termes de températures et de précipitations et l'impact que cela va avoir. Par contre, il demeure un certain nombre d'incertitudes sur la vitesse à laquelle auront lieu ces évolutions et sur la manière dont cela va se répartir sur le territoire. Nous avons également des interrogations sur la capacité qu'auront certaines des essences actuellement en place pour résister à ces différents stress. » ajoutait Albert Maillet.

Diversification des essences, des modes de gestion, des types de peuplements et des sylvicultures pratiquées... Cette palette de solutions est à l'origine de la notion de « forêt mosaïque » chère à l'ONF, laquelle s'applique à une alternance, dans l'espace et dans le temps, de structures de peuplements et de type de sylviculture variés. Il s'agit de disposer en cela d'une palette de combinaisons essences/traitements suffisamment robuste pour faire face aux évolutions du climat, tout en étant à même de générer du bois d'œuvre. De la même façon, différentes possibilités d'adaptation sont également à l'étude dans les forêts privées. « Nous cherchons à mettre en œuvre toute une palette de solutions en partant du principe qu'en diversifiant les stratégies, il y en aura forcément quelques-unes qui fonctionneront. » ■

En savoir +

Pour visionner ce webinaire

<https://www.youtube.com/watch?v=Yq45RdBjNHI>

François Morneau nouveau Directeur du CNPF-IDF



François Morneau succède à Éric Sevrin au poste de Directeur de l'Institut pour le développement forestier, le service de recherche et développement du CNPF.

François Morneau était auparavant en poste à l'Inventaire forestier national de l'IGN. Il y était chargé de la conduite de l'innovation, et a mené des partenariats scientifiques et techniques au niveau national et international.

Il sera chargé de conforter le CNPF-IDF dans son rôle d'interface et de porte-parole des forestiers privés vis-à-vis de la Recherche pour faire face aux enjeux actuels d'adaptation des forêts au changement climatique, au besoin de sylvicultures adaptatives et de renouvellement des peuplements, et à la nécessité de maintenir les services fournis par la forêt.

Cours en ligne de sylviculture

Sur le site <https://forestmoocforchange.eu>, il est possible de suivre des cours en ligne gratuits de sylviculture mélangée à couvert continu (SMCC). Cette formation est structurée en 8 chapitres, diffusés chaque semaine aux personnes inscrites à partir d'une plateforme dédiée en ligne. Proposée par Pro Silva France, sous la coordination de Forêt. Nature, association forestière belge, et en partenariat avec des structures irlandaises et allemandes, cette formation associe cours, vidéos, quizz et autres documents diffusés en ligne pour apprendre et comprendre les grands principes de la SMCC. Ces cours sont accessibles à tous, sans aucun prérequis, dans la mesure où il s'agit d'une initiation. Un intérêt pour les forêts et la nature en général est cependant recommandé. Chaque chapitre donnera lieu à une auto-évaluation. Elle permettra de valider les connaissances acquises avant de passer au chapitre suivant. Le cours est disponible en libre accès sur la plateforme du 19 février 2024 jusqu'au 30 avril 2024. Chaque lundi, un nouveau chapitre est disponible.

Décès d'Henri Lherm

C'est avec beaucoup de tristesse que nous avons appris le décès d'Henri Lherm le 19 janvier dernier. Propriétaire forestier dans le Cantal, il gérait lui-même sa forêt avec une grande expertise. Depuis 8 ans, il était membre du comité de lecture de la revue Forêt-entreprise devenue Forêt & Innovation. C'était un homme très attentif aux aspects pratiques et il insistait toujours sur la nécessité d'avoir des articles pointus mais suffisamment vulgarisés, avec le souhait de les voir rédigés d'abord à l'attention des propriétaires sylviculteurs. Dans ses relectures, il s'attachait d'ailleurs systématiquement à faire ressortir les conséquences pratiques des résultats publiés. Nous présentons toutes nos condoléances à sa famille.

Investir à la plantation n'aura jamais été aussi rentable !

Bord incurvé

Paroi pleine et lisse

Prêt à l'emploi

Prédécoupe laser

Système de ventilation breveté avec l'INRA.

Double paroi alvéolée

TUBEX EQUILIBRE

Croissance optimisée ! Réutilisable !

Protection gibier

Pose rapide

Favorise la photosynthèse

Ventilation

Protection mécanique

Repérage facile

Tuteurs acacia

1 m 50 / 22x22 mm

Epoinite Section régulière Naturellement classe 4

Infos : **Matthieu Cherbonnier**
matthieu.cherbonnier@idelys-id.com
T : 06 37 71 45 56

idelys TUTEURAGE & PROTECTION
RETROUVEZ L'ENSEMBLE DE NOS PRODUITS SUR LE SITE **idelys-id.com**

Vient de paraître

Sylviculture du bouleau

« Alors qu'il est peut-être le seul arbre que tout néophyte reconnaît aisément grâce à son écorce blanche caractéristique, il est paradoxalement méconnu des forestiers et a été largement sous-valorisé en Europe occidentale. Le moment est venu de le mettre à l'honneur et d'apprendre à apprivoiser cet arbre robuste et volontaire, qui s'immisce naturellement dans nos forêts malmenées pour prendre, en tant qu'allié de transition, le relais des essences en difficulté. » expliquent Héloïse Dubois, José Layon et Hugues Claessens, les auteurs de ce guide. La première partie traite des opportunités offertes par cette essence en termes de gestion forestière et de valorisation. La seconde est consacrée à sa sylviculture et donne en particulier différents exemples pour le conduire en association avec d'autres essences forestières.

Cet ouvrage de 144 pages (format : 14,8 x 21 cm) est plus particulièrement destiné à un public de gestionnaires et propriétaires forestiers.

Moyennant 39 €, il peut être commandé sur le site librairie.foretnature.be

36 idées reçues sur la forêt et le bois

Fransylva et France Bois Forêt ont récemment édité un petit fascicule de 44 pages apportant des réponses à 36 idées reçues sur la forêt et le bois. À des affirmations souvent entendues comme : *La forêt française est en proie à la déforestation... Plus il y a de grands animaux en forêt, mieux la forêt se porte... La majorité des chênes français partent en Chine...* ce document apporte des réponses étayées de données chiffrées et concises, lesquelles peuvent être apportées en réponses aux affirmations et aux questions régulièrement posées aux forestiers par le grand public ou des journalistes ne connaissant pas les réalités du monde de la forêt et du bois.

Disponible sur commande par lot de 100 exemplaires auprès de Fransylva.

Contact : federation@fransylva.fr

Agro-sylvo-pastoralisme en forêt méditerranéenne

Les deux derniers numéros (n° 3 septembre 2023 et n° 4 décembre 2023) de la revue Forêt Méditerranéenne sont consacrés à la contribution de l'élevage pastoral dans la prévention des incendies de forêt. Le numéro de septembre analyse plus particulièrement cette thématique au travers d'exemples de terrain dans les Bouches-du-Rhône, sur le Larzac, sur la Montagne de Lure, dans les Alpes-de-Haute-Provence, dans le Lot et en Corse. Celui de décembre propose la synthèse des différentes communications présentées à l'occasion d'un séminaire organisé en décembre 2022 à Eyguières dans les Bouches-du-Rhône. Il analyse les différents leviers sur lesquels s'appuyer pour développer une pratique agro-sylvo-pastorale durable pour entretenir, protéger et valoriser les espaces boisés en contexte méditerranéen.

- Forêt Méditerranéenne n°3 (102 p.)

À l'unité : 20 € + 5 € de frais de port.

- Forêt Méditerranéenne n°4 (80 p.)

À l'unité : 15 € + 5 € de frais de port.

Courriel : contact@foretmediterranee.org

Tél. : 04 91 56 06 91



Le prix du public a été décerné au hêtre pleureur du jardin botanique de Bayeux.

Les « Arbres de l'Année »

Depuis 2011, le magazine Terre Sauvage et l'Office National des Forêts organisent le concours de « l'Arbre de l'Année » pour mettre en avant les plus beaux arbres de France. Les arbres candidats sont présentés par des familles, des associations, des communes ou bien des particuliers. Ils sont sélectionnés pour leurs caractéristiques naturalistes, esthétiques, historiques... L'an dernier un total de 140 arbres ont été proposés à un jury lequel en a retenu 14 à l'issue d'une primo sélection suivie d'un second choix réalisé par les internautes sur le site dédié à ce concours. Un total de 27 555 avis ont été exprimés.

Avec 8051 votes en sa faveur, le prix du public est allé au hêtre pleureur du jardin botanique de Bayeux dans le Calvados. Cet arbre de 160 ans fait seulement 17 m de haut mais il a une envergure de plus de 40 m qui lui permet de couvrir pas moins de 1250 m². Cette architecture très particulière n'est rendue possible que par le soutien d'une ossature métallique. Érigée pour la première fois en 1913 puis renouvelée en 2001, elle se compose d'un réseau de 600 m de câbles et 1000 mètres de corde reliés à 4 mâts de 10 mètres de hauteur.

Le prix du jury a ensuite été décerné à un tilleul situé dans une pâture du Puy-de-Dôme. C'est une trogne autrefois taillée dont l'âge n'est pas précisément déterminé. Lui aussi a une forme originale, avec un tronc creux, court (3 à 4 m) et massif, prolongé par plusieurs grosses charpentières sur lesquelles se dressent une cinquantaine de branches verticales d'environ 40 cm de diamètre à la base. Il appartient à un jeune éleveur, très attaché à son arbre.

Pour l'année en cours, les candidatures sont en cours de réception. Elles se font en ligne et sont ouvertes sur le site www.arbredelannee.com



Le prix du jury, au tilleul de la Combe droit à Lapeyrouse, dans le Puy-de-Dôme.

VIENT DE PARAÎTRE

QD, UNE AUTRE GESTION DE LA FORÊT BASÉE SUR LA QUALITÉ, LES CYCLES NATURELS ET À MOINDRE COÛT



L'Institut pour le développement forestier (CNPF-IDF) vient de publier *QD, Une autre gestion de la forêt, basée sur la qualité, les cycles naturels et à moindre coût* de Georg Josef Wilhelm et Helmut Rieger. Ce livre s'adresse à tous les propriétaires et gestionnaires soucieux d'intégrer toutes les composantes de la nature dans leur sylviculture.

Qu'est-ce que QD ?

QD signifie « Qualité-Dimensionnement ». Ce concept, inventé par les auteurs, est une orientation cohérente et complète pour la gestion de la forêt destinée à créer d'importantes plus-values pour l'Homme. Elle repose sur les principes du bon usage des ressources vitales, d'un faible investissement en énergie et le plein respect pour tout ce qui vit.

Qu'est-ce qui va ? Qu'est-ce qui va autrement ? Qu'est-ce qui va mieux ?

Voilà les questions auxquelles les auteurs cherchent à répondre en détail, dans le souci de faciliter l'application pratique de QD : chercher le succès économique en forêt, en maintenant les ressources naturelles et dans le respect du vivant.

Une 2^e édition pour ce précis de sylviculture

Ce livre est la version française de la 2^e édition de *Naturnahe Waldwirtschaft mit der QD-Strategie* (Ulmer). Outre les mises à jour de cette nouvelle édition allemande, dont un nouveau chapitre sur l'intégration de la gamme complète des essences dans la gestion, la version française comprend l'ajout d'un chapitre inédit sur le changement climatique.

Le livre détaille notamment les points d'attention et les soins à apporter aux arbres, à chaque étape de leur développement, pour obtenir une belle forêt, qui fournisse du bois de qualité en profitant des apports de la nature.

LES AUTEURS

Georg Josef Wilhelm a assuré différentes missions à l'Administration forestière de Rhénanie-Palatinat en Allemagne, de l'aménagement en passant par la gestion jusqu'à la direction. Il gère également différentes forêts, en Allemagne et en France.

Helmut Rieger a travaillé dans cette même Administration forestière, sur la cartographie des stations, l'aménagement et la formation interne en sylviculture de ses collègues de tous niveaux.

Un livre indispensable pour tous les forestiers désireux d'améliorer leur forêt, mais aussi aux amoureux de cet écosystème, enseignants, étudiants...

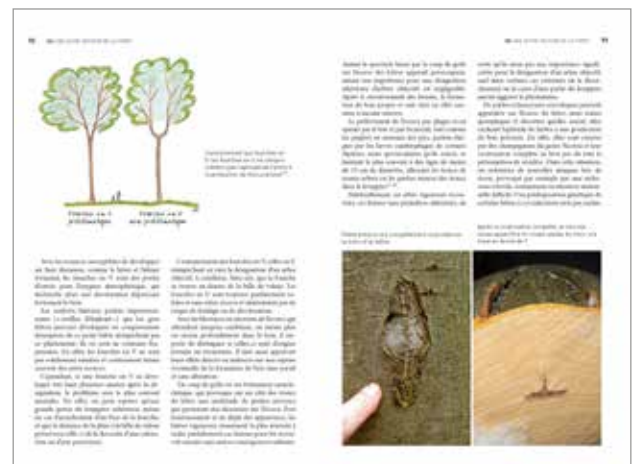
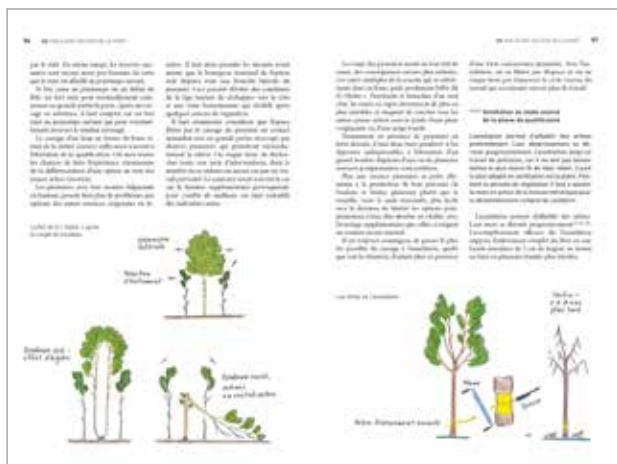
QD, UNE AUTRE GESTION DE LA FORÊT

Georg Josef Wilhelm et Helmut Rieger

Coédition CNPF-IDF et Forêt.Nature, 2023 - 212 pages, 16 x 24 cm - 29 €

librairie.cnpf.fr

idf-librairie@cnpf.fr





Le Culti-Plant® a été conçu par la Société Forestière de la Caisse des Dépôts et Consignations et la société Grenier-Franco, il limite la concurrence au pied du plant par un travail du sol modéré.

Amaury Janny © CNPF

Du matériel innovant pour l'entretien sylvicole

Christophe Vidal, Technicien à l'Institut pour le développement forestier

Les entretiens sylvicoles sont des tâches fastidieuses. De nouveaux outils ont été mis au point pour réduire les coûts et alléger la pénibilité du travail pour les opérateurs. Ce premier dossier va traiter de l'innovation dans les entretiens grâce à la conception de nouveaux matériels. Dans un prochain numéro, un second dossier analysera l'innovation dans les entretiens en abordant davantage l'organisation et la gestion des chantiers. La mécanisation croissante de ces tâches sera là encore bien évidemment largement abordée.

Depuis ces dernières années, la mécanisation des entretiens se développe. Elle permet d'avoir de nouvelles solutions pour les interventions et ces innovations vont dans le sens d'une moindre pénibilité du travail. Alors que les entreprises de travaux forestiers ont de plus en plus de mal à recruter, ces innovations

font peut-être partie des solutions pour inciter davantage de jeunes à venir travailler en forêt.

Tout n'est pas mécanisable

Mais tout n'est pas mécanisable pour autant et il y aura toujours besoin de main d'œuvre pour des tâches qui devront forcément être réalisées manuellement. Récemment développés pour un usage en forêt, les exosquelettes peuvent être une assistance aux opérateurs lors de ces entretiens sylvicoles manuels et ils commencent d'ailleurs à être utilisés. Dans ce dossier, nous analysons comment, sous certaines conditions, un exosquelette permet d'alléger le travail d'opérateurs équipés d'une débroussailluse ou d'un croissant mécanique. Le projet EXTRAFOR coordonné par Marin Chaumet de l'institut technologique Forêt Cellulose Bois-

Sommaire

- 12** Les exosquelettes arrivent en forêt
- 14** Les principaux résultats du projet EXTRAFOR
- 20** Pierre Davezac, Exhauss
« Il faut environ un mois à un utilisateur novice pour devenir opérationnel »
- 22** Bertrand Chapelant et Michel Moulin CFBL
Coopérative Forestière
« Nous essayons de faciliter le travail de nos opérateurs en manuel »
- 24** Damien François, responsable technique à la Coopérative Forêts et Bois de l'Est
« Nous testons les exosquelettes et les ergosquelettes »
- 26** Quand un entrepreneur de travaux forestiers et un fabricant mettent au point un broyeur
- 30** Frédéric Michon, Mickaël Lacroix et Thomas Tureau, COFORET
« La mécanisation des dégagements a fait évoluer nos dates d'intervention »
- 33** Suivi du Barto-70® dans deux plantations de douglas en retard de dégagement
- 39** Exemple de matériels d'entretiens

DOSSIER

Dossier coordonné
par Christophe Vidal



Christophe Vidal

Technicien forestier Reconstitution
Entretiens des plantations, CNPF-IDF

construction Ameublement (FCBA) a permis d'initier et de fédérer plusieurs organismes à l'usage d'un exosquelette en forêt. En lien avec l'entreprise Exhauss, le projet s'est concrétisé par la mise au point de l'un de ces outils en adaptant un exosquelette déjà existant pour qu'il soit utilisable en forêt. Les réactions de plusieurs responsables de deux coopératives forestières, (CFBL-Coopérative Forestière et Forêts et Bois de l'Est) qui ont participé à ce projet ont été recueillies à cette occasion.

La mécanisation des entretiens participe à la réduction de la pénibilité du travail. Elle ouvre des possibilités d'intervention et des débits de chantier qu'un opérateur manuel aurait eu du mal à réaliser. Nous nous attardons sur la conception récente du broyeur Barto-70®, fruit d'une collaboration entre Pascal Préfol, un entrepreneur de travaux forestiers et l'entreprise Gallic Solutions, jusque-là spécialisée dans la production d'outils coupants adaptables sur mini-pelle et pelle mécanique. La coopérative COFORET, fait part des raisons qui l'ont incitée à choisir ce type de broyeur. Les possibilités offertes par cet outil adaptable sur mini-pelle ont ensuite été analysées dans le département de la Loire sur deux plantations de douglas envahies par du genêt à balais. Ces essais ont permis de voir ses performances et la répercussion sur les plants et la végétation plusieurs années après les entretiens.

Pour finir, un article de synthèse présente les matériels d'entretien concernant la petite mécanisation. La liste n'est pas exhaustive, mais elle

permet d'avoir une vision globale de ces matériels évoluant dans des conditions difficiles. De nombreux outils adaptables sur des mini-pelles de tonnages différents ont été développés. Très maniables, ils permettent d'agir au niveau des interlignes et des lignes de plantation. Les broyeurs, téléguidés ou non, restent cantonnés aux interlignes dans leur action. L'intervention sur la ligne nécessite un opérateur manuel. Chaque matériel d'entretien a ses avantages et ses inconvénients et répond aux besoins spécifiques de chaque entreprise. ■

**Gyrobroyeur Grenier
Franco monté
sur un Bobcat
de 3 t.**

Christophe Vidal © CNPF



Les exosquelettes arrivent en forêt

François d'Alteroche

Les Nouvelles Technologies d'Assistance Physiques (NTAP) dont font partie les exosquelettes sont en plein développement. De plus en plus utilisées dans différentes entreprises, elles permettent de soulager les intervenants lors de tâches répétitives et contraignantes. Ces nouveaux outils commencent à être utilisés en forêt pour limiter la pénibilité de certains travaux et en particulier le dépressage et le dégagement des plantations.

Par opposition à un **endosquelette**, un **exosquelette** est un squelette externe.

Dans la nature, l'exemple type d'exosquelette naturel est la carapace des insectes. Mais ce terme est également employé pour désigner des outils d'assistance aux êtres humains, dans le cadre de leur activité professionnelle.

Il existe différentes définitions de ces outils. Depuis celle, très vulgarisée, du Petit Robert : « Appareil motorisé fixé sur un ou plusieurs membres du corps humain pour lui redonner sa mobilité ou en augmenter les capacités. » à celle,

plus pointue, de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS)¹ : « un système mécanique ou textile revêtu par le salarié et visant à lui apporter une assistance physique dans l'exécution d'une tâche, par une compensation de ses efforts et/ou une augmentation de ses capacités motrices (augmentation de la force, assistance des mouvements, etc). » Ajoutons pour compléter celle du portail de la robotique (robots-et-compagnie.com) : « Un exosquelette consiste en une structure mécanique externe et articulée, motorisée ou non, et conçue pour être portée par une personne, à la manière d'une prothèse externe, afin de lui permettre d'interagir avec son environnement, dans la limite de ses capacités articulaires. » Dans ces définitions, l'exosquelette peut être passif ou actif (voir encadré) et selon leurs modèles, les exosquelettes peuvent être plus ou moins proches du corps par l'utilisation de textiles spécifiques. Ils peuvent aussi en être plus éloignés par le recours à des armatures rigides et dans ce cas, les points de contact sur le corps de l'utilisateur sont garnis de mousses.

D'abord à des fins militaires

Les premiers exosquelettes ont été mis au point dans la seconde moitié du XX^e siècle à des fins militaires et en particulier pour aider les soldats à déplacer des objets d'un poids conséquent. Puis, au début du XXI^e siècle, des recherches ont été conduites afin de mettre au point des ossatures artificielles externes destinées à aider des personnes handicapées à être plus autonomes pour se déplacer. La volonté était également de les utiliser comme outil d'assistance à la locomotion pour des personnes gravement accidentées pendant des phases de rééducation.

Depuis quelques années, certains exosquelettes sont utilisés dans des secteurs d'activité

¹ Pour en savoir davantage sur les exosquelettes <https://www.inrs.fr/risques/exosquelettes/ce-qu-il-faut-retenir.html>

Les exosquelettes actifs et les exosquelettes passifs

Les exosquelettes¹ peuvent être scindés en deux grandes catégories selon qu'ils sont passifs ou actifs. Les **exosquelettes** passifs (cas des exosquelettes utilisés pour les travaux forestiers) ne disposent pas de motorisation et n'utilisent donc pas de sources d'énergie externe. Ils sont équipés de mécanismes permettant de récupérer puis de restituer l'énergie mécanique par retour d'effort (ressorts, élastiques). Grâce aux lois de la physique, ils aident à compenser les efforts nécessaires pour conserver certaines positions inconfortables, soulever des objets ou des outils et effectuer des gestes répétitifs.

À l'inverse, les **exosquelettes actifs** vont faire appel à des sources d'énergie externes au corps humain (énergie électrique, hydraulique, mécanique ou autre) et sont le plus souvent motorisés. Ils incluent généralement des données informatiques ou électroniques qui rendent leur fonctionnement plus complexe avec un prix nettement plus conséquent. Plus lourds et souvent plus volumineux ils sont essentiellement utilisés dans l'industrie ou le commerce. Ils ne sont pas utilisés en sylviculture.



Jérôme Rosa © CNPF

aussi variés que l'industrie (activités liées à l'emballage, port de charges...), l'agro-alimentaire (abattoir...), le commerce (préparation des commandes...) et l'agriculture (assistance aux personnes en charge de la traite des animaux...). Ces produits commencent tout juste à être utilisés en forêt. Au moins pour l'instant, ils sont plus particulièrement destinés à être utilisés pour réduire les efforts physiques des ouvriers sylvicoles en charge de l'entretien des plantations (dégagement, dépressage, taille, élagage...) Autant de tâches pouvant difficilement être intégralement automatisées ou mécanisées et où le savoir-faire, les connaissances et l'expérience des ouvriers sylvicoles sont indispensables pour permettre de les mener à bien dans de bonnes conditions.

L'objectif de l'utilisation d'un exosquelette est d'abord de rendre ces travaux moins pénibles et de réduire les efforts. Il s'agit aussi, par ce biais, de limiter les risques de voir apparaître des troubles musculo-squelettiques lors de ces tâches répétitives. En réduisant la pénibilité de ce métier, l'idée est de le rendre plus attractif à l'heure où il est de plus en plus difficile de trouver des salariés pour travailler en forêt. ■

UNE UTILISATION CROISSANTE DANS LES ANNÉES À VENIR

Sans cantonner leur usage à la seule sylviculture mais en prenant en compte la totalité des différents secteurs d'activités pour lesquels les exosquelettes sont et vont être utilisés, le recours à ces outils devrait être en progression sensible dans les années à venir. C'est du moins ce qui est prédit par plusieurs études prospectives. Déjà les exemples d'application se multiplient dans différents secteurs comme **l'industrie, le médical ou le militaire**. Par exemple, dans le secteur de la santé, les exosquelettes peuvent aider les patients, victimes d'AVC ou de paralysie, à retrouver un usage partiel de leurs jambes. Ce recours est également envisageable pour des patients atteints de troubles du mouvement, tels que la maladie de Parkinson.

Sur le plan géographique, les analyses prospectives indiquent que le marché des exosquelettes va être en nette croissance dans tous les pays à forte activité industrielle et logistique et donc tout particulièrement sur la zone Asie-Pacifique. Corée du Sud et Japon font partie des pays leaders pour les activités de recherche et développement pour ces équipements.

Ici l'exosquelette positionné sur le buste de l'opérateur se prolonge à l'avant par un bras métallique, lequel est relié à la débroussailleuse, permettant ainsi de réduire les efforts nécessaires pour soulever cette dernière.

Les principaux résultats du projet EXTRAFOR

Marin Chaumet et Clarine Lenormand, FCBA

L'institut technologique FCBA a récemment testé l'utilisation en forêt d'exosquelettes mis au point en partenariat avec la société Exhauss. Ces tests ont été réalisés par dix ouvriers travaillant au quotidien en forêt. Les résultats sont encourageants pour limiter la pénibilité du travail. Pour autant, les retours sont variés, le prototype n'a pas encore fait l'unanimité.

1 EXHAUSS : Basée à Amplepuis, dans le Rhône, la société Exhauss est depuis 2012 spécialisée dans la conception et la fabrication d'exosquelettes. Voir aussi l'interview pages 20 et 21 de ce même numéro (exhauss.com)

2 FCBA L'institut technologique FCBA est né de la fusion de l'AFOCEL (Association Forêt Cellulose) et du CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement).

3 FNEDT (Fédération Nationale des Entrepreneurs Du Territoire)

4 GCF (Groupe Coopération Forestière)

5 ONF (Office National des Forêts)

Les plantations puis leur dégagement sont des phases clé pour la gestion durable des forêts et la disponibilité à long terme de la ressource. Ce travail est assuré par quelque 8000 ouvriers sylvicoles. Chaque année, une centaine de maladies professionnelles liées à des troubles musculo-squelettiques (TMS) est déclarée. En effet, ces travaux sont physiques et difficiles, les conditions de travail en extérieur sont rudes (végétation, climat) et les opérateurs sont par conséquent fortement exposés aux accidents du travail. D'ailleurs, ils sont souvent sujets à une « usure physique » prématurée. Il faut chercher des solutions qui soient à la fois curatives pour permettre aux personnes atteintes de TMS de rester en activité, mais avant d'en arriver là il convient surtout de s'assurer de la bonne santé à long terme des opérateurs de terrain en adoptant des mesures préventives pour chercher à améliorer leurs conditions de travail.

La mécanisation a été jusqu'à présent la première piste envisagée. Mais pour les différents travaux sylvicoles liés au reboisement et à l'entretien des plantations, elle n'en est qu'à ses balbutiements. Elle se heurte en particulier à la problématique du morcellement des parcelles et à des terrains pas toujours facilement mécanisables (pente, rochers, présence de souches...) sans occulter le nécessaire équilibre technico-économique. Une autre solution pourrait être un exosquelette pour augmenter les capacités de l'homme au lieu de le remplacer. C'est également un moyen de répondre à différentes attentes (maintien des emplois sur les territoires ruraux, acceptabilité

sociale des chantiers forestiers) et de revaloriser le travail en forêt.

Cette publication reprend les principaux résultats du rapport final du projet EXTRAFOR (EXosquelettes pour le TRAvail en FORêt) réalisé en partenariat avec EXHAUSS¹, FCBA², FNEDT³, GCF⁴ et ONF⁵ avec un financement du ministère de l'Agriculture et la Souveraineté Alimentaire (appel à projet national innovation et investissements pour l'amont forestier).

Présentation de l'exosquelette

Le projet EXTRAFOR a permis de travailler avec EXHAUSS, fabricant d'exosquelettes, sur différents prototypes. La version retenue pour les tests se compose d'un harnais de 4,2 kg, d'un exo-bras amovible de 1,8 kg comportant une partie iso-élastique et d'un avant-bras (tube de prolongement) fixe (voir photos). L'essentiel des pièces de l'exosquelette est en aluminium. Le principe consiste à accrocher l'outil à l'exo-bras, ce qui permet de le mettre en « apesanteur » devant l'opérateur et de renvoyer les efforts sur le bassin via le harnais.

De nombreux dispositifs de réglage permettent d'adapter l'exosquelette à la morphologie de l'opérateur et à l'outil qu'il utilise. Les deux outils testés sont les débroussailluses classiques et les croissants mécaniques (débroussailluses à poignée ronde).

Le croissant mécanique est une débroussailluse légère qui comme le croissant classique, coupe le plus souvent en hauteur à partir de 0,5 m jusqu'à 1,5 m de haut.

ET AVEC UNE TRONÇONNEUSE ?

Le travail de développement pour l'utilisation d'un exosquelette avec une tronçonneuse a été prorogé pour des raisons techniques et surtout réglementaires. La technologie reste intéressante, mais nécessitera davantage de développement pour aboutir à un produit efficace, sécurisé et en accord avec la réglementation.

Des essais sur le terrain ont été réalisés avec les partenaires : ils ont impliqué 2 entrepreneurs de travaux forestiers, 3 coopératives forestières (CFBL, Unisyva et Forêt et bois de l'Est) et 2 agences travaux de l'ONF (Vosges Ouest et Besançon). Pour cela, 7 exosquelettes ont été mis à disposition de 10 testeurs, sur des durées allant de quelques jours à plusieurs semaines en utilisant au choix le croissant mécanique (environ 6 kg) ou la débroussailleuse (environ 8 kg).

Les tests se sont déroulés sur 2 périodes : de fin janvier à avril 2021, puis d'octobre à novembre de cette même année. Les différentes personnes volontaires pour tester cet équipement n'avaient jamais eu au préalable la possibilité

d'utiliser un exosquelette. Ces tests ont principalement eu lieu en région Centre-Val de Loire, Nouvelle-Aquitaine et dans le nord-est de la France. Cette distribution géographique a permis de couvrir un large panel de situations de travaux d'entretien :

- type de peuplement : plantation, régénération naturelle, feuillus et résineux à divers stades ;
- topographie : plaine et moyenne montagne ;
- végétation concurrente : ligneux, fougères, ronces, genêts, herbacées, ... ;
- conditions météorologiques contrastées (neige, pluie, froid, chaleur) permettant de tester l'outil avec différents vêtements ;
- difficulté des chantiers : déplacements plus ou moins faciles selon l'encombrement du terrain par la végétation et les rémanents, densité de végétation concurrente plus ou moins forte.

Pour la phase de test de l'outil à proprement parler, après une période d'échauffement, chaque testeur a effectué au moins 2 répétitions d'une séquence de travail de 30 min avec exosquelette puis sans exosquelette (ou l'inverse) soit 4 séquences minimum. Au total se sont 48 séquences qui se sont déroulées sur 6 chantiers au croissant mécanique et sur 4 chantiers à la débroussailleuse.

Le croissant mécanique est une débroussailleuse légère qui, comme le croissant classique, coupe le plus souvent en hauteur de 0,5 m à 1,5 m de haut.

Damien François © F&BE





Christophe Vidal © CNPF

Exosquelettes utilisés avec une débroussailleuse classique.

L'évaluation reposait sur l'acquisition :

- de la fréquence cardiaque et de la vitesse avec une montre GPS et une ceinture cardio-fréquence-mètre Garmin ;
- de l'effort musculaire avec l'utilisation d'un électromyogramme⁶ (EMG) ;
- du retour des utilisateurs en réalisant des entretiens à l'issue des séquences de travail.

Résultats des 48 séances de test

Pour ce qui est de la **Fréquence Cardiaque** (FC), la variable utilisée pour comparer les séquences et les chantiers est le coût cardiaque relatif (CCR) qui se calcule comme suit :

$$\frac{FC \text{ travail} - FC \text{ repos}}{FC \text{ max.} - FC \text{ repos}}$$

⁶ L'électromyogramme (EMG) est un examen médical qui consiste à enregistrer l'activité électrique des muscles.

REMARQUE IMPORTANTE

Il est important de préciser que les résultats ont été obtenus avec l'utilisation d'exosquelettes qui n'étaient encore qu'au stade de prototypes. Ces derniers nécessitaient encore quelques améliorations techniques. D'autre part, les différents opérateurs qui les ont testés n'avaient pas encore été entraînés à leur utilisation. Ces tests et surtout le résultat de ces essais ne reflètent que partiellement le potentiel des exosquelettes.

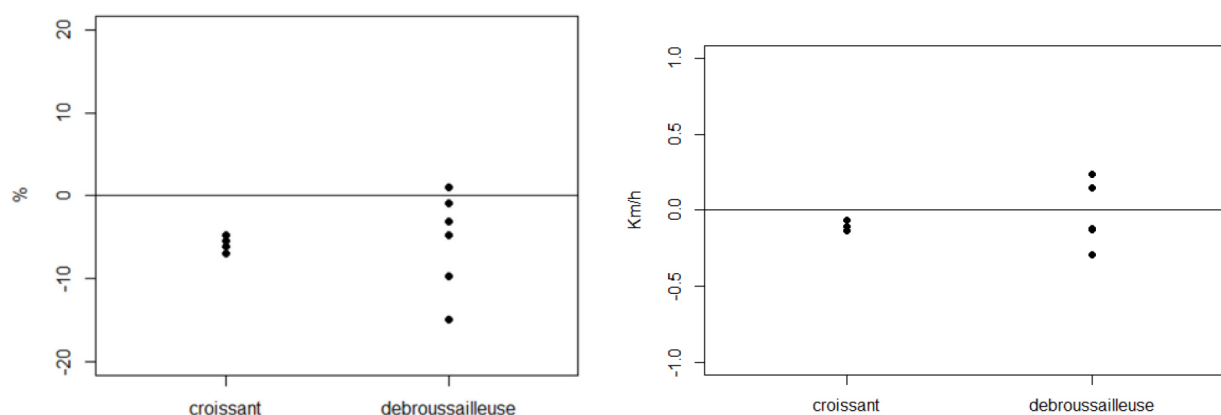
Les CCR observés sont compris entre 18 et 63 %. À titre d'information, un travail est classé comme « lourd » en termes de pénibilité à partir de 30 % de CCR.

L'analyse chantier par chantier montre un léger gain sur la fréquence cardiaque avec l'utilisation de l'exosquelette, mais la variabilité observée au sein de la séquence et entre séquences ne permet pas de mettre en évidence d'effet clair. En revanche, l'analyse des moyennes de tous les chantiers permet de mettre systématiquement en évidence une légère baisse du coût cardiaque relatif lors de l'utilisation de l'exosquelette. Cette baisse est en moyenne de 6 points pour le croissant mécanique comme pour la débroussailleuse mais la variabilité est beaucoup plus forte avec la débroussailleuse (+1 à -15%). Le même résultat s'observe sur la fréquence cardiaque maximale qui baisse en moyenne de 9 battements par minute avec le croissant mécanique et de 6 battements par minute pour la débroussailleuse avec, là encore, une forte variabilité : +1 à -20 battements par minute.

Comme pour la fréquence cardiaque, l'analyse de la **vitesse de travail** chantier par chantier ne permet pas vraiment de mettre en évidence de différence de vitesse de travail du fait de l'utilisation de l'exosquelette. La synthèse de tous les chantiers permet néanmoins d'identifier une diminution de la vitesse de travail de 0,1 km/h en moyenne avec le croissant mécanique et des valeurs assez hétérogènes de +0,24 à -0,29 km/h avec la débroussailleuse.

Cette baisse de vitesse de travail pourrait expliquer, en partie, la diminution de CCR mais les deux variables ne semblent pas corrélées. Des craintes avaient été formulées sur le fait que le

Figure 3 : Moyenne par chantier pour les 2 outils de la différence de CCR (à gauche) et de vitesse de déplacement (à droite) entre un travail avec et sans exosquelette. Chaque point correspond à un chantier.



port de l'exosquelette générant une surcharge pour l'opérateur. Ces résultats montrent que son poids ne semble pas affecter la sollicitation cardiaque. Au contraire, l'exosquelette permet d'apporter une légère amélioration sur la fréquence cardiaque.

Rappelons que les testeurs peuvent être considérés comme débutants avec cet outil. Une étude à plus long terme est nécessaire. Elle permettrait peut-être de mettre en évidence des différences plus significatives suite à une durée de prise en main plus longue.

L'utilisation d'un électromyogramme (EMG) a permis de **comparer l'effort musculaire** entre les séquences de travail où l'opérateur utilisait un exosquelette, et celles où il n'en utilisait pas. Les mesures prises par FCBA ont été effectuées sur 3 opérateurs : 1 utilisait une débroussailluse, 2 utilisaient un croissant mécanique. L'activité électrique des muscles a pu être analysée sur 4 muscles simultanément par 4 capteurs EMG. 5 types de muscles sont analysés : biceps (droit et gauche), deltoïdes (droit et gauche), triceps (droit et gauche), iliocostal (muscle du dos) et quadriceps (droit et gauche).

Sur la partie haute du corps, les effets de l'exosquelette semblent être parfois asymétriques (positif à gauche, négatif à droite). Une étude approfondie serait nécessaire pour identifier si l'utilisation de l'outil sans exosquelette implique un travail musculaire différent côté gauche et droit, et si dans ce cas, les résultats obtenus peuvent s'expliquer par un

rééquilibrage du travail musculaire entre muscle gauche et droit. De même, il conviendrait de vérifier que le réglage de l'exosquelette n'influence pas ces résultats.

Pour le dos, comme attendu, les résultats semblent positifs. Pour les jambes, les résultats sont inattendus. Il est observé une absence de sur-sollicitation, voire même un bénéfice sur les quadriceps. Mais ces résultats restent à consolider, car le nombre de suivis avec l'EMG ne concerne que 3 testeurs.

Retours des opérateurs

Les différents entretiens réalisés auprès des 10 testeurs rencontrés ne permettent pas de généraliser la répartition des retours identifiés dans la mesure où ils font suite à des durées d'utilisation limitées. Néanmoins, les retours des utilisateurs peuvent être classés en trois principales catégories :

- **Retours positifs** : les testeurs sont globalement satisfaits de l'exosquelette, sous réserve de modifications mineures.
- **À voir** : les testeurs peuvent utiliser l'exosquelette sans grosse gêne mais sont en attente de modifications sur la version finale. Pour autant, ils apprécieraient d'avoir des retours sur du plus long terme ou ne se sentent pas trop concernés par cette problématique.
- **Sans intérêt / retours négatifs** : les testeurs sont gênés par l'exosquelette ou ne trouvent pas d'intérêts à son utilisation.

Avis des utilisateurs après utilisation de l'exosquelette avec un croissant ou une débroussailleuse

	Retours positifs	À voir	Sans intérêt / retours négatifs
Croissant mécanique	2/5	2/5	1/5
Débroussailleuse	3/9	2/9	4/9

NB : certains opérateurs ont testé l'exosquelette avec la débroussailleuse puis avec le croissant mécanique

Les retours sont globalement bons (en incluant les « à voir » car les essais se sont déroulés avec des prototypes) en utilisant l'exosquelette avec le croissant mécanique mais beaucoup plus clivant avec la débroussailleuse. Il est bon de remarquer que **cette hétérogénéité coïncide avec la variabilité des données mesurées en fréquence cardiaque et vitesse de travail à la débroussailleuse.**

Les principaux points positifs qui reviennent dans les commentaires sont :

- **La sensation de ne rien porter / assistance à la manipulation de l'outil** : c'est l'objectif même de l'exosquelette : ce retour est unanime avec le croissant mécanique mais beaucoup plus discuté avec la débroussailleuse où le type de chantier et les habitudes de travail jouent un rôle important dans le ressenti. En effet, avec la débroussailleuse, la sensation de ne rien porter sur les épaules est réelle, mais certains opérateurs estiment arriver à un réglage similaire avec un bon harnais. L'effet d'assistance est également plus fin à percevoir. Il intervient surtout lorsque l'opérateur doit lever son outil. Une situation qui peut être rare sur certains chantiers où l'essentiel du travail est réalisé proche du sol.
- **La diminution des contraintes physiques** : certains testeurs ont ressenti une diminution des contraintes physiques pour les chantiers difficiles car l'exosquelette les aide à soulever l'outil avec moins d'efforts. Pour ces testeurs, l'effet de l'exosquelette est moindre dans les chantiers faciles (où la végétation concurrente n'est pas haute). À l'inverse, d'autres opérateurs n'ont pas apprécié l'utilisation de l'exosquelette dans les chantiers difficiles car ils ressentaient une gêne dans leurs déplacements et leurs mouvements.
- **Le confort du harnais** : après avoir apporté quelques corrections, les opérateurs sou-

ignent le confort du harnais et la bonne répartition du poids de l'exosquelette qui ne se fait pas ressentir.

- **Le rôle « éducateur » et limitation de certains gestes** : les testeurs soulignent le bon maintien du dos, la limitation de la rotation des épaules par rapport au bassin et des mouvements « extrêmes » qui, à force de répétitions, peuvent être sources de troubles musculo-squelettiques. C'est le cas par exemple lorsque l'opérateur cherche à toucher le sol avec ses mains en courbant le dos (pour faire le plein du réservoir) : le harnais l'oblige alors à se baisser en pliant les jambes tout en gardant le dos droit.

Certaines thématiques abordées lors des retours n'ont pas pu être clairement analysées compte tenu de la faible durée du test.

- **L'appréhension de la chute** : c'est la première question posée par les testeurs : « *comment cela se passe en cas de chute ?* ». Cette interrogation porte aussi bien sur le souci de casse du matériel que pour leur propre protection. Malheureusement, il existe peu de réponses à apporter car il n'y a pas eu de chutes durant la période d'essai. Il est en revanche certain que le port de l'exosquelette modifie les appuis et nécessite un temps d'adaptation pour se déplacer. Mais il n'existe pas non plus de raisons pour que l'exosquelette augmente le risque de chutes.

- **La sensation de chaleur / transpiration** : c'est un élément qui a été soulevé lors des entretiens. La comparaison avec le travail sans exosquelette est compliquée mais ce point n'est pas ressorti clairement comme un souci pour les opérateurs.

Enfin, des aspects négatifs ont également été mis en avant par les utilisateurs :

- **Le rôle « éducateur » / limitation de certains gestes** : ce point « positif » peut également être perçu comme négatif par certains opérateurs selon leurs habitudes de travail.
- **La présence du bras dans le champ de vision** : le bon réglage de l'exosquelette permet de dégager l'exo-bras de la zone de travail de l'opérateur. Néanmoins, l'exo-bras sera toujours présent dans son champ de vision. Pour de rares opérateurs, cela a pu être gênant, mais la majorité s'y est accoutumée très vite. Par ailleurs, le « carter » présent sur le prototype proposé en test sera éliminé sur la version commerciale.

- **L'encombrement et l'arrivée d'un équipement supplémentaire** : c'est également un élément qui revient fréquemment. L'encombrement en termes de volume, bien que réel, reste limité, et surtout, il n'a pas conduit à des situations de blocage de l'opérateur dans la végétation ou d'empêchement d'accès à une zone, même si parfois l'opérateur peut être amené à se redéplacer. En revanche, l'encombrement au sens outils et poids supplémentaires peut être perçu comme négatif dans les chantiers où le déplacement est rendu compliqué par la nature du sol (fort encombrement des résidus, terrain glissant, ...). L'exosquelette représente également un équipement supplémentaire pour les opérateurs et même s'il semble nécessiter peu d'entretien, il faut tout de même le transporter et le stocker. Ces étapes sont de nouveaux éléments à considérer. Ils peuvent représenter une contrainte selon le fonctionnement et le véhicule de l'opérateur ou de l'équipe.

Bilan

Le projet EXTRAFOR a permis de développer un prototype d'exosquelette utilisable en conditions réelles dédié à l'utilisation des débroussailluses (croissant mécanique et débroussailluse classique). EXHAUSS commercialise la version finale depuis la fin de l'année 2022 à un prix (voir page 20) qui reste conséquent pour les opérateurs de travaux forestiers, mais il est à mettre en regard de la durée de vie du

produit. Elle est estimée à une dizaine d'année, autorisant un amortissement sur plusieurs années. À souligner également, les gains potentiels sur l'exécution du travail et l'usure des organismes, à plus ou moins long terme.

La durabilité de l'exosquelette n'a pas pu être évaluée, mais sa conception en aluminium et son fonctionnement finalement assez simple laissent espérer un bon vieillissement du produit. Il est possible que certaines pièces d'usure (comme les mousses) nécessitent d'être remplacées au bout d'un certain temps d'utilisation. Ces pièces doivent être considérées comme des consommables avec des coûts modérés.

L'évaluation menée lors du projet, parallèlement au développement du prototype, n'est qu'un début mais les bénéfices sur les paramètres mesurés sont réels.

Les retours utilisateurs sont variés, mais il est certain que l'exosquelette sera profitable à nombre d'opérateurs. Pour le moment, il reste difficile d'anticiper des profils types pour lesquels l'exosquelette sera bénéfique, accepté et utilisé. En revanche, certains éléments sont déterminants dans l'expérience de l'utilisateur. Citons en particulier l'accompagnement à la prise en main pour favoriser un bon réglage de l'exosquelette à la morphologie de chaque utilisateur et la nécessaire persévérance de ce dernier. Pour être totalement familiarisé à l'usage de cet outil, il faut compter un mois d'utilisation. ■

Résumé

Le projet EXosquelettes pour le TRAvail en FORêt (EXTRAFOR) a permis d'analyser quel était le ressenti de dix ouvriers en sylviculture après que ces derniers aient testé l'utilisation d'exosquelettes mis au point par la société Exhauss lors de travaux qu'ils réalisent au quotidien en forêt. Différents tests physiques (fréquence cardiaque et efforts musculaires) ont été conduits pour analyser le possible impact de cet outil sur leur santé. Les avis de tous les testeurs ont ensuite été recueillis et analysés. Les retours sont globalement favorables, même s'ils sont un peu divergents. Pour autant, il est indispensable d'avoir un bon accompagnement et un bon réglage de l'exosquelette à la morphologie de chaque utilisateur pour que la première prise en main se fasse dans de bonnes conditions et éviter ainsi les risques de déception.

MOTS CLÉS : Exosquelette, EXTRAFOR, tests, travaux forestiers, fréquence cardiaque, efforts musculaires.

Pierre Davezac, fondateur et directeur de la société Exhauss

« Il faut environ un mois à un utilisateur novice pour devenir opérationnel »

Propos recueillis par Christophe Vidal, CNPF-IDF

La société Exhauss a participé à la mise au point d'exosquelettes adaptés aux travaux forestiers dans le cadre du projet EXTRAFOR. Son dirigeant insiste sur la nécessité de bien régler ces appareils et rappelle qu'il faut près d'un mois d'utilisation régulière avant d'être parfaitement à l'aise.



Emmanuel Clerc © F&BE

Pierre Davezac :
« L'exosquelette apporte un net soulagement, notamment pour les épaules. »

Forêt & Innovation : Pouvez-vous présenter votre entreprise Exhauss ?

Pierre Davezac : Je suis le fondateur et dirigeant de l'entreprise Exhauss. Elle a eu 10 ans en septembre dernier et est établie à Amplepuis dans le Rhône. En 2013, nous étions avec les auxerrois de la société RB3D, les premiers en France à construire des exosquelettes d'assistance physique. J'ai une formation d'architecte. Le design des exosquelettes prend une part importante dans leur mise au point car il catalyse leur acceptabilité. On est surpris, parfois, de trouver de la sensibilité artistique dans des milieux difficiles où on ne s'attendrait pas à l'observer. André Citroën disait d'ailleurs « *La laideur se vend mal* » !

Avant Exhauss, j'ai mis au point des sortes d'exosquelettes pour la stabilisation de caméras pour la télévision et le cinéma. En 2012, la crise de l'audiovisuel nous a obligé à trouver des relais de croissance. Je me suis alors appuyé sur les matériels déjà créés pour les adapter à d'autres secteurs. La caméra fut par exemple remplacée par un perforateur pour proposer des solutions d'assistance musculo-squelettique aux professionnels du Bâtiment et des Travaux Publics (BTP). En 2013, nous étions précurseurs sur le marché. Il y avait un enthousiasme quelque peu débordant et des attentes disproportionnées concernant les exosquelettes, imaginés alors comme une armure d'« *Iron Man* ». Aujourd'hui, l'approche est plus pragmatique et raisonnable.

F & I : Pourquoi avez-vous été choisi dans le cadre du projet EXTRAFOR ? Que vous a apporté ce projet dans la conception de l'exosquelette forestier ?

P. D : Notre expérience de l'exosquelette et le statut de pionnier nous ont mis en relation en 2018 avec l'institut technologique FCBA qui a fait le lien avec le Ministère de l'Agriculture. Le projet EXTRAFOR s'est monté et nous a offert l'opportunité rare de prendre du temps pour mettre au point un exosquelette spécifique aux métiers de l'amont forestier, que nous ne connaissions pas. Nous avons commencé avec une longue phase d'observation et d'analyse de postes et métiers. Nous avons pu repartir d'une page blanche pour EXTRAFOR. Il fallait une réponse *ad hoc* aux problématiques spécifiques observées et sélectionnées.

F & I : Maintenant que l'exosquelette forestier est sur le marché avez-vous des demandes ?

P. D : L'exosquelette est vendu 3990 € HT l'unité. Il est utilisé avec le croissant mécanique en forêt et avec le taille-haie par les paysagistes. Aujourd'hui, c'est surtout ce dernier marché qui est en plein essor. On observe un "alignement de planètes" quasi parfait avec une des tâches à la fois les plus contraignantes et récurrentes des paysagistes : la taille des haies. C'est pour le taille-haie et surtout pour le taille-haie

sur perche qu'un exosquelette permet idéalement de compenser les effets de la gravité. Il apporte un net soulagement, notamment pour les épaules associé un indéniable confort de travail qui permettent une amélioration de la productivité. Le seul frein est son prix encore élevé, avec des volumes encore confidentiels d'environ 400 exosquelettes vendus par an.

F & I : Avez-vous un service après-vente comme une aide à l'usage de l'exosquelette ou le changement des pièces défectueuses ?

P. D : L'aide à l'usage de l'exosquelette est un service inclus lors de la vente. Les réglages et les bonnes pratiques nécessitent une for-

mation préalable. Il faut environ un mois à un utilisateur novice pour devenir pleinement opérationnel. Au cours de la première semaine d'utilisation, il ressent de la gêne, de la maladresse et une perte de repères. Les deux semaines suivantes, la nouveauté est assimilée et au bout d'un mois, l'opérateur est à l'aise et ne se voit plus travailler sans exosquelette. Les dernières études indiquent qu'il n'y a pas de perte musculaire associée à l'utilisation d'un exosquelette. Concernant l'entretien courant, il s'agit de le nettoyer et de graisser les axes filetés de réglage. Les seules pièces d'usure sont les tendeurs en latex qui miment les qualités organiques du muscle humain et confèrent à l'exosquelette une souplesse et une fluidité impressionnantes. Ces tendeurs ont une durée de vie d'une dizaine d'années. ■

Pierre Baron, entrepreneur de travaux de sylviculture-reboisement et gestionnaire forestier « L'exosquelette donne l'impression de n'avoir rien à porter »

Propos recueillis par F. d'Alteroche

À la tête d'une entreprise de travaux forestiers basée à Saint-Laurent, à une douzaine kilomètres à l'est de Vierzon dans le Cher, Pierre Baron et ses cinq salariés enchaînent au fil des mois plantations, dégagements, dépressages et élagages. Sa clientèle est presque exclusivement composée de propriétaires forestiers privés, avec une zone d'activité majoritairement répartie sur 4 départements du centre de la France : Cher, Loiret, Indre et Nièvre. « J'ai fait partie des 'cobayes' pour tester l'exosquelette mis au point par l'entreprise Exhaus¹. C'est assez 'bluffant' quand on le prend en main pour la première fois. Je l'ai ensuite utilisé au printemps dernier à l'occasion d'un film² réalisé à l'initiative de l'interprofession France Bois Forêt. Une fois cet exosquelette bien réglé, on ne le sent presque plus. C'est très confortable. » La potence positionnée à l'avant permet de supporter l'outil et limite l'effort à réaliser pour lever les bras quand on a un outil motorisé dans les mains. « Cela donne vraiment l'impression de n'avoir pratiquement rien à porter. »

Après avoir testé l'exosquelette avec une débroussailluse à guidon, puis avec un croissant mécanique, Pierre Baron estime que c'est avec ce dernier outil que le recours à l'exosquelette est le plus opportun. C'est un plus côté confort de travail, mais cela ne se traduit pas pour autant par une amélioration de la productivité.

Comme pour son entreprise, la période qui s'étend de novembre à avril est presque exclusivement consacrée aux plantations, les travaux de dégagement de jeunes plants et de dépressage de régénération naturelle sont

pour la plupart réalisés entre mai et août. Dans la mesure où cet exosquelette n'a aucun intérêt pour planter, cela limite forcément la période au cours de laquelle lui ou ses salariés peuvent y avoir recours. « Cela signifie que pour mon entreprise, cet outil ne peut être utilisé guère plus de trois à quatre mois par an. » fait observer Pierre Baron qui n'occulte pas non plus son prix d'achat, surtout pour 4 mois d'utilisation annuelle.

Pierre Baron évoque également les armatures pouvant être pénalisantes pour se faufiler dans des peuplements déjà hauts et surtout un peu fermés et n'occulte pas la problématique pouvant être liée à un essaim d'abeilles ou un nid de guêpes ou de frelons. « Difficile de désolidariser l'outil de la potence en seulement quelques secondes pour s'éloigner au plus vite en courant dans la broussaille avec un exosquelette sur le dos ! » Et de souligner son intérêt pour des professionnels de la forêt réalisant des dégagements et du dépressage pratiquement tout au long de l'année mais également pour toutes les entreprises d'entretien d'espaces vert. « C'est alors un outil presque incontournable car susceptible d'être utilisé pratiquement tout au long de l'année. Pour ce qui est de mon entreprise, j'envisage d'en acheter un pour, dans un premier temps, le tester plus longuement par moi-même et mes salariés dans différentes situations pour différents peuplements. »



¹ Voir également interview ci-contre et pages 14 à 19 de ce dossier.

² <https://www.youtube.com/watch?v=SqSjcegcGA&t=3142s> à la 46^e minute

Bertrand Chapelant et Michel Moulin, CFBL Coopérative forestière

« Nous essayons de faciliter le travail de nos opérateurs en manuel »

Propos recueillis par Christophe Vidal, CNPF-IDF

CFBL Coopérative Forestière cherche à développer des techniques moins impactantes pour ses collaborateurs. Les exosquelettes en font partie, en particulier pour gérer les dégagements. Le point avec Bertrand Chapelant et Michel Moulin, respectivement directeur du pôle sylviculture et directeur technique de cette coopérative.



© CFBL

Bertrand Chapelant :
« Nous préférons avoir des exosquelettes plus légers et plus spécifiques à chaque activité qu'un seul complet qui ressemble à une armure. »

Michel Moulin :
« Notre gros souci est de trouver de la main d'œuvre pour travailler en forêt ! »



© CFBL

Forêt & Innovation : Pouvez-vous présenter les activités de CFBL Coopérative Forestière ?

Bertrand Chapelant : Nous travaillons et intervenons sur trois régions : Nouvelle Aquitaine, Bourgogne-Franche-Comté et Auvergne Rhône-Alpes. Nous sommes 260 salariés. La gestion forestière et les travaux sylvicoles sont notre cœur de métier. Depuis environ 8 ans, nous avons internalisé des moyens en sylviculture face à une diminution de la présence d'Entreprise de Travaux Forestiers et une augmentation des délais d'intervention. Cela nous permet de proposer des prestations de qualité avec le respect des délais tout en cherchant à mieux contrôler et faire aboutir nos souhaits d'innovation en sylviculture.

Nous avons actuellement une cinquantaine d'ouvriers sylvicoles aussi bien pour les tâches mécanisées que manuelles. Vu les contextes forestiers actuels, la forêt a besoin de plus en plus de soin et donc nous avons besoin de plus en plus de main d'œuvre en forêt.

Michel Moulin : Nous avons 15 555 adhérents et la surface gérée sous document de gestion est de 78 000 ha soit un peu plus de la moitié des 140 000 ha appartenant à nos adhérents.

F & I : Quelles sont vos missions pour la coopérative ?

B. C. : Directeur du pôle sylviculture, je supervise les équipes d'ouvriers sylvicoles internes et sous-traitantes. Je gère les approvisionnements nécessaires à cette activité (plants, protections contre le gibier, tuteurs...) et je m'occupe de l'innovation et du machinisme en sylviculture.

M. M. : En tant que directeur technique, je suis en charge de l'orientation de la gestion forestière au sein de la coopérative avec le service ingénierie. J'anime une cellule de recherche et de développement sur plusieurs thématiques.

F & I : Qu'est-ce qui vous a motivés pour vous impliquer dans le projet EXTRAFOR ?

M. M. : C'est dans le cadre de notre cellule de recherche et de développement que j'ai travaillé sur ce projet. Nous nous sommes fixé une feuille de route pour développer des techniques moins impactantes pour nos collaborateurs. Notre gros souci est de trouver des gens qui travaillent en forêt ! Comme le travail d'ouvrier sylviculteur est dur et physique, nous essayons de développer des techniques qui soient moins traumatisantes par la mécanisation et des systèmes d'aide à nos opérateurs en manuel. La diminution de la pénibilité était une préoccupation commune avec l'institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement (FCBA). Nous travaillons depuis longtemps ensemble car nous partageons des intérêts communs dans la recherche opérationnelle des techniques d'exploitation et de plantation et de l'économie de la forêt. En 2017-2018, nous avons déposé ensemble un projet sur un exosquelette qui avait vocation d'être multitâches. Au cours du projet, nous nous sommes restreints à l'utilisation d'une débroussailleuse ou d'un croissant mécanique. Nous avons abandonné la tronçonneuse pour des raisons de contraintes réglementaires et de sécurité. À l'époque, FCBA avait repéré un constructeur intéressé pour développer un exosquelette en forêt. Nous avons associé les coopératives Forêts et Bois de l'Est (FBE) et Unisylva. Nous avons à nouveau travaillé avec l'Université Technique de Montbéliard et la Mutuelle Sociale Agricole (MSA) de Franche Comté. Avec cette université, nous avons des bases de travail sur les constats faits sur les travaux de plantation. La Fédération Nationale

des Entreprises de Travaux (FNEDT) et l'Office National des Forêts (ONF) ont également été associés. Dans le comité de pilotage, il y avait aussi au sein du FCBA une ergonome et Marin Chaumet, le coordonnateur. Nous avançons pas à pas en adaptant un exosquelette qui existait déjà. Malheureusement, une partie du travail s'est faite en pleine période Covid qui nous a pénalisé dans l'ambition et le déroulement du projet. Le fabricant a été confronté au problème d'acheminement de pièces provenant de certains pays. Pour autant, cela a été une expérience très enrichissante et les problèmes ont été évacués les uns après les autres. Même si l'exosquelette qui a été mis au point apporte un gain au niveau musculaire, il est lourd et encombrant. Il y a eu un produit finalisé dont le prix était élevé. Aussi, il n'y a pas eu un équipement massif de nos opérateurs. Nous avons pu rebondir après l'opération EXTRAFOR. Nous nous sommes réorientés vers des exosquelettes plus légers (ergosquelettes). Ils sont mieux acceptés par nos opérateurs.

B. C. : Grâce à la présence de nombreux prestataires, nous faisons développer d'autres exosquelettes. Nous nous sommes désormais davantage orientés vers des exosquelettes issus de l'industrie. Le poids et l'encombrement ont orienté nos choix. Un exosquelette ne peut pas tout faire. Il ne peut pas en même temps soulager le dos, la nuque et les épaules. Nous préférons avoir des exosquelettes plus légers et plus spécifiques à chaque activité qu'un seul complet qui ressemble à une armure.

Où en êtes-vous actuellement ?

B. C. : Nous avons fait développer trois types d'exosquelette. Les deux premiers peuvent s'associer. Nous avons des exosquelettes qui maintiennent la nuque pour tous les travaux d'égale en hauteur et des exosquelettes pour soulager les épaules et les bras pour les élagages ou pour travailler avec des outils portés comme la canne à planter, ou réaliser le chargement ou le déchargement de caisses avec des plants. Le dernier modèle, qui est le plus utilisé, maintient le dos pour la plantation et l'élagage. Tous ces exosquelettes sont en phase d'amélioration. À cela s'ajoutent les innovations des entreprises produisant du matériel spécialisé qui proposent des harnais améliorés et performants pour les débroussailleuses. ■

Damien François, responsable technique à la Coopérative Forêts et Bois de l'Est

« Nous testons les exosquelettes et les ergosquelettes »

Propos recueillis par Christophe Vidal, CNPF-IDF

Partenaire de la première heure du projet EXTRAFOR, la Coopérative Forêt et Bois de l'Est utilise actuellement l'exosquelette fabriqué par la société Exhausss. Elle élargit ces essais à d'autres produits proposés par la société Gobio et échange sur ces thématiques dans le cadre d'un groupe de recherche développement et innovation du Groupe Coopération Forestière (GCF). Explications de Damien François, son responsable technique.

Damien François :
« Nous sommes amenés à échanger sur nos expériences avec d'autres coopératives dans le cadre d'un groupe de recherche développement et innovation au sein du Groupe Coopération Forestière (GCF). »



Emmanuel Clerc © F&BE

F & I : Vous avez participé au projet EXTRAFOR pour la mise au point d'un exosquelette forestier. Quels ont été vos actions ?

D. F. : J'ai participé à l'ensemble des étapes du projet. Depuis la définition du cahier des charges jusqu'au test de l'exosquelette sur le terrain en lien avec l'université de Belfort-Montbéliard, spécialisée dans l'ergonomie. Il y a eu des études assez poussées en suivant les opérateurs avec et sans l'exosquelette. Les contraintes articulaires et les angles faits par les membres ont été observés. Des appareils de mesure avec des électrodes ont été installés sur les opérateurs pour observer l'activité musculaire. À l'issue du programme, nous avons conservé le modèle sur lequel ont été réalisés tous les tests de dégagement avec des améliorations dans la visserie et les mousses de protection. Nous avons récupéré un exemplaire de la dernière version de l'exosquelette d'Exhausss en juin 2023 à l'occasion du salon Euroforest. Cet outil est ni plus ni moins un système de portage. Nous l'avons testé pour la débroussaileuse ou le croissant mécanique. Pour le travail rez-terre, les opérateurs préfèrent travailler avec des harnais spécifiques proposés par les constructeurs de tronçonneuses ou débroussaileuses. Dans cette situation, la dragonne qui s'attache à l'outil est tendue. Dans le cas du

F & I : Quel est votre rôle au sein de la coopérative ?

Damien François : En tant que responsable technique, je suis en charge du service recherche, développement et innovation. Je réalise le transfert de l'information par des formations en interne et pour les propriétaires forestiers adhérents. Je viens également en appui pour les activités sylvicoles et le renouvellement dans un contexte de changement climatique. De façon complémentaire, je suis correspondant observateur pour le Département Santé des Forêts.

croissant, du fait du travail à mi-hauteur ou en hauteur, la dragonne est lâche. L'exosquelette est bien adapté dans ce cas.

F & I : Avez-vous l'intention d'acheter d'autres exosquelettes ?

D. F. : Le projet EXTRAFOR nous a permis de mettre le pied à l'étrier sur le sujet des exosquelettes. Le modèle proposé par la société Exhaus est relativement onéreux au regard du panel de tâches pour lesquelles il apporte une amélioration significative des conditions de travail (entretiens avec le croissant mécanique principalement). Je vois davantage l'intérêt de cet exosquelette dans les pépinières ou chez les paysagistes. J'ai l'exemple en pépinière d'une bande de semis de robinier rabattu à 50 cm de haut où l'opérateur aurait pu être soulagé en ayant recours à cet exosquelette.

Nous nous sommes tournés par opportunité vers d'autres modèles. Nous avons été démarchés par les représentants de la marque Gobio. Elle nous a proposé plusieurs modèles. Le premier est un ergosquelette¹ proche du corps, l'IP03 LiftSuit (Site : <https://gobio-robot.com/exosquelettes-industriels/ip03-liftsuit-ergosquelette-de-posture>). C'est le concept du textile intelligent. À savoir une sorte de baudrier d'escalade avec des bretelles. Quand la personne se baisse, les bandes élastiques se tendent, puis quand elle se lève les bandes élastiques se rétractent et de ce fait facilitent ce mouvement. On a l'impression qu'une personne extérieure vient vous tirer. L'effet maintien du dos droit évite les courbures traumatisantes. Nous avons testé cet ergosquelette en situation de plantation, de bûcheronnage, et d'entretien. Un questionnaire devait être rempli par les utilisateurs pour connaître leur avis. Ils ont exprimé leur satisfaction de façon unanime. Nous avons équipés 8 de nos ouvriers pour un coût individuel de 1000 € HT. Ce matériel a pu être financé dans le cadre du plan de relance. Ces ergosquelettes vont être testés sur une période de 3 à 6 mois. Il faut voir si l'engouement du premier test se confirme dans le temps. À l'usage, il peut y avoir des frottements ou une plus forte sollicitation des membres. Cet ergosquelette peut être utilisé dans le cadre du cubage de bois abattus. Il a également été testé dans nos deux scieries. Rien n'est accro-

ché à l'ergosquelette, les harnais permettant d'attacher le matériel sont mis par-dessus.

Concernant le second exosquelette – toujours de la même marque Gobio –, il y a au sein du modèle Skelex l'IP11 (un appui tête -> <https://gobio-robot.com/exosquelettes-industriels/ip-11-exosquelette-appui-tete>) et l'IP12 (soutien bras et épaule -> <https://gobio-robot.com/exosquelettes-industriels/ip-12-exosquelette-de-manutention>). Nous avons acheté pour un total de 4400 € un exemplaire de ces deux exosquelettes pour l'élagage des peupliers qui nous occupe 2 à 3 mois dans l'année. L'IP12 de conception plus complexe coûte plus cher avec 4000 € HT. Il faut régler les forces de tension de manière différentes selon les bras. Le bras le plus haut demande un soutien (voir photo ci-dessous) plus important et donc une force de tension plus forte. Le bras le plus bas a besoin de moins de soutien. Les critiques émises sont le maintien de la chaleur et le risque de se coincer dans des herbes hautes ou dans des branches. Les sites broyés au préalable posent moins de problème à l'opérateur.

Nous sommes amenés à échanger sur nos expériences et notamment sur les exosquelettes avec d'autres coopératives (Alliance Forêt Bois, Unisylva, CFBF, Nord Seine Forêt 2 A) dans le cadre d'un groupe de recherche développement et innovation au sein du Groupe Coopération Forestière (GCF). ■

¹ À la différence des exosquelettes, les ergosquelettes sont des solutions plus passives, se présentant comme des harnais flexibles.

Damien François © F&BE



Dans la gamme Skelex avec l'IP11 (appui-tête) et l'IP12 (soutien bras et épaules) sur une personne réalisant l'élagage :

« Le bras le plus haut demande un soutien plus important et donc une force de tension plus forte ».

Quand un entrepreneur de travaux forestiers et un fabricant mettent au point un broyeur

Christophe Vidal, CNPF-IDF

Dans la Loire, une entreprise de travaux forestiers s'est concertée avec un fabricant de matériel pour mettre au point un broyeur utilisable depuis une mini-pelle. Plusieurs aller/retours ont été nécessaires entre le concepteur et le réalisateur, mais finalement cet outil donne satisfaction pour mécaniser le dégagement de plantations.

Le broyeur Barto-70® est un outil à axe vertical conçu pour être utilisé sur des mini-pelles. Un rotor entraîne 3 couteaux mobiles qui broient tout type de végétation jusqu'à un diamètre optimal de 2 à 3 cm en préservant le plant ou le semis à dégager. Cet outil a été mis au point par Michel Dard et Fabien Rouvidan de l'entreprise ligérienne Gallic Solutions. Ils ont pour cela travaillé en partenariat avec Pascal Préfol. Ce dernier est à la tête d'une entreprise de travaux forestiers basée dans le même département. Il a suivi l'élaboration de cet outil de bout en bout dans la mesure où il a été à la fois l'initiateur du projet et le premier utilisateur du Barto-70®. « *Après un BTS*

forestier Technico-commercial, je me suis installé comme entrepreneur de travaux forestiers de 1998 à 2006 en réalisant essentiellement du broyage en forêt et dans des exploitations agricoles. En 2016, j'ai créé une nouvelle entreprise de travaux forestiers en étant alors également prestataire pour des activités de bûcheronnage et de débardage en louant le gros matériel. Puis, j'ai investi dans une mini-pelle pour réaliser la préparation du sol en localisé, préalable à des plantations. J'ai ensuite développé une activité d'entretien de plantation » explique Pascal Préfol.

Comme ce dernier estimait que cette mini-pelle n'était pas utilisée suffisamment longtemps dans l'année pour être rentabilisée, il a eu l'idée de concevoir un broyeur qui pourrait être positionné au bout du bras pour réaliser des activités d'entretien de la végétation. Avec ce nouvel équipement, l'objectif était également d'avoir du matériel qui permettrait un débit de chantier plus important tout en réduisant le risque de troubles musculo-squelettiques (TMS), comparativement à une débroussailleuse manuelle. « *J'avais testé des broyeurs standards vendus dans le commerce, mais ces outils ne me convenaient pas pour faire des dégagements de plantation. Je me suis alors tourné vers Gallic Solutions pour concevoir un outil adapté à mes besoins. Je connaissais cette entreprise. Elle avait déjà réalisé à ma demande des travaux de chaudronnerie.* »

Présentation succincte des deux entreprises

Entreprise Noës Bois	Gallic Solutions = solutions gauloises
Entrepreneur de travaux sylvicole	Fabricant de sécateurs forestiers
Lieu : Les Noës (42) Année de création : 2016 Nombre de salariés : 1 épisodiquement Matériel : 2 mini-pelles équipées du broyeur Barto-70® + adaptateur GYRO-800® Activités : Préparation de sol, plantations et entretien à la mini-pelle Site web : noesbois.fr	Lieu : Mably (42) Année de création : 2017 Nombre de personnes : 3 cogérants + 1 salarié + 1 embauche en cours Matériels conçus : sécateurs Esus 400®, 550® sur pelle mécanique, et sécateur Esus 300® sur mini-pelle et broyeur Barto-70® + adaptateurs GYRO-800® et GYRO-1000® sur mini-pelle Site web : gallicsolutions.com

Tourner efficacement et facilement autour du plant

Une relation de confiance s'était établie et en 2019, c'est tout naturellement vers cette entreprise que s'est tourné Pascal Préfol pour son projet de broyeur. « *Mes exigences étaient simples. Je voulais un outil de forme ronde pour pouvoir tourner efficacement et facilement autour du plant et des couteaux mobiles qui puissent se rétracter au moindre choc avec des pierres.* »

Dix-huit mois ont ensuite été nécessaires pour mettre au point le broyeur avec de nombreux échanges avec Michel Dard et Fabien Rouvidan de la société Gallic Solutions. « *La conception du carter a été très rapide. Par contre, la mise au point du rotor a été plus longue.* » L'outil a ensuite été testé dans des plantations et plusieurs allers-retours entre le terrain et l'atelier ont permis de finaliser les détails.

« *Finalement, le résultat est pour moi très satisfaisant. Le broyeur est adapté à mes besoins. Je ne vois rien à améliorer pour le moment.* » estime Pascal Préfol qui répond ponctuellement à des demandes de renseignements émanant d'entreprises intéressées qui le contactent directement ou par l'intermédiaire du fabricant. « *Il m'arrive de faire essayer l'outil par des entrepreneurs qui s'interrogent sur la possibilité de mécaniser les entretiens.* »

L'arrivée de cet outil a également incité Pascal Préfol à embaucher un salarié. « *Les bonnes performances de ce broyeur et ses résultats concluants font que j'ai été sollicité pour un nombre accru de chantiers. Ne pouvant pas faire face seul, j'ai embauché temporairement un salarié en achetant une nouvelle mini-pelle de 3,5 t et le dernier modèle Barto-70®. Je conserve le prototype pour ma première mini-pelle.* »

Tarifs dépendants de l'abondance du recru

Les tarifs demandés oscillent entre 600 et 1500 € HT à l'hectare. Ils dépendent de la quantité de végétation concurrente et de la plus ou moins grande visibilité des plants. « *Pour les plantations en retard de dégagement pour lesquelles je suis régulièrement sollicité, seule la mini-pelle est assez performante pour respecter les jeunes plants. Ce type de chantier serait de toute façon dissuasif et prohibitif pour un opé-*



Pascal Préfol : « Mes chantiers types avec le broyeur Barto-70® sont des plantations envahies par la végétation ».

rateur équipé d'une simple débroussailleuse manuelle. » Les clients réguliers, échaudés par ces situations de retard de dégagement, sont maintenant vigilants à faire entretenir leurs parcelles de façon suffisamment précoce pour ne pas être débordés par la végétation.

« *Un tarif de 600 € HT/ha correspond à une plantation de 1 à 2 ans pour laquelle nous avons une bonne visibilité des plants. Au-delà de 1200 € HT, cela concerne des plantations plus âgées avec une très forte concurrence comme des genêts à balais de 2 m de haut, voire davantage et des pertes importantes de plants. À ce stade extrême, nous sommes dans une situation de remise en cause du bien-fondé d'un entretien face à l'opportunité de recommencer à zéro le reboisement. Mes chantiers types sont des plantations de douglas envahies le plus souvent par du genêt à balais, de la ronce et parfois de la fougère aigle.* » ■

Michel Dard et Fabien Rouvidan, Gallic Solutions

« Nous réalisons toute la chaîne de production »

Propos recueillis par Christophe Vidal, CNPF-IDF

Basée à Mably dans la Loire, Gallic Solutions est une entreprise spécialisée dans le petit outillage lié à la sylviculture. Deux de ses cogérants relatent la genèse du Barto-70® mis au point avec Pascal Préfol, lequel a su convaincre les constructeurs de concrétiser son projet.

1 Michel Dard et Isabelle et Fabien Rouvidan, Gallic Solutions

2 Ce n'est pas pour rien que le logo de Gallic Solutions est une tête de gaulois.

Forêt & Innovation : Pouvez-vous nous présenter l'entreprise Gallic Solutions ?

Fabien Rouvidan : Créée en 2017, notre entreprise est spécialisée dans le petit matériel destiné à la sylviculture. Les sécateurs forestiers de la gamme Esus sont nos outils phares. Nous sommes 3 cogérants¹, dont ma sœur Isabelle qui s'occupe de la partie administrative/comptabilité et communication. J'ai une formation de chaudronnier et de soudeur et Michel une

formation d'hydraulicien et de tourneur associées à de bonnes connaissances en électricité. Tous les deux, nous réalisons toute la chaîne de production, depuis la conception des outils jusqu'à leur fabrication et leur commercialisation. Toutes les pièces sont de fabrication française². Nous avons la chance d'être dans une zone industrielle où la diversité des métiers nous permet de faire réaliser toutes les pièces à moins de 30 minutes du siège de l'entreprise. Cela facilite l'assemblage des outils qui a lieu dans nos locaux. C'est une tâche importante pour le contrôle tant de la qualité des pièces que du bon fonctionnement de nos produits.

Outre son efficacité, l'un des points positifs de cet outil est sa fabrication française.

Christophe Vidal © CNPF



F & I : Comment est née votre collaboration avec Pascal Préfol ?

Michel Dard : Nous nous connaissions bien, de par nos activités respectives dans le domaine forestier. Un jour Pascal est venu nous voir avec une vidéo trouvée sur internet qui montrait un broyeur sur mini-pelle. C'était un broyeur fabriqué par un particulier. L'idée était très bonne, mais l'outil en lui-même était clairement perfectible. Nous nous sentions capables de relever le défi pour réaliser un outil plus performant.

F. R. : Pascal a été convaincant et au départ plus motivé que nous. Finalement, nous lui sommes reconnaissant car le broyeur Barto-70® est un outil sylvicole bien abouti et performant. Nous avons maintenant de la demande pour étudier la conception et la fabrication d'autres outils sylvicoles.

F & I : Il vous a fallu combien de temps pour mettre au point cet outil ?

M. D. : Environ 18 mois ont été nécessaires. Ce n'est pas très long, surtout pour une entreprise de dimension modeste comme la nôtre. Il a fallu plusieurs essais pour trouver les éléments de coupe adéquats. Nous sommes passés de 6 à 3 couteaux mobiles. En fait, les couteaux coupaient trop bien. Nous voulions une action de broyage. Le Barto-70® pèse 170 kg. La diminution du nombre de couteaux n'a pas fait évoluer son poids, mais elle a permis un meilleur équilibre du rotor.

F. R. : Nous avons au départ choisi des chaînes à la place des couteaux. Mais nous nous sommes vite rendu compte que les chaînes étaient moins efficaces sur le genêt à balais. Les allers-retours pour faire des essais sur le terrain ont permis d'avancer sans investir beaucoup de temps.

F & I : Comment avez-vous prévu la diffusion de ce broyeur ? Quelles sont les adaptations possibles sur ce broyeur ?

F. R. : Pour l'instant, nous faisons tout nous-même. Nous sommes à la recherche de 2 ou 3 distributeurs. En 2022, nous avons vendu 20 broyeurs Barto-70®, uniquement sur le marché français. Pour 2023, nous en avons livré

une trentaine. Nous commençons à avoir des contacts avec la Belgique et l'Espagne.

Sur le Barto-70®, il peut être monté l'adaptateur GYRO-1000® qui permet de broyer sur un diamètre de 1 m. Dans cette configuration, il doit être monté sur une mini-pelle de 5 tonnes. L'adaptateur GYRO-800® broie sur un diamètre de 80 cm et il est fonctionnel avec des mini-pelles de 3 tonnes.

M. D. : Nos clients possèdent des mini-pelles différentes. Nous sommes en capacité d'adapter la puissance du moteur du broyeur. D'ailleurs pour 2 clients se trouvant à proximité, les mini-pelles ont été déplacées dans notre atelier et la puissance du moteur du broyeur a été réduite. ■



© Gallic Solutions

Un outil robuste conçu dès le départ pour le dégagement des plantations.

Christophe Vidal © CNPF



De gauche à droite Michel Dard, Pierrick Seroux, Isabelle et Fabien Rouvidan « Notre broyeur a été présenté à l'occasion de la dernière édition d'Euroforest. »

Frédéric Michon, Mickaël Lacroix et Thomas Tureau, directeur technique et techniciens de COFORET

« La mécanisation des dégagements a fait évoluer nos dates d'intervention »

Propos recueillis par Christophe Vidal, CNPF-IDF

La coopérative COFORET utilise deux broyeurs montés sur des mini-pelles. Le fait de les avoir achetés à un constructeur basé au cœur de la zone d'activité de la coopérative est un plus appréciable côté service après vente. Le point avec Frédéric Michon, directeur technique, Mickaël Lacroix et Thomas Tureau, respectivement techniciens sur le sud et le nord Beaujolais.

Forêt & Innovation : Une grosse partie de votre activité concerne des propriétés de petite dimension. Qu'est-ce que cela implique en termes de suivi pour les chantiers de reboisement ?

Frédéric Michon : Compte tenu de cette situation, nous avons en permanence le souci de regrouper ces chantiers de taille modeste pour optimiser leur coût de réalisation. Historiquement, sur le Rhône et la Loire, la coopérative a toujours investi dans des moyens humain et matériel (abatteuses, porteurs...) pour l'exploitation et les activités sylvicoles. Pour autant, pour ces deux départements, environ 30 % des travaux sont réalisés par des prestataires extérieurs. Sur les autres départements de notre zone d'activité, nous travaillons uniquement avec des prestations en externe.

F & I : Pourquoi vous êtes vous récemment équipés de broyeurs, si ce travail pouvait être réalisé par des prestataires ?

F. M. : COFORET a acheté deux broyeurs Barto-70® chez son fabricant dans la Loire en 2022. Ces acquisitions ont été réalisées dans le

cadre d'une démarche de mécanisation de notre activité sylviculture à l'instar de ce qui avait déjà été fait pour l'exploitation forestière. C'est également lié à la moindre disponibilité pour la main d'œuvre en manuel et à l'augmentation de nos besoins pour notre activité sylvicole. L'augmentation récente des projets de renouvellement ne nous permet plus de suivre sans recourir à la mécanisation. Ce sont les conséquences du changement climatique avec les attaques de scolytes et des dépérissements successifs. De plus, les récoltes de bois sur des parcelles issues de reboisements aidés par le FFN ont beaucoup augmenté ces dernières années. Tout cela entraîne une progression des surfaces à entretenir pour des parcelles déjà reboisées ou qui le seront prochainement. Sur la zone « ouest » de notre secteur d'activité -côté Massif central-, il y a toujours eu des plantations en considérant à part les peupleraies de plaine où le reboisement est systématique. Mais même en Franche-Comté, où le mode de gestion repose principalement sur la futaie irrégulière en s'appuyant sur la régénération naturelle, les forts dépérissement consécutifs aux attaques de scolytes entraînent la nécessité de reboiser. Des décisions favorisées par les programmes d'aide de « France Relance » et de « France 2030 ». Du fait de ces besoins nouveaux et de l'apparition de nouveaux matériels en sylviculture, il y a des opportunités de mécanisation qu'il ne faut pas rater !

F & I : Pourquoi l'achat de ce matériel plutôt qu'un autre ?

F. M. : Nous avons acheté deux Barto-70® —un pour la Loire et un pour le Rhône— après les avoir essayés. Celui de la Loire est monté sur une mini-pelle de 2,5 t qui est une ancienne acquisition. Pour le Rhône, c'est une mini-pelle de 5 t récemment acquise. Cette mécanisation correspond également à une évolution dans les dates et la manière dont sont réalisés les dégagements. Avant, nous les faisions de façon précoce, à partir du mois de juin sur toute la longueur de la ligne plantée. Aujourd'hui, compte tenu des chaleurs estivales de plus en plus intenses, les dégagements ont plutôt lieu après l'été. Le fait de maintenir la végétation au cours des mois les plus chauds garde les plants à l'ombre, avec un relatif maintien de l'humidité en cas de pluies d'orage. Comme la fenêtre d'intervention se réduit à l'automne et l'hiver, une intervention mécanique plus rapide peut compenser ces délais plus courts.

Mickaël Lacroix : Nous prenons aussi en compte le type de végétation. Même si la fougère aigle n'est pas présente de manière homogène, elle nécessite d'intervenir en été. Nous ne pouvons pas attendre l'automne sous peine de perdre les plants. La mini-pelle est également utilisée une partie de l'année pour les préparations de sol préalables aux plantations. Cette préparation en localisé réduit momentanément la concurrence de la végétation à proximité du plant.

F&I : Quel bilan faites-vous du broyeur Barto-70® après un peu plus d'un an d'utilisation ?

F. M. : La mécanisation des entretiens nous permet d'intervenir prioritairement en localisé autour du plant et de laisser la végétation un peu plus haute que d'habitude comparative-ment à une intervention en manuel.

Thomas Tureau : Le gros avantage est de pouvoir faire des travaux en situation de retard de dégagement si le propriétaire s'est fait dépasser par les événements ou si la végétation a très fortement repoussé. C'est en particulier le cas de plantations de 5-6 ans, envahies par les genêts à balais, qui ont pu être dégagées et donc sauvées grâce à cet outil. Les parcelles



Christophe Vidal © CNPF

De gauche à droite, Thomas Tureau, Mickaël Lacroix et Frédéric Michon :
« Le gros avantage du broyeur est de pouvoir traiter plus aisément et plus rapidement des plantations en situation de retard de dégagement. »

très sales et impénétrables car en retard de dégagement sont des situations difficiles pour faire intervenir une personne en manuel.

Ce sont des chantiers qui peuvent être réalisées avec une tronçonneuse mais moyennant des tarifs conséquents avec un rendu perfectible. Avec le broyeur et la mini-pelle, une intervention sur ce type de végétation ne fait pas peur au chauffeur et surtout le résultat est bien meilleur. En revanche, si des écartements de 3 m entre les lignes ne posent pas de problèmes de circulation pour la mini-pelle, la présence de souches les complique sérieusement.

M. L. : En plus du problème des souches, il y a le problème de la pente. Dès qu'il y a des talus, les franchissements sont vite rhédibitoires. Il y a aussi les problèmes liés au mode d'exploitation des bois. La tendance est de faire du billonnage. Dans une parcelle en pente, le chauffeur de l'abatteuse coupe les arbres à 50 cm de hauteur pour maintenir les billons. Et cette hauteur de coupe est d'autant plus importante que la pente est prononcée et que les arbres sont de diamètre modeste. Ces souches trop hautes deviennent vite un bouclier difficile à franchir pour les mini-pelles.

Et côté facilité d'entretien ?

T. T. : Nous avons eu au départ quelques problèmes de joints qui ont été résolus.

M. L. : C'était lié à des soucis de surchauffe

hydraulique de la mini-pelle pendant l'été qui a pu avoir une action sur ces joints. Ces problèmes ne sont donc pas liés au broyeur mais au porte-outil.

F. M. : Pour ces problèmes de joints, nous avons eu un accompagnement du constructeur pour remédier aux inconvénients observés. Cela a été facilité par la proximité (NDLR : le siège de la coopérative est à une petite soixantaine de kilomètres de celui de la société Gallic Solutions) et la volonté du constructeur de faire évoluer le broyeur. C'est une petite entreprise dont les dirigeants sont réactifs et à l'écoute de leur clientèle. Cela permet d'adapter l'outil et de le faire évoluer.

F & I : COFORET a jusqu'à présent fait entretenir combien d'hectares avec cet outil et combien de temps faut-il pour dégager un hectare de plantation ?

M. L. : Il est difficile de donner un chiffre exact. Nous avons à peine plus d'un an de recul et nous avons été confronté à quelques problèmes mécaniques avec le porte-outil. On peut estimer à environ une trentaine d'hectares réalisés dans le Rhône depuis l'acquisition de la mini-pelle. Il faut tabler en moyenne sur 1,5 à 2 jours de travail pour entretenir un hectare sachant que l'on réserve les parcelles les plus « sales » à la machine.

F. M. : La pente et la quantité de végétation à broyer impactent beaucoup sur le rendement de la machine. Dans des parcelles plates et avec une végétation modérée, on peut tabler sur un hectare/jour.

M. L. : Il y a aussi les parcelles où le relief est localement très accidenté avec la présence de talus ou de souches qui par endroits empêchent la machine de passer. Il faut alors intervenir ponctuellement et en complément de façon manuelle, ce qui pénalise forcément le débit de chantier.

F & I : Comment gérez vous le transfert du matériel d'un chantier au suivant ?

M. L. : Nous avons recours à un camion avec une benne ampliroll. La benne se pose à terre en restant à l'horizontale. Puis la mini-pelle

peut entrer ou sortir de la benne avant de recharger le tout sur le camion.

F. M. : C'est une benne conçue pour cela. En terme d'accès, ce n'est pas un semi-remorque, mais cela demande une organisation et une manutention supplémentaire. En manuel, des débroussailleuses et un véhicule 4 roues motrices suffisent. Avec la mini-pelle de 2,5 t vient s'ajouter une remorque derrière le véhicule 4 roues motrices. Avec le camion et la benne ampliroll, nécessaire pour une mini-pelle de 5 t, il faut un permis supplémentaire et un contrôle annuel mais c'est un système assez simple et souple. Le camion est polyvalent et peut être utilisé pour différentes bennes. Une est dédiée au transport de la mini-pelle. Une autre est prévue pour transporter du bois. Le coût d'une benne demeure accessible, c'est le camion qui demande un investissement plus important. Le fait de disposer de différents types de bennes permet d'optimiser « l'emploi du temps » du camion mais cela nécessite une bonne organisation et planification en amont. ■

La coopérative COFORET en bref

Basée à Lamure-sur-Azergue (Rhône), la zone d'activité de la coopérative COFORET s'étend sur les régions Auvergne-Rhône-Alpes et Bourgogne-Franche-Comté. Avec un chiffre d'affaires de 50 millions d'euros en 2022 réalisés par une petite centaine de salariés, l'essentiel de l'activité est lié aux ventes de bois avec 800 000 m³ commercialisés cette même année complétés par l'activité sylvicole pour 2,5 millions d'euros. La coopérative totalise 23 000 adhérents avec de nombreuses petites propriétés et de ce fait des chantiers concernant souvent de petites surfaces.

Suivi du Barto-70® dans deux plantations de douglas en retard de dégagement

Christophe Vidal, CNPF-IDF

Le broyeur Barto-70® arrive à être performant dans du genêt à balais exubérant lorsque ce dernier tend à dissimuler et étouffer des plants de douglas. Preuve en a été apportée dans deux plantations en retard de dégagement situées dans le département de la Loire pour lesquelles un suivi a été réalisé par le CNPF.

Les jeunes plantations de douglas sont vouées à l'échec quand les entretiens ne sont pas faits à temps. La colonisation par le genêt à balais est lente au départ, mais au cours des deuxième ou troisième années qui suivent la plantation, elle peut être très rapide, à la faveur d'un sol relativement riche associé à des températures et des niveaux de précipitation favorables. Dans ces conditions, alors qu'une intervention manuelle réalisée avec une débroussailluse peut être dissuasive compte tenu de son coût et de la pénibilité du travail, le broyeur Barto-70® peut pallier un retard de dégagement et donc sauver une plantation.

Deux sites observés

Ces retards d'entretien ont été observés sur deux sites situés dans le département de la Loire, dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-contre. Leur point commun est d'être des plantations de douglas fortement colonisées par le genêt à balais avec un retard critique pour leur entretien.

La parcelle de **Champoly** est une plantation de 3 ans lors de l'intervention. Un sous-solage a été réalisé pour la préparation du sol et l'absence de souches la rend mécanisable. La plantation de **Renaion** est un cas inhabituel de fort envahissement par le genêt à balais dès la première année de végétation. Cette situation s'explique par une perturbation du sol plus importante lors de l'exploitation. Le reboisement a été réalisé un an après la coupe rase du précédent peuplement. Une année au cours de laquelle le genêt a pu commencer à s'installer d'autant que la surface du sol n'a pas été nettoyée après

l'exploitation. Des souches de douglas de gros diamètre étaient donc encore en place lors de la préparation localisée du sol qui a précédé la plantation, puis lors des entretiens.

L'objectif de cette étude a été d'analyser quelles sont les performances du broyeur Barto-70® monté sur une mini-pelle de 2,7 t ainsi que la réaction des plants et de la végétation concurrente. Le conducteur est Pascal Préfol (voir pages 26 et 27) pour les deux sites. Le broyeur a été chronométré sur une partie de la plantation avec un suivi spécifique au niveau de la placette d'observations destinée à mesurer la croissance des plants et la dynamique de la végétation pour les deux sites. Les durées enregistrées sont uniquement le temps de travail

Tableau 1 : Éléments descriptifs des sites et des dispositifs

Commune et topographie	Roche et sol	Caractéristiques plantation	Surface, type de placette, dégagement
Champoly (42) Altitude : 920 m Exposition : nord-est Haut de versant Pente : 20 %	Granite et tuf volcanique pH : 5 Texture : Limon sableux Charge moyenne en cailloux Profondeur : 110 cm	Douglas La Luzette Hauteur plant : 0,52 m Plantés en avril 2019 Densité : 3 m x 3 m soit 1100 / ha Aucun regarni	1585 m ² Mesures de 135 plants 8 placeaux de 10 m ² 1 ^{er} dégagement en octobre 2021
Renaion (42) Altitude : 690 m Exposition : est Milieu de versant Pente : 18 %	Granite pH : 4,8 Texture : Limon moyen sableux Forte charge en cailloux Profondeur : 65 cm	Douglas Washington 2 Hauteur plant : 0,38 m Plantés mars 2021 Densité : 3 m x 3 m soit 1100 / ha Aucun regarni	974 m ² Mesures de 108 plants 8 placeaux de 10 m ² 2 dégagements en décembre 2021 et en août 2022



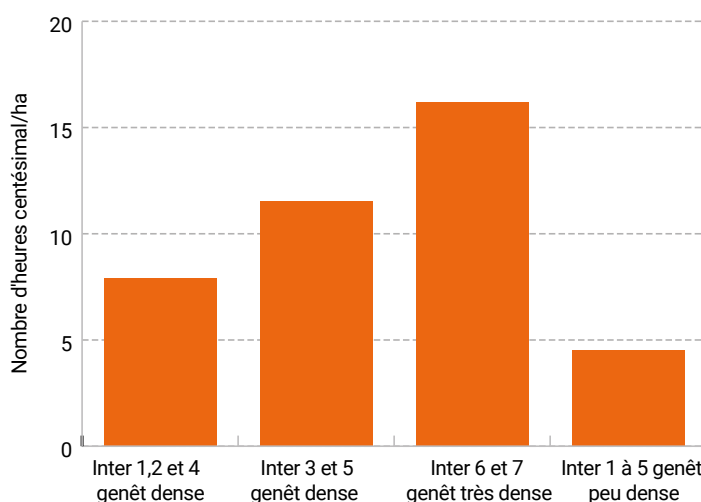
Plant de douglas (flèche rouge)
à peine visible dans le genêt.

Plant de douglas en cours
de dégagement par le broyeur.



Christophe Vidal © CNPF-IDF

Figure 1 : Chronométrage du temps nécessaire
pour le dégagement des plants selon les interlignes



Source CNPF

effectif de la mini-pelle. En dehors du temps de passage d'un plant à un autre, les temps de déplacements de la machine n'ont pas été pris en compte.

Champoly : concurrence croissante et perte de plants en augmentation

Sur le site de **Champoly**, l'intervention en dégagement a démarré début octobre 2021 et s'est arrêté le 14 octobre. Après la chute de neige de fin novembre 2021, le chantier n'a pas été poursuivi en sachant que la partie restante était très envahie par le genêt à balais avec -à priori- une plus forte mortalité. Le conducteur a circulé un interligne sur deux pour pouvoir dégager en localisé les plants de chaque ligne situés de part et d'autre de la mini-pelle. Le bras a balayé de droite à gauche devant la machine à la recherche des plants à dégager en coupant très peu de genêts sur l'interligne. Les genêts encore debout avant son passage sont donc écrasés par les chenilles et se relèvent peu par la suite. Cela permet de maintenir un passage à pied dans les genêts couchés, lequel est plus aisé en circulant dans le sens du passage de la mini-pelle. Lorsque les plants ne sont pas visibles dans une végétation vraiment trop dense, un passage en coupant les genêts sur l'interligne est nécessaire devant la mini-pelle puis latéralement à la recherche des plants. Lorsque le plant est trouvé, le broyeur positionné au bout du bras de la mini-pelle tourne autour du plant et coupe le genêt au ras du sol sur un rayon de 1 m (voir séquence photos ci-contre). La machine a été suivie sur 7 interlignes consécutifs numérotés de 1 à 7.

Les temps d'intervention varient du simple au triple en fonction de la visibilité des plants et de la densité des genêts (voir figure 1). Dans les parties d'interligne où le genêt est peu dense et les plants sont visibles, le temps d'intervention à l'hectare est de 4 heures et 30 minutes. Dans les parties d'interligne où le genêt est très dense et les plants difficilement visibles, le temps nécessaire passe à 16 heures par hectare. Ce contretemps a été exacerbé par la mortalité et donc l'absence de nombreux plants. Cela a compliqué la tâche de l'intervenant pour repérer les cimes des jeunes douglas au fur et à mesure qu'il avançait avec sa mini-pelle. Dans les derniers interlignes dégagés, les pertes en plants oscillaient entre 40 à 70 %. La moyenne

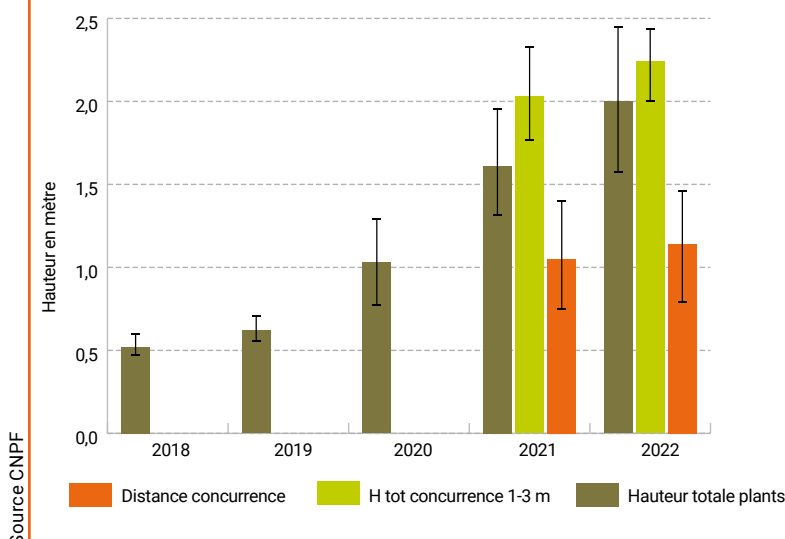
du temps de travail nécessaire pour les seuls interlignes 1 à 5 pour lesquels le genêt était dense est de 9 heures et 20 minutes/ha.

Champoly : une croissance faible et une stabilisation de la concurrence

Toujours à **Champoly**, les pertes de plants sont plus ou moins importantes selon les interlignes. Au niveau de la placette, il a été constaté en octobre 2021 une mortalité de 2 %. En ajoutant les vides, nous atteignons 18 %. Il faut en plus comptabiliser les 14 % de plants frottés par les chevreuils. Ces pertes et ces dégâts ont pu avoir lieu entre la plantation en avril 2019 et l'état des lieux en octobre 2021. La mortalité fin 2022 augmente de 5 %. Elle est surtout liée à un dépérissement des plants coiffés par le genêt avant le dégagement, frottés ou ayant subi un rougissement brutal au cours de l'hiver précédent. L'année 2018 (année en pépinière) donne la hauteur des plants à la plantation avec une moyenne de 0,52 m (voir figure 2). Les accroissements moyens en hauteur des plants indemnes passent progressivement de 10 cm en 2019 à presque 60 cm en 2021 malgré la concurrence des genêts au printemps de cette même année. Les trois quarts des plants de douglas se trouvaient dans l'étage dominant juste après le dégagement. En comptant les dominants contraints par le genêt, les dominés et les coiffés recouvert par le genêt, il y avait un risque de perdre les deux tiers des plants encore vivants. Fin 2022, il ne reste plus que 22 % de plants dont la hauteur totale n'a pas dépassée celle des genêts.

Fin 2021, la hauteur totale maximale de la végétation concurrente dans un rayon de 1 m à 3 m (H tot concurrence 1-3 m) et la distance du plant à cette végétation concurrente (Distance concurrence) ont été mesurées juste après l'intervention en dégagement en octobre 2021 (voir figure 2). Cette hauteur est en moyenne voisine de 2 m et la végétation concurrente est en moyenne à 1 m de distance du plant. En 2022, la croissance en hauteur de la végétation concurrente reste modérée avec environ 20 cm de plus par rapport à 2021. Elle est moins importante que celle des plants. La pousse des jeunes douglas a été en moyenne de 40 cm, soit pratiquement le double de celle, toujours en moyenne, réalisée par les genêts. La crois-

Figure 2 : Hauteur moyenne des plants indemnes et hauteur maximale de la végétation avec les écarts types



sance de ces derniers semble donc se stabiliser tant en hauteur qu'en largeur. C'est visible au niveau de la distance de la concurrence qui reste stable voire qui augmente légèrement.

Renaïson : une action délicate par le genêt couché et la présence de souches

Sur la plantation située à **Renaïson**, le dégagement a été réalisé en décembre 2021, après qu'une chute de neige ait couché les genêts sur les plants. Avant cette chute de neige, il y avait 45 % de plants coiffés et 50 % de plants dominés. Une fois la neige fondue, quasiment tous les plants étaient coiffés. Sur ce site, l'un des objectifs du suivi est de voir comment le conducteur fait franchir à sa mini-pelle des souches de douglas dont le diamètre est important. Dans la placette, il y a 60 souches à l'hectare. Pour pouvoir passer ces obstacles, Pascal Préfol a fait réaliser une plaque de protection positionnée au niveau des chenilles (voir photo page 36). Il monte sur la souche en s'appuyant avec la plaque de protection et en tirant avec le bras de la mini-pelle. Puis il la fait glisser de l'autre côté pour finir le franchissement. Le temps total de la manœuvre ne dépasse pas 30 secondes.

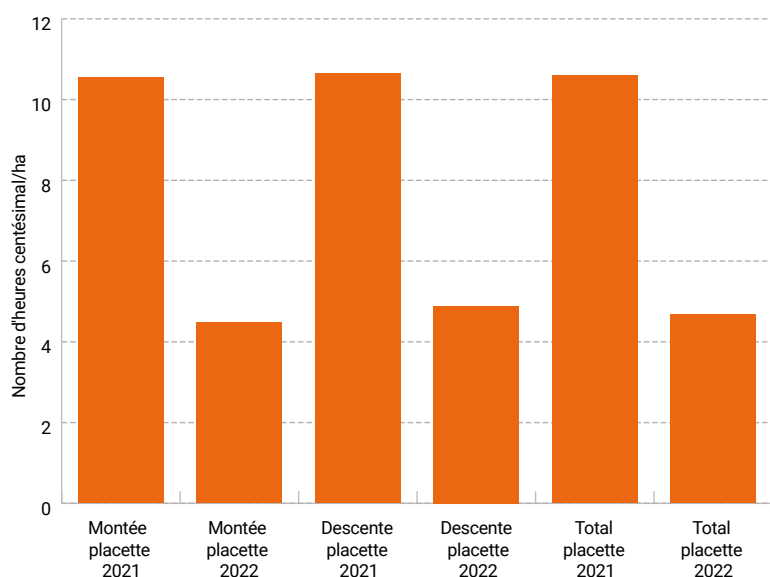
Le dégagement est réalisé en circulant entre deux lignes. Un cloisonnement sylvicole est créé lors de l'intervention un interligne sur deux. Selon la densité et la hauteur du genêt, la végétation concurrente au niveau du passage

Une plaque de protection est prévue sous la mini-pelle pour franchir les souches.



Christophe Vidal © CNPF-IDF

Figure 3 : Chronométrages des interventions selon le sens de la pente et selon les années



Source CNPF

est soit couchée par les chenilles ou bien systématiquement coupée si elle est trop dense. Après l'intervention, il reste une bande de genêts intacts, large de 1 m et correspondant à l'interligne où il n'y a pas eu de circulation de la mini-pelle. La préparation localisée lors du reboisement permet de limiter la présence de genêts à proximité des plants, et aide par la suite à repérer ces mêmes plants.

Il faut environ 10 heures 30 min / ha au niveau de la placette pour réaliser le dégagement (voir figure 3). Il n'y a pas de différence pour

une progression à la montée ou à la descente. Dans la plantation, les temps d'intervention atteignent un maximum de 15 heures 30 min à l'hectare quand la densité de genêts est importante.

En 2022, la vigueur de la végétation a rendu nécessaire une seconde intervention. Elle a eu lieu fin août, avec une mini-pelle de 3,5 t, donc plus puissante que celle utilisée l'année précédente. Comme l'indiquent les chiffres de la figure 3 ci-jointe, elle a permis de travailler pratiquement deux fois plus rapidement dans la mesure où la végétation était aussi nettement moins dense compte tenu du dégagement réalisé l'année précédente. Pour une densité de végétation similaire, Pascal Préfol estime à 10 % le gain de temps comparativement à la mini-pelle de 2,7 t. Le genêt avait peu progressé depuis le premier dégagement et les passages un interligne sur deux étaient bien visibles. C'est d'abord la présence de ronces et de fougère aigle et non celle des genêts qui ont nécessité le second entretien.

Renaissance : croissance juvénile correcte malgré la concurrence

Fin 2012, l'accroissement courant moyen des plants est de 17 cm. Il est correct pour une première année malgré la concurrence. Fin 2022, cet accroissement moyen passe à 38 cm. Ce chiffre ne doit pas occulter une mortalité supplémentaire de 9 % par rapport à fin 2021. Elle correspond à des plants coiffés, ayant une cime sèche et qui ne se sont pas remis de la concurrence de la végétation. La hauteur totale moyenne des plants fin 2022 est de 93 cm (voir figure 4). La moyenne de la hauteur maximale de la concurrence en 2021 dans un rayon de 1 m correspond à celle d'avant intervention. La moyenne de la hauteur maximale de la concurrence de 2021 au-delà de 1 m de rayon (H_{tot} concurrence 1-3 m) correspond à celle après intervention. Cette dernière hauteur correspond à des genêts couchés d'où la différence de hauteur totale avec les genêts proches de la végétation prise avant les chutes de neige de fin novembre 2021. Logiquement, la moyenne des hauteurs maximales de la végétation concurrente prise au-delà de 1 m de distance du plant devrait être similaire ou supérieure à celle de la végétation concurrente prise à une distance inférieure à 1 m du plant.

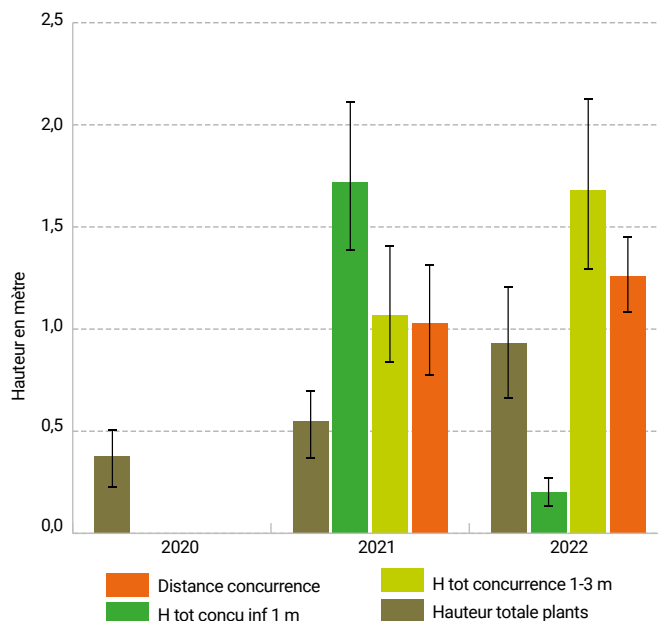
Fin 2022, les genêts au-delà d'une distance de 1 m du plant se sont partiellement relevés et ont difficilement rattrapé la hauteur de fin 2021 (logiquement proche de 1,72 m sans intervention du broyeur) avec une hauteur totale de 1,68 m. La distance à la concurrence de 2022 du fait de la seconde intervention en dégagement atteint 20 cm de plus par rapport à la distance de la concurrence de 2021 soit une distance totale de 1,26 m. En conclusion, la hauteur totale des plants fin 2022 reste encore en-dessous de la hauteur totale du genêt à balais. À contrario de l'année précédente, avant dégagement, le genêt n'est plus à proximité des plants mais il est à une distance moyenne d'environ 1,3 m et il les concurrence donc peu.

Comparons avec des dégagements manuels

L'idéal pour ces deux sites aurait été d'avoir une placette de comparaison où l'on réalise un dégagement sur la ligne à la débroussailleuse. Du fait de la pénibilité du travail et de son coût, il était difficile de mettre en place cette comparaison. Sur le site de **Renaïson**, c'était un autre entrepreneur qui était prévu pour réaliser le dégagement. Celui-ci n'a pas voulu faire le chantier face à la colonisation rapide du genêt et la connaissance de la capacité de travail du broyeur Barto-70®. Il estimait le chantier de dégagement sur la ligne à 16 heures par hectare en manuel en sachant que la parcelle fait une surface de 4 hectares environ. En fait, il a été chronométré en moyenne un peu moins de 10 heures de travail par hectare avec le broyeur Barto-70®. Il faut ajouter les temps de déplacement et d'entretien qui sont estimés à au moins 25 % du temps effectif du travail de la mini-pelle. Pour le chantier de Renaïson, nous avons un minimum de 12 heures 30 min pour le temps de travail du broyeur Barto-70®. Cela fait 22 % de temps en moins par rapport à l'estimation du dégagement manuel. Avec ces hypothèses, le travail de la mini-pelle est plus rentable que le travail manuel. Dans le cas d'une mini-pelle de 2,7 t d'occasion avec son chauffeur la différence du coût horaire est de 11 % au profit de l'opérateur avec une débroussailleuse. Le coût à l'hectare est au profit de la mini-pelle avec une différence de 13 %. Dans le cas d'une mini-pelle de 3,5 t sans prendre en compte l'augmentation possible du rendement par rapport à une mini-pelle de 2,7 t,

Source CNPF

Figure 4 : Hauteur moyenne des plants indemnes et hauteur maximale de la végétation avec les écarts types



le coût horaire est 33 % supérieur à celui avec une personne équipée d'une débroussailleuse. Le coût à l'hectare estimé est au profit de l'entretien manuel avec une différence faible de 4 %. L'augmentation du tonnage de la mini-pelle demande donc au chauffeur d'avoir un meilleur rendement pour compenser la différence du coût horaire par rapport à un opérateur avec une débroussailleuse.

Le raisonnement doit également prendre en compte la surface de végétation coupée. Nous verrons dans un prochain dossier sur les entretiens que les surfaces entretenues dans une plantation peuvent être similaires entre le dégagement sur la ligne et le dégagement à partir d'un cloisonnement sylvicole. Cette dernière méthode d'entretien est employée avec le broyeur Barto-70® qui a l'avantage de réduire son action de coupe sur le passage de la mini-pelle dans le cas d'une bonne visibilité des plants. La végétation est écrasée par les chenilles et l'action de coupe est privilégiée uniquement autour du plant (voir dossier Forêt-entreprise 206 de septembre 2012 « Bien dégager autour du plant »). La végétation entre le passage et le rayon du dégagement autour du plant est plus ou moins préservée. Elle peut faire écran et limiter la circulation du gibier en direction du plant. Cette méthode d'écrasement de la végétation est réalisable uniquement si la végétation n'est pas exubérante et en

Genêts couchés
après le passage
de la mini-pelle sur
la plantation de
Champoly.

l'absence de souches. Il en a été fait le constat sur les 2 sites où il y avait une obligation de couper au niveau du passage de la mini-pelle. Cette méthode par écrasement est également conditionnée par le type de végétation. Cette pratique est valable uniquement si elle n'est pas trop exubérante. Sinon, la végétation peut se redresser et repartir dans les parties les plus hautes et les brins, s'ils ne se cassent, peuvent grossir dans le cas des ligneux. Cette méthode d'écrasement est conditionnée par les futures interventions qui doivent rester mécanisées. Un entretien manuel après le passage d'une mini-pelle n'est pas toujours bien aisé. En effet, quand la végétation se redresse, elle complique sérieusement l'année suivante le passage à pied d'un opérateur surtout si ce dernier doit progresser dans le sens contraire de celui qui avait été retenu par le conducteur de la mini-pelle.

Mais il faut bien évidemment prendre également en compte la sécurité et la pénibilité du travail. Pour des végétations identiques et surtout denses, l'action de la machine sera

toujours plus rapide mais également moins pénible que si cette tâche est réalisée manuellement. Cette rapidité est à intégrer lorsque le programme des chantiers d'entretien est serré. Un opérateur en manuel a son rendement qui baisse au fur et à mesure que la journée avance. Son moral peut également baisser compte tenu d'un travail dont la pénibilité est accentuée par l'exubérance de la végétation, et l'avancement lent du chantier, auxquels s'ajoutent selon les saisons, la chaleur, l'humidité, les insectes, les épines et leurs piqûres respectives. Et à cet égard, sur une mini-pelle, la présence de la cabine est un élément protecteur appréciable pour l'opérateur.

Dans quels cas utiliser le broyeur Barto-70®

Il faudra réserver le recours au broyeur Barto-70® aux plantations où le développement de la végétation complique vraiment le travail d'un opérateur muni d'une débroussailleuse manuelle. Quand la végétation fait moins d'un mètre et que les cloisonnements ont au préalable été entretenus, l'intervention manuelle est préférable. Ces cas correspondent à des coûts peu élevés en dégagement. De même, quand les interventions doivent avoir lieu sur des surfaces limitées (moins de 0,5 ha), elles gagneront là encore à être réalisées par un opérateur en manuel, à condition que la végétation concurrente ne soit pas trop impénétrable. ■

REMERCIEMENTS

Aux propriétaires des parcelles forestières d'avoir accordé la mise en place de ces deux essais ainsi qu'aux gestionnaires qui ont participé en transmettant leurs informations sur les travaux. Merci également à Pascal Préfol pour sa participation active dans la concrétisation de ces deux essais.



Christophe Vidal © CNPF-IDF

Résumé

Deux sites ont été suivis dans le département de la Loire pour chronométrer le temps nécessaire pour dégager des plants de douglas à l'aide du broyeur Barto-70® puis analyser leur croissance. Il s'agit de deux plantations situées en moyenne montagne, fortement envahies par du genêt à balais. La première est une plantation de trois ans où il n'y a pas de souches résultant du peuplement précédent. La seconde est une plantation d'à peine un an avec présence de souches. Le broyeur Barto-70® arrive à être performant avec ou sans présence de souches. La visibilité préalable des plants a une grande importance dans la rentabilité de ce dégagement. Selon certaines hypothèses, son rendement peut être supérieur ou identique si on le compare au travail réalisé par un opérateur équipé d'une débroussailleuse portée.

MOTS CLÉS : Barto-70®, dégagement, genêt à balais, douglas.

Exemple de matériels d'entretiens

Christophe Vidal, CNPF-IDF

Des outils récents sur mini-pelle révolutionnent la petite mécanisation pour l'entretien des plantations. Les petits broyeurs font preuve de maniabilité et d'efficacité dans certaines conditions.

Le but de cet article n'est pas de faire une liste exhaustive de tous les matériels utilisables pour faire des entretiens sylvicoles car la liste serait longue. Cet article se focalise sur la petite mécanisation avec des engins inférieurs à 10 tonnes et propose un panel de matériel d'entretien les plus marquants. Nous nous intéresserons à des engins qui peuvent évoluer sur des terrains en pente. Les débroussailluses manuelles ne sont pas évoquées. Il en est de même pour les outils tractés comme les séries de disques ou de dents, et les rouleaux munis de lames. C'est une gamme d'outils bien adaptés à des surfaces planes ou peu pentues, avec un nombre réduit de souches où les linéaires sont supérieurs à 100 m.

Les outils sur mini-pelle

Le terme de mini-pelle est le plus souvent employé pour des engins d'un poids inférieurs à 5 tonnes. Dans cet article, nous étendrons ce terme aux pelles de 5 à 10 tonnes appelées également midi-pelles. Leur utilisation comme porte-outil permet ensuite de les utiliser pour différents usages. Le Sylva'Cass® a été inventé il y a une dizaine d'année par Claude Becker. Il est actuellement développé et commercialisé par la société Grenier Franco. C'est un outil simple et léger (65 kg). Son usage principal consiste à l'entretien des plantations et des régénérations naturelles dans une végétation supérieure à 3 m de haut pour le nettoyage ou le dépressage. Il casse les brins à différentes hauteurs (jusqu'à 3,5 m) pour mettre en lumière les plants sans trop éliminer la végétation basse. Il peut être utilisé en dégagement pour décaper la végétation à proximité du plant comme un tapis dense de graminées. Il peut également réaliser un travail sommaire du sol dans le cas de regarnis.

Les broyeurs sur mini-pelle sont nombreux. Ils incluent les broyeurs de type « épareuse » qui ne sont pas adaptés aux dégagements des plantations. La mise au point d'outils rotatifs qui demandent peu de puissance et dont les éléments coupant s'effacent devant les obstacles sont des innovations plus ou moins récentes. Nous nous sommes attardés sur le **Barto-70®** de chez Gallic Solutions (voir pages 26 à 29). Il existe aussi le **Slanetrac FF80®**, un gyrobroyeur équipé de 2 lames dont le diamètre d'action de

Le Sylva'Cass® peut associer plusieurs opérations en un seul passage, cassage, arrachage, travail jusqu'à 3,5 m de hauteur, préparation de sol.

Christophe Vidal © CNPF





Christophe Vidal © CNPF

Broyeur Slanetrac FF80 à Euroforest : sa conception permet à l'opérateur d'accéder aux endroits difficiles, de passer derrière ou en dessous des clôtures.

coupe est de 80 cm. CFBL, Coopérative forestière, en équipe ses 14 mini-pelles réparties dans 11 agences. L'avantage de ces outils est la possibilité de faire uniquement un dégagement localisé lorsque la végétation ne dépasse pas 1,5 m tout en écrasant la végétation sur l'interligne avec les chenilles. Lorsque la végétation dépasse cette hauteur, l'opérateur est obligé de broyer de temps à autre sur l'interligne. L'installation d'un rouleau à lames à l'avant de la mini-pelle peut aider dans le contrôle de la végétation en écrasant et en cassant la végétation.

Le Cultiplant® a été présenté pour la première fois à Euroforest en 2023.

Amaury Janny © SFCDC



Un nouvel outil, le **Culti-Plant®**, monté sur mini-pelle, peut limiter la concurrence au pied du plant par un travail du sol modéré. Il a été conçu en commun par la Société Forestière de la Caisse des Dépôts et Consignations et la société Grenier-Franco. Il a été testé sur 50 ha par la Société Bourgogne Sylviculture qui l'utilise maintenant couramment. De conception récente, il a été présenté pour la première fois à Euroforest en 2023. Des disques émotteurs travaillent le sol en surface et éliminent la végétation concurrente de part et d'autre du jeune plant en une seule action. Ils sont particulièrement efficaces contre les graminées. Une série de 3 disques se trouve à chaque extrémité d'un U renversé monté sur le bras de la mini-pelle. (voir photos ci-dessous) Les premiers essais ont permis de dégager 1300 tiges/ha à raison de 4 heures de travail/ha. Les disques émotteurs peuvent être remplacés par de petits rouleaux crantés de 40 cm de large pour écraser la végétation et plus particulièrement la fougère aigle. Des essais sont en cours pour observer les temps de travaux dans cette seconde configuration.

Petits broyeurs sur chenille

Il existe toute une gamme de porte-outils équipés d'un broyeur qui ne dépasse pas 10 tonnes. Les petits broyeurs téléguidés d'un peu plus d'1 tonne se sont fortement développés et donnent des possibilités intéressantes. Ces

Raphaële Varieras © GRENIER FRANCO



broyeurs à axe horizontal dont la largeur ne dépasse pas 2 m peuvent circuler dans des plantations aux lignes écartées de 3 m. Ils ont même la possibilité de traverser les lignes sans endommager les plants sur leur passage. À contrario des gyrobroyeurs sur mini-pelle où l'opérateur peut dégager autour des plants, l'usage des broyeurs cantonnés à l'interligne doit être couplé dans la plupart des cas avec un dégagement manuel localisé. C'est l'une des méthodes qu'emploie l'entreprise Jérôme Renardias (voir encadré ci-joint). Il lui arrive d'intervenir dans chaque interligne selon la demande.

Il existe aussi des petits broyeurs où le porte-outil sur chenille est équipé classiquement d'un poste de conduite. Il est possible d'équiper par exemple des petits chenillards Bobcat de 3 tonnes environ avec un gyrobroyeur à l'avant. La coopérative Alliance Forêts Bois a mis au point depuis presque 10 ans un porte-outil sur chenille qui est équipé d'un broyeur à axe horizontal. Le matériel qui a évolué depuis est utilisé au sein de l'Agence du Limousin. L'entreprise Gaspar et fils (voir encadré) a investi dans un porte-outil de 7 tonnes avec un broyeur à axe horizontal. Elle réalise des entretiens sur les interlignes en l'absence de souches. Comparé au broyeur téléguidé dont les puissances sont limitées, son gérant Paulo Gaspar préfère un porte-outil suffisamment puissant et pas trop encombrant avec la présence d'un poste de conduite. Le conducteur est ainsi à l'abri des intempéries et des projections et au plus près de la zone de travail.

Conclusion

Selon la dextérité de l'opérateur et les possibilités financières de l'entreprise, il y aura une première décision à prendre pour le choix du matériel. En comparaison du porte-outil équipé d'un broyeur, les mini-pelles munies d'un broyeur sont plus polyvalentes, sauf pour traiter une concurrence par les graminées. Les secousses répétées sont délétères sur l'état physique de l'opérateur. Les mini-pelles de 5 tonnes sont plus confortables par rapport à celles qui ont un plus faible tonnage. Mais une pelle plus lourde implique des investissements supplémentaires (véhicule de traction attelé à un porte char ou camion avec un système de benne ampliroll) et une gestion plus compliquée du transport de l'engin. Certains opérateurs ont fait le choix de la mini-pelle pour

Jérôme Renardias avec son broyeur téléguidé dans une plantation de douglas.

Christophe Vidal © CNPF



JÉRÔME RENARDIAS, ENTREPRENEUR AU MAYET-DE-MONTAGNE (ALLIER)

« Le coût global de mes chantiers d'entretien est de 700 € HT/ha avec mon broyeur téléguidé. »

Jérôme Renardias est entrepreneur dans la montagne bourbonnaise. Il emploie un ouvrier à mi-temps pour les entretiens manuels.

« J'ai investi il y a 3 ans dans un broyeur téléguidé Robogreen Evo de 45 ch de la marque italienne Energreen. Il coûtait à l'époque 54 000 € HT. À ce jour, il a environ 650 heures. Il est équipé d'un broyeur Forestry 130 à marteaux mobiles plus efficace dans le broyage de la végétation. Il coupe les genêts, la ronce et les petits arbustes. J'ai fait le choix de ce porte-outil pas trop volumineux pour que l'engin puisse se faufiler entre les obstacles (rochers, souches) Je suis également plus à l'aise pour conduire un broyeur qu'une mini-pelle. Il est également facile à transporter sur une remorque tirée par une fourgonnette où je peux mettre du matériel et notamment un quad. Le broyeur fait 1,3 m de large. Il peut au besoin circuler d'un interligne à l'autre pour éviter des obstacles. J'ai eu jusqu'à présent très peu de problèmes mécaniques, et je viens d'opter pour des chenilles métalliques qui ont plus d'adhérence.

Mais utiliser ce broyeur lorsque la végétation est peu dense et que seulement la moitié des plants ont besoin d'être dégagés n'est pas rentable. Dans ce cas de figure, il est préférable d'avoir recours à la débroussailluse manuelle. En revanche, lorsque la végétation est très dense, le broyeur va 2 à 3 fois plus vite qu'une personne avec une débroussailluse. Mais il le faut, car le broyeur est aussi 2 fois plus coûteux à l'utilisation. J'ai fait une comparaison avec un collègue qui réalise uniquement des entretiens à la débroussailluse manuelle. Le coût global de ses chantiers d'entretien lui revient à 900 € HT/ha alors que pour les miens en utilisant le broyeur téléguidé, je suis à 700 € HT/ha. »

limiter l'usage de la débroussailleuse, plus usante physiquement. Les petits broyeurs d'un peu plus d'une tonne sont plus simples à transporter et nécessitent dans certains cas un complément d'entretien localisé en manuel. Les chenillards de 3 à 10 tonnes concilient une puissance suffisante et une bonne maniabilité. Tous ces matériels peuvent évoluer dans des espaces réduits par l'écartement des lignes, les zones de retournement et la surface de la parcelle à traiter. ■

BIBLIOGRAPHIE :

JANNY A., 2023. *Un nouvel outil pour l'entretien des jeunes reboisements : le Culti-Plant*. La Forêt Privée n°391, pp 66-69



© Paulo Gaspar

PAULO GASPAR, ENTREPRENEUR À BOURGANEUF (CREUSE)

« J'ai fait le choix du compromis entre puissance et maniabilité »

La Sarl Gaspar et fils emploie une quinzaine de personnes pour réaliser des travaux de sylviculture notamment en plantation et en entretien.

« En 2019, j'ai souhaité investir dans un chenillard de 7 tonnes, un Caterpillar 299D® de 110 ch, équipé d'un broyeur à axe horizontal FAE. J'ai fait ce choix car c'est un bon compromis entre la puissance et la maniabilité. Il permet de soulager les salariés en manuel avec une débroussailleuse. La largeur du broyeur est de 2 m. Le coût d'intervention à l'hectare est inférieur à un premier dégagement sur la ligne. Pour dégager une plantation de douglas concurrencés par du genêt à balais, j'estime le coût à l'hectare à un maximum de 1750 € HT pour 4 dégagements. Le premier a surtout lieu lors de la deuxième année de croissance de la plantation et souvent, le 4^e dégagement n'est pas nécessaire. En fonction de la demande du client et de la dynamique de la végétation, je préconise un dégagement sur la ligne pour les deux premiers entretiens. Pour les entretiens suivants, le broyeur passe dans chaque interligne ou un interligne sur deux en le couplant ou non avec une intervention en manuel. Mon entreprise réalise chaque année l'entretien de 400 à 500 ha de plantation avec le broyeur »

**Chenillard Caterpillar 299D®
équipé d'un broyeur
lors d'un entretien
de plantation de mélèze.**

Résumé

Des innovations dans la petite mécanisation ont permis de développer des outils sur des mini-pelles dans le cadre des entretiens en forêt. Des broyeurs à axe vertical montés sur ces mini-pelles sont efficaces et polyvalents pour réaliser des dégagements autour du plant. Un nouvel outil traitant la concurrence à proximité des plants et monté sur une mini-pelle a vu le jour en 2023 et il est efficace pour traiter les tapis de graminées. Les petits broyeurs doivent souvent être associés à un passage manuel avec une débroussailleuse. Les outils télé-guidés se sont fortement développés ces dernières années.

MOTS CLÉS : Matériels, entretien, petite mécanisation

Des résultats mitigés pour la fraise rotative

La fraise rotative est un outil animé. Elle permet le travail du sol sur une bonne trentaine de centimètres de large et de profondeur de façon à faciliter la mise en place des plants. Le taux de reprise est ensuite contrasté selon les parcelles.

Florian Vast, Université de Lorraine, AgroParisTech, INRAE, UMR Silva, Nancy
 Alexandre Frauenfelder, CRPF Bas-Rhin, Schiltigheim
 Sébastien Harnist, Centre de formation Chateaufarine CFAA-CFPPA, Besançon
 Erwin Ulrich, ONF, pôle RDI de Fontainebleau-Compiègne
 Jonathan Pitaud, ONF, département Recherche, Développement & Innovation
 Catherine Collet, Université de Lorraine, AgroParisTech, INRAE, UMR Silva, Nancy

La plantation s'impose pour assurer le renouvellement forestier dans toutes les situations où la régénération naturelle ne permet pas d'obtenir le peuplement futur désiré : changement d'essence, installation d'un matériel génétique sélectionné, ou absence de semis naturels. Ces dernières années, la proportion de plantations réussies a notablement faibli, tout particulièrement les années présentant des déficits de pluviométrie et pour certaines essences de reboisement d'importance comme le chêne sessile ou le douglas (Boutte, 2020). La Préparation Mécanisée du Site (PMS) réalisée avant plantation permet d'améliorer significativement la reprise des plants et leur croissance initiale, notamment quand les plantations sont installées dans des conditions de sécheresse du sol printanière ou estivale, que l'on rencontre tout particulièrement sur les sites caractérisés par des sols à faible réserve en eau ou lors des années à faible pluviométrie. Une large gamme d'outils de PMS est disponible auprès des acteurs du renouvellement forestier pour améliorer la réussite des plantations. Ils permettent de lever différentes contraintes liées au sol (compaction, engorgement) ou à la végétation spontanée (compétition pour les ressources en eau, nutriments, lumière) qui peuvent entraver l'installation et le développement des plants.

Parmi l'ensemble des méthodes de PMS, le fraissage en bande est connu de longue date mais reste peu pratiqué en France. La fraise rotative (ou fraise forestière) est un outil tracté qui permet de travailler le sol en surface et

de détruire la végétation basse sur une bande le long de la future ligne de plantation, dans le but de faciliter la mise en place des plants et d'améliorer leur taux de reprise. Les avantages supposés sont une simplicité de mise en œuvre, une perturbation du sol et de la végétation localisée à la bande travaillée et des coûts de réalisation modérés. Des limites sont également évoquées, tout particulièrement l'existence d'impacts négatifs sur la structure du sol, avec des phénomènes de compaction et de lissage du sol causés par le passage de l'outil, qui se traduiraient ensuite par une mauvaise reprise et une faible survie à long terme des plants. Néanmoins, les performances de ces fraises, notamment leur impact sur le succès de la plantation, sont mal connues et il est actuellement difficile de se prononcer sur leur intérêt et leurs limites.

La présente étude vise à analyser le succès de plantations réalisées après un fraissage en bande, dans des chantiers conduits en gestion. Nous avons mené une analyse rétrospective dans deux régions, Alsace et Sologne. L'étude se base sur un bilan de la survie et de la croissance des plants après quelques années et sur le recueil de la perception de la méthode par les gestionnaires concernés.

1) Plusieurs modèles disponibles

La préparation est réalisée au moyen d'un outil tracté animé de type « broyeur de souche » ou « préparateur de sols ». Il est doté d'un axe rotatif horizontal muni de marteaux fixes (fig. 1 et 2), entraîné par la prise de force du tracteur

Figure 1 : Préparateur de sol tracté AHWI® PSF1000
Le rouleau suiveur visible à l'arrière de l'outil
est un module optionnel.



Léon Wehrén © INRAE

dont la puissance est généralement comprise entre 100 et 300 ch selon le modèle utilisé. En heurtant la surface du sol, les marteaux en mouvement broient la végétation et fragmentent les mottes de terre en particules fines. Le mouvement de rotation brasse la couche minérale avec la matière organique présente en surface. Les fraises travaillent le sol jusqu'à une profondeur de 35 cm et, selon la version utilisée, sur une largeur comprise entre 35 et 70 cm (fig. 3).

Plusieurs modèles sont actuellement disponibles :

- SCH et SCH/GT de la firme italienne FAE®,
- FMA 2628 de la société américaine Fecon®,
- FC et STAR-FC du constructeur italien SEPPI M.®
- KSH700, S700-650 PSF1000 du fabricant allemand AHWI® Maschinenbau GmbH.

Pour cette étude, le choix s'est porté sur le préparateur de sol AHWI® PSF1000, l'un des plus couramment utilisés. Ce modèle est muni de 12 éléments de fraissage montés sur un rotor autour d'un axe horizontal, qui prépare la bande de plantation sur une largeur de 35 cm. Il est généralement monté derrière un tracteur de 100 à 170 ch. Ce modèle peut être équipé d'un rouleau suiveur (en option) qui permet d'aplanir le sol travaillé (fig. 1)

Bilan des chantiers : survie et croissance des plants

En 2017, nous avons sélectionné 14 parcelles en forêts domaniales, communales ou indivises situées dans deux sylvoécorégions (SER), Plaine d'Alsace (SER C41) et Sologne-Orléanaise (SER B70), dans lesquelles des travaux de PMS

par fraissage avaient été réalisés entre 2006 et 2014. Avant la PMS, un broyage systématique sur l'ensemble des parcelles avait été réalisé. Au moment des mesures, les arbres étaient âgés de 2 à 13 ans. L'ensemble représente une surface plantée totale de 47,5 ha.

Les sols sont sableux à argileux, avec des traces d'hydromorphie. La végétation spontanée était composée de Fougère aigle, de Molinie bleue ou d'un mélange d'herbacées à base de ces deux espèces. Les essences plantées étaient le Pin sylvestre, le Pin laricio de Corse, le Douglas, le Mélèze d'Europe, le Chêne pédonculé et le Chêne sessile, parfois en mélange. Des relevés botaniques et pédologiques ont permis de délimiter 29 placettes présentant des caractéristiques homogènes (proportion de molinie et de fougère, texture dominante du sol, profondeur d'apparition des traces d'hydromorphie temporaire) réparties sur l'ensemble des parcelles (voir tableau 1 page 47). Toutes ont fait l'objet de dégagements, excepté à Dampierre-en-Burly et à Lamotte-Beuvron.

Les mesures ont porté sur 100 à 150 arbres plantés par placette, répartis par grappe de 10 tiges sélectionnées aléatoirement. En cas d'absence, nous avons cherché à retrouver l'emplacement du plant initial. Pour chacun, la survie a été notée (mort ou vivant). Dans les parcelles les plus jeunes (2, 3 ou 4 ans), la hauteur de chaque plant vivant a été mesurée. Dans les parcelles plus âgées (8, 9 ou 13 ans), les diamètres de chaque arbre vivant et la hauteur du plus gros de la grappe ont été relevés. Des valeurs moyennes de survie, hauteur et diamètre ont été calculées pour chaque placette et chaque essence.

Dans l'ensemble des placettes, le taux de survie des arbres depuis la plantation était de 79 % en moyenne, et variait entre 59 et 97 % (voir tableau 1 page 47). Hormis pour le douglas, peu adapté aux conditions stationnelles du site et qui n'atteint que 3,7 m à 13 ans, la croissance en hauteur des plants était satisfaisante, voire bonne dans certaines placettes. Nous n'avons pas mis en évidence d'effets du type de sol ou de végétation sur la survie ou la taille des arbres.

Appréciation de la méthode par les gestionnaires

L'analyse rétrospective de chantiers de gestion choisis *a posteriori* n'a pas permis de comparaison avec des plantations témoins ou de référence. Pour s'en rapprocher, nous avons mené

Figure 2 : Détails du préparateur de sol tracté AHWI® PSF1000, avec axe rotatif horizontal muni de marteaux fixes et rouleau suiveur.



Léon Wehrle © INRAE



un entretien téléphonique avec chacun des six gestionnaires des parcelles d'étude à l'issue des mesures.

Nous avons recueilli leur appréciation sur les performances de la fraise rotative et son intérêt pour améliorer le succès des plantations par rapport aux autres méthodes disponibles.

Une première série de questions portait sur les raisons qui ont conduit au choix de la fraise dans les chantiers étudiés, parmi l'ensemble des techniques utilisées localement. La raison principale différait selon les chantiers : « *outil qui semblait bien adapté aux conditions du site* », « *seul outil disponible localement dans la période d'intervention* », « *outil recommandé par l'agence travaux de l'ONF* », ou bien « *outil à tester* » ont expliqué les gestionnaires. Les informations sur la fraise et les conseils d'utilisation, qui ont finalement conduit à ce choix, avaient été fournis par l'agence travaux de l'ONF, obtenus auprès de collègues par « *bouche à oreille* », ou après des recherches personnelles.

Le cœur du questionnaire portait sur l'appréciation de la préparation à l'aide de la fraise. Lors de l'enquête, soit 2 à 13 ans après la plantation, les gestionnaires interrogés ont évalué très différemment les performances de la méthode :

- **survie et croissance des plants** : trois personnes ont estimé que la méthode a amélioré la survie et la croissance des plants par rapport aux méthodes PMS disponibles localement et un gestionnaire a considéré

qu'elle les a dégradées. Deux ont estimé que la méthode n'a pas eu d'effet notable sur le développement des plants.

- **contrôle de la végétation accompagnatrice** : deux personnes ont estimé que la fraise permet un « bon » contrôle de la végétation autour des plants, deux autres un contrôle « moyen », et une un contrôle « mauvais ». Toutes s'accordent sur le fait qu'elles n'ont pas constaté d'inversion de flore (changement du cortège floristique) après passage de la fraise.

- **engorgement** : les avis étaient contrastés, une personne ayant estimé que le passage de la fraise avait accentué l'engorgement, une autre qu'il l'avait réduit, les quatre dernières n'ayant pas observé d'effet notable de la méthode.

Les performances générales de l'outil ont été jugées satisfaisantes par quatre personnes, qui se sont dites prêtes à l'utiliser à nouveau, alors que les deux autres ont eu un avis globalement négatif. Elles ne recommandaient pas l'utilisation de l'outil parce qu'il n'apportait pas d'amélioration significative par rapport aux autres méthodes pratiquées localement.

Des résultats mitigés

La survie et la croissance des arbres observés quelques années après la plantation étaient très variables selon les sites. Le fraisage en bande n'a pas permis d'assurer partout une bonne installation et un bon développement des plants, même s'il a conduit à des taux de reprise élevés et des croissances soutenues

sur certains sites. Les données stationnelles recueillies (végétation, sol) n'expliquent pas la variabilité du succès de la plantation, et les parcelles présentant les caractéristiques qui nous semblaient *a priori* les moins adaptées à l'utilisation de la fraise (engorgement marqué, végétation dominée par la molinie) n'ont finalement pas montré de plus mauvaises performances des plants. Néanmoins, dans leur ensemble, les résultats de l'étude sur la survie et la croissance incitent à réserver la méthode aux sites présentant de faibles contraintes pour les plants, dans lesquels un coup de pouce semble suffisant pour assurer leur bonne reprise. Dans

les parcelles à fortes contraintes (sol à faible réserve en eau, végétation très compétitrice), les méthodes de préparation mécanisée plus intensives semblent assurer un taux plus élevé de reprise des plants.

Le fraissage en bande soulève des interrogations parmi les praticiens qui évoquent des impacts négatifs sur la structure du sol, qui induiraient une mauvaise reprise des plants. Lors de notre passage dans les différentes parcelles d'étude, nous n'avons pas observé ce type de réponse des plants. Il semblerait donc que ces impacts potentiels soient limités aux parcelles montrant des conditions particulières, comme un sol limoneux ou argileux sensible à la compaction et au lissage dus au passage de l'outil. Dans cette étude, nous avons évalué l'outil dans des parcelles de topographie plane, avec des sols présentant de très faibles charges en cailloux, et où la végétation avait préalablement été broyée en plein. Ces situations sont idéales pour la progression de l'outil. Les limites pour les conditions d'utilisation de l'outil ne sont pas connues mais il est fort probable qu'une pente marquée, un sol caillouteux ou l'absence de broyage soient autant de freins à son bon fonctionnement.

Figure 3 : Bandes fraisées sur une largeur de 35 cm.



Léon Wehrle © INRAE

Résumé

Par leur action mécanique, les fraises rotatives détruisent momentanément la végétation sur une bande de 35 à 70 cm de large avec un travail du sol sur une profondeur avoisinant 35 cm. Selon la largeur travaillée, elles nécessitent un tracteur d'une puissance comprise entre 130 et 300 chevaux. Avec une vitesse de 2 à 3 km/h, cela se traduit sur des parcelles au sol et relief très favorables par un débit de chantier autour de 1 ha/h. Ce travail du sol facilite la mise en place des plants. Une enquête réalisée en Alsace et Sologne sur 14 plantations essentiellement résineuses ayant bénéficié de cette technique fait état d'un taux de survie des plants compris entre 59 et 97 % au moins deux ans après leur mise en place.

MOTS CLÉ : plantation, préparation mécanisée du sol, fraise rotative

« Le fraissage peut s'avérer parfois intéressant pour contrôler la végétation et favoriser l'installation des plants. »

Nos résultats suggèrent que le fraissage peut s'avérer intéressant dans les sites peu contraignants (sol à bonne réserve en eau, végétation peu compétitrice), car il assure un contrôle temporaire de la végétation (environ un an) et peut ainsi favoriser l'installation des plants. En outre, la préparation du sol à l'aide de la fraise facilite le travail des planteurs, par des déplacements et une mise en terre plus aisés. Sur un plan paysager, le fraissage en bande est une préparation discrète avec des impacts visuels réduits et temporaires. Lors de la réalisation du fraissage pratiqué après un broyage de la végétation dans une parcelle sans obstacles majeurs, la vitesse d'avancement du tracteur est de 2 à 3 km/h, conduisant à une productivité d'environ 1 ha/h. ■

Tableau 1 : Caractéristiques des parcelles : espèce dominante dans la végétation accompagnatrice

SER	Commune	Végétation spontanée	Texture du sol	Profondeur hydromorphie (cm)	Essence plantée	Age (an)	Regarni	Plants vivants (%)	Hauteur (cm)
Sologne-Orléanais	Dampierre en Burly (Loiret)	FM	A	25	PS	3	Oui	60	44
		FM	S	85	PS	3	Oui	65	62
		F	A	30	PS	3	Oui	70	65
		F	S	80	PS	3	Oui	60	57
		M	AS	25	PS	3	Oui	61	53
		M	S	95	PS	3	Oui	77	65
	Lamotte-Beuvron (Loir-et-Cher)	F	S	-	PL	3	-	78	140
		M	S	90	PL	3	-	77	65
	Neuvy (Loir-et-Cher)	FM	SA	65	PS	3	Oui	85	55
		FM	S	60	PS	4	Oui	90	95
		F	SA	80	PS	3	Non	65	51
		F	S	90	PS	4	Non	80	114
		M	SA	40	PS	3	Oui	94	49
		M	AS	50	PS	4	Oui	80	84
	Vieilles maisons sur Joudry (Loiret)	FM	SA	45	PS	3	Non	78	84
		F	S	70	PS	3	Non	97	84
		M	A	30	PS	3	Non	72	67
	Vitry aux loges (Loiret)	FM	S	85	PS	3	Non	83	82
		F	S	80	PS	3	Non	90	111
		M	SA	65	PS	3	Non	84	74
		M	SA	45	PS	3	Non	59	57
Plaine d'Alsace	Betschdorf (Bas-Rhin)	FM	SA	85	PS	2	Non	97	72
		FM	AS	35	CP	3	Non	90	95
		FM	S	45	CS	3	Non	86	118
		FM	S	45	CS	8	Non	78	552*
		FM	S	20	PS	9	Non	97	479*
	Haguenau (Bas-Rhin)	M	SA	35	D	13	Non	61	371*
		M	SA	40	M	13	Non	90	878*
		M	SA	50	PS	13	Non	92	720*

(F : fougère, M : molinie, FM : mélange fougère-molinie), texture du sol (A : argileux, S : sableux), profondeur d'apparition de l'hydromorphie, essence plantée (PS : pin sylvestre, PL : pin laricio de Corse, CP : chêne pédonculé, CS : chêne sessile, D : douglas, M : mélèze d'Europe), âge des plants lors des mesures, réalisation de regarnis dans la parcelle (Oui, Non), pourcentage de plants vivants et hauteur moyenne des plants mesurés (les valeurs avec un astérisque représentent la hauteur moyenne des plants dominants dans les parcelles les plus âgées).

Installation de peupleraies mixtes : retours sur quelques exemples

Un recensement de quelques exemples de plantations de peupliers cultivars mélangés à d'autres essences a été réalisé dans les Hauts-de-France. Il donne un premier aperçu de la faisabilité de ces dispositifs ainsi que les précautions attenantes.

Noémi Havet, CNPF Hauts-de-France Normandie

Un premier travail de recensement en région Hauts-de-France a permis d'identifier quelques exemples réussis de plantations de peupliers mélangés à d'autres essences.

Plantation de hêtres et peupliers à Pas-en-Artois (Pas-de-Calais)

Après coupe rase d'une futaie mixte feuillue résineuse, un dispositif mélangé associant peuplier Fritz Pauley et hêtre a été installé en 2005. Deux lignes de peupliers ont été plantées à 7 x 7 m et on y a intercalé une ligne de hêtres distante de 6 mètres de part et d'autre des peupliers (voir figure 1 ci-dessous).

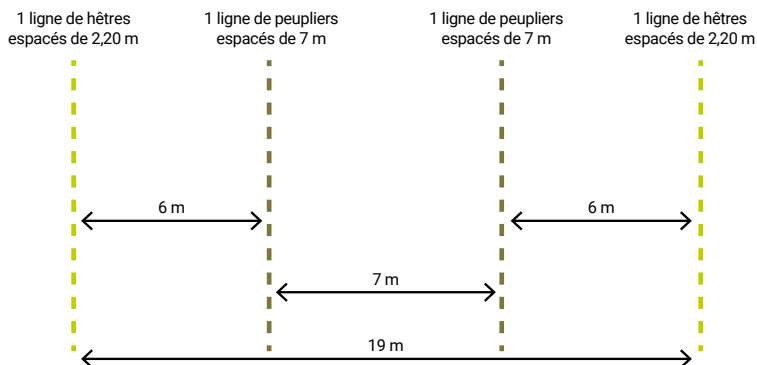
Les entretiens ont été réalisés par un passage en gyrobroyage tous les deux ans en moyenne, y compris le long des peupliers, taille de formation et élagage systématique à 4-5 mètres de haut pour tous les plants entre 2005 et 2013. Une coupe de taillis a été réalisée en 2014. Elle a permis de mettre en lumière des chênes pédonculés, châtaigniers et érables sycomores

issus de semis naturels ainsi que des bouquets issus de semis naturels dans les lignes partiellement dépourvues de peupliers. Ce dispositif innovant associe donc cinq essences en mélange dont trois issues de régénération naturelle. Il permet, avec une faible densité de plantation, de réduire les coûts d'installation et de pose des protections individuelles des plants mais impose toutefois un suivi très rigoureux. Les peupliers feront office de relais de production avec une récolte programmée vers 25 ans, ce qui imposera des conditions drastiques d'abattage dirigé (dans les bandes de peupliers) mais aussi de câblage si nécessaire (hors des bouquets de châtaigniers, érables, chênes). Le débardage sera aussi recommandé en saison sèche (été). Un surcoût d'exploitation des peupliers de quelques euros du m³ est prévisible, mais ce manque à gagner sera compensé par le maintien d'un peuplement mélangé avec l'objectif de récolte des châtaigniers et érables dans un premier temps, puis de hêtres et chênes.

Plantation de chênes pédonculés, aulnes glutineux et peupliers à Vred (Nord)

Après la coupe rase d'une peupleraie, une plantation de peupliers (cultivars Ghoy et Trichobel) en mélange avec des chênes pédonculés et des aulnes glutineux a été réalisée sur un hectare en 1998. Les peupliers sont installés sur une maille de 12 x 12 m avec entre chaque ligne les feuillus durs. Comme le degré d'humidité du sol est différent entre le haut et le bas de la parcelle, Trichobel et chênes pédonculés ont été implantés plus en hauteur alors que le fond de la parcelle a bénéficié des Ghoy et aulnes glutineux. Les tailles de formation et élagages

Figure 1 : Présentation d'un dispositif mixte alliant plantation de peupliers et de feuillus.





Gilles Poulain @CNPF

À Pas-en-Artois, 17 ans après la plantation, peupliers et hêtres sont bien développés mais ces derniers ont nécessité la pose d'une protection individuelle compte tenu de l'abondance des chevreuils.

ont été menés régulièrement. En 2012, il y a eu une éclaircie dans les aulnes et chênes. 2013 a marqué la fin du dispositif avec une exploitation des peupliers à 15 ans pour compléter un lot communal contre l'avis du CNPF qui souhaitait maintenir les peupliers durant quelques années encore. L'abattage directionnel a été réussi. En 2022, une éclaircie dans les aulnes a été réalisée comme le montre la photo ci-contre. Le diamètre moyen de ces derniers est de 30 cm et de 15 cm pour les chênes, de belle forme générale. Du recru est présent sur la parcelle. Sur ce dispositif, les écartements et les éclaircies régulières ont permis d'avoir un développement des trois essences.

Plantation de hêtres sous couvert de peupliers à Bellignies (Nord)

Sur d'anciennes terres de cultures, des peupliers Robusta ont été installés selon une maille de 9 x 8 m en 1982. Après un élagage de ces derniers, des hêtres ont été introduits en 1990 (8 ans plus tard) sur une interligne sur deux avec un écartement de trois mètres sur la ligne (208 hêtres /ha). Les tailles de formation et les élagages ont été menés sur les deux essences. En 2021, les peupliers ont été abattus « directionnellement ». Ils avaient un diamètre moyen commercialisable de 50-60 cm de diamètre contre 20 cm pour les hêtres. À la suite, une ligne de merisiers a été installée entre les hêtres avec un écartement de cinq mètres sur la ligne (voir photos pages suivantes).

Figures 2 : dispositif de Vred (Nord) en 2022 et schéma du dispositif initial



Cette photo a été prise peu de temps après l'abattage des peupliers et juste après la première éclaircie dans les aulnes.



Les tailles de formation et l'élagage sont indispensables pour obtenir une bille de bonne qualité avec ce type de dispositif.

N. Havet et Gilles Poulain @CNPF

Romain Provost @CNPF

Figure 4 : Dispositif Peupliers- Hêtres de Bellignies (59) en 2010 (à gauche) – Dispositif juste après l'exploitation des peupliers en 2021 (à droite)



Gilles Poulain @CNPf

1 Forêt-entreprise n° 178,
Janvier 2008.

En observation, on peut s'interroger sur le risque futur de coup de soleil sur les hêtres lié à leur isolement. Mais ce dispositif bien réalisé a cependant permis de coupler deux sylvicultures en une, avec une plantation de hêtres déjà bien installée au moment où ont été abattus les peupliers.

La prospection d'autres exemples en France donne des dispositifs essentiellement noyers-peupliers.

En Occitanie, une disposition des noyers plantés à 14 m x 14 m soit 51 arbres/ha avec une plantation intercalaire de peupliers à 7 mètres soit 204 peupliers/ha a été testée. Les objectifs d'exploitation sont de 20 ans pour les peupliers et 40 ans pour les noyers. Les peupliers devaient gagner les noyers et être exploités en récolte intermédiaire, mais ces derniers ont finalement pris le dessus et les rôles se sont inversés. La station est adaptée pour ces deux essences mais le dispositif est à améliorer pour les densités. Ces observations sont reprises dans le travail de Jacques Becquey¹ qui réfute l'hypothèse d'avoir une récolte de peupliers en densités classiques (7 x 7 ou 8 x 8 m) au préalable car les noyers restés sous abri sont dominés voire disparaissent faute de lumière suffisante. Dans le Gard et en Gironde, deux plantations visant elles aussi à analyser cette association d'essences ont été testées. Elles ont respectivement été mises en place en 1998 et 1999 sur sols alluviaux avec un mélange par lignes alternées pour faciliter l'installation et l'exploitation et limiter aussi le phototropisme. Des mesures jusqu'à 8 ans mettent même en avant des croisances meilleures pour les noyers en mélanges que pour les noyers purs. Ceci s'explique par l'effet protecteur des peupliers face au vent. Cet effet perdure uniquement si les peupliers sont exploités à temps. ■

Des dispositifs complexes, mais intéressants pour changer d'essence

Ces dispositifs très complexes à gérer nécessitent une sylviculture très suivie des mélanges. Leur finalité reste intéressante en cas de changement de type de peuplement ou d'essence. Les dispositifs qui ont le mieux fonctionné donnent les enseignements suivants :

- Avoir des implantations de peupleraies plus larges (9 m entre les lignes, sur la ligne on peut aller de 6 m à 10 m) ;
- Préférer des peupliers à port fastigié (Koster, Trichobel...) ;
- Disposition par lignes alternées ;
- Protéger les plants ;
- Travail du sol préalable et conduite des tailles de formation et élagage sur les sujets ;
- Pour les mélanges « noyers + peupliers » mettre les lignes de noyers à 8, 9 voire 10 m de celles des peupliers. Même si les noyers se trouvent ensuite à 18 - 20 m, les houppiers prendront une grande partie de l'espace avec un objectif de produire des Gros Bois /Très Gros Bois à terme ;
- Exploiter les arbres au bon moment (ne pas attendre) quitte même à anticiper la récolte des peupliers si besoin ;
- Prévoir quelques euros supplémentaires pour avoir un abattage directionnel maîtrisé des peupliers et pérenniser le peuplement en soignant également le débardage.

De plus en plus de forêts achetées par des personnes morales

La Fnsafer réalise chaque année une analyse des marchés fonciers ruraux. Les grandes évolutions constatées pour les ventes et achats de forêts sont incluses dans ce travail. L'année 2022 s'est traduite par une progression de l'activité et par une hausse du prix moyen des surfaces vendues, lesquelles sont de plus en plus plébiscitées par les personnes morales privées non agricoles et non forestières.

François d'Alteroche

Progression des prix, progression des surfaces vendues et part croissante des achats par des personnes morales... C'est, tracé à grands traits, le bilan du marché des forêts¹ pour l'année 2022, tel qu'il a été dressé et présenté par la Fédération nationale des sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural (Fnsafer) en décembre dernier. Cette analyse est réalisée chaque année. « Les évolutions des marchés, les flux et les dynamiques territoriales sont suivis à partir de la connaissance des ventes des biens agricoles et ruraux (forêts, vignes, terres et prés, bâtis agricoles ou ruraux), des prix, des vendeurs et des acquéreurs. En effet, les Safer sont informées par les notaires de tous les projets de vente qui ont pour objet des biens immobiliers ruraux (depuis 1962) ou des parts sociales ou actions de sociétés agricoles (depuis 2016). C'est une obligation légale et réglementaire » rappelle la Fnsafer. Pour le marché des forêts, cette analyse se base sur toutes les parcelles de un hectare ou plus, comportant au moins 80 % de surfaces cadastrales de bois, taillis, futaies. Elle intègre également les surfaces boisées pour les transactions mêlant bois, terres, prés et/ou vignes. Autant de biens incluant parfois également du bâti.

Tarifs en progression

En 2022, une des données clés relevée concerne la poursuite de la progression des prix. Le marché des forêts termine même l'année 2022 au plus haut, tant pour les surfaces vendues que pour la valeur de ces dernières. Le prix moyen à l'hectare est de 4630 euros, en progression de 4,2 % comparativement à 2021 avec des différences sensibles selon les surfaces des forêts concernées. « Après deux années de

hausse, le prix moyen des forêts de 1 à 10 ha baisse pour la deuxième année consécutive en 2022 (-5,8 % à 3580 euros/ha). À l'inverse, le prix des forêts de 10 à 25 ha progresse encore (+ 3 %), repassant au-dessus des 4000 euros/ha. Le prix des forêts de plus de 25 ha bondit de 10,2 %, dépassant le seuil de 5000 euros/ha, pour atteindre un niveau inédit à 5350 euros/ha » précise la Fnsafer dans son rapport. Cette moyenne des prix ne doit surtout pas occulter la très large fourchette des tarifs pour ces transactions. Ces derniers prennent en compte la qualité des peuplements, leur localisation, leur superficie, le potentiel des sols, l'état sanitaire des différentes essences présentes, le relief, le climat, l'accessibilité, le potentiel cynégétique... La Fnsafer précise simplement que 90 % des transactions ont été effectuées à un prix moyen compris entre 700 et 14 800 euros/ha.

Prix des forêts par classe de surface en 2022

Classe de surface	Prix moyen par ha	Évolution 2022/2021
De 1 à 10 ha	3580 €/ha	-5,8 %
De 10 à 25 ha	4200 €/ha	+ 3,0 %
Plus de 25 ha	5350 €/ha	+ 10,2 %
Prix moyen	4630 €/ha	+ 4,2 %

Note : Les prix par classe de surface sont des moyennes biennales.

Source : Groupe Safer

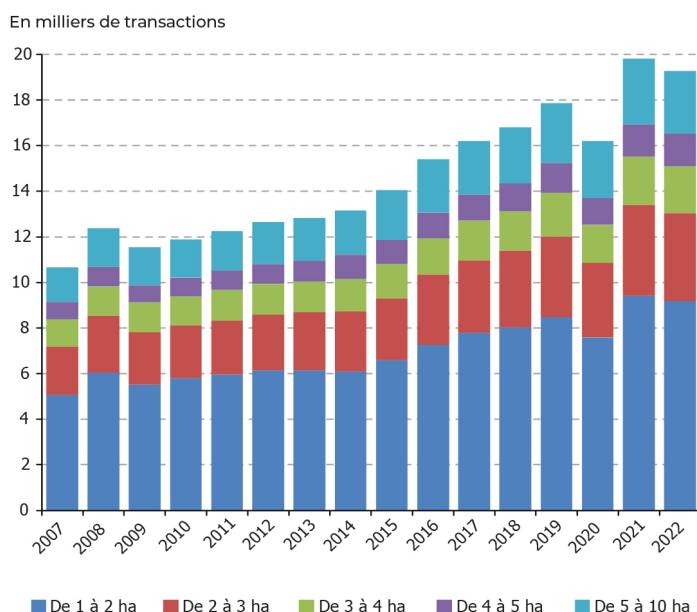
Progression des surfaces vendues

Si on analyse ensuite l'évolution des surfaces échangées, le seuil des 150 000 ha est largement dépassé, puisque 155 100 ha ont changé de propriétaire en 2022 soit une poursuite de l'évolution constatée depuis le début du XXI^e siècle. À la fin des années 1990, le marché des forêts avoisinait 100 000 ha par an.

¹ Voir aussi Forêt & Innovation n° 2 pages 56 à 59, Tendances haussières pour le marché des forêts en 2022.

L'évolution flagrante de 2022 concerne la contribution accrue des forêts de plus de 50 ha dans le total des surfaces vendues. « *Les transactions de grandes forêts soutiennent le marché en nombre, surface et valeur. Elles portent les surfaces mises en vente à un nouveau sommet* » souligne le rapport de la Fnsafer. En effet, alors qu'elles avaient été en repli de 5,3 % en nombre et de 2,2 % en surface en 2021, les ventes de grands massifs (plus de 50 ha) ont rebondi en 2022. C'est d'ailleurs la forte dynamique pour le marché des forêts de plus de 100 ha qui a largement contribué à faire progresser le total des surfaces vendues dans la mesure où le nombre de transactions pour les forêts de plus petite dimension (moins de 50 ha) est en recul. À signaler également que sur les 21 850 transactions prises en compte dans cette analyse, une part non négligeable (5 660) incluait des biens bâtis.

Évolution du nombre de transactions sur le marché des forêts de 1 à 10 ha par classe de surface entre 2007 et 2022.



Source : Groupe Safer

Marché des forêts par classe de surface en 2022

Classe de surface	Nombre de transactions	Évolution 2022/2021	Surfaces* de forêt vendues	Évolution 2022/2021
Moins de 10 ha	19 280	- 2,7 %	54 900 ha	- 2,8 %
De 10 à 25 ha	1 630	- 6,5 %	24 800 ha	- 6,5 %
De 25 à 50 ha	480	- 5,7 %	16 500 ha	- 5,3 %
De 50 à 100 ha	270	+ 4,6 %	18 900 ha	+ 4,1 %
Plus de 100 ha	190	+ 14,2 %	40 000 ha	+ 20,3 %
Ensemble	21 850	- 2,8 %	155 100 ha	+ 2,2 %

*La surface considérée est la surface en bois et taillis.

Modeste inflexion de la tendance de fond pour les forêts de 1 à 10 ha

En 2022, les ventes de forêts de 1 à 10 ha sont en léger recul (- 2,7 %), trahissant une modeste inflexion de la tendance de fond observée au cours de ces quinze dernières années. Elle fait suite à une progression des ventes quasi ininterrompue depuis 15 ans pour cette catégorie de surface. Cette progression s'expliquait par plusieurs facteurs. Elle correspondait souvent à la volonté de réaliser un placement dans ce qui était alors considéré comme une valeur refuge. Mais ces achats pouvaient également correspondre à une parcelle forestière pour l'agréement ou pour se procurer du bois de chauffage. « *Depuis 2016, le plafonnement des émoluments des notaires (maximum de 10 % et minimum de 90 euros) a pu également stimuler la tendance. Destiné à lutter contre le morcellement forestier, ce plafonnement limite les frais qui auparavant pouvaient représenter plusieurs fois la valeur du bien et constituer un obstacle à la vente* » précise la Fnsafer. D'ailleurs, la progression du nombre de transactions s'est accélérée depuis l'application de la mesure (voir graphique ci-contre), avec une hausse annuelle moyenne de 6,2 % entre 2015 et 2019, contre seulement 3,3 % entre 2009 et 2015. « *En revanche, l'instauration en 2010 d'un droit de préférence au profit des propriétaires forestiers voisins d'une parcelle boisée de moins de 4 ha mise en vente ne semble pas avoir d'impact. Entre 2010 et 2019, la progression du nombre de transactions de biens bâtis et non bâtis de moins de 4 ha (+ 48 %) est moins rapide que celle des biens de 4 à 10 ha (+ 56 %).* »

Analyse du profil des acheteurs

Cette étude sur le marché des forêts analyse également la répartition des surfaces achetées selon le profil des acquéreurs. « *Les acquisitions de personnes morales privées agricoles et forestières s'élèvent à 45 500 ha cette année et continuent leur progression (+ 13,9 %).* » explique la Fnsafer. « *Cette catégorie d'acquéreurs pèse désormais pour 29 % du marché. Les autres personnes morales privées voient également leurs acquisitions progresser (+ 15,1 %), à 23 200 ha, soit 15 % du marché. Cumulées, les surfaces acquises par les personnes morales privées progressent de 29 %. Elles représentent 68 700 ha, soit 44 % des surfaces acquises en 2022.* » Dans le même temps, les surfaces achetées par des particuliers se replient de 11,4 %. Leur

Source : Groupe Safer

part de marché diminue de 4 points (25,5 %) et n'a jamais été aussi basse.

Bien que leur solde d'acquisitions soit positif, les achats par des personnes physiques agricoles pour des biens boisés sont eux aussi en repli (- 8,4 %). Les acquisitions par des personnes publiques diminuent de 10,4 % après

deux années de stabilité. Leur part du marché, déjà très faible, se réduit encore (2 % en 2022 contre 3 % en 2021). À l'instar des années précédentes, ce sont les personnes physiques non agricoles et les indivisions qui alimentent le plus le marché en ventes de surfaces boisées (70 % du marché, soit 108 600 ha). ■

Répartition annuelle des surfaces échangées et surface triennale du lot moyen sur le marché des forêts par type d'acquéreur en 2022

	Achat (ha)	Part du marché	Vente (ha)	Part des ventes	Bilan (ha)	Surface du lot moyen acquis (moyenne triennale) 2020-2022 (ha)
Personnes physiques agricoles	15 100	9,7 %	5 900	3,7 %	+ 9 200	4,4
Personnes morales privées agricoles et forestières *	45 500	29,3 %	22 200	14,3 %	+ 23 300	20,8
Personnes morales privées non agricoles et non forestières **	23 200	14,9 %	13 800	8,7 %	+ 9 400	11,8
Personnes publiques ***	3 900	2,5 %	1 200	2,5 %	+ 2 700	6,4
Personnes physiques non agricoles	39 600	25,5 %	51 000	32,7 %	-11 400	5,3
Indivisions	26 500	17 %	57 600	37,1 %	- 31 100	4,5
Statut non déclaré	1 200	0,8 %	3 300	2,1 %	- 2 100	5,8
Ensemble	155 100		155 100		0	7

* Y compris les groupements forestiers.

** Institutionnels, banques, assurances, autres sociétés privées, etc.

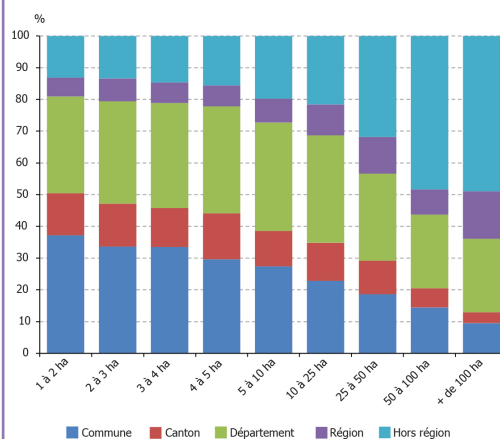
*** État, collectivités et établissements publics.

Les petites forêts plutôt destinées aux acquéreurs locaux

Quand il s'agit de personnes physiques, l'origine des acquéreurs de forêts est étroitement liée à la classe de surface des biens. Les petites forêts sont plutôt destinées à un marché local. Pour les bois dont la surface est de 1 à 2 ha, 37 % des acquéreurs résident dans la commune où est situé le bois qu'ils achètent (voir graphique ci-contre). Les grands massifs sont eux plus souvent achetés par une clientèle plus éloignée. Les acheteurs domiciliés hors région représentent ainsi au minimum 48 % des transactions réalisées sur des biens supérieurs à 50 ha et jusqu'à 49 % sur les forêts de plus de 100 ha.

L'échelle départementale semble l'origine la plus récurrente sur l'ensemble des transactions, quelle que soit la surface concernée par les biens boisés, avec une proportion d'acquéreurs départementaux comprise entre 23 % et 37 % selon la classe de surface, soit 30 % en moyenne sur l'ensemble du marché.

Répartition du nombre d'acquisitions réalisées par des personnes physiques par origine géographique des acquéreurs et par classe de surface sur le marché des forêts en 2022



* Acquisitions réalisées par des personnes physiques, soit 51 % des acquisitions en 2022.

Synthèse de données « anciennes » sur les hannetons

La problématique posée par les hannetons en forêt n'est pas nouvelle. Une étude des archives a permis de constater que la surabondance de cet insecte est relatée depuis au moins la fin du XV^e siècle. Pour autant aucune solution idéale n'a encore été trouvée pour endiguer, certaines années, l'exubérance de ses populations.

Delphine Sellier et Florentin Madrolles, Office National des Forêts

Depuis le début des années 2000, on constate en France une augmentation spectaculaire des populations de hanneton en forêt, d'abord dans le Nord-Est puis en Picardie et en forêt de Fontainebleau. À tel point que les dégâts mettent parfois en péril le renouvellement des forêts. Cette situation pré-occupante concerne d'autres pays européens où de nombreux projets et études ont été mis en place pour lutter contre les hannetons ou à défaut s'y adapter.

Néanmoins, tous les spécialistes et tous les territoires touchés sont démunis face au manque de moyens efficaces et autorisés pour lutter contre les hannetons. En France, le constat est similaire. Des recherches sont actuellement en cours pour identifier de nouveaux moyens de lutte et des techniques sylvicoles adaptées à la lutte contre ce ravageur polyphage. En plus

de ces recherches, le Département recherche, développement et innovation (RDI) de l'ONF a décidé d'explorer notre passé pour capitaliser des informations et retours d'expériences.

Pour cela, 3393 données historiques ont été répertoriées et consultées. Elles se répartissent en 3 catégories : les monographies d'espèces, les articles de revues anciennes et les archives historiques. Sur le plan chronologique, leur date de parution s'échelonne entre 1422 et 2020, soit près de 600 ans. Cette étude visait à déterminer si des pullulations avaient déjà eu lieu dans le passé. Son objectif était également de répertorier les différents moyens de lutte utilisés tout en indiquant les pistes de travail actuellement à l'étude pour contenir les populations. Cet article de synthèse présente un condensé de ce travail en le focalisant sur les moyens de lutte vis-à-vis de cette espèce.

Les larves de hanneton se nourrissent des racines des plantes et leur appétit les rendent particulièrement dangereuses pour les plantations.

Gilles Bossuet © CNPF



Rappels sur la biologie du hanneton

Il existe en France deux espèces de hanneton communément présentes en forêt : le commun et le forestier. Toutes les deux sont connues pour leurs dommages. Les adultes peuvent provoquer des défoliations spectaculaires tandis que les larves, en se nourrissant des racines des arbres, occasionnent des dégâts, en particulier dans les parcelles en régénération. Si elles sont présentes en nombre vraiment conséquent, les larves sont un facteur aggravant pour le dépérissement des arbres adultes.

Le **hanneton commun** (*Melolontha melolontha*), plutôt présent en lisière, est une espèce répandue dans toute l'Europe centrale (Nageleisen, 2013) où il affectionne un climat tempéré. Les climats trop secs (régions méditerranéennes) ou trop froids et trop humides (régions nordiques) lui sont défavorables. En France, il semble moins présent dans le Sud et en Bretagne.

Le **hanneton forestier** (*Melolontha hippocastani*) est davantage présent au cœur des massifs. C'est une espèce de climat plutôt continental (Nageleisen, 2013), mais elle fuit les zones où l'hiver est trop rigoureux. Cette espèce est moins présente dans le Sud de l'Europe où le climat est plus chaud et sec.

Le cycle biologique du hanneton forestier s'étend sur 4 ans et celui du hanneton commun sur 3 ans. Il comporte classiquement deux phases distinctes : une phase adulte aérienne très courte (3 à 6 semaines) et une phase larvaire souterraine beaucoup plus longue (3 à 4 ans). Autrement dit, l'essentiel de la vie des deux espèces se déroule sous terre. Quelques 27 essences forestières et différentes plantes annuelles cultivées sont consommées par les hannetons. Les chênes, les pins, le hêtre et le douglas sont les plus prisés.

Selon les régions différents noms locaux anciens sont utilisés pour désigner les larves de hanneton : vers blancs, bardoires, mans, cancouelles, vers turcs, vers meuniers...



© Luc Croisé / ONF

Louis Amandier © CNPFP



Les moyens de lutte passés et récents et perspectives

Si les hannetons sont de grands consommateurs de racines au cours de leur phase larvaire, ils servent à leur tour de nourriture à de nombreux autres animaux tant au cours de leur phase larvaire qu'aérienne. Plus de 50 espèces (mammifères, oiseaux, reptiles et amphibiens) consomment ou détruisent des hannetons de manière plus ou moins occasionnelle. L'homme fait également partie des autres principaux exterminateurs et mis au point plusieurs procédés pour les détruire.

Certains ont disparu depuis de longues années, d'autres ont été interdits. Les recherches se poursuivent pour en mettre au point de nou-

veaux afin de tenter de contenir la taille des populations mais également limiter les dégâts engendrés.

Le hannetonage

Au XIX^e siècle, le seul moyen de lutte utilisé fut le hannetonage. Ce procédé est décrit dans bon nombre d'ouvrages, et notamment dans un article anonyme paru en 1892 dans la Revue des eaux et forêts : « *Le personnel des chasseurs est divisé en équipes de quatre individus (hommes, femmes ou enfants). Chacune est munie : 1° d'une bâche en toile d'emballage de 3 m sur 2 m maintenue rigide par deux gaules en bois flexible ; 2° d'un long bâton armé d'un crochet ; 3° d'un sac en grosse toile. L'équipe ainsi*

L'essentiel de la vie du hanneton a lieu sous terre avec une phase larvaire qui dure 3 à 4 ans selon l'espèce, suivie d'une phase aérienne d'environ un mois.

La destruction des hannetons était à une époque décrétée d'utilité publique avec une récompense à la clé comme en témoigne cet arrêté municipal signé du Maire de Senlis (Oise) en 1889.



Crédit : Delphine Sellier © ONF

outillée, les deux porteurs de la bâche la tendent sous les branches chargées de hannetons. Le troisième opérateur secoue les branches soit à la main, soit avec le bâton à crochet ; les hannetons tombent sur la toile et viennent s'amonceler au centre.

Pendant les premières heures du jour (de 4 h à 7 h), les hannetons engourdis ne cherchent pas à s'échapper de la bâche. On s'occupe ensuite de les enfermer dans le sac porté par le quatrième opérateur, puis on les détruit facilement soit en les plongeant dans l'eau bouillante, soit en les jetant dans un lait de chaux en fosse ou en tonneau ».

Afin de favoriser cette pratique, des syndicats de hannetonnage ont été créés. Le premier fut fondé en 1886 dans le département de la Mayenne par Léopold Le Mout (Fourche, 2004). Sa fonction était d'organiser le ramassage des insectes dans le département. En 1888, l'Orne se dote également de cet organisme. En 1889, fort du succès de ces deux syndicats, le Ministère de l'Agriculture demande à L. Le Mout de créer dans toute la France des organismes similaires. Dans la plupart des cas, les participants étaient des vieillards, des femmes, des enfants ou des employés municipaux. Afin, d'aider cette population, souvent pauvre et favoriser le hannetonnage, le kilo de hannetons ramassé était rémunéré. Ce coût était pris en charge par les départements, les communes dans la majorité

des cas, parfois, les syndicats de hannetonnage et les agriculteurs.

Le hannetonnage a eu un vif succès dans les territoires touchés. Grâce au suivi administratif des primes versées, il est possible de retrouver dans les Archives départementales des « État nominatif des primes de hannetonnage ». Pour compléter ce dispositif, il existait également dans les champs le ramassage des vers blancs après le labour.

Le poulailler roulant

Au milieu du XIX^e siècle en complément des oiseaux sauvages, les agriculteurs imaginent utiliser les volailles. Le concept : après le passage de la charrue, les poules sont lâchées dans le champ pour qu'elles picorent les vers. Un problème se pose : le transport des volatiles. M. Giot de Chevry-Cossigny en Seine-et-Marne va trouver une solution en inventant un poulailler roulant, déplacé de champ en champ. Cette innovation fut présentée à l'Exposition universelle de 1867. Mais elle ne s'est pas répandue. Les œufs et la viande des volatiles nourris essentiellement d'insectes avaient mauvais goût et se conservaient moins bien.

Les insecticides

Pour lutter contre le Phylloxera, certains viticulteurs ont utilisé le sulfure de carbone et la benzine. Un forestier de Seine-et-Marne,

L. Croizette-Desnoyers, s'est inspiré de ces techniques pour tenter de détruire les vers blancs qui pullulaient dans la pépinière forestière de la forêt domaniale de Fontainebleau. Ces premières expériences sont relatées dans la Revue des eaux et forêts.

En 1879, les conditions météorologiques particulièrement rudes avaient augmenté la mortalité des plants. Afin de régénérer certaines parcelles, il fallut replanter plusieurs millions de plants. Ces derniers avaient été élevés dans des pépinières situées sur divers points de la forêt domaniale, infestées de vers blancs. Pour tenter de les assainir, L. Croizette-Desnoyers va utiliser des produits chimiques dits « asphyxiants » : sulfure de carbone (disulfure de carbone), naphthaline, benzol commercial et benzine. La première expérience a été de mettre des vers blancs au contact des émanations de deux de ces produits chimiques : la benzine et le sulfure de carbone.

L'expérience suivante fut d'injecter (à l'aide d'un pal injecteur) 3 grammes de benzine dans une caisse renfermant de la terre contenant 70 vers blancs. Neuf heures plus tard, tous les vers étaient morts. L'usage de la benzine fut préféré au sulfure de carbone, car son action est plus longue (pour la même quantité de liquide), sa manipulation est moins désagréable et dangereuse, de plus son coût est moindre. Cette méthode fut appliquée dans la pépinière de Fontainebleau en 1885, en 1887 et au printemps de l'année 1888. Elle fut un succès, car le sol meuble de Fontainebleau permettait au produit de bien se répandre.

En 1889, cette expérience fut réitérée dans la forêt de Bercé (Sarthe). Mais le sol étant plus compact qu'à Fontainebleau, le produit se diffusait moins bien et il fallait en utiliser davantage pour un pourcentage de mortalité moindre. Le coût du traitement à Bercé était donc plus élevé. Nous avons trouvé mention de l'usage d'autres substances :

- Arsenic (Archives de l'Oise EDT 249/W1)
- Carbone de calcium (Pardet, 1907)
- Naphthaline

Cette dernière était utilisée en agriculture, une fois réduite en poudre et mélangée avec la terre (2500 kg à l'hectare) au moment des labours. Cette méthode ne fut pas retenue pour son usage en forêt car « la naphthaline n'a pas assez de puissance pour traverser les couches plantées et y détruire les larves » (Croizette-Desnoyers, 1888).

Au XX^e siècle débutent les premiers essais de produits chimiques élaborés spécifiquement pour lutter contre certains insectes. Nous avons établi une liste non exhaustive des insecticides utilisés :

- 1931, pépinière de Feyzin (Rhône-Alpes) : traitement avec « Occiverblanc » (Fourche, 2004)
- 1944 en Allemagne : première utilisation du DDT (GDEC, 2011)
- 1952, dans l'Oise : épandage d'insecticide (Archives de l'Oise EDT 183/10F1)
- 1987 : utilisation du Lindane, chlorpyrifos, éthyl, parathion éthyl (Abgrall, 1991)
- 1988 : Volaton (5% de phoxime) ; Dursban (chlorpyrifos éthyl) (Abgrall, 1991)
- 1991, dans les Vosges : utilisation d'un avion pour répandre du delta-méthrine et diméthoate sur 450 ha (GDEC, 2011).

Dans sa note technique, le DSF (Nageleisen, 2013) indique que seul un produit est homologué contre les larves de hannetons :

« Fin 2012, le SUXON FOREST (granulés MA : imidaclopride, 50 g/kg) est homologué dans le cadre de lutte contre l'hylobe et contre les vers blancs du genre *Melolontha* sp. Il est homologué à la dose de 5 g par plant à la plantation et de 20 kg par m³ de substrat, en pépinière, pour les godets. La période optimale de traitement est l'été de l'année du vol sur L1 et L2 avant descente profonde dans le sol. »

Ce produit étant très toxique, en 2018 il a perdu son homologation et il a été retiré du marché.

Les champignons entomophytes et entomopathogènes

Au XIX^e siècle, on connaissait l'existence de champignons s'attaquant à des insectes, comme par exemple, le *Botrytis bassiana* qui est la cause de la maladie des vers à soie appelé muscardine. Ce pathogène fut découvert en 1835 par Rossi.

Des chercheurs explorèrent donc cette piste afin de trouver un champignon pouvant détruire les larves de hannetons (Hickel, 1891 ; Fourche, 2004). Dans les années 1890, M. Girard a entrepris des recherches sur deux familles d'entomophytes : les entomophthorées et les isariées. Les espèces de la première famille ne lui donnèrent pas les résultats escomptés, à cause de la difficulté à les cultiver sur des milieux artificiels. À peu près à la même période, M. Le Mout (président du syndicat de hannetonnage de la Mayenne) découvrit près de Céancé (Orne) des larves « recouvertes par une sorte de moisissure blanche ». Ces larves furent

analysées. La détermination du pathogène fut très compliquée, car à cette époque on connaissait mal ces champignons. Suite à cette découverte, en 1891, on trouve deux pathogènes qui sont nommés : *Botrytis bassiana* et *Isaria densa*. Il est démontré que leur usage ne présente aucun risque pour l'environnement. Léopold Le Mout se lance dans la production et la vente de spores de ces pathogènes pour détruire les vers blancs. Les résultats furent aléatoires et très controversés. Les expériences se sont succédées jusqu'au milieu du XIX^e siècle, mais l'arrivée des pesticides stoppa les recherches.

Plus récemment des champignons du genre *Beauveria* ont été identifiés et notamment l'espèce *Beauveria brognartii* (Nageleisen, 2013). Après infection de son hôte, le champignon entraîne sa mort. Ce sont essentiellement les larves qui sont impactées dans le sol. On connaît assez mal les conditions propices au développement de ce champignon. De ce fait aucun résultat probant n'a encore été obtenu en milieu forestier.

Le feu/la lumière

Le feu a été utilisé sous plusieurs formes. Deux principales techniques ont été utilisées, sur la base du « catch and kill » que l'on peut traduire par « attirer/attraper et tuer ».

La première technique consistait à allumer des feux à la tombée de la nuit au mois de mai (avant la ponte des hannetons). Ces feux étaient allumés sur une ligne à 80 ou 100 m des bois et étaient distants entre eux de 100 à 200 m. Ainsi les hannetons attirés par la lumière venaient se brûler les ailes sur les flammes. Cette technique a été utilisée dans l'Oise vers la fin du XIX^e siècle.

La seconde technique est une variante de la première. Elle consistait à utiliser des lanternes avec des réflecteurs fixés sur des pieux et positionnés à proximité des bois. Un grand entonnoir en carton était positionné sous la lanterne et débouchait dans un sac. L'entonnoir et le sac pouvaient être remplacés par un bac rempli d'eau. Ainsi les hannetons attirés par la lumière heurtaient la vitre de la lanterne et tombaient dans le sac ou dans l'eau. Dans les deux cas, ils étaient piégés et ne pouvaient sortir du réceptacle. Une fois tués, ils étaient alors transformés en engrais grâce à l'ajout de sulfate de fer ou de chaux. Cette technique a aussi été utilisée dans l'Oise au cours du XIX^e siècle et dans la Nièvre avec des flambeaux au XIX^e siècle. Elle a même été testée en 2020 par l'Unité ter-

ritoriale de Compiègne. Pour cela des lampes à UV ont été utilisées avec des bacs d'eau.

Les phéromones et autres attractants ou répulsifs

En entomologie, l'usage de phéromones femelles pour attirer les mâles est monnaie courante pour couper la fécondation. Il en va de même pour l'usage d'attractants afin de piéger les individus (par exemple le couple α -pinène et éthanol est un bon attractif pour l'hylobe), ou de les repousser (exemple du salicylate de méthyle qui est un répulsif contre l'hylobe).

Concernant les hannetons, les attractants n'ont que peu d'effets car c'est principalement la lumière qui les guide vers leur alimentation. À ce jour aucun attractant, ni répulsif, ni phéromone probant n'a encore été trouvé.

Les nématodes

Les nématodes sont des micro-organismes qui parasitent les larves de plusieurs insectes et notamment des hannetons. Ils pénètrent dans l'organisme du hanneton et provoquent leur mort en quelques jours. Parmi les nématodes les plus couramment cités on trouve : *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema feltiae*, *Steinernema carpocapsae*.

L'utilisation des nématodes est autorisée en agriculture biologique. Néanmoins les conditions d'utilisation sont très compliquées car le sol doit être maintenu suffisamment humide pour permettre aux vers nématodes de s'infiltrer dans le sol. Les résultats sur de grandes surfaces ou en forêts sont loin d'être probants.

Les moyens d'évitement

Les stratégies de lutte contre les hannetons sont extrêmement limitées. En effet, les forces en jeu sont totalement inégales et nettement à l'avantage des hannetons. Par conséquent, certaines personnes ont pris le parti d'essayer d'éviter les problèmes dus aux hannetons. Plusieurs pistes ont été explorées dans le passé.

Les plantes compagnes

Afin de protéger des plants forestiers ou horticoles, les pépiniéristes, les jardiniers et les forestiers ont installé des plantes compagnes des espèces cibles dans le but de détourner les larves de hannetons. Ainsi, des plantes comme des laitues étaient installées comme plante compagne pour attirer les larves. Lorsqu'une lai-

tue dépérissait, elle était arrachée et les hannetons à ses pieds ramassés et détruits. D'autres plantes compagnes ont été utilisées pour attirer les larves de hannetons alors que d'autres l'ont été pour les repousser. Dans tous les cas, les résultats ont été peu efficaces. Un test a été mis en place en 2019 par l'agence ONF Picardie en forêt domaniale de Compiègne, avec utilisation de différentes plantes compagnes semées dans des placeaux de chênes mais les résultats n'ont pas été concluants.

Le choix des essences objectifs

Les recherches récentes ont permis de mettre en avant que les hannetons avaient des préférences alimentaires et par conséquent certaines essences étaient très consommées alors que d'autres non. Certaines essences favorisent (ou pas) le taux de survie des larves (Woreta et Sukovata, 2014), alors que d'autres sont propices à améliorer la longévité des adultes, voir même le taux de fécondation (Woreta et al., 2016). Ces travaux sont toujours en cours afin d'identifier les essences non consommées ou peu consommées.

En forêt domaniale de Compiègne, le pôle RDI de l'ONF a installé en 2020 une expérimentation afin d'identifier parmi un panel de 30 essences, celles peu ou pas sensibles aux hannetons. Les premiers résultats ont confirmé que le chêne sessile et le hêtre commun étaient particulièrement touchés. Des résultats plus complets seront connus dès 2024.

Les pistes d'avenir

Parmi les pistes d'avenir permettant aux forêts de vivre avec le hanneton, il y a :

- Le choix de la date de plantation : le cycle du hanneton forestier s'étale sur 4 ans et celui du commun sur 3 ans. Une piste prometteuse consisterait à préparer le terrain et effectuer la plantation l'année du vol voire l'année qui suit. Ainsi les travaux préparatoires (broyage en plein ou par bande) ne favorisent pas la ponte, car le couvert végétal semi-ligneux bas encore intact au moment du vol offre des conditions peu propices à l'atterrissage. Puis le travail du sol peut contribuer activement à la destruction des œufs et des larves au stade 1, beaucoup plus sensibles et moins résistantes qu'aux autres stades. Enfin, la plantation peut s'effectuer dans des conditions où les larves de hannetons sont encore petites et peu vo-

lées, laissant ainsi aux plants le temps de se développer. À l'inverse, les plantations sont à proscrire pendant les deux années précédant le vol de la cohorte principale, car elles seraient vouées à l'échec.

- La maîtrise du sous-étage : les travaux de Jeremy Cours à l'ONF ont permis de souligner l'importance du sous-étage semi-ligneux et ligneux de faible hauteur. Ainsi, les fourrés épais, les ronciers offrent des conditions plutôt inhospitalières pour la ponte des femelles qui privilégient les « pistes d'atterrissage » bien dégagées. Cette piste reste encore à confirmer.
- L'équilibre sylvo-cynégétique : un déséquilibre forêt-gibier entraîne une pression importante sur le sous-étage qui finit par disparaître. Le « nettoyage » opéré par des populations d'ongulés surabondantes favorise la création et le maintien généralisé de zones de ponte pour les hannetons, qui peuvent donc coloniser facilement tout l'espace ainsi dégagé. Une maîtrise sur le long terme des populations de gibier doit permettre aux massifs de se « salir » en sous-étage et ainsi de limiter l'expansion des hannetons à chaque cycle.

Le hanneton est naturellement présent dans plusieurs massifs sableux en France métropolitaine depuis de très nombreuses décennies. Néanmoins, l'explosion démographique des populations de hannetons dans certains endroits ne peut se faire que si un déséquilibre écologique est intervenu permettant le déclenchement de l'épidémie. L'élément déclencheur peut être multiple : changement climatique, déséquilibre forêt-gibier, invasion de *Prunus serotina*, sylviculture en futaie régulière monospécifique... et peut même être lié à des cascades de perturbations en chaîne. L'identification des éléments perturbateurs de l'écosystème est extrêmement compliquée et n'est pas synonyme de retour à la normale à l'état post-épidémie. En effet, le retour à un état non épidémique du hanneton en forêt peut être très long voire impossible à atteindre. ■

En savoir +

Pour consulter ce rapport

<https://www.onf.fr/onf/+/1cbf::dossier-forestier-no31-synthese-de-lexploration-des-donnees-anciennes-sur-les-hannetons.html>

La vision de l'arbre, au centre du débat sociétal sur la gestion forestière

Deuxième partie : quelle place pour l'homme dans l'écosystème forêt ?

L'homme a besoin des végétaux pour vivre. Il les utilise d'abord pour se nourrir mais également pour se chauffer et se loger. Autant d'usages qui ne sont pas incompatibles avec le maintien d'un écosystème non dénaturé à condition d'appliquer une gestion durable des peuplements.

Philippe Riou-Nivert, CNPF-IDF

Le sylviculteur peut utiliser l'arbre en respectant la forêt

L'homme fait partie de l'écosystème

Rappelons tout d'abord quelques lois fondamentales de la nature, parfois oubliées. La **pyramide** alimentaire a pour base les végétaux verts dits **autotrophes**. Grâce à la photosynthèse, ils fabriquent la matière vivante à partir de la matière minérale. Ce sont les producteurs. Arrivent ensuite les **consommateurs** qui en dépendent et qui sont dit hétérotrophes : phytophages mangeurs de végétaux puis prédateurs et superprédateurs, mangeurs d'animaux. La conséquence est que parallèlement aux systèmes d'entraide décrits dans la première partie de cet article¹ (et heureusement qu'ils

existent), la règle de la subsistance, depuis des millions d'années, est un peu plus dure : **manger ou être mangé**.

L'homme s'inscrit comme les autres animaux dans cette chaîne alimentaire et a besoin des végétaux pour vivre. Si l'arbre peut être nourricier (fruits divers...), il a surtout permis à l'homme de se chauffer, de fabriquer des outils, puis de se loger en construisant des maisons. Les chasseurs-cueilleurs préhistoriques sont devenus des éleveurs-agriculteurs avec toujours le même but : prélever leur subsistance sur le milieu naturel. L'arbre a ainsi apporté une contribution fondamentale au développement des civilisations. Il est donc difficile de s'en priver et de prôner comme certains, une conservation intégrale des forêts en bannissant l'intervention humaine. Les mots ne manquent pas pour qualifier cette tendance : sanctuarisation, renaturation, libre évolution, réensauvagement, nature férale... Cette vision, souvent citadine et parfois sous-tendue par des arguments philosophiques ou éthiques respectables, est beaucoup moins présente chez les ruraux qui ont conservé une proximité avec la forêt et pour qui couper du bois pour se chauffer reste un acte naturel.

De l'exploitation minière à la gestion forestière

Si l'homme doit utiliser les forêts (et s'il en a le droit), la question se pose alors de la façon de s'y prendre. Historiquement, il y en a deux principales : l'exploitation minière et l'aménagement.

1 Voir la première partie de cet article : Forêt & Innovation n° 5 pages 59 à 64

Forestiers et société

L'arbre et la forêt bénéficient d'un capital affectif grandissant auprès des citoyens. Les raisons de cet engouement sont compréhensibles mais le résultat est souvent le rejet de l'homme comme perturbateur d'un décor idéalisé. Le sylviculteur a pourtant une certaine légitimité à s'insérer dans cet écosystème... avec toutes les précautions nécessaires. Cet article prolonge le dossier « Forestiers et société » de Forêt-entreprise N° 257 de 2021.

Sa première partie relative à l'arbre est parue dans le n° 5 de Forêt & Innovation (pages 59 à 64) et cette seconde partie concerne la gestion des peuplements.

La première existe toujours, en forêt tropicale ou dans certaines taïgas nordiques. Elle consiste à raser une partie de la forêt sans se préoccuper de ce qui adviendra ensuite. La forêt peut se régénérer toute seule ou bien décliner si les surfaces coupées sont soumises à l'érosion ou suivies de mise en culture : on parle de **déforestation**.

La seconde est évidemment préférable et consiste à prélever en fonction des besoins en conservant l'état forestier et en « aménageant » la forêt : on parle alors de **gestion durable**. Les premiers exemples de gestion forestière durable en France remontent à 1291 (ordonnance de Philippe le Bel) et à 1669 (ordonnance de Colbert) mais la formalisation s'est faite réellement avec le Code forestier de 1827 et les différentes lois qui ont suivi. En France, toute surface coupée doit être reconstituée (par régénération naturelle ou plantation) dans les 5 ans.

Aujourd'hui, on reconnaît trois fonctions à la forêt : **production de bois, rôle écologique, fonction sociale**. Si l'utilisation du bois a longtemps dominé, en même temps que le rôle de support pour d'autres besoins (cueillette, chasse) les aspects de protection de l'environnement sont plus récents (stabilisation des dunes et restauration des terrains en montagne au XIX^e siècle). Puis l'importance de la biodiversité et l'intérêt des équilibres à conserver se sont affirmés au XX^e siècle. Enfin, l'utilité sociétale est encore plus récente, renforcée par la concentration de l'homme dans les villes.

C'est alors qu'apparaît la **critique de la gestion forestière** qui prend plusieurs formes, depuis la controverse sur l'artificialisation jusqu'au refus de toute intervention humaine, la promotion de la naturalité et le retour à une forêt primaire. Cette dernière option a été popularisée par Francis Hallé (2021), que nous retrouvons ici. Il critique les plantations et souhaite créer, à échéance d'un millénaire, une forêt de plusieurs dizaines de milliers d'hectares sans ingérence de l'homme : « *rien n'est plus beau qu'une forêt primaire* »... Il n'apporte pas de solution malheureusement à l'arrêt de l'utilisation du bois, matériau noble, renouvelable et écologique et à l'expropriation des propriétaires actuels qui ne voudraient pas céder leur forêt.



Michel Bartoli © CNPF

Quelques protagonistes de l'écosystème : le chevreuil a besoin de végétaux pour se nourrir, l'homme a besoin du bois pour se chauffer (entre autres...).



Jean-Paul Gayot © CNPF

Ce point de vue, comme celui de Peter Wohlleben, remporte un franc succès auprès des citoyens assoiffés de nature vierge. Ils sont de plus en plus nombreux à se rassembler actuellement en groupements participatifs pour acheter des forêts afin d'y mener une gestion douce, voire de les laisser en **libre évolution** et les soustrayant à l'action humaine, pour eux forcément néfaste. Pourquoi pas ? En tant que propriétaires, ils sont libres de gérer ou de ne pas gérer et l'avenir dira si ces forêts dans 50 ans seront plus « belles et biodiverses » que celles de leurs voisins sylviculteurs. Remarquons cependant qu'ils n'ont rien inventé et que l'Inventaire forestier (IGN 2022) annonce que la **moitié seulement des surfaces fores-**

2 <https://naturefrance.fr/indicateurs?f%5B0%5D=milieux%3A610>

3 Voir la première partie de cet article : Forêt & Innovation n° 5 pages 59 à 64

tières françaises présentent des signes manifestes de gestion sylvicole (souches, pistes, plantations, élagage...). Parallèlement, l'Observatoire national de la biodiversité indique que l'abondance des arbres indigènes communs en forêt a augmenté de 19 % en 10 ans et les très gros bois et bois morts de 7 % en 5 ans². Ces résultats récents bouleversent pas mal d'idées reçues sur le rôle interventionniste et nuisible supposé de l'homme en forêt...

La gestion de la forêt : nécessaire et perfectible

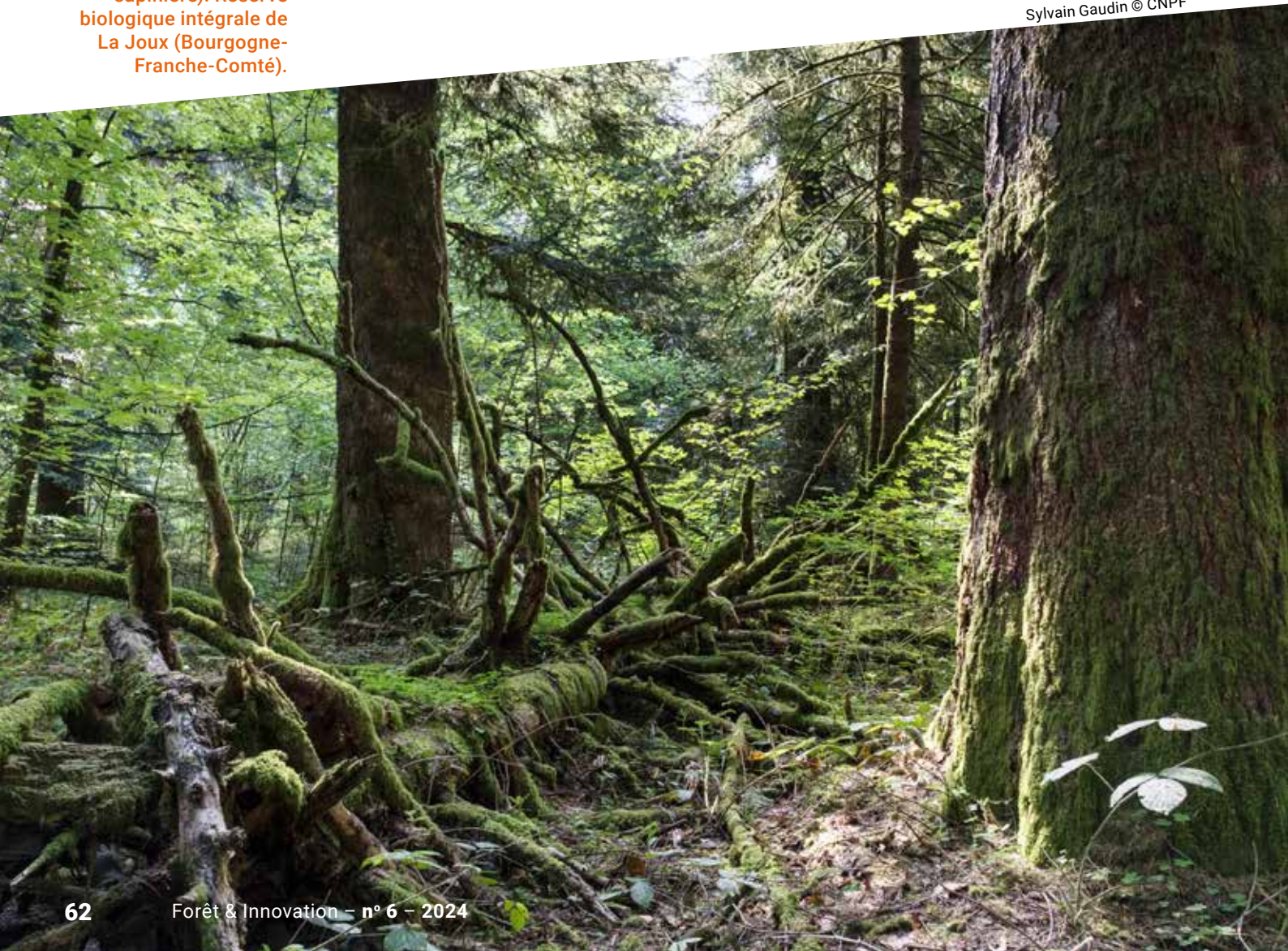
Si l'homme est responsable de nombreux excès, faut-il pour autant l'opposer si radicalement à la nature dont il fait partie ? Et plus généralement, l'homme est-il légitime à intervenir en forêt ? Sans entrer dans des débats éthiques pour lesquels nous n'avons pas de compétences, avançons quelques réflexions de bon sens. Résumons le rôle du sylviculteur qui utilise la forêt dans le cadre d'une gestion durable. Ses

interventions consistent à **se substituer à la sélection naturelle et à l'orienter à son profit**. Nous avons vu³ que dans la nature, la compétition, la prédation et les accidents diminuent le nombre d'arbres tout au long de la vie du peuplement. L'homme va intervenir à deux niveaux. Tout d'abord il va lui aussi exercer une sélection en conservant et favorisant par des éclaircies orientées les « meilleures » tiges de son point de vue : celles qui ont une bonne forme, une forte croissance et sont exemptes de défauts et problèmes sanitaires. Ensuite il va accélérer le cycle naturel de trois façons :

1) en raccourcissant la phase initiale de colonisation qui dure normalement des décennies par la dynamisation des régénérations ou par la plantation, 2) en augmentant la vitesse de croissance individuelle par les coupes d'éclaircie qui allègent la concurrence, et 3) en tronquant la phase de sénescence par la récolte des arbres à un diamètre d'exploitabilité choisi, avant qu'ils ne se dégradent.

Forêt en libre évolution depuis 1930 (hêtraie sapinière). Réserve biologique intégrale de La Joux (Bourgogne-Franche-Comté).

Sylvain Gaudin © CNPF



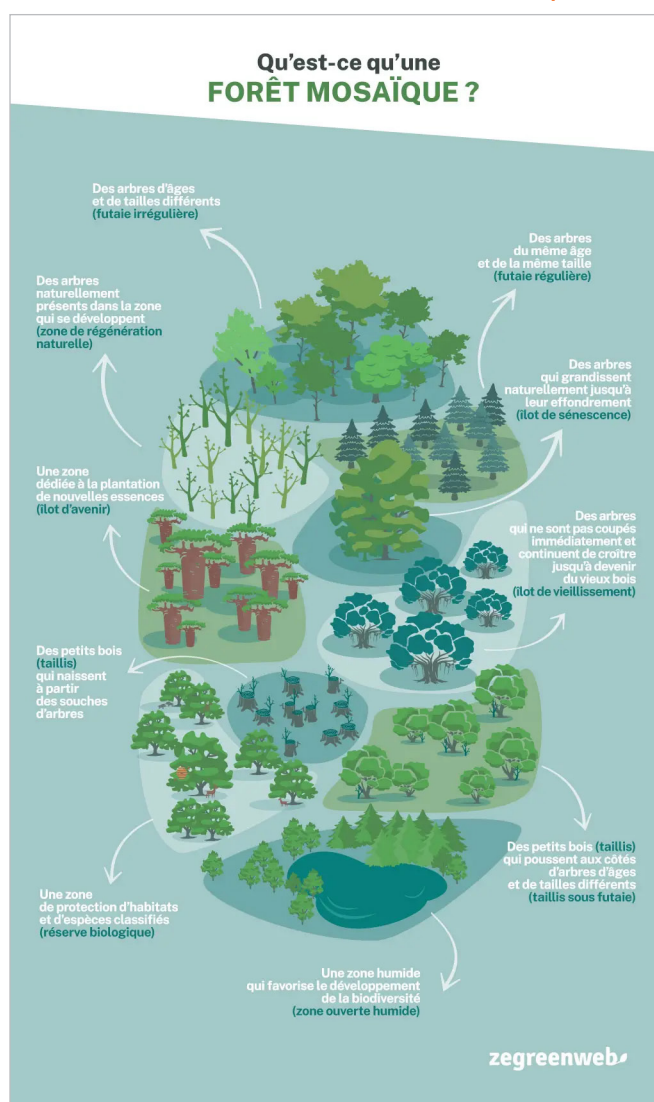


Forêt gérée. Futaie de douglas de 50 ans après 3 éclaircies avec sous-étage de châtaignier (Morbihan).

La forêt mosaïque. Infographie du média en ligne Zegreenweb, d'après l'ONF

Le résultat de cette gestion est une forêt qui peut revêtir différentes formes sur une échelle croissante d'artificialisation depuis la chênaie régénérée naturellement ou irrégulière (qui conserve un aspect « naturel » dans l'inconscient collectif même si elle est totalement créée par l'homme) jusqu'à la plantation clonale de peuplier. Mais **ces peuplements maintiennent malgré tout une grande partie des attributs d'une forêt naturelle** (Jactel, 2021). L'homme peut choisir l'espèce et la durée de révolution mais les intrants sont en général très faibles (un peu de fertilisation à la plantation sur les terrains les plus pauvres) et la biodiversité est en partie préservée moyennant une sylviculture adaptée : gestion du rôle de la lumière, conservation lorsque c'est possible d'attributs de maturité : bois morts, très gros bois, arbres à cavités...⁴

Le sylviculteur a beaucoup appris des écologues dans les dernières décennies sur le rôle de cette **biodiversité aujourd'hui considérée comme l'assurance-vie de la forêt et un gage de résilience**. La diversification des essences comme des régimes sylvicoles est désormais revendiquée par la plupart des intervenants. Une forêt gérée n'empêche pas la coexistence (pacifique) de la futaie régulière et de la futaie irrégulière, des peuplements purs comme mélangés, d'essences autochtones comme intro-



⁴ L'indice de biodiversité potentielle (IBP) contribue à la prise en compte de ces aspects : <https://www.cnpf.fr/nos-actions-nos-outils/outils-et-techniques/ibp-indice-de-biodiversite-potentielle>

duites, de milieux boisés et de milieux ouverts, et d'une gestion intensive côtoyant des îlots de sénescence... mais le tout en parcelles juxtaposées de taille raisonnable. Cette évolution ne peut en outre que satisfaire l'attente sociétale. C'est la notion de « forêt mosaïque » qui n'est pas nouvelle mais se développe depuis quelques années et semble remporter un large consensus.

Le sylviculteur ne doit pas avoir honte de son action. Il intervient au même titre que les autres composantes de l'écosystème qui utilisent toutes la forêt à leur profit, mais il dispose d'un pouvoir plus étendu qu'il doit contrôler pour conserver des équilibres à l'échelle du massif. Rajoutons que si la forêt n'a jamais eu besoin de l'homme jusqu'ici pour se maintenir, l'actuel contexte de changement climatique est en train de faire bouger les lignes. Les nombreux dépérissements auxquels nous commençons à assister, notamment sur nos essences autochtones, inquiètent et il n'est pas sûr que la mise sous cloche soit la meilleure réponse. Si l'homme a peu de moyens pour sauver certaines espèces placées dans un environnement changeant, il peut probablement sauver l'état boisé, par exemple en réorientant sa sylviculture et/ou en facilitant les déplacements d'espèces par migration assistée. Personne ne peut prétendre avoir la solution à ce problème complexe et toutes les options méritent d'être tentées. ■

REMERCIEMENTS

Thomas Brusten et Christophe Drénou pour leur relecture.

En savoir +

Fournier M., Moulia B., 2018. Sensibilité et communication des arbres : entre faits scientifiques et gentil conte de fée. *Forêt-entreprise* N° 243, nov.-déc. 2018, p. 7-15.

Hallé F., 1999. *Éloge de la plante, pour une nouvelle biologie*. Éditions du Seuil, 325 p.

Hallé F., 2021. Ne prenons plus les plantations d'arbres pour des forêts. *Tribune, Le Monde*, 15 août 2021.

https://www.lemonde.fr/idees/article/2020/08/15/ne-prenons-plus-les-plantations-d-arbres-pour-des-forets_6049004_3232.html

IGN, Inventaire forestier national, 2022. Mémento 2022, 35 p. https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/memento_2022.pdf

Jactel H., 2021. « Les forêts de plantations possèdent la plupart des attributs des forêts dites naturelles ». *Tribune, Le Monde*. https://www.lemonde.fr/idees/article/2020/08/29/herve-jactel-les-forets-de-plantations-possedent-la-plupart-des-attributs-des-forets-dites-naturelles_6050283_3232.html

Saintonge F.-X., Nageleisen L.-M. (coord.), Boutte B., Goudet M., Husson C., Piou D., Riou-Nivert P., 2023. *La santé des forêts. Diagnostic, prévention et gestion*. 2^e édition. CNPF-IDF éd., 639 p.

Provost D., 2023. Entre écologistes et forestiers : une querelle d'éthiques ? *Forêt & Innovation* N°1, p. 62-64.

Riou-Nivert P., 2021. Les critiques socio-environnementales de la gestion forestière s'accroissent. Qu'en penser ? Tiré à part du *Forêt-entreprise* N°257, p. 3-23.

Tassin J., 2022. *Le chêne*. Belin éd., 225 p.

Wohlleben P., 2017. *La vie secrète des arbres, ce qu'ils ressentent, comment ils communiquent*. Éditions les Arènes, 260 p., et le film documentaire « L'intelligence des arbres » qui en est issu.

Chêne faginé dans le froid de janvier

UNE PHOTO À L'HONNEUR



Auteur :
Raphaël Trembleau



Technicien forestier territorial Seine-et-Marne et Essonne
et animateur du Groupement de Développement Forestier
d'Île-de-France

« J'exerce ce métier par passion pour la relation Arbre – Homme et la transmission. Prendre des photos est une façon de transmettre, même si je n'ai pas souvent le temps de sortir mon appareil. Ce cliché a été réalisé à l'issue du dégagement de cette plantation. Les feuilles givrées et éclairées par un pâle soleil de fin d'après-midi d'hiver m'ont donné envie de garder un souvenir de ce moment passé avec un jeune collègue et le nouveau garde pour assurer la survie des plants. »

Cette photo d'un jeune Chêne du Portugal (*Quercus faginea*) a été prise dans la forêt privée du Groupement Forestier de Courances, en Seine-et-Marne, le 16 janvier dernier. Cette plantation entre dans le cadre du protocole Esperense, conduit par le CNPF pour évaluer des essences susceptibles de faire face aux évolutions du climat. Le Chêne du Portugal, également appelé Chêne faginé, fait partie des essences testées. Ces plants avaient été installés par l'équipe des chasseurs locaux avec le garde et Raphaël Trembleau.

Raphaël Trembleau © CNPF

SEMENCES FORESTIÈRES

LE CHOIX DE LA DIVERSITÉ



Crédits photos Vilmorin - © R. Carrey



VILMORIN-MIKADO
Route du Manoir - 49250 LA MÉNITRÉ - FRANCE
T. +33 (0)2 41 79 41 66 - F. +33 (0)2 41 79 75 41

vilmorin-semences-arbres.com