

Institut pour le développement
forestier/Centre national de la
propriété forestière

47 rue de Chaillot, 75116 Paris
Tél. : 01 47 20 68 15

forentreprise@cnpf.fr

Directeur de la publication
Antoine d'Amécourt

Directeur de la rédaction
Thomas Formery

Rédactrice
Nathalie Maréchal

Conception graphique
Mise en page

Sophie Saint-Jore

Responsable Édition-Diffusion
Samuel Six

Diffusion — abonnements
François Kuczynski

Publicité

Bois International

14, rue Jacques Prévert
Cité de l'avenir - 69700 Givors

Tél. : Corinne Oliveras :

04 78 87 29 41

Impression

Centre Impression

BP 218 — 87220 Feytiat

Tél. : 05 55 71 39 29

Numéro d'imprimeur 00141

Tous droits de reproduction
ou de traduction réservés pour
tous pays, sauf autorisation de
l'éditeur.

Périodicité : 6 numéros par an
Abonnement 2015

France : 48 € - étranger : 62 €

édité par le CNPF-IDF

Commission paritaire des
publications et agences de
presse : n° 1019 B 08072

ISSN: 0752-5974

Siret: 180092355 00015

Les études présentées dans Forêt-entreprise ne donnent que des indications générales. Nous attirons l'attention du lecteur sur la nécessité d'un avis ou d'une étude émanant d'une personne ou d'un organisme compétent 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.

Dépôt légal: mars 2015



Une conscience de producteur

L'équilibre financier de l'établissement n'est pas serein pour l'année 2015 et probablement pour les années suivantes.

Nous allons devoir faire davantage d'économies, cependant gardons nous de voir l'avenir ainsi.

Ce contexte doit être aussi l'opportunité de remises en questions, pour chercher à travailler différemment et améliorer nos actions avec moins de moyens.

Cela implique de réformer notre façon de travailler, de redéfinir nos tâches et ce que l'on attend de nous.

Nos missions et savoir-faire sont le développement forestier : la gestion durable de la forêt privée en assurant son renouvellement et une mobilisation accrue.

Conseiller, former, regrouper les propriétaires forestiers constituent la base de nos actions.

Un tiers de la forêt privée est géré selon un document de gestion.

64 800 documents ou engagements de gestion durable en cours de validité représentent 3,8 M d'ha couverts, avec une progression attendue d'1 million d'ha supplémentaire d'ici 10 ans.

Accompagner la mise en œuvre du programme de coupe et travaux, défini dans les documents de gestion durable, est indispensable pour stopper ce discours qu'en forêt privée, on ne récolte pas ce que la forêt produit.

Accompagner les forestiers à devenir plus conscients qu'ils sont producteurs d'une matière première noble, le bois. Que les usages multiples du bois sont nécessaires à la société, de la construction à l'énergie.

S'approprier ce lien entre la matière et ses usages est essentiel pour notre fierté de producteurs.

Maîtriser les coûts est l'objectif des sylviculteurs, avec des travaux de bonne qualité au bon moment. Les présidents et animateurs des 12^e InterCetef 2014 ont travaillé sur ce thème en Champagne-Ardenne. Un renouvellement par régénération naturelle ou artificielle, dont les coûts ne seraient pas ajustés, serait un échec économique au terme de l'investissement.

Le dossier de ce numéro est consacré justement à la lutte contre la fougère durant cette période cruciale des premières années. Vous découvrirez l'importance des travaux préparatoires préventifs, qui limitent l'envahissement par les adventices, et donc réduisent les entretiens ultérieurs.

Trouver des solutions nouvelles, innovantes pour assurer le renouvellement de la forêt française à coûts maîtrisés, et ainsi obtenir une rentabilité des efforts de reboisement des sylviculteurs, tel est notre objectif commun pour l'avenir de la forêt privée.

Antoine d'Amécourt, président du CNPF



Yann Dumas © Iristea

Déroulement de la fronde
de la fougère aigle.

Numéro suivant N°222
Évolution du comportement
des forestiers

| | | |
|-----------------|---|----|
| ACTUS | > | 4 |
| PARUTION | > | 64 |
| AGENDA | > | 65 |

Forêt-entreprise, votre revue technique de gestionnaire forestier

Oui, je m'abonne (Tarifs 2015)

- Abonnement France 1 an — 6 numéros : 48 €
- Abonnement étranger 1 an — 6 numéros : 62 €
- Abonnement France 1 an — **spécial étudiant**
— 1 an — 6 numéros : 40 € (joindre la photocopie de votre justificatif)
- Abonnement France 1 an
— Remise de 30 % aux adhérents de Ceteq,
GDF, et organismes de développement, Fogefor
— 6 numéros : 33,60 €

Nom

Prénom

Adresse

Code postal

Commune

Tél.

Courriel

Chèque bancaire ou postal à l'ordre de :
« agent comptable CNPF » à retourner à la librairie de l'IDF,
47 rue de Chaillot, 75116 Paris — Tél. : 01 47 20 68 15
Fax : 01 47 23 49 20 — idf-librairie@cnpf.fr

Catalogue de l'Institut pour le développement forestier
consultable [sur le site www.foretpriveefrancaise.com](http://www.foretpriveefrancaise.com)
et gratuit sur simple demande



Patrick Rey - CRPF Aquitaine © CNPF

CETEF > 6

L'innovation irrigue les groupes
de développement forestier
InterCetef 2014 en Champagne-
Ardenne

Alain Colinot, Nathalie Maréchal

JURIDIQUE > 12

La Loi d'avenir pour la forêt,
ce qui est nouveau ?

Thierry du Peloux

RÉSINEUX > 15

Les résineux,
piliers du commerce du bois

Samuel Six

MATÉRIEL > 51

Fiche technique des outils
mécaniques n° 3
Le scarificateur réversible®

ÉCONOMIE > 57

L'économie sylvicole,
une discipline indispensable
pour une gestion forestière durable

Jean-Luc Peyron

Dossier

Fronde contre la fougère aigle

Plusieurs explications circulent sur ce nom de fougère aigle : Flore Forestière Française, wikipedia ...

Si vous savez pourquoi, venez en discuter sur la page Facebook : facebook.com/foretpriveefrancaise/



Christophe Vidal - IDF © CNPF

- > 16 Fronde contre la fougère aigle
Christophe Vidal

- > 18 La fougère aigle,
une vieille histoire avec l'homme
Léon Wehrlen

- > 20 Biologie et écologie
de la fougère aigle
Yann Dumas, Rémy Gobin et Philippe Balandier

- > 25 Fougère aigle et jeunes arbres :
une cohabitation quasi
impossible
Philippe Balandier, Yann Dumas
et Rémy Gobin

- > 28 Contrôler la fougère aigle
pour réussir les plantations
Catherine Collet, Gwénaëlle Gibaud,
Quentin Girard, Mathieu Dassot, Léon Wehrlen,
Claudine Richter, Jérôme Piat,
Jean-Yves Fraysse

- > 34 L'expérience des régions
sur le contrôle de la fougère aigle
Christophe Vidal

- > 40 Stratégie de contrôle ou de lutte
mécanique contre la fougère aigle
Léon Wehrlen, Erwin Ulrich, Gwénaëlle Gibaud,
Jérôme Piat et Christophe Vidal

- > 46 Outils pour lutter ou contrôler
la fougère aigle : matériels
et coûts
Léon Wehrlen, Erwin Ulrich, Gwénaëlle
Gibaud, Jérôme Piat et Christophe Vidal

- > 50 À retenir

Les 20 ans de France Douglas

Créée en novembre 1993 à l'initiative des producteurs et transformateurs de douglas, l'association France Douglas présente son bilan de vingt années d'investissement au service d'une essence encore jeune au fort potentiel d'avenir. Depuis 40 ans, 420 000 hectares du territoire français sont plantés en douglas. Le massif forestier en place continue de s'accroître à un rythme de l'ordre de 5 000 hectares par an. « La récolte de douglas devrait être multipliée par trois d'ici 2030 », affirme Jean-Philippe Bazot, président de l'association. Des capacités d'adaptation exceptionnelles de cette essence sur la plupart des territoires de moyenne montagne de l'Hexagone et les qualités remarquables de son bois, notamment en matière de résistance mécanique et de durabilité naturelle, expliquent ce succès. D'ici vingt ans, la production nationale de douglas sera équivalente à celle du sapin-épicéa ou du pin maritime. Ces perspectives nécessitent la mise en place d'une politique cohérente de promotion et de valorisation auprès des utilisateurs et prescripteurs.



France Douglas engage un travail important de structuration de l'offre, afin de mieux qualifier et harmoniser les produits destinés à la construction, améliorant ainsi leur lisibilité et fiabilité auprès des prescripteurs et acteurs du bâtiment.

Le douglas, un choix naturel pour la construction, un guide de 28 pages téléchargeable sur le site : www.france-douglas.com

Club Oui au bois

Les bailleurs sociaux disent [OUI au bois] et privilégient de plus en plus souvent le bois lors d'opérations de rénovation. Parmi les atouts de la construction bois, les plannings respectés par des chantiers rapides et propres, des coûts maîtrisés, des performances thermiques répondant aux récentes réglementations, de nouvelles créativité architecturales possibles, tout en apportant le confort de vie des habitants sont les principaux atouts de l'usage du bois dans la construction.

Club Oui au bois, le réseau des décideurs qui font le choix du bois : www.club-oui-au-bois.com

Compte d'investissement forestier et d'assurance

Les personnes physiques propriétaires forestiers, ayant souscrit un contrat d'assurance garantissant au moins contre le risque de tempête, peuvent constituer une épargne dédiée au financement de travaux de reconstitution forestière suite à un sinistre naturel, de travaux de prévention (coupures de pare-feu, débroussaillage) d'un tel sinistre ou, dans la limite de 30 % des sommes déposées sur le compte une année donnée, des travaux forestiers de nature différente. Cette épargne limitée à 2 500 € par ha bénéficiera des mesures fiscales adaptées au régime forestier, à savoir l'exonération de 75 % des droits de mutation à titre gratuit et de l'impôt de solidarité sur la fortune.

Décret d'application du 17/01/2015

Le bois résiste mieux à la crise que les autres systèmes constructifs

La part de marché des maisons individuelles construites en bois est de 12 % en 2012, avec une diminution d'activité moins importante que celle du marché global de la construction de maisons individuelles. Les professionnels sont satisfaits et proposent des offres structurées, économiquement et écologiquement en phase avec le contexte et les enjeux de société. Un autre taux encourageant : 39 % des actes d'achat en bois de construction sont fait auprès de scieries françaises. De plus, 92 % des achats de bois sont certifiés (PEFC 91 %). Cependant, après un été favorable à la construction, les mises en chantier et les permis de construire ont reculé fin 2014.

Pour tout savoir sur l'enquête nationale sur la construction bois, consulter le site de France bois forêt : www.franceboisforet.fr



Le CNPF et l'IGN consolident leurs connaissances de la forêt privée par un accord de collaboration



De gauche à droite : M. Antoine d'Amécourt, président du CNPF, M. Daniel Bursaux, directeur général de l'IGN, M. Thomas Formery, directeur général du CNPF, M. Henri Plauche-Gillon, ancien président de Forestiers privés de France.

Un accord de collaboration entre le Centre national de la propriété forestière (CNPF) et l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) est signé pour consolider leurs connaissances réciproques de la forêt privée française. Dans le cadre de leurs missions de service public, le CNPF et l'IGN décident de développer les échanges de données afin d'en enrichir leurs bases respectives.

L'IGN ouvrira l'usage d'un logiciel d'accès aux résultats issus de l'inventaire forestier statistique. Le CNPF bénéficiera de possibilités avancées d'interrogation et de calcul de résultats personnalisés d'inventaire forestier. Le CNPF transmettra périodiquement à l'IGN la délimitation des forêts privées disposant de documents de gestion durable en cours de validité, sans particularisation des propriétés.

Faire de la filière forêt-bois, un facteur de croissance durable

Le **contrat de filière du Comité stratégique de la filière bois** est signé par les 4 ministres de l'Économie, de l'Agriculture, de l'Écologie et du Logement, l'association des Régions de France et les représentants des professionnels de la forêt et du bois en décembre 2014. Un « symbole de la transversalité du rôle de la forêt et du bois dans l'économie française et dans le développement durable » comme le souligne Luc Charmasson, coordinateur du Comité stratégique Forêt-Bois. Les neuf axes stratégiques mettront en place des outils d'élaboration de stratégie, de pilotage de la filière, de structuration du segment industriel, de promotion et développement des emplois, d'adaptation de l'offre de la 1^{re} transformation aux besoins des marchés de la 2^e transformation, ou de reconnaissance des qualités intrinsèques du bois. La fédération nationale du bois, représentant 2 000 entreprises d'exploitation et 1^{re} transformation, a refusé de signer en raison de l'absence de mesures pour juguler l'exportation de bois brut, de provision pour les investissements, ou de mobilisation insuffisante, selon la FNB, pour alimenter le marché français en bois.



© Pascal Xieluna/Min.Aagri.Fr

Ségolène Royal, ministre de l'Écologie, Emmanuel Macron, ministre de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique, Stéphane Le Foll, ministre de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Sylvia Pinel, ministre du Logement et de l'Égalité des territoires et Alain Rousset, président de l'Association des Régions de France ont signé ce contrat avec les représentants professionnels de la filière.

Dominique Sardet, nouveau président du CNDB

Dominique Sardet succède à Laurent Denormandie à la présidence du Comité national pour le développement du bois. Il occupe actuellement les fonctions de président du Conseil de surveillance de la société COBS et de président de l'interprofession régionale Rhône-Alpes Fibra. Le CNDB est l'organisme français pour le développement et la promotion de la filière bois.



Philippe Siat, nouveau président de la FNB

Lors de l'assemblée générale de décembre 2014, Philippe Siat, président de la scierie Siat Braun, est nommé président de la Fédération nationale du Bois. Il succède à Laurent Denormandie, en fonction depuis 2002, qui a œuvré en faveur de la filière et pour la promotion des produits bois. Le nouveau président souhaite rassembler pour « élaborer des propositions consensuelles qui s'imposeront à tous ». Il poursuivra la modernisation de la filière et le développement de marques comme « Préférez le bois français » et « Origine France garantie ». Depuis 1986, Philippe Siat dirige l'une des scieries les plus importantes et modernes d'Europe, qui réalise 110 millions d'€ de chiffre d'affaires et emploie 320 collaborateurs en Alsace.



L'innovation irrigue les groupes de développement forestier

InterCetef 2014 en Champagne-Ardenne

par Alain Colinot, CNPF et Nathalie Maréchal, CNPF-IDF

Adapter nos techniques de sylviculture au contexte économique actuel a mobilisé les présidents et animateurs des organismes de développement lors des 12^e journées InterCetef en Champagne-Ardenne.

La 12^e édition de l'InterCetef national s'est déroulée dans la région de Troyes les 2 et 3 octobre derniers. Une centaine de présidents et animateurs de Cetef et GDF se sont mobilisés autour du thème des « Techniques et outils innovants de sylviculture ».

« Faire ce qu'il faut et le faire comme il faut », cette maxime de Paul Feller, -prêtre, philosophe et artisan, initiateur de la Maison de l'outil et de la pensée ouvrière à Troyes-, accueille les participants. Elle trouve toute sa pertinence en forêt, l'InterCetef l'adapte à son ordre du jour : **la bonne opération, au bon moment, avec le bon matériel, au juste coût.**

Restez concentré sur la « vraie » sylviculture

La sylviculture est et doit rester la principale préoccupation des groupes de progrès de la forêt privée. Henri Plauche-Gillon, président, expose les enjeux.

Deux voies antagonistes se dessinent aujourd'hui : celle, déjà en marche, de la massification de la récolte. Elle est portée par l'essor du bois énergie, elle s'accompagne d'une mécanisation débridée, souvent surdimensionnée et mal adaptée au contexte de la forêt privée. L'autre est celle de la production raisonnée, de la technique « juste nécessaire », de la mécanisation à taille humaine. « Cette deuxième voie a toujours été la nôtre et nous entendons la poursuivre » rappelle Henri Plauche-Gillon. C'est la seule orientation possible pour une gestion forestière multifonctionnelle et durable. Mais elle est exigeante : elle nécessite discernement et professionnalisme, à la fois pour le propriétaire, son conseiller, et son prestataire.

Redonner confiance au sylviculteur

Les sirènes du bois énergie ne doivent pas faire perdre de vue l'essentiel : produire du bois de qualité partout où la station s'y prête. Cet objectif de bon sens n'est malheureusement plus audible pour nombre de propriétaires, dont la volonté d'entreprendre s'érousse face aux difficultés actuelles : baisse des prix du bois en euros constants, mondialisation des marchés, réduction des aides de l'État, changement climatique, surpopulations animales, manque de main-d'œuvre qualifiée, réglementations environnementales...

Recréer la confiance passe nécessairement par l'adaptation et la consolidation des techniques de sylviculture, pour les rendre à la fois plus simples, plus efficaces, et plus économes. Les évolutions et progrès de ces dernières années participent à cet objectif. Les Cetef sont en première ligne.

Tour d'horizon des innovations en cours.

Au berceau de la forêt, graines et plants plus performants

Sabine Girard¹⁾ souligne que l'amélioration génétique commence par la sélection des plus beaux sujets en forêt, grâce au marteau du sylviculteur. Depuis 10 ans, le nombre de variétés améliorées inscrites, disponibles sur le marché, progresse de 10 à 55. Elles sont issues de programmes d'amélioration initiés dans les années 60. Elles concernent essentiellement les résineux (16 variétés de pin maritime, 8 de douglas), secondairement les feuillus (10 variétés de noyers, 3 de merisier).

1) Ingénieur CNPF-IDF, spécialisée Matériel végétal graines et plants

Plus de 80 % des plants vendus actuellement en France sont issus d'amélioration génétique. Les critères principaux d'amélioration sont l'adaptation aux conditions pédoclimatiques (gelées tardives, sécheresse estivale...), le volume, la forme, la résistance aux pathogènes. Dans le massif aquitain, 100 % des plantations réalisées après tempêtes proviennent de variétés améliorées, à l'instar de la variété VF3 de pin maritime qui permet un gain en rectitude et volume de 40 %, pour atteindre 12 m³/ha/an. Les progrès sont tout aussi spectaculaires pour le peuplier où la durée de production s'est vue réduite de 5 ans pour fabriquer un même volume unitaire de bois (en 1980, 1 m³ en 23 ans, contre ce même m³ en 18 ans en 2010). Pour le douglas, le gain de production est estimé à 10 %, couplé à une réduction de la sensibilité aux gelées tardives.

Les chercheurs ne perdent pas de vue la nécessité de maintenir une forte diversité génétique. Cette dernière est essentielle pour assurer les capacités d'adaptation des espèces, dans le contexte du changement climatique. Une charte de diversité génétique est ainsi mise en place par plusieurs marchands grainiers. Elle prône, par exemple, la récolte sur un nombre plus important de semenciers pour assurer une plus grande diversité des graines. En pépinières, plusieurs innovations techniques permettent des améliorations dans le cycle de production des plants :

- > la fertilisation raisonnée, les alternatives au désherbage chimique, la lutte biologique contre les parasites, diminuent les quantités d'intrants utilisées ;
- > l'irrigation par aspersion se développe ;
- > les godets « système anti-chignon » se géné-

ralisent, tel le « Starpot® » la dernière innovation des pépinières Lemonnier. Sa forme inversée par rapport aux conteneurs traditionnels permet une meilleure stratification racinaire et un développement plus important du nombre de racines principales ;

- > la mycorhization contrôlée fait l'objet de nombreuses recherches, les résultats sont prometteurs, par exemple sur douglas ;
- > le stockage au froid s'est généralisé, il stoppe l'évolution physiologique du plant, évite son exposition aux gelées tardives et limite l'impact des sécheresses printanières ;
- > l'emballage des plants, maintenant systématisé, assure la protection des racines contre le dessèchement au moment du transport et de la livraison.

Planter autrement et plus sûrement

Le renouvellement de la forêt française est urgent, martèle Léon Wehrlen, chercheur à l'Inra dans l'unité « Mission Gestion de la Végétation en Forêt » (MGVF), basée à Nancy. Comment choisir les méthodes efficaces, éviter les erreurs, maîtriser les coûts, garantir la réussite, lorsque toute une série d'aléas et de contraintes interfère en permanence ? :

- > excès climatiques, du trop humide au trop sec (dont canicule),
- > blocage par la végétation concurrente (fougère, ronce, molinie, carex, graminées de tous poils...), sachant que le recours aux herbicides sera bientôt proscrit en France (projet de décret pour 2020),
- > tassement du sol, d'autant plus fréquent que la mécanisation de l'exploitation se généralise.

1) Pierre Naudet, pépiniériste, présente les évolutions en cours concernant le matériel végétal.

2) Léon Wehrlen présente le Sous-Soleur multifonction.

Photos : Patrick Rey - CRPF Aquitaine © CNPF





3) Travail à la Pioche herse® (PH1) dans une zone de régénération.

4) Mécanisation des éclaircies d'un perchis de chênes par une pelle cisaille.

5) Désherbage avec le Razherb® : au premier plan de l'outil, les dents travaillant le sol ; au second plan, la lame de raclage.

6) Vue du Culti-3B® pour le travail des grandes surfaces. À l'avant de l'outil, on devine la dent de sous solage.

Une des missions de MGVF est d'élaborer des nouvelles techniques de préparation du sol et de contrôle de la végétation concurrente pour pallier ces inconvénients. Une coopération étroite s'est développée entre l'équipe Inra-MGVF et le concepteur de matériels et outils Claude Becker. Les outils Becker®, montés sur mini-pelle équipée de chenilles en caoutchouc pour limiter la compaction, sont bien adaptés à la forêt privée. Ils permettent de « désherber » et travailler le sol en une seule opération, tout en respectant le milieu. Les itinéraires techniques préconisés « garantissent » la réussite de la plantation (voire de la régénération naturelle), idéalement jusqu'à une hauteur acquise de 3 mètres. Tout repose, au départ, sur deux opérations clés :

- un désherbage
- un décompactage

Un « désherbage » complet et durable

Pourquoi « désherber » ?

Constat bien connu du forestier, la présence de végétation au pied des plants ou semis a une incidence néfaste sur leur reprise et leur croissance. La compétition s'exerce principalement pour l'eau, mais aussi la lumière, les éléments nutritifs, l'espace racinaire. Une étude comparative entre plants enherbés (feutrage de canche cespiteuse) et plants désherbés montre une perte de croissance de plus de 200 % en hauteur en 2 ans. Un tapis de graminées croît du simple au double en 2 ans.

Comment « désherber » ?

Le « désherbage » est à réaliser avant la plantation. Les caractéristiques de la parcelle (ac-

Photos : Patrick Rey - CRPF Aquitaine © CNPF



La gamme des outils Becker® : démonstrations pratiques de l'InterCetef

Opérateurs :

- Claude Becker (54200 Toul, beckerclaude2@wanadoo.fr).
- Antoni Valenzisi (entrepreneur de travaux forestiers, 55120 Aubréville en Argonne, antonivalenzisi@gmail.com).

Démonstration n° 1 (voir photos 1 et 2) : plantation en milieu forestier

- zone bloquée par la ronce et par le jonc : utilisation du Sous-soleur multifonction® (cf. fiche publiée dans Forêt entreprise n° 219, novembre 2014). Coûts indicatifs : 0,80 à 1,55 €/mètre linéaire (technique à plat) / 1,25 à 1,55 €/mètre linéaire (technique en bombé).
- zone bloquée par la fougère aigle : utilisation du Scarificateur Réversible®. Coûts indicatifs : 1,10 à 1,25 €/mètre linéaire (bande à plat de largeur 1,5 mètre).

Démonstration n° 2 (voir photo 3) :

régénération naturelle de chêne en cours d'acquisition

- éliminer le recru (rejets de tremble, ronce...) et travailler le sol, sous les semenciers, pour faciliter la levée des semis : utilisation de la Pioche herse®.

Démonstration n° 3 (voir photos 5 et 6) : boisement de terre agricole

- zone bloquée par les graminées (feutrage important de canche cespiteuse) : utilisation du Razherb® et du Culti 3B®.



utilisés, un seul message à retenir : l'espace vital du plant, soit un cylindre d'environ 1 m² à la base doit toujours rester propre, aussi bien au sol, qu'en tête.

Le décompactage profond

Cette deuxième opération est également très importante. Elle se réalise en même temps que le désherbage, sans avoir à changer de matériel, chaque outil Becker® étant polyvalent. Le décompactage est indispensable pour permettre à l'eau, l'air et éléments minéraux, de circuler librement dans le sol pour bien alimenter les racines et mycorhizes qui nourrissent le plant ou le jeune semis. Le développement du système racinaire s'en trouve accéléré. Une étude montre que le pivot peut plonger jusqu'à 60 cm de profondeur en sol décompacté, et ce, dès la première année d'installation, y compris chez les jeunes semis.

Ce type de décompactage ne doit pas être confondu avec un sous-solage classique (simple ligne décompactée à 50-60 centimètres de profondeur), encore moins avec un labour profond. Ce dernier descend généralement jusqu'à 40 centimètres de profondeur, en retournant les horizons du sol. Le décompactage Becker® consiste à « secouer » les horizons inférieurs (jusqu'à 60-70 centimètres de profondeur) pour les ameublir sans les perturber. Selon la technique et l'outil utilisé,

cès, pente, encombrement, recru...), du sol (sableux, compact, sec, engorgé...), du type de végétation à éliminer (fougère, ronce, graminées, carex, joncs...) déterminent le choix de la méthode de travail (par placeaux ou par bandes) et l'outil Becker® à utiliser (voir encadré). Chaque outil est conçu pour arracher complètement la végétation indésirable, y compris ses racines, rhizomes, stolons, feutrages racinaires..., tout en respectant l'humus et la couche superficielle du sol. Ce nettoyage radical au départ permet ensuite d'économiser jusqu'à 3 ou 5 dégagements.

Résultat : le sol reste nu et propre pendant 3 à 4 ans, durée suffisante pour permettre le démarrage rapide des plants ou semis, la croissance gagnée au départ restant acquise par la suite. Quels que soit la méthode et l'outil

la largeur effectivement décompactée peut atteindre 1 mètre (cas du Sous-soleur multifonction[®]), ce qui permet aux jeunes racines de se développer rapidement dans toutes les directions.

Pratiquer une sylviculture dynamique

La phase d'installation étant réalisée, l'enjeu est maintenant de dynamiser la croissance des arbres pour une production optimale de bois de qualité. Stéphane Asael, ingénieur au CRPF Lorraine-Alsace, présente la méthode développée dans le cadre d'un programme européen associant la région Lorraine, le Luxembourg, la Wallonie, et la Rhénanie-Palatinat. Elle s'applique principalement aux peuplements feuillus. Elle a donné lieu à un manuel technique intitulé « Des travaux économes pour du bois d'œuvre de haute qualité » téléchargeable sur le site internet du CRPF (www.crfp.fr)¹⁾. Le postulat de départ n'est pas nouveau (initié en Allemagne dès les années 80 repris en France, notamment par l'IDF, avec les travaux de Michel Hubert et du groupe de travail « chênes »...). Il est possible de pratiquer une sylviculture feuillue dynamique, à coûts réduits, en concentrant les interventions dès le plus jeune âge, sur un nombre très restreint

d'arbres (environ 50 par hectare). L'objectif est d'obtenir une bille de pied de 60 à 80 centimètres de diamètre, quasi nette de nœuds, à cernes larges et réguliers, en 70 à 120 ans selon l'essence. Le caractère innovant de la méthode repose sur une analyse détaillée (diagnostics préalables, chronologie des travaux à réaliser, matériels préconisés, risques encourus, coûts) par grandes phases d'évolution des peuplements : installation, compression, qualification, expansion, maturation.

Mécaniser la récolte

Olivier Picard (responsable du service R & D du CNPF-IDF) et Tammouz Enaut Helou (chargé des travaux et services forestiers et ruraux à la Fédération nationale des entrepreneurs des territoires) brossent l'état des lieux de la mécanisation en forêt, notamment en ce qui concerne les opérations d'éclaircie et de récolte.

L'enjeu concerne surtout les feuillus. Le taux de mécanisation est estimé à environ 10 %, contre plus de 60 % pour les résineux. La conception de machines spécifiques aux feuillus tarde encore à venir. Les constructeurs proposent généralement des têtes d'abattage « durcies » dérivées de celles des résineux. La casse du matériel en feuillus est importante

1) Un article spécifique y sera consacré dans un prochain numéro de Forêt-entreprise.

La forêt champenoise

La région Champagne-Ardenne est imprégnée par la « culture » du développement forestier. Les groupes de progrès locaux ont fortement contribué à la mise au point des sylvicultures du chêne et du peuplier. Le volontarisme des sylviculteurs et les évolutions successives aboutissent aujourd'hui à la coexistence de Cetef traditionnels (Cetef des Ardennes, de la Marne, de l'Aube), et de Groupements de Gestion et de Développement Forestier (GGDF) (Groupement Champenois, de la Marne, de la Haute-Marne).

La forêt occupe plus de 660 000 ha en Champagne-Ardenne, soit environ 26 % du territoire régional (taux de boisement variant de 40 % en Haute-Marne, à 16 % dans la Marne).

La forêt privée représente environ 60 % des forêts en Champagne-Ardenne, pour environ 120 000 propriétaires (hors terrains militaires). Plus de la moitié de cette surface (celle des forêts de plus de 25 ha) appartient à environ 1 % des propriétaires.

La Champagne-Ardenne est une région à large dominante de peuplements feuillus : chêne, hêtre et feuillus précieux notamment. Les résineux n'occupent qu'environ 13 % des

peuplements avec des essences variées : épicéas, sapins, pins sylvestres et pins noirs et de plus en plus douglas. Quant aux peupleraies, elles sont encore largement présentes dans la majorité des vallées.

Le volume récolté annuellement dans la région (forêts publiques et privées confondues) est de l'ordre de 1,6 million de m³ dont presque la moitié en bois d'œuvre (des records dus aux tempêtes en 2000 et 2001 avec 2,8 et 2,4 millions de m³).

Le peuplier, qui était pourtant l'une des essences phares de la Champagne-Ardenne, est aujourd'hui en déclin.

La part du **bois-énergie**, comme dans de nombreuses autres régions, s'accroît régulièrement.

Parmi les menaces actuelles sur l'avenir de la forêt champenoise, la **pression du grand gibier** (cerf, chevreuil, sanglier) rend difficile les régénérations naturelles et les plantations. Le retour à un équilibre sylvo-cynégétique durable ne pourra se faire qu'avec une réelle prise de conscience du problème et une entente, elle aussi durable entre chasseurs et forestiers.

confirment messieurs Destenay²⁾ et Bray³⁾, les deux exploitants forestiers réalisant les démonstrations avec leurs abatteuses (pelle cisaille de 8 tonnes et machine articulée à tête combinée d'abattage).

Casse ou pas, l'arrivée des machines pour le bûcheronnage des feuillus est inéluctable. Le forestier doit s'y préparer, d'autant que l'évolution va plutôt vers les gros engins (14 tonnes et plus). La plupart des chantiers se déroulent bien, mais des marges de progrès existent. Un observatoire réalisé sur 50 chantiers d'exploitation mécanisée en France (source FCBA) montre que 18,8 % d'entre eux présentent plus de 5 % de leur surface avec des ornières supérieures à 5 centimètres de profondeur ; et que le taux moyen de blessure aux arbres restants après éclaircie est de 17 % en feuillus et 11 % en résineux.

Le sol, capital de la forêt

Olivier Picard, Tammouz Enaut Helou, et les deux exploitants forestiers reprennent à l'unisson le même discours : « il faut tout faire pour préserver le sol ». Pour l'entrepreneur, il s'agit de ne pas s'exposer à des obligations de remises en état, la plupart du temps coûteuses et peu efficaces. Pour le forestier, il s'agit de ne pas compromettre le potentiel de production et de renouvellement de sa forêt. Les dégradations au sol sont quasi irréversibles. Sans réparation soignée, le retour à la normale se mesure en décennies, voire plus du siècle.

Prévenir vaut mieux que guérir

Les bonnes pratiques

Le débat de l'InterCetef aboutit finalement à une esquisse de cahier des charges, sur lequel forestiers et entrepreneurs peuvent se rejoindre :

- > cloisonnements d'exploitation à l'intérieur des parcelles (4 mètres de large, espacés de 15-20 mètres),
- > au moins une place de dépôt dans ou à proximité immédiate du chantier,
- > passages busés larges et résistants (6-8 mètres, 30 tonnes),
- > place(s) de retournement pour semi-remorques,
- > cartographie de la desserte utilisable, avec emplacement des places de dépôts et retournement...
- > critères d'appréciation de la praticabilité des sols à fournir à l'exploitant,...

Veiller au savoir-faire

La conclusion revient à Léon Werhlen qui a insisté tout au long de l'InterCetef sur la **nécessité de la transmission des savoir-faire et des compétences de terrain**. La sylviculture est une discipline qui disparaît des écrans radars des formations forestières et des formations d'entrepreneurs. C'est très dommage, les besoins sont importants. Les débats et démonstrations de l'InterCetef l'ont bien montrés. Le maniement des outils Becker® et le pilotage des machines d'exploitation demandent certes une grande compétence de conducteur, mais aussi et surtout de bonnes connaissances forestières et un œil averti de sylviculteur.

Point encourageant : suite à l'InterCetef, l'école de Croigny a déposé une demande d'agrément pour le développement de certificats professionnels « Plantations forestières » et « Sylviculture mécanisée ». L'espoir que les travaux de sylviculture réapparaissent sur l'écran radar des formations forestières... en partie grâce aux CETEF.

Perspectives pour CETEF-GDF

La réunion a mis en évidence un besoin d'interface et de coordination entre les organismes de développement et l'équipe INRA-MGVF. Christophe Vidal, technicien IDF basé à Lyon est chargé du relais pour le CNPF-IDF. La mise en place de sites pilotes « MGVF-Becker » dans les différentes régions, en complément de ceux existants déjà en forêt publique, peut être une piste de travail intéressante pour les CETEF-GDF. Un protocole adapté leur sera proposé dans le cadre du réseau national du développement. ■

Remerciements

Un merci particulier, outre aux intervenants cités dans cet article, au Groupement Champenois (Sylvie Rufenacht, Christophe Baudot, Benjamin Rouvière), ainsi qu'au CRPF Champagne-Ardenne (Fabrice Beynette et Philippe Juino), pour leur aide précieuse et leur soutien dans l'organisation et l'animation de cet InterCetef.

Résumé

Lors des 12^e InterCetef, les présidents et animateurs des groupes de développement de la forêt privée étudient notamment les avantages de nouvelles techniques de renouvellement et de conduite de peuplements. Des démonstrations mécanisées confirment qu'un travail du sol préalable et soigné prévient et retarde durablement la concurrence des adventices (ronces, fougère, etc.). L'exploitation mécanisée est inéluctable en forêt privée. Forestiers et entrepreneurs s'accordent sur les bonnes pratiques permettant de préserver les sols et les arbres.

Mots-clés : InterCetef 2014, groupe de développement forestier, Champagne, renouvellement, mécanisation.

2) Sarl Destenay, 51800 La Grange aux Bois

3) Ét. Bray, 10160 Bérulle

La Loi d'avenir pour la forêt, ce qui est nouveau ?

par Thierry du Peloux, juriste du CNPF

On peut remarquer particulièrement dans cette loi, la mise en place attendue du nouveau fonds stratégique forêt bois, des mesures pour une meilleure régulation des cervidés et des dispositions pour la restructuration du foncier forestier.

La Loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt a été promulguée en octobre 2014. Forestiers privés de France est constamment intervenu au cours des longs débats parlementaires. Quelques dispositions significatives nouvelles sont ici synthétisées, l'analyse complète est disponible sur demande.

De nouvelles dispositions de cadrage de la politique forestière

Après quelques ajustements dans l'énoncé des principes guidant la politique forestière et dans la liste des objectifs d'intérêt général qu'elle devrait poursuivre, de portée pratique limitée puisqu'ils n'ont pas plus de force obligatoire que les programmes électoraux, cette loi réforme les documents de programmation de la politique forestière.

Elle prévoit l'élaboration d'un **programme national de la forêt et du bois (une nouveauté)** puis, deux ans après, de programmes régionaux, remplaçant les orientations régionales forestières et qui devraient notamment définir les massifs à enjeux prioritaires pour la mobilisation du bois, des améliorations de la déserte forestière et comporter des dispositions pour une meilleure régulation des cervidés. La loi supprime les « plans pluriannuels régionaux de développement forestier », créés en 2010, leur financement étant transféré au fonds stratégique forêt bois : ceux en vigueur s'appliqueront néanmoins jusqu'à leur terme.

Quelques modifications concernant les organismes forestiers

Le CNPF emploie 120 personnels techniques sur des crédits autres que la dotation annuelle de l'État et que la contribution obligatoire des chambres d'agriculture. Il les emploie par contrat à durée déterminée (CDD). Une réforme en cours de la fonction publique prévoyant de limiter considérablement la possibilité de tels CDD, le maintien de ces emplois était gravement menacé. Cette loi sécurise ces emplois en autorisant spécialement le CNPF à continuer de recruter ces agents par des CDD d'une durée maximum de 6 ans.

Concernant l'interprofession, la loi permet de créer des sections par produits au sein de France-Bois-Forêt, satisfaisant une demande des Aquitains pour la création d'une section spécifique au pin maritime.

Le nouveau Fonds stratégique de la forêt et du bois

Créé par la loi de finances pour 2014, la loi d'avenir devait préciser son domaine d'action et ses ressources. Elle précise qu'il interviendra prioritairement en faveur des investissements en forêt. Malgré les efforts du Sénat pour le renforcer, sa seule source de financement importante sera la nouvelle possibilité de compensation financière des défrichements mise en place par cette même loi : lorsqu'elle autorise un défrichement, l'administration peut imposer de reconstituer des boisements d'une



Jérôme Rosa - CRPF Île-de-France - Centre © CNPF

superficie de 1 à 5 fois la surface défrichée; les intéressés pourront s'en acquitter en versant une contribution d'un montant équivalent à celui des travaux de plantation imposés. La recette escomptée est de 18 millions d'€/an. Le budget de ce fonds ne devrait donc guère dépasser 20 à 25 M€/an, soit 4 fois moins que celui du Fonds forestier national (FFN) dans les années 1990. C'est mieux que rien, mais ceci ne permet guère d'espérer retrouver la dynamique d'amélioration de la forêt et de sa gestion qu'avait permise le FFN de 1950 à 1998. À cet égard, certains trouveront que c'est une loi d'avenir morose pour la forêt.

Quelques nouveautés pour les documents de gestion

Le délai de retard ou l'avancement des coupes prévues dans les PSG est réduit à 4 ans (au lieu de 5 ans) pour d'obscures raisons et compromis politiques.

La loi prévoit que la « garantie de gestion durable », attachée aux documents de gestion et nécessaire pour bénéficier d'aides publiques ou de certaines dispositions fiscales, sera conditionnée à la « mise en œuvre effective du programme des coupes et travaux prévus ». Reste à voir les conditions de mise en œuvre de cette nouveauté. On peut craindre que ceci ne conduise des propriétaires à prévoir des programmes de coupes et travaux plus prudents, compte tenu des fortes incertitudes de la conjoncture et du marché à horizon de 10 à 15 ans.

Le projet de loi initial prévoyait la suppression des codes des bonnes pratiques sylvicoles, pourtant plébiscités, puisqu'ils ont recueilli 35 000 adhésions pour 250 000 ha en 7 ans. Finalement, ils sont maintenus en vigueur jusqu'en 2022 (et il faut nourrir l'espoir d'un maintien ultérieur...). Pour conforter ce dispositif, les adhérents pourront, facultativement, faire agréer par le CRPF un programme de coupes et travaux, simple, qui dispensera notamment des déclarations de coupe exigées par le code de l'urbanisme.

Création du Groupement d'intérêt économique et environnemental forestier (GIEEF)

Ce dispositif vise à regrouper des propriétaires privés pour la gestion d'un massif forestier, afin de mieux mobiliser le bois dans ceux qui sont sous exploités du fait du morcellement foncier et de regrouper l'offre pour les industriels.

Ces groupements, dont la forme juridique est libre et qui reposent sur le volontariat, devront regrouper au moins 20 propriétaires et 100 ha sur un massif. Les forêts concernées devront faire l'objet d'un diagnostic, puis les propriétaires devront faire un PSG collectif en s'engageant à mettre en œuvre les modalités de gestion préconisées par le diagnostic. Un mandat de gestion par un gestionnaire habilité (coopérative, expert, gestionnaire professionnel) et des modalités de commercialisation des bois (ex: insertion dans un contrat d'approvisionnement) devront être mis en place et proposés aux membres. Ceux-ci pourront bénéficier de majorations d'aides publiques (... s'il y en a).

Les CRPF sont appelés à s'impliquer fortement dans le développement de cette nouvelle forme de regroupement des propriétaires, qui peut être un prolongement des « plans de massif » qu'ils animent depuis une quinzaine d'années.

Dispositions relatives au foncier forestier

Les bois et forêts échappaient généralement au droit de préemption des Safer. Désormais, seuls les terrains **classés bois au cadastre** y échapperont (avis à ceux qui n'ont pas fait de déclaration de changement de nature de culture lors du boisement de leur terrain). Lorsque les Safer mettront en vente des terrains boisés de moins de 10 ha, les propriétaires de terrains boisés contigus seront prioritaires pour leur attribution (sous certaines conditions) : c'est la première fois qu'une priorité en faveur des forestiers est imposée aux Safer.

Pour l'application du droit de préférence des propriétaires forestiers riverains en cas de vente de boisements totalisant moins de 4 ha, on pouvait remplacer la notification de la vente aux voisins par un affichage en mairie et une annonce dans un journal d'annonces légales. Désormais, on ne pourra remplacer ainsi les notifications individuelles aux voisins que s'il faut en faire au moins dix, pour qu'ils soient mieux informés.

Pour ces ventes de terrains boisés totalisant moins de 4 ha, la loi d'avenir a institué :

- > un droit de préemption au profit de la commune si elle possède une forêt soumise au régime forestier riveraine et au profit de l'État s'il possède une forêt riveraine ; ces droits de préemption, équivalents du droit de préférence des propriétaires forestiers privés, prévalent sur ce dernier ;
- > un droit de préférence de la commune, même si elle n'a pas de forêt riveraine, mais qui ne prime pas le droit de préférence des propriétaires privés riverains et auquel s'appliquent les mêmes exceptions que pour ce dernier ; les communes pourront rétrocéder les bois ainsi acquis pour restructurer le foncier, mais n'en auront pas l'obligation.

Enfin, cette loi a prévu que le préfet devra dresser la liste par commune des terrains boisés vacants et sans maître, qui devra être affichée

et contrôlée par la mairie, pour faciliter leur appréhension par les communes, lesquelles pourront les rétrocéder aux propriétaires forestiers riverains ou les conserver.

Des mesures pour réduire les dégâts de gibier aux forêts

Ces mesures ont été très vivement discutées entre parlementaires soutenant les chasseurs ou les forestiers, mais la défense de la forêt a prévalu, notamment grâce aux talents de négociateur du sénateur Philippe Leroy, président du conseil supérieur de la forêt et rapporteur de la partie forestière de la loi au Sénat.

Les nouveaux programmes régionaux de la forêt et du bois (PRFB) devront préciser les conditions de l'équilibre forêt/gibier.

Les orientations régionales de gestion de la faune ainsi que les schémas départementaux de gestion cynégétique devront être « **compatibles** » avec ces dispositions des PRFB, **ce qui crée une vraie obligation de les respecter.**

Les plans de chasse (attributions de bracelets) devront prendre en compte les documents de gestion des forêts (par ex. s'ils prévoient des plantations).

Est institué auprès de la commission régionale de la forêt et du bois un comité composé paritairement de représentants de la forêt et des chasseurs qui devra établir chaque année un bilan des dégâts forestiers et adopter un programme d'actions pour assurer l'équilibre sylvo-cynégétique ; à défaut, ce programme d'actions sera décidé par le préfet.

En conclusion

Dans l'attente de décrets et circulaires d'application, les retombées concrètes de la Loi d'avenir de la forêt demeurent incertaines, notamment l'efficacité des GIEEF, dont la mise en œuvre sur des surfaces significatives risque d'être longue.

La reconnaissance de l'intérêt général de la forêt et des produits bois crédibilise les travaux importants des forestiers pour la compensation financière des biens et services rendus par la forêt. Le programme d'actions régionales pour assurer le nécessaire retour à l'équilibre forêt-gibier s'appuiera sur l'effort de concertation entre forestiers et chasseurs... ■

Les résineux, piliers du commerce du bois

Les résineux représentent un atout maître pour la production car, sur moins de 30 % de la surface forestière française, ils fournissent plus de 80 % du volume de bois scié. Philippe Riou-Nivert, ingénieur à l'Institut pour le développement forestier, consacre le troisième et avant-dernier tome¹⁾ de son « Manuel Résineux » aux marchés du bois. Ce manuel permet de mieux comprendre les formidables possibilités et débouchés offerts par les bois résineux et apporte une vision ample et actualisée sur leurs utilisations.

En France comme dans le monde, les résineux dominent largement le marché du bois. Le forestier qui s'interroge sur le choix des essences, l'industriel qui souhaite une vision globale, le grand public qui veut découvrir un matériau naturel qu'il côtoie tous les jours, chacun trouvera dans cet ouvrage tout ce qu'il faut savoir sur le sujet.

Pour mieux connaître le bois résineux...

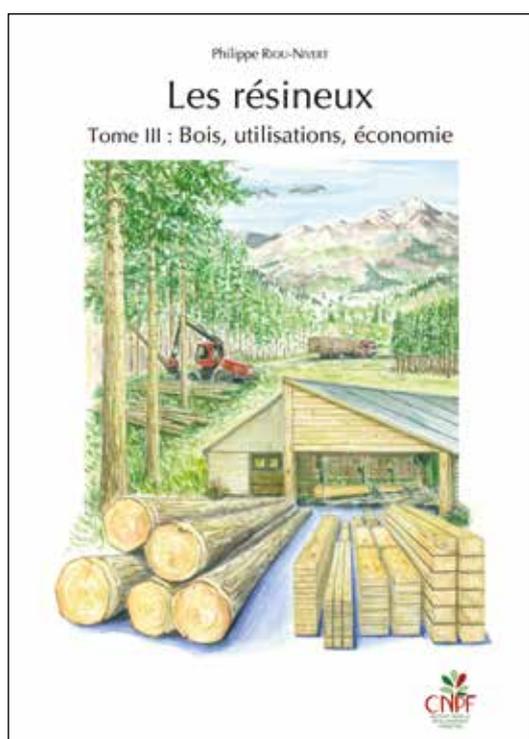
S'appuyant sur plus de 600 illustrations, des fiches pratiques et des clés de détermination, il détaille les caractéristiques du bois résineux, bien différent de celui des feuillus. Après s'être interrogé sur la notion de qualité, il passe en revue l'ensemble des utilisations, extrêmement variées et en pleine évolution. Il décrypte les

divers pans de l'économie du bois et répond aux questions les plus fréquentes : de quelle ressource résineuse la France dispose-t-elle ? Le prélèvement effectué chaque année sur cette ressource respecte-t-il les règles de gestion durable ? Pourquoi le renouvellement des peuplements est-il en danger ? Peut-on réduire les importations de sciages résineux étrangers qui aggravent le déficit de la balance commerciale ? Pourquoi la scierie résineuse est-elle en difficulté ? Faut-il encore planter des résineux ?

...et renforcer le lien qui unit la filière

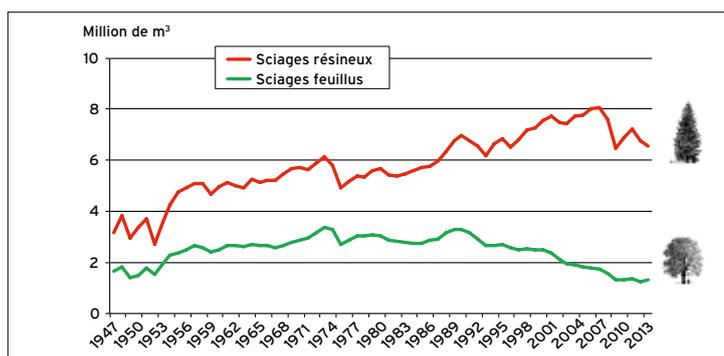
Enfin, ce manuel à la fois accessible et complet, vient à point nommé pour renforcer le lien qui existe au sein de la filière. Ce lien repose sur la prise en compte indispensable du monde forestier et de la sylviculture par l'industrie et sur la connaissance nécessaire du monde de l'industrie et de la transformation par le forestier. Les causes de l'amont et de l'aval doivent converger. Le bois, matériau naturel, renouvelable, champion de l'économie circulaire, biosourcé, stockant le carbone, recyclable, producteur d'énergie en fin de vie, sera incontournable demain. ■

1) Tome 1 : Connaissance et reconnaissance.
Tome 2 : Écologie et pathologie.
Tome 3 : Bois, utilisations, économie (vient de paraître).
Tome 4 : Sylviculture et reboisement (à paraître).
Disponible à la librairie de l'IDF, 47 rue de Chaillot, 75116 Paris, Tél. : 01 47 20 68 39, idf-librairie@cnpf.fr



Le bois, ses utilisations, son économie en trois chapitres

- 1. Le bois** : pour entrer au cœur du bois des résineux, connaître ses caractéristiques et mieux valoriser ses qualités. Une partie de ce chapitre est dédiée à la reconnaissance visuelle des bois à partir d'échantillons.
- 2. Les utilisations** : pour comprendre la mise en œuvre du bois résineux, les procédés industriels et les chaînes de production, des plus traditionnelles aux plus innovantes (chimie verte, nanocellulose...).
- 3. L'économie** : pour disposer d'une synthèse unique et récente sur tous les aspects de la filière résineuse (ressource, récolte, prix, débouchés, marchés, évolutions attendues etc.) en France, en Europe et dans le monde.



Évolution de la production des sciages résineux et feuillus en France : des dynamiques bien différentes ! (Agreste 2014, enquête EAB).

Fronde contre la fougère aigle

Par Christophe Vidal, CNPF-IDF

Christophe Vidal - IDF © CNPF

L'IDF propose une formation sur ce thème

Quelles méthodes pour maîtriser la végétation concurrente ?

À Colmar (68) du 15 au 19 juin 2015 durant 4 jours (du lundi midi au vendredi midi)

Animée par Léon Wehrlen, Inra-MGVF et Christophe Vidal, CNPF-IDF

Objectifs pédagogiques :

> connaître les méthodes d'entretien alternatif de la végétation herbacée, semi-ligneuse et ligneuse,

> savoir comment utiliser les nouveaux outils :

- couverture végétale artificielle,
- méthodes mécanisées avec outils sur mini-pelle,
- gestion du couvert forestier,
- technique de paillage.

Plus de renseignements sur www.foretriveefrancaise.com

ou IDF Formation : téléphone 02.38.71.91.14 ou par courriel : idf-formation@cnpf.fr

Sommaire

18 La fougère aigle
une vieille histoire
avec l'homme

20 Biologie et
écologie de la fougère
aigle

25 Fougère aigle
et jeunes arbres : une
cohabitation quasi
impossible

28 Contrôler la
fougère aigle
pour réussir les
plantations

34 L'expérience
des régions
sur le contrôle
de la fougère
aigle

40 Stratégie de
contrôle ou de lutte
mécanique contre la
fougère aigle

46 Outils pour
lutter ou contrôler
la fougère aigle :
matériels et
coûts

50 À retenir



Christophe Vidal

• Technicien reconstitution, appui expérimentations Institut pour le développement forestier, CNPF- IDF Lyon



Catherine Collet

• Chargée de recherche Laboratoire d'Étude des Ressources Forêt-Bois (LERFoB), Mission gestion de la végétation en forêt (MGVF) - INRA Nancy



Léon Wehrlen

• Assistant ingénieur Laboratoire d'Étude des Ressources Forêt-Bois (LERFoB), Mission gestion de la végétation en forêt (MGVF) - INRA Nancy

Pourquoi aigle ?

Plusieurs explications circulent sur ce nom de fougère aigle : Flore Forestière Française, wikipedia ...

Si vous savez pourquoi, venez en discuter sur la page Facebook : facebook.com/foretpriveefrancaise/



Ami photographe si l'œil vif de votre objectif a figé l'aigle de la fougère, transmettez votre photo à Forêt-entreprise ou sur la page Facebook.

Un appel à la révolte au forestier qui a du mal à maîtriser cette fougère envahissante ? La formule n'est-elle pas aussi un conseil ? La fougère aigle est une espèce dont la concurrence est souvent sous-estimée. La laisser s'installer réduit les possibilités de la contrôler et augmente le travail de lutte surtout quand elle est exubérante. **Préférer une bataille courte et décisive à une guerre longue et épuisante !**

De tout temps, la fougère aigle était présente, l'homme a su l'utiliser, la dompter. L'histoire de ce végétal nous est contée à partir d'une recherche de documents riches en information. Vous serez étonné par la connaissance et la maîtrise de ce végétal qui était perçu comme utile par nos aïeux et dont certains usages perdurent.

La lumière est faite sur ses secrets. Vous les découvrirez dans la biologie et l'écologie de la fougère aigle. Celle-ci se trouve dans beaucoup de milieux et a des capacités d'adaptation, parfois insoupçonnées. Son système aérien et racinaire participe par son efficacité à sa colonisation très rapide et à son maintien dans le milieu prospecté.

Des essais suivis par l'Irstea¹⁾ démontrent la capacité de la fougère aigle à nuire à l'installation des plants et des semis. C'est une colonisatrice hors pair aux capacités de résistances exceptionnelles. C'est une star sous le projecteur solaire, elle ne laisse pas une miette à ses rivaux.

Dans le cadre d'un programme de recherche Alter (alternative aux herbicides), fruit de travaux communs entre différents organismes forestiers et piloté par la MGVF²⁾ de l'Inra de

Nancy, des essais montrent l'efficacité des outils montés sur mini-pelle. Une évolution différente de la végétation permet une meilleure croissance des plants. C'est une solution à des blocages liés à une fougère aigle envahissante.

Le forestier est imaginatif et invente ou suit depuis longtemps des méthodes pour contrôler la fougère aigle, comme le montre quelques expériences locales. Pour certaines régions, elle est maîtrisée, pour d'autres c'est une difficulté parfois insoluble.

Pourquoi telle méthode de contrôle est plus efficace qu'une autre ? Tout est lié à la connaissance de la dynamique de la fougère aigle, qui permet d'adopter une stratégie de contrôle. Les solutions préventives restent les plus efficaces. Il existe aussi des méthodes curatives après la plantation ou la régénération naturelle, mais plus laborieuses.

Grâce à de nouveaux outils, des moyens efficaces permettent de contrôler la fougère aigle selon les différentes situations. Les coûts des travaux avec ces outils sont également abordés en fonction des interventions avant ou après une plantation ou une régénération naturelle.

En fait, **faire fronde contre la fougère aigle, c'est agir à temps à son envahissement, suffisamment à l'avance et brièvement, plus que longuement et de façon répétée.** Il vaut mieux prévenir que guérir ! C'est aussi utiliser les bons outils au meilleur moment pour endiguer l'avancée inéluctable de la fougère aigle sur les plants et les semis. Mais tout cela a un prix, selon les solutions choisies par les maîtres d'œuvre.

1) Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture, ex-Cemagref.

2) Mission gestion de la végétation en forêt, Inra de Nancy.

La fougère aigle

une vieille histoire avec l'homme

Par Léon Wehrle, MGVF-LERFoB*

Du cultivateur grec du siècle de Périclès jusqu'à l'agriculteur d'aujourd'hui, cette plante représentait un combat de tous les jours. En forêt, la fougère était récoltée et utilisée par l'homme jusqu'au début du XX^e siècle, mais c'est ensuite que ça se gâte, pour le forestier... !

* Mission gestion de la végétation en forêt - Laboratoire d'étude des ressources forêt-bois, UMR 1092, INRA de Nancy Lorraine, F-54280 Champenoux - prenom.nom@nancy.inra.fr ; AgroParisTech, UMR 1092, LERFoB, ENGREF, 14 rue Girardet, F-54000 Nancy

Ennemie ou amie ? La fougère aigle, très vieille habitante de l'Europe depuis plus de 5 millions d'années, a précédé l'homme de Néandertal arrivé, il y a seulement 100 000 ans !

Un aliment pour l'homme et les animaux

Les peuples de chasseurs-cueilleurs utilisaient toutes les richesses du milieu naturel, par obligation, pour assurer leur survie. Il est évident que les sangliers de cette époque déterraient et consommaient déjà les rhizomes des fougères : l'homme les a imités et a goûté à ces racines. Il s'est approprié cette nourriture facile et abondante en améliorant « la recette » : il a grillé les racines sur la braise ou les cuisait sous la cendre. Cet aliment est resté une nourriture de survie, lors des disettes, pour de nombreuses populations dont on trouve les témoignages en Norvège au XVII^e siècle et tout au long du XIX^e siècle, de la Nouvelle Zélande à La Réunion, des îles Canaries à la campagne française. Dans toutes ces régions, on utilisait également, en période de famine, les rhizomes séchés pour en faire une farine avec laquelle on confectionnait un pain grossier ou des bouillies¹⁾. Ces mêmes racines sèches servaient également à parfumer la bière, boisson très ancienne, en remplacement du houblon ; dans le Nord de la France, cette utilisation était commune jusqu'au début du XX^e siècle et même ensuite²⁾. En usage médical, Pline cite les remèdes des auteurs grecs, Galien, Théophraste et Dioscoride pour lutter contre le ténia avec une décoction de rhizome de fougère. Cette médication a été utilisée jusqu'au Moyen Âge³⁾. Les animaux domestiques bénéficiaient également des bienfaits de la fougère aigle : sous Napoléon III, dans l'Oise, on nourrissait les chèvres avec les jeunes pousses des fougères trempées préalablement dans l'eau durant 2 à 3 jours. De façon plus géné-

rale, dans toute l'Europe, du Moyen Âge au XIX^e siècle, les porcs étaient engraisés avec les rhizomes de fougère en complément des glands et autres nourritures⁴⁾.

Une matière première utile et abondante

Depuis le Néolithique, l'homme a utilisé les frondes sèches des fougères. Abondantes et très faciles à récolter par arrachage en novembre, il en a trouvé de multiples utilisations. On a découvert des restes de parois de constructions néolithiques lacustres, dans des lagunes, colmatées avec de la fougère⁵⁾. Les résiniers des Landes l'utilisaient comme litière⁶⁾, les bergers et les charbonniers, également. En automne, jusqu'à la seconde guerre mondiale, la récolte de la fougère sèche était une activité coutumière des populations rurales de moyenne montagne. Dans ces régions, la paille (seigle) était trop précieuse pour servir de litière au bétail, à qui elle servait de fourrage. La fougère procurait une excellente litière pour tous les animaux de l'étable, mais aussi pour les porcs. Actuellement, certains éleveurs de brebis béarnais récoltent toujours, mais de façon mécanisée, la fougère pour en faire une litière aux qualités sanitaires intéressantes pour les ovins (témoignage de G. Chabanier, berger, éleveur à Buziet (64)). Avant l'apparition des emballages modernes, la fougère servait à amortir les chocs et envelopper des fruits fragiles dans les paniers et les caisses (raisins, cerises, etc.) mais aussi à emballer les poissons pour les expéditions, avant l'arrivée de la glace industrielle⁷⁾. À Nancy, les horticulteurs et maraîchers paillaient le sol avec de la fougère sèche pour protéger les plantes du gel hivernal ou au printemps, ombrageaient les semis, pour favoriser la germination et maintenir l'humidité. Les Romains ont découvert l'utilisation des cendres lessivées des fougères pour fabriquer du verre de qualité moyenne. La méthode

1) Favre J., 1889. *Dictionnaire universel de cuisine*. Éd. Les libraires - Paris.

2) Pizzetta J., 1890. *Dictionnaire populaire illustré d'histoire naturelle*. Éd. A. Hennuyer - Paris.

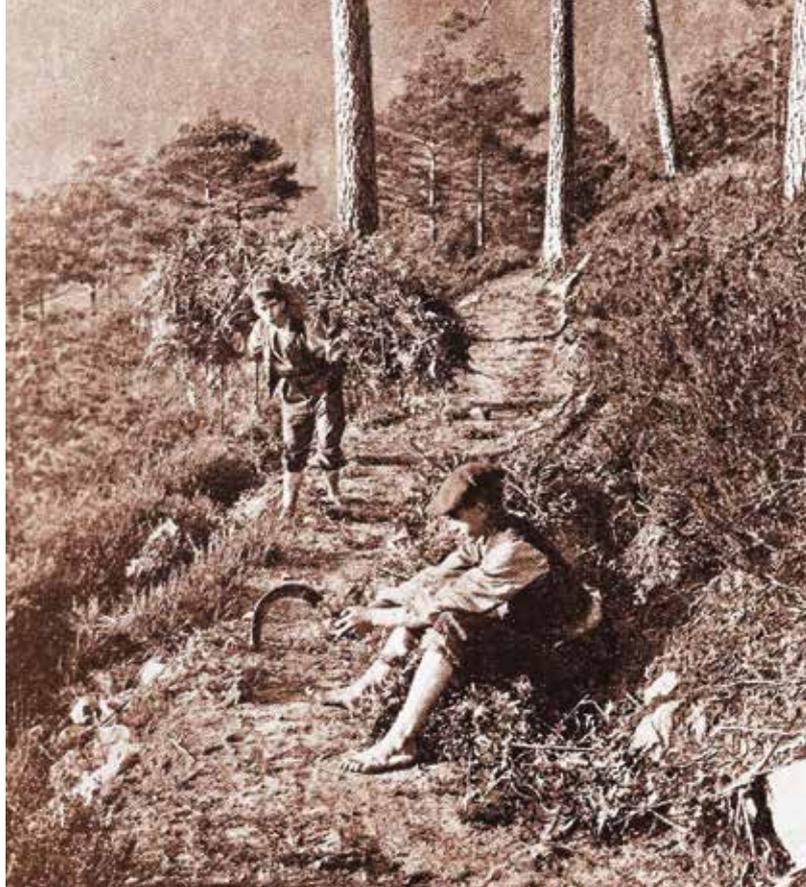
3) Pline, 1829. *Histoire naturelle*. Tome 16. Traduction de M. Ajasson de Grandsagne. Panckoucka Éd. Paris.

4) Deterville, 1817. *Nouveau dictionnaire d'histoire naturelle*. Sté Naturaliste, T.VII- Deterville Éd. Paris.

5) De Mortillet G., 1865. *Matériaux pour l'histoire de l'homme*. Paris.

6) Lalesque F., 1919. *Arcachon, ville de santé*. Masson éditeur - Paris.

7) Le Bon de Morogues M., 1834. *Cours complet d'agriculture*. T. 10. Éd. Pourrat frères - Paris.



Récolte de la fougère dans les Vosges en 1900. © DR

Récolte de fougère en balles rondes, sur ptéridaie, dans les Pyrénées Atlantiques en 2013. © Léon Wehrle - MGVF-Inra.



est encore utilisée en France au XVIII^e siècle⁸⁾. La potasse contenue dans les cendres de fougère servait couramment d'amendement peu cher et facilement disponible, en agriculture jusqu'à la 1^{re} guerre mondiale.

Fléau du cultivateur depuis toujours... mais pas du forestier ?

Virgile et Pline, constatent que la fougère nuit au travail de la charrue et que sa destruction est indispensable : Ils conseillent des labours réitérés pour l'éliminer⁹⁾. Sur les terres agricoles, la fougère a toujours été maîtrisée en permanence. En forêt, elle ne posait pas de problème majeur du fait de sa récolte pour divers usages, mais aussi et surtout parce que la forêt était gérée de façon différente qu'actuellement : jusqu'au milieu du XIX^e siècle les peuplements sont hétérogènes, irréguliers et en petite surface de gestion. Ces types de forêts ne permettaient pas à la fougère de coloniser des étendues très importantes. La fougère s'y développait principalement par taches et y était récoltée.

Mais maintenant, si !

Après la grande réforme forestière, la transformation de la forêt en futaie régulière, mono spécifique avec souvent un aménagement de grandes parcelles de gestion, facilite l'expansion de la fougère qui a su saisir cette opportunité. Les coupes rases lui offrent la possibi-

lité de s'installer... Le ramassage des frondes ne se fait plus et la litière sèche s'accumule sur le sol. Elle empêche, écrase et déforme la régénération, sans parler des risques d'incendie qui se propagent lors des printemps secs.

Biologiquement, la fougère est capable de rester en situation d'attente sous un peuplement adulte bien ombré, puis de réagir très rapidement à la mise en lumière, au moment de la régénération des parcelles.

C'est cette capacité de réaction qui fait sa force et perturbe gravement la gestion des forêts actuelles. À cette adaptation au nouveau milieu forestier s'ajoute un autre phénomène, celui constaté dès le milieu du XIX^e siècle hors forêt, lié à l'exode rural où l'on constate un développement extraordinaire de la fougère sur les délaissés agricoles. La colonisation rapide de ces nouveaux espaces se fait à partir des haies et des lisières où la fougère était contenue par l'agriculteur. Cela concerne particulièrement les zones de moyenne montagne des Vosges ou du Morvan, mais aussi de plaine où on a reboisé ces parcelles abandonnées par l'agriculture. La fougère s'y est à présent bien installée depuis un siècle ou plus.

Son combat avec le forestier qui doit aujourd'hui renouveler ses peuplements de seconde génération, va alors commencer ! La plante utile et nourricière, d'une époque révolue, s'est transformée en peste végétale... pour le sylviculteur du XXI^e siècle ... ! ■

8) Ventenat E. P., 1798. *Tableau du règne végétal selon la méthode de Jussieu*. T. 2 – Paris.

9) Daudin H., 1864. *Le nouveau théâtre d'agriculture*. Masson éditeur, Paris.

Bibliographie :

Dumas Y., 2002. *Que savons-nous de la fougère aigle ?* Rev. For. Fr. LIV – 4-2002, 357-374.

Biologie et écologie de la fougère aigle

Par Yann Dumas, Rémy Gobin et Philippe Balandier, IRSTEA*

* Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture, Unité de Recherches sur les écosystèmes forestiers, EFNO, Domaine des Barres, F-45290 Nogent-sur-Vernisson

Une aire étendue sur tout le territoire français, une colonisatrice hors pair, sa présence cache un système racinaire puissant et efficace ; elle révèle un sol sain et propice à la forêt.

Où rencontre-t-on la fougère aigle ?

Les espèces et sous-espèces appartenant au genre *Pteridium* constituent un groupe d'une quinzaine de taxons¹⁾ reconnus actuellement à travers le monde et considérés à ce titre comme cosmopolites. Des différences biologiques existent entre eux et peuvent avoir des conséquences sur la gestion forestière. Mais ils se comportent globalement de façon assez similaire dans l'écosystème forestier, qu'ils croissent en forêt tropicale d'Amérique du sud, en Amérique du nord, en Afrique, en Asie ou en Australie. En Europe et *a fortiori* en France, il n'existe qu'une seule espèce, dont le nom scientifique est *Pteridium aquilinum*. Elle est très fréquente dans notre pays, puisqu'elle est recensée dans près de 30 % des relevés IGN. Elle se rencontre dans tous les départements sur un gradient altitudinal pouvant varier du niveau de la mer jusqu'à une altitude de 1 700 m.

1) Un taxon est le groupe de tous les organismes vivants partageant certains caractères taxonomiques. Ce groupe est plus ou moins large selon le rang taxinomique auquel il se rapporte (famille, genre, espèce, sous-espèce).

2) Parks, J.C., Werth, C.R., 1993. *A Study of Spatial Features of Clones in a Population of Bracken Fern, Pteridium aquilinum*, *American Journal of Botany*, 80, 5, 537-544.



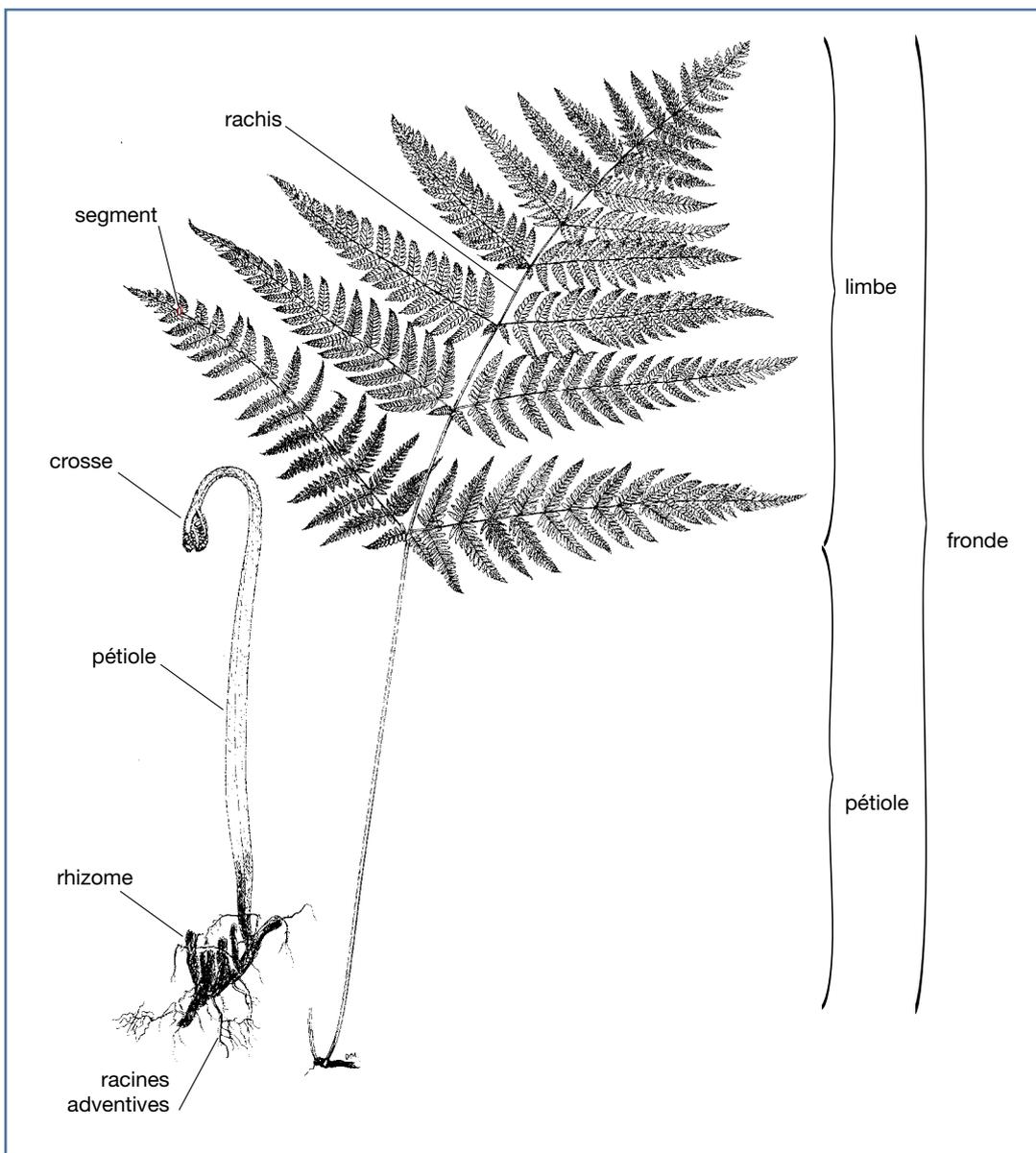
Présence de la fougère aigle en France à plus de 25 % de recouvrement dans les relevés IGN.

Biologie, morphologie

La fougère aigle se reproduit par spores, mais contrairement à d'autres espèces de fougères, elle est très rarement fertile en France. Les conditions climatiques ne lui convenant probablement pas souvent à l'état naturel. De plus, la probabilité pour qu'une spore rencontre des conditions favorables pour donner naissance à une plante adulte est assez faible. Elles correspondent à un sol nu, basique et stérile, obtenu en forêt généralement suite à un incendie. Alors comment expliquer que cette espèce soit aussi répandue ? En fait, les spores peuvent provenir de très loin (3 000 km dans des conditions sans obstacle en milieu marin) et lorsque la sporulation a lieu, une seule fronde peut en produire 300 millions ! Mais surtout, une fois la plante installée, elle est capable de coloniser d'immenses surfaces par croissance végétative.

La vitesse de colonisation est généralement de quelques décimètres par an, mais peut atteindre de l'ordre du mètre voire plus. La ptéridaie, nom donné au peuplement de fougère, peut se développer ainsi quasi éternellement, tant que les conditions stationnelles rencontrées ne constituent pas un obstacle. Oinonen (1967) a réalisé un travail colossal en recensant, mesurant et datant environ 1 450 ptéridaies en Finlande. Il a ainsi pu dater l'apparition des deux plus grandes d'entre-elles, qui mesurent près de 500 m de large, à l'âge du fer soit près de 1 500 ans ! La ptéridaie n'est donc pas, contrairement à son apparence, une population constituée par une multitude de pieds individuels. Elle n'est formée que d'un ou quelques individus qui peuvent s'étendre et s'entrecroiser sur quelques centaines de mètres voire plus d'un kilomètre²⁾ !

La partie visible, les frondes sont des feuilles découpées en folioles (ensemble de segments) portées par l'axe principal, le rachis, qui n'est autre que la nervure principale. Elles apparaissent au printemps et se déploient en quelques semaines pour finalement entrer en sénescence en fin d'été ou en automne, en



Caractères morphologiques et dénomination dans le cas de la fougère aigle, extrait de la Flore tome 1, Plaines et collines, p. 220.

fonction des conditions climatiques (sécheresse, gel). Elles sont ensuite plus ou moins rapidement intégrées à la litière du sol en fonction, là encore du climat (neige, pluie, vent) et de l'activité des décomposeurs.

La tige, à proprement parler, riche en eau et en réserve à laquelle sont rattachées les frondes, est invisible car souterraine.

Elle est dénommée rhizome³⁾ et constituée de deux étages dont le premier **est situé à environ 10 cm sous la surface du sol**. En cas d'incendie, de gel tardif ou de coupe lors d'entretien, de nouvelles générations de frondes sont émises à partir de bourgeons latents. Un deuxième étage positionné plus en profondeur, à 50 cm ou plus selon la nature du sol, joue le rôle de stockage de nutriments. L'ensemble de ces rhizomes forment généralement une biomasse sèche de plusieurs dizaines de tonnes par hectare (13 à 25 m linéaires par m² de sol). En surface, la densité peut atteindre le chiffre de 75 frondes/m² et une biomasse aérienne sèche de 14 t/ha⁴⁾.

Nos collègues britanniques ont élaboré divers modèles mathématiques pour bien définir la dynamique de cette espèce. À partir de leurs données, ils sont parvenus à la conclusion que même après 18 ans de fauches régulières, la biomasse de cette espèce atteint un seuil, certes faible, mais en deçà duquel il n'est pas possible de descendre.



3) Tige souterraine de réserve plus ou moins allongée et renflée émettant des racines.

4) Marrs R.H., 2006. *Biological Flora of the British Isles: Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Journal of Ecology*, 94, (6), 1272, 1321.

Sporanges de fougère aigle apparus sous serre (grossissement 40 X), Thèse de Rémy Gobin, Laboratoire Irstea – Nogent-sur-Vernisson.
 Yann Dumas © Irstea



Développement chronologique de la fougère aigle, Thèse de Noémie Gaudio, pépinière Irstea – Nogent-sur-Vernisson. Yann Dumas © Irstea

Les frondes dépassent parfois les 3 m de hauteur en France, lorsque les branches mortes des arbres leur offrent un appui. En plein découvert, elles n'atteignent généralement pas plus de 2,5 m et s'effondrent parfois suite à un orage violent. Après sénescence, la neige participe également à l'écrasement de cette biomasse.

Quelles conditions écologiques lui sont-elles favorables ?

La fougère aigle se développe principalement sur les substrats moyennement acides à très acides, mais quelques populations se forment toutefois sur substrat calcaire en Côte-d'Or, Hautes-Alpes ou Haute-Marne. Sa répartition est donc bimodale, du fait de son absence dans les conditions trophiques intermédiaires (probablement du fait de la concurrence d'autres espèces mieux adaptées à ces conditions). Elle demeure chétive sur les extrêmes que représentent les sols carbonatés (pH 8) et les sols les plus acides (pH 3) sur lesquels dominent les éricacées (callunes, bruyères). Son optimum de développement se situe sur sol brun (brunisol), mais les sols lessivés (luvisol), podzoliques (podzosol) ou à rupture texturale marquée (planosol constitué de sable sur argile et manifestant une hydromorphie modérée) lui conviennent très bien.

La présence de la fougère aigle peut être considérée comme un indicateur de bonne fertilité pour les essences frugales. D'une part, parce que comme nous venons de le voir,

cette espèce se développe mal dans les situations les plus extrêmes sur le plan trophique. Et d'autre part, parce qu'elle est encore plus sensible aux caractéristiques hydriques du sol. Sa présence est donc synonyme de disponibilité en eau moyenne dans le sol. Un sol sec (trop caillouteux) ou engorgé (marécageux) lui serait rédhibitoire (même si elle se rencontre parfois à proximité immédiate de ces milieux). C'est une des raisons pour lesquelles les plantations de pins en plaine réalisées au cours du XIX^e siècle, ont vraisemblablement été favorables à cette espèce, car elles se sont accompagnées d'un drainage des landes, à l'origine souvent très humides⁵⁾. C'est d'ailleurs ce que relate Dubos⁶⁾ dans son roman : « Des arbres de toutes tailles et de tous calibres, capital phénoménal au pied duquel la fougère remplaçait, inexorable, la bruyère de la lande et l'ajonc des marais ».

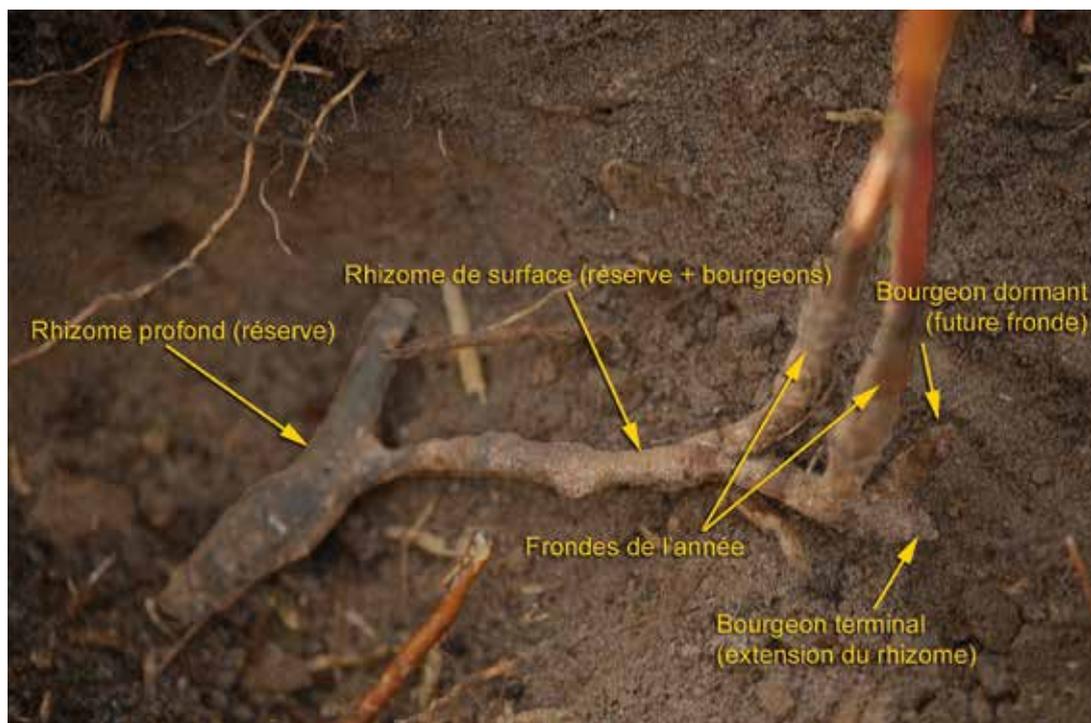
Aux altitudes élevées son développement est moins important, mais les changements globaux⁷⁾ pourraient lui être favorables pour accroître son aire de répartition dans ces conditions limites. Et la densité des frondes peut compenser une plus faible hauteur, de sorte que sa biomasse demeure élevée. En zone ventée, les frondes sont également plus courtes et la biomasse de la ptéridaie est plus faible, mais l'épaisseur de la cuticule est plus épaisse, réduisant potentiellement la pénétration de produits herbicides dans la plante.

La fougère aigle est généralement qualifiée d'héliophile, c'est-à-dire nécessitant un niveau

5) Dumas Y., 2002. *Que savons-nous de la fougère aigle ?*. Rev. For. Fr, 54(4), 357-374.

6) Dubos A., 1996. *Les seigneurs de la Haute Lande*. Presses de la cité, Paris, 321 pp.

7) Regroupant les changements climatiques et l'augmentation du taux de CO₂ dans l'air.



Morphologie d'un rhizome, forêt des Barres, Irstea – Nogent-sur-Vernisson. Yann Dumas © Irstea

d'éclaircissement important pour se développer. Sa biomasse atteint effectivement sa valeur maximale dans des landes ouvertes (Marrs *et al.*, 2006). Mais cela ne signifie aucunement qu'une population bien installée ne puisse pas survivre en conditions ombragées, le forestier le sait bien... Elle est au contraire, capable de supporter des conditions d'ombrage bien plus sévères que la majorité de ses concurrentes (notamment les éricacées). Seul un couvert très dense (du type taillis de charme sous futaie de chêne ou futaie résineuse dense), réduisant l'éclaircissement relatif à moins de 5 % de celui reçu à la cime des arbres, est susceptible de provoquer son éradication. Un autre seuil étonnant est son seuil lumineux de compensation qui est estimé à seulement 11 μmol^8 de photons/m²/s. Les valeurs des espèces d'ombre sont du même ordre et peuvent même être en deçà (7 μmol photons/m²/s) chez le hêtre pour des individus croissant sous couvert d'après Gardiner *et al.*, (2009). Cater *et al.*, (2013) n'annonce pas de valeur, mais d'après le graphique qu'il publie, le sapin pectiné semble pouvoir descendre à 5. Il correspond à l'éclaircissement suffisant pour déclencher le démarrage de l'activité de photosynthèse en cours de journée. Il est à comparer au chiffre de 1 800 μmol de photons/m²/s reçu en plein découvert par une belle journée d'été. **Il suffit donc que cette espèce reçoive l'équivalent de 0,6 % de cet éclaircissement pour que s'active sa photosynthèse.** Un seuil qui devrait donc être atteint assez tôt en cours de matinée. Les forêts claires sont évidemment celles qui conviennent

le mieux au développement de la fougère aigle. En sous-bois, sa biomasse aérienne⁹ sèche atteint couramment des valeurs de l'ordre de 2 à 3 t/ha (Gonzales 2013; Gobin 2014). En sous-bois plus fermé, elle demeure sous forme de frondes plus ou moins éparses et bénéficie des coupes de bois ou des chablis pour envahir à nouveau la parcelle en quelques années. Ses réserves se reconstituent alors dans les rhizomes et la densité de frondes augmente à nouveau d'année en année.

Nous avons vu que la fougère aigle avait besoin d'un incendie pour apparaître sur un site. Mais une fois installée, un incendie lui est aussi favorable, car ses réseaux de rhizome sont suffisamment profonds pour être épargnés par celui-ci (on parle d'espèce pyrophile).

Quelle est l'influence de la fougère aigle sur l'environnement ?

Du fait des valeurs de biomasses racinaires et aériennes évoquées plus haut, la fougère aigle se comporte en redoutable concurrente vis-à-vis des autres espèces végétales, dont les semis forestiers (concurrence pour la lumière, l'eau et les éléments minéraux). Mais elle bénéficie de bien d'autres caractéristiques biologiques pour compléter ces effets par d'autres formes d'interférence. Tout d'abord, elle forme un véritable paillage naturel sur les stations qu'elle envahit, du fait de la décomposition lente de sa litière qui s'accumule sur un, voire plusieurs décimètres. Les racines de la plupart des espèces ne parviennent pas

8) Symbole de la micromole, unité de mesure de quantité de matière valant 10⁻⁶ mole ; la micromole équivaut à environ 6 x 10¹⁷ soit 602 millions de milliards de grains de lumière.

9) Masse de végétation se développant au-dessus du niveau du sol (il s'agit donc des frondes dans notre cas) et exprimée après séchage en étuve de façon à obtenir une valeur fiable indépendante de son taux d'humidité initial lors de la récolte.



Couvert de fougères en forêt d'Orléans.

Yann Dumas © Irstea

10) L'allélopathie est l'ensemble de plusieurs interactions biochimiques directes ou indirectes, positives ou négatives, d'une plante sur une autre (micro-organismes inclus).

11) Dumas Y., 2006. *Espèces interférentes*. Guide Pratique - Utilisation des herbicides en forêt et gestion durable, ministère de l'Agriculture et de la Pêche - Office national des forêts, Quae Editions.

12) Balandier P., 2014. *Imprebio - Impact de l'intensité des prélèvements forestiers sur la biodiversité*, 147 p., http://docs.gjpecofor.org/public/bgf/BGF-IMPREBIO_RapportFinal.pdf

13) Gobin R., 2014. *Contribution relative de la végétation du sous-bois dans la consommation en eau des placettes forestières soumises aux changements de climat et de pratiques*, Thèse en biologie forestière, Université d'Orléans, Orléans.

à traverser une telle litière lors de la germination. En particulier, les espèces dont les graines sont très petites et dont les réserves sont par conséquent les plus faibles, n'ont aucune chance de réussir à s'implanter.

Les frondes, dont les folioles sont très découpées, s'entrecroisent en se déployant au printemps pour former une forme de tissu végétal. Cela crée une interférence de type mécanique que l'on trouve dans la littérature scientifique sous le nom d'« étouffement » et qui consiste en fait en un écrasement des semis sous le poids de ce tissu, lorsque les frondes sénescentes s'écroulent en hiver.

Des résultats contradictoires de la recherche sont obtenus sur l'aspect allélopatie¹⁰⁾ (ou télétoxique) de cette espèce sur d'autres espèces végétales (Den Ouden, 2000). Mais il semblerait qu'une toxicité sur des essences forestières telles que le pin sylvestre et le tremble se manifeste parfois (Dolling, 1994). L'ensemble de ces effets interférents jouent probablement un rôle dans le fait qu'un fort recouvrement de la fougère aigle est corrélé à une richesse floristique réduite d'environ 30 % par rapport à un faible recouvrement de cette espèce en moyenne en France¹¹⁾. Et en cascade on observe un effet négatif sur la diversité des insectes attirés par les fleurs (entomologie floricole) en chênaie¹²⁾.

Mais cet effet indirect sur les insectes butineurs est complété par un effet toxique sur les herbivores. Sur les espèces domestiques tout d'abord, le ptaquiloside contenu dans cette plante est cancérigène et occasionne de la mortalité chez les bovins. Et la thiaminase est

quant à elle responsable d'avitaminose chez le porc et le cheval. Mais plus généralement, la fougère aigle n'est pas appétante pour la plupart des espèces herbivores (car elle contient également des glycosides cyanogénés). Elle peut ainsi se développer sans être affectée par l'herbivorie qui est exceptionnelle (en cas de disette). Et les animaux reportent ainsi leur alimentation sur les autres espèces végétales concurrentes. L'utilisation de la fougère aigle par l'homme a tout de même été très conséquente autrefois dans la plupart des régions françaises et a probablement joué un rôle de contrôle de son développement. Ces pratiques limitées aujourd'hui (litière pour animaux, paillasses pour le jardin) pourraient s'intensifier avec l'utilisation de la fougère aigle comme combustible renouvelable.

Profitions de cette publication pour préciser que des études épidémiologiques ont démontré que l'homme est également sensible à sa toxicité. Il est donc déconseillé de consommer la fougère aigle, malgré l'existence de quelques traditions culinaires ancestrales utilisant principalement les jeunes frondes. Et militons pour que des études toxicologiques des eaux prélevées dans des zones de captages, colonisées par cette espèce, soient réalisées pour confirmer le caractère filtrant du sol forestier vis-à-vis de ces molécules toxiques, libérées régulièrement et en très grande quantité. La ptéridaie constitue malgré tout un habitat semblable à une « mini-forêt » sous laquelle le microclimat, à la fois plus humide¹³⁾ et plus tamponné en température, est favorable à certaines espèces végétales et animales. ■

En savoir⁺

Biblio complète sur notre site
foretpriveefrancaise.com

Résumé

La fougère aigle est très fréquente en France, ses seules faiblesses étant une relative difficulté à se reproduire par voie sexuée et une intolérance aux sols trop humides ou trop squelettiques. Elle bénéficie par contre d'excellentes capacités de reproduction végétative et d'une durée de vie extraordinaire lui permettant d'atteindre des dimensions dignes des plus grands organismes vivants. Elle se contente de peu de lumière pour survivre en sous-bois avant de bénéficier d'une coupe, d'un chablis ou d'un incendie pour retrouver un plein développement. Ses qualités biologiques induisent un niveau d'interférence élevé vis-à-vis des autres espèces végétales et assurent sa pérennité.

Mots-clés : fougère aigle, biologie, morphologie, reproduction végétative.

Fougère aigle et jeunes arbres : une cohabitation quasi impossible

par Philippe Balandier, Yann Dumas et Rémy Gobin, Irstea*

Avec son fort taux de couverture, ses capacités de colonisation et de capture des ressources du milieu, la fougère aigle est une plante monopoliste par excellence, qui élimine beaucoup de ses voisines. C'est en particulier le cas pour les jeunes arbres. Comment et pourquoi ne survivent-ils pas à la présence de la fougère aigle ?

* Irstea, Unité de Recherches sur les écosystèmes forestiers, EFNO, Domaine des Barres, F-45290 Nogent-sur-Vernisson

La fougère aigle, *Pteridium aquilinum*, est une espèce répandue dans beaucoup de nos forêts. Avec ses frondes denses et élevées, ses rhizomes fortement ramifiés, sa forte croissance aérienne et souterraine, la fougère aigle est une plante compétitrice avérée. Elle excelle dans la colonisation de l'espace souterrain et aérien.

Sous les frondes, l'obscurité ou presque

Avec leur forte stature, les frondes créent rapidement un couvert dense et opaque. Qui plus est, ses dernières s'orientent rapidement en position horizontale et s'organisent pour occuper un maximum d'espace. Il en résulte un couvert foliaire horizontal, continu, et homogène qui intercepte très fortement la lumière. (voir encadré page 27).

Un fort développement, même à l'ombre

Par ailleurs, **la fougère aigle a longtemps été classée parmi les espèces ayant besoin de lumière pour se développer.**

En fait, de plus en plus de résultats récents montrent qu'elle est aussi capable d'un fort développement à l'ombre. Ainsi, dans un sous-bois recevant de l'ordre de 6 % de lumière incidente¹⁾, nous avons mesuré que les frondes de fougère recouvraient plus de 70 % de la surface du sol (figure 1). Cette propriété additionnée à sa forte capacité d'interception de la lumière fait que la lumière disponible sous la fougère aigle est toujours extrêmement faible, quelques pourcents seulement, même dans les environnements les plus lumineux (figure 1)²⁾. De tels niveaux sont bien trop faibles pour permettre la croissance de la plupart de nos espèces forestières. Avec des hauteurs



Recouvrement important en fougère aigle et mesure des modifications de la température de l'air. Philippe Balandier © Irstea

de fronde de la fougère aigle dépassant souvent le mètre, les jeunes semis, voire les jeunes plants d'arbres, n'ont aucune chance de passer au-dessus de cette canopée fermée.

Une sensibilité modérée à la contrainte hydrique

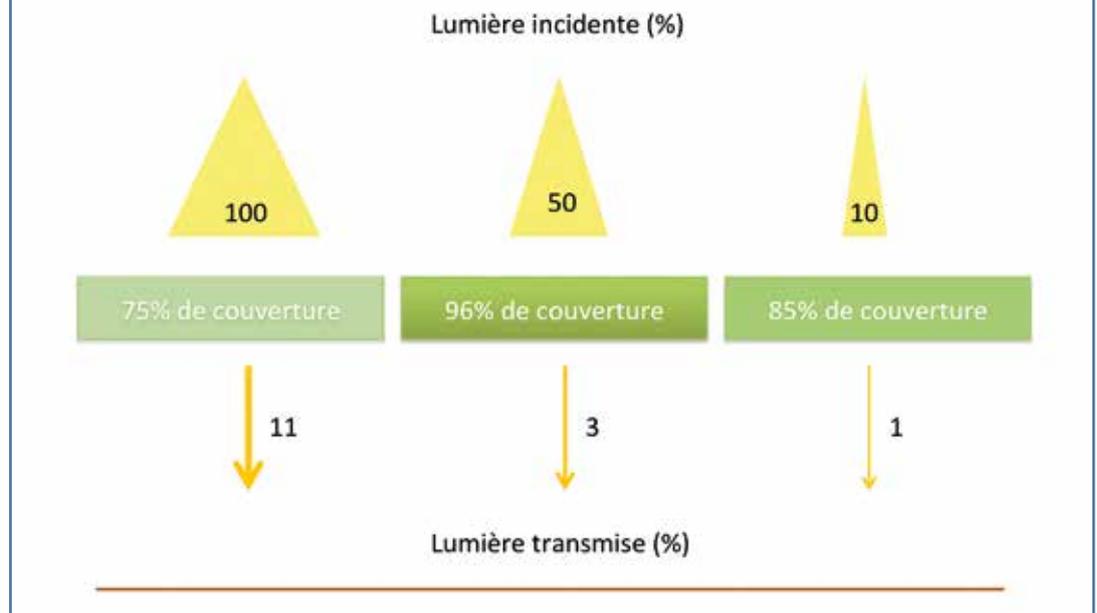
La fougère aigle est une espèce qui serait modérément sensible à la contrainte hydrique³⁾. De plus, en période de sécheresse, elle adopte une stratégie de conservation de la ressource en eau. Dès que l'humidité de l'air diminue et/ou que la température de l'air augmente, sa transpiration diminue afin de limiter les pertes en eau. Ainsi la réponse de la fougère aigle à la demande climatique est une courbe en cloche : son flux de transpiration augmente pour de petites augmentations du déficit de saturation en vapeur d'eau de l'air, mais diminue rapidement pour de plus fortes

1) Lumière mesurée au-dessus de la canopée des arbres adultes.

2) Gaudio N., Balandier P., Dumas Y., Ginisty C., 2011. *Régénération naturelle du pin sylvestre sous couvert : contrainte de la végétation monopoliste de sous-bois en milieu acide*. Rendez-Vous Techniques ONF, 33-34, 18-24.

3) Marrs R.H., Watt A.S., 2006. *Biological Flora of the British Isles: Pteridium aquilinum (L.) Kuhn*. Journal of Ecology, 94, 1272-1321.

Figure 1 - Taux de couverture de la fougère aigle (rectangle vert) en fonction de la lumière disponible au-dessus des frondes (triangle jaune) et, compte tenu de l'interception de la lumière par les frondes, lumière disponible sous la fougère aigle (flèche jaune) (d'après Gaudio *et al.*, 2011).



Même lorsque 100 % de lumière est disponible au-dessus de la fougère, à peine plus de 10 % est disponible pour les semis sous cette plante.

contraintes hydriques (figure 2). De même, le flux de transpiration est réduit durant les périodes de déficit hydrique du sol (figure 2). En moyenne sur la saison de végétation, sa transpiration dans le sous-bois (à moins de 20 % d'éclairement) passe de 0,6 mm d'eau par jour et par m² de surface foliaire en période de bonne alimentation en eau à 0,3 mm en période de contrainte hydrique ; c'est inférieur à bien des espèces : par exemple de 0,9 à 0,5 pour la molinie, de 1,2 à 0,6 pour la ronce et de 2,2 à 1,6 mm par jour et par m² de surface foliaire pour la callune. L'imposante biomasse de son système racinaire structuré en rhizome est aussi une importante réserve en eau.

De ce fait, les dommages dus à des sécheresses édaphiques ou climatiques sont finalement plutôt rares chez cette espèce.

4) Gobin R., 2014. *Contribution relative de la végétation du sous-bois dans la consommation en eau des placettes forestières soumises aux changements de climat et de pratique*. Thèse de doctorat, Université d'Orléans, France.

Et lorsqu'ils surviennent, ils sont minimes pour la plante : ses frondes fanent mais elle survit sans problème et reverdit au printemps suivant.

Des rhizomes, réservoir d'eau et d'éléments minéraux

D'importantes quantités d'éléments minéraux sont aussi séquestrées dans les rhizomes de la fougère aigle. En cas de pénurie dans le milieu, ces éléments minéraux sont remobilisés pour assurer une forte croissance, notamment des frondes au printemps.

Ainsi, bien que l'on ne puisse pas réellement parler de compétitivité forte de la fougère

aigle pour l'eau et les nutriments, sa stratégie de stockage de ces ressources dans les rhizomes lui permet de résister à des contraintes de l'environnement (sécheresse, carence), même en milieu peu fertile. Cette tolérance à la contrainte lui confère souvent un avantage adaptatif par rapport aux jeunes arbres. De plus, cette espèce intercepte aussi au niveau de ses frondes une quantité non négligeable d'eau de pluie (de 10 à 30 % selon les caractéristiques de l'épisode pluvieux⁴⁾). Les jeunes plants d'arbres, proscrits sous le couvert de la fougère aigle, n'en profitent donc pas, ce qui renforce encore les sécheresses édaphiques qu'ils subissent, avec un système racinaire faiblement développé en comparaison de celui de la fougère aigle.

Et quelques atouts supplémentaires

La fougère aigle produit annuellement une importante litière provenant des frondes en décomposition. Cette litière épaisse et dense est souvent un obstacle pour l'installation des jeunes arbres, notamment en créant une barrière physique à la pénétration de la racine des semis. Il est également évoqué pour cette espèce des propriétés allélopathiques⁵⁾, notamment de la litière, qui inhiberaient le développement des semis et jeunes arbres et pourrait expliquer en partie l'absence de semis ligneux sous la fougère. Cependant les études à ce sujet sont assez contradictoires et les résultats obtenus largement influencés par la méthode d'étude en elle-même. Bien qu'un

5) Libération dans le milieu de composés chimiques toxiques pour d'autres espèces de plantes. Voir l'article de Biologie p. 20-24.

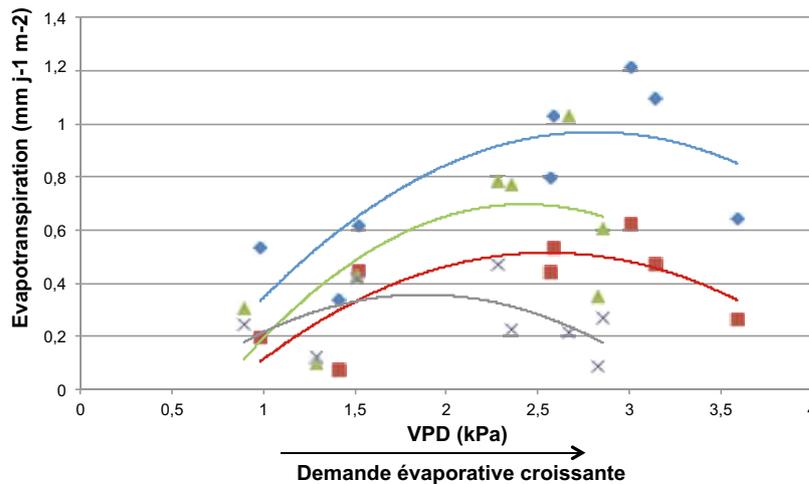
La loi dite de Beer-Lambert rend compte de l'interception de la lumière dans un milieu trouble de particules en suspension. Pour un couvert foliaire, ces particules sont les feuilles découpées en folioles réparties dans l'espace. On montre alors que la lumière transmise par la végétation (T) décroît de façon exponentielle avec l'augmentation de la densité de feuilles, ce que l'on peut écrire :

$$T = \exp(-k \times C)$$

Avec k le coefficient d'extinction de la lumière et C le taux de couverture de l'espèce considérée (%), c'est-à-dire la projection verticale de l'ensemble du feuillage sur le sol (de 0 à 100 % : du sol nu à 100 % de l'espace occupée par les feuilles). Le coefficient d'extinction de la fougère aigle est très élevé (0,029) comparé par exemple à celui de la molinie (*Molinia caerulea*, 0,017) ou de la callune (*Calluna vulgaris*, 0,0004)¹⁾ mais inférieur à celui de certaines espèces comme la ronce (*Rubus sp.*, 0,074).

1) Gaudio N., Balandier P., Dumas Y., Ginisty C., 2011. Growth and morphology of three forest understorey species (*Calluna vulgaris*, *Molinia caerulea* and *Pteridium aquilinum*) according to light availability. For. Ecol. Manage., 261, 489-498.

Figure 2 - Évapotranspiration (en mm d'eau par jour et par m² de surface foliaire) de la fougère aigle en fonction du déficit de pression en vapeur d'eau saturante de l'air (VPD).



Le VPD est une combinaison de l'humidité relative et de la température de l'air. Plus la température est élevée et l'humidité de l'air basse, plus le VPD augmente, accentuant la demande climatique pour le flux de transpiration des végétaux. (Courbe en bleue, fougère sans stress hydrique sous un couvert laissant passer 70% de la lumière incidente, en rouge, stress hydrique fort avec 70 % de lumière transmise, en vert, sans stress hydrique avec 20 % de lumière transmise, en gris, stress hydrique fort avec 20 % de lumière transmise).

tel effet allélopathique ne puisse donc pas être exclu, des observations menées en milieu naturel sur ce phénomène restent à faire.

Il n'en reste pas moins que la fougère aigle renferme, dans ses différentes parties, un certain nombre de composés chimiques toxiques à la consommation. Elle est donc très faiblement abrutie par les herbivores, ce qui renforce son taux de couvert et sa capacité compétitive pour la lumière. À l'inverse, ce couvert est le refuge d'un certain nombre de petits mammifères, qui, soustraits à la vue de leurs prédateurs, ont tout loisir de consommer les graines et d'abrutir les jeunes plants d'arbres. Concernant les cervidés, la capacité alimentaire globale d'un site envahi par cette espèce est faible, ceux-ci se focalisent alors d'autant plus sur la végétation ligneuse présente.

Un redoutable obstacle à l'installation des semis et des plants

L'ensemble des propriétés de la fougère aigle, sa très forte interception de la lumière, sa tolérance à la sécheresse, sa forte captation des éléments minéraux, sa forte épaisseur de litière, sa toxicité probable pour les autres plantes et les herbivores, en font une redoutable inhibitrice de l'installation des semis et des jeunes arbres, par régénération naturelle ou plantation. Sa forte croissance, même sous fort ombrage, fait qu'il est irréaliste de vouloir contrôler son taux de couvert par manipulation de la lumière grâce au couvert arboré. Le contrôle mécanique ou chimique de cette espèce est alors une obligation. ■

Résumé

L'ensemble des propriétés de la fougère aigle, sa très forte interception de la lumière, sa tolérance à la sécheresse, sa forte captation des éléments minéraux, sa forte épaisseur de litière, sa toxicité probable pour les autres plantes et les herbivores, en font une redoutable inhibitrice de l'installation des semis et des jeunes arbres. Même sous couvert forestier, son fort taux de développement à l'ombre ne permet pas d'envisager une régénération naturelle du peuplement en sa présence.

Mots-clés : fougère aigle, compétition, lumière, eau, ressources, toxicité, allélopathie, régénération.

Contrôler la fougère aigle pour réussir les plantations

par Catherine Collet¹⁾, Gwénaëlle Gibaud²⁾, Quentin Girard²⁾, Mathieu Dassot⁴⁾, Léon Wehrle¹⁾, Claudine Richter²⁾, Jérôme Piat²⁾, Jean-Yves Fraysse³⁾

Comment assurer la reprise des plants lors de concurrence avec la fougère ? Un travail profond du sol et l'extraction des rhizomes permet de limiter efficacement la concurrence.

1) Inra, UMR1092, Laboratoire d'Étude des Ressources Forêt Bois (LERFoB), 54280 Champenoux, prénom.nom@nancy.inra.fr

2) ONF, Département R&D, boulevard de Constance, 77300 Fontainebleau, prénom.nom@onf.fr

3) FCBA, Station Sud-ouest, 71 route d'Arcachon, Pierroton, 33610 Cestas, prénom.nom@fcba.fr

4) EcoSustain, Bureau d'études en Environnement, Recherche et Développement, 31 rue de Volmerange, 57330 Kanfen

Lorsqu'elle est abondante, la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*) est un obstacle majeur à la réussite des plantations. Par la compétition qu'elle exerce pour la lumière, l'eau et les éléments minéraux, elle réduit fortement la survie et la croissance des jeunes plants. Pour assurer le succès d'une plantation, le contrôle du développement de la fougère est nécessaire et cela durant toute la période où la compétition qu'elle exerce nuit au bon développement des plants.

Le contrôle de la fougère n'est pas aisé. La fougère met en place un réseau de rhizomes dense et souvent très profond à partir duquel se développent les nouvelles frondes. Il est donc nécessaire de détruire ce réseau de rhizomes si on veut contrôler la fougère durablement. L'application d'herbicides systémiques permet d'affaiblir durablement ce système racinaire. Néanmoins, cette solution s'est fortement restreinte en Europe depuis le retrait de l'asulame, herbicide sélectif de la fougère. Les méthodes mécaniques ou manuelles constituent une autre solution pour réduire le développement de la fougère, avec une efficacité

très liée à leur capacité à extraire le réseau de rhizomes du sol. Toutefois, parmi les outils mécaniques traditionnellement utilisés en forêt, il n'existe pas d'outils qui permettent d'arracher les systèmes racinaires profonds (au-delà de 50 cm) sans retirer en même temps le sol qui l'entoure.

Dans le cadre du projet Alter (Alternative aux herbicides), nous avons évalué l'efficacité pour contrôler la fougère d'un nouvel outil mécanique : le Scarificateur réversible®, outil monté sur mini-pelle qui extrait les systèmes racinaires profonds. Il est composé de dents fixées en parallèle sur un support de 75 cm de large et qui peuvent atteindre une profondeur de 60 cm dans le sol (figure 1). Il est utilisé pour préparer le site avant une plantation ou une régénération naturelle. Il peut être utilisé seul ou en combinaison avec d'autres outils de travail du sol. Dans le cadre d'Alter, nous avons évalué l'outil seul, ainsi qu'en combinaison avec le Sous-soleur multifonction®. Ce deuxième outil décompacte le sol en profondeur et permet de réaliser un billon au-dessus de la zone travaillée. Il est également monté sur mini-pelle et il est constitué d'un corps vertical de 60 cm à l'extrémité duquel est fixé un obus de sous-solage (figure 1).

L'impact d'une méthode de contrôle sur la végétation et son efficacité pour assurer le succès de la plantation sont très dépendants du contexte de la plantation (caractéristiques stationnelles, essence plantée, itinéraire sylvicole). Pour cette raison, plusieurs sites présentant des contextes différents ont été choisis pour évaluer les outils.

Le réseau expérimental

Le réseau expérimental comporte quatre sites situés en forêt domaniale de Bord-Louviers (27) et de Villecartier (35), en forêt indivise d'Haguenau (67) et en forêt privée à Escource (40). Chaque site a été installé sur une parcelle

Localisation des dispositifs expérimentaux sur la fougère du réseau ALTER



Figure 1 - Outils testés et travail réalisé dans les différentes modalités.



comportant une couverture dense et homogène de fougère aigle. Cinq modalités ont été mises en œuvre dans chaque site (voir encart p. 33) :

- SR pour Scarificateur réversible®,
- SR + SS pour Scarificateur réversible® + Sous-soleur multifonction,
- TE pour Témoin,
- HE pour Herbicide,
- LO pour la modalité de référence locale.

Tous les sites ont ensuite été plantés en chêne et en pin, les espèces différant selon les sites. La survie, la hauteur totale et le diamètre basal des plants ont été mesurés chaque année. Un suivi de la végétation a été réalisé à l'aide d'inventaires floristiques annuels réalisés sur des placeaux permanents de 1 m² centrés sur les lignes de plantation (8 à 11 placeaux par parcelle unitaire).

Un contrôle efficace de la végétation pendant 3 ans

Dans les quatre sites et pour l'ensemble des modalités, la végétation recolonise progressivement le sol des zones travaillées (figure 2).

Figure 2 - Évolution du recouvrement global (valeur médiane) de la végétation dans les différentes modalités du site de Bord-Louviers (27), mesuré en octobre 2010 (juste après l'intervention), juin 2011, septembre 2012 et septembre 2013.

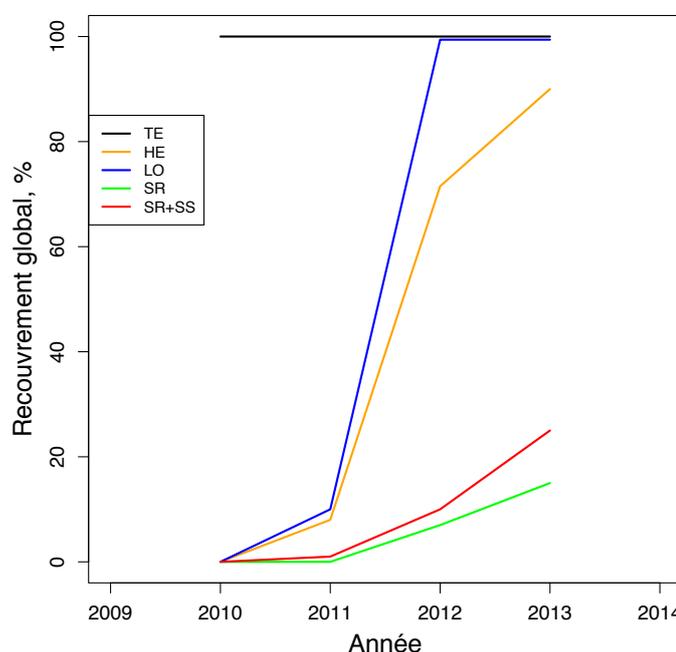
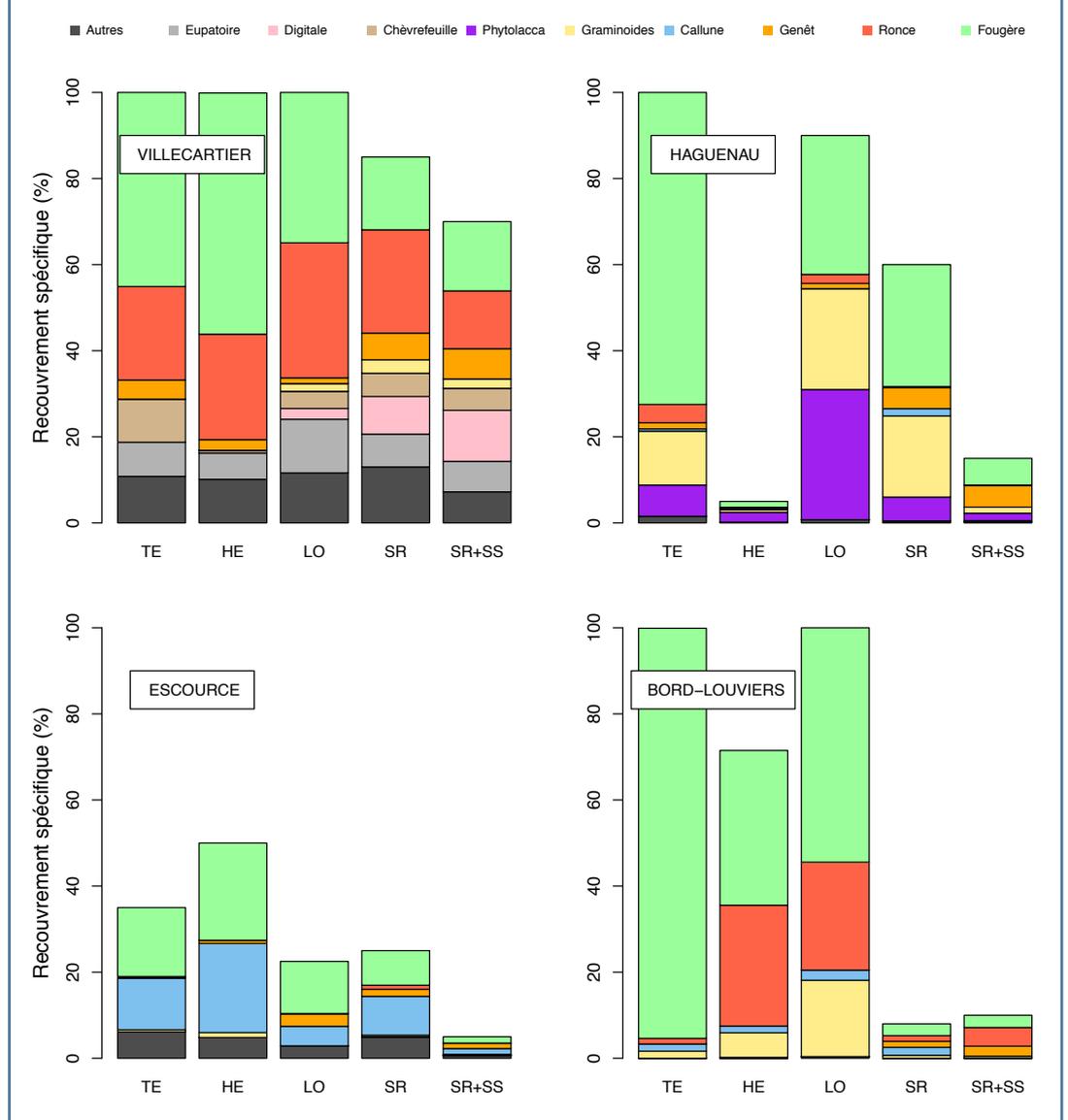


Figure 3 - Recouvrement global (valeur médiane) de la végétation par modalité dans les 4 sites, deux ans après intervention. Le recouvrement est subdivisé par espèce, pour les principales espèces présentes. Chaque espèce est représentée par une couleur.



Cette colonisation est toujours plus lente dans les modalités SR et SR + SS par rapport aux modalités HE et LO. Après deux ans, le recouvrement médian des zones travaillées à Bord-Louviérs, Villecartier, Escource et Haguénau est de 7, 85, 25, 60 % dans la modalité SR, et de 10, 70, 5, 15 % dans la modalité SR + SS, contre 72, 93, 50, 5 % dans la modalité HE.

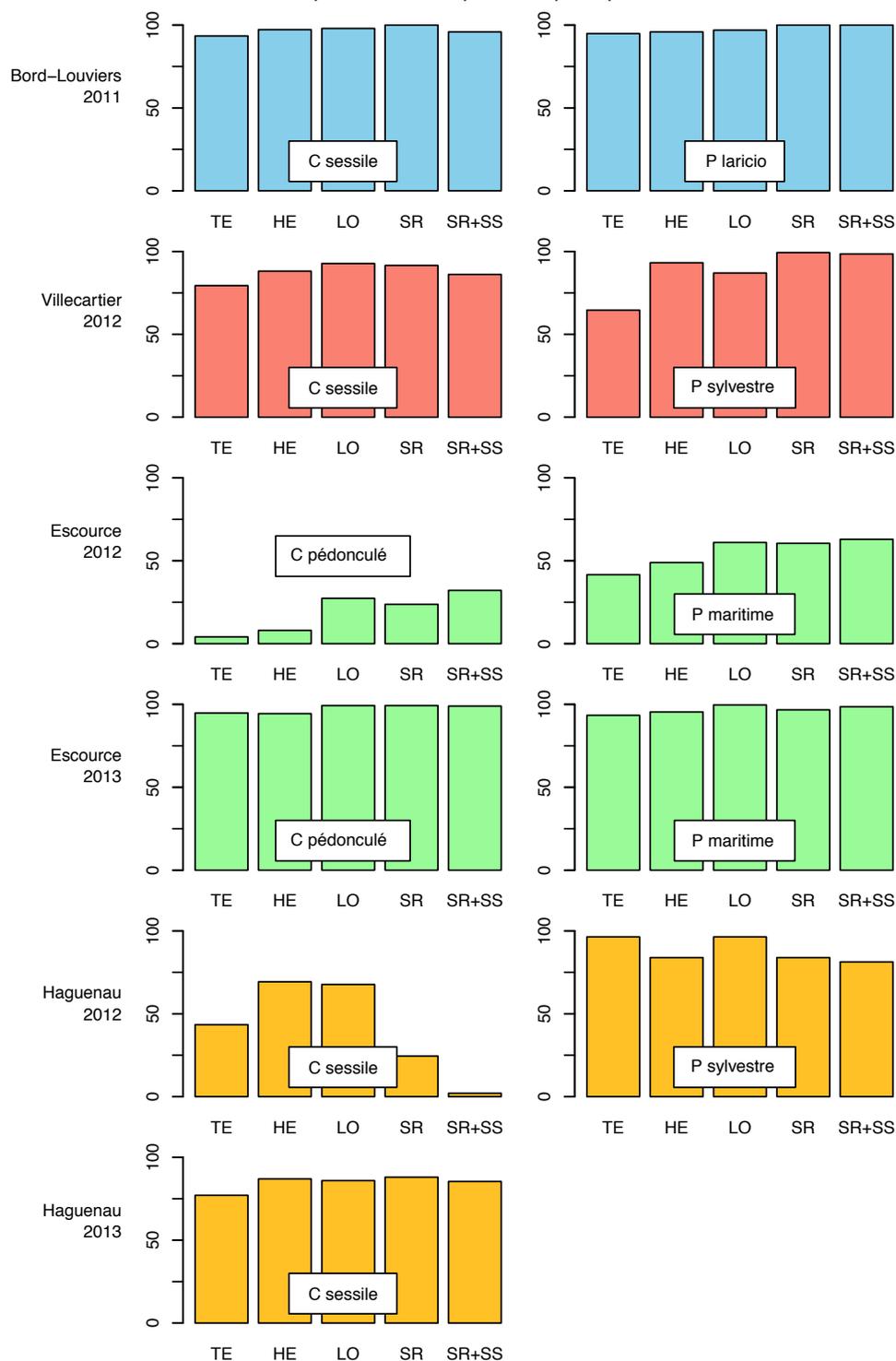
Après trois ans, à Bord-Louviérs le recouvrement est de 15 et 25 %, dans les modalités SR et SR + SS. Par ailleurs, la préparation du sol à l'aide des méthodes SR et SR + SS modifie la composition floristique (figure 3). Dans les quatre sites après deux ans, la fougère est moins dominante que dans les modalités TE. Ceci est particulièrement marqué dans les sites où la fougère était initialement très importante (Bord-Louviérs, Haguénau). La ronce, la callune et le genêt sont les principales espèces qui profitent de cette évolution.

Une reprise des plants contrastée selon le contexte

En fin de 1^{re} année, le taux de survie des plants était très variable selon les modalités, les essences, les sites et les années (figure 4).

Dans deux sites, la plantation a partiellement échoué, avec des taux de survie inférieurs à 70 %, parfois beaucoup moins. Ainsi, à Escource en 2012, un été sec et une mauvaise qualité des plants en sortie de pépinière ont entraîné une forte mortalité des chênes pédonculés (taux de survie entre 4 et 30 % selon la modalité) et des pins maritimes (survie entre 40 et 60 %). Pour les deux essences, les plants des modalités SR, SR + SS et LO montraient les taux de survie les plus forts. À Haguénau en 2012, c'est le froid intense de février qui a entraîné la perte d'une grande partie des chênes sessiles qui n'ont pas débourré au printemps (survie entre 2 et 70 %). Le taux de survie était le plus faible dans les modalités

Figure 4 - Reprise des plants : taux de survie après 1 an des chênes et des pins, dans les différentes modalités des 4 sites. Selon les sites, 200 ou 300 plants ont été suivis dans chaque modalité et pour chaque espèce.



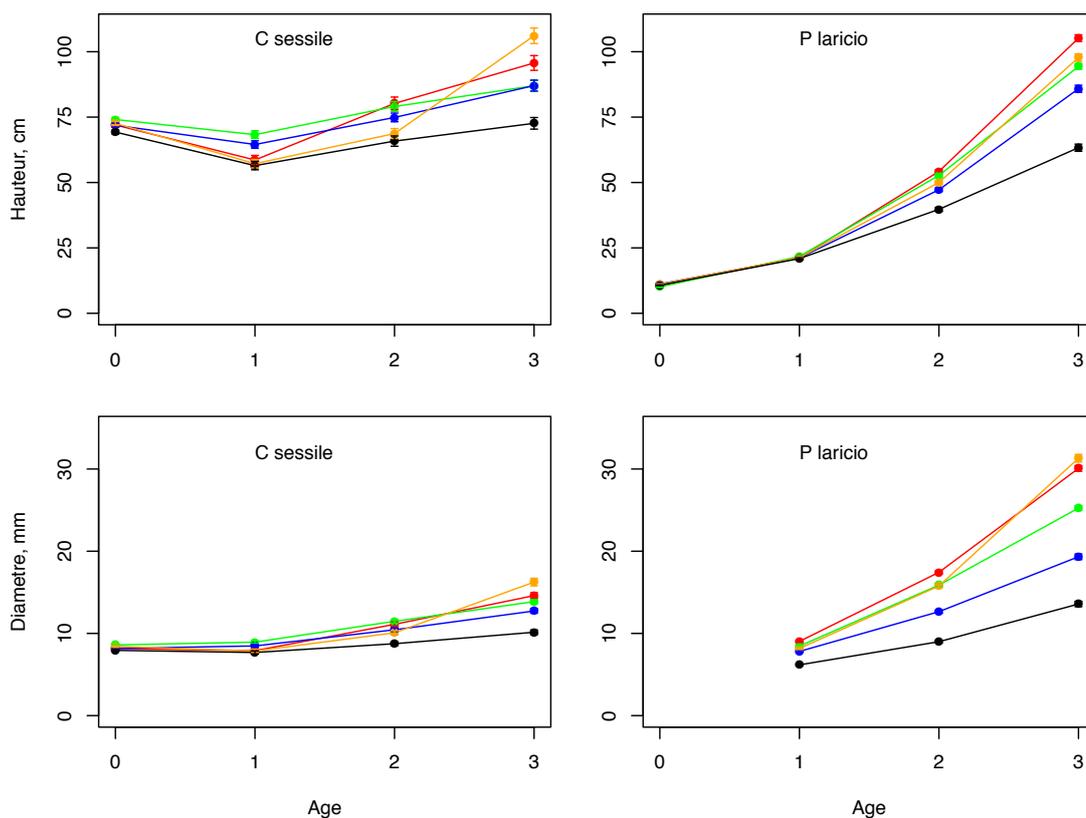
TE : Témoin.
 HE : Herbicide.
 LO : Modalité de référence locale.
 SR : Scarificateur réversible®.
 SR + SS : Scarificateur réversible® + Sous-soleur multifonction.

SR et SR + SS, indiquant que le travail du sol a amplifié les dégâts causés par le froid. Suite à ces échecs, les deux essences ont été replantées à Escource ainsi que le chêne à Haguenau, pour poursuivre les expérimentations. Pour les dispositifs replantés en 2013 et pour les autres dispositifs, plantés en 2011 et 2012, la survie après un an montre des taux de survie très acceptables pour pratiquement toutes les modalités. On voit toutefois dans certains sites, une meilleure survie des plants des modalités SR et SR + SS par rapport au témoin

TE (Villecartier notamment et la replantation de chêne sessile d'Haguenau). Le seul cas où ces deux modalités font moins bien que l'absence d'intervention est celui des pins sylvestre d'Haguenau, qui ont subi une forte attaque de larves de hanneton l'été qui a suivi la plantation.

En moyenne sur l'ensemble des sites, les méthodes SR et SR + SS permettent d'améliorer le taux de survie des plants après une année. Néanmoins, les fortes variations observées pour une même modalité entre sites,

Figure 5 - Hauteur totale et diamètre basal (moyenne et écart-type de la moyenne) des chênes et des pins dans les 3 années qui suivent la plantation à Bord-Louviers (27).



entre essences et entre années de plantation montrent que ces méthodes ne constituent en aucun cas l'assurance d'une bonne survie si les autres facteurs (qualité des plants, herbivorie...) ne sont pas contrôlés. Ces méthodes semblent réduire la mortalité initiale dans les situations de sécheresse estivale. En revanche, elles pourraient l'augmenter dans les situations de gel hivernal intense au cours de la 1^{re} année de la plantation. Ces résultats sont donc à confirmer de façon plus large.

Par ailleurs, la survie à plus long terme peut montrer des tendances très différentes de la survie initiale et un bilan sera nécessaire quelques années après la plantation pour voir si la tendance d'une meilleure survie dans les modalités SR et SR + SS se confirme.

Une bonne croissance des plants en hauteur et en diamètre

Pour toutes les espèces de pin et quel que soit le site, la meilleure croissance en hauteur et en diamètre après 1 à 3 années est toujours observée dans les modalités SR et SR + SS, ce qui permettra aux arbres de s'affranchir plus rapidement de la fougère (figure 5). À l'inverse, la croissance est toujours la moins bonne dans la modalité TE. Quant aux pins des modalités

HE et LO, leur croissance est variable selon le site (et la modalité locale utilisée), parfois équivalente à TE, parfois à SR et SR + SS, parfois intermédiaire.

Dans les quatre sites expérimentaux, les chênes ont montré de nombreuses descentes de cimes ainsi que des tiges relais. Ces phénomènes, observés très classiquement sur les chênes, vont se poursuivre jusqu'à ce qu'une tige s'individualise. Ils perturbent fortement l'interprétation de la croissance observée en réponse au travail du sol dans les deux années qui suivent la plantation. Après 2 ans, aucune modalité n'a montré d'avantage clair par rapport aux autres. En revanche, à Bord-Louviers après trois années, la croissance en hauteur et en diamètre des chênes sessiles était la plus forte dans les modalités SR + SS, HE et SR, et la plus faible dans la modalité TE.

Efficacité du Scarificateur réversible® et du Sous-soleur multifonction

Le Scarificateur réversible® supprime la fougère et les autres plantes, en extrayant les racines profondes. La végétation qui s'installe dans les années suivantes provient très largement de la colonisation latérale par la végétation restée en place (notamment la ronce) ou

Remerciements

Les équipes remercient l'ensemble des personnels de terrain pour leur appui à l'installation des dispositifs et leur contribution active au suivi des sites. Le projet Alter a bénéficié du soutien financier de l'ONF (Conventions cadre de R&D ONF-INRA), du ministère en charge de l'Agriculture (conventions E30/07, E13/2010, E16/2011), et de la région Alsace (convention 871-10-C1).

de graines nouvellement arrivées qui germent sur le sol travaillé. Les fragments de rhizome dans le sol ne reprennent pas et finissent par disparaître. Le travail réalisé permet de contrôler efficacement la fougère pendant au moins trois années. Il permet également un bon contrôle des éricacées et du genêt, souvent associés à la fougère. À l'inverse, d'autres espèces, différentes d'un site à l'autre, peuvent s'installer deux ou trois ans après le passage de l'outil : la ronce, le raisin d'Amérique (*Phytolacca americana*, une espèce invasive dont l'installation est généralement favorisée par le travail du sol) ou encore diverses dicotylédones annuelles. Cette colonisation est d'autant plus forte que la fréquence initiale de ces espèces augmente : l'efficacité de l'outil pour limiter le développement de la végétation sera alors plus réduite, comme à Villecartier et Haguenau. Toutefois, dans ces situations où l'efficacité sur la végétation est moindre, le travail réalisé pourrait s'avérer tout à fait suffisant pour assurer le bon développement des plants. Le suivi des dispositifs expérimentaux nous informera sur ce point.

Le Sous-soleur multifonction effectue un travail du sol en profondeur et crée un grand volume de sol facilement prospectable par les racines des plants. Sa combinaison avec le Scarificateur réversible® maintient ce volume de sol libre de compétition pendant quelques années, et de manière plus efficace que le Scarificateur réversible® seul, facilitant ainsi l'installation et la croissance des plants.

Le contrôle de la végétation et le travail du sol induisent de meilleurs taux de reprise des plants, ainsi qu'une croissance globalement améliorée qui permettra ensuite aux plants de s'affranchir plus rapidement de la concurrence. Cet impact est particulièrement visible pour les pins. Pour les chênes, le recul n'est actuellement pas assez grand pour statuer sur l'efficacité de la méthode, même si elle permet déjà de diminuer l'intensité de la crise de transplantation qui s'observe dans les sols non travaillés.

La poursuite des mesures permettra de suivre le développement dans le temps des plantations préparées avec le Scarificateur réversible® et le Sous-soleur multifonction et de les comparer aux autres travaux du sol réalisés habituellement au niveau local et qui donnent pour l'instant des résultats acceptables dans certains sites. Elle permettra également de voir si le passage du Sous-soleur multifonction après le Scarificateur réversible® apporte les améliorations attendues qui justifieraient le surcroît de travail. ■

Dispositifs expérimentaux

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

- > **Scarificateur réversible® (SR)** : passage de l'outil sur une bande de 1,5 m de large centrée sur la ligne de plantation. Aucun dégageement pendant 4 ans.
- > **Scarificateur réversible® + Sous-soleur multifonction (SR + SS)** : même travail que SR, puis passage du Sous-soleur multifonction. Aucun dégageement pendant 4 ans.
- > **Témoin (TE)** : pas de préparation à la plantation, hormis un broyage de la fougère sèche sur les futures lignes de plantation pour faciliter l'accès des planteurs. Ce broyage n'affecte pas la dynamique de la fougère. Aucun dégageement ultérieur.
- > **Herbicide (HE)** : traitement à l'asulame (4 000 g/ha) puis broyage en plein de la fougère sèche avant la plantation. Après plantation, maintien du sol nu par des combinaisons de dégageements mécanisés et de traitements herbicides appropriés.
- > **Locale (LO)** : modalité de référence locale, propre à chaque site. À Bord-Louviers : traitement à l'asulame puis broyage en plein de la fougère sèche. À Villecartier : passage d'un cover-crop forestier (Crabe) puis dégageements mécanisés. À Haguenau : broyage de la fougère puis passage en plein d'une charrue à disques. À Escource : passage croisé du débroussaillier landais suivi d'un labour forestier en plein à la charrue bi-socs.

Tous les sites ont été plantés en chêne et en pin, les espèces différant selon les sites :

- > **Bord-Louviers** : pin laricio (1-0, godet en 200 cm³) planté en novembre 2010 ; chêne sessile (1S2, racines nues) planté en mars 2011.
- > **Villecartier** : pin sylvestre (1-0, godet 220 cm³) planté en décembre 2011 ; chêne sessile (1S1, racines nues) planté en décembre 2011.
- > **Haguenau** : pin sylvestre (1-0, godet 400 cm³) planté en novembre 2011 ; 1^{re} plantation de chêne sessile (1S1, racines nues) en novembre 2011 ; 2^e plantation de chêne sessile (1S1, racines nues) en décembre 2012, suite à une mortalité importante.
- > **Escource** : 1^{re} plantation de pin maritime (1-0, godet 100 cm³) en avril 2012 ; 1^{re} plantation de chêne pédonculé (1S1, racines nues) en février 2012 ; 2^e plantation de pin maritime (1-0, conteneur 110 cm³) en décembre 2012 ; 2^e plantation de chêne pédonculé (1S1, racines nues) en décembre 2012, suite à une mortalité importante.

Chaque modalité a été appliquée deux à trois fois par site, sur des placettes unitaires de 13 à 19 ares, plantées à moitié en chêne et à moitié en pin. Chaque placette unitaire est constituée d'une zone de mesure comportant une centaine de plants de chaque essence et d'une zone tampon entourant la zone de mesure.

Résumé

La fougère aigle est souvent un obstacle majeur à la survie et la croissance des plants. Le projet Alter (Alternative aux herbicides), développé par l'Inra, l'ONF et le FCBA, expérimente des préparations du sol à l'aide d'outils mécaniques montés sur mini-pelle. Le travail du sol effectué limite la concurrence de la fougère et induit de meilleurs taux de reprise, ainsi qu'une meilleure croissance des plants.

Mots-clés : reboisement, maîtrise de la fougère aigle, travail du sol, projet Alter.

L'expérience des régions sur le contrôle de la fougère aigle



par Christophe Vidal, CNPF-IDF Lyon

Chaque région possède une expérience sur le contrôle de la fougère aigle. Sa présence, sa densité et sa hauteur totale vont exprimer l'intensité de sa concurrence. Celle-ci conditionne les moyens humains et techniques investis dans son contrôle d'où les expériences diverses qui en découlent.

Les propos recueillis auprès de gestionnaires forestiers (coopératives forestières, experts forestier, ONF...), d'entreprises de travaux forestiers et de conseillers (délégations régionales du CNPF) sont riches en enseignements. Recueillir, diffuser l'information est l'objectif principal de la revue. Les participants aux échanges sur ce thème du contrôle de la fougère aigle sont remerciés.

Un choix de 3 interviewés offre un panel d'expériences. Chacun y trouvera des solutions de contrôle ou se retrouvera dans ses actions d'entretien.

Nord-Ouest de la France : une fougère aigle exubérante bien connue, des méthodes innovantes pour sa maîtrise...

Entretien de Jérôme Piat, chargé de recherche-développement ONF pour le Nord-Ouest de la France



La fougère aigle est-elle un problème important sur votre territoire dans les régénérations naturelles et artificielles ?

Dans l'ensemble du Nord-Ouest de la France et plus spécialement en Basse et Haute-Normandie et en Picardie, la fougère aigle couvre plusieurs milliers d'hectares. Sa présence est très régulière sur des surfaces supérieures à 4 hectares. Elle est très dense. Sa hauteur totale atteint souvent de 2 à 2,5 mètres et parfois 3 mètres. Cette densité et cette hauteur amènent une forte concurrence de la fougère aigle et pose beaucoup de problème pour son contrôle.

Quelques centaines d'hectares reboisés par an en Normandie et Picardie sont confrontés au problème de la fougère aigle.

Quelles sont les méthodes de contrôle de ce végétal employées sur votre territoire ?

Des interventions régulières sont à prévoir. Jusqu'en 2012, en préparation avant une régénération, l'usage de l'asulame, herbicide plus ou moins sélectif, était efficace pour lut-

ter contre la fougère aigle dans les conditions optimales d'utilisation. Cette matière active est maintenant interdite. L'usage de glyphosate pourrait la remplacer, mais il est très peu utilisé : il présente l'inconvénient de ne pas être sélectif des ligneux.

Actuellement, toujours en préparation et en mécanique, des labours croisés au Crabe/Timberdisc, charrue équipée de disques crénelés, travaillent le sol à une profondeur de 20 à 30 cm en déracinant une partie des rhizomes : un premier passage fin mai avant étalement des frondes et 1 ou 2 autres passages durant l'été avant le plein développement de la fougère doivent également affaiblir les rhizomes et faciliter le démarrage de la plantation ou du semis.

Autre méthode, un travail mécanique à la minipelle équipée d'un râteau scarificateur® permet d'enlever totalement les rhizomes en bande ou en potet, préférentiellement en plantation : celle-ci s'en trouve dégagée pour plusieurs années.

En dégagement de régénération, le bâtonnage manuel en début de saison (mai) est efficace et retarde la repousse de la fougère, ce qui permet de décaler le second dégagement pendant l'été dans un objectif d'étalement des chantiers dans le temps.

La débroussailleuse portative (voir photo) peut être employée sur la ligne avec une largeur plus ou moins proportionnelle à la hauteur de la fougère dans les plantations (hauteur fougère 2 m, largeur 2 m voire plus). La période habituelle se situe en juin au moment du développement presque complet de la fougère. Mais l'intervention est souvent à renouveler en août-septembre pour éviter son affaissement sur la régénération. Le broyeur à axe vertical peut intervenir en plein dans les régénérations naturelles basses en juin et éventuellement en août-septembre. L'outil est maintenu à hauteur au dessus des semis.

Quelles méthodes sont à préconiser pour contrôler efficacement la fougère aigle ?

Les travaux préparatoires « chimique » ou mécanique sont à privilégier car ils sont performants et suffisamment durables.

Un traitement chimique au glyphosate au mois de juillet aura une action efficace.

En préparation mécanique, l'utilisation du râteau scarificateur® monté sur mini-pelle permettra d'éliminer la fougère sur une bande proportionnelle à sa hauteur. La période propice va d'août à novembre.

Quelles interventions faut-il prévoir ? Quel est le coût ponctuel et global à l'hectare de la préparation et de l'entretien d'une parcelle envahie par la fougère aigle avec ces méthodes préconisées ?

Le coût global d'une plantation réussie de chêne sessile se calcule au stade de 3 m de haut. Les coûts sont ramenés à l'ha et HT.

L'achat des plants n'est pas comptabilisé dans ces calculs.

Sans préparation particulière, il faudra effectuer :

- > avant la plantation, un broyage en plein de la végétation en septembre-octobre (tracteur + broyeur, soit 3 heures, 350 €),
 - > la plantation au coup de pioche à 1 570 plants/ha, soit 1 500 €,
 - > après la plantation, deux dégagements par an, sur la ligne pour un coût de 1 000 € pour 2 interventions par an, de la première à la cinquième année (débroussailleuse portative, soit 3,5 jours de travail pour un homme par an).
- Le coût total préparation + plantation + entretien s'élève à 6 850 €.



L. Lévêque - Rouen © ONF



Dégagement à la débroussailleuse dans la fougère aigle. Jérôme Piat - Rouen © ONF

Dans le cas d'une préparation chimique, il faudra prévoir :

- > un traitement en plein (tracteur + canon, 350 €) en juillet,
- > un broyage en plein de la végétation en septembre-octobre (tracteur + broyeur, soit 3 heures = 350 €),
- > la plantation au coup de pioche à 1 570 plants/ha, soit 1 500 €,
- > après la plantation, un dégagement par an, sur la ligne soit 300 € de la deuxième à la cinquième année (débroussailleuse portative, 1 jour de travail par passage)

Le montant total s'élève à 3 400 €.

La préparation mécanique nécessite :

- > Avant la plantation, l'arrachage des rhizomes de fougère (mini-pelle et râteau scarificateur®) sur une largeur de 1,5 m, soit 2 400 € pour des écartements entre lignes de 4,5 m,
- > La plantation au coup de pioche à 1 570 plants/ha, soit 1 000 €,
- > Pas de dégagement à prévoir pendant les cinq premières années.

Le montant total s'élève à 3 400 €.

Ouest Massif central : une fougère souvent hétérogène et problématique, son contrôle manuel s'impose !

Entretien de Henri Joannin de la coopérative forestière Unisylva, responsable d'agence Haute-Vienne en Limousin.



La fougère aigle pose-t-elle un problème important sur votre territoire dans les régénérations naturelles et artificielles ?

La fougère aigle occupe, dans les plantations et régénérations naturelles du Limousin, des surfaces variées allant de quelques ares à plusieurs hectares. Sa présence est fonction de la station (sol) et des travaux préparatoires engagés dans le renouvellement des peuplements. Lorsqu'elle est présente dans une plantation, elle engendre des :

- > pertes importantes par étouffement si les dégagements ont été trop tardifs,
- > déformations des plants avec des courbures au pied caractéristiques.

Dans les régénérations naturelles, la fougère se trouve souvent en mélange avec de la ronce, ce qui conduit à une impasse et oblige à renouveler le peuplement artificiellement.

Pour nous, il est plus facile de prévoir des entretiens lorsque la fougère aigle est continue

et majoritaire sur une parcelle. Les opérations sont alors plus homogènes.

La lutte est plus délicate lorsque la fougère est disséminée sur de petites surfaces. Elle se trouve alors en nappes réduites juxtaposées avec d'autres adventices sur lesquelles nous intervenons en entretien à des périodes différentes.

Sa densité et sa croissance sont très variables d'un site à un autre ou à l'intérieur d'une même parcelle. En plaine, elle peut atteindre des hauteurs impressionnantes (plus de 2 mètres). En zone de montagne, et sur des stations plus pauvres, comme le plateau de Millevaches, elle est souvent moins vigoureuse et beaucoup plus facile à contrôler.

Quelles sont les méthodes de contrôle de ce végétal employées sur votre territoire ?

Les entretiens se font le plus souvent manuellement à la débroussailleuse à dos sur la ligne de plantation. Le croissant est utilisé de manière ponctuelle sur de petites surfaces.

Les entreprises ne veulent plus effectuer le « bâtonnage ». La méthode consiste à ne pas couper la fougère mais à la coucher rendant sa repousse moins vigoureuse. Cela évite ainsi dans certains cas deux passages (un en début d'été, un autre à l'automne).

Si la fougère est très haute, il peut être utile d'intervenir en complément du dégagement manuel sur la ligne avec un dégagement mécanique au gyrobroyeur au niveau de l'interligne. Ce travail évitera à la fougère de l'interligne de retomber sur la ligne de plants.

À ce jour, et avec le retrait de certains produits le contrôle chimique n'est plus possible.

Quelles méthodes préparatoires sont à préconiser pour contrôler efficacement la fougère aigle ?

Les méthodes préparatoires peuvent influencer la dynamique de la fougère sur un ou deux



Christophe Vidal - IDF © CNPF



ans. Cela dépendra des techniques mises en place avant la plantation. D'une façon générale, les techniques de préparation ou de travail du sol limitent sa repousse, sa vigueur et son développement. Un simple sous-solage par exemple arrive à extirper des rhizomes et limite temporairement sa croissance.

Sur certains sols, la fertilisation en accélérant la croissance des plants permet de diminuer le nombre des interventions. Ensuite, seuls les entretiens réguliers de la plantation permettront aux plants de s'affranchir de la fougère.

Quand la fougère est très dense et très vigoureuse, on est parfois obligé d'intervenir deux fois (juillet et septembre/octobre à cause de la nouvelle pousse des frondes) avec les surcoûts que cela occasionnent.

Lorsqu'elle est moins dense et moins vigoureuse, on peut se permettre d'attendre la fin de l'été ou le début de l'automne. Quoiqu'il arrive, il faut effectuer le dégagement avant l'hiver, car la première neige va écraser la fougère qui va se coucher sur les plants et les étouffer.

Il faut savoir que les dégagements non réalisés au bon moment se répercutent sur les plants qui mettent plus longtemps à s'affranchir de la fougère.

L'intervention tôt en début d'été et une mise en lumière brutale peut parfois poser des problèmes en cas de forte chaleur et ensoleillement. Il est parfois nécessaire de différer si possible les travaux.

Quel est le coût ponctuel et global à l'hectare de la préparation et de l'entretien d'une parcelle envahie par la fougère aigle avec ces méthodes préconisées ?

Le coût d'intervention en dégagement va énormément varier selon la densité, la vigueur de la fougère et la vitesse de croissance des plants (qui dépend également de l'essence choisie). Globalement, un ouvrier peut traiter en plein



Présence de fougère aigle dans des reboisements en Limousin.

© Unisylva

un à deux hectares par jour.

Dans le cas le plus aisé, 3 interventions sur la ligne suffiront à tirer les plants de la concurrence. Dans les cas les plus difficiles, il faudra compter entre cinq à sept interventions.

Le coût des entretiens en plein sur fougère peut varier de 500 à 2000 € HT/ha sur une période de 3 à 7 ans, selon la vigueur, la densité de la fougère et la croissance des plants.

Un reboisement résineux derrière une coupe rase avec les travaux préparatoires (souvent un simple rangement de branches) avec éventuellement un travail superficiel du sol (scarification) peut revenir à 2500 € HT/ha, et 3500 € HT/ha en y rajoutant les entretiens, voire plus si on ajoute des traitements hylobe ou encore des dispositifs de protection contre le gibier.

Notre préoccupation étant, dans tous les cas, après une bonne analyse stationnelle, de conseiller la meilleure technique et la bonne essence visant, tout en limitant les coûts de reboisement, à assurer l'avenir de la plantation et l'effort d'investissement consenti par le propriétaire.

Sud Ouest : une expérience landaise du contrôle de la fougère aigle par la préparation du sol avec des coûts réduits

Entretien de Loïc Cotten, directeur du développement de la coopérative forestière Alliance Forêts Bois, en Aquitaine.



La fougère aigle pose-t-elle un problème important sur votre territoire dans les régénérations naturelles et artificielles ?

L'Aquitaine possède un massif forestier de plus d'1 million d'hectares dont 25 % environ sont occupés par la fougère aigle. Les stations correspondantes sont appelées « landes méso-philées ». La présence de la fougère aigle est très variable, elle peut être présente par taches de dimensions plus ou moins importantes, allant jusqu'à couvrir des surfaces continues de plus de 4 hectares.

Cette fougère se situe généralement dans une fourchette de 1 à 2 m, elle peut dépasser parfois les 2 mètres de hauteur. En dehors de quelques cas particuliers, la fougère est moyennement dense, ce qui fait que les plants de pin maritime arrivent tant bien que mal à se développer sous son couvert. Dans des zones moins franches au niveau de la station, les graminées s'installent avec la molinie par exemple ou de la bruyère.

Quelles sont les méthodes de contrôle de ce végétal employées sur votre territoire ?

Dans le cadre des plantations qui constituent l'essentiel des reboisements pratiqués par la coopérative, les travaux préparatoires du sol (labour profond avec discage) sont généralement suffisants pour limiter les premières an-

nées la concurrence de la fougère aigle. Son développement est en effet freiné au moins la première année, et souvent même pendant la seconde, permettant au plant d'atteindre une dimension suffisante pour pouvoir supporter la concurrence de la fougère les années suivantes.

Toutefois, dans certains cas, nous pouvons être confrontés à une densité de fougère qui met en péril le peuplement. Nous sommes alors amenés à effectuer un contrôle de la fougère sur la ligne par bâtonnage ou de manière plus classique avec la débroussailluse portée. Historiquement, on employait un outil, le « bedouch » sorte de grosse serpette au bout d'un manche ou plus simplement un gros bâton afin de casser la fougère aigle.

Les surfaces concernées restent assez limitées : quelques centaines d'hectares sur les 15 000 hectares reboisés par an par la coopérative dans le massif landais.

Actuellement, nous n'utilisons pas de moyens mécanisés pour contrôler la fougère, comme cela peut se pratiquer dans d'autres régions de France, même si nous sommes en cours de développement d'un outil d'entretien près du rang, dans le cadre du programme de recherche et développement « ANR Mecabiofor » (en partenariat avec Irstea). Cet outil devra à terme permettre l'entretien sur le rang des plantations et donc notamment le dégagement de la fougère.

Quelles méthodes sont à préconiser pour contrôler efficacement la fougère aigle ?

Dans le massif landais, les pratiques sylvicoles font que nous ne sommes pas confrontés au problème de la régénération naturelle sans travail de sol. Ce cas de figure présente effectivement une problématique importante dans d'autres régions de France où la fougère aigle est présente.

Je reste persuadé que le travail du sol réalisé de manière systématique dans le massif landais ralentit le redémarrage de la fougère. Nous sommes moins confrontés à ce problème par rapport à d'autres régions où le sol n'est pas ou peu travaillé.

Le travail du sol apporte un double effet sur

Labour profond avec une charrue à socs multifonctionnelle.

© Alliance Forêts Bois



la plantation : il permet au plant d'avoir une croissance juvénile forte grâce au décompactage du sol et il réduit significativement la concurrence. C'est un véritable avantage qui permet au plant de « décoller » dès les premières années.

Un an après le travail du sol, la fougère est toute petite, elle fait quelques dizaines de centimètres. Au bout de deux ou trois ans, la fougère retrouve sa taille initiale mais le plant installé est suffisamment grand et trapu pour résister au développement de la fougère.

Quelles interventions faut-il prévoir ? Quel est le coût ponctuel et global à l'hectare de la préparation et de l'entretien d'une parcelle envahie par la fougère aigle avec ces méthodes préconisées ?

Le massif landais possède des atouts qui rendent la mécanisation des différentes opérations plus facile. Tout d'abord, une structure foncière favorable : avant tempête, le chantier moyen était de l'ordre de 4 hectares. Ensuite, il s'agit d'un massif constitué, homogène, plat et sableux, quasiment pénétrable toute l'année. L'ensemble de ces conditions associées à une mécanisation importante fait que l'on obtient des coûts de reboisement à 4 ans qui sont deux à trois fois moindre par rapport à d'autres régions voisines. Ainsi si en 1970, il fallait 22 heures de travaux mécanisés pour reboiser un hectare, il n'en faut plus que 3 h30 aujourd'hui !

Le pin maritime est une essence « hyperadaptée » et extrêmement rustique. Il résiste relativement bien au froid, à la chaleur et à l'engorgement dans le sol. Il résiste bien à la concurrence et pousse vite, tout cela sur des sols excessivement pauvres.

L'itinéraire standard en plantation de pin maritime appliqué par la coopérative et validé par la recherche (GIS Pin maritime) est le suivant :

- > tout d'abord un débroussaillage au rouleau landais hache la végétation et les rémanents d'exploitation pour accélérer leur décomposition et favoriser les travaux du sol. Cette opération peut s'effectuer toute l'année, avec une préférence estivale, pour un coût moyen de 170 € HT/ha.

- > ensuite, un travail du sol par labour à la charrue à socs (charrue à 3 ou 4 socs avec déclenchement hydraulique) sur 35-40 cm de profondeur est fait en plein pour 290 € HT/ha. Il peut être réalisé en bande de 1,5 m de large tous



les 4 m ou 4,5 m, cela revient à travailler les 2/3 de la surface pour un coût de 170 €/ha. Lors du labour, une fertilisation en phosphore est faite (40 unités de P2O5 en moyenne) pour un coût de fourniture d'engrais de 45 à 50 € HT/ha.

Dans la « foulée » du labour, une reprise de labour est faite avec des outils comme le « Cover-crop » permettant d'émietter et de tasser le labour pour un coût de 90 € HT/ha.

La plantation se fait avec la canne à planter tous les 2 m sur la ligne, soit environ 1 200 plants par hectare.

Deux à trois ans après, dans le cas du labour en bande, on reprend l'interligne un outil spécifique, type gros Cover-crop pour 200 € HT/ha (Outil Alliance, le DebDisk).

Cela revient à un coût total avec la fourniture et la mise en place des plants d'environ 1 000 € HT/ha.

Ensuite, il peut y avoir éventuellement à 7-8 ans un débroussaillage de l'interligne pour entretenir le peuplement dans le cas de la défense contre les incendies. Des interventions supplémentaires restent de l'ordre de l'exceptionnel et répondent aux problématiques au cas par cas. Dans le cas d'une fougère exubérante, une intervention à 3 ou 4 ans en dégagement se prévoit. Celui-ci nécessite un dégagement manuel pour 200 € HT/ha (coût variable selon le stade de développement de la fougère) sur la ligne puis un passage du rouleau landais en interligne souvent pendant l'été (60 à 80 € HT/ha). Le passage préalable du rouleau est possible et ensuite en manuel, mais il y a un risque de coucher la fougère sur le jeune plant. Il n'y a pas de règle en la matière dans ce cas exceptionnel. Cela va dépendre du gestionnaire qui va opter pour une méthode la plus économique et la plus adaptée à la problématique. ■

Passage d'un rouleau landais dans des fougères hautes de 1 m environ. © Alliance Forêts Bois

Stratégie de contrôle ou de lutte mécanique contre la fougère aigle

par Léon Wehrlen¹⁾, Erwin Ulrich²⁾, Gwénaëlle Gibaud³⁾, Jérôme Piat³⁾ et Christophe Vidal⁴⁾

Tapie dans l'ombre du sous-bois ou en pleine lumière, la fougère exerce une dynamique forte. Au stade du renouvellement des forêts, il est nécessaire de développer des stratégies efficaces, de contrôle ou de lutte.

1) MGVF-Inra de Nancy Lorraine, UMR1092, Laboratoire d'Étude des Ressources Forêt Bois (LERFoB), F-54280 Champenoux, prénom.nom@nancy.inra.fr
AgroParisTech, UMR 1092, LERFoB, ENGREF, 14, rue Girardet, F-54000 Nancy

2) ONF Département RDI, boulevard de Constance, F-77300 Fontainebleau, prénom.nom@onf.fr

3) ONF, Département RDI, 3 rue du Petit Château, F-60200 Compiègne, prénom.nom@onf.fr

4) CNPF, 175 cours Lafayette F-69006 Lyon, christophe.vidal@cnpf.fr

Nous allons nous appuyer et insister sur la biologie de cette espèce de fougère. Elle possède la capacité de coloniser le milieu et de se renouveler constamment et annuellement ou plusieurs fois dans l'année s'il y a un accident sur les frondes. C'est à partir de ces éléments qu'il faut réfléchir sur des stratégies de contrôle de la fougère aigle. Il faut bien connaître ce végétal avant d'agir sur sa dynamique et optimiser les interventions qui ne doivent pas être systématiques mais raisonnées en fonction de la concurrence aérienne et racinaire exercée par la fougère envers la régénération.

Connaître son impact aérien : risques et remèdes

C'est une espèce trompeuse pendant l'hiver pour ceux qui ne la connaissent pas. Par son état écrasé et desséché, sa concurrence est souvent sous-estimée. C'est la partie cachée de l'iceberg. Sa biomasse empêche physiquement, par effet d'écran occultant, les graines de la régénération naturelle d'atteindre le sol et de germer. Les semis qui arrivent malgré tout à s'installer, ou les plants plantés, subissent alors une concurrence pour la lumière qui les affaiblit ou leur est fatale. Un autre point fort reste le pouvoir de déformation et d'écrasement de la régénération, lorsque la fougère haute de 2 m, s'écrase sous son propre poids en juillet. En hiver, elle crée une biomasse totale et complète sur tout ce qui est à ses pieds. Sa biomasse sèche, en fin d'hiver, présente un risque réel d'incendie dans certaines régions. Une parcelle devient impénétrable quand la hauteur de la fougère dépasse 1,5 m.

Généralement au cours du mois de mai, après le démarrage de la plupart des autres espèces végétales, la pousse des frondes s'organise sous la forme de crosses. Celles-ci se déroulent très vite en à peine un mois. Dans ce temps record, la fougère passe de 0 à 2 mètres ou plus, en fonction des potentialités du sol. Selon le climat et les régions, la croissance s'effectue d'avril à juin. Au début, la crosse est très fragile et gorgée d'eau, elle se casse comme du verre. Ce serait un stade facile pour éliminer la fougère mais c'est un moment où la réserve de la plante est maximale et la capacité de repousse est importante. Elles sont d'autant plus importantes que la fougère aigle s'est développée pendant plusieurs années en pleine lumière et s'est assurée une structure racinaire en conséquence. Chaque étage de folioles se déploie en partant de bas en haut. Elles sont présentes sur 3 à 5 niveaux. Les plus grandes sont à la base. Lorsque les derniers niveaux ne sont pas déployés, les plants et les semis, selon leur



Bâtonnage : choisir le moment opportun pour un effet maximal sur la fougère.

Christophe Vidal - IDF © CNPF

hauteur sont encore bien visibles. C'est le moment idéal pour intervenir avant qu'elle exerce davantage sa concurrence sur les semis ou les plants.

Le bâtonnage : cette technique ancienne consiste à intervenir au stade précis décrit plus haut, en frappant le végétal avec un simple bâton. Les frondes ne sont pas totalement développées. Le passage et l'action de l'opérateur sont facilités. La fougère aigle, suffisamment rigide, se brise sous le coup du bâton. La partie aérienne doit rester en connexion avec la partie basale de la fronde si on veut continuer à puiser dans sa réserve. Malgré son « pliage » cette fronde sollicite encore les réserves du rhizome. Cela retarde la repousse de nouvelles frondes. C'est un délai suffisant pour laisser le plant ou le semis profiter de la lumière indispensable pour sa croissance surtout au printemps. Selon la capacité de réserve de la fougère aigle, il y aura tout de même une repousse parfois aussi vigoureuse que la première. L'idéal est de renouveler le bâtonnage sur ces repousses pour les épuiser, souvent deux fois par an. Cette méthode souvent considérée comme « folklorique » ou dépassée est encore utilisée dans certaines régions (surtout en montagne). Elle est physique quand elle est réalisée manuellement. Certaines entreprises se sont inspirées de cette méthode pour créer des outils capables de réaliser mécaniquement un travail similaire.

Coupe au croissant ou à la débroussailluse : cette technique pratiquée majoritairement, nécessite également souvent deux passages par an pour assurer la survie de la régénération. Elle est plus fastidieuse et coûteuse que le bâtonnage, mais plus usitée. La rapidité de repousse de la fougère est fonction du potentiel hydrique de la station.

Connaître son impact racinaire : risques et remèdes

La fougère aigle développe un « double » système racinaire continu et interconnecté. L'un se trouve plus en surface et l'autre plus en profondeur. Cette importante quantité de rhizomes répond facilement à la demande de la partie aérienne par ses réserves importantes. Selon les stations, la densité et l'épaisseur du réseau de rhizomes peut approcher les 90 % d'occupation des 30 premiers cm du sol.



Arrachage de rhizomes de fougère au scarificateur réversible® Becker monté sur mini pelle. Léon Wehrle © Inra

Cette concurrence invisible est totalement ignorée de la plupart des forestiers.

Il y a deux aspects majeurs de compétition à prendre en compte : l'obstacle physique des rhizomes et les besoins en eau de cette énorme biomasse souterraine. Les semis ou les plants forestiers prendront ce qu'il reste de place et d'eau dans le sol... Il est indispensable d'éliminer physiquement ces rhizomes de fougère, en phase de renouvellement des forêts.

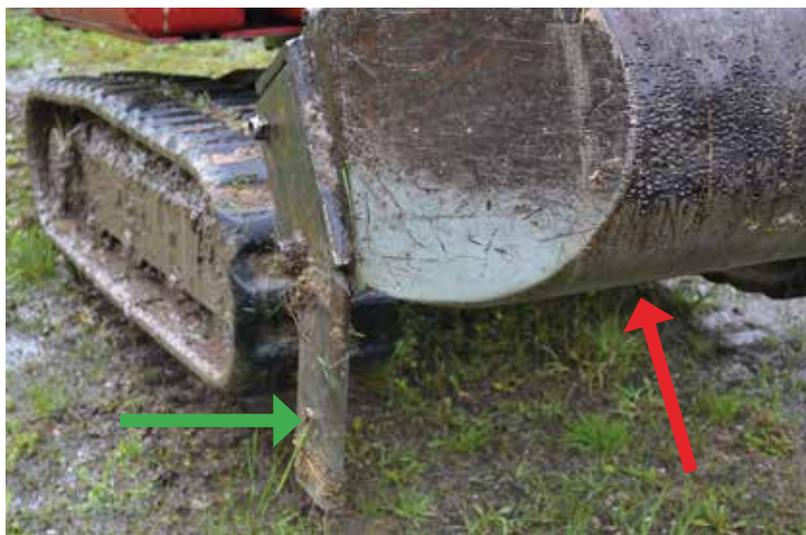
Rhizomes situés de 0 à 25 cm

Divers outils de travail du sol sont utilisés. Charrues forestières à disques lourds ou à socs, tractés par des tracteurs. L'efficacité obtenue est variable selon les outils, mais souvent réduite à une ou deux années. Les racines sont extraites partiellement, retournées ou sectionnées en tronçons. Souvent la fougère se régénère rapidement.

Un outil innovant monté sur mini-pelle, la Pioche herse® permet d'extraire localement des taches de fougère de petite surface et aux rhizomes peu profonds. Le Scarificateur réversible® décrit plus bas est mieux adapté aux superficies les plus importantes. La Pioche Herse® permet d'arracher, à une profondeur de 25 cm une végétation mixte à dominance de graminées et fougères, y compris les rhizomes. La biomasse arrachée est évacuée latéralement à la bande travaillée.

Un outil complémentaire et monté à l'avant de la mini-pelle est le sabot de franchissement®, inventé également par Claude Becker.

Le sabot de franchissement écrase la végétation avant le passage de la pelle. Il permet de passer plus facilement les obstacles et surtout de stabiliser et d'assurer une meilleure assise à la mini-pelle pendant les travaux.



Sabot de franchissement® (flèche rouge) équipé de couteaux latéraux (flèche verte).

Léon Wehrlien © Inra

Fixés latéralement sur le sabot, des couteaux latéraux® prédécoupent de chaque côté, la surface à travailler jusqu'à une profondeur de 20 cm. Ce pré-découpage facilite l'extraction de la biomasse sur la zone à travailler. Il est surtout utile en présence d'un tapis épais de rhizomes.

Rhizomes situés de 25 à 60 cm

Les seuls outils capables de travailler à cette profondeur sur sols sableux uniquement étaient les charrues à socs landaises de gros modèles. Les rhizomes sont plus difficiles à éliminer en profondeur.

Un nouvel outil, monté sur mini-pelle, est capable de faire ce travail : c'est le Scarificateur réversible® qui peut extraire 90 % des rhizomes de fougères jusqu'à une profondeur de 60 cm.

En travaillant comme une fourche (travail en butte), il permet en une seule opération, d'éliminer la biomasse aérienne de la fougère et d'arracher les rhizomes verticalement, puis de séparer par secouage l'humus et le sol minéral, pris dans les racines.

Les fragments tirés et cassés restant, ne reprennent pas, ils pourrissent dans le sol.

Les fougères extraites sont retournées sur les bordures des zones travaillées : ce paillage retarde d'environ 1 an la repousse des fougères voisines sur les zones adjacentes non dégagées. Cet outil permet d'éliminer en une seule fois la fougère, pour toute la durée de l'installation de la régénération à condition de tenir compte, dans la largeur de travail initiale, de la hauteur de la fougère restant latéralement en place : celle-ci versera sur la ligne désherbée et ne devra pas recouvrir le plant. Le Scarificateur réversible® semble être l'outil le plus performant, pour l'instant, pour éliminer durablement les rhizomes.

Cette technique semble plus efficace que toutes celles qui font intervenir des outils coupants, car cela démultiplie la fougère (ex. charrue à disques, crochétages, broyage, ou dégagement à la débroussailluse).

Les techniques traditionnelles de lutte contre la fougère, mécaniques ou herbicides, étant bien connues des gestionnaires (et développées dans les autres articles de ce dossier), il nous a semblé utile de faire un zoom sur des outils innovants, peu connus et qui peuvent apporter des réponses complémentaires.

Pour faire un choix entre Pioche herse® ou Scarificateur réversible® le schéma ci-contre permet de se laisser guider en fonction des différentes façons dont le blocage s'exprime pour prendre la décision sur le type de travail à faire. Ce schéma répond uniquement au blocage lié à la fougère, avec ou sans mélange avec d'autres espèces. La hauteur minimale de la fougère est de 50 cm. Le travail du sol devra toujours être réalisé sur sol ressuyé.

Un éventuel blocage supplémentaire par l'hydromorphie n'est connu que lorsque les rhizomes sont présents en surface. Dans ce cas, le travail d'élimination de la fougère doit être suivi par un travail complémentaire selon la technique 3B (Ulrich *et al.*, 2014 ; Wehrlien L. 2012).

Stratégie préventive : élimination de la fougère avant régénération ou plantation

Une fois que la fougère aigle a bien pris sa place, il n'est pas évident de s'en débarrasser. L'ouverture progressive du couvert lors d'une régénération naturelle permet mal de contrôler ce végétal par dosage de la lumière.

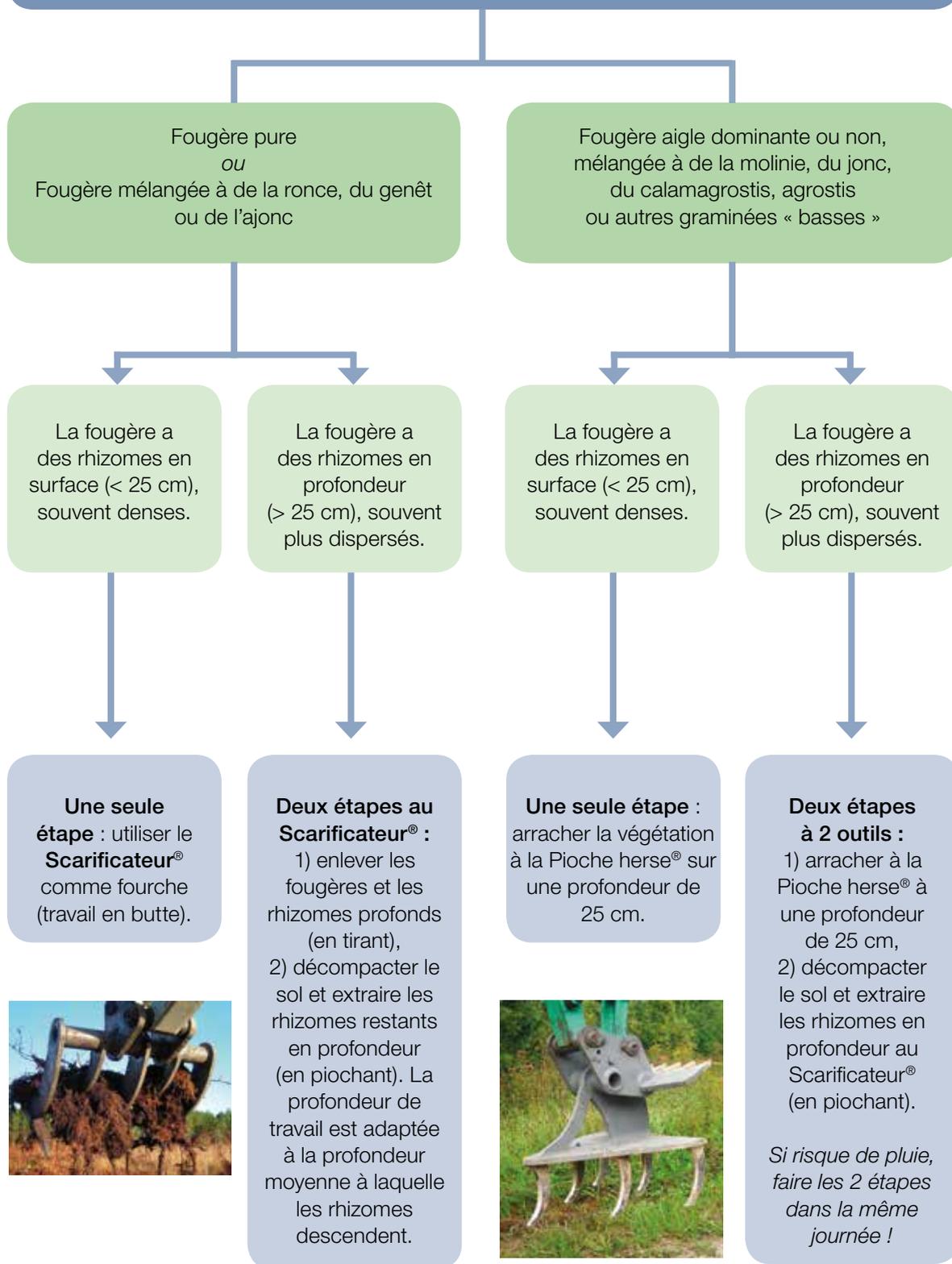
Le gestionnaire abandonne souvent son projet de régénération, sur des petites surfaces. Sur des étendues plus importantes en présence de fougère très virulente, il est bien forcé d'intervenir mais alors les enjeux économiques sont forts. Dans le cas de plantations, la fougère concurrence généralement trop fortement les jeunes plants, pour s'abstenir d'intervenir. Là encore, le coût des nombreux dégagements indispensables, sera élevé.

Les moyens de préparation du sol prennent toute leur importance pour endiguer ou freiner cette fougère. Plus elle sera haute et dense, plus elle sera difficile à contrôler.

Le travail en plein est possible. Il sera moins coûteux avec des outils tractés par un tracteur. L'expérience landaise le prouve. Le travail peut également se faire en bandes travaillées qui

Extraction de la fougère aigle pure ou mélangée avec d'autres espèces Outils et méthodes de travail

Dans tous les cas, toute la biomasse de la fougère (partie aérienne et rhizomes) est déposée, **retournée** sur les côtés des bandes ou placeaux*, après l'avoir **secouée** pour faire retomber sur place l'humus et la terre.



préparent les emplacements des futures lignes de plantation avec les outils cités auparavant. Si l'écartement entre les lignes est faible et la largeur des bandes travaillées importante, cela peut revenir à travailler en plein.

La largeur à travailler doit toujours être égale à la hauteur maximale de développement de la fougère. Cette consigne est valable quel que soit le type de blocage en lien avec la fougère : seule ou en mélange avec d'autres espèces plus ou moins bloquantes. Par contre, en dessous de 50 cm de hauteur et à faible densité de fougère, il est possible de ne pas travailler le sol, sauf en cas de compaction.

Toutes les parcelles forestières ne sont pas mécanisables au tracteur (obstacles, souches, pente, etc.). Dans ce cas, seul le travail avec une mini-pelle est possible. Les outils adaptés et éprouvés sont ceux introduits en forêt par Claude Becker, depuis 20 ans.

Dans ce cas, l'élimination de la fougère ne se fera jamais en plein mais sur des surfaces plus réduites et localisées pour garder l'espace vital minimum au semis ou au plant. Les méthodes préparatoires doivent tenir compte de la hauteur de la fougère, voisine de la zone traitée, et qui s'écrasera sous son propre poids. Celle-ci ne devra pas se coucher sur les semis ou les plants, en hiver et les années suivantes.

Le travail en linéaire n'est pas une obligation. Selon les choix de gestion, on peut travailler en placeaux, parfois grands de plusieurs mètres de côté. À l'intérieur des très grands placeaux, il sera nécessaire de travailler en bande en cas de plantation pour disposer de l'espace nécessaire et pour déposer, en bordure des placeaux, la biomasse extraite. On peut imaginer des placeaux de 10 x 10 m avec des inter-

lignes de 1,5 à 2 m, selon l'espèce objectif¹⁾. Agrandir la surface minimum travaillée du sol permet de contrôler la végétation sur une plus grande surface et de concentrer la plantation avec des densités plus fortes. En périphérie du placeau, on conservera une zone tampon, non plantée mais désherbée, où les plants de bordure seront installés en retrait, à une hauteur équivalente à la moitié de la hauteur totale de la fougère aigle.

Stratégie curative : élimination de la fougère en dégagement

La méthode curative devient plus périlleuse et coûteuse par des interventions annuelles voire 2 fois par an ou plus lorsque la fougère aigle est bien installée. Seuls des moyens répétés et continus permettent de l'endiguer.

Ces méthodes deviennent nécessaires quand il n'y a pas eu de destruction efficace des rhizomes. Les plants se trouvent en concurrence aérienne et racinaire. C'est le cas aussi de la régénération naturelle où les semis déjà présents n'ont pas permis de travail préalable et subissent une concurrence d'autant plus forte. Le dégagement est une opération fastidieuse et coûteuse surtout quand les fougères dépassent une hauteur totale de 1,5 m. La parcelle devient impénétrable et les plants ou les semis sont très difficilement repérables.

Les interventions manuelles se feront le plus souvent de part et d'autre, à proximité de la ligne de plantation. Le dégagement uniquement autour du plant n'est possible que si la fougère n'est pas trop haute et facilement pénétrable. Les interventions mécaniques seront plus ou moins coûteuses en fonction de l'exubérance de la fougère aigle.

Les interventions peuvent se faire sur la ligne de plantation : le tracteur passe avec un broyeur à axe vertical en position relevée au-dessus des plants. D'autres outils existent qui broient ou cassent la végétation en hauteur. La différence de hauteur entre la cime du plant et la cime de la fougère facilite le travail et limite les dégâts. Cela nécessite aussi que les plants soient d'une hauteur inférieure à celle du châssis du tracteur. Ce travail peut être réalisé sur des régénérations naturelles basses ou de toutes jeunes plantations encore basses.

La méthode la plus courante est l'action mécanique sur l'interligne. Parfois ce dégagement latéral de la ligne de plantation peut suffire à réduire l'impact aérien de la fougère sur le plant. Le passage d'un broyeur à axe vertical permet d'accéder si besoin ensuite, au plant

1) Voir la fiche de la mini-pelle parue dans Forêt-entreprise n° 217 p. 58-62.



Broyeur à axe horizontal sans rotation roulant au sol. Christophe Vidal - IDF © CNPF



Le Scarificateur réversible® Becker sur minipelle. Léon Wehrlen © Inra

pour un dégagement localisé et manuel. En rappel, l'action de couper la fougère aigle ne limite en rien sa dynamique, ce n'est qu'un moment de répit. L'idéal est d'utiliser des outils qui écrasent, ou mieux, brisent la fougère. Le rouleau d'un broyeur à axe horizontal qui ne tourne pas peut suffire pour créer un passage et limiter la repousse. Mais cela reste un outil lourd et peu adapté. Il existe un outil léger, le brise fougère ou le rouleau landais.

Toute la difficulté réside dans le repérage de la ligne au préalable surtout lorsque la fougère aigle est exubérante. Il existe aussi d'autres outils portés par un tracteur qui circule sur l'interligne. L'outil agit sur la ligne à partir de l'interligne (voir l'article p. 46-49).

La lutte contre la fougère doit se raisonner par une stratégie à long terme, pour être efficace techniquement et financièrement (des expérimentations « Projet Pilote » sont en cours avec des résultats prometteurs). Une lutte ponctuelle, curative, année après année, n'est pas une bonne solution.

La dynamique de la fougère et sa capacité de réaction aux outils sont maintenant connues. La seule solution durable, efficace et permettant d'endiguer sa concurrence, reste la prévention. Pour réussir à moindres frais un projet de régénération de peuplement (naturel ou plantation) il est indispensable de commencer par maîtriser avant tout, la fougère. ■



Les anciennes fougères sèches marron et les nouvelles verte sous forme de crosse. Gwénaëlle Gibaud © ONF

Résumé

La fougère aigle est une colonisatrice hors pair. Ses frondes renouvelées chaque année occupent rapidement l'espace au printemps. Ses rhizomes très denses participent à ce renouvellement. La régénération forestière ne supporte pas cette concurrence. Des stratégies mécaniques d'intervention sont décrites. Les stratégies curatives sont des solutions plus fastidieuses et moins efficaces à mettre en place que de nouvelles techniques préventives plus pertinentes.

Mots-clés : fougère aigle, régénération forestière, stratégie, contrôle mécanique.

Bibliographie

Ulrich E., Becker C., Franco J.-P., 2014. *Préparer le sol avant plantation selon la technique « 3B » avec tracteur et l'outil Culti 3B® - validation sur chantiers test.* Rendez-vous Techniques de l'ONF, 43, pp 11-21.

Wehrlen L., 2012 : *Quels outils pour mieux maîtriser la végétation forestière concurrente ?* Forêt-entreprise n° 206, pp. 24-31

Outils pour lutter ou contrôler la fougère aigle : matériels et coûts

par Léon Wehrle¹⁾, Erwin Ulrich²⁾, Gwénaëlle Gibaud³⁾, Jérôme Piat³⁾ et Christophe Vidal⁴⁾



Un panel d'outils mécaniques permet d'agir efficacement sur la fougère aigle avec des effets plus durables en action de prévention.

1) MGVF-INRA de Nancy Lorraine, UMR1092, Laboratoire d'Étude des Ressources Forêt Bois (LERFoB), F-54280 Champenoux, prenom.nom@nancy.inra.fr
AgroParisTech, UMR 1092, LERFoB, ENGREF, 14 rue Girardet, F-54000 Nancy

2) ONF Département RDI, boulevard de Constance, 77300 Fontainebleau, prenom.nom@onf.fr

3) ONF, Département RDI, 3 rue du Petit Château, 60200 Compiègne, prenom.nom@onf.fr

4) CNPF, 175 cours Lafayette 69006 LYON, christophe.vidal@cnpf.fr

Charrue bidisque motorisée d'Alliance Forêts Bois.
Travail en bande après broyage de la fougère aigle. Gwénaëlle Gibaud © ONF

La liste des outils pour contrôler ou lutter contre la fougère aigle n'est pas exhaustive. Elle est basée sur l'expérience des régions en forêts publique et privée françaises. Cette liste s'appuie aussi sur des programmes de recherche menés par l'Office national des forêts, la Mission gestion de la végétation en forêt de l'Inra de Champenoux et l'Institut technologique FCBA.

Les coûts affichés restent indicatifs et sont à adapter à chaque région. La concurrence entre les entreprises, la quantité de travaux effectués, les conditions de terrain et l'exubérance de la végétation va beaucoup jouer dans l'affichage de ces prix. **Tous les prix sont hors taxe et sont des prix de sous-traitance proposés par des entreprises de travaux forestiers.**

L'objectif principal des interventions contre la fougère est d'assurer le renouvellement des forêts. Ce travail de préparation est indispensable pour rendre le sol réceptif à l'installation des semis ou apte à la survie des plants. Parallèlement à la réussite technique de l'objectif fixé, l'économie principale est l'évitement d'échecs, toujours très coûteux. Cet objectif peut être atteint en éliminant la fougère en

préparation de l'installation de la régénération, de façon à réduire ensuite significativement le nombre de dégagements.

Outre l'élimination de la fougère aigle et d'autres végétaux pouvant avoir un effet bloquant sur cette régénération, un travail du sol plus ou moins profond, selon les besoins, peut être réalisé pour faciliter l'installation, l'enracinement et la croissance des semis ou des plants.

Outils mécanisés en préparation avant plantation ou régénération

Les charrues forestières actionnées par tracteur

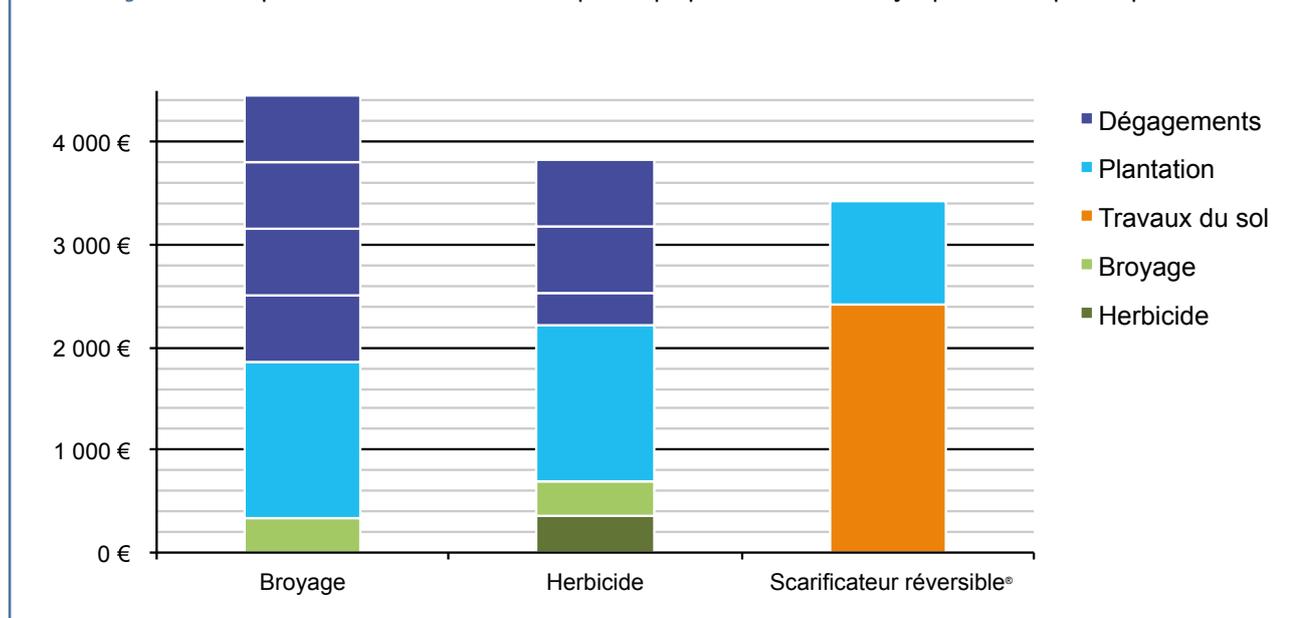
Le travail du sol par des charrues à socs ou à disques est une méthode efficace surtout dans des sols sableux. Elles n'éradiquent pas totalement la fougère aigle. Un passage de deux outils est souvent nécessaire. Dans les sols limoneux et argileux, les conditions deviennent plus difficiles: les outils ne pénètrent pas très profondément. On rencontre en plus des problèmes de lissage en période humide et dans l'extrême des problèmes d'engorgement liés au tassement.

Ces méthodes demandent obligatoirement une élimination préalable par broyage de la fougère aigle déjà présente. Le passage en plein d'un broyeur, revient en moyenne à 350 € à l'hectare ou à 170 € pour un rouleau landais. Le labour avec une charrue à socs coûte autour de 170 à 300 €/ha selon la surface travaillée. Un labour croisé au Crabe/Timberdisc est possible avec un coût de 300 €/ha.

Le travail du sol avec d'autres charrues à disques (Cover-crop, DebDisk et charrue bidisque motorisée d'Alliance...) va de 90 €/ha dans le cas d'une reprise de labour à 200 € pour un passage en interligne sans travail préalable. Ce prix est de 300 €/ha pour le passage de la charrue bidisque sur la future ligne plantée.



Figure 1 - Comparaison des coûts cumulés depuis la préparation de terrain jusqu'à 4 ans après la plantation



Outils sur mini-pelle

Les outils Becker montés sur mini-pelle se montrent les plus efficaces contre la fougère aigle, dans la mesure où ils ont un impact plus durable sur la végétation.

Le Scarificateur réversible[®] est l'outil le plus polyvalent pour extirper les rhizomes en profondeur. En rappel, la Pioche herse[®] a des possibilités plus réduites : elle est moins performante dans sa conception, pour ce type de travail. Elle ne peut arracher que les rhizomes peu profonds et sur des petites surfaces.

Le travail avec la mini-pelle coûte entre 550 et 750 €/jour. S'il s'agit d'un travail en placeaux pour un seul outil utilisé, cela coûtera de 550 à 750 €/ha (exemple placeaux de 5 x 5 m de côté, à raison de 100 placeaux par hectare en condition optimum). S'il s'agit d'un travail en bande cela coûtera 2200 à 3750 €/ha selon l'écartement entre les lignes, la largeur de la bande et le travail d'extraction des rhizomes. Ce sera le double si deux outils doivent être employés. Il n'est jamais nécessaire de travailler avec 3 outils, car les rhizomes ne poussent pas en profondeur sur sol engorgé.

La technique herbicide

La limitation de l'usage des herbicides réduit les moyens d'application. Il n'existe plus pour l'instant de produits sélectifs (asulame). Le traitement de préparation reste la technique la plus efficace car elle pourra être utilisée en plein ou en traitement localisé, sur des bandes larges dans le cas d'écartement entre les lignes plus ou moins supérieures à 4 m. Une rampe pulvérisant les produits phytomédicamenteux ou un canon reste le plus

économique. Le coût est d'environ 350 €/ha. Seul le glyphosate reste homologué à l'heure actuelle¹⁾.

Des coûts instantanés à voir dans le temps

Il est important de noter que les coûts de chacune de ces méthodes ne sont pas à comparer individuellement, mais la comparaison doit se faire sur l'ensemble des itinéraires c'est-à-dire jusqu'à ce que les plants ou les semis soient sortis de la concurrence de la fougère. Ainsi, une méthode de préparation coûteuse initialement comme le Scarificateur réversible[®], facilitera la plantation, dont le coût sera ainsi baissé d'au moins 30 % par rapport à un sol non travaillé. Cette technique évitera aussi jusqu'à 5 à 10 dégagements pendant les 5 premières années. Ceci est parfaitement illustré dans le graphique ci-dessus (dont la source est le projet Alter et le projet Pilote).

Outils mécanisés en entretien après plantation ou régénération

Outils tractés par tracteur

Le rouleau landais pour 60 à 80 € HT/ha peut intervenir en passant dans les interlignes. Des charrues forestières à disques peuvent également être utilisées.

Outils portés par tracteur

Les broyeurs à axe vertical et à axe horizontal sont des outils mécanisés assez polyvalents et usuels en forêt. Ils sont employés sur l'interligne. Le broyeur à axe vertical est plus léger. Il

1) Wehrle L., 2014. FE n° 215 pp 13-15.



Brise-fougère de la société Landbase. © Tim Hannah

existe à chaînes et à lame. Le broyeur à chaîne avec l'avantage de s'effacer devant l'obstacle sera largement suffisant pour broyer une végétation peu lignifiée comme la fougère aigle. Pour ces deux types de broyeurs, les coûts peuvent être estimés de 100 à 350 €/ha selon le type de travail réalisé (passage dans chaque interligne, un interligne sur deux...).

Pour ces interventions, le broyage total de la végétation est inutile. Le cassage de la fougère est préférable. Une méthode originale est pratiquée par des propriétaires forestiers possédant leur propre matériel: le broyeur à axe horizontal est posé au sol sans être actionné en rotation par le moteur tout en avançant avec le tracteur (les coûts ne sont pas connus)

Du nouveau dans le bâtonnage mécanisé

Ces outils s'inspirent de la méthode du bâtonnage manuel.

Le brise-fougère: est une sorte de « rouleau cage ». C'est un système de barreaux métalliques espacés et disposés en cercle: ce matériel léger, né en Grande Bretagne peut être tiré par un tracteur mais aussi par un quad ou un cheval, à condition que la fougère ne soit pas encore développée (*photo ci-dessus*). Il est indispensable d'avoir une vision dégagée de l'axe d'avancement pour la sécurité de l'opérateur et du matériel. Il est utilisé très ponctuellement en forêt française. Le coût à l'hectare est inférieur à 300 € HT²⁾.

Le prototype de bâtonnage mécanisé de chez Grenier-Franco est une nouveauté non encore commercialisée.

Grâce à son écoute attentive, ce constructeur a proposé en début 2013 un premier prototype de bâtonnage mécanisé à fixer sur le trois points arrière d'un tracteur (*voir photo ci-dessus*). Cet outil est composé d'un bras déporté,



Prototype de bâtonneur mécanisé de Grenier-Franco. Bernard Costenoble © ONF

à l'extrémité duquel un bâton de 2 mètres de long tourne grâce à un moteur hydraulique alimenté à partir du tracteur. En restant dans les cloisonnements sylvicoles (entre-axe de 5 à 6 mètres maximum), un tracteur léger peut bâtonner toute l'interbande, en un aller dans un sens et en un retour dans l'autre.

Cet outil représente un gain de productivité important, mais également une diminution importante de la pénibilité du travail. Il existe également un second prototype avec deux bâtons plus courts couvrant au total la même largeur. L'avantage est la moindre vitesse de rotation à l'extrémité devant garantir une meilleure imitation de l'effet de bâtonnage: la fougère ne doit pas être coupée, mais simplement cassée-pliée. Le coût à l'hectare n'est pas encore connu à l'heure actuelle.

Dégagements réalisés avec les outils montés sur mini-pelle

La progression de la mini-pelle se fait en passant sur un interligne sur deux en écrasant la végétation. En même temps, l'outil monté en bout de flèche de la mini-pelle, agit localement en écrasant la fougère aigle qui se trouve autour des plants. L'utilisation du Sous-Soleur multifonction®, non prévu spécifiquement pour cet usage, déblaie la fougère en utilisant uniquement le peigne. Le Sylva-Cass® peut également être utilisé, car il est plus léger et plus maniable. Sans référence de coût, cela reste expérimental.

2) Fiche technique Forêt de France n°494 de juin 2006.



Arrachage de rhizomes profonds par le scarificateur réversible®. Léon Wehrlen © Inra

Aussi, cette méthode peut être potentiellement employée dans la régénération naturelle à partir des cloisonnements sylvicoles.

Matériels sur tracteur utilisant les herbicides

Un tracteur équipé de lances actionnées directement par l'opérateur suivant à pied sera le matériel le plus adéquat et le moins pénible pour faire un traitement dirigé dans une fougère plus ou moins haute. Un coût de 450 € HT/ha est affiché dans le cas concret d'un chantier en régénération naturelle. La protection individuelle est alors obligatoire et efficace. Cela reste une opération risquée et déconseillée par le manque d'herbicide sélectif homologué.

Conclusion

Chaque outil possède sa spécificité et un impact précis. Les outils tractés ou portés par un tracteur ont encore leur place dans la maîtrise de la fougère. Les outils Becker montés sur mini-pelle demandent une grande technicité de l'opérateur. Ils apportent de nouvelles réponses efficaces et complémentaires aux techniques traditionnelles.

L'organisation et la maîtrise du parcours des engins dans la parcelle prennent toute leur importance. L'économie du mouvement ou du passage prend toute son importance mais

elle a une incidence sur les surfaces minimales de chantier. Il est important que chaque gestionnaire décide d'utiliser un outil en toute connaissance de cause. Chaque choix d'intervention doit être commandé par une connaissance précise de l'impact direct et indirect, à court et à long terme, sur la végétation ciblée et dans le contexte précis de chaque parcelle. C'est seulement à ce prix que des interventions moins coûteuses pourront être réalisées. ■

Résumé

L'intensité du développement de la fougère aigle induit directement le choix de matériel pour l'éradiquer et son coût de mise en œuvre qui peut être très variable. La maîtrise de la fougère est toujours plus facile à gérer durablement en traitement de préparation. Différents outils sont listés (non exhaustif) en dissociant les techniques de préparation et celles d'entretien des régénérations forestières. Les outils tractés plus économiques initialement ont une efficacité variable selon la densité de la fougère aigle et le type de station. Les outils montés sur mini-pelle restent les plus efficaces face à une fougère très développée. Différentes méthodes d'intervention, en plein, en bandes ou en placeaux, permettent de réduire les coûts d'intervention.

Mots-clés : fougère aigle, dégagements, entretiens, régénération forestière, outils, coûts.

Prévenir plutôt que guérir

Seules les éliminations chimiques ou mécaniques des rhizomes assurent la non concurrence complète (aérienne et racinaire, lumière et eau). Les travaux préparatoires sont plus efficaces et durables en 1 passage, préférables aux dégagements à renouveler 1 ou 2 fois par an pendant 4 à 6 ans.

La hauteur de la fougère montre la hauteur du problème. La fougère est une plante monopoliste. Importance de la capacité de croissance de l'essence choisie face à celle de la fougère

| Connaître - Observer Diagnostiquer | | Planifier - Choisir le bon outil Contrôler | | |
|--|--|---|--|---|
| A É R I E N | 2 m |  | DÉGAGEMENTS | C U R A T I F |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Une colonisatrice tapis dans l'ombre • Hauteurs de 2 m parfois 3 m • Système aérien dense jusqu'à 75 frondes / m² • Écrasement des semis sous son poids • Litière épaisse Renouvellement plusieurs fois/an • Résistante à la sécheresse • Concurrente pour la lumière | | <p>Les outils de « dégagement » par coupe ou broyage ne suppriment que la concurrence pour la lumière. Mais la concurrence pour l'eau est aussi ou plus importante.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bâtonnage manuel ou mécanique • Coupe à la débroussailleuse • Passage au broyeur • Usage d'outils montés sur mini-pelle | |
| S O U T E R R A I N | 1 m |  | Travaux préparatoires | P R É V E N T I F |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Sur terrain plutôt acide • Signe de bonne fertilité pour des essences frugales • Réseau dense de rhizomes • Rhizomes riches en réserve et en eau • Rhizomes profonds | | <p>Objectifs : éliminer mécaniquement ou chimiquement les rhizomes</p> <ul style="list-style-type: none"> • < 25 cm : <ul style="list-style-type: none"> - outils tractés par des tracteurs - outils sur mini-pelle : (Scarificateur réversible®, Pioche herse®) • > 25 cm : <ul style="list-style-type: none"> - Scarificateur réversible®, (outil le + adapté par arrachage) <p>Les herbicides systémiques agissent jusqu'aux rhizomes.</p> | |
| | 0 m | | | |
| | - 0,5 m | | | |
| | - 1 m | | | |

Fiche technique des outils mécaniques n° 3

de la Mission de la Gestion de la Végétation en Forêt

Création et renouvellement des forêts

OUTILS DE GESTION DE LA VEGETATION CONCURRENTE ET DE PREPARATION DU SOL

Le SCARIFICATEUR RÉVERSIBLE®

Désherbage, travail du sol



Réussir une régénération :

C'est garantir un espace autour du jeune arbre par :

- la maîtrise de la concurrence exercée par la végétation pour la lumière, l'eau et les éléments minéraux.
- un travail du sol favorable à un bon développement racinaire.

Le Scarificateur Réversible®

s'utilise en préparation de régénération naturelle ou de plantation.

Cet outil élimine la végétation par arrachage et réalise ensuite un travail du sol sur 40 cm de profondeur par griffage, ou sur 60 cm par bêchage.

Il est une nouvelle alternative à l'utilisation des herbicides en forêt.

Caractéristiques techniques de l'outil

Le Scarificateur Réversible® est composé de différentes dents fixées en parallèle sur un support de 75 cm de large :

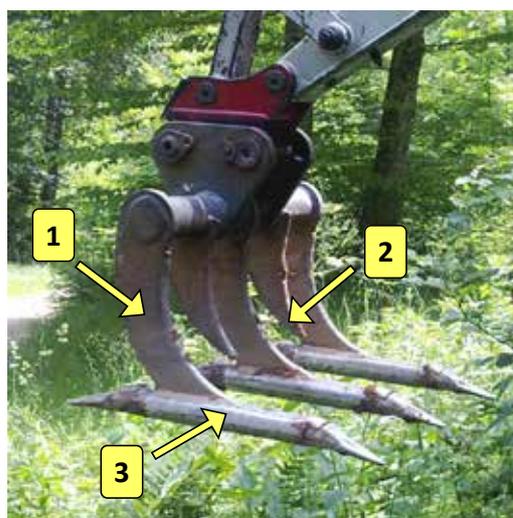
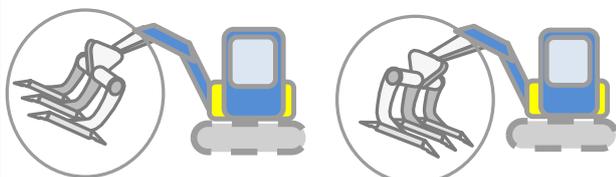
- 1 Trois dents principales d'une hauteur de 40 cm.
- 2 Deux dents secondaires d'une hauteur de 20 cm intercalées entre les dents principales.
- 3 Trois obus de sous solage de 60 cm de long, fixés en prolongement des dents principales, à profil pointu aux deux extrémités.

L'outil peut être monté sur le bras de la mini-pelle en position frontale ou en position rétro, en fonction de la technique d'intervention, du type de sol ou de la végétation à éliminer.

- Position rétro : travail du sol, arrachage de fougère aigle
- Position frontale : arrachage de végétation facile à extraire

Position frontale :

Position rétro :

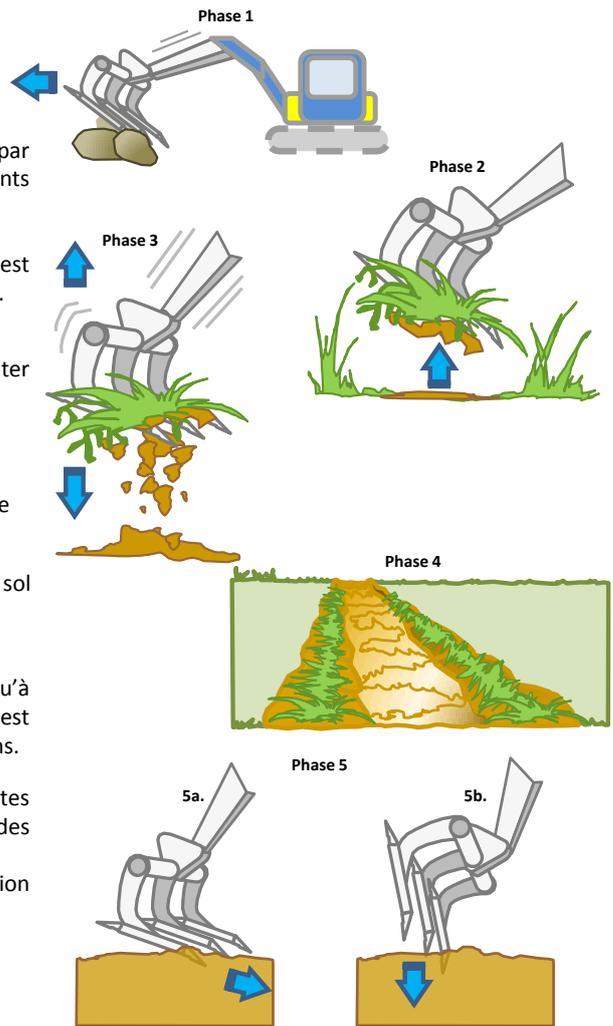


Le SCARIFICATEUR RÉVERSIBLE®

Utilisation de l'outil

Phases de travail

- Phase 1 DEBLAIEMENT** Dégagement de la surface à travailler par déblaiement latéral des obstacles gênants (rémanents, pierres, petites souches, racines).
- Phase 2 ARRACHAGE** Insertion de l'outil sous le tapis végétal qui est soulevé verticalement avec son système racinaire.
- Phase 3 SECOUAGE** Oscillations verticales du bras de la pelle pour limiter l'exportation du sol pris dans les racines.
- Phase 4 ANDAINAGE** Dépose latérale de la biomasse en petits andains parallèles à l'axe d'avancement. La masse végétale est retournée, racines en l'air.
- Phase 5a GRIFFAGE** Pénétration légèrement inclinée des obus dans le sol jusqu'à une profondeur de 40 cm.
- ou, au choix**
- Phase 5b BÉCHAGE** Pénétration verticale des obus dans le sol jusqu'à une profondeur de 60 cm. Ce décompactage est réalisé avec un faible bouleversement des horizons.
- Phase 6 EMIETTAGE** **Exclusivement pour les plantations** : les pointes d'obus affinent les grosses mottes par des mouvements circulaires à la surface du sol. Pas d'émiettage en préparation de régénération naturelle.



Modes d'utilisation

Régénération naturelle

L'outil travaille à l'aplomb ou à proximité des semenciers :

Plantation

Le Scarificateur Réversible® est utilisable selon le schéma de plantation choisi :

| Bande travaillée ou plateau | Potet individuel | Bande travaillée | Placeau |
|-----------------------------|---------------------------|------------------|-------------------------------|
| | | | |
| Dimensions variables | Potet de 1 m ² | 1 à 3 m de large | Jusqu'à 10 m x 10m de surface |

⚠ Un travail sur une largeur insuffisante peut entrainer certains effets :
 Ex : **Fougère aigle** : verse latérale à partir des inter bandes
 Ex : **Graminées** : Réensemencement de la zone travaillée à partir des hampes florales situées dans les inter bandes ou recolonisation latérale au sol (Agrostide stolonifère)

Adapter la largeur de travail en fonction de l'espèce végétale, de sa hauteur et de sa densité.
Largeur = minimum 1 fois la hauteur de la végétation

Le SCARIFICATEUR RÉVERSIBLE®

Impact sur la végétation

Durée d'efficacité du désherbage

Le Scarificateur Réversible® élimine immédiatement, par désherbage mécanique, la végétation concurrente (phase 2). La recolonisation par cette même végétation est fortement ralentie pendant au minimum 3 années. Cela s'explique par l'exportation latérale du stock de graines initialement présent dans la litière et des systèmes racinaires de la végétation concurrente (phase 4).

Fougère aigle : Exemple d'une plantation concurrencée sur sol limono-sableux (Expérimentation ALTER*) :

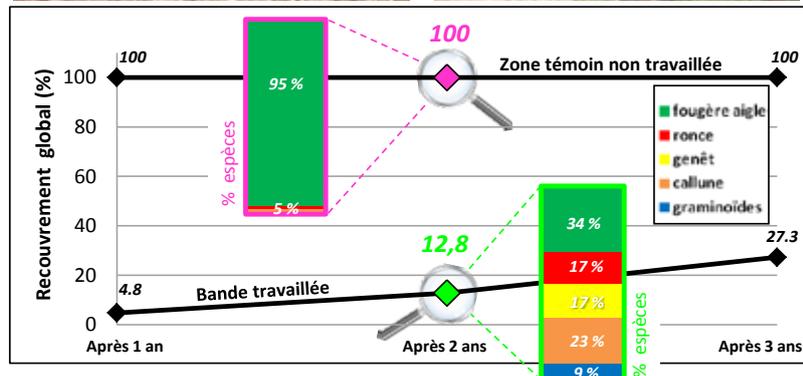
Après 2 ans : le recouvrement global de la végétation sur la zone travaillée est inférieur à 15% dont moins de 5% de fougère. Dans la zone témoin, non travaillée, le recouvrement reste proche de 100%.



Substitution de flore

Tout travail du sol peut provoquer une substitution de flore: remplacement des espèces initialement présentes par d'autres espèces végétales.

Cette substitution peut être défavorable à la régénération (apparition de graminées) ou favorable dans le cas d'installation de dicotylédones souvent moins concurrentielles.



Deux ans après l'intervention, le Scarificateur Réversible® provoque une substitution généralement favorable. Dans le cas d'une station à fougère aigle dominante, la composition floristique de substitution est plus diversifiée et moins concurrente.

Fétuque géante : Exemple de régénération naturelle difficile sur station acidiline de montagne (Résultats MGVF)



Deux saisons après l'intervention, le recouvrement global (substitution de flore) est inférieur à 50 % sous peuplement. La fétuque représente moins de 30% du recouvrement total.

Myrtille : Exemple d'une régénération naturelle difficile sur station acidiphile de montagne (Résultats MGVF)



Deux saisons après l'intervention, le recouvrement global (substitution de flore) est inférieur à 20 %. La myrtille ne représente que 5 % du recouvrement total.

⚠ La durée de l'efficacité du désherbage est fonction de la qualité du travail réalisé : il faut extraire le plus complètement possible la totalité de la biomasse aérienne et racinaire pour éviter une reprise de la végétation en place.

Le SCARIFICATEUR RÉVERSIBLE®

Impact sur le sol

Les horizons du sol sont fracturés et aérés par l'action de l'outil. Un léger creusement du sol en surface est créé (5 à 10cm), suite à l'arrachage du tapis herbacé.

Le bêchage en profondeur permet de développer rapidement les systèmes racinaires des semis ou des plants dès la 1ère année. En conséquence, la régénération résiste plus facilement aux sécheresses estivales.



Le travail de l'outil crée des **grosses mottes** en surface :

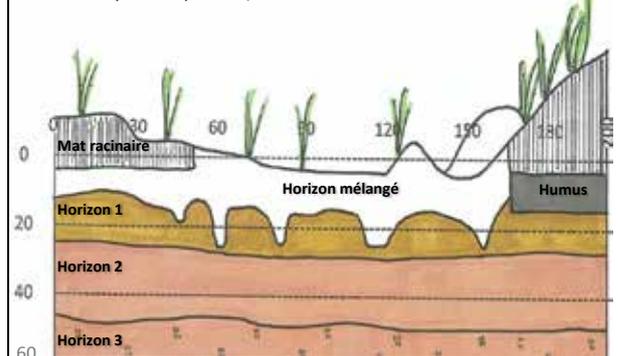
➤ **Régénération naturelle** : on les conserve sans les affiner, ce qui favorise la germination des graines entre les mottes.

➤ **Plantation** : on les conserve :

- en situation de pente, ce qui limite l'érosion du sol.
- s'il y a risque de battance sur sols sableux ou limoneux.

Dans les autres cas, les mottes sont émiettées (Phase 6)

Profil de sol 2 ans après préparation au Scarificateur Réversible® sur station hydromorphe - Expérimentation ALTER



Source : Association pour la Relance Agronomique en Alsace (KOLLER Rémi)

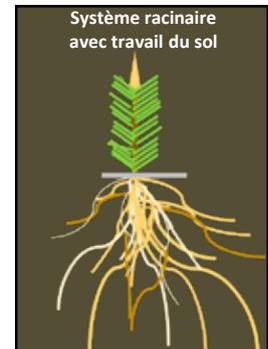
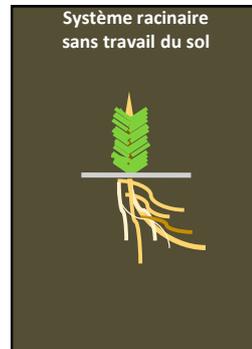
NB : Profil issu d'un travail du sol réalisé avec un prototype de l'outil à abus de sous solage plus courts, ce qui explique la profondeur de travail réduite à 25/30 cm.

Les techniques évoluent en permanence : en fonction des résultats, les outils et leur utilisation sont perfectionnés.

Dans le cas des plantations, cette préparation de sol facilite la mise en place des plants :

➤ Le système racinaire est bien positionné dans un plan vertical (évite les déformations en crosse, en chignon ou en «L»). La qualité de la plantation est améliorée.

➤ Le travail du planteur est facilité. Il peut installer un plus grand nombre de plants dans la journée. La pénibilité du travail est réduite.



Effets sur la régénération

Régénération naturelle réussie après élimination de la myrtille ou de la fétuque géante (Expérimentations MGVF)

Deux ans après l'intervention du Scarificateur Réversible®, le nombre de semis est de 12 semis/m² contre 2 semis/m² dans les témoins non travaillés.

Semis naturels installés, 1 an après le travail du sol



Plantation réussie de pins ou de chênes après élimination de la fougère aigle (Expérimentation ALTER)

Deux ans après la plantation : la croissance en hauteur est augmentée de + 11% (chênes) à + 24% (pins), par rapport aux plants témoin (plantation en fente, sans travail du sol).

La croissance en diamètre est augmentée de + 20% (chênes) à + 67% (pins).

La reprise est, en général, améliorée.

1 an après intervention



2 ans après intervention



Le SCARIFICATEUR RÉVERSIBLE®

Contextes d'utilisation

| | Type de végétation | Sol | | | | Obstacles au travail de l'outil |
|--------------------|--|--|---|--|--------------------------------------|--|
| | | Texture dominante | Charge en éléments grossiers | Engorgement hivernal | Humidité lors de l'intervention | |
| EFFICACE | Fougère aigle Callune - Myrtille Genêt - Ajonc Ronce - Clématite Jeunes ligneux de francs pieds Graminées | Toutes textures sauf argile lourde très compacte | Faible à moyenne (<33%) | Pas d'hydromorphie ou hydromorphie de profondeur | Sol ressuyé ou partiellement ressuyé | Rémanents d'exploitation, pierres, souches < 30 cm de diamètre |
| A PROSCRIRE | Molinie ¹ Calamagrostis Carex – Joncs | Argile lourde (taux argile > 45%) ² | Elevée (>33%) à très forte ³ | Hydromorphie de surface ⁴ | Sol gorgé d'eau ⁵ | Gros blocs rocheux, forte densité de souches ⁶ |



Sol : Période d'intervention :

- Sur texture limoneuse, limono-argileuse, argileuse : de juillet à octobre sur sol ressuyé. Idéalement, la plantation se fera après les premiers gels hivernaux qui affineront la structure du sol par l'éclatement des mottes.
- Autres textures : intervention possible toute l'année (éviter les sols gorgés d'eau). Dans le cas d'une texture bien affinée, la plantation peut suivre immédiatement le travail du sol.



- Molinie** : l'extraction de son système racinaire en zigzag engendre une exportation de sol plus importante. Le creusement du sol en surface est accentué ce qui crée des dépressions retenant l'eau en période hivernale.
- Sur sols très compacts**, les blocs de terre se fixent sur les dents et sont évacués. Cela engendre une exportation de sol trop importante et perturbe sa structure initiale.
- Les éléments grossiers en forte proportion et de taille importante** se coincent entre les dents, ce qui entraîne une exportation de sol plus importante et perturbe sa structure initiale.
- Station avec hydromorphie hivernale de surface** : le creusement du sol créé par l'outil accentue l'impact de l'hydromorphie sur le plant (risque d'asphyxie par « effet de baignoire »).
- Sol gorgé d'eau** : comme pour tous les outils de préparation du sol, le travail ne peut se réaliser sur sol engorgé.
- Grosses souches** : l'outil n'est pas adapté pour un travail de dessouchage (résistance).

Performances techniques et économiques

Vitesse de travail

- **Potet** : 60 à 80 potets/heure (sur chantier peu encombré de rémanents)
- **Bande** : largeur 1,5 m : 90 à 110 mètres linéaires/heure
largeur 2 m : 60 à 70 mètres linéaires/heure
- **Placeau** : 2m x 2m : 12 à 18 placeaux/heure
6m x 6m : 7 à 10 placeaux/heure

NB : hors temps de déplacements et de préparation du chantier.

Mise en œuvre

- **Avant la préparation du chantier** : Broyage de préparation inutile
- **Réalisation du travail** : Prix moyens HT prestataires en 2014. Ces tarifs sont variables selon le sol, la végétation, etc. :
 - Potet** : 0,80 € à 1,20 €/potet
 - Bande** : largeur 1,5 m : 1 à 1,10 €/mètre linéaire
largeur 2 m : 1,10 à 1,25 €/mètre linéaire
 - Placeau** : 2m x 2m : 4,20 € à 6,50 €/placeau
5m x 5m : 6,50 € à 10 €/placeau

Plantation :

Ce type de préparation de sol permet d'augmenter le nombre de plants installés par planteur et par jour.

Dégagements – Entretien :

Le Scarificateur Réversible® permet de réduire fortement, voire de supprimer, les dégagements à effectuer jusqu'à l'acquisition de la plantation. Plantation sur station à fougère aigle abondante (Résultats ALTER) :

- Itinéraire sylvicole traditionnel : 1 à 2 dégagements annuels durant 3 à 5 ans (soit au total 3 à 10 dégagements)
- Itinéraire Scarificateur Réversible® : 0 à 1 dégagement, sur la totalité des 3 premières années et inutiles ensuite.

Le SCARIFICATEUR RÉVERSIBLE®

A retenir

AVANTAGES

- Technique alternative aux herbicides par désherbage mécanique.
- En présence de rémanents : outil bien adapté au déblaiement. Broyage inutile.
- Outil particulièrement adapté à l'arrachage des rhizomes de Fougère aigle.
- Décompactage du sol : jusqu'à une profondeur de 40 cm par griffage et 60 cm par bêchage. Cela facilite le développement des systèmes racinaires.
- Amélioration de la qualité de plantation (bonne mise en place des racines).
- Augmentation du taux de reprise et de la croissance des plants.
- Réduction ou suppression des dégagements.
- Régénération naturelle : lit de semence favorable à l'installation des graines.

LIMITES & CONTRAINTES

- A proscrire sur stations à hydromorphie de surface en hiver, sauf en combinaison avec un outil réalisant la technique 3B.
- A proscrire sur sols très compacts.
- A proscrire sur sols à forte charge en éléments grossiers.
- Outil inadapté pour la molinie, les carex et joncs.
- Travail à réaliser sur sol ressuyé ou partiellement ressuyé.

Contacts utiles et renseignements

➔ Equipe Mission Gestion de la Végétation en Forêt (MGVF)

INRA Nancy-Lorraine, Lerbob UMR 1092, rue d'Amance - 54280 CHAMPENOUX - FRANCE

☎ 03.83.39.40.45 - www.nancy.inra.fr/mission-gestion-vegetation-foret - ✉ mgvf@nancy.inra.fr

➔ BECKER Claude - Technique et concept de matériels et outils ; Conseil & Vulgarisation

254, rue des Traits la Ville - 54200 TOUL - FRANCE

☎ 06.08.23.19.16 ou 03.83.64.11.04 - ✉ beckerclaude2@wanadoo.fr

Où trouver l'outil ?

➔ **GRENIER FRANCO** - RN7 Creux de la Thine - 26140 ANDANCETTE- FRANCE - ☎ 04.75.03.12.43 ✉ francodg@orange.fr

➔ **KIRPY** - Avenue de la gare - BP2 - 47390 LAYRAC- FRANCE - ☎ 05.53.87.00.02 ✉ info@kirpy.com

*Les modèles déposés par Claude Becker sont les seuls matériels qui ont été testés.
Les concepteurs d'autres matériels susceptibles d'être testés sont invités à se faire connaître.*

Fiche technique « Scarificateur Réversible® » - Janvier 2014
Reproduction autorisée sous réserve de respect de l'intégrité du document.
Fiche téléchargeable sur le site : www.nancy.inra.fr/mission-gestion-vegetation-foret
Crédits photos : ©INRA MGVF et ©ONF – Dessins : F.BONNE (INRA)

6

Rédaction :

F.DUEZ - L.WEHRLEN - C.COLLET

Groupe de travail :

C.BECKER - E.ULRICH - C.RICHTER - G.GIBAUD - J.PIAT

Financeurs :

MAAF - France Bois Forêt - IDF/CNPF - RMT AFORCE - Région Alsace





L'économie sylvicole, une discipline indispensable pour une gestion forestière durable

par Jean-Luc Peyron, GIP Ecofor

Lors de la journée internationale des forêts du 21 mars 2014, Jean-Luc Peyron, directeur du Gip Ecofor¹⁾, s'est attaché à promouvoir l'économie sylvicole (ou forestière), une discipline qu'il juge indispensable pour mettre en œuvre une véritable gestion forestière durable.

Cette discipline permet en effet de traiter des questions essentielles que se posent les forestiers. À quel âge exploiter un arbre ou un peuplement forestier ? Comment arbitrer entre la promesse d'un meilleur revenu et l'éventualité d'un risque supplémentaire ? Comment concilier la production de plusieurs services écosystémiques comme la fourniture de bois, la séquestration du carbone ou la protection des eaux, des sols, du paysage et de la biodiversité ?

En quoi la discipline économique est-elle utile au sylviculteur ? La forêt n'est-elle pas avant tout un don de la nature ?

Si l'économie consiste à allouer des ressources rares à des usages concurrents, alors elle a forcément son mot à dire en matière de gestion des ressources naturelles en général et de sylviculture en particulier. Pourtant, elle reçoit un faible écho dans la communauté forestière. Cela est d'autant plus regrettable que l'économie forestière a été pionnière et a précédé de plusieurs décennies des applications similaires au domaine plus général de l'investissement. Car c'est bien de cela dont il s'agit au départ : comment justifier d'investir dans une plantation ou une régénération pour des effets qui ne se feront sentir que de nombreuses années plus tard ?

Plus récemment, deux extensions majeures de la théorie initiale ont permis d'intégrer dans le raisonnement les risques encourus, d'une part, la multiplicité des services rendus par les forêts d'autre part. Une application particulière (et ambitieuse) de cette théorie étendue pourrait donc consister à se demander comment gérer la forêt dans le cadre d'un changement climatique vu comme un risque auquel il faudrait s'adapter, mais aussi comme la possibilité de faire jouer la faculté qu'ont les arbres de fixer du carbone.

Comment l'économie forestière, dont on a noté le rôle pionnier, s'est-elle développée ?

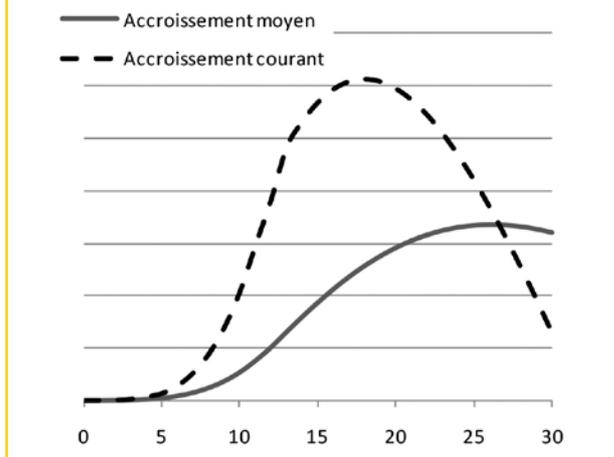
Cette théorie tient son succès à sa relative généralité et, au départ, à la réponse qu'elle est en mesure d'apporter à deux questions importantes et très différentes, au moins en apparence. À quel âge doit-on exploiter les arbres ? À quel prix une forêt donnée peut-elle s'échanger ?

Considérons d'abord la première question qui a donné lieu à un grand nombre de développements sur une assez longue période, particulièrement en France. C'est celle de l'âge optimal d'exploitation (ou âge d'exploitabilité). Elle s'est posée dès le début du XVIII^e siècle en raison d'une pénurie de bois de feu. Il faut alors alimenter 25 à 30 millions de foyers et des activités industrielles gourmandes en énergie avec des surfaces boisées guère plus étendues que la moitié des forêts métropolitaines actuelles. La demande conduit alors à couper les taillis de plus en plus tôt, souvent tous les dix ans. Mais ne produirait-on pas plus de bois en les coupant moins fréquemment ? Parmi les grands esprits du siècle des lumières, René-Antoine Ferchault de Réaumur préconise en 1721 de mettre en place des expérimentations permettant de comparer le rendement de taillis gérés à des révolutions différentes. En 1739, George Louis Leclerc de

1) Créé en 1993 et renouvelé en 2003 et 2013, le Gip Ecofor a pour vocation de développer, rassembler et structurer des connaissances propres à éclairer les politiques publiques et les pratiques de gestion durable des forêts dans des biomes allant du tempéré au tropical.

www.gip-ecofor.org

Figure 1 - Évolution au cours du temps des accroissements annuels moyen depuis l'origine et courant (pour chaque année). La production annuelle maximale en volume est obtenue lorsque les deux accroissements sont égaux.



Buffon propose de suivre l'évolution, année après année, de l'accroissement d'un taillis donné pour déterminer son âge d'exploitabilité. En 1764, Henri-Louis Duhamel du Monceau compare quant à lui les produits annuels de forêts équilibrées selon des âges d'exploitabilité différents. Mais c'est Philibert Charles Marie Varenne de Fenille qui réalise la meilleure synthèse sur ce sujet en 1791, en donnant une règle simple nécessitant peu de mesures : si l'accroissement courant d'une année supplémentaire est susceptible d'être supérieur à la production moyenne depuis l'origine (accroissement moyen annuel), alors cette moyenne se trouve augmentée par la prise en compte de ce nouvel accroissement ; pour lutter contre la pénurie de bois, il faudrait laisser sur pied ce peuplement ; si un nouvel accroissement annuel est au contraire susceptible d'être inférieur à la moyenne des accroissements des années précédentes, alors l'âge d'exploitabilité est atteint ou dépassé. (Figure 1)

Mais Varenne de Fenille va plus loin et se place non plus seulement du point de vue d'une pénurie de bois qu'il faudrait réduire mais de celui du propriétaire s'intéressant à son revenu. Il fait en effet remarquer qu'il faut intégrer « une donnée de plus, à savoir l'intérêt pécuniaire qu'eût rapporté le prix du taillis vendu, et dont on est privé lorsqu'on diffère la vente ». Cette remarque conduit ainsi à raisonner en valeur tout en tenant compte des échéances auxquelles des revenus sont réalisés.

N'est-il pas logique qu'une bonne gestion confère une valeur élevée à une forêt ?

Justement, en 1849, Martin Faustmann, un jeune forestier allemand, parvient à cette

conclusion en discutant la réponse à apporter à la seconde question sur le prix auquel une forêt doit s'échanger. L'idée de base est que cette valeur est liée aux revenus nets engendrés par la forêt, d'une part et, d'autre part, à un taux permettant de comparer des sommes d'argent relatives à des périodes différentes. Des pratiques et réflexions se sont déjà développées dans ces domaines depuis fort longtemps :

> il y a 5 000 ans, les Sumériens utilisaient le prêt à intérêts, et prenaient ainsi en compte le fait qu'une même richesse (en argent ou en blé) n'a pas la même valeur selon qu'elle est disponible immédiatement ou plus tard ;

> l'application de ce principe à l'estimation de la valeur d'un fonds, un vignoble en l'occurrence, est présente dès le premier siècle de notre ère chez le Romain Columelle ;

> pour la forêt, le premier exemple connu est dû à Richards (1730, Angleterre) ; la méthode se développera particulièrement en Allemagne, par exemple avec Heinrich Cotta qui publiera des tables d'actualisation en 1819.

Compte tenu de l'état des connaissances de l'époque, le vrai mérite de Faustmann est de répondre par une même théorie aux deux questions sur la valeur d'une forêt et sur la meilleure gestion pour elle. Il écrit : « On ne doit pas calculer la valeur [des peuplements non encore exploitables] à partir du prix de vente de leur volume actuel de bois, mais par la valeur qui résulte du prix de leur récolte à exploitabilité... l'intérêt pratique de ce calcul est facile à voir. À partir de lui, on obtient l'information nécessaire sur la valeur forestière dans des cas tels que les ventes volontaires ou forcées (expropriations), la destruction de la forêt par le feu, les insectes, l'homme etc., et la détermination du système sylvicole le plus avantageux ainsi que la durée de révolution. »

Comment présenter aujourd'hui cette théorie ?

Cette théorie est fondée sur le bon sens et se conçoit donc assez simplement ; c'est d'autant plus intéressant que les difficultés de calcul, qui étaient réelles autrefois, ont aujourd'hui disparu avec les moyens dont nous disposons. Elle se formule de la façon suivante : la valeur d'une forêt dépend évidemment des bénéfices qu'elle est en mesure d'engendrer à l'avenir ; elle en est simplement la somme, à condition d'en rendre les montants successifs comparables, donc cumulables, en les ramenant tous à l'époque actuelle grâce à une actualisation au taux r .

Ce dernier traduit le fait qu'il n'est pas équivalent pour nous de recevoir un bien maintenant ou plus tard. Nous le préférons tout de suite pour deux raisons : une forme d'impatience mais aussi un espoir dans l'avenir fondé sur le fait que la croissance de la forêt, notamment, va en augmenter la valeur. Enfin, que ce bien soit en nature ou en argent, l'utilisation de l'unité monétaire est pratique pour établir des comparaisons sur une base commune.

Notre préférence pour le présent conduit à conférer aujourd'hui moins de valeur à un montant donné disponible dans le futur. Pour traduire ce phénomène en pratique, on divise ce montant par un nombre plus grand que 1, exprimé sous la forme $(1 + r)$ pour une année et $(1 + r)^n$ pour n années. Ainsi, 1 € disponible dans n années équivaut à $[1/(1+r)^n]$ € aujourd'hui. On voit que le facteur de réduction joue d'autant plus que la durée n est grande. À l'inverse, 1 € aujourd'hui équivaut à une somme plus grande dans n années, qu'on exprime à l'aide d'une multiplication par $(1 + r)^n$. On voit aussi que cela est équivalent au fait de placer l'euro initial pendant n années au taux r . Il est dès lors possible d'estimer la valeur d'une forêt, en ramenant ainsi tous les revenus nets futurs à aujourd'hui (en les actualisant) avant d'en faire la somme. Ces revenus nets futurs dépendent évidemment de la gestion effectuée et on peut donc faire correspondre une valeur à chaque gestion envisagée. La sylviculture la plus intéressante, la plus rentable, est alors celle qui confère à la forêt sa plus grande valeur. Voilà, en substance, ce qu'a proposé Faustmann. Ce raisonnement n'est évidemment pas propre à la forêt mais il a fallu attendre plusieurs décennies avant qu'il soit utilisé dans d'autres cadres. Quant au domaine forestier, ces principes n'ont pas été adoptés aussi facilement !

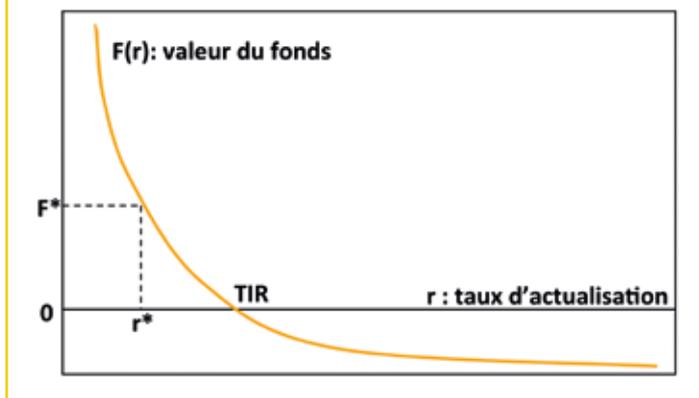
On pressent en effet certaines difficultés d'application. Par exemple, comment fixer en pratique le taux d'actualisation ?

Cette question est fondamentale. Plusieurs options peuvent être suggérées selon le cas dans lequel on se trouve placé.

On pourrait se référer à un taux d'intérêt sur le marché financier. Il n'existe cependant pas d'actif financier évalué à la même échéance qu'une forêt qui, par ailleurs, produit des biens marchands mais aussi des aménités et services écologiques.

On pourrait songer à ne pas effectuer cette actualisation, donc à prendre un taux nul. Mais

Figure 2 - La valeur d'un fonds forestier calculée grâce à la théorie économique décroît avec le taux d'actualisation : elle est infinie pour un taux nul et nulle pour le taux interne de rentabilité (TIR) ; en revanche le taux r^* présente l'avantage de correspondre à la valeur F^* des fonds forestiers sur le marché foncier.



alors la somme des avantages futurs engendrés par la forêt conduirait à une valeur infinie, non cohérente avec ce qu'on peut observer dans la réalité. Certains ont cru pouvoir s'en sortir en se rabattant sur la notion de taux interne de rentabilité et en choisissant la sylviculture maximisant ce taux. Mais, par définition, ce taux confère au fonds une valeur nulle et fait finalement l'hypothèse que l'ensemble des revenus sont réinvestis en forêt à ce taux, ce qui n'est pas forcément le cas.

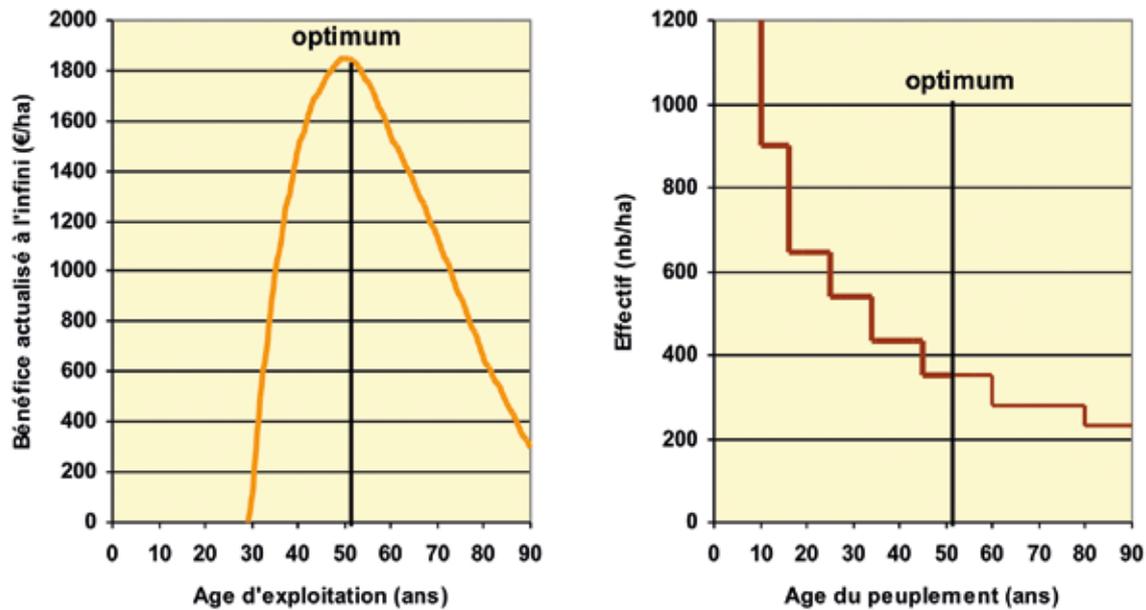
Dans le cas des investissements de l'État, le taux d'actualisation peut être fixé de manière stratégique : autrefois fixé à 8 %, il est maintenant de 4 % de 0 à 30 ans, puis décroissant progressivement au-delà jusqu'à 2 %.

Mais une méthode intéressante et souvent conseillée consiste à calculer la valeur d'un fonds forestier soumis à une sylviculture représentative d'une région donnée et à fixer le taux d'actualisation de manière à retrouver ainsi la valeur suggérée par le marché foncier dans la région. Pour fixer les idées, en France, un hectare de terrain forestier nu vaut en moyenne de l'ordre de 1 000 € et les taux d'actualisation révélés de cette manière sont en général compris entre 1 et 5 %. (Figure 2)

Mais sur quelle durée doit-on considérer les bénéfices futurs ?

La théorie suppose de considérer les bénéfices futurs jusqu'à l'infini. Une telle durée semble difficile à prendre en compte, mais on peut la justifier de plusieurs manières. Tout d'abord, selon d'ailleurs la méthode préconisée par Faustmann, on considère souvent que le même cycle se répète à l'identique jusqu'à l'infini : les données nécessaires ne le sont que sur un cycle et les formules mathématiques sont très simples lorsqu'on réitère ce

Figure 3 - L'âge optimal d'exploitation correspond au maximum de la valeur du fonds (ici appelé « bénéfice actualisé à l'infini sur le graphique de gauche). La méthode permet aussi d'évaluer plus généralement l'ensemble de l'itinéraire sylvicole et de rechercher les meilleures dates et intensité de chacune des éclaircies (comme l'illustre le graphique de droite).



2) Par exemple, la valeur actuelle d'un montant M reçu dans n années s'exprime sous la forme $M/(1+r)^n$. Quant à la valeur actuelle d'un montant M reçu toutes les n années jusqu'à l'infini en commençant par l'année n , elle s'exprime sous la forme $M/[(1+r)^n - 1]$.

cycle à l'infini²). Remarquons que même si la période est infinie, la méthode assure que la valeur reste finie. Remarquons aussi que le raisonnement à l'infini équivaut à ne considérer que le premier cycle (ou ce qu'il en reste) à condition de réintroduire la valeur du fonds à la fin de ce cycle; en effet, par application de la même théorie, cette valeur du fonds rend compte de tous les coûts et avantages futurs au-delà du premier cycle. Cette méthode est particulièrement utile lorsqu'on envisage un changement d'essence ou de sylviculture à la fin du cycle, ou par exemple dans le cadre du changement climatique. On peut alors maintenir, augmenter ou diminuer la valeur du fonds selon qu'on estime que les conditions futures seront égales, meilleures ou moins bonnes que les conditions actuelles.

La méthode que vous décrivez semble surtout adaptée aux peuplements réguliers. Comment procède-t-on en futaie irrégulière ?

En futaie irrégulière, si on est en mesure de se fixer la valeur du taux d'actualisation et d'estimer les coûts et avantages futurs, alors la même théorie s'applique sans difficulté. Mais s'il faut révéler la valeur du taux comme cela a été suggéré plus haut, alors il faut raisonner à l'arbre, tenir compte du fait que la surface qu'il occupe varie au cours de sa croissance et avoir une stratégie en matière de répartition à terme des essences et des diamètres. Une alternative consiste à raisonner sur la surface d'un arbre exploitable, ce qui est possible si on

sait dire parmi combien d'arbres il est successivement sélectionné au cours des différents stades par lesquels il passe.

Quelles critiques ont été formulées à l'encontre de cette méthode de Faustmann ?

Cette méthode a en effet fait l'objet de plusieurs critiques importantes. Elle est d'ailleurs née en 1849 d'une controverse entre Faustmann et von Gehren, qui pensait que la valeur du peuplement était simplement celle qu'on obtiendrait en vendant les arbres sur le marché. Or justement, un sylviculteur averti laisse sur pied les arbres, dont il pense qu'ils ont une valeur plus importante, vivants qu'abattus: la valeur d'un peuplement non encore arrivé à l'exploitabilité est donc supérieure à sa valeur marchande au moment considéré.

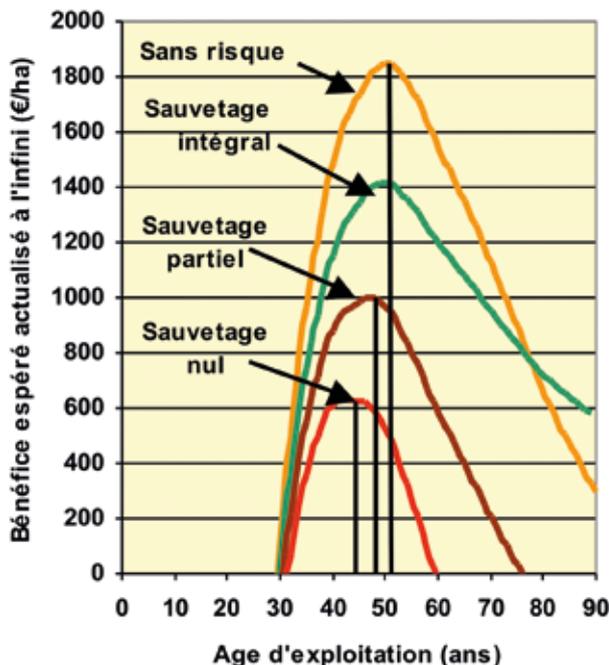
D'autres critiques ont ensuite été formulées :

- > l'âge d'exploitabilité résultant de la théorie était jugé trop faible, ce qui peut arriver si le taux d'actualisation utilisé est trop élevé;
- > un cas particulier de taux élevé est celui où l'on maximise un taux interne de rentabilité: il donne l'illusion de s'affranchir de l'actualisation mais consiste finalement à raisonner avec un taux maximal;
- > le taux d'actualisation est une notion souvent mal comprise; pourtant, il représente simplement le coût du temps et le considérer nul n'est guère conforme à la réalité (il rendrait infinie la valeur de la forêt).

Pour donner plus de poids à cette théorie fo-

Figure 4 - Un facteur de risque réduit la valeur de la forêt (bénéfice espéré actualisé à l'infini) d'autant plus que l'espoir de vendre des bois sinistrés s'amenuise.

L'âge d'exploitabilité tend à se réduire sauf dans l'hypothèse (improbable) où on parviendrait à vendre les bois sinistrés au même prix qu'en l'absence de sinistre (sauvetage intégral).



restière, Il a fallu que deux « prix Nobel d'économie » viennent lui apporter leur caution, le Suédois Bertil Ohlin en 1921 et l'Américain Paul Samuelson en 1973. (Figure 3)

Enfin, la formule de Faustmann réalise un juste compromis entre 2 attitudes extrêmes et opposées :

- > celle qui consiste à négliger le taux d'actualisation et à ne s'intéresser qu'au bénéfice moyen annuel indépendamment du coût d'immobilisation du fonds et du peuplement ;
- > celle qui, au contraire, marque une trop forte préférence pour le présent en actualisant au taux interne de rentabilité le plus grand possible³⁾.

Depuis quelques années, un nombre croissant de risques impacte les peuplements. Comment les prendre en compte dans les calculs ?

Oui, la récurrence de certains risques comme les tempêtes interroge. Quel est le préjudice forestier consécutif aux tempêtes ? Quelle gestion appliquer pour prévenir ces risques ? Comment intervenir dans une parcelle partiellement sinistrée ? Voilà des questions difficiles sur lesquelles la théorie économique aide à se prononcer.

L'introduction de la notion des risques en économie forestière date des années 1980. Elle modifie la valeur révélée du taux d'actualisation, la valeur foncière de la forêt et, en général, l'âge d'exploitabilité. Ce dernier se trouve

fréquemment réduit car le risque accroît en quelque sorte le coût du temps, et provoque une aversion de la part des propriétaires et gestionnaires. Mais cette réduction peut être limitée par d'autres mesures de gestion que la fixation de cet âge d'exploitabilité, par une bonne gestion des bois sinistrés (sauvetage) et par la souscription d'une assurance. (Figure 4)

Ces développements prennent en compte le bois mais ignorent les services non marchands fournis par la forêt. Comment introduire les aménités et que changent-elles aux résultats ?

Les services non marchands ont été introduits dans la théorie au cours des années 1970⁴⁾. Leur prise en compte relève d'une approche d'économie publique mais peut intéresser également les propriétaires privés, soit à titre personnel, soit dans l'hypothèse d'une rémunération de ces services non marchands. Alors que les revenus du bois arrivent largement en fin de cycle et peuvent diminuer au-delà d'un âge optimal, les services non marchands interviennent, et souvent augmentent, tout au long de la vie du peuplement.

Si leur valeur est croissante, leur prise en compte retarde en général l'âge d'exploitabilité. Dans des cas exceptionnels, l'exploitabilité peut même être indéfiniment retardée.

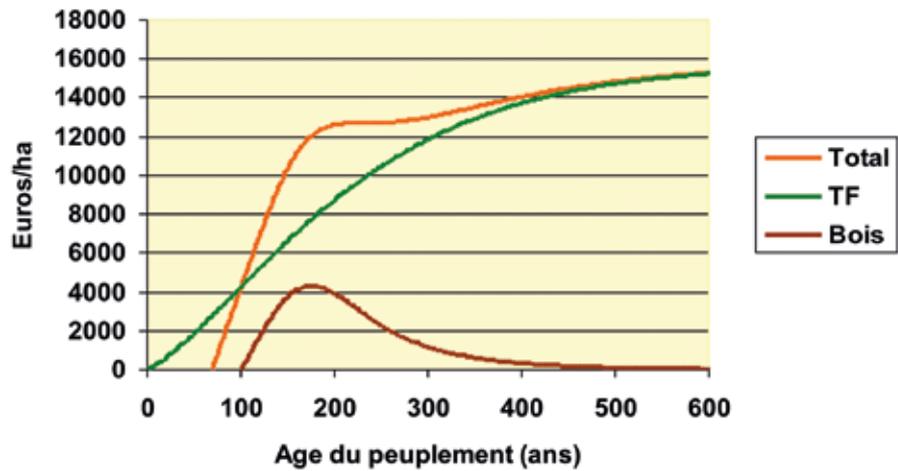
La valeur de ces services écosystémiques est difficile à estimer. Il existe de nombreuses méthodes dont la multiplicité rend compte des

3) Peyron J.-L., Maheut J., 1999. *Les fondements de l'économie forestière moderne*.

4) Parmi les articles fondateurs, ceux de Richard Hartman en 1976 et William Strang en 1983.



Figure 5 - Cas exceptionnel dans lequel on considère conjointement la production de bois et celle d'aménités croissants très fortement (TF) avec l'âge du peuplement et où l'optimum est rejeté à l'infini: il serait alors optimal de ne pas exploiter le bois.



difficultés. Des valeurs tutélaires moyennes ont néanmoins été proposées dans le rapport Chevassus-au-Louis *et al.*, (2009). (Figure 5)

Comment décliner ces principes dans le cas du carbone forestier ?

La capacité du secteur forestier à contribuer à l'atténuation du changement climatique est en effet un avantage qui s'intègre de plus en plus dans le raisonnement économique. Elle se manifeste de trois manières distinctes : la séquestration du carbone lors de la croissance des arbres, le stockage du carbone dans le peuplement, le sol ou les produits en bois, qui joue par son ampleur et sa durée, et enfin la substitution du bois à des matériaux ou énergies gourmands en ressources fossiles.

La meilleure gestion forestière ne résulte donc pas seulement de ce qui se passe en forêt mais de l'activité de l'ensemble de la filière forêt-bois en relation avec les usages concurrents du sol, d'une part, et les concurrents du bois d'autre part. Elle peut accroître la séquestration nette en forêt, allonger la durée de stockage ou axer la substitution à l'encontre des produits les plus émetteurs de gaz à effet de serre.

Il faut donc prendre en compte la croissance et le volume de bois total qui en résulte (y compris branches et racines) mais aussi la répartition de la biomasse produite entre bois commercialisable et non commercialisable, la correspondance entre m³ et tCO₂, le prix des bois et du carbone, le coefficient d'émissions

Figure 6 - Schéma des relations de la filière forêt-bois au cycle du carbone, faisant apparaître la séquestration de carbone, son stockage ainsi que les émissions évitées par la substitution en faveur du bois.

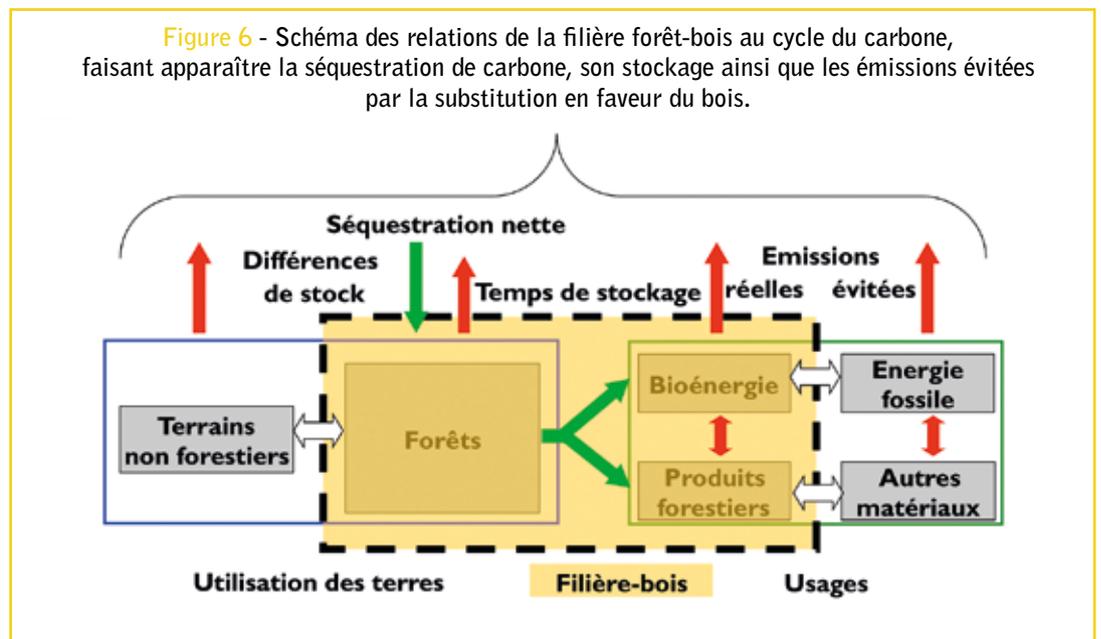
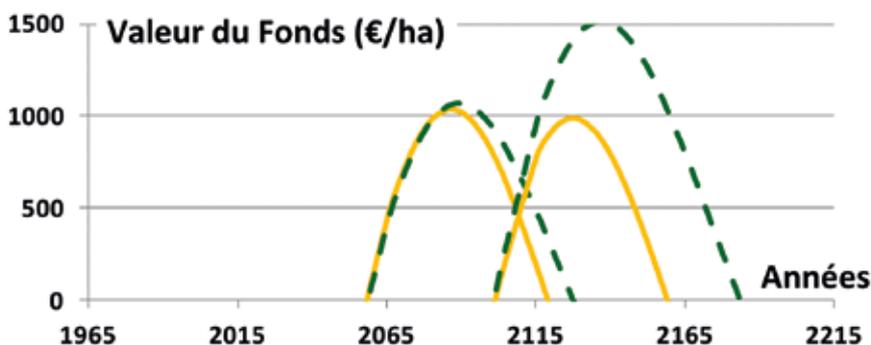


Figure 7 - Évolution de la valeur du fonds forestier selon l'année de récolte de deux peuplements placés dans deux scénarios climatiques « chaud » (en tirets) et « très chaud » (en trait plein) et constitués en 1965 pour l'un (deux courbes de gauche) et en 2015 pour l'autre (deux courbes de droite). Les tendances climatiques sont d'abord favorables à ces deux peuplements mais s'inversent ensuite pour le scénario le plus « chaud ».



évitées en substituant du bois à d'autres matériaux et énergies, la durée de vie des produits et celle des rémanents.

Comment prendre en compte l'autre facette du changement climatique pour en prévenir les impacts ?

Le changement climatique implique différents scénarios de réchauffement, qui couvrent toute une plage des possibles. Le forestier d'aujourd'hui ne sait pas quel scénario se produira et doit donc raisonner en considérant toute cette plage. Il doit aussi prendre en compte non seulement les tendances mais la probabilité de survenue de risques. La théorie économique donne des outils pour intégrer ces éléments et comparer les situations contrastées. Un projet de logiciel d'aide à la décision est ainsi à l'étude.

La discipline économique permet-elle de résoudre tous les problèmes auxquels sont confrontés les forestiers ?

Aucune discipline ne permet à elle seule de résoudre les problèmes qui se posent à nous. Dans le cas de l'économie, l'impression est à l'inverse que cette discipline n'est peut-être pas considérée à sa juste valeur. Elle permet en effet d'intégrer les multiples enjeux que tente de relever la gestion. L'exemple du changement climatique est éloquent, car pour lutter efficacement contre l'effet de serre, il faut aussi en réduire les conséquences néfastes sur la forêt ou en renforcer les conséquences positives. Il convient donc de raisonner en même

temps, l'atténuation du changement climatique et l'adaptation à ses impacts potentiels. Et cet exemple peut être étendu à l'ensemble des enjeux de la gestion durable des forêts.

L'économie forestière procure donc un puissant moyen d'analyse. Elle cherche le bon compromis non seulement entre adaptation et atténuation mais encore entre le présent et le futur ; entre d'excellents résultats escomptés et le risque d'échec ; entre une tendance à venir et des événements extrêmes qui ne manqueront pas de la perturber ; entre les différents critères productifs, environnementaux et sociaux de la multifonctionnalité des forêts. Loin de se concevoir isolément, l'économie forestière est un maillon fort de l'interdisciplinarité, aux côtés des sciences de la nature et des autres sciences de la société, un maillon aussi entre science et décision. C'est pourquoi le Gip Ecofor soutient et anime un réseau de sciences économiques, humaines et sociales. ■

Bibliographie

- Chevassus-au-Louis B., Salles J.-M., Pujol J.-L. (coord.), 2009. *Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes ; contribution à la décision publique*. Paris : Conseil d'analyse stratégique ; rapport du groupe de travail présidé par Bernard Chevassus-au-Louis, avril 2009, 376 p.
- Peyron J.-L., Maheut J., 1999. *Les fondements de l'économie forestière moderne : le rôle capital de Faustman, il y a 150 ans, et celui de quelques-uns de ses précurseurs et successeurs* ; Revue forestière française n°6 p. 679-698.

Résumé

L'économie forestière se fonde sur la valeur des forêts pour en analyser la gestion future en termes d'âge d'exploitabilité, mais aussi plus largement d'itinéraire sylvicole. La valeur d'une forêt s'estime par la somme des bénéfices actualisés qu'on peut en attendre dans le futur. Elle tient compte d'éventuelles valeurs non marchandes, si celles-ci peuvent être approchées, ainsi que des aléas qui se traduisent en risques. Théorisée par Faustmann, il y a 165 ans, les forestiers sont ainsi des précurseurs de la théorie de l'investissement, notion éminemment importante pour la gestion forestière.

Mots-clés : économie forestière, valeur d'une forêt, risque, services écosystémiques, changement climatique.

Nouveautés des Éditions de l'Institut pour le développement forestier

Tél. : 01 47 20 68 39 - idf-librairie@cnpf.fr
Commande en ligne sur www.foretprivreefrancaise.com

Protéger les arbres contre les dégâts du gibier Les manchons grillagés

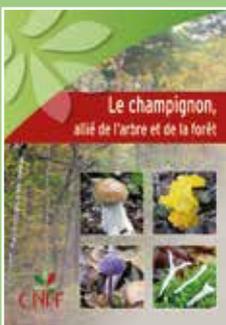
Ce guide, rédigé par Philippe Van Lerberghe, ingénieur de l'IDF, décrit l'ensemble des dommages possibles causés par le gibier aux arbres et arbustes et les critères d'identification de l'animal. Les propriétés techniques et les critères de qualité des manchons grillagés sont détaillées ; les techniques de pose sont clairement illustrées afin d'assurer leur tenue dans le temps. Ce guide technique aidera le boiseur dans le choix du produit de protection adéquat et à minimiser les coûts des futures plantations.



68 pages, format 21 x 29,7 cm, 12 € + 3 € de frais d'envoi à commander à la librairie de l'IDF.

Le champignon, allié de l'arbre et de la forêt

Sans les champignons et les liaisons intimes qui les relient aux arbres, la forêt ne serait pas ce qu'elle est. Mieux vous faire connaître l'univers des champignons, leurs diversités, leurs rôles dans l'écosystème forestier, les bonnes pratiques sylvicoles respectueuses des champignons et la réglementation sont les objectifs de ce guide didactique et magnifiquement illustré.



Édité par le CNPF, 50 pages en couleurs, format 21 x 29,7 cm, 7 € + 3 € de frais d'envoi à commander à la librairie de l'IDF.

Diversité des espèces en forêt : pourquoi et comment l'intégrer dans sa gestion ?

Ce document pédagogique est destiné aux propriétaires forestiers qui souhaitent mieux connaître et intégrer la biodiversité dans leur gestion quotidienne. À travers les 10 facteurs de l'Indice de biodiversité potentielle, cet outil de diagnostic et d'aide à la gestion permet d'intégrer concrètement la prise en compte de la biodiversité dans la gestion sylvicole, grâce à des exemples pratiques.



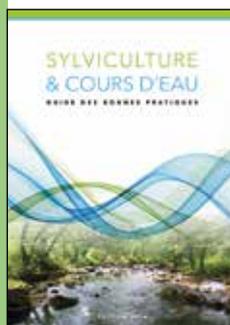
32 pages largement illustrées, format 21 x 29,7 cm, 7 € + 3 € de frais d'envoi à commander à la librairie de l'IDF.

Déséquilibre forêt-gibier Son coût pour la forêt en Alsace

Face aux conséquences du déséquilibre forêt-gibier, l'impact économique des dégâts du gibier en forêt est estimé par une étude menée par FIBOIS Alsace, en collaboration avec les acteurs de la filière forêt-bois alsacienne (ONF, Association des maires des communes forestières, CRPF, Forêts privées d'Alsace, etc.), et le soutien financier de la DRAAF Alsace et le partenariat de la région Alsace.

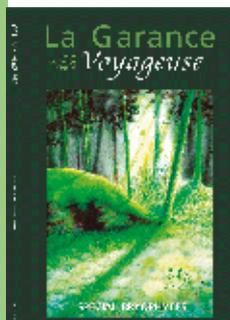


Le document « Le déséquilibre forêt-gibier – Son coût pour la forêt en Alsace » est téléchargeable sur le site web : www.fibois-alsace.com



Sylviculture et Cours d'eau - Guide des bonnes pratiques

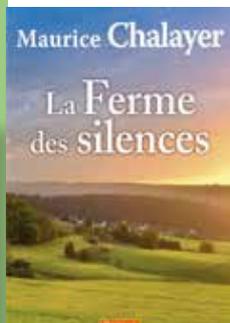
Les travaux du groupe « Sylviculture et milieux aquatiques » aboutissent à concilier le développement des pratiques sylvicoles et la préservation des milieux aquatiques en Corrèze. L'ouvrage « Sylviculture et Cours d'eau - Guide des bonnes pratiques » est téléchargeable sur le site Internet de BoisLim (Interprofession régionale de la forêt et du bois en Limousin) : www.boislim.fr (rubrique BoisLim / documentations et téléchargements / documentation technique).



La Garance voyageuse n°108 : spécial Bryophytes

La Garance a sollicité de grands passionnés des mousses pour nous présenter leur biologie singulière, leur valeur patrimoniale ou bio-indicatrice, l'esthétique de leur forme et leurs facultés d'adaptation à la sécheresse et à l'humidité. Tant de diversités et de richesses de ces plantes comme le torpied cactus ou la mousse qui vit dans l'ombre des cavités. Après la lecture de ce numéro, vous serez plus attentif aux mousses sur les troncs et rochers.

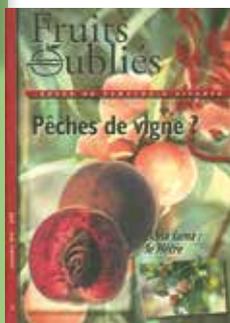
La Garance voyageuse n°108, 8 € ou par abonnement à 4 numéros 30 €. F-48370 St-Germain de Calberte ; courriel : info@garancevoyageuse.org



La ferme des silences

À travers l'histoire de Michel, un jeune bûcheron sur le mont Saint-Rigaud dans le Haut-Beaujolais, l'auteur dresse un portrait fidèle de l'évolution des métiers du bûcheronnage, de la mécanisation forestière. La tragédie de la guerre d'Algérie va bouleverser des vies, notamment celle de Michel. Maurice Chalayer nous offre un plaidoyer pour la paix et la liberté.

La ferme des silences, Maurice Chalayer, édition de Borée, roman, 384 pages, 16 x 24 cm, 21,50 €.



Fruits oubliés

Fruits oubliés, revue de pomologie vivante pour la sauvegarde et la connaissance du patrimoine fruitier, consacre ses derniers numéros aux pêches de vigne ou aux pommes des moissons.

40 pages pour parcourir l'univers des fruits avec des dossiers sur les variétés, des techniques de culture, d'usages, l'histoire, les vertus nutritives ou médicinales, des portraits, etc. Revue sur abonnement et adhésion : 42 €,

Fruits oubliés, 4 av. de la résistance, 30270 St Jean-du-Gard ou sur le site www.fruitsoubliés.org