

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
Alain de Montgascon

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. standard : 04 78 87 29 40

Impression
Centre Impression
BP 218 — 87220 Feytiat
Tél. : 05 55 71 39 29

Numéro d'imprimeur 00137

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

Périodicité : 6 numéros par an
Abonnement 2014

France : 48 € - étranger : 62 €
édité par le CNPF-IDF

Commission paritaire des
publications et agences de
presse : n° 1014 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 : juillet 2014



© P. Gomin, CNPF-IDF

Le changement climatique !

Ce sujet suscite de vastes débats.

Pour la majorité des personnes, le climat varie, fluctue d'années en années. Cela ne constitue pas un véritable changement...

Pourtant, des phénomènes planétaires interrogent comme la pollution des villes, la fonte des glaciers, les tempêtes, tornades et inondations de plus en plus fréquentes, l'extension des déserts mettant des peuples en incapacité d'autosuffisance.

Plus près de nous, des peuplements forestiers dépérissent, des maladies progressent, des effets négatifs apparaissent, selon les régions.

Les impacts sont maintenant bien visibles.

Les experts du GIEC confirment que cette élévation de température est bien due à l'accumulation de gaz à effet de serre d'origine humaine.

Pour certains, la solution est d'être « naïvement » confiant dans l'avenir, estimant que la nature réagira et compensera par elle-même tout cela.

Pour d'autres, l'approche est de comprendre l'événement pour anticiper et mettre en place des actions d'adaptation.

Depuis quelques années déjà, l'IDF travaille en collaboration avec les chercheurs et ingénieurs français et étrangers, dans différentes disciplines comme la sylviculture, la climatologie, la pédologie...

La première inconnue demeure : comment évoluera le climat (températures, durée et intensité des sécheresses, pluviométrie, gelées) et à quelle vitesse dans le temps ?

En fonction de cette évolution, il faut prévoir et organiser différents scénarios qui, là encore, mobilisent de nombreuses disciplines : l'autécologie ou l'adaptation de chaque essence en fonction du sol et du climat, la pédologie ou l'analyse des sols, le bilan hydrique ou l'importance de l'évapotranspiration, la veille sanitaire ou le suivi de l'évolution des maladies et attaques d'insectes, l'écologie ou les effets sur la biodiversité, etc....

Ainsi, cette nouvelle approche remet en cause bien des habitudes et des certitudes. Il nous faut travailler pour mieux anticiper et s'adapter à ces évolutions. Les Schémas régionaux de gestion sylvicole vont devoir intégrer progressivement de nouveaux itinéraires sylvicoles multiples.

Pour les forestiers, ce sujet du « changement climatique » restera – hélas – d'actualité pour encore longtemps.

Alain de Montgascon



© M. Bartoli

Scille Lys-Jacinthe.

Voir Flore Tome 1, p. 1 515. Éd. Institut pour le développement forestier.

Numéro suivant N°218
BioClim-Sol

ACTUS > 4

HOMMAGES > 5 et 63

**SUR INTERNET
AGENDA** > 64

Forêt-entreprise, votre revue technique de gestionnaire forestier

Oui, je m'abonne (Tarifs 2014)

- 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 Cetef,
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



© C. Perrier, CNPF-IDF

TRAITEMENT IRRÉGULIER > 6

La méthode du contrôle sélectif pour la gestion des futaies résineuses de montagne, en structure irrégulière
Gérard Claudet

ÉCONOMIE > 14

La forêt privée en 2060
quelques éléments de prospective
Thomas Formery

ÉCONOMIE > 19

La forêt privée en 2060 :
déterminants lourds et paris possibles
Christian Barthod

BIODIVERSITÉ > 50

Les plantes indicatrices de l'ancienneté de l'état boisé
Pierre Beaudesson et Marc Laporte

POPULICULTURE > 54

Le peuplier,
une richesse pour l'avenir
Nathalie Maréchal

MATÉRIEL > 58

Créer ou renouveler la forêt :
des fiches techniques pour tous !
Fabien Duez, Catherine Collet, et Léon Wehrlen

Dossier

Changement climatique

De nouveaux outils pour guider l'adaptation

Tous les projets présentés dans ce dossier ont été réalisés dans le cadre de l'appel à projets 2011 du réseau AFORCE, et grâce au soutien du ministère en charge de l'Agriculture et de la Forêt et de l'interprofession France Bois Forêt.

> 24 Le réseau AFORCE se met en route vers plus d'innovation...

C. Perrier, O. Picard

> 26 Le climat change, vite, trop vite... Comment aider les arbres à le suivre ?

H. Le Bouler, M. Legay et P. Riou-Nivert

> 30 Vers un outil d'aide à la décision pour l'adaptation des forêts françaises au changement climatique

A. Michelot-Antalik, S. Gachet, M. Legay, G. Landmann

> 34 Le sapin pectiné en peuplement mélangé est moins sensible à la sécheresse qu'en peuplement pur

F. Lebourgeois, N. Gomez, P. Pinto, S. Daviller, F. Spicher, P. Mérian



© C. Perrier, CNPF-IDF

Installation d'un dispositif Nomades (28).



AFORCE
RMT Adaptation des forêts
au changement climatique

> 38 Sylviculture adaptative pour le sapin pectiné dans l'arrière-pays méditerranéen – constitution d'un réseau d'essais

J. Ladier, H. Davi, L. Amandier

> 42 L'architecture des arbres au service des forestiers

S. Sabatier, Y. Caraglio et C. Drénou

> 46 Réduire l'âge d'exploitabilité : une stratégie d'adaptation économiquement acceptable face aux risques induits par la sécheresse ?

N. Bréda, M. Brunette

Nouvel indice des prix des bois sur pied en forêt privée

Sous l'égide de l'observatoire économique de France Bois Forêt, l'ASFFOR (Association des Sociétés et Groupements Fonciers et Forestiers), la CNIIEFEB (Compagnie Nationale des Ingénieurs et Experts Forestiers et des Experts Bois) et la Société Forestière de la Caisse des Dépôts (premier gestionnaire privé en France d'investissements forestiers) créent un partenariat pour produire chaque année un indice général du prix du bois sur pied en forêt privée et des sous-indices par essences et catégories de produits. Ce nouvel indice s'adresse aux propriétaires et gestionnaires de forêts, aux professionnels de la filière et tout public concerné par la forêt et le bois. Cet indicateur constitue une référence annuelle du prix des bois sur pied en forêt privée pour apprécier les mécanismes d'évolution des prix et aider à mesurer la performance de l'investissement forestier.



UNE DYNAMIQUE
AU COEUR
DE LA FILIÈRE

Adoption de la Loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt par le Sénat

Le Sénat adopte en première lecture le projet de Loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt. Concernant la forêt, les Sénateurs confirment la volonté de favoriser l'exploitation des ressources forestières, grâce à des documents de gestion stratégique améliorés et à la création de Groupements d'intérêt économique et environnementaux forestiers (GIEEF), afin de lutter contre le morcellement des propriétés forestières. Par ailleurs, les sénateurs veulent trouver un compromis entre la nécessaire régénération des forêts et la présence de grand gibier.

Premier inventaire national des arbres forestiers

La France met en ligne le premier inventaire des arbres forestiers présents sur son territoire, contribuant ainsi au recensement mondial orchestré par la FAO. Chacun des 12 tomes de cet inventaire répertorie les données existantes sur la présence, les mesures de conservation mises en place, l'accès et les utilisations des 2 700 espèces d'arbres forestiers recensées.

Dans le cadre du Plan national d'adaptation au changement climatique, ces documents et la liste complète des espèces sont accessibles sur le site du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt :

<http://agriculture.gouv.fr/conservation-des-ressources>.

La nouvelle stratégie forestière durable adoptée par les ministres européens

Le Conseil des ministres européens de l'Agriculture adopte la nouvelle stratégie de l'UE pour les forêts et le secteur forestier avec un budget de plus de 5 milliards d'euros d'ici 2020 en faveur des forêts de l'UE. « L'orientation stratégique consistant à étudier et encourager le recours au bois issu de forêts gérées d'une manière durable en tant que matière première renouvelable et respectueuse du climat et de l'environnement » est soutenue par le Conseil. Il considère que l'accent devrait être mis en particulier sur « l'utilisation durable des produits biologiques, y compris les constructions en bois innovantes ». Les ministres déclarent : « même si l'UE dispose d'une série de politiques relatives aux forêts, le traité sur le fonctionnement de l'Union européenne ne mentionne pas de politique commune de l'UE en la matière. La responsabilité de ce secteur incombe aux États membres ».

Inauguration de l'usine de granulés Biosyl

La plus grande unité de pellets de feuillus démarre sa production à Cosne-Cours-sur-Loire (Nièvre). 120 à 150 000 tonnes par an seront produites à partir de rémanents de feuillus (chênes, châtaigniers, hêtres) en provenance de 4 régions (Centre, Bourgogne, Limousin, Auvergne). Une trentaine d'emplois directs est ainsi créée, grâce aux apports de la coopérative Unisylva (20 % du capital) et de quelques adhérents de Forinvest Business Angels.

« Prescripteurs bois »

Un accord-cadre entre la Fédération nationale des Communes forestières et France Bois Régions prévoit la mise en place d'un réseau de 21 prescripteurs bois sur l'ensemble du territoire. Ce programme national est soutenu par France Bois Forêt à hauteur de 900 000 euros, avec deux référents pour suivre et évaluer la mission : le directeur général de la Fédération nationale des Communes forestières et le délégué général de la Fédération nationale du bois. Ce partenariat vise à développer l'utilisation du bois français dans la construction, en soutenant les maîtres d'ouvrage publics, les maîtres d'œuvre et les entreprises de la filière, qui souhaitent utiliser des bois locaux dans leurs projets constructifs. Un lien particulier est engagé avec le programme « 100 constructions publiques en bois local ». Sur le terrain, des actions de travail collaboratives sont mises en place avec des outils techniques et juridiques et des échanges d'information : guide « Le bois local dans la commande publique », base de données, fichiers d'experts, formations, mise en réseau des projets.

Au revoir Jacques Marion,

par Bernard Rocher-Barrat

Monsieur le Directeur,

Oui, j'ai eu le privilège de travailler quinze ans dans l'équipe des forestiers de l'IDF sous l'égide de Jacques Marion, dont il a assuré la direction pendant seize ans.

Seize ans, c'est long, mais c'est le temps nécessaire pour parcourir ensemble un long chemin de vie professionnel, une laie forestière placée sous les exigences d'un développement « global et intégré ».

C'est aussi le temps de découvrir un homme qui a connu toutes les étapes du développement forestier durant sa longue carrière et de découvrir aussi ses qualités.

Son chemin est passé par le Maroc et la Tunisie où il a consacré plus de vingt ans au service de la forêt méditerranéenne. De retour en France, il a connu les débuts de la vulgarisation en forêt privée dans l'Est de la France, avant de prendre la direction de l'I.D.F. au niveau national.

Son action était inspirée par la philosophie d'un développement harmonieux, basée sur la connaissance scientifique des arbres et adaptée aux contraintes humaines. Son souci de bien faire, d'analyser très finement et sans omission tous les éléments d'une problématique traduisait une finesse d'esprit qui mettait à l'épreuve beaucoup de ses collaborateurs. Son esprit curieux lui donnait la nécessaire largeur de vue et d'ouverture sur le monde qui nous environne pour bâtir l'avenir de la forêt et satisfaire les besoins des hommes en matière de bois, de nature et d'espaces boisés.

Après avoir partagé toutes ses riches années d'activité professionnelle, vint le temps de la retraite qui fut aussi féconde. Il mit ainsi sa fine plume au service de trois associations forestières. Il me surprit – il y a encore peu de temps – en me proposant d'écrire ensemble un livre pour mieux faire connaître l'histoire des forêts. Il avait toujours une nouvelle idée prête à germer.



Oui, mais aujourd'hui, un grand cèdre s'est éteint doucement et je m'adresse à vous ses enfants et petits-enfants, pour vous dire combien son exigence et sa foi témoignent de sa confiance dans la vie et que le septième jour de la Genèse est réservé tout spécialement aux forestiers qui se reposent à l'ombre des grands arbres dans la contemplation de Dieu.

Alors, A – Dieu, Jacques.



La méthode du contrôle sélectif pour la gestion des futaies résineuses de montagne, en structure irrégulière

par Gérard Claudet, sylviculteur dans le Vercors

Après plus de 20 ans de pratique, faire un point sur la méthode de suivi des peuplements mixtes de sapins-épicéas par la méthode du contrôle sélectif appliquée dans des forêts du Vercors est utile : un rappel sur les raisons de ce choix et sur la façon de l'appliquer.

La gestion courante de la futaie jardinée est généralement exécutée sans qu'une méthodologie précise ne soit utilisée. Elle est conduite par des amateurs ou des professionnels, forts de leur « expérience » acquise sur le tas, pour maintenir dans les peuplements : le bon volume, une bonne diversité des classes de diamètre, et une pénétration suffisante de l'éclaircissement et de l'aération. Pour exécuter leur tâche, les techniciens ne disposent généralement que des données visuelles qu'ils obtiennent sur le terrain et ne sont pas guidés par des informations suffisantes sur le volume du peuplement à rechercher et sa répartition souhaitable par classes de dimensions en regard de la fertilité de la station concernée. Il en résulte trop souvent des actions mal dosées ou très différentes d'un gestionnaire à un autre, avec des vues plus ou moins orientées vers le court ou le long terme et conduisant à des résultats quelque peu critiquables et dommageables.

Depuis très longtemps, ces insuffisances ont été relevées par d'éminents experts, comme Biolley en Suisse qui, à la page 127 de son œuvre écrite dit que *les forêts particulières traitées et exploitées normalement sont une exception*¹⁾.

La méthode du contrôle

Ces constatations ont amené à imaginer des méthodes plus précises et plus rigoureuses. La **méthode du contrôle**, imaginée dans le Jura par Gurnaoud, dès le XIX^e siècle, et reprise en Suisse par Biolley au XX^e siècle, consiste à relever par inventaire le profil par classes de diamètre du peuplement considéré, pour disposer d'une vue précise de sa densité et de sa répartition en nombre, mais hélas, pas dans l'espace.

Par différence entre deux inventaires, on peut chiffrer la production en volume avec :

Production = V2 - V1 + Coupe intermédiaire.

On peut ainsi doser le prélèvement en le fixant, soit en dessous de la production si on veut capitaliser, soit au-dessus pour réduire le stock. Le problème est que le volume à viser, dit « état normal » n'est pas clairement déterminé et que des valeurs standard qui circulent, peuvent être utilisées à tort. De plus, la prise en compte du niveau de régénération, comme guide pour déterminer le bon volume, manque d'efficacité et ne peut avoir d'effet qu'à très long terme, sur plusieurs décennies. Par ailleurs, l'information donnée par la courbe du profil de répartition en nombre, des diamètres, peut induire en erreur, quand, par souci d'esthétique de présentation, on choisit de couper prioritairement dans les classes dont le nombre de tiges est supposé excédentaire.

Pour choisir les sujets à éliminer, en choisissant visuellement, par exemple, en fonction des distances du voisinage ou du plus ou moins bel aspect du tronc ou de la rugosité de l'écorce, on peut, sans le savoir, couper des sujets qui poussent et laisser en place bon nombre de non productifs.

La méthode du contrôle est donc un progrès appréciable par rapport à la gestion instinctive et aléatoire, mais elle comporte encore des limites que le XXI^e siècle devrait permettre de repousser.

Vers le contrôle sélectif

En exploitant encore plus finement et plus judicieusement les résultats de l'inventaire, pour permettre la détection de l'accroissement individuel de chaque tige, on peut en arriver à la sélection individuelle des sujets les plus

1) Henri Biolley, Septembre 1980. Imprimerie Centrale S.A. à Neuchâtel.



© J. Bequey, CNPF-IDF

Comment gérer de façon optimale cette sapinière ?

prometteurs, et notamment améliorer la productivité en suivant une voie rigoureuse qui mène au but, plus sûrement, plus rapidement et plus durablement. On franchit alors un nouveau pas, en passant à la méthode du contrôle sélectif²⁾. Dans ces méthodes, toute la suite est donc conditionnée par la prise d'inventaire. Les deux paramètres à mesurer sont :

> le nombre de tiges dans chaque classe de diamètre, pour la méthode du contrôle, mais aussi et surtout,

> l'accroissement en diamètre, donc en volume, de chacune pour la méthode du contrôle sélectif. Dans les deux cas, un marquage individuel est nécessaire pour éviter les oublis ou les doubles comptages. Il est effectué du côté visible du tronc, dans le sens de la progression, à 1,30 m de hauteur et du côté où aura été faite la mesure.

La méthode de marquage

Plusieurs options peuvent être prises pour le marquage, la plus simple consistant en une seule marque de griffe, mais hélas, elle ne sera d'aucune utilité pour les passages suivants.

La méthode proposée dans l'œuvre écrite de Biolley consiste à marquer un V pour les catégories en 5, et un – pour les catégories en 0, dans le but de donner une indication sur la vitesse d'évolution de chaque sujet. Elle est, à mon sens à proscrire, car elle peut conduire à l'inverse de l'effet de sélection recherché. En effet, un 53 sera marqué V, et si, après 8 ans, il est devenu 57, il restera dans la même catégorie et risquera d'être éliminé. Au contraire, un 52 qui deviendra 53, passant de – à V, considéré comme productif, sera probablement conservé.

L'autre choix, beaucoup plus judicieux, sera de marquer la valeur, en centimètre, du diamètre

que l'on vient de mesurer. Cette information, qui devra rester visible jusqu'au prochain passage, sera du plus grand intérêt pour la suite des décisions à prendre. Ce marquage peut être fait en gravant l'écorce à la griffe, d'un code à définir. Il peut aussi être réalisé, plus aisément, au moyen d'une bombe de peinture. L'utilisation du système de repérage GPS pourrait être d'une aide précieuse en permettant simultanément d'enregistrer la position et le diamètre des tiges.

Enfin, l'utilisation d'une puce à mémoire électronique, incrustée à demeure dans chaque tige, pourrait être utilisée pour suivre, à long terme, l'histoire de chacune.

Toutes ces possibilités pourront être expérimentées pour choix et mise au point, en cas d'utilisation à grande échelle.

Pour ma part, l'expérimentation, que je pratique sur une trentaine d'hectares du plateau du Vercors entre 1 200 et 1 600 m d'altitude, utilise le marquage à la griffe, qui peut être réalisé à la cadence d'une grosse journée par hectare, pour une personne seule.

Gestion et traitement des données

Après l'investissement représenté par un premier marquage du diamètre sur les éléments exempts de défaut ou de tare évidente, on repasse après 5 ans, au début, car on est pressé d'avoir le verdict, puis ensuite après 8 ans, pour enregistrer sur un tableau à deux entrées, le nombre de tiges de chaque classe de diamètre ayant progressé du même accroissement. À ce stade, pour gagner du temps, il n'est plus nécessaire de marquer le nouveau diamètre, mais seulement l'accroissement.

Les données obtenues par les mesures di-

2) Gérard Claudet, 2006. La gestion des futaies résineuses irrégulières, sur le plateau du Vercors, par la méthode du contrôle individuel de croissance. Forêt-entreprise n°166, p.40-48, disponible sur le site : www.foretriveefrancaise.com/?IDINFO=744199



© J. Becquey, CNPF-IDF

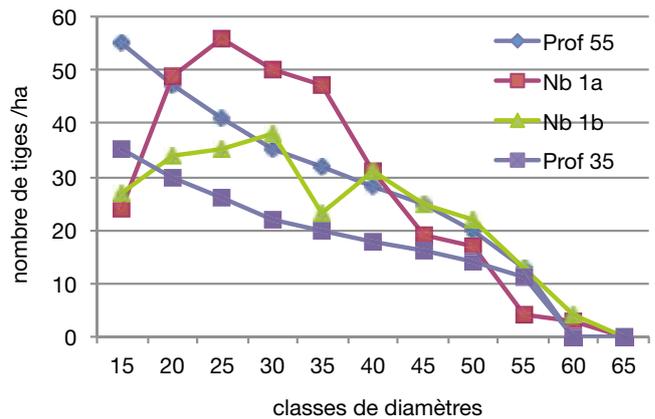
Cet arbre mesure 35 cm de diamètre.

rectes seront enfin saisies dans un registre, ou, de préférence, un tableur à des fins d'archivage et d'analyses plus approfondies, telles que :

- > totalisation des nombres de tiges,
- > totalisation du volume marchand par catégorie, ou pour toute la parcelle,
- > calcul des accroissements moyens par classes de diamètre,
- > bilan sur l'ensemble de l'unité, avec visualisation graphique, des profils, du nombre de tiges et de l'accroissement moyen par classe de diamètre.

La figure 1 représente deux relevés d'inventaires réalisés sur des stations, 1a en rouge, et 1b en vert, comparés à deux profils types possibles, référencés 35 ou 55 (passage à la futaie de 2,1 ou 3,3 tiges/ha/an, respectivement) suivant le nombre de tiges de diamètre

Figure 1 - Exemple de valorisation des données : différents profils de répartition des tiges.



15 (perches). En application de la méthode du contrôle (Gurnaude/Biolley), on serait tenté, sur 1a, de couper 15 tiges de 25, 30 et 35 cm, et sur 1b, de couper 10 de 25, 17 de 30, et 10 de 40, 7 de 45, 6 de 50.

Avec la connaissance des valeurs d'accroissement, on verra dans l'article suivant que, par le contrôle sélectif, il en serait tout autrement, en évitant le risque de sacrifier à tort des sujets prometteurs.

L'analyse de ces résultats permettra donc de guider le futur martelage en orientant le choix vers les sujets les moins productifs, à éliminer préférentiellement. Très rapidement, l'expérience acquise permet de réaliser simultanément, l'inventaire et le marquage de coupe, en un seul passage. ■

Quel est l'accroissement de cet arbre ?

Pour connaître l'accroissement de chacun des arbres d'une parcelle entre deux inventaires, il suffit de noter leurs dimensions sur leur tronc à chaque passage. La méthode employée par Gérard Claudet est la suivante :

- la mesure à 1,30 m est faite avec un mètre à ruban gradué en diamètre à 1 cm près,
- le diamètre ainsi obtenu est gravé, à la griffe, dans l'écorce, avec pour convention :
V pour 5
I pour les autres unités.

Les dizaines sont gravées assez grandes, à un niveau supérieur, tandis que les unités sont gravées en plus petit, légèrement décalées à droite et en dessous des dizaines.

à titre d'exemple, on note : $\begin{array}{c} ||| \\ \vee \\ | | | | \end{array} = 39$ ou : $\begin{array}{c} \vee \\ | \\ | | \end{array} = 62$

Lors du passage suivant, il suffit, au choix, pour minimiser le nombre de coups de griffe et en fonction de l'espace disponible sur le tronc :

- soit d'ajouter des unités sur la ligne inférieure,
- soit de graver le nouveau diamètre en entier à un autre niveau.

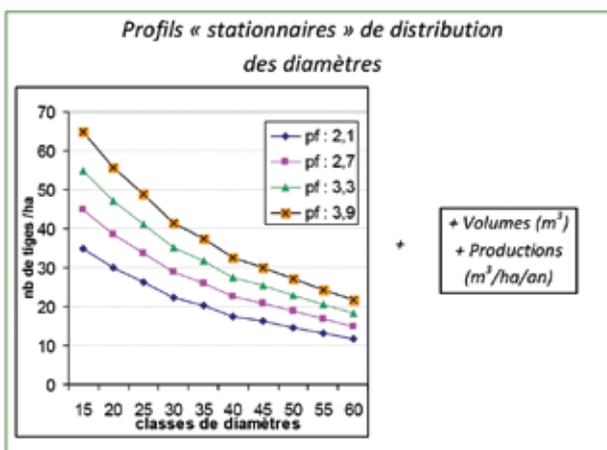
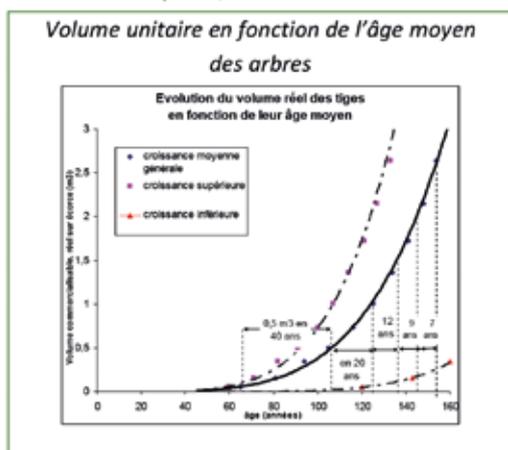
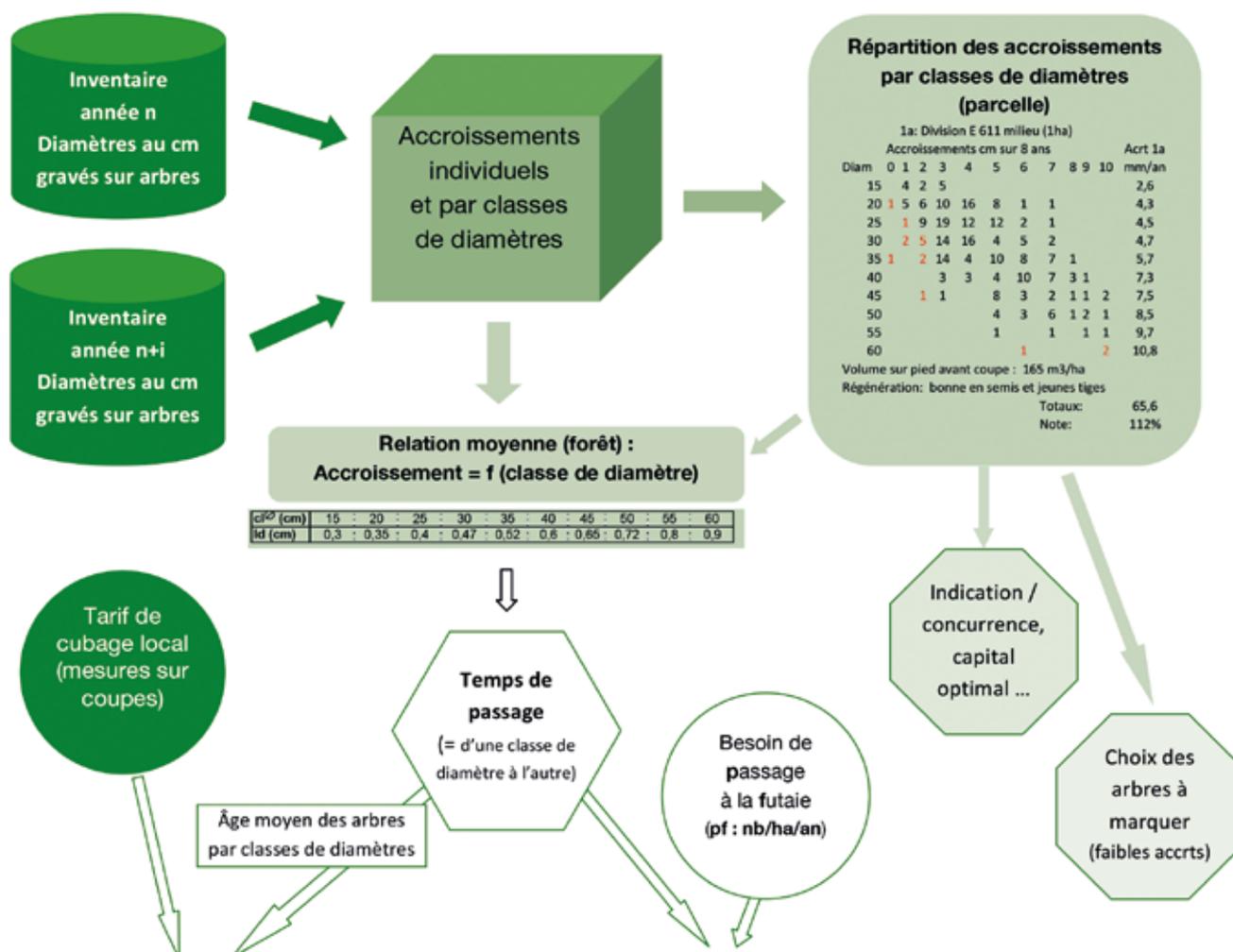
Exemple : si 39 devient 42 : $\begin{array}{c} ||| \\ \vee \\ | | | | | \end{array}$ ou (mieux) ré écrit au dessus du précédent : $\begin{array}{c} ||| \\ | | | | \\ | | | | \end{array}$

Si 62 devient 64 : $\begin{array}{c} \vee \\ | \\ | | | | \end{array}$ ou devient 67 : $\begin{array}{c} \vee \\ | \\ | | \vee \end{array}$

Résumé synthétique de la méthode du contrôle sélectif

par Jacques Becquey, CNPF-IDF

Où ?	Sur chaque parcelle forestière (unité de gestion)
Quand ?	Au moment du marquage des coupes, qui peut se faire simultanément (ici tous les 5 à 10 ans)
Comment ?	- Inventaire en plein avec mesure du diamètre de chaque arbre au cm avec un ruban - Inscription du diamètre sur chaque arbre (ici, par griffage sur l'écorce selon un système codifié de traits)
Combien ?	Environ 8 heures par hectare (ici tous les 5 à 10 ans, soit 0,8 à 1,6 heure/ha/an)
Pourquoi ?	Guide pour le choix des arbres à favoriser / marteler Information sur les accroissements, la production, les volumes, les profils « stationnaires », ...
+ d'info ?	Forêt-entreprise n°166, articles pages 40-43 et 44-48 et www.foretpriveefrancaise.com/?IDINFO=744199



La méthode du contrôle sélectif favorise les meilleurs producteurs

par Gérard Claudet, sylviculteur dans le Vercors

Par le suivi de la croissance individuelle des arbres, la méthode du contrôle sélectif permet d'identifier à chaque inventaire les sujets les plus poussants. En combinant des critères de qualité, il est ainsi possible de les favoriser en éliminant leurs voisins moins vigoureux.

L'expérience acquise avec cette méthode, depuis plus de 20 ans sur des forêts résineuses du Vercors, permet de tirer des enseignements intéressants. Ils sont illustrés par quelques exemples tirés des inventaires et présentés ci-dessous.

À partir des résultats obtenus sur une vingtaine de parcelles forestières, inventoriées au moins deux fois et, pour quelques-unes, trois fois, on peut voir apparaître plusieurs catégories de comportement, dont deux exemples typiques sont illustrés, par les figures 1 et 2, sur lesquelles, les volumes indiqués sont calculés avec un barème de cubage, en bois d'œuvre écorcé.

Analyse d'un relevé d'inventaire

La figure 1 reproduit les relevés d'inventaire de deux peuplements, apparemment comparables, avec des volumes de 165 et 169 m³/ha, mais, en réalité, de comportements très différents. Un accroissement « idéal » moyen calculé à partir des résultats obtenus sur les meilleures parcelles est ajouté comme référence possible à atteindre ou à dépasser.

Figure 1 - Relevés d'inventaire avec mesures d'accroissements en cm/8 ans

Diam	1a : Division E 611 milieu (1 ha)										Acrt 1a		1b : Division G 616 haut (1 ha)							Acrt 1b	
	Accroissements cm sur 8 ans										mm/an	Acrt idéal	Accroissements sur 8 ans							mm/an	
15	4	2	5								2,6	2,9	2	4	3	5				2,2	
20	5	6	10	16	8	1	1				4,3	3,4	1	4	8	8	5	4	3,5		
25	1	9	19	12	12	2	1				4,5	4,1	5	4	8	7	5	2	1	1	3,3
30	2	5	14	16	4	5	2				4,7	4,9	1	9	7	7	3	5	2	1	3,6
35		2	14	4	10	8	7				5,7	5,3	2	6	3	7	3	2			3
40			3	3	4	10	7	3			7,3	6,1	3	12	5	2	5	3	1		2,8
45	1	1			8	3	2		2		7,5	6,8		8	6	1	1	1	1		2,9
50					4	3	6		1		8,5	7,5	2	7	7	1	2	2	1		2,8
55					1		1		1		9,7	8,3	3	3	2	3	1	1			3,6
60						1			2		10,8	9,2				1	3				4,7

Volume sur pied avant coupe : 165 m³/ha
Régénération : bonne en semis et jeunes tiges

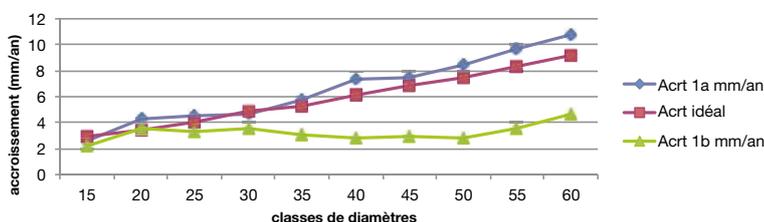
Totaux : 65,6
Note : 112 %

169 m³/ha
bonne en semis et jeunes tiges
32,4
55,4 %

L'exemple 1-a fait apparaître des niveaux d'accroissement qui augmentent fortement avec le diamètre. Il présente un nombre très réduit de tiges dans les colonnes 0, 1 et même 2. En conséquence, il montre une production élevée, au niveau de 8 m³/ha/an, et une présence de régénération très convenable. Pour l'exemple 1-b, au contraire, les taux d'accroissement sont pratiquement identiques dans tous les diamètres, et les colonnes 0, 1 et 2 sont beaucoup plus fournies. La production chute aux environs de 3 m³/ha/an, la régénération est présente, mais mal répartie. Curieusement dans ce cas, les catégories de bois, moyens et gros, sont les plus pénalisées.

Les chiffres, notés en rouge sur les tableaux, désignent les sujets les moins poussants et donc à couper en priorité, ainsi que les gros bois, arrivés au diamètre d'exploitabilité.

Figure 2 - Accroissements annuels en fonction du diamètre en mm/an



Sur l'ensemble des stations étudiées, on trouve tous les intermédiaires possibles, entre les taux d'accroissement des tableaux de la figure 1, et les moyennes représentées par les courbes de la figure 2. Les seuls points

identiques, que l'on retrouve systématiquement, sont :

- > le large éventail des valeurs obtenues pour chaque catégorie de diamètre,
- > des valeurs assez voisines, dans les petits bois, pour toutes les divisions,
- > dans la plupart des cas, aucun signe extérieur n'est détectable visuellement, pour permettre de choisir le sujet qui sera à couper en priorité. Très souvent même, on est stupéfait de trouver un arbre sans voisins immédiats, qui pousse très peu, alors que par ailleurs, on pourra avoir des proches voisins, ou des sujets en zone rocailleuse, qui se développent convenablement, ou, sur un groupe de deux ou trois, le plus petit, être le plus productif.



© J. Becquey, CNPF-IDF

Interprétation des résultats

La raison de ces résultats très surprenants peut se trouver dans la référence 3, qui expose en détail, la structure et le comportement de la partie cachée des arbres que sont les racines. La particularité des sapins et épicéas réside dans un système racinaire en deux parties, avec une zone pivotante sous le tronc, et un réseau de 3 à 5 « charpentières » se développant, à faible profondeur, sur des distances pouvant atteindre des valeurs du même ordre de grandeur que la hauteur du tronc. Ces racines charpentières restent linéaires sur l'épicéa, qui n'a pas tendance à former des fourches, sauf en cas de traumatisme ou de coupures subies dans sa jeunesse.

Le sapin, au contraire, vers 1,5 à 2 mètres du tronc, divise ses charpentières en contreforts. Le pivot assure la croissance de la jeune tige jusque vers 15 à 20 cm de diamètre et cela explique que les accroissements des petits bois soient très peu sensibles à la densité du peuplement. Les charpentières, qui prennent le relai vers les plus gros diamètres, peuvent fort bien se croiser ou se développer en longueur, sans concurrence avec celles de proches voisins. En revanche, elles peuvent aussi entrer en conflit avec celles d'autres arbres, plus éloignés, à cause d'un maillage que le gestionnaire ne détectera pas, en

observant les parties aériennes. De ce fait, on peut comprendre que dans toutes les catégories, une très large dispersion des valeurs d'accroissement soit observée, à cause de toutes les géométries possibles en sous-sol.

Contrairement à l'impression généralement émise par les gestionnaires, une futaie irrégulière n'est pas un ensemble constitué de deux catégories d'arbres, dénommés « dominés » et « dominants ». En fait, la notion de domination est toute relative puisque tous les arbres se gênent mutuellement, à des degrés divers. Entre les deux extrêmes, on trouve tous les cas intermédiaires possibles de sujets partiellement dominés, ou partiellement dominants, à des degrés variables avec le temps, en fonction de l'expansion des uns ou, au contraire, de la disparition de ceux qui sont enlevés par les coupes.

Cela explique les résultats obtenus par la mesure périodique des accroissements individuels, qui font apparaître systématiquement, une large dispersion, dans toutes les catégories de diamètre, et dans toutes les parcelles inventoriées, comme illustrés, par les tableaux 1-a ou 1-b de la figure 1, et par les courbes des valeurs moyennes d'accroissement de la figure 2.

La mesure au cm permet de connaître précisément les accroissements entre 2 inventaires.

Quelques compléments et conséquences

Pour les stations beaucoup plus chargées en volume que les exemples précédents, avec des valeurs de 180 à 220 m³/ha (bois d'œuvre sous écorce) et au-delà, les accroissements deviennent pratiquement constants dans toute la gamme, vers 3 mm/an.

La régénération disparaît et la production stagne vers 3 à 4 m³/ha/an.

C'est donc bien dans la plage des 150 à 180 m³/ha qu'il faut se situer. Pour obtenir le meilleur résultat rapidement, il faut et il suffit d'enlever à chaque passage, entre 20 et 30 % du volume présent, en prélevant :

- > les tiges du plus gros diamètre toléré,
- > puis dans les plus petits diamètres : celles de faible accroissement, d'abord dans la colonne 0, puis dans celle de 1, et enfin de 2 pour trouver la quantité nécessaire.

Exercice de marquage avec la méthode du contrôle sélectif sur marteloscope.



© J. Becquey, CNPF-IDF

Dans les passages suivants, quand ces colonnes seront de moins en moins fournies, on finira par atteindre, tout naturellement le volume et le profil les mieux adaptés à la station considérée.

Sur les stations, qui ont déjà bénéficié de trois inventaires donc de deux mesures d'accroissement, il apparaît que la croissance de chaque tige n'est absolument pas une constante propre à chacune, mais que les trois évolutions suivantes peuvent se produire :

- > les accroissements élevés montent avec la taille, sur les sujets peu concurrencés ;
- > ils se maintiennent constants, vers les valeurs moyennes, quand les effets négatifs de la concurrence et la tendance bénéfique à s'accroître avec la taille, s'équilibrent ;
- > ils diminuent quand la concurrence se renforce à cause de la croissance des voisins.

Il s'avère donc que les catégories d'accroissement 0, 1 et 2 seront toujours alimentées, au gré de la concurrence interne, et que leur suppression à chaque coupe permettra d'éliminer les concurrents non identifiables au vu des parties aériennes, et donc de maintenir le meilleur compromis possible, tant pour le volume sur pied que pour le profil de répartition qui deviennent des résultats de la sélection permanente que la méthode permet.

On voit que, dans tous les cas, la mesure individuelle des vitesses de croissance, renseigne immédiatement sur la situation et sur son évolution, et on conçoit que sa connaissance sera de première importance lors du passage en coupe.

Que faut-il en retenir ?

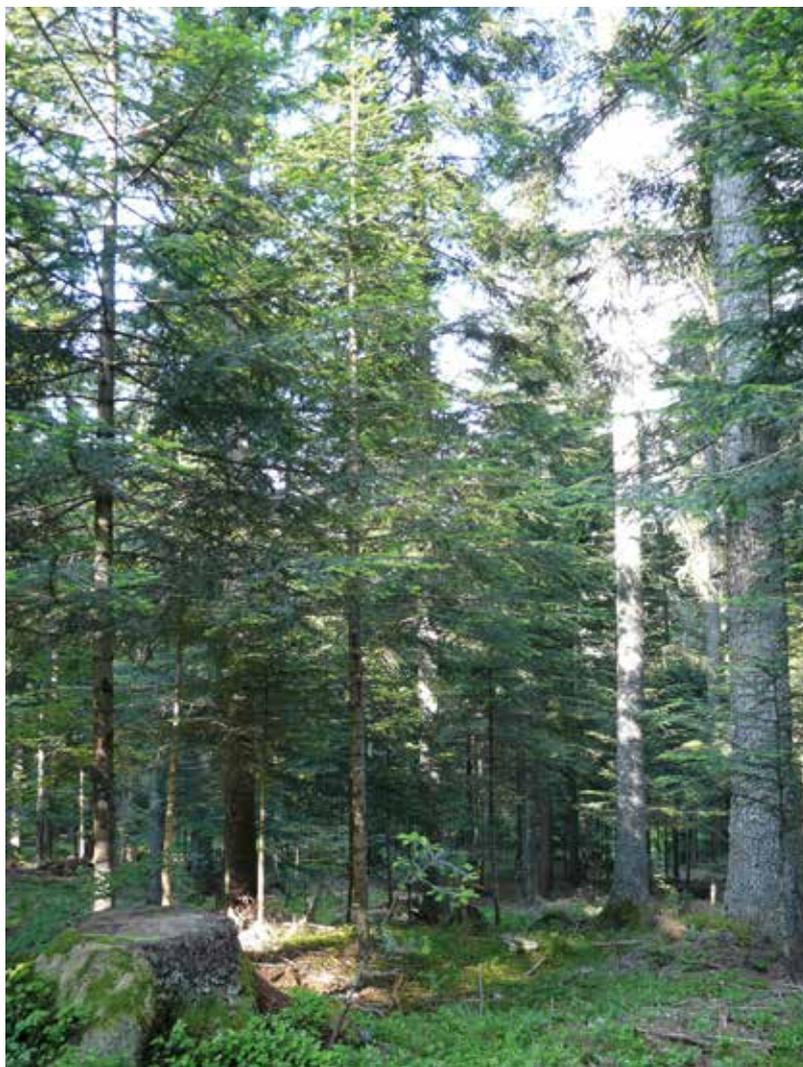
Grâce à l'utilisation de la méthode du contrôle sélectif, basée sur des données concrètes et précises, on lève le voile sur des idées reçues et erronées, et qui conduisent nombre de gestionnaires à des traitements inadaptés, comme par exemple :

- > laisser monter le volume largement au-delà de 200 m³/ha ;
- > se baser, pour choisir les tiges à couper, sur la distance entre voisins, ou sur l'aspect extérieur de leur écorce, plus ou moins lisse ou rugueuse ;
- > échelonner les délais entre coupes, quelquefois bien au-delà de 10 ans, qui constitue une preuve de faible production, donc de mauvaise gestion ;
- > se convaincre et propager l'idée que les résineux de montagne ont, par nature, une croissance lente et régulière qui se traduit par des cernes d'accroissement annuel d'épaisseur constante.

La mesure périodique des accroissements de chaque tige coupe court à toutes les polémiques et donne des éléments indiscutables pour permettre d'agir à bon escient. De cette manière, on peut engager une gestion fine, qui ne se limite pas à un jugement statistique, global ou collectif, sur des sujets pris en bloc. Au contraire, on détecte la santé résultant de l'origine génétique, ou de la qualité locale du sol, ainsi que le degré de la concurrence subie par chacun des individus de la part de ses voisins, pour décider de l'action sylvicole qu'il mérite, au profit des sujets en bonne condition à conserver.

Plutôt que de fixer un but théorique à atteindre (volume par hectare et profil de répartition des diamètres) pour traiter chaque sujet, on gère et on préserve chacun d'eux pour déboucher sur le profil optimum et pour atteindre au plus vite la meilleure efficacité possible que l'on obtient ainsi comme résultat, et en récompense.

Détenir un fil conducteur qui peut conduire vers des performances largement améliorées, d'un facteur 2 ou 3, en même temps que la régénération en assure la pérennité, est un élément déterminant. En prime, un plus faible volume, donc un plus faible capital immobilisé, ainsi qu'une plus grande facilité d'exploitation, entraînera donc des dégâts et des coûts réduits. Avec le support des moyens modernes et puissants de l'informatique, le traitement des données et leur analyse devraient conduire l'exploitation forestière des futaies irrégulières à passer du stade artisanal à un niveau industriel, pour le plus grand bien de toute une filière. Chacun sera capable de faire le bilan à long terme entre l'utilisation d'une solution plus fine et un peu plus coûteuse qui permet, avec environ une journée de travail par hectare tous les 8 ou 10 ans, d'assurer une production pouvant doubler tout en assurant la régénération suffisante. Le suivi et l'optimisation permanente sur de longues durées deviennent alors accessibles à chaque propriétaire, de père en fils, ou par recours à des organismes spécialisés, pour amener la forêt privée française, souvent considérée comme non rentable, et négligée, à atteindre enfin, le rang qu'elle mérite. ■



© J. Becquey, CNPF-IDF

Remerciements :

Ma profonde reconnaissance, et mes compliments pour leur efficacité et leur motivation s'adressent aux partenaires suivants qui ont accepté d'apporter leur concours et leur soutien en faveur d'une innovation dont la portée et l'intérêt n'étaient pas évidents dès l'origine : les membres de ma famille qui ont participé au déroulement de cette étude et apporté leur aide précieuse se reconnaîtront.

- > Les administrateurs et les adhérents du Groupement de Sylviculteurs du Vercors 4 Montagnes qui ont apporté leur soutien et qui vont s'engager dans l'utilisation de la nouvelle méthode de gestion.
- > La Société Civile Forestière de La Cordelière qui met à disposition des groupes en formation, un site école, périodiquement inventorié, avec mesure des diamètres au centimètre près.
- > Les techniciens du CRPF de Rhône-Alpes qui ont contribué à la mise en œuvre et à l'animation de ce site.
- > Les organismes spécialisés dans la gestion forestière, et notamment, la coopérative COFORET, qui marquent de l'intérêt et se préparent à prendre en compte la méthode du contrôle sélectif.

En espérant qu'ils sauront tirer profit, pour leur compte, de la nouvelle perspective qui s'ouvre à eux.

Bibliographie

- 3) Claudet G., 2006. *La gestion des futaies résineuses irrégulières, sur le plateau du Vercors, par la méthode du contrôle individuel de croissance.* Forêt-entreprise n°166, p. 40-48. Disponible sur le site : www.foretprivreefrancaise.com/?IDINFO=744199
- 4) Dréno C., *Les racines, face cachée des arbres.* Institut pour le développement forestier, CNPF.

Résumé

Après plus de vingt ans consacrés à la mesure et à l'expérimentation sur une trentaine d'hectares du plateau du Vercors, entre 1 200 et 1 600 m d'altitude, une méthode identifie les particularités du comportement individuel et collectif des composantes d'une futaie résineuse irrégulière. Cette méthode rigoureuse et efficace pour la gestion de ces peuplements augmente nettement la productivité, de façon durable. Elle est dénommée, par extension de celle qui fut développée anciennement par les pionniers Gurnaude et Biolley : Méthode du contrôle sélectif.

Mots-clés : futaie jardinée, méthode de gestion, mesure d'accroissement individuel, productivité.

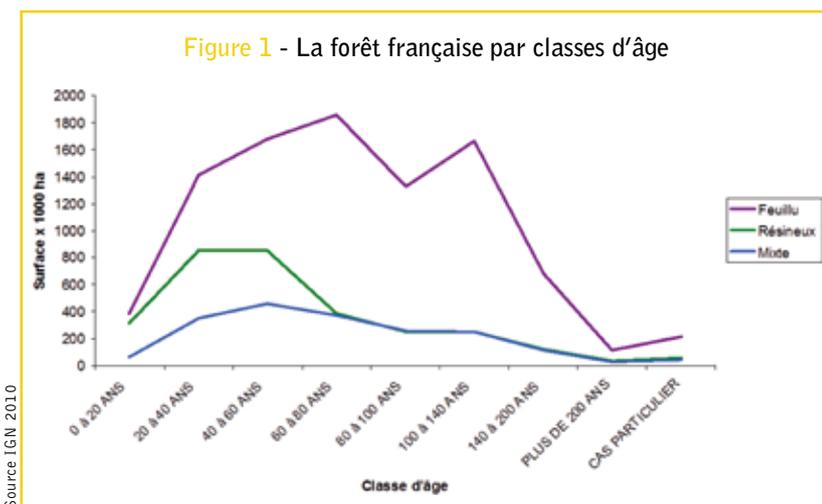
La forêt privée en 2060 quelques éléments de prospective

par Thomas Formery, directeur général du CNPF

Le cinquantenaire de la création des CRPF a retracé les 50 ans de progrès sylvicole (voir le dossier de Forêt-entreprise n° 215). Thomas Formery et Christian Barthod se sont livrés au difficile exercice de prospectives de 2013-2063.

2063... La prospective ne consiste pas à prévoir l'avenir, mais à élaborer des scénarios possibles sur la base de l'analyse des données disponibles (états des lieux, tendances lourdes, phénomènes d'émergences).

Certains éléments sont identifiés, à partir de l'état des lieux, comme susceptibles d'influencer l'avenir... Cette analyse fait ressortir un certain nombre de défis auxquels nous sommes confrontés, tant sur le plan de la forêt elle-même, que sur les usages du bois et les évolutions de la société, société dont font partie nos 3,5 millions de propriétaires forestiers.

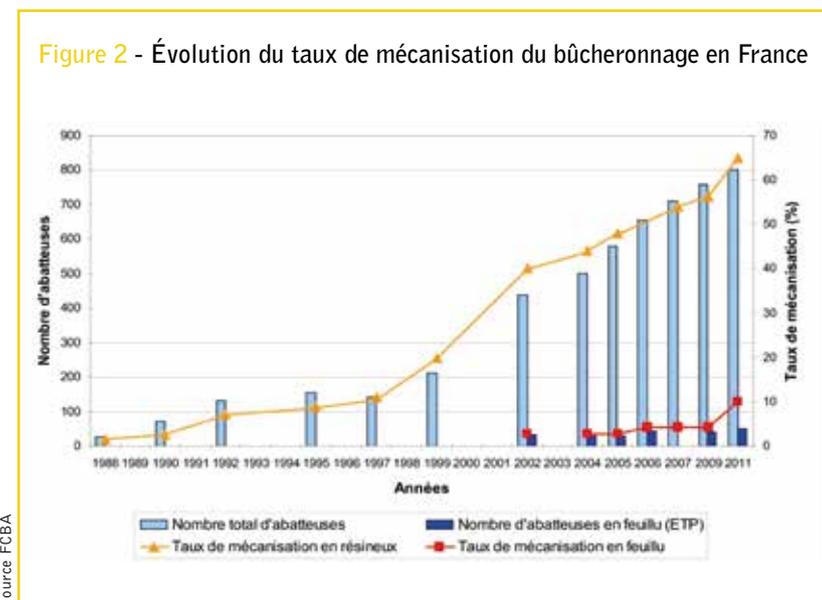


Le 1^{er} défi est celui du déséquilibre inquiétant des classes d'âge de la forêt française

La figure 1 met en évidence le déficit de renouvellement des peuplements forestiers, tant feuillus que résineux. Il montre l'importante surface de peuplements feuillus et leurs tranches d'âge avec la question récurrente des débouchés de ces bois feuillus. Il montre également le pic de production des résineux issus des boisements du FFN.

Une tendance lourde : la mécanisation des exploitations et des travaux

La pénibilité du travail manuel en forêt et les coûts de main-d'œuvre rendent inéluctable l'évolution du taux de mécanisation de plus en plus visible. Les techniques et conseils associés doivent en tenir compte. (Figure 2)



Risques redoutés et risques réels

Il est instructif de comparer les risques redoutés et les risques réellement subis par les propriétaires forestiers selon la tranche de surface. Viennent par ordre d'importance: les tempêtes, les incendies, les dégâts de gibier et de parasites, et ces risques redoutés varient selon les tranches de surface. Alors que les risques réellement subis sont les tempêtes de façon largement majoritaire. (Figure 3)



En savoir⁺

retrouvez les vidéos et interventions de la journée sur www.cnpf.fr/50ans/

Le changement climatique

De nombreux chercheurs travaillent pour estimer les évolutions des aires potentielles de répartition des essences : par exemple, le déplacement vers le Nord de l'aire potentiel du chêne vert ; l'aire potentielle des espèces ligneuses associées remontera du sud vers le nord ; mais bien sûr, l'ensemble des 1200 espèces forestières seront également impactées et verront migrer leur aire potentielle. (Figure 4)

L'évolution des parasites suivra également les changements climatiques. Un exemple bien connu est celui de l'extension de la chenille processionnaire du pin de 1980 à 2005 vers le nord. (Figure 5)

Les dégâts dus au gibier

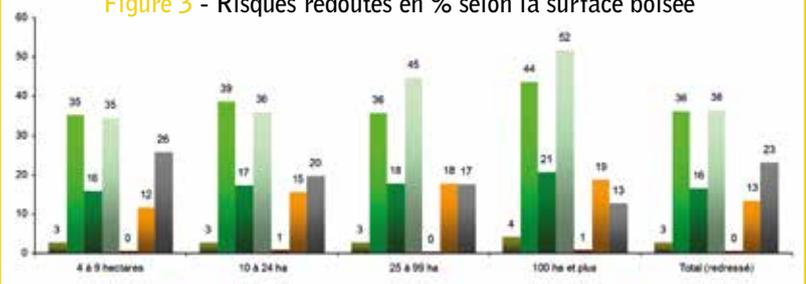
L'augmentation des populations de chevreuils et de cerfs Élaphe constitue une menace réelle et très sérieuse pour le renouvellement de la forêt française.

La progression des populations en 20 ans est de 300 %. En 2011, les attributions hors enclos & parcs représentent 75 801 individus pour un total de réalisations de 53 181 têtes, soit un taux de réalisation de seulement 70,2 %. Un constat inquiétant pour le renouvellement de la forêt française. (Figure 6)

Production de bois

Depuis 1963, la récolte de bois augmente. La progression des récoltes de bois d'œuvre (BO), bois d'industrie (BI) et bois énergie (BE) n'est pas parallèle. La lente convergence entre BO et BI pose de multiples questions sur les schémas traditionnels de sylviculture. La 3^e courbe de récolte de bois énergie, dont la demande est en progression récente importante et constante, doit être prise en considération.

Figure 3 - Risques redoutés en % selon la surface boisée



Et les risques réellement subis en % selon la surface boisée

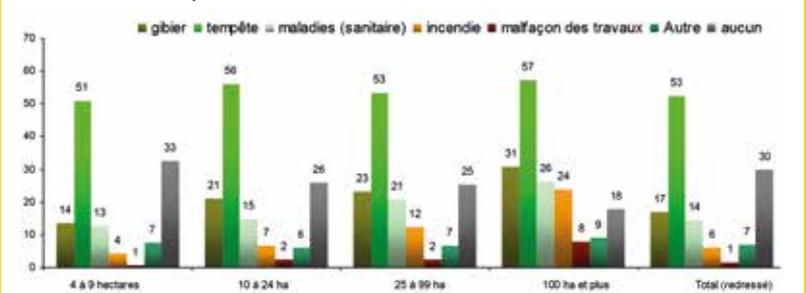


Figure 4 - Évolution des aires climatiques potentielles, avec le climat actuel et selon le scénario moyen de l'évolution climatique.

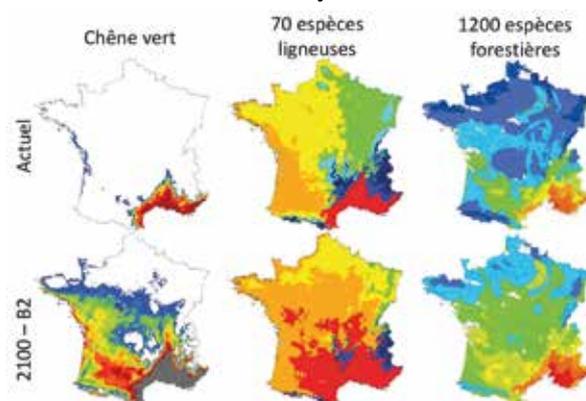
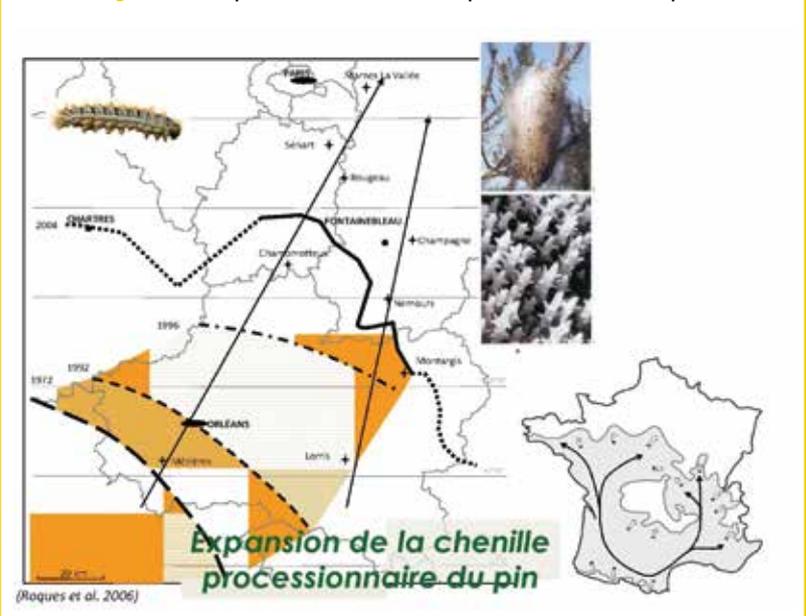


Figure 5 - Expansion de la chenille processionnaire du pin.



Source : l'enquête Resofop crédoc, 2011

Source : Badeau et al., 2004, 2010 ; Wallerich et al., 2006

Source : Roques et al., 2006.



Évolution des sciages en m³ (Figure 7) :

1963 :
 BO : 17 567 000 m³
 BI : 3 633 000 m³
 BE/0

2012 :
 BO : 18 218 000 m³
 BI : 10 701 000 m³
 BE : 5 635 000 m³

L'évolution de sciages depuis 1947

La baisse constante de sciage de feuillus au regard du volume sur pied de feuillus constitue une tendance très préoccupante. Compte-tenu de l'état de la forêt française, les utilisations des feuillus dans la construction et l'industrie en général doivent absolument se développer pour inverser cette tendance. Par contre, le volume de sciage de résineux progresse nettement, grâce à une demande croissante due à des usages de plus en plus innovants pour les résineux dans les usages de construction notamment. (Figure 8)

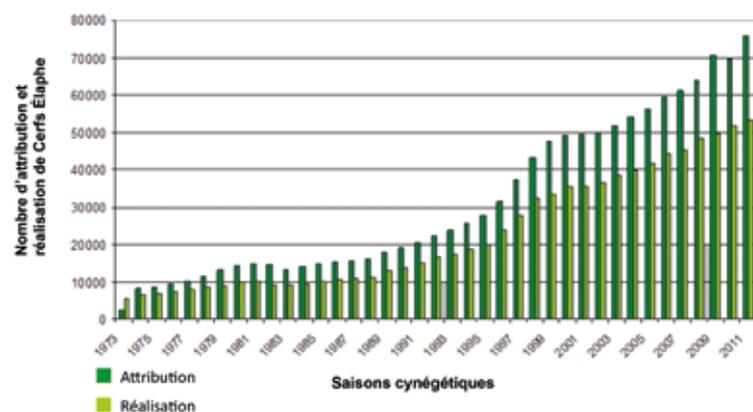
La concentration des scieries

Cette tendance inexorable est à prendre en considération. L'augmentation de la capacité de sciage des unités industrielles, surtout pour le résineux, n'est pas sans conséquence sur la demande en grumes adaptées à ces nouvelles unités. (Figure 9)

Le déficit récurrent du commerce extérieur de la filière

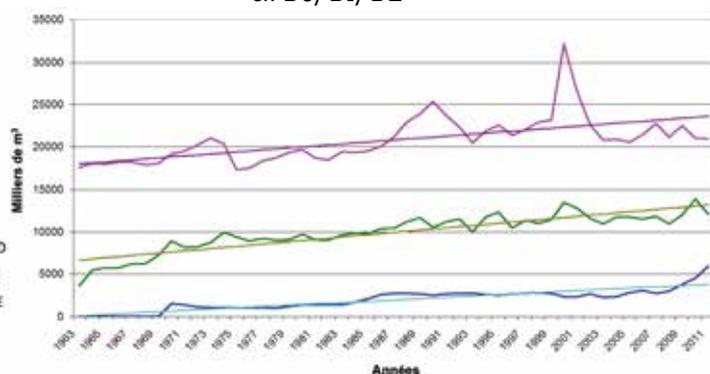
Le déficit récurrent du commerce extérieur de la filière est trop souvent imputé à la forêt. Les niveaux d'exportation et d'importation sont bien supérieurs en 2010 et il n'est pas possible de raisonner en valeur. Par contre, on observe que le taux de couverture de l'importation par l'exportation est passé de 0,32 à 0,58. Ainsi, le niveau de déficit est beaucoup plus faible en pourcentage en 2010 qu'en 1963. Une analyse par rubrique met en évidence les évolutions : en 1963 le secteur du meuble n'était pas déficitaire ; par contre, le secteur papier carton a un peu réduit son déficit. (Figure 10)

Figure 6 - Évolution annuelle du tableau de chasse du cerf élaphe en France



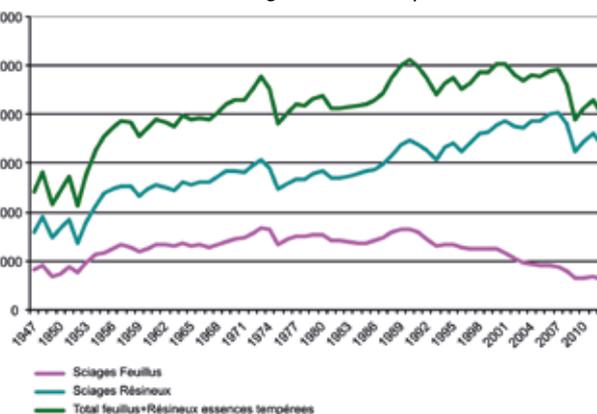
Source : ONCFS

Figure 7 - Volume et tendance de l'exploitation en m³ de 1963 à 2012 en BO, BI, BE



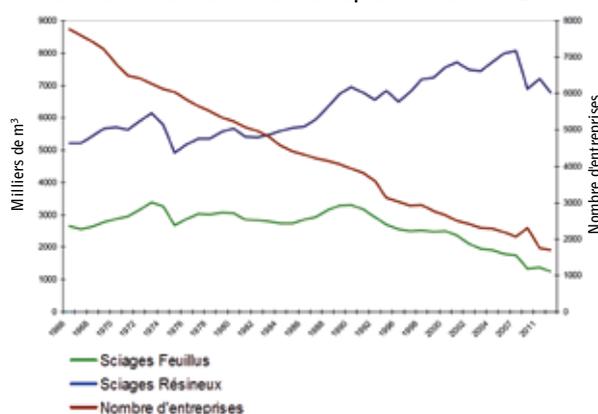
Source : Agreste

Figure 8 - Évolution des sciages de feuillus, résineux et le total



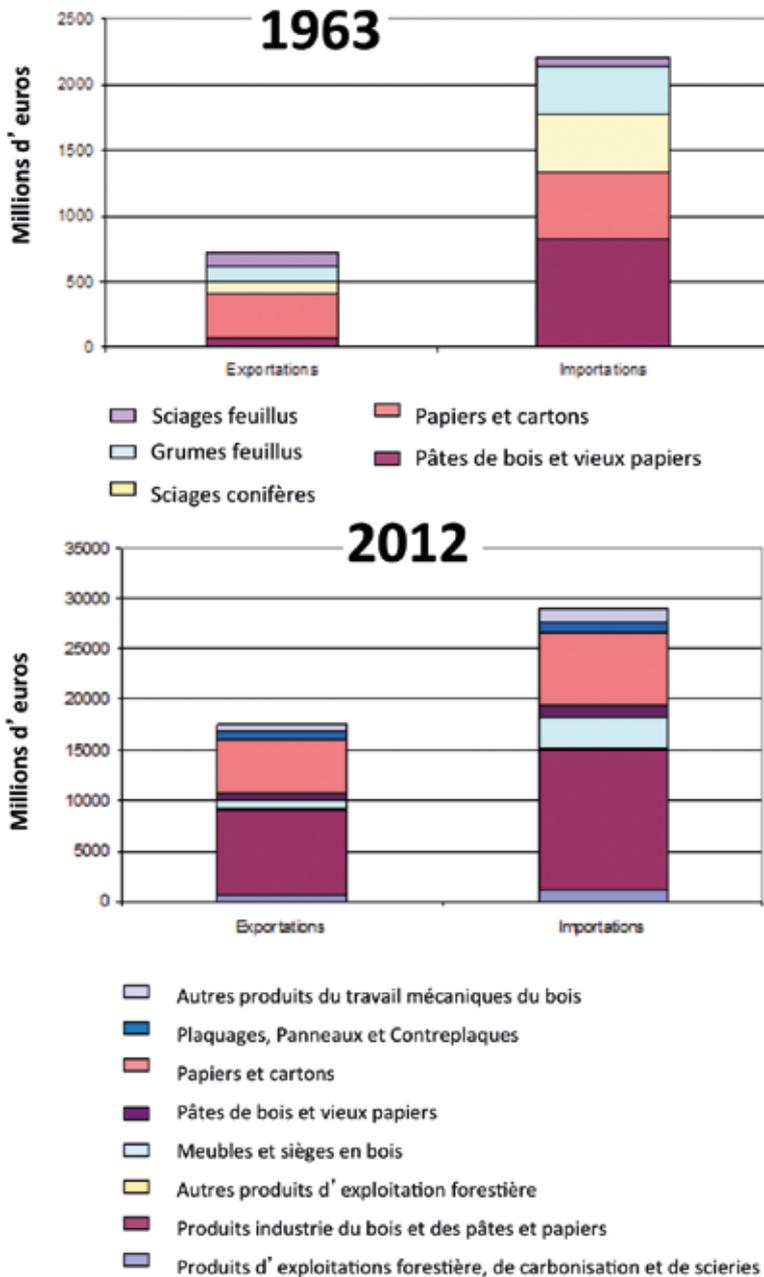
Source : FCBA

Figure 9 - Évolution des volumes de sciages et du nombre d'entreprises effectuant une activité de scierie depuis les années 1966



Source : Agreste

Figure 10 - Stabilité du déficit du commerce extérieur de la filière bois



L'effet ciseau des prix

Depuis 1980, l'effet ciseau entre les produits de la forêt et ses charges pénalise fortement le producteur: la courbe du SMIC est en forte augmentation depuis 1963. Celles des prix du m³ de pin maritime sur pied et bord de route pour tenir compte des gains de productivité sont depuis les années 1980 inférieures à 10 heures de SMIC horaire. Cette divergence des courbes explique les difficultés de réinvestissements des producteurs. (Figure 11)

Émergence de nouveaux produits

Une note d'espoir vient des nombreux nouveaux usages du bois en développement. De multiples possibilités d'innovations s'ouvrent grâce aux nouveaux procédés de collages ou au fractionnement jusqu'à la cellule, la fibre, sans oublier les débouchés potentiels de la chimie verte. Ces développements devraient permettre de nouveaux débouchés pour la production de bois. (Figure 12)

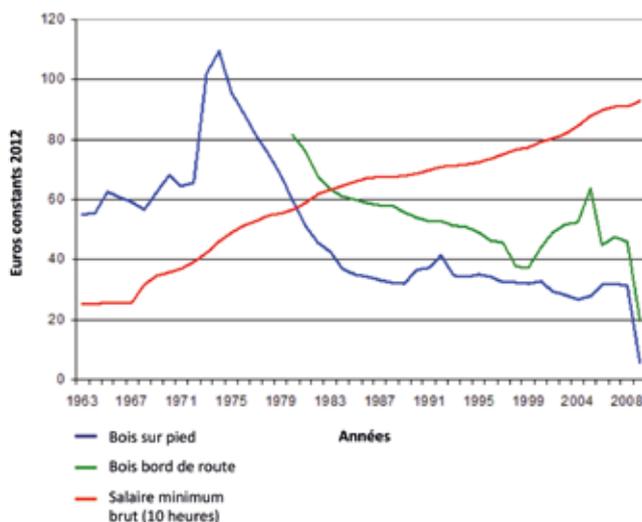
Vers une reconnaissance des services rendus par la forêt?

La société reconnaît de plus en plus les services écosystémiques rendus par la forêt comme la séquestration du carbone ou la protection de la qualité de l'eau. Par exemple, en superposant ces cartes du taux de boisements et du prix de l'eau potable, la question se pose sur le rôle rendu par la forêt: s'agit-il d'une simple corrélation ou plutôt bien d'un lien de causalité? (Figure 13)

Le poids des réglementations environnementales

Notre société prend conscience de la nécessité de préserver la biodiversité, ce dont les forestiers étaient garants sans le savoir. Mais, les nombreux zonages environnementaux de tous ordres aux niveaux réglementaires, contractuels et d'inventaires s'additionnent, rendant la carte de France très colorée et en même temps complexifient la gestion forestière. Un reflet de notre société? (Figure 14)

Figure 11 - Le ciseau des prix en € constants du SMIC et prix des bois de Pin maritime

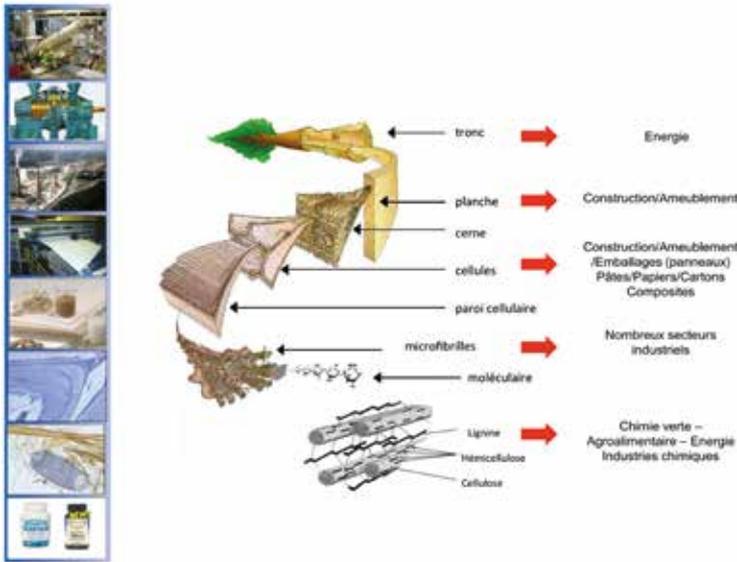


Source : Agreste

Source : Laboratoire d'économie forestière



Figure 12 - Émergence de nouveaux produits



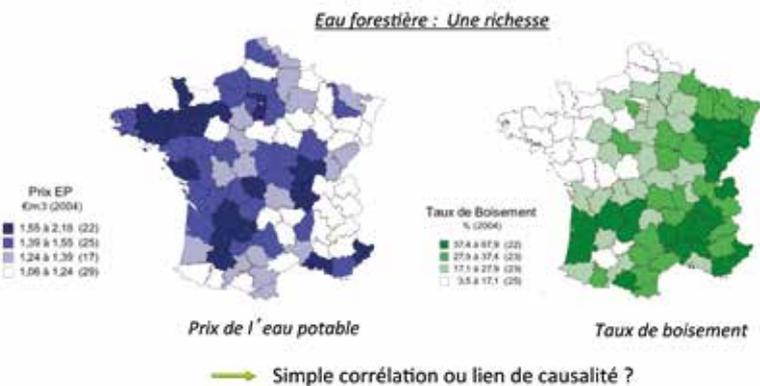
Source : FCBA - Michel petit-Conill

Une évolution sociologique durable

La population est de plus en plus urbaine, elle s'éloigne ainsi de la forêt et des connaissances transmises par une population de moins en moins rurale. La population des forestiers suit cette évolution. (Figure 15)

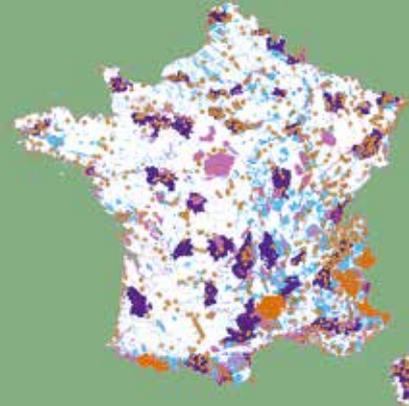
Son corollaire est la perception de la forêt par son propriétaire: seulement 21 % des propriétaires forestiers pensent que l'activité de la forêt est économique, 23 % y voient seulement plutôt un territoire pour la chasse, 34 % visent une mise en valeur de son patrimoine, 42 % y voient une activité familiale et de détente, 23 % le vivent comme une passion, et 9 % comme une source d'ennuis. Cette hiérarchie varie suivant le nombre d'ha possédés. (Figure 16) ■

Figure 13 - La reconnaissance de nouveaux services comme la protection de l'eau



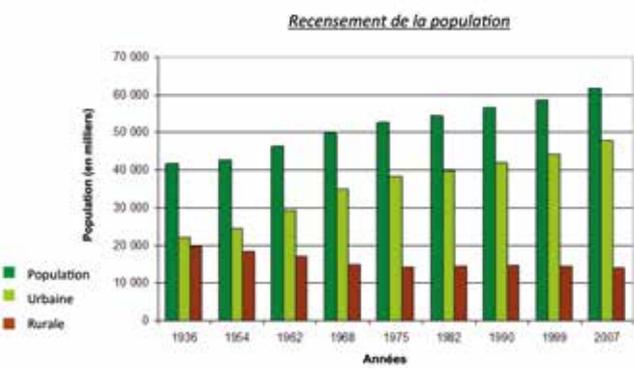
Source : IFEN SCEES 2004

Figure 14 - Inventaires et zonages environnementaux réglementaires ou contractuels



Source : CNPF

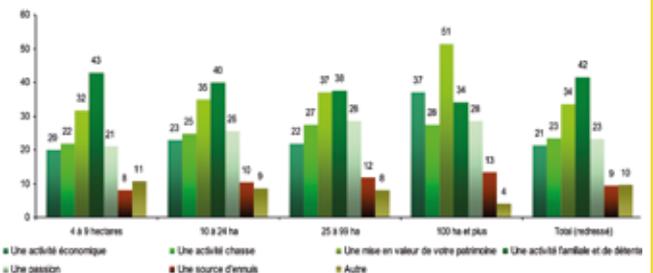
Figure 15 - Une société de plus en plus urbaine connaît moins la forêt



Source : INSEE - INED

Figure 16 - Quelles perceptions de la forêt par son propriétaire ?

A quoi renvoie le fait d'être propriétaire de bois selon la surface boisée en % (100 % par classe de surface)



Source : RESOFOP CREDOC 2011

La forêt privée en 2060 : déterminants lourds et paris possibles

par Christian Barthod¹⁾

Thomas Formery a présenté une série impressionnante de « flashes » impressionnistes, lors du cinquantenaire de la création des CRPF. Toutes ces données, et les interrogations perturbantes que poserait la prolongation des tendances actuellement constatées, nous donnent à penser, sans prétendre dire précisément ce que seront les années 2060. Christian Barthod identifie certains déterminants probablement des plus influents pour les années à venir.

1) Ingénieur général des Ponts, des Eaux et des Forêts, membre de l'Académie de l'Agriculture de France.

La prospective est un art complexe, et très formalisé, dès lors qu'on ne veut pas la confondre avec la prédiction, ou avec la représentation imaginaire d'un futur espéré ou redouté, marquée par la subjectivité de celui qui parle. Je me limiterai donc à une seule des étapes importantes de toute démarche de prospective, en identifiant quelques déterminants que j'estime particulièrement lourds, sans chercher à être exhaustif. Dans la foulée, sous forme d'une brève conclusion particulière pour chaque déterminant lourd identifié, j'essaierai de montrer que certains paris semblent dès lors raisonnables.

J'ai volontairement écarté un certain nombre de déterminants nationaux et internationaux pourtant lourds, mais sur lesquels les propriétaires forestiers ne peuvent avoir directement prise. Cet exercice est donc partiel et empreint de subjectivité, traduisant mon expérience professionnelle et ma sensibilité personnelle.

Le changement climatique

Le défi majeur que représente le changement climatique est désormais bien identifié par le secteur forestier. Sa portée n'est peut-être pas encore complètement perçue : il ne peut s'agir de « prédire » le climat et d'anticiper « un » modèle de gestion adapté à ce nouveau climat. Rien ne serait plus dangereux et plus faux que de croire que le scénario climatique que l'on privilégie (voir notamment les scénarios du GIEC, le groupement intergouvernemental d'étude du climat) décrit la réalité à venir, et qu'il suffit d'en tirer logiquement, et une fois pour toutes, les conséquences pour l'action.

En effet les modèles climatiques portent en eux-mêmes quatre types d'incertitude (incertitude liée aux scénarios futurs d'émission des gaz à effet de serre ; incertitude liée à une connaissance imparfaite des phénomènes et à leur représentation approximative dans les modèles ; incertitude stochastique²⁾ liée à la variabilité climatique intrinsèque et chaotique ; incertitude spécifique au problème de descente d'échelle). Et il est actuellement impossible de caractériser l'incertitude de des incertitudes attachées aux modélisations.

Le changement climatique nous introduit donc dans une logique de gestion du risque, avec, de plus, une grande difficulté à cerner la probabilité de l'aléa. Gérer un risque suppose de bien analyser d'une part, les facteurs de risque, qui caractérisent l'incertitude, mais aussi d'autre part, de bien qualifier l'enjeu. Cela suppose de savoir pour soi-même (et pour la société) ce qu'il est acceptable de miser, en fonction des gains espérés, mais aussi des pertes considérées comme acceptables. Ce pari repose en partie sur des données objectives, comme l'analyse méthodique du donné pédologique et forestier de sa propriété, mais aussi sur une dimension plus subjective, sa capacité à accepter de perdre son pari. Il existe donc nécessairement plusieurs modalités légitimes de gestion du risque, une fois qu'il est analysé.

Nous avons quitté, sans retour possible, l'époque où il pouvait exister « un » modèle de développement forestier, ou des « normes » du FFN. Le conseiller forestier doit être ouvert à une large gamme d'approches et de sylvicultures, et aider le propriétaire,

2) Le mot stochastique est synonyme d'aléatoire, d'imprévisible.

3) Anthropocène est un terme créé et utilisé par certains scientifiques pour désigner une nouvelle époque géologique, qui aurait débuté à la fin du XVIII^e siècle avec la révolution industrielle, période à partir de laquelle l'influence de l'homme sur le système terrestre serait devenue prédominante.

dans un dialogue exigeant, à identifier, par ajustements successifs, la stratégie qui correspond le mieux à son analyse personnelle du risque.

Plus largement la nouvelle logique de l'Anthropocène³⁾

Si les forestiers sont sensibilisés au changement climatique, ils le sont souvent moins aux autres « dérèglements » graves et bien observables de ce qui fut la logique de l'Holocène, depuis la période Néolithique. Ils ont néanmoins entendu parler de la perte de biodiversité à un rythme accéléré, sans toujours percevoir en quoi cela affecte ou affectera les forêts et les services écosystémiques qu'elles produisent. Mais il est indispensable de prendre également conscience, que des dysfonctionnements majeurs affectent d'ores et déjà certains grands cycles bio-géo-chimiques, comme ceux de l'eau, de l'azote et du phosphore.

Comme le plaident les défenseurs du nouveau concept d'Anthropocène, la sortie (déjà constatée pour certains paramètres, ou prévisible à court terme pour d'autres) des bornes, entre lesquelles ces paramètres fluctuaient durant l'extraordinaire période de stabilité de l'Holocène, laisse supposer une entrée en « terra incognita ». Les faits, les modèles et les logiques de référence, sur lesquels repose notre savoir, semblent ne plus devoir être totalement opérants pour nous aider à prendre nos décisions. Il s'agit désormais d'apprendre à décider sans être adossés à nos certitudes antérieures.

Mais il importe également d'être conscient que, beaucoup des problèmes majeurs iden-

tifiés aujourd'hui sont des effets induits de décisions prises dans le cadre d'un processus rationnel de production de richesses : en forêt, c'est le cas notamment pour les dépôts atmosphériques, l'évolution de la fertilité des sols, le changement climatique, la perte de biodiversité, l'introduction accidentelle d'insectes ravageurs ou de pathogènes, ou même l'arrivée encore discrète d'espèces exotiques envahissantes. L'instance ou la personne, qui a pris la décision, a généralement estimé que ces effets induits n'étaient pas de sa responsabilité, qu'ils étaient imprévisibles, que des solutions techniques seraient trouvées pour y remédier, et qu'il sera de la seule responsabilité des pouvoirs publics d'organiser la réponse. Reproduire ce schéma d'intervention serait une faute grave, dès lors qu'on en apprécie les conséquences actuelles.

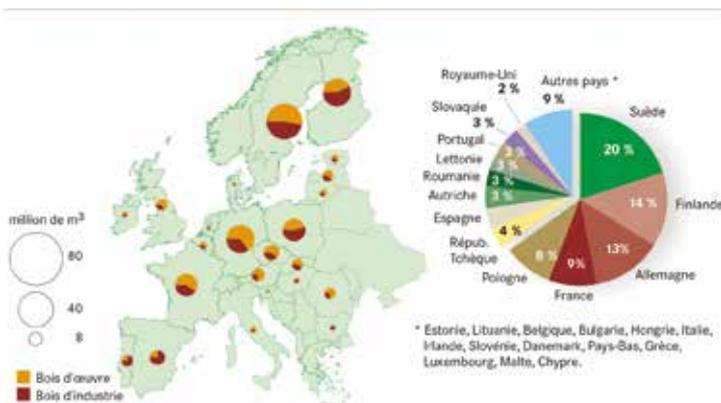
La définition, puis la mise en œuvre de la stratégie choisie par le propriétaire devront prêter attention à tous les effets indirects, secondaires, cumulatifs, à court, moyen et long terme, permanents et temporaires, positifs et négatifs du projet de gestion. L'attention forte prêtée aux signaux faibles et l'identification précoce de tels effets indésirés pourront conduire à des ajustements. Nous entrons dans une époque où les choix ne peuvent plus être faits une fois pour toutes, mais devront être périodiquement réévalués et infléchis, ce qui plaide pour des options techniques révisables, sauf cas particuliers.

La mondialisation économique

La volatilité des cours des matières premières est en partie issue de la confrontation entre l'offre et la demande, variant au gré des récoltes ou des découvertes de gisement économiquement exploitables, du volume des investissements, de la croissance mondiale, de la démographie et de divers autres facteurs. On ne peut totalement exclure une « divine surprise » et une flambée des prix du bois. Mais il serait déraisonnable de faire le seul pari de ce « miracle ». Il semble plus efficace de miser sur des « politiques sans regrets » pour les cinquante prochaines années.

Il ne suffit plus de mettre sur le marché un bon produit, il faut encore qu'il soit aussi perfor-

Figure 1 - 389 millions de m³ de bois d'œuvre et de bois d'industrie récoltés dans l'Union européenne en 2010

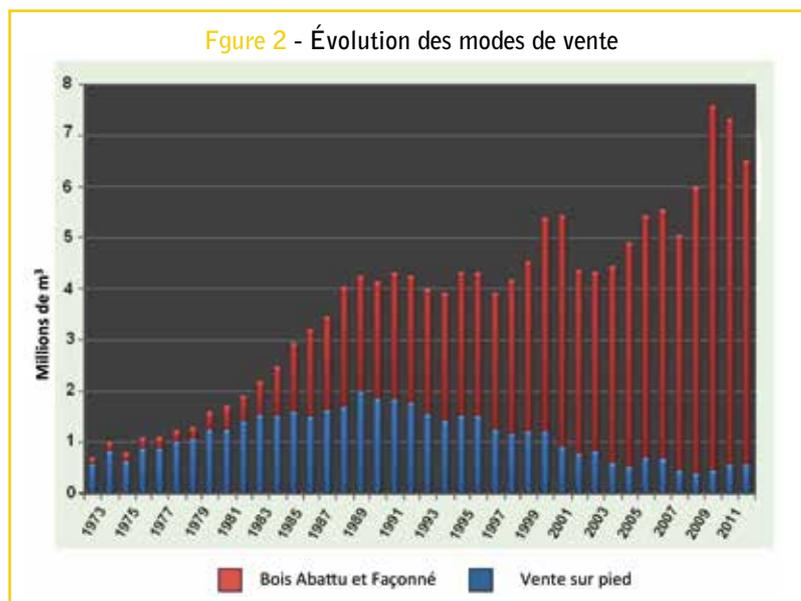


mant que possible sur son créneau de marché. L'inertie du système de production forestière empêche de rêver à une adaptation de la forêt au fil de l'évolution permanente des marchés et des rapports changeants de compétitivité avec les autres producteurs. Même si collectivement, nous décidions de rêver à une adaptation volontariste et à marche forcée de la forêt française au marché (voir les interrogations feuillus/résineux), nous ne pourrions nous permettre d'oublier toutes les incertitudes mentionnées précédemment, et l'acceptabilité collective et individuelle à débattre, du risque afférent à des investissements lourds. Sans préjuger de la réponse à ces questions, nous devons aussi noter qu'il existe d'ores et déjà, des marges de manœuvre possibles, sans doute significatives, en travaillant sur les coûts du bois rendus usine (scierie, usine de trituration ou chaufferie). Comme l'a dit le président Le Picard (UCFF), pour être plus fort, il faut travailler ses points faibles. Une telle stratégie ne peut qu'être payante pour les 50 prochaines années.

Le maillon sur lequel il paraît le plus facilement envisageable de faire des progrès très significatifs au cours des cinquante prochaines années est celui du regroupement de l'offre, de sa qualification commerciale, de l'organisation des chantiers, de la transparence sur la définition des prix, etc.. S'adapter activement à la mondialisation économique passe sans doute par la priorité donnée à mieux organiser le segment de filière allant de la mise en vente du bois à la réception usine, et à faire baisser le coût de chacune de ses opérations élémentaires. Ne sous-estimons par ailleurs pas ce qu'a déjà apporté et continuera à apporter le secteur coopératif sur ce segment.

L'État forestier fragilisé, entre le local et l'international

Tout particulièrement depuis les années 1960, l'État a joué un rôle majeur dans la définition et la mise en œuvre d'une politique forestière prenant en compte toute l'importance et tout le potentiel de la forêt privée. Il l'a fait par divers canaux, notamment le droit forestier, les subventions, la fiscalité, la structuration et le financement d'une grande part du développement forestier, ... L'État joue en fait un double



rôle, à la fois mécanique à travers ses différents modes d'intervention, mais aussi symbolique, en « donnant du sens » à une grande somme d'actions individuelles et collectives, qui traduisent toutes, un pari sur l'enjeu de faire quelque chose plutôt que rien en matière de gestion forestière. Historiquement, cela a été particulièrement visible en situation de crise et de doutes, mais, cela a aussi joué un rôle non négligeable dans les grandes ambitions forestières des années 1960 à 1990, ambitions publiques auxquelles de nombreux propriétaires ont adhéré.

Mais, ce rôle mécanique et symbolique de l'État semble devoir s'affaiblir au cours des cinquante prochaines années. Cela découle certes des difficultés budgétaires et de la redéfinition progressive du rôle de l'État, avec un certain repli vers des fonctions régaliennes. Mais cet affaiblissement tendanciel a également d'autres raisons, qui ne peuvent que se renforcer au cours des cinquante prochaines années :

- > le code forestier est et sera de plus en plus en interaction avec le code d'Environnement et le code de l'urbanisme : qu'en serait-il si, comme certains le préconisent désormais, il était choisi de fusionner code de l'Environnement et code de l'Urbanisme ?

- > le ministère chargé des Forêts n'est plus le seul lieu où se prennent les décisions, qui ont un impact sur la forêt, et il existe d'autres enceintes, tout aussi importantes, où il faut être présent, sans pouvoir considérer automatiquement que le ministère chargé des Forêts y sera en position déterminante : l'État devient pluriel aux yeux des acteurs forestiers ;

> les démarches participatives qui se développent inexorablement conduisent l'État à devoir prendre en compte, mieux qu'avant, les autres acteurs qui revendiquent d'avoir quelque chose à dire sur la forêt et la politique forestière, quittant sans retour le tête à tête avec les seuls acteurs forestiers ;

> sans pouvoir envisager de développer au grand jour une politique forestière communautaire, l'Union européenne interagit de plus en plus avec les déterminants des politiques forestières nationales, certes au niveau de ses directives environnementales, mais tout autant au niveau du droit de la concurrence, de ses processus de normalisation et de sa politique d'aménagement du territoire ;

> les collectivités locales interviennent de plus en plus dans le domaine forestier, certes encore à la marge, sur des objets particuliers, ou en cofinçant des projets sur lesquels elles ne sont pas pilotes, mais elles recherchent de plus en plus une cohérence de leurs interventions et demanderont de plus en plus à devenir des acteurs de référence, sans oublier le potentiel encore non abouti de la planification territoriale.

Dans ce contexte, au cours des cinquante prochaines années, les organisations professionnelles de la forêt privée seront de plus en plus confrontées (mais elles le sont déjà) à devoir :

> élaborer et défendre une vision (et un discours) d'ensemble, allant au-delà de leur grille traditionnelle d'intervention, au-delà de la seule réaction au discours de l'État ;

> entrer résolument dans une logique de présence et de lobbying auprès de l'Union européenne, des autres ministères français, des collectivités territoriales et de leurs groupements, et fréquenter sans complexe ceux qui ne partagent pas la même vision ;

> accepter de se situer dans un univers complexe, supposant ouverture à l'imprévu, réactivité, positionnement médiatique, alliances au cas par cas, controverses,...

De grandes évolutions culturelles

L'enquête de 2009 auprès de 11 106 Européens a mis en évidence une rupture par rapport aux analyses du début des années 2000 : la protection de la forêt n'a désormais plus à être justifiée par le bénéfice des services éco-

systémiques ou par les besoins récréatifs ; elle relève désormais d'un impératif catégorique. Le public européen attache une plus grande valeur à la conservation des forêts et à ses fonctions protectrices qu'à l'utilisation qui peut en être faite.

La France appartient à la grande région Sud de l'Europe, où l'enjeu de la protection l'emporte sur le nécessaire compromis à élaborer entre protection et production, situation que comprend mieux la région Nord de l'Europe. Notre pays appartient également à la région Sud-Ouest de l'Europe où la première menace identifiée par le public concerne les dégâts liés à la gestion et à la récolte du bois. Ceci n'empêche pas une grande majorité du public européen dans son ensemble à se prononcer pour « une gestion plus active, durable et multifonctionnelle ». Mais cela s'accompagne aussi d'une opinion divisée sur les enjeux du bois-matériau renouvelable, et du bois-énergie renouvelable, pour la société. Et cette division est particulièrement nette dans la région Sud-Ouest de l'Europe à laquelle appartient la France.

Pour sans doute longtemps, car les évolutions culturelles obéissent à des logiques qui ne basculent jamais brutalement, nous serons confrontés à un paradoxe. Pour la société, d'un côté, la forêt est un objet sympathique et éthique, quelque chose qui mérite d'être défendu ; d'un autre côté, le bois matériau renouvelable est un objet sympathique, susceptible de contribuer à trouver des solutions à des problèmes qui dépassent la seule forêt. Néanmoins, entre les deux, la gestion forestière et la récolte du bois sont vues de manière globalement négative, comme « occasionnant des dégâts », sans doute en introduisant l'industrie dans la nature, l'économique dans la contemplation... Le secteur forestier est donc confronté à un grand écart qu'il ne comprend souvent pas, mais qu'il s'agit de prendre très au sérieux.

Il est prioritaire de réfléchir à toutes les stratégies possibles permettant de réduire ce grand écart extrêmement dangereux pour la gestion durable des forêts, et plus encore pour l'avenir du bois dans nos sociétés occidentales. Et cela nous invite à simultanément faire évoluer nos techniques de gestion et de récolte, montrer que leurs impacts sont analysés, évités ou réduits, professionnaliser la communication dans ce domaine, et développer une véritable « ingénierie culturelle⁴⁾ ».

4) Au sens où Aldo Leopold, grand forestier américain, et son ami Lovejoy l'entendaient, en remarquant que l'argumentation rationnelle est nécessaire mais pas suffisante dans beaucoup de débats à fort enjeu environnemental : « Le raisonnement est pour l'opinion publique comme l'oxygène pour un corps animal : un peu est vital, mais trop est toxique, induit une souffrance suivie de réactions de défense ».

5) Service central des enquêtes et études statistiques, SCEES, désormais appelé SSP : Service de la statistique et de la prospective.

La démographie des propriétaires forestiers

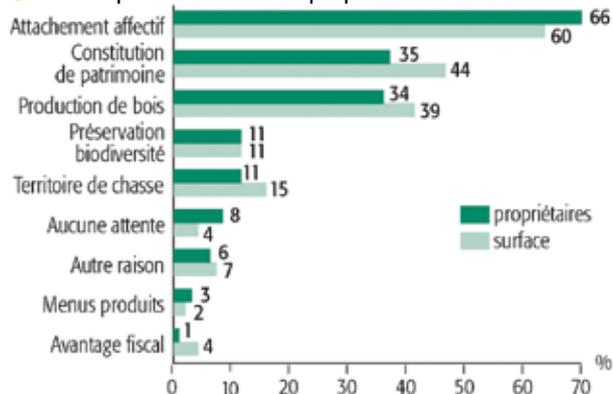
En 2001, près de la moitié des propriétaires forestiers privés étaient retraités. Rares étaient déjà les propriétaires de moins de 40 ans. Ils étaient trois sur quatre à avoir dépassé la cinquantaine, et un propriétaire sur trois avait plus de 70 ans. Au début des années 2010, selon les informations des notaires, l'âge moyen des défunts est de 77 ans, et l'âge moyen des héritiers est 52 ans. (source SCEES⁵⁾)

Mais en 2060, l'espérance de vie à la naissance des hommes augmenterait de 8,2 ans, et celle des femmes de 6,6 ans. Il est donc raisonnable de penser qu'on deviendra progressivement propriétaire forestier par héritage plus tard, et qu'on le restera également plus longtemps, sous réserve bien évidemment des mécanismes de transmission anticipée des biens, dépendant notamment des régimes fiscaux.

Selon le scénario central de l'INSEE (2010), le nombre de personnes de 60 ans et plus augmenterait, à lui seul, de 10,4 millions entre 2007 et 2060. En 2060, 23,6 millions de personnes seraient ainsi âgées de 60 ans ou plus, soit une hausse de 80 % en 53 ans. L'augmentation est la plus forte pour les plus âgés : le nombre de personnes de 75 ans ou plus passerait de 5,2 millions en 2007 à 11,9 millions en 2060 ; celui des 85 ans et plus de 1,3 à 5,4 millions. Il est raisonnable de penser que le regard sur la forêt, la disponibilité et les ambitions en termes d'investissement et de gestion pourraient évoluer avec ce vieillissement moyen, sans même évoquer les conséquences éventuelles, que pourrait avoir sur la gestion forestière le financement familial de la dépendance.

Les organisations professionnelles de la forêt privée ne peuvent échapper à se confronter à cette évolution démographique, à la fois pour ce qui concerne leurs propres modalités de réflexion et de fonctionnement, mais aussi en termes de propositions et services auprès de leurs adhérents (voir les experts et les coopératives). Nous sommes encore largement dans un modèle inspiré par l'image du chef d'entreprise agricole, même si cette inspiration datant des années 1960 sous-estime fortement la logique⁶⁾ propre à la gestion de la forêt privée, dans la diversité des cas de figure rencontrés. Il faut désormais réfléchir

Figure 3 - Principales attentes des propriétaires concernant leur forêt



Champ : France métropolitaine. Propriétés forestières privées de 1 hectare ou plus.

Note de lecture : les pourcentages ne sont pas cumulables. 66 % des propriétaires ont déclaré l'attachement affectif parmi leurs deux principales attentes, ils détiennent 59 % de la surface en forêt.

sans a priori à une nouvelle et large gamme de services et prestations à la carte, prenant mieux en compte simultanément les caractéristiques de la propriété et du propriétaire.

Conclusion générale

Pour nous confronter aux défis des cinquante prochaines années, il est indispensable de prendre conscience de nos présupposés dans nos approches, et de chercher à éviter de prendre des décisions avec des idées déjà périmées, c.à.d. de se tromper avec clairvoyance, selon le raccourci humoristique de certains spécialistes de la prospective.

L'incertitude des cinquante prochaines années nous confronte d'une part aux débats sur la science (science comme forme de croyance, menacée par une crise de confiance) et aux tentations de l'activisme, quand le faire envahit toute réflexion, masque l'angoisse de ne pas avoir de solution adaptée et multiplie les réponses de colmatage.

C'est vrai, mais l'incertitude peut aussi être vécue comme une opportunité de voir émerger des événements positifs, en faisant intellectuellement une petite place pour la sérénité, c.a.d. le caractère d'une découverte inattendue, non anticipée mais potentiellement féconde dans d'autres domaines, survenue au cours d'une recherche⁷⁾. En développant une stratégie cohérente pour prendre en compte les déterminants lourds identifiés, il est possible que nous découvriions de nouvelles potentialités pour la forêt, le bois, et pour d'autres biens et services que nous sous-estimons peut-être actuellement. ■

6) Voir notamment le tableau synthétique commenté par Thomas Formery, issu de l'enquête Résofop, Crédoc, 2011 p. 18.

7) Par exemple, la découverte de la pénicilline par Fleming.

Le réseau AFORCE se met en route vers plus d'innovation...

Le RMT Aforce s'engage pour une nouvelle période de 5 ans. Il réoriente ses actions pour progresser dans la mise à disposition des connaissances et de nouveaux outils. Il vise à promouvoir l'innovation à toutes les échelles. Pour cela, il s'ouvre à l'international et étend ses actions à l'échelle locale pour assurer le partage et la mutualisation des actions et des connaissances.

L'innovation, nouvelle tendance ou réelle stratégie ?

Partenariats Européens pour l'Innovation (PEI), programme de recherche H2020... partout, l'innovation est au cœur des échanges. En contexte de changement climatique, on peut s'interroger : l'innovation ne pourrait-elle pas booster l'adaptation ? Peut-elle apporter des solutions nouvelles ? Doit-on l'encourager pour être mieux armés ? C'est en tous les cas ce que laissent entrevoir la multiplication des programmes et des sources de financement soutenant ce type d'initiatives.

Chercher des solutions ailleurs pour réussir l'adaptation

En matière d'adaptation au changement climatique, deux courants s'opposent. L'un insiste sur le retour aux fondamentaux. L'autre soutient la recherche de solutions et d'outils nouveaux, originaux, révolutionnaires... bref, innovants ! L'espoir étant qu'ils viennent bouleverser nos pratiques. Les deux ne sont pas antagonistes.

Les quatre types d'innovation distingués par l'OCDE¹⁾

- de **produit** : introduction d'un bien ou d'un service nouveau ;
- de **procédé** : mise en œuvre d'une méthode de production ou de distribution nouvelle ou sensiblement améliorée ;
- de **commercialisation** : mise en œuvre d'une nouvelle méthode de commercialisation impliquant des changements significatifs de la conception ou du conditionnement, du placement, de la promotion ou de la tarification d'un produit ;
- d'**organisation** : mise en œuvre d'une nouvelle organisation pratique, du lieu de travail ou des relations extérieures.

Mais comment définit-on l'innovation ? Qu'englobe-t-elle ? On l'associe trop souvent à de « nouvelles technologies ». L'OCDE¹⁾ la définit plus largement comme : « la mise en œuvre d'un produit (bien ou service) ou d'un procédé nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques de l'entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures. »²⁾ (Voir encadré).

D'un point de vue opérationnel et forestier, l'innovation peut consister en logiciels, applications SIG, mécanisation, meilleure utilisation/valorisation des ressources génétiques, amélioration génétique, nouveaux modèles d'organisation sociale, échange entre organismes ou de monitoring, et formation...

Innovation rime avec oser, être proactif, s'adapter, améliorer, se différencier. En complément de la création, de l'invention, de l'imagination, vient s'ajouter une dimension appliquée très importante. L'innovation doit en effet répondre à un besoin d'utilisateur, être non seulement novateur mais aussi utile. Par ailleurs, l'innovation doit s'inscrire dans une logique de marché et répondre à un objectif de rentabilité.

Ce qui est visé avec cet encouragement à l'innovation, c'est de nous faire sortir de notre zone de confort. Et c'est par cela que l'on se rapproche le plus des besoins des forestiers pour faire face au changement climatique. Il faut dépasser les acquis et les connaissances et aller vers des solutions innovantes de gestion et d'organisation. **Aller vers l'innovation, c'est prendre le changement climatique comme une opportunité de faire évoluer la sylviculture.**

Nouvelles orientations du réseau

Au vu de ce constat, le réseau Aforce suit cette tendance dans son nouveau programme. Évalué en fin d'année 2013, après 5 ans d'activité, il a reçu en début d'année **une nouvelle labellisation pour 5 ans**. Il propose pour cette nouvelle période un **programme scientifique et technique** axé sur : (1) stratégies d'adaptation, nouvelles sylvicultures et innovations techniques,

Sommaire

26 Le climat change, vite, trop vite... Comment aider les arbres à le suivre ?

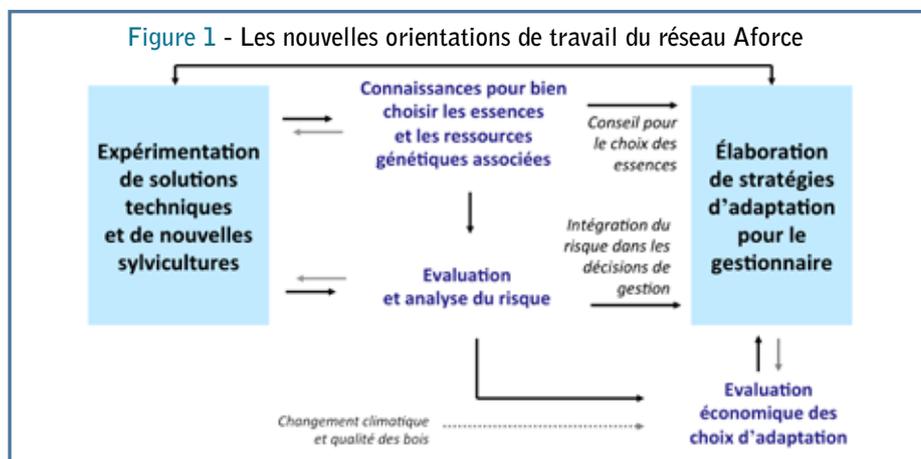
30 Vers un outil d'aide à la décision pour l'adaptation des forêts françaises au changement climatique.

34 Le sapin pectiné en peuplement mélangé est moins sensible à la sécheresse qu'en peuplement pur.

38 Sylviculture adaptative pour le sapin pectiné dans l'arrière-pays méditerranéen.

42 L'architecture des arbres au service des forestiers.

46 Réduire l'âge d'exploitabilité : une stratégie d'adaptation économiquement acceptable face aux risques induits par la sécheresse ?



En savoir⁺
 Retrouvez l'ensemble des travaux du RMT Aforce sur www.foretriveefrancaise.com/aforce/

(2) risque et évaluation économique des décisions de gestion,

(3) choix des essences et provenances (Figure 1). Ces orientations s'appuient sur le bilan de la période d'activité précédente et sur le programme initial du réseau, élaboré à sa création. **L'objectif principal d'Aforce est de produire des outils opérationnels** (guides, clés de détermination, expérimentations, synthèses des connaissances et des expériences pratiques, formations, actions de communication...), **utilisables lors des différentes étapes du processus de transfert.**

Pour mener à bien ces objectifs et suivre ces nouvelles orientations, Aforce prévoit d'organiser ses activités autour de **trois axes de travail**:

- > mise à profit de l'**expertise collective** pour progresser plus rapidement dans l'acquisition des connaissances et pour faciliter leur mise à disposition pour les gestionnaires. Selon le cas, il pourra aussi être fait appel à l'expertise pour la mise au point d'un discours commun entre les acteurs de l'adaptation qui puisse orienter à termes les politiques publiques.
- > de 2009 à 2011, le réseau a permis la mise en œuvre de 15 projets ; certains ayant des résultats directement opérationnels, d'autres axés plutôt sur la fourniture d'éléments de méthode. **Cinq d'entre-deux sont présentés dans ce dossier.** Ces projets sont autant de « pièces d'un puzzle » qui viennent accompagner la mise en œuvre de l'adaptation. Pour les compléter, le réseau prévoit le lancement de **nouveaux appels à projets de R-D-I (Recherche, Développement et Innovation)**. La priorité restera l'association d'acteurs pour le transfert et la diffusion des connaissances aux développeurs et gestionnaires, par la production de résultats opérationnels.
- > participation à la **promotion des nouveaux outils et services** qui se mettent en place, en accord avec leurs propriétaires, pour les rendre accessibles à ses membres et aux forestiers. Leur apport vis-à-vis de l'adaptation des forêts au changement climatique pourra ainsi être précisé. Le réseau propose également de porter les demandes de la communauté en matière de **besoins en indicateurs et en données** pour

mener le diagnostic et les nouvelles études autour du changement climatique. Enfin, une mise en commun facilitée dans le cadre de projets, **des connaissances et des données d'expérimentation, d'observation et de description** sera appuyée.

Nouvelles collaborations pour renforcer et étendre le réseau

Pour contribuer à mener à bien ces travaux, **deux nouveaux partenaires rejoignent le réseau** : **Météo-France**, comme partenaire de R & D et fournisseur de services climatiques, et l'**EFI (European Forest Institute)** qui coordonne la recherche forestière à l'échelle européenne. La collaboration avec ce dernier est en cohérence avec les actions récentes du réseau pour poser les fondements d'un réseau de R & D international. Un atelier international réunissant 8 pays a en effet été organisé début 2014³⁾. L'objectif était de porter à connaissance et de mettre en parallèle les stratégies et plans d'action pour l'adaptation mis en place par les forestiers dans ces différents pays. Les échanges ont mis en exergue une volonté partagée de mettre en commun les expériences et de mutualiser les connaissances, témoignant ainsi du besoin qu'ont les forestiers de s'unir pour agir plus efficacement dans un contexte de grande incertitude.

En parallèle, Aforce souhaiterait au cours des 5 prochaines années encourager et organiser la mise en place en région de collaborations inter-organismes autour des questions d'adaptation au changement climatique. Il s'appuiera pour cela sur les réseaux déjà existants au sein des organismes partenaires tels que celui des correspondants changement climatique des CRPF.

Ainsi, les défis du changement climatique contribuent à renouveler les réflexions des forestiers sur leur connaissance des essences forestières, des stations forestières et de leurs vulnérabilités, leurs raisonnements économiques d'investissement en tenant compte des risques, les équilibres entre les services rendus par la forêt à la société, mais aussi en développant d'autres manières de partager les informations. ■

1) Organisation de Coopération et de Développement Économiques.

2) Manuel d'Oslo, 3^e édition, OCDE, 2005.

3) <http://www.foretriveefrancaise.com/atelier-international-400283.html>

Le climat change, vite, trop vite...

Comment aider les arbres à le suivre ?

par Hervé Le Bouler¹⁾, Myriam Legay¹⁾ et Philippe Riou-Nivert²⁾

1) ONF département R&D,
2) CNPF-IDF

Les changements climatiques sont dorénavant une préoccupation de la société. Mais nombre de personnes considèrent encore qu'il s'agit de perspectives lointaines et que c'est une affaire de spécialistes.

Il en va autrement pour le forestier qui s'interroge : quels seront les impacts sur la forêt ; les arbres ? Auront-ils à subir des effets pouvant compromettre leur maintien ? Faudra-t-il alors changer d'essence ? Quand ? Comment ?

*Ces questions ont motivé le projet **NOMADES - NOuvelles Méthodes d'Acclimatation Des ESsences forestières**. Des méthodes pour encadrer la réflexion et les essais sur l'introduction d'essences ou de provenances sont proposées.*

NOMADES : une première "boîte à outil" pour l'adaptation des essences

La substitution d'essences au sein des peuplements forestiers est l'une des mesures d'adaptation possibles pour faire face aux impacts des changements climatiques. Elle intervient dans le cas où l'adaptation naturelle et l'ajustement des provenances se révéleraient inopérantes. Pour répondre aux interrogations des gestionnaires qui souhaitent prévoir des réorientations d'itinéraires techniques, des conseils sur les introductions possibles sont requis rapidement. Le projet NOMADES a fait un premier point sur le sujet.

Le projet aborde d'abord le problème sous l'angle général des introductions faites dans le passé sur le territoire métropolitain. Ce bilan est complété par une synthèse historique de l'émergence de la compréhension des relations entre les arbres et le climat.

Le projet a également permis d'améliorer les approches de modélisation mathématique en élaborant un outil en mettant en évidence la compatibilité entre le climat et la présence des essences forestières. Cet outil permet d'évaluer, à l'échelle d'une région, la vulnérabilité des essences en place face aux changements annoncés. Le même outil permet d'identifier les essences, localement présentes ou absentes, susceptibles de supporter les climats futurs. L'ensemble de ces démarches de modélisation génère des incertitudes de tout ordre qui ont été analysées.

Une seconde approche a été utilisée. Elle s'appuie sur les informations disponibles

concernant le comportement réel des essences introduites sous divers climats. Il s'agit en particulier des informations que les partenaires ont à leur disposition dans le cadre de l'évaluation en cours des plantations passées (tests, arboretums...). Ce bilan est confronté aux connaissances générales disponibles sur l'autécologie des essences.

Enfin, NOMADES propose un protocole expérimental simple de mise en place d'essais d'introduction d'essences ou provenances, utilisable par les organismes de développement et facilement duplicable. Ce projet a réuni l'Inra, l'ONF, le CNPF (IDF et CRPF), le FCBA, la Société forestière de la Caisse des Dépôts et Consignations et les services forestiers du ministère de l'Agriculture.

Retour d'expérience sur les introductions passées

Grâce à l'analyse des résultats de l'Inventaire forestier national (IFN), à l'utilisation des archives du Fonds forestier national (FFN) pour la période 1950-2000 et à diverses sources bibliographiques, il a été possible de dresser un paysage des introductions d'essences.

À partir de la fin du XVIII^e siècle, se sont développés des plantations et des semis artificiels d'essences autochtones hors de leur aire naturelle, (12 % des surfaces) : pin sylvestre, pin maritime, épicéa commun. Enfin, le XX^e siècle a vu se développer l'introduction d'exotiques *sensu stricto* (7 %) : douglas, chêne rouge, cèdre, épicéa de Sitka...

Au-delà de ces chiffres bruts, la documentation des provenances utilisées et des causes

de réussite et d'échec est rare ou peu accessible. Ce constat conduit à préconiser le renforcement des études historiques générales et à recommander la valorisation et la mutualisation des connaissances sur les essais d'introduction passés.

Comprendre les relations entre les arbres et le climat

L'idée qu'il existe des relations de cause à effet entre le climat et la répartition des arbres, et plus globalement des plantes, est ancienne. En 1805, Humboldt constate l'existence de ceintures de végétation, homogènes selon la latitude et la longitude. Il suggère des causes climatiques. En 1855, de Candolle découvre l'importance des précipitations et de leur répartition annuelle. Il comprend que les climats du passé expliquent en partie la répartition actuelle des espèces d'arbres et que celles-ci ont migré dans le temps. Il comprend aussi que chaque espèce a des exigences propres vis-à-vis du climat.

Il faut attendre le XX^e siècle pour que les chercheurs analysent les relations complexes entre la température et les précipitations, et expliquent la sensibilité des plantes à la sécheresse. Ce n'est que récemment, après 1950, que l'on a pu disposer d'outils de calcul pour mesurer les besoins réels en eau des plantes. En croisant ces besoins avec les précipitations et leur répartition, on peut dorénavant faire des bilans hydriques en introduisant l'effet tampon de la réserve en eau du sol.

Cette connaissance des relations entre plantes et climat a rendu alors possible la construction de modèles mathématiques susceptibles, espèce par espèce, de déterminer leurs limites de tolérance aux composantes du climat. Ces modèles permettent de présumer si le climat local sera ou non compatible avec une présence durable de l'espèce.

En climat stable et par définition, les essences forestières au sein de leur aire naturelle sont adaptées au climat. L'expérience des siècles passés a pratiquement conduit à faire le tour des espèces qui pouvaient ou non être introduites avec bénéfices.

Il en va tout autrement en climat changeant. La modélisation permet de diminuer l'incertitude sur deux questions essentielles :

- le climat local futur sera-t-il toujours compatible avec les essences déjà présentes ?
- comment raisonner l'introduction éventuelle d'autres essences ?

À partir de l'ensemble des lieux de présence de l'espèce en contexte forestier, et en prenant en compte les conditions climatiques qui y règnent, on cherche à identifier les facteurs climatiques qui constituent ses limites de compatibilité.

La mise en œuvre passe par plusieurs phases :

- 1) **rassembler un maximum d'informations sur les lieux de présence de l'espèce.** Les meilleures données sont fournies par les inventaires forestiers nationaux qui, généralement, ne couvrent pas la totalité de l'aire de répartition des essences. On peut également utiliser les cartes de répartition, plus ou moins fiables et précises. On peut enfin tenir compte des présences signalées dans les inventaires botaniques, les herbiers, les parcs et les arboretums. Toutes ces données de présence accumulées doivent faire l'objet d'une analyse attentive : a-t-on oublié des régions importantes pour l'espèce ? La présence signalée est-elle vraiment significative ?
- 2) **déterminer le climat qui règne dans les lieux de présence identifiés ;** on dispose aujourd'hui de bases de données climatiques mondiales en haute résolution qui facilitent grandement ce travail ;
- 3) **trouver des modèles mathématiques et des méthodes statistiques qui permettent d'établir un lien calculable entre présence de l'espèce et climat.**

Au final, les modèles statistiques décrivent essentiellement le climat des zones où l'essence est présente, il s'agit souvent de son aire naturelle.

Ces limites calculées, propres à chaque espèce, ne signifient pas pour autant que celles-ci soient réellement inaptes à se développer ou à se maintenir sous d'autres climats. Résoudre cette incertitude, ou en tout cas la comprendre et la réduire est essentiel pour le forestier. C'est l'un des enjeux majeurs des travaux de recherche actuels.

Rassembler les connaissances en autécologie

Le climat est essentiel mais ne renseigne pas sur l'ensemble des exigences des espèces. De multiples autres facteurs écologiques interviennent, tels que le sol et la sensibilité aux parasites. Dans une logique sylvicole, il est également indispensable de prendre en compte le potentiel de croissance et la qualité

des bois. Plus largement, vis-à-vis de la gestion durable et de la multifonctionnalité des forêts, il faut aussi intégrer des aspects relatifs aux paysages et à l'impact sur la biodiversité. Dans cette logique, 34 critères de choix répartis en 7 grandes catégories sont identifiés : 3 pour la production, la gestion et les services écosystémiques, 3 pour le climat, le sol, et l'adaptabilité et 1 pour les risques. Une quarantaine d'espèces a pu être étudiée.

Le niveau d'information réuni dans ces grilles est très variable selon les essences. Pour beaucoup, il s'agit de dires d'experts, mais une bibliographie plus ou moins fournie est ajoutée chaque fois que possible. Ces grilles sont à considérer comme un premier dégrossissage, fait dans le cadre du projet avec un temps et des moyens limités. Elles mettent cependant bien en évidence le niveau d'information et les lacunes à combler pour certaines essences.

Expérimenter l'introduction de nouvelles essences

Les tâches précédentes ont permis de se faire une idée des essences potentielles à introduire par région, au cas où il serait nécessaire de procéder à une substitution des essences autochtones (ou acclimatées) pour cause de dépérissement.

Ces essences potentielles, ont des performances souvent inconnues. Pour qu'une essence potentielle devienne une essence conseillée, il faut qu'elle ait d'abord fait ses preuves : adaptation aux stations de la région, au cortège phytosanitaire, bonne croissance, forme correcte, bonne insertion dans le paysage, impacts acceptables sur la biodiversité présente. Seules des expérimentations préalables peuvent permettre de se faire une idée concrète de l'intérêt réel d'une essence potentielle et de comparer entre elles plusieurs essences ou provenances candidates. Ces expérimentations sont à mettre en place dès aujourd'hui car leur délai de réponse est long : au minimum 10 ans.

NOMADES fournit un protocole rigoureux, simple, robuste et peu coûteux à utiliser de mise en place d'un essai de comparaison d'essences ou de provenances d'une même essence. Les étapes de la mise en place d'un essai sont décrites et assorties de fiches type, le tout inséré dans un dossier d'expérimentation. Un exemple d'utilisation concrète de ce protocole et de documentation des fiches a été réalisé lors de l'installation d'un site expérimental pilote en région Centre. Ce site servira de support à des formations.

Le tout premier retour d'expérience montre que ces plantations expérimentales cumulent les soucis ordinaires de tout planteur avec les aléas de l'expérimentation. Il s'agit en particulier de la difficulté à trouver les plants et les bonnes provenances de certaines essences envisagées, aujourd'hui absentes des pépinières. Ces essences nouvelles, potentiellement adaptées aux climats futurs doivent aussi l'être au climat actuel. Des problèmes de tolérance au froid hivernal se sont ainsi manifestés dès le premier hiver (Pin maritime).

Synthèse : comment décider en situation d'incertitude ?

La quasi-certitude d'impacts affectant la pérennité des écosystèmes forestiers et des biens et services associés pose la question des moyens à mettre en œuvre pour adapter les forêts aux changements climatiques. Le changement du portefeuille d'essences ou de provenances fait partie des réponses adaptatives possibles.

Le choix de l'essence est une question pratique à laquelle le forestier a dû de tout temps répondre, en particulier lors du stade de renouvellement, dans le cas des peuplements équiennes.

La quasi-stabilité climatique globale, tout au long des deux derniers siècles où s'est déployé l'art sylvicole, a mis en valeur l'intérêt des essences locales. Bien que l'histoire des migrations postglaciaires ait comporté une part d'aléas, on a pu en tirer le principe pratique que l'usage des essences et provenances locales garantit contre les risques d'erreur vis-à-vis de l'adaptation au contexte pédoclimatique (et plus largement au contexte écologique) local.

Cependant, la fin, sans espoir de retour dans le temps forestier, de la stabilité climatique locale, oblige à réviser radicalement le principe d'ajustement automatique des espèces et provenances locales au climat local.

Le désajustement est potentiel partout mais n'est pas systématique et oblige à analyser les causes et conditions de l'ajustement. Ce champ de questionnement relève, entre autres, des modèles d'enveloppe climatique. Une fois déterminées, avec des incertitudes importantes, les enveloppes climatiques par essences et provenances, on se trouve confronté à une autre incertitude : celle du futur climat local. Les résultats du GIEC, dans leur version publiée la plus récente, ont permis de l'étudier. Ils mettent en lumière le problème

posé en France par l'incertitude sur l'évolution des précipitations. Or, elles déterminent le bilan hydrique, essentiel en termes d'adaptation des essences.

Il apparaît que, quels que soient les efforts de recherche, des incertitudes d'origines diverses (climat, réponse des essences) perdureront et ne pourront être levées dans le temps où des décisions incontournables de gestion telles que le choix de l'essence devront être prises. « Comment agir en situation d'incertitude irréductible ? » est un enjeu relativement nouveau par son ampleur et ses conséquences pour les forestiers. Cet enjeu est un sujet de recherche en soi.

L'action en recherche-développement devrait prendre ou confirmer les orientations suivantes :

- organiser et mutualiser les travaux au niveau national et international pour que la réflexion sur la gestion des incertitudes soit partagée entre les experts ;

- expliciter clairement les incertitudes aux parties prenantes : gestionnaires forestiers, pouvoirs publics, société.

Les décisions incontournables à prendre en situation d'incertitudes irréductibles sont, par excellence, un terreau fertile pour le développement de polémiques publiques, pouvant conduire à des blocages, conflits et finalement à l'inaction. L'association, très en amont, de ces acteurs non-experts scientifiques aux travaux de recherche-développement est un moyen d'éviter cet écueil ; cela suppose que soient bien définies les conditions de leur participation. Le cadre général du PNACC et l'existence du RMT Aforce sont particulièrement adaptés pour accueillir cette démarche de co-construction. ■

Résumé

Le projet NOMADES - Nouvelles Méthodes d'Acclimatation Des ESSences forestières - a pour objectif de préciser l'adaptation des essences au climat actuel et aux climats futurs potentiels. De nombreux aspects sont étudiés : l'adéquation des essences à leur aire actuelle, la compréhension des relations essences-climat, l'intégration d'autres facteurs (sols, parasites...), la modélisation des limites actuelles et leur aptitude à se développer ou à se maintenir sous d'autres climats, selon 34 critères. NOMADES fournit en outre un protocole rigoureux de mise en place d'essais de comparaison d'essences ou provenances.

Mots-clés : changement climatique, acclimatation, essences forestières, modélisation.

Représentation de l'évolution potentielle de la zone de compatibilité climatique d'une essence X, sous l'effet des changements climatiques

X représente une essence de plaine standard, croissant sous climat tempéré.

La zone verte représente la zone de compatibilité climatique : régions où les conditions climatiques, présentes ou futures sont compatibles avec les exigences climatiques de l'essence. Ces exigences sont calculées en référence aux climats des lieux où l'essence est actuellement présente.

Les cartes n'indiquent pas les lieux où l'essence sera réellement présente dans le futur, mais seulement là où le climat sera compatible.

Situation en climat actuel (1980-2000)



La zone de compatibilité climatique est limitée vers le sud par la sécheresse, vers le nord et en altitude par le manque de chaleur estivale et vers l'est par la continentalité et par le froid hivernal.

Situation en climat futur modélisé (2050-2070)** - Scénario 1



À cet horizon, les changements de l'aire sont modérés. L'évolution du climat équivaut à une augmentation de la température de 2 à 3 °C et à une baisse légère des précipitations estivales.

La zone de compatibilité climatique se réduit par le sud (Loire Garonne) du fait d'une sécheresse croissante. Elle s'étend* (1) vers le nord et en altitude du fait de l'augmentation de la chaleur estivale et (2) modérément vers l'est du fait de la diminution faible de la continentalité et du froid hivernal.

Situation en climat futur modélisé (2050-2070)** - Scénario 2



À cet horizon, les changements de l'aire sont importants. L'évolution du climat équivaut à une augmentation de la température de 4 à 5 °C et à une baisse significative des précipitations estivales.

La zone de compatibilité climatique disparaît presque complètement de France par le sud (Loire Garonne) du fait d'une sécheresse croissante. Elle s'étend* (1) fortement vers le nord et en altitude du fait de l'augmentation de la chaleur estivale et (2) très fortement vers le nord-est, du fait de la diminution de la continentalité et du froid hivernal.

1) La continentalité mesure la différence des températures entre l'hiver et l'été, faible en Europe à proximité de l'océan, de plus en plus forte vers l'est.

* S'il y a extension de la zone de compatibilité climatique, cela ne signifie absolument pas que l'essence va forcément s'y répandre. En effet, le temps nécessaire à la mise en place d'une migration naturelle est trop lent comparé à la vitesse des changements modélisés.

** Projections futures de la zone de compatibilité climatique de l'essence, réalisées à partir du modèle de niche IKS, en cours de finalisation.



Vers un outil d'aide à la décision pour l'adaptation des forêts françaises au changement climatique

par Alice Michelot-Antalik¹⁾, Sophie Gachet²⁾, Myriam Legay³⁾, Guy Landmann⁴⁾

© Alice Michelot-Antalik

1) Laboratoire Agronomie et Environnement Nancy Colmar, UMR 1121 Université de Lorraine - Inra

2) Institut méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie marine et continentale UMR CNRS 7263 - IRD 237 - Aix Marseille Université.

3) Office national des forêts.

4) Groupement d'intérêt public Ecofor.

Le défi de l'adaptation des forêts au changement climatique révèle l'insuffisance de nos outils de caractérisation de l'écologie des essences forestières. Le besoin d'approches plus quantitatives et de développement d'outils d'aide à la décision était au cœur du projet Traitaut (Traits fonctionnels et autécologie des essences forestières, 2012-2013), co-financé par le GIP Ecofor et le RMT Aforce.

Quelles stratégies d'adaptation ?

Le changement climatique et la concentration accrue de CO₂ dans l'atmosphère modifient le fonctionnement des peuplements forestiers et leur composition. Ces effets ont notamment des répercussions sur la production de bois et la séquestration du carbone. Les processus naturels de migration et d'adaptation génétique n'auront probablement pas le temps de suivre l'évolution très rapide des conditions environnementales, ce qui incite à rechercher des stratégies d'adaptation de la gestion forestière. Un véritable défi pour les gestionnaires forestiers publics et privés qui devront adapter la composition de leurs peuplements, malgré des incertitudes irréductibles sur la nature et l'ampleur du changement climatique. En termes de choix d'essences, plusieurs stratégies, non exclusives les unes des autres, peuvent être envisagées :

- diversifier les provenances en place,
- augmenter le nombre d'essences différentes en favorisant les mélanges d'essences sur une même parcelle ou les mélanges de peuplements purs diversifiés à l'échelle du paysage,
- planter des essences autochtones ou allochtones.

Ces stratégies doivent être complétées par des réflexions sur le type de traitement sylvicole approprié (calendrier et intensité des éclaircies, durée des révolutions, densité des arbres...) et les conséquences sur le fonctionnement des écosystèmes.

Autécologie et traits fonctionnels

Afin d'établir ces stratégies, il est nécessaire de connaître l'autécologie des essences forestières, qui peut être définie comme la **science des réponses biologiques de chaque espèce aux facteurs abiotiques** (ex: température, précipitations, fertilité minérale...). Comme la répartition d'une espèce est non seulement due à des facteurs abiotiques, mais également aux interactions entre êtres vivants, ce concept a été étendu en incluant la réponse biologique des espèces aux facteurs biotiques, ainsi que les différents niveaux d'organisation du vivant. La prise en compte de la modification rapide des conditions climatiques incite à repenser cette approche en incluant cette fois des variables biologiques reliées quantitativement aux facteurs abiotiques et biotiques et au fonctionnement des écosystèmes, comme les **traits fonctionnels**.

Tableau 1 - Liste des essences dont les informations autécologiques sont recueillies prioritairement

Type	Nom commun	Nom latin
Essence principale	Sapin pectiné, Châtaignier, Hêtre, Épicéa, Pin maritime, Pin sylvestre, Chêne vert, Chêne sessile, Chêne pubescent, Chêne pédonculé	<i>Abies alba</i> , <i>Castanea sativa</i> , <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Picea abies</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Quercus petraea</i> , <i>Quercus pubescens</i> , <i>Quercus robur</i>
Essence secondaire	Érable plane, Érable sycomore, Aulne de Corse, Bouleau, Merisier, Cormier, Tilleul à petites feuilles	<i>Acer platanoides</i> , <i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Alnus cordata</i> , <i>Betula pendula</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Sorbus domestica</i> , <i>Tilia cordata</i>
Essence allochtone utilisée	Cèdre de l'Atlas, Pin laricio, Douglas, Robinier faux acacia	<i>Cedrus atlantica</i> , <i>Pinus nigra ssp laricio var corsica</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i>
Essence allochtone non utilisée	Sapin de Nordmann, Eucalyptus	<i>Abies nordmanniana</i> , <i>Eucalyptus globulus</i>

Tableau 2 - Critères de tri des publications recensées sur le site internet Traitaut

Catégorie	Critère de tri
Facteur climatique	Température, rayonnement, vent, précipitations, humidité de l'air, brouillard, évapotranspiration potentielle, gel, neige
Facteur édaphique	Réserve utile, alimentation hydrique, engorgement, richesse minérale, C/N, pH, type d'humus, profondeur utile, profondeur de carbonatation, texture
Facteur biotique	Insecte, champignon, organisme symbiotique, autre
Type de réponse	Productivité, répartition, qualité du bois, état sanitaire, phénologie, capacité de dispersion, résistance
Type d'approche	Physiologie, écophysiologie, écologie des populations, écologie des communautés, écologie du paysage, génétique, dendrochronologie, sciences forestières

Ce sont des **caractéristiques mesurables influençant la survie et la reproduction des arbres**, telles que la surface des feuilles, la taille des graines, la densité du bois ou encore la capacité photosynthétique.

Le projet Traitaut

D'une durée d'un an, le projet Traitaut s'est inscrit dans la recherche d'une nouvelle approche de l'autécologie pour faciliter l'adaptation des forêts au changement climatique. Afin d'organiser une dynamique collective à l'échelle nationale, il a réuni les chercheurs, agents du développement, gestionnaires et décideurs. Ses objectifs étaient les suivants :

- 1) constituer une communauté recherche et développement (R & D) dans le domaine de l'autécologie des essences forestières et des traits fonctionnels ;
- 2) étudier l'apport des traits fonctionnels pour l'approche quantitative de l'autécologie ;
- 3) réaliser une synthèse clarifiant les contours de l'autécologie et décrivant son utilisation dans les outils d'aide à la décision dans le contexte du changement climatique ;
- 4) établir un cahier des charges pour l'élaboration d'un outil d'aide à la décision pour l'adaptation des forêts françaises au changement climatique.

Une consultation élargie d'experts a permis d'établir une **liste de 23 essences forestières** (Tableau 1), pour lesquelles l'information autécologique a été recueillie prioritairement.

La plateforme web : espace d'échanges et base de sources bibliographiques

Une plateforme web a été mise en place lors du projet pour constituer une communauté R & D (<http://traitaut.gip-ecofor.org>). Elle contient :

- un annuaire des membres ;
- un recensement des **outils** (logiciel, cartographies...) intégrant l'autécologie des

essences forestières dans le contexte du changement climatique ;

- un **espace d'échanges** sur les projets et travaux en lien avec Traitaut ;

- une **base de sources bibliographiques**.

Cette base de sources bibliographiques est libre d'accès pour la consultation ou pour l'ajout de nouvelles publications (après simple inscription). Les publications peuvent être triées par essence, facteur abiotique, facteur biotique, type de réponse biologique et type d'approche (Tableau 2), facilitant ainsi la recherche et l'appréciation des contenus.

L'apport des traits fonctionnels

Les **traits fonctionnels** permettent de caractériser la réponse du peuplement forestier à son environnement (ex : climat, pratiques de gestion...) et peuvent avoir un effet direct sur le fonctionnement de la forêt (ex : capture de la lumière, dispersion des graines...). Afin de déterminer leur apport pour l'approche quantitative de l'autécologie, la **base de données TRY**¹⁾ a été utilisée. Elle regroupe 93 bases de données différentes²⁾ et 52 traits pour un total de 300 000 espèces végétales à l'échelle mondiale. Nous avons consulté les valeurs de 35 traits pour la liste des 23 essences forestières retenues.

La consultation de la base TRY a montré qu'elle contient un grand nombre de données avec des traits variés (traits foliaires, échanges gazeux, anatomie du bois...). Les espèces qui ont le plus grand nombre de valeurs de traits sont le Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*), l'Épicéa commun (*Picea abies*), le Chêne vert (*Quercus ilex*), le Chêne sessile (*Quercus petraea*) et le Hêtre (*Fagus sylvatica*). Les **traits foliaires** représentent plus de la moitié des valeurs dans la base (Figure 1). La variabilité des valeurs de traits au sein d'une même essence et du nombre de mesures rend difficile l'obtention d'une moyenne comparable entre essences (exemple pour la densité du bois, figure 2).

1) Kaatge *et al.*, 2011.

2) Les bases de données élémentaires qui constituent TRY regroupent un ensemble de mesures de traits (publiées ou pas) pour un nombre variable d'espèces à différentes échelles géographiques.

Les données de TRY pourraient être utilisées afin de **paramétrer des modèles** de croissance et de distribution des essences nécessaires au fonctionnement d'outils d'aide à la décision. En revanche, il manque généralement les valeurs des facteurs abiotiques pour chaque mesure, qui seraient pourtant indispensables à la construction des **courbes de réponse** de chaque essence aux facteurs abiotiques.

Zoom sur les outils d'aide à la décision d'autres pays

Nous avons analysé les outils d'aide à la décision développés au niveau international dans le contexte du changement climatique. Trois outils ont retenu particulièrement notre attention :

- le logiciel **ESC (Ecological Site Classification)**, mis en place en 2001 au Royaume-Uni par la *Forestry Commission*. Dans cet outil, des fonctions de réponses à dire d'expert décrivent la productivité relative

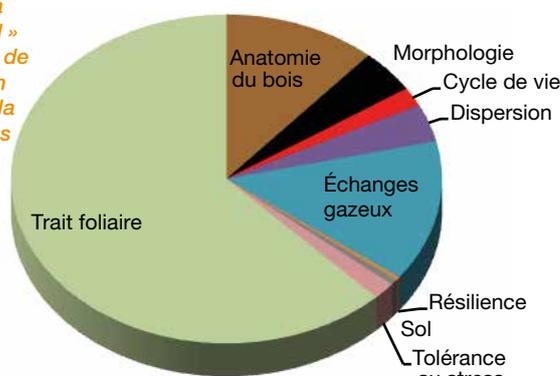
de chaque essence sur chaque site selon quatre facteurs climatiques et deux facteurs édaphiques. Les valeurs seuils de cette productivité permettent de définir l'acclimatation de l'essence pour la période de référence (1961-1990), mais également pour la période future (2050) où deux facteurs climatiques sont modifiés selon des scénarios climatiques. Des cartes permettent de visualiser les changements d'acclimatation de chaque essence forestière entre ces deux périodes. Cet outil présente l'avantage d'être simple d'utilisation pour les gestionnaires et fonctionne à l'échelle nationale. En revanche, la productivité est la seule réponse qui est prédite et les fonctions de réponse sont construites à partir des concertations d'un nombre limité d'experts, sans validation scientifique.

- **AFFOREST**, créé en 2004 dans le cadre d'un programme européen rassemblant la Suède, le Danemark, les Pays-Bas et la Belgique. Grâce à un modèle qui simule les processus biologiques et les cycles de nutriments du sol, l'effet de l'afforestation est testé en simulant les fonctions de réponse de la séquestration de carbone, du lessivage des nitrates et de la recharge en eau du sol. Une analyse de décision multicritère permet aux utilisateurs d'être guidés dans leur choix de gestion: le choix d'essences, le niveau de préparation du sol et le taux d'éclaircie. Cet outil permet de rendre accessible aux gestionnaires des approches basées sur les processus biologiques par le biais d'une version simplifiée du modèle d'origine. Cependant, il est limité concernant le choix d'espèces (restreint à quatre) et n'intègre pas l'effet des scénarios climatiques futurs.

- **DSD (Decision Support Dobrova)**, établi en 2001 à l'Université des ressources naturelles et des sciences de la vie de Vienne. Il permet aux gestionnaires d'obtenir une liste d'essences et de traitements sylvicoles potentiellement adaptés au climat futur. Il évalue les différentes stratégies adaptatives en termes de production de bois, de conservation de la biodiversité et de maintien de la productivité grâce à un modèle de croissance et une analyse multicritère. Cet outil s'inscrit dans les préoccupations actuelles d'adaptation de la gestion forestière en prenant en compte les incertitudes et les risques écologiques et économiques ainsi que des choix d'essences en peuplement pur ou mélangé. Cette approche complète est cependant établie sur une faible étendue spatiale et les scénarios climatiques considérés sont limités.

Figure 1 - Répartition des traits par catégorie d'après la consultation de la base TRY

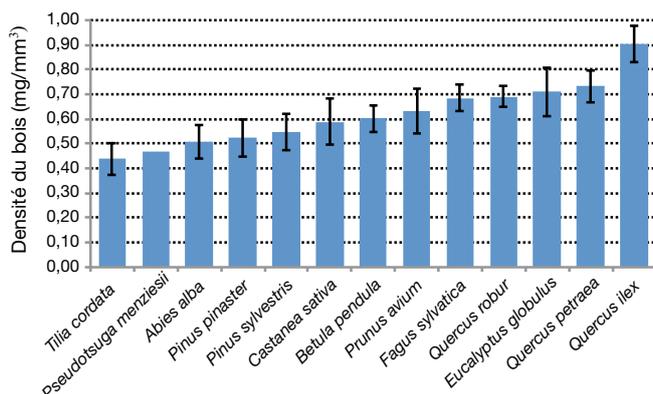
Les traits de la catégorie « sol » sont la vitesse de décomposition de la litière et la profondeur des racines.



Auteur : Alice Michelot-Antalik

Figure 2 - Densité moyenne du bois par espèce (± écart-type) d'après la consultation de la base TRY

Le nombre de valeurs moyennées par essence varient de 1 (*Pseudotsuga menziesii*) à 1252 (*Pinus sylvestris*) suivant le nombre variable de mesures réalisées pour les différentes bases de données constituant TRY.



Auteur : Alice Michelot-Antalik

Pour plus de détails, vous pouvez consulter la synthèse réalisée (Michelot *et al.*, 2013).

Vers un outil d'aide à la décision en France

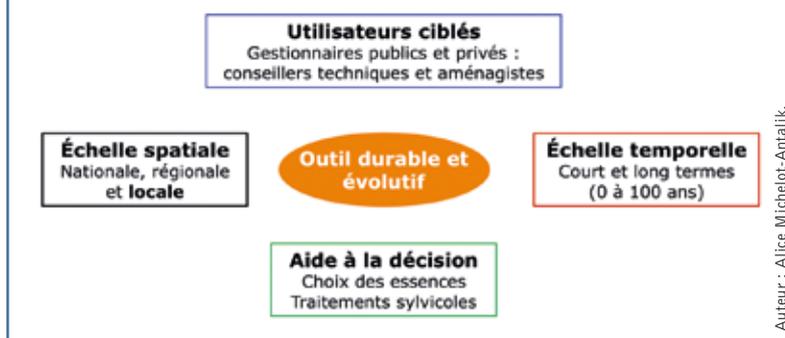
Le projet Traitaut a abouti à un cahier des charges et à un pré-projet pour la construction d'un **outil français** (figure 3) visant à aider les gestionnaires forestiers privés et publics dans leur choix en contexte de changement climatique. Une **co-construction de l'outil** associant gestionnaires et chercheurs est primordiale, afin d'assurer son adéquation par rapport aux besoins des gestionnaires et son utilisation dans les pratiques.

Les **modèles écologiques utilisés dans l'outil** peuvent être développés aux trois échelles spatiales impliquant des décisions de gestion adaptative : nationale, régionale et locale (parcelle et massif). Ils permettent de simuler la productivité et l'aire de distribution potentielle des essences à l'horizon 2050-2100 à partir d'un ensemble de facteurs climatiques et édaphiques. Un des défis dans l'utilisation de ces modèles à des fins d'aide à la décision est le passage d'une échelle spatiale large à une échelle plus petite, ce qui implique l'obtention des facteurs climatiques et édaphiques à une faible résolution sans trop augmenter la marge d'incertitudes. Des **sites expérimentaux** doivent être suivis dans différentes régions pour valider de tels modèles à l'échelle locale ou régionale.

Planter une essence potentiellement adaptée au climat futur ne suffit pas à assurer l'avenir d'un peuplement face au changement climatique car les choix de gestion sont aussi déterminants. C'est pourquoi il est nécessaire de **coupler ces modèles écologiques à des modèles de simulation de croissance** contenant des itinéraires sylvicoles. Ce type de modèles existe déjà et la plupart des modèles développés en France sont regroupés sous la plateforme Capsis (Dufour-Kowalski *et al.*, 2012).

Ces stratégies doivent parallèlement être évaluées d'un point de vue **socio-économique**, à travers des modèles, pour envisager les risques pour les gestionnaires en prenant en compte le spectre d'incertitudes liées au changement climatique. L'approche économique peut être également utilisée pour évaluer l'apport de la diversification en essences, la quantité de carbone séquestré, voire pour analyser ce qui guide les choix de gestion des

Figure 3 - Schéma général du cahier des charges pour l'élaboration d'un outil d'aide à la décision pour l'adaptation des forêts au changement climatique.



propriétaires forestiers en contexte incertain.

L'élaboration de cet outil doit se faire progressivement dans une plateforme dédiée. La construction de cette plateforme doit garantir sa **pérennité**, en intégrant l'évolution rapide des connaissances et des modèles, et sa **facilité d'accès et d'utilisation** pour les différents utilisateurs ciblés.

Conclusion

Le projet Traitaut a rassemblé une communauté R & D autour des questions de stratégies adaptatives en contexte de changement climatique. Il a abouti à une plateforme web interactive et s'est appuyé sur des expériences internationales pour mettre en œuvre les contours d'un outil d'aide au choix des essences et traitement sylvicole associé en France, qu'il est urgent de matérialiser. ■

Résumé

Le projet Traitaut visait à développer une nouvelle approche quantitative pour caractériser l'autécologie des essences en contexte de changement climatique. Une communauté de recherche et développement et une plateforme web contenant une base de sources bibliographiques sur différentes essences ont été mises en place. L'apport potentiel des traits fonctionnels à l'autécologie des essences a été étudié. Les outils d'aide à la décision européens ont été analysés et comparés afin d'étayer l'élaboration d'un cahier des charges pour un outil en France.

Mots-clés : autécologie, trait fonctionnel, outil d'aide à la décision, changement climatique.

Bibliographie

- Dufour-Kowalski S., Courbaud B., Dreyfus P., Meredieu C., de Coligny F., 2012. *Capsis : an open software framework and community for forest growth modelling*. *Annals of Forest Science* (2012) 69:221-233
- Kattge J., Diaz S. *et al.*, 2011. TRY – A global database of plant traits. *Global Change Biology* 17(9): 2905-2935.
- Michelot A., Gachet S., Legay M., Landmann G., 2013. *L'autécologie des essences forestières et son intégration dans les outils d'aide à la décision : synthèse et évaluation*. 44 p.

Le sapin pectiné en peuplement mélangé est moins sensible à la sécheresse qu'en peuplement pur (une étude dans le Massif vosgien)

par F. Lebourgeois¹⁾, N. Gomez²⁾, P. Pinto¹⁾, S. Daviller¹⁾, F. Spicher¹⁾, P. Mérian¹⁾

1) AgroParisTech, Centre de Nancy, Inra-UMR1092, Laboratoire d'Étude des Ressources Forêt Bois (LERFoB), 14 rue Girardet, F-54000 Nancy.

2) Office national des forêts, Département Recherche et Développement, 11 rue Île de Corse, F-54000 Nancy.

L'adaptation des essences est-elle différente en peuplement mélangé qu'en peuplement pur ? Dans le massif vosgien, la complémentarité de la ressource est étudiée pour 151 peuplements purs et mélangés de sapin pectiné.

Le mélange, une question de complémentarité de l'utilisation des ressources

Les changements environnementaux affectent déjà non seulement la distribution de certaines espèces végétales, mais également la croissance et la vitalité de la forêt européenne. Dans le futur, ces changements se traduisent pour la majorité des projections par une augmentation de la sécheresse pendant la saison de végétation. Même si des incertitudes demeurent, le gestionnaire forestier dispose de trois leviers pour anticiper les effets de ces changements :

- **améliorer le diagnostic pédologique** pour mieux appréhender la capacité des sols à stocker l'eau ;
- **choisir des essences** (ou des variétés) plus **thermophiles** et/ou **xérophiles** permettant de mieux résister à des sécheresses plus fortes et plus fréquentes ;
- **adapter sa gestion** de façon à minimiser les contraintes hydriques pendant la saison de végétation.

Concernant l'adaptation de la gestion, la réduction du nombre de tiges, de la surface terrière ou encore le maintien ou l'augmentation des mélanges dans les peuplements, sont les voies les plus fréquemment évoquées. Concernant ce dernier point, différents auteurs ont montré qu'un **mélange de deux ou plusieurs espèces avec des stratégies variées d'utilisation des ressources peut se traduire par des croissances et des réponses des essences aux contraintes environnementales différentes de si ces espèces avaient été en peuplements purs¹⁾.**

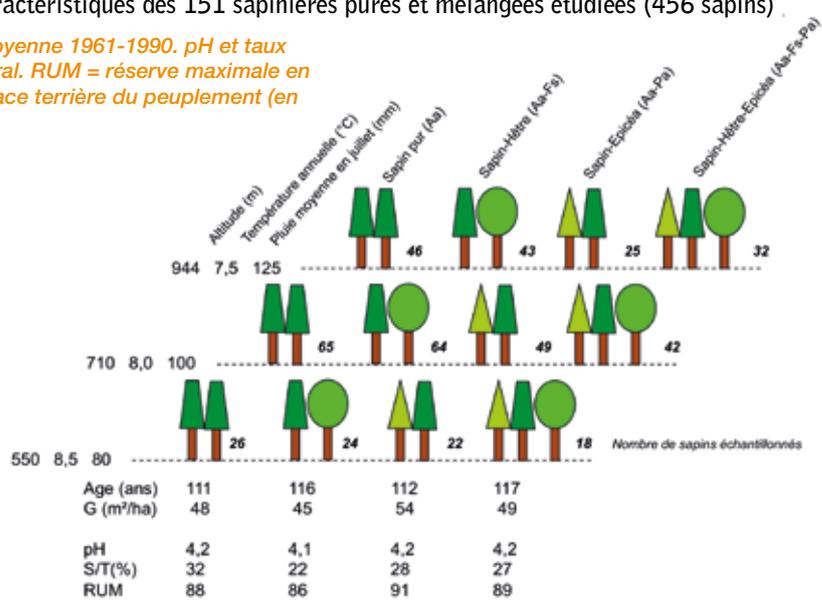
D'autres études menées essentiellement sur les communautés herbacées ont également montré que ces « complémentarités des niches écologiques » variaient fortement le long des gradients écologiques²⁾ dans le sens où des espèces aux stratégies différentes d'utilisation de la ressource cohabitent d'autant plus « facilement » que les ressources sont limitées.

1) Hooper *et al.*, 2005 ; Pérot *et al.*, 2011 ; Pinto *et al.*, 2008.

2) Callaway *et al.*, 2002.

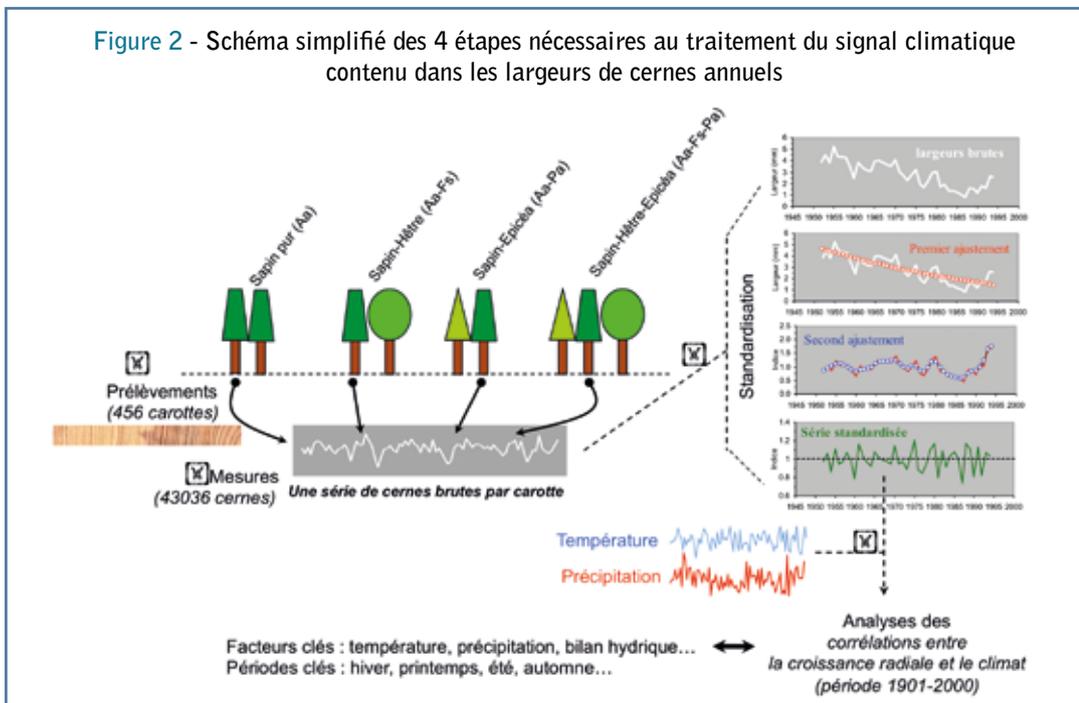
Figure 1 - Localisation géographique et caractéristiques des 151 sapinières pures et mélangées étudiées (456 sapins)

Pour le climat, les données correspondent à la moyenne 1961-1990. pH et taux de saturation (S/T en %) du premier horizon minéral. RUM = réserve maximale en eau du sol calculée sur 1 mètre (en mm). G = surface terrière du peuplement (en m²/ha).



Le pH et le taux de saturation (S/T en %) d'un sol donnent des indications sur le niveau trophique et la disponibilité en éléments minéraux indispensables à la croissance des arbres. Plus les valeurs sont faibles, plus le sol est acide (ici pH autour de 4) et peu pourvu en éléments minéraux (ici S/T autour de 30%).

Figure 2 - Schéma simplifié des 4 étapes nécessaires au traitement du signal climatique contenu dans les largeurs de cernes annuels



Les mesures (étape 2) sont faites avec une précision du centième de mm. La standardisation (étape 3) permet d'éliminer les signaux « non climatiques » contenus dans les largeurs de cernes.

151 peuplements purs et mélangés à base de sapin pectiné dans les Vosges

Dans cette étude, nous avons cherché à savoir si le sapin pectiné, poussant en mélange dans le contexte climatique des Vosges, présente les mêmes variations de croissance radiale et la même sensibilité au climat qu'en peuplement pur et si les différences de sensibilité varient aussi selon les conditions de sécheresse.

Pour ce travail, 151 peuplements et 456 sapins sont échantillonnés dans les Vosges cristallines (Figure 1). La réponse des peuplements purs est comparée à celle de **trois mélanges** : avec l'épicéa (Aa-Pa), avec le hêtre (Aa-Fs) et avec le hêtre et l'épicéa (As-Fs-Pa). **Trois contextes climatiques** sont pris en compte : - un contexte « sec » caractérisé par des pluies moyennes en juillet de 80 mm et une température annuelle de 8,5 °C (moyenne 1961-1990) (altitude moyenne des peuplements échantillonnés : 550 m).

- un contexte « mésophile » avec des pluies estivales de 100 mm et une température annuelle de 8 °C (altitude : 710 m).

- un contexte « humide » avec un régime pluviométrique de 125 mm et une température de 7,5 °C (altitude : 944 m).

Au total, **12 modalités** (3 strates climatiques x 4 types de peuplements) avec entre 18 et 65 sapins par modalité (Figure 1) sont étudiées.

L'effet du climat sur la croissance radiale des sapins est analysé à partir des séries de cernes établies après des mesures de « carottes » de sondage (Figure 2). Ces carottes sont des petits « bâtonnets » de bois prélevés à hauteur d'homme sur chaque arbre à l'aide d'une tarière de Pressler, à partir desquelles les cernes d'accroissement peuvent être mesurés.

Ces séries de croissance sont ensuite « standardisées » de façon à ne conserver que le signal climatique. Les variations inter-annuelles de ces indices de croissance sont alors mises en relation avec les variations des conditions climatiques. Cette analyse corrélative qui couvre, pour cette étude, la période 1901-2000 permet de **mettre en évidence les facteurs et les périodes clés expliquant le mieux la croissance radiale des arbres**.

Les données climatiques utilisées sont issues des stations du réseau Météo-France les plus proches possibles des sites étudiés. Ici, nous avons considéré des températures et des bilans hydriques pour expliquer la croissance. Les bilans hydriques prennent en compte à la fois les apports d'eau par les pluies, l'évapotranspiration potentielle et la capacité du sol à stocker de l'eau³⁾. Des bilans positifs traduisent un « excès » d'apport en eau par rapport aux besoins des arbres et les valeurs négatives un déficit et donc une sécheresse.

Le mélange minimise les effets des sécheresses dans les situations les plus sèches

Sur la période 1901-2000, les **sécheresses exceptionnelles** (Figure 3) ou les **gels hivernaux** extrêmes (1956, 1986) se sont traduits par des **réductions d'accroissement de 20 à 40 %** par rapport à la croissance des années précédentes. Concernant la sécheresse, les pertes de croissance sont d'autant plus élevées que les conditions sont sèches. Par exemple, pour les peuplements purs, la croissance en 1976 est réduite de 37 % dans le contexte sec, 33 % dans le contexte mésophile et 30 % dans le contexte humide.

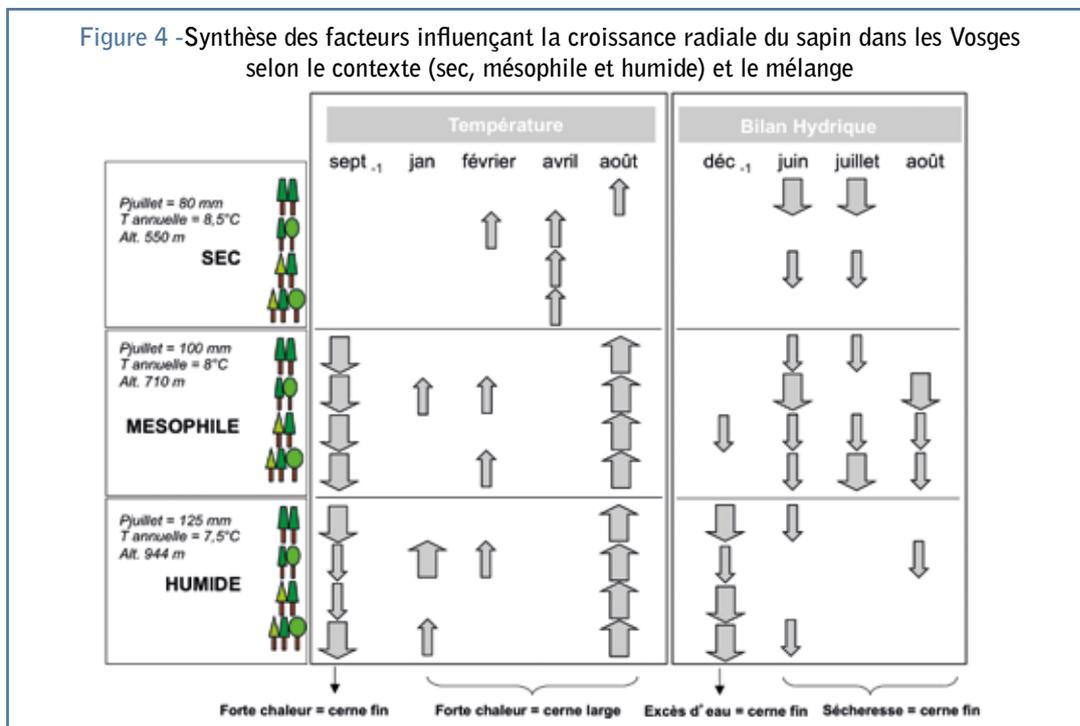
3) Lebourgeois *et al.*, 2013.

Légende :

-1 : année précédente la mise en place du cerne.

⇒ Effet fort (corrélation élevée et significatif au seuil statistique de 5 %).

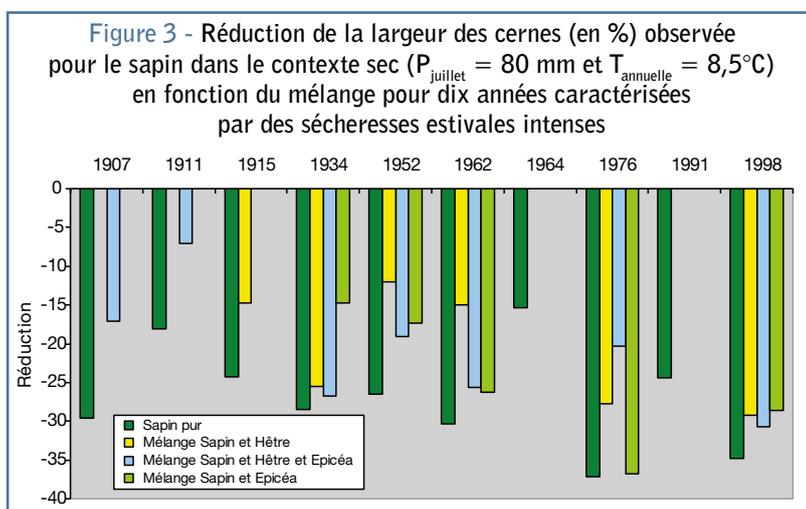
⇒ Effet modéré (corrélation faible et significative au seuil statistique de 10 %). Dans chaque cas, le sens d'action du facteur (flèche montante ou descendante) est précisé.



Si l'on considère les 10 années particulièrement sèches, on constate que la présence d'autres espèces permet au sapin de minimiser les effets négatifs de fortes sécheresses et ceci essentiellement dans les conditions les plus sèches (Figure 3). Dans ce contexte, deux cas de figure sont observés : aucun effet de la sécheresse pour les sapins en mélange (pour les années 1964 et 1991 par exemple) ou croissance moins affectée (1952, 1962).

L'analyse sur le long terme montre que la réponse du sapin à la sécheresse diminue quand l'altitude augmente, c'est-à-dire avec l'amélioration du régime hydrique, mais que sa sensibilité aux températures hivernales augmente (Figure 4). Il apparaît également que le mois d'août joue un rôle central avec un cerne

d'autant plus large que la température est élevée. En revanche, des fortes chaleurs en septembre réduisent la croissance l'année suivante, ainsi que des hivers trop pluvieux dans les altitudes les plus élevées. Pour expliquer ces résultats, on évoque souvent des perturbations dans la mise en place des réserves carbonées utilisées l'année suivante pour le redémarrage de la croissance. Concernant l'effet des mélanges, les différences les plus fortes apparaissent dans le **contexte le plus sec** avec une moindre réponse voire **une perte de réponse du sapin à la sécheresse estivale quand il est associé à d'autres essences**. Ceci suggère que, malgré un régime pluviométrique plus défavorable, la disponibilité en eau est « suffisante » pour répondre à la demande de ce conifère et ceci particulièrement quand il est associé avec le hêtre.



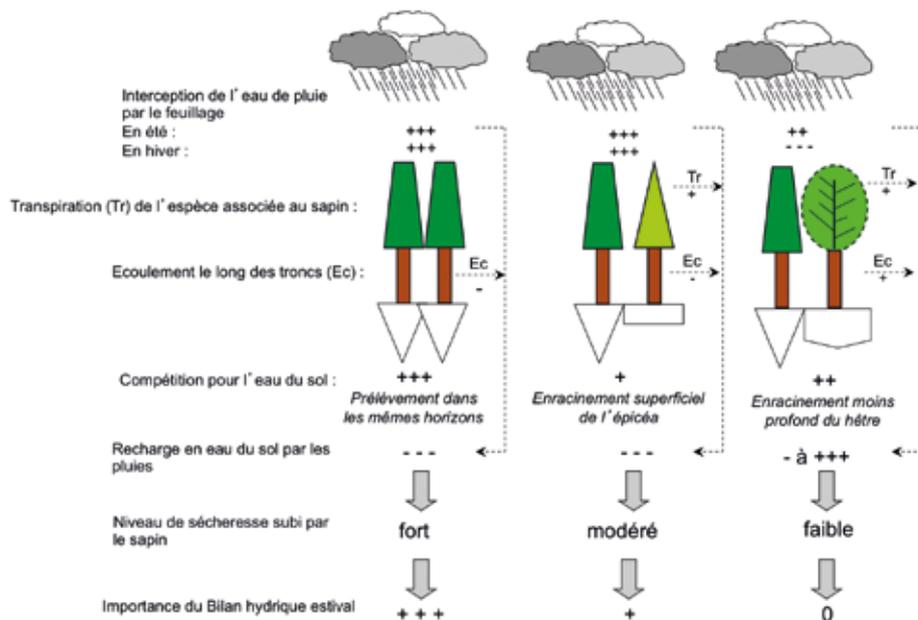
La réduction correspond à l'écart relatif (en %) entre la croissance de l'année considérée et celle de l'année précédente. Par exemple, pour le sapin pur, la croissance de 1907 a été réduite de près de 30 % par rapport à son niveau de 1906. L'absence de barre indique une croissance non affectée par la sécheresse.

Comment expliquer la moindre sensibilité du sapin en mélange ?

Différentes études montrent qu'un système racinaire important favorise les prélèvements en eau (et en éléments minéraux) tout au long de la saison de végétation et plus particulièrement lors d'années sèches. Le sapin pectiné a un enracinement plus profond que le hêtre et l'épicéa, ainsi le mélange permet aux sapins de mieux utiliser les ressources en eau du sol (Figure 5).

Des études menées notamment en forêt européenne tempérée (sur le hêtre en mélange avec le douglas, l'épicéa ou le chêne sessile) montrent que le mélange favorise la production de racines fines et améliore fortement la prospection dans les différents horizons du sol rendant ainsi les essences moins sensibles à

Figure 5 - Essai de synthèse des interactions biologiques entre espèces dans les mélanges étudiés



des épisodes secs. En ce qui concerne le sapin, les mélanges avec le hêtre et l'épicéa sont très peu étudiés jusqu'à présent d'un point de vue fonctionnel. Cependant, une étude récente menée en Pologne montre que la présence de hêtre avec le sapin permet au sol de se maintenir « humide » plus longtemps alors qu'avec l'épicéa, les horizons supérieurs du sol sont plus secs. Pour le mélange hêtre-sapin, les auteurs expliquent ces observations par une plus faible interception des pluies par le feuillage du hêtre (par rapport aux résineux), un écoulement de l'eau le long des troncs plus fort ce qui rapporte de l'eau dans le sol (écorce lisse du hêtre *versus* écorce « écailleuse » du sapin) et des niveaux de transpiration moindre du feuillage.

L'effet positif des températures de fin d'hiver et de début du printemps observable avec le hêtre pourrait être l'expression de l'effet positif de l'hétérogénéité de la structure des houpiers ou des différences de développement foliaire. Ainsi, on peut imaginer qu'avec le hêtre, le sapin tire avantage d'une augmentation de la température ou de rayonnement en fin d'hiver alors que le hêtre est défeuillé. Dans ces conditions, le résineux accumulerait plus rapidement des « températures chaudes » ; accumulation, dont de nombreux travaux montrent qu'elle joue un rôle central dans les processus physiologiques de mise en place

des nouvelles feuilles et de fonctionnement du cambium.

Quelles conséquences pour le gestionnaire ?

Notre étude suggère une **sensibilité moindre du sapin à la sécheresse, quand il est mélangé avec d'autres essences (notamment le hêtre) et ceci particulièrement dans les situations hydriques les plus contraignantes**. Même si ces résultats doivent être confirmés dans d'autres contextes et pour d'autres espèces, on peut penser que le mélange est un des moyens dont dispose le gestionnaire pour atténuer les effets du changement climatique sur le sapin pectiné. Ceci pourrait être particulièrement important dans l'avenir car on sait que l'accumulation de stress hydrique est très souvent à l'origine des dépérissements forestiers et de la mortalité des arbres. Actuellement, même si les sapinières des altitudes plus élevées ne semblent pas être soumises à des contraintes hydriques fortes, on peut imaginer que les sapins subiront également dans un avenir plus ou moins proche des sécheresses plus fréquentes et plus intenses. D'un point de vue de la « gestion de l'eau », il semble donc que le maintien des mélanges soit souhaitable, voire à développer dans des contextes plus larges que ceux étudiés. ■

Résumé

Une étude comparative de 151 peuplements purs et mélangés de sapin pectiné dans le massif vosgien détermine la complémentarité d'utilisation des ressources face aux contraintes environnementales, sécheresse notamment. Certaines espèces adaptent leur usage de la ressource différemment suivant la compétition ou l'accès aux ressources d'eau. Le sapin pectiné est moins sensible à la sécheresse en peuplement mélangé qu'en peuplement pur.

Mots-clés : sapin pectiné, peuplement pur, peuplement mélangé, résistance à la sécheresse.

Remerciements

Les auteurs remercient Daniel Rittié et Nicolas Foy pour leur aide technique. L'étude a été financée par l'Office national des forêts, le ministère de l'Agriculture, le réseau mixte technologique Aforce et la Société forestière de la Caisse des Dépôts.

Bibliographie

- Callaway R.M., Brooker R.W., Choler P., Kikvidze Z., Lortie C.J., Michalet R., Paolini L., Pugnaire F.I., Newingham B., Aschehoug E.T., Armas C., Kikodze D., Cook B.J., 2002. *Positive interactions among alpine plants increase with stress*. Nature, vol. 417, n° 6891, 2002, pp. 844-848.
- Hooper D.U., Chapin F.S., Ewel J.J., Hector A., Inchausti P., Lavorel S., Lawton J.H., Lodge D.M., Loreau M., Naeem S., Schmid B., Setälä H., Symstad A.J., Vandermeer J., Wardle D.A., 2005. *Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge*. Ecological Monographs, vol. 75, n° 1, 2005, pp. 3-35.
- Lebourgeois F., Gomez N., Pinto P., Mériam P., 2013. *Mixed stands reduce Abies alba tree-ring sensitivity to summer drought in the Vosges mountains, western Europe*. Forest Ecology and Management, vol. 303, n° 9, 2013, pp. 61-71.
- Pérot T., Deleuze C., Jarret P., Morneau F., 2011. *Mélanges d'essences et productivité : application au mélange chêne sessile - pin sylvestre en forêt domaniale d'Orléans*. Rendez-Vous Techniques, vol. 33-34, n° 2-3, 2011, pp. 11-17.
- Pinto P.E., Gegout J.C., Herve J.C., Dhote J.F., 2008. *Respective importance of ecological conditions and stand composition on Abies alba Mill. dominant height growth*. Forest Ecology and Management, vol. 255, n° 3-4, 2008, pp. 619-629.

Sylviculture adaptative pour le sapin pectiné dans l'arrière-pays méditerranéen – constitution d'un réseau d'essais

par Jean Ladier¹⁾ Hendrik Davi²⁾, Louis Amandier³⁾,

1) ONF

2) Inra

3) CNPF-CRPF Provence-Alpes-Côte d'Azur

Le forestier dispose de plusieurs options de gestion pour anticiper les changements climatiques. L'une d'elle consiste à réduire la surface foliaire, de manière à diminuer la concurrence pour l'eau dans le peuplement. Cela permet normalement de limiter les dépérissements lorsque les déficits hydriques sont marqués. Un réseau d'essais souhaite traduire ce principe en préconisations sylvicoles et en vérifier la pertinence en contexte montagnard méditerranéen.

Motivation et objectif du projet

La canicule de 2003 et les sécheresses, subies par la région méditerranéenne jusqu'en 2007, ont généré des dépérissements inquiétants en moyenne montagne¹⁾. Les sapinières de basse altitude ont particulièrement souffert. Ce phénomène confirme les projections réalisées par la recherche²⁾ : les changements climatiques attendus sont de nature à provoquer une forte régression du sapin en latitude et en altitude. Les sapinières méridionales font ainsi partie des écosystèmes les plus menacés par les changements climatiques.

La gestion des peuplements en climat changeant a fait l'objet de nombreux travaux. Parmi les préconisations générales, le raccourcissement des révolutions et la diversification des essences sont normalement déjà intégrés dans les plans de gestion. Mais la réduction de la surface foliaire reste le principal levier proposé par la recherche pour adapter rapidement les peuplements en place à un déficit hydrique récurrent³⁾. Ce principe n'est pas encore mis en œuvre dans le sud de la France et pose question en contexte montagnard méditerranéen, caractérisé par une gestion extensive et des difficultés d'exploitation. En effet, le forestier a du mal à appréhender la surface foliaire, et pour cause : elle n'est pas corrélée simplement aux paramètres sylvicoles qu'il contrôle. Il ne peut la moduler que par le biais d'une réduction de la densité qui sera sans doute en partie compensée par le développement du sous-étage. Il lui manque, en tout cas, des références pour ajuster sa gestion.

L'objectif du projet est de contribuer à répondre à ce besoin en créant un réseau d'essais pour vérifier la pertinence et l'efficacité d'une sylviculture à faible densité visant à réduire la compétition entre individus pour la ressource en eau dans les sapinières méridionales.

Méthode

Critères de choix des sites

Les caractéristiques des sites recherchés découlent directement de la question posée. Le succès de l'expérimentation⁴⁾ dépend de ce choix.

• Caractéristiques écologiques :

> **sapinière « chaude »** située à basse altitude, près de la limite inférieure du sapin. En effet, les dépérissements massifs touchent surtout les sapinières du montagnard inférieur.

> **absence de dépérissement** : d'après les expériences de gestion des sapinières dépérissantes, la réduction de densité par extraction des arbres affaiblis ne permet pas d'enrayer le déclin du peuplement. On cherche donc une sapinière menacée, mais qui est encore en bonne santé.

> **bonne fertilité** : Les différences seront plus faciles à mettre en évidence si les conditions de croissance sont bonnes. De plus, les enjeux concernent surtout les sapinières de production qui bénéficient d'une sylviculture relativement intensive.

• Caractéristiques sylvicoles permettant la comparaison entre plusieurs traitements :

> **futaie régulière** de préférence, ou avec une seule strate. Le contrôle des conditions de croissance et du niveau de concurrence est plus aisé en peuplement régulier. Les comparaisons entre modalités, tant à l'échelle du peuplement qu'à l'échelle de l'arbre seront également plus faciles et plus fiables.

> **âge moyen** : entre 50 et 100 ans. Les modalités testées concernent la phase d'amélioration. On exclut donc les stades juvéniles, *a priori* moins sensibles aux effets des changements climatiques, et les stades matures, plus vulnérables mais pour lesquels la

1) ONF, 2013.

2) Badeau *et al.*, 2007.

3) Legay *et al.*, 2006.

4) Rosa *et al.*, 2012.



Modalités éclaircie (à gauche) et témoin (à droite) sur le dispositif expérimental de l'Issole.

réponse est plutôt le renouvellement anticipé que la diminution du niveau de concurrence.

- > **pas d'intervention forte récente** : le peuplement ne doit pas être en train de réagir à une éclaircie récente car cela masquerait les différences entre modalités.

Avec, bien sûr, une surface suffisante (1 ha si deux modalités ou 1,5 ha si trois modalités) et homogène :

- > **station** : topographie régulière, un seul type de roche et de matériau, profondeur de sol peu variable.
- > **peuplement** : dimension et densité des arbres peu variables entre modalités et au sein des modalités.

Modalités testées

Comment définir une sylviculture à faible densité ? Une sylviculture « normale » telle qu'elle est définie dans les guides de sylviculture en vigueur pour les Alpes du Sud et les Pyrénées est caractérisée par une surface terrière proche de 30 m²/ha après éclaircie et conduit à un peuplement objectif de 200 t/ha. Comme la question concerne les peuplements en phase d'amélioration, nous avons choisi de rester entre ces valeurs seuils, en diminuant le capital sur pied sans descendre au-dessous de la densité finale de 200 t/ha.

L'installation des dispositifs expérimentaux nécessite donc une éclaircie forte. Pour un dispositif à deux modalités, celles-ci sont :

- > **témoin**. On conserve la densité initiale du

peuplement en place, qui correspond à la sylviculture appliquée.

- > **sylviculture à densité très faible** : éclaircie très forte ramenant la densité à la moitié de la densité du témoin (sans descendre en deçà de 200 t/ha) et la surface terrière à 20 m²/ha (soit environ la moitié de la surface terrière du témoin si le peuplement n'a pas subi d'intervention récente).

Pour un dispositif à trois modalités, on ajoute un niveau de densité intermédiaire :

- > éclaircie forte ramenant le peuplement à une densité et une surface terrière égales à la moyenne de celles des modalités extrêmes. Au cours des années suivant l'installation, la modalité témoin subit la gestion courante appliquée sur le reste de la parcelle. Si une éclaircie est pratiquée dans le témoin, l'opportunité d'une intervention simultanée dans les autres modalités est examinée, afin de conserver une surface terrière inférieure à 30 m²/ha sans descendre en-deçà de 200 t/ha.

Mesures et observations

Le protocole expérimental comprend un protocole d'installation pour assurer la durabilité de la matérialisation des placettes et un protocole d'observation précis pour un suivi rigoureux (voir encadré 1). Les observations portent d'une part sur l'évolution du peuplement, le développement du sous-bois et la régénération naturelle, d'autre part sur le comportement des arbres objectifs, dont quarante sont suivis individuellement en croissance et état sanitaire.

Encadré 1 : Qu'observe-t-on sur les dispositifs expérimentaux ?

1. Suivi à l'échelle du peuplement pour chaque modalité :

- **surface terrière et diamètre moyen**, pour suivre la croissance du peuplement, et quantifier le sacrifice de production provoqué par les éclaircies fortes,
- **indice foliaire**, d'une part pour permettre une évaluation du bilan hydrique, d'autre part pour tenter de relier indice foliaire et dendrométrie,
- volume et composition de la **végétation concurrente**, pour quantifier la concurrence potentielle du sous-bois dans un peuplement clair, et évaluer l'augmentation concomitante de la combustibilité,
- **régénération** naturelle du sapin (densité et hauteur des semis).

2. Suivi individuel d'un échantillon d'arbres objectifs pour chaque modalité :

- **croissance** (diamètre, hauteur),
- **état sanitaire** (coloration anormale, mortalité de branches, déficit foliaire) – protocole DSF.

Description du réseau d'essais

Deux dispositifs expérimentaux sont installés dans des peuplements en situation critique dans les Alpes du Sud. L'éclaircie a été réalisée au cours de l'intersaison 2012-2013. Le réseau ainsi initié comprend pour le moment quatre essais ou blocs à deux modalités. Une recherche d'autres essais pouvant être mis en réseau est effectuée, afin de grouper des dispositifs comparables à des répétitions, et produire des résultats plus robustes et extrapolables. Seul un essai similaire, implanté dans le cadre du projet européen FOR CLIMADAPT, est identifié et intégré.

Présentation du dispositif de l'Issole

Le dispositif est installé en Haute-Provence, dans les Préalpes de Castellane, en forêt domaniale de l'Issole. La surface homogène choisie pour l'expérimentation couvre environ 0,75 ha, ce qui permet de tester seulement deux niveaux de densité. Le site se situe en climat montagnard moyen, sur pente forte, avec un sol peu épais riche en pierres et blocs sur altérite de calcaire argileux fracturé.

La sapinière est une futaie régulière issue d'une colonisation naturelle sous pin sylvestre. Après éclaircie, les caractéristiques de peuplement dans les deux modalités correspondent exactement à l'objectif fixé.

Les arbres observés montrent un état de santé globalement bon. Les individus présentant des signes de stress ou de moindre vigueur cumulent généralement plusieurs symptômes. Huit arbres objectifs, répartis équitablement entre les deux modalités, sont visiblement affaiblis.

Ce dispositif est installé dans des conditions bien contrôlées et très homogènes, hormis une petite différence de fertilité qui n'est pas de nature à biaiser les résultats.

Présentation du dispositif de Clans

Le dispositif est installé dans les Alpes-Maritimes, dans la vallée de la Tinée, en forêt domaniale de Clans. La surface homogène choisie pour l'expérimentation couvre environ un hectare, en deux parties, avec deux modalités. Le site se situe en climat montagnard inférieur, sur un versant d'ubac en pente très forte. Le sol est peu épais, riche en cailloux, sur une assise de grès et de schiste altérés.

Les deux parties qui correspondent aux deux modalités de l'expérimentation ne présentaient initialement pas des caractéristiques identiques. La partie supérieure contenait moins

d'arbres de gros diamètre. Cela a été mis à profit pour limiter le volume de bois perdu dans la modalité « éclaircie », mais cette dérogation aux critères de sélection induit un biais difficilement quantifiable. Le peuplement est une futaie irrégulière qui, bien que représentative de la majorité des sapinières des Alpes du Sud, induit un contexte hétérogène qui complique l'expérimentation. Cet inconvénient devrait être atténué par le principe du suivi individuel d'arbres objectifs.

Le souci principal concerne l'état sanitaire initial des arbres échantillonnés, qui est moins bon dans la modalité éclaircie. Cette différence entre dans les deux parcelles expérimentales était difficilement prévisible au moment de l'installation du dispositif. Elle ne remet pas en cause le suivi qui est programmé mais rendra, de fait, plus délicate l'interprétation des résultats.

Présentation du dispositif de Picaussel

Le dispositif est installé dans l'Aude sur le plateau de Sault, en forêt domaniale de Comefroide-Picaussel, en climat montagnard inférieur, dans deux parcelles distinctes, l'une sur pente moyenne en bas de versant, l'autre à plat dans la vallée. La surface homogène choisie pour l'expérimentation couvre environ un hectare de chaque côté. Ce dispositif est constitué de deux blocs à deux modalités. Le sol du bloc 1 sur pente est un calcisol colluvial sur calcaire compact fracturé, tandis que le bloc 2 sur terrain plat est assis sur une alluvion ancienne.

Les peuplements étudiés sont des futaies régulières de fertilité 1, parfaitement homogènes au départ, hormis une petite différence de fertilité entre les deux modalités du bloc 1. L'éclaircie a été réalisée début 2012.

Premier bilan

Le choix des sites a été fortement limité du fait de la difficulté à trouver des surfaces homogènes pouvant accueillir les dispositifs. C'est pourquoi seuls deux niveaux de densité au lieu des trois souhaités ont été installés. L'effectif du réseau est certes faible aujourd'hui mais il a **vocation à être étoffé par d'autres dispositifs compatibles**, afin d'étendre la palette des contextes d'expérimentation.

L'expérimentation en foresterie demande du temps, et celle-ci est particulièrement tributaire des aléas climatiques susceptibles d'affecter la croissance et la santé des sapins. **Le suivi du réseau est prévu sur 12 ans.** Les essais

Encadré 2 : Principales caractéristiques des sites

• **Caractéristiques climatiques** : Les données climatiques fournies ici sont des normales pour la période 1971-2000 d'après la grille AuRelHy de Météo-France. Un suivi précis des précipitations et températures est assuré grâce à une station météorologique automatique installée à proximité de chaque essai dans le cadre d'autres travaux de recherche.

	Altitude	Précipitations annuelles	Tmoy	Tmin	Tmax
Issole (04)	1350 à 1 400 m	980 mm	8,0°C	-6,9°C	25,7°C
Clans (06)	1200 à 1 300 m	1 090 mm	10,0°C	-2,3°C	25,2°C
Picaussel (11)	860 m	1 150 mm	10,1°C	-1,2°C	23,8°C

• **Caractéristiques sylvicoles**

	Âge	Hauteur dominante	Densité	Modalité éclaircie			Modalité témoin			
				Surface terrière	Diamètre moyen	Indice foliaire	Densité	Surface terrière	Diamètre moyen	Indice foliaire
Issole (04)	~90 ans	19 m	350 t/ha	18 m ² /ha	26 cm	2,7	700 t/ha	36 m ² /ha	26 cm	4,5
Clans (06)	-	29 m	240 t/ha	18 m ² /ha	31 cm	2,3	335 t/ha	41 m ² /ha	39 cm	5,2
Picaussel (11) bloc 1	~75 ans	25 m	186 t/ha	20 m ² /ha	37 cm	3,1	402 t/ha	47 m ² /ha	39 cm	5,4
Picaussel (11) bloc 2	~55 ans	25 m	207 t/ha	21 m ² /ha	36 cm	2,0	413 t/ha	42 m ² /ha	36 cm	4,8

font l'objet d'une mesure initiale durant l'année suivant l'installation. Une nouvelle mesure est prévue tous les 2 ans. Un bilan à mi-parcours sera réalisé pour évaluer les premières observations.

Le site de Picaussel, qui a été implanté avant les deux autres, a fait l'objet d'une mesure après un an, début 2013, afin de synchroniser le calendrier de mesure du réseau. Les caractéristiques de la végétation et de la régénération naturelle dans la modalité éclaircie révèlent encore l'impact de l'exploitation plus que la conséquence de l'ouverture du peuplement. Dans cette même modalité, la croissance radiale des arbres échantillons est déjà stimulée par la réduction de la concurrence, mais on ne peut pas encore déceler un effet sur leur état de santé.

Perspectives

Sur le plan sylvicole, le maintien d'une densité faible, pour une essence telle que le sapin pectiné, n'est pas une simple modulation de la gestion habituelle. Il aura sans doute des **conséquences importantes sur la structure des peuplements ainsi que sur le type d'intervention**. Ainsi, la faible densité devrait logiquement enclencher une régénération naturelle précoce et l'évolution vers une futaie à deux étages, imposant une réduction de cette nouvelle génération avant qu'elle ne soit trop consommatrice d'eau.

Mais pour le sylviculteur, confirmer l'intérêt technique d'une sylviculture à faible densité pour adapter la résistance des sapins aux sécheresses ne suffit pas. Il a également **besoin d'un bilan économique de cette sylviculture**. En effet, la forte diminution du capital sur pied réduit, de fait, le volume de bois produit pendant la phase d'amélioration. La baisse de revenu associée doit être mise en balance avec le risque de perte liée au dépérissement possible dans le cadre d'une sylviculture « classique ». Par ailleurs, la stimulation de l'accroissement radial augmentera les largeurs de cernes tandis que l'éclaircissement des troncs provoquera probablement l'apparition de gourmands. **On prend donc le risque de produire des grumes de moindre qualité**, au grain plus grossier et avec des défauts. Dans cette optique, il serait intéressant que cette expérimentation puisse contribuer à fournir des données d'entrée à une étude économique.

Enfin, ces dispositifs ont également **vocation à être des sites de démonstration**. L'un d'eux a déjà servi de support en 2013 dans le cadre d'une formation organisée par le CRPF. C'est un premier exemple de valorisation du réseau au-delà de son objectif expérimental. C'est aussi une concrétisation, sur le terrain, de la collaboration entre les acteurs de la forêt publique et de la forêt privée, que le RMT Aforce contribue à promouvoir. ■

Ce projet financé par le RMT Aforce associe l'ONF, l'Inra d'Avignon, le CRPF Provence-Alpes-Côte d'Azur, le CRPF Languedoc-Roussillon et le Département de la Santé des Forêts.

Bibliographie

- Badeau V., Dupouey J.L., Cluzeau C., Drapier J., 2007. *Aires potentielles de répartition des essences forestières d'ici 2100*. Rendez-vous techniques de l'ONF, hors-série n°3 «Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques», pp. 62-66.
- Legay M., Ginisty C., Bréda N., 2006. *Que peut faire le forestier face au risque de sécheresse ?* - Rendez-vous techniques de l'ONF, n°11, pp 35-40.
- ONF, 2013. *Observatoire du dépérissement des forêts des Alpes maritimes* – synthèse des campagnes d'observation de 2008 à 2012. ONF, pôle R&D d'Avignon, 58 p.
- Rosa J., Riou-Nivert P., Paillassa E., 2012. *Guide de l'expérimentation forestière. Principes de base. Prise en compte du changement climatique*. IDF, 224 p.

Résumé

Pour vérifier la pertinence et l'efficacité d'une sylviculture à faible densité, un réseau d'essais est mis en place pour les sapinières méridionales. La compétition entre individus pour la ressource en eau, l'intérêt économique de cette sylviculture diminuant le volume de bois sur pied seront étudiés afin d'aboutir à des préconisations sylvicoles pertinentes en contexte montagnard méditerranéen.

Mots-clés : changement climatique, sapin pectiné, sylviculture adaptative, faible densité, région montagnarde méditerranéenne.

L'architecture des arbres au service des forestiers

par Sylvie Sabatier¹⁾, Yves Caraglio¹⁾ et Christophe Drénou²⁾

1) Unité Mixte de Recherche Cirad-Cnrs-Inra-Ird-Université Montpellier 2 «botAnique et bioinformatique de l'Architecture des Plantes» (AMAP) TA A51/PS2, Boulevard de la Lironde - 34398 Montpellier cedex 5

2) Centre National de la Propriété Forestière, Institut pour le Développement Forestier (IDF), Maison de la Forêt - 7, chemin de la Lacade - 31320 Auzeville Tolosane

1) Barthélémy et Caraglio, 2007

2) L'ontogenèse : développement de l'individu, depuis l'œuf fécondé jusqu'à l'état adulte.

Face à un peuplement dépérissant, le professionnel a besoin d'un outil de diagnostic afin de répondre à plusieurs questions : quels sont les arbres à regarder en priorité et quels critères observer dans un arbre ? Mon arbre est-il sain, stressé, résilient ou en dépérissement irréversible ? A-t-il un avenir à court ou moyen terme ?

L'organisme végétal est une structure qui se complique au cours du temps depuis la germination jusqu'à sa mort. **L'architecture végétale décrit la dynamique d'édification de la plante entière dans l'espace au cours du temps¹⁾. Les forestiers se tournent aujourd'hui vers cette discipline botanique pour diminuer les incertitudes sur le comportement des arbres face au changement climatique.** Comment décrire précisément les arbres (diagnostic), traduire les observations en termes de fonctionnement (physiologie) et anticiper l'avenir (pronostic) ? Pour y parvenir, les auteurs proposent une série de marqueurs architecturaux, des plus simples, destinés aux propriétaires forestiers, aux plus complexes pour les chercheurs et experts.

Outil n° 1 : Fiches pédagogiques pour accompagner la réalisation d'un diagnostic ontogénique

Le diagnostic ontogénique²⁾ identifie le **stade de développement d'un arbre**. Le développement est caractérisé par un changement continu du fonctionnement des méristèmes édificateurs (zone apicale de division cellulaire dans le bourgeon) induisant une modification progressive de l'architecture. L'analyse architecturale découpe en étapes ce développement et établit une séquence précise et ordonnée d'événements morphologiques jalonnant la vie de l'arbre. **Chaque essence possède sa propre séquence considérée en architecture comme la référence d'un développement optimal.** Cette approche se distingue de la notion d'« arbre de référence », l'arbre que les forestiers définissent comme être un arbre normal dans les conditions stationnelles, climatiques et sylvicoles d'une localité donnée. **Le concept de « séquence de développement » au contraire, prend en compte la part endogène du développement, indépendante de l'environnement local.**

Comment identifier chaque stade de développement ? (figure 1)

> **Le stade « jeune »**, conforme à l'unité architecturale constituée de branches, de rameaux et ramilles (sapin, douglas, chêne et châtaignier) ou de branches, rameaux, ramilles et rameaux courts (cèdre, pin et hêtre). Le contour du houppier est pyramidal.

> **Le stade « adulte »** exprime un enrichissement de la ramification par la répétition immédiate (fourches successives) des branches, la sexualité et la formation de la couronne. Le contour du houppier est régulier, compact et arrondi en cime.

> **Le stade « mature »** a atteint sa hauteur maximale et montre une diminution des capacités de ramification et une forte expression de la sexualité. La cime est constituée d'une succession de fourches de plus en plus rapprochées les unes des autres au cours du temps. La réduction de la taille des pousses annuelles et de la ramification se traduit par une forme tabulaire au sommet du tronc des conifères et un contour du houppier avec une multitude de petites cimes pour les feuillus.

> **Le stade « sénescence »** présente des unités de petite taille, une mortalité des axes progressant de la périphérie vers la base de l'arbre (lente dislocation du houppier), une diminution de la production de rameaux épécormiques (rameau issu d'un bourgeon latéral dormant) vigoureux. Chez les conifères, la sexualité mâle tend à devenir prépondérante.

Le diagnostic ontogénique d'un arbre donné est déduit d'une comparaison avec les étapes de la séquence de développement propre à l'espèce, décrites dans des fiches pédagogiques par essence (cèdre, châtaignier, chêne, hêtre, pin d'Alep, pin sylvestre, sapin pectiné).

Outil n° 2:

Check-lists de marqueurs architecturaux

Cet outil liste les marqueurs architecturaux utilisables pour décrire un arbre en forêt pour le choix des arbres d'avenir, la sélection génétique, le suivi de peuplements dans le cadre d'observatoires du changement climatique.

Des critères architecturaux simples ont été retenus à chaque échelle d'observation (pousse annuelle, système ramifié, unité architecturale, arbre entier) et à chaque stade de développement. **Une combinaison de critères estime le degré de réactivité d'un arbre aux perturbations de l'environnement.** Cette combinaison varie en fonction des traits architecturaux des espèces :

- > le mode de développement : monopodial (le même méristème assure de manière indéfinie la croissance d'un axe; cèdre, douglas, pins, sapin) ou sympodial (une succession de méristèmes assure la croissance d'un axe; châtaignier, chênes),
- > la rythmicité de croissance annuelle (polycyclisme; pin d'Alep, chênes),
- > la métamorphose architecturale (pins d'Alep et sylvestre, hêtre, châtaignier, chênes),
- > la présence de rameaux épicorniques (chênes, douglas, hêtre, châtaignier) ou de rameaux courts (pins, cèdre),
- > la capacité à émettre des rameaux immédiats (cèdre) et la capacité à dupliquer le tronc (pin sylvestre), qui influent sur la réactivité de l'arbre à une contrainte exogène.

L'intérêt de la méthode ARCHI selon

Yves Lacouture, animateur forestier du CETEF de Nord-Charente

Sur les chênes, peut-on se servir de la clef ARCHI toute l'année ? Il est plus simple d'utiliser la clef ARCHI lorsque les arbres ne portent pas leurs feuilles. ARCHI s'appuyant sur l'analyse visuelle de la ramification fine et des gourmands situés dans la partie haute des houppiers, l'automne et l'hiver offrent les meilleures conditions d'observation. Dans un peuplement mélangé de chênes pédonculés et de chênes sessiles, ARCHI ne s'utilise pas de la même manière sur les 2 espèces. Il est donc nécessaire de les différencier sans feuillage, ce qui peut se révéler parfois délicat.

Depuis quand utilisez-vous la méthode ARCHI et quelles ont été les évolutions ?

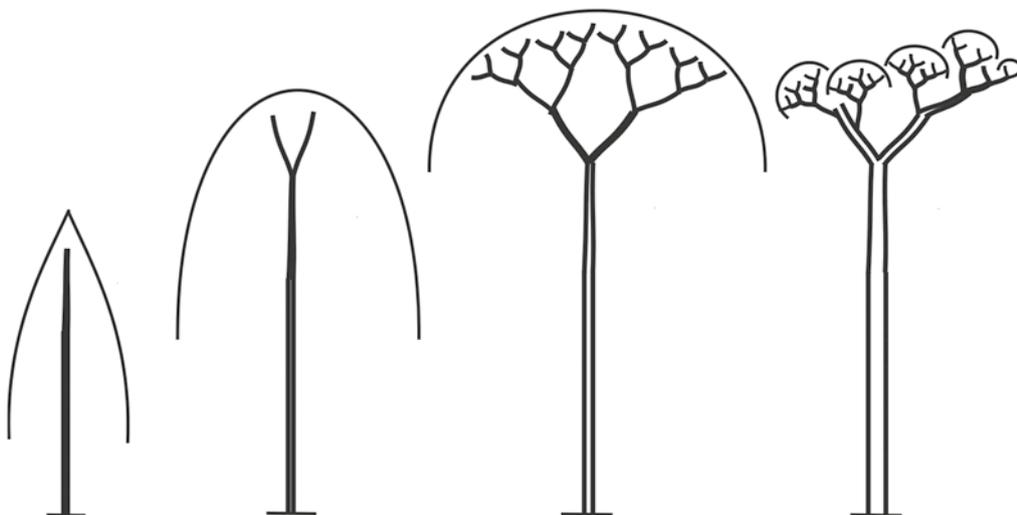
Dès 2010, j'ai pratiqué l'outil ARCHI. D'une clef comprenant au départ 15 types, elle n'en comporte aujourd'hui plus que 6 avec des termes simplifiés à chaque étape. L'objectif était d'aboutir à un outil de terrain utilisable et compréhensible par le plus grand nombre. De ce point de vue, ARCHI est à mon avis une réussite !

La méthode ARCHI vous aide-t-elle à conseiller les propriétaires forestiers ? Avez-vous un exemple ?

Elle apporte un élément supplémentaire de diagnostic des peuplements de chêne pédonculé, déterminant dans les conseils que je donne aux propriétaires. Dans la région où je travaille, le chêne pédonculé est très abondant dans les espaces boisés forestiers et bocagers. Les agriculteurs, les propriétaires forestiers et les élus locaux m'interrogent sur le devenir de ces arbres. Au-delà des problèmes sanitaires qui impactent régulièrement ces chênes, je n'avais jusqu'à présent que peu d'éléments pour qualifier leur capacité à réagir à un stress abiotique. J'ai désormais un outil qui me permet d'expliquer pourquoi un arbre « en descente de cime » n'est ni malade, ni mourant, et donc sans raison d'être coupé. Dans la mesure où l'importance paysagère et identitaire du chêne pédonculé dans cette région égale sa fonction productive, cela donne une perspective bien plus rassurante.



Figure 1 - Les stades de développement pour des essences feuillues : arbre jeune, arbre adulte, arbre mature et arbre sénescant (de gauche à droite).



Dessin : S. Sabatier

Figure 2 - Marqueurs architecturaux de la réactivité du châtaignier: la structure de la pousse annuelle.

Une pousse annuelle est constituée de cinq zones morphologiques.

Zone I: zone basale stérile portant des bourgeons latents;

Zone II: zone portant des chatons mâles;

Zone III: zone médiane stérile portant des bourgeons latents;

Zone IV: zone produisant les châtaignes;

Zone V: zone apicale portant des bourgeons qui se développeront l'année suivante.

L'ordre de ces zones est invariable mais le nombre de zones diminue avec la vitalité. À la cime de ce châtaignier mature, des pousses annuelles à 4 zones issues des axes séquentiels (à droite) et des pousses annuelles à 5 zones issues de rameaux épïcormiques (à gauche) sont visibles. Cette différence atteste que l'arbre possède une bonne capacité à réagir aux perturbations.

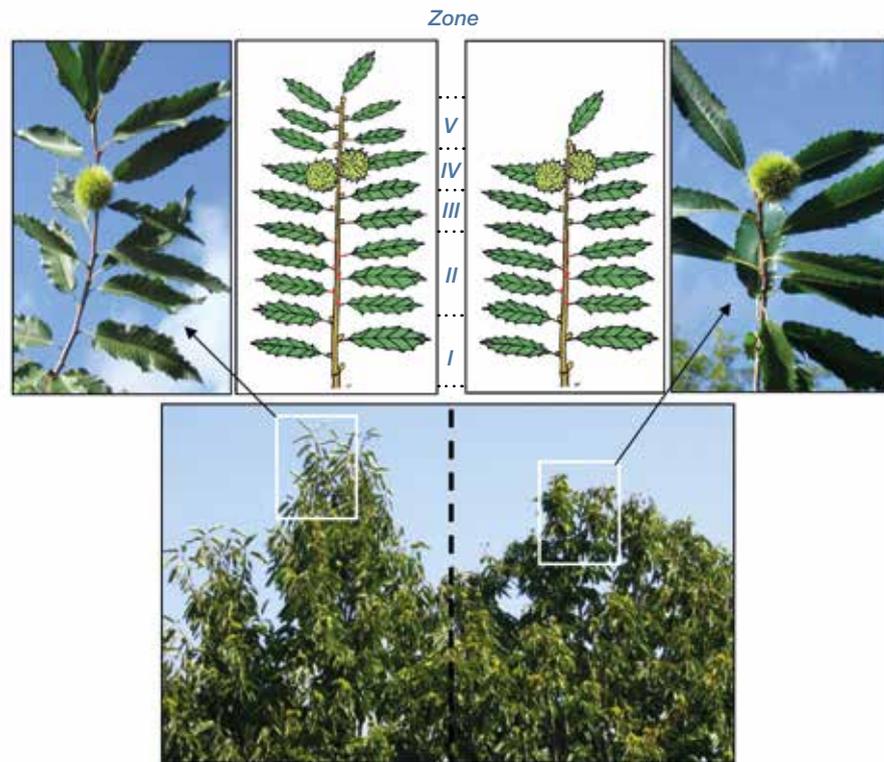


Schéma: A. Pavie. Photos: Ch. Drénou

3) Drénou et al., 2012.

Bibliographie

- Barthélémy D., Caraglio Y., 2007. *Plant Architecture: A Dynamic, Multilevel and Comprehensive Approach to Plant Form, Structure and Ontogeny*. Annals of Botany, 99: 375-407.
- Caraglio Y., Drénou C., Nicolini E., 2005. *Comment apprécier l'impact d'accidents climatiques sur la croissance des chênes pédonculés?* Dossier Environnement, GIP-Ecofor: 8 p.
- Chaubert-Pereira F., Caraglio Y., Lavergne C., Guédon Y., 2009. *Identifying ontogenetic, environmental and individual components of forest tree growth*. Annals of Botany 104: 883-896.
- Drénou C., Bouvier M., Lemaire J., 2011. *Méthode de diagnostic ARCHI: application aux chênes pédonculés dépérissants*. Forêt-entreprise, n° 200, 4-15.

Pour chaque critère, des schémas simplifiés associés à des photographies présentent une gamme d'expressions à cocher en fonction de la structure observée (Figures 2 et 3).

Outil n° 3: clés de détermination ARCHI

Cet outil sert à pronostiquer l'avenir à court terme des arbres présentant des symptômes de dépérissement.

- Pour chaque essence, une clé de détermination guide l'observateur par un enchaînement de questions simples vers l'un des pronostics suivants:
- **arbre sain**: arbre conforme à son stade de développement,
 - **arbre stressé**: arbre dont l'architecture s'écarte de la norme avec un avenir incertain,
 - **arbre résilient**: arbre montrant un retour à la normale,
 - **arbre en descente de cime**: arbre reconstruisant un houppier sous la cime,
 - **arbre en dépérissement irréversible**: arbre dans une situation de non-retour à la normale.

Les clés intègrent trois séries d'observations: la structure séquentielle (le stade de développement), les symptômes de dégradation

et les processus de restauration. Deux feuillus ayant les mêmes taux de mortalité n'ont pas nécessairement le même devenir selon la nature des rameaux épïcormiques portés. Des rameaux peu vigoureux et sans direction de croissance précise (ou agéotropes), assurent leur propre pérennité, mais ne restaurent pas une architecture normale. Des rameaux épïcormiques verticaux (ou orthotropes), même en petite quantité, entraînent une dynamique

Les clés ARCHI sont disponibles pour le chêne pédonculé, le chêne sessile, le chêne pubescent, le châtaignier, le douglas et le sapin pectiné.

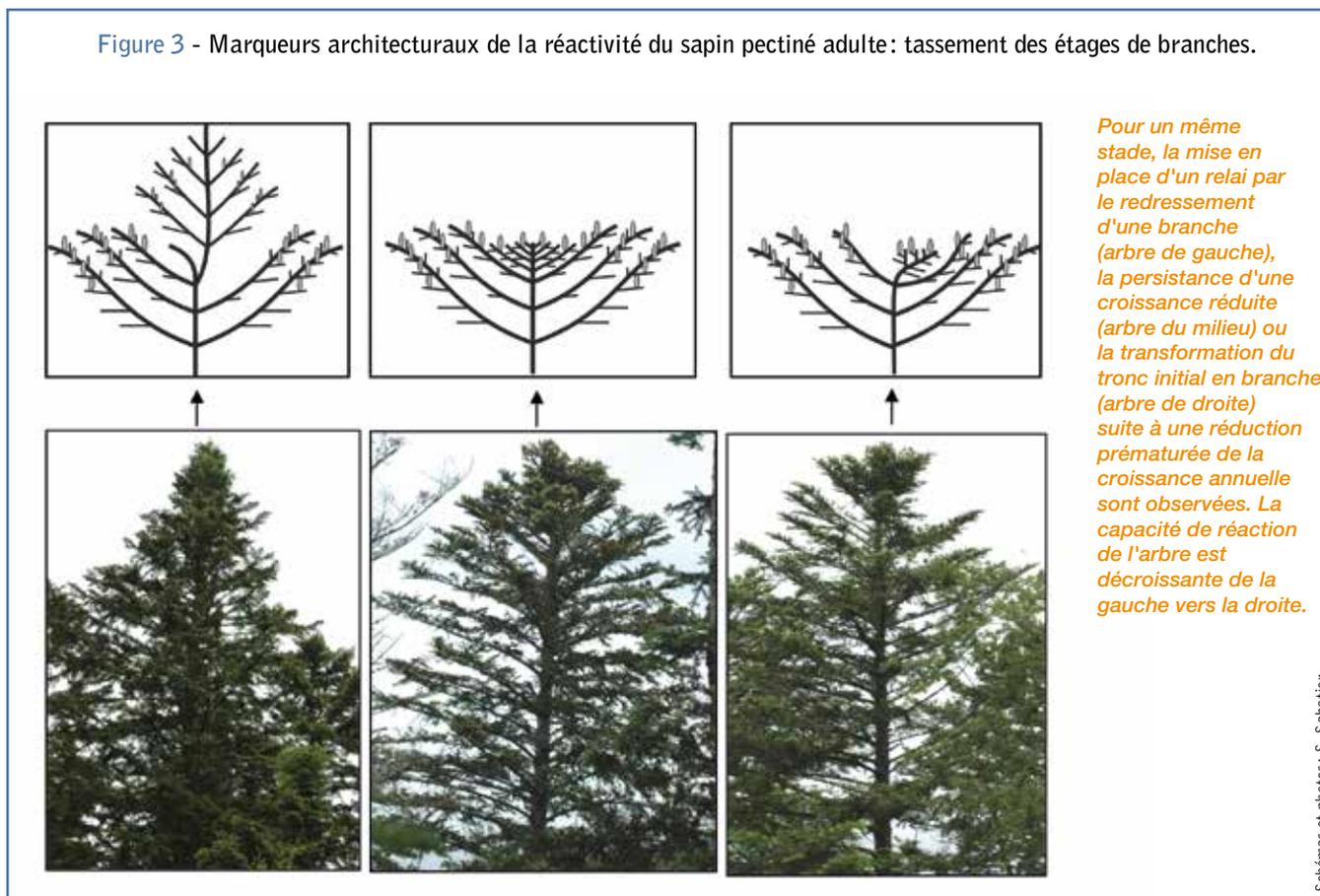
de résilience du houppier³⁾. Chez les résineux aussi, une cime sèche peut être remplacée par un ou plusieurs rameaux orthotropes, et les branches dégarnies sont capables de produire des rameaux épïcormiques horizontaux (ou agéotropes).

Outil n° 4: application DIAGARCHI (DIAGNOSTIC ARCHItectural sur support nomade)

L'outil DIAGARCHI, application en cours de conception pour des supports nomades répondra à moyen terme à deux objectifs:

- pédagogique afin de familiariser l'utilisateur aux connaissances morphologiques pré-requises,
- technologique afin d'obtenir automatiquement les résultats des diagnostics.

Figure 3 - Marqueurs architecturaux de la réactivité du sapin pectiné adulte: tassement des étages de branches.



Pour un même stade, la mise en place d'un relai par le redressement d'une branche (arbre de gauche), la persistance d'une croissance réduite (arbre du milieu) ou la transformation du tronc initial en branche (arbre de droite) suite à une réduction prématurée de la croissance annuelle sont observées. La capacité de réaction de l'arbre est décroissante de la gauche vers la droite.

Schémas et photos : S. Sabatier

L'outil fonctionnera sur la base d'une série de requêtes associées à des aides iconographiques en pointant les niveaux d'observation (arbre entier, houppier, tronc) et la nature des observations (mortalité, rameaux épïcormiques). Une mémorisation des questions/réponses pour chaque série de requêtes et l'obtention de scores à l'échelle d'un peuplement seront privilégiées. Le développement de cet outil se fait dans le cadre du projet PI@ntnet (www.plantnet-project.org).

Conclusion

L'architecture des arbres traduit l'aspect non linéaire des dynamiques de réaction des arbres face aux stress. Elle prend en compte les spécificités de chaque essence et l'observation des rameaux épïcormiques. Son observation donne un pronostic à court terme sur l'avenir des arbres et hiérarchise la série d'observations à réaliser sous forme de clés de détermination des types. Ce type d'analyse, privilégiant une estimation qualitative plutôt que quantitative des symptômes de dépérissement, peut contribuer à atténuer les différences d'appréciation entre notateurs.

La validation scientifique des outils présentés dans cet article s'appuie sur trois méthodes: (1) **synchronique**, consiste à étudier plusieurs dizaines d'individus de tous âges et dans différentes conditions d'environnement afin d'éta-

blir par comparaison les différentes réactions possibles après un stress;

(2) **rétrospective**, lit la croissance passée des arbres;

(3) **chronologique**, nécessite la mise en place d'un suivi individuel des arbres. Après des résultats concluants obtenus avec les deux premières approches⁴⁾, nous souhaitons investir dans la troisième, plus difficile à mettre en œuvre. ■

Remerciements

Cette étude a bénéficié des financements des projets OPCC (Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique), RMT Aforce – Adaptation des FORêts au Changement climatique) et REINFORCE (Réseau INFrastructure de recherche pour le suivi et l'adaptation des FORêts au Changement climatique). Nous remercions pour leurs contributions: M. Guéroult, F. Pailler, M. Ramel (Inra-AMAP), N. Mariotte, H. Davi (Inra-URFM, Avignon), L.-M. Nageleisen (DSF, Nancy) et P. Girard (DSF, Sud-est). Des observations ont été faites dans les forêts du Mont-Ventoux (URFM), de l'Aigoual et du Vercors (RENECOFOR, ONF).

4) Caraglio *et al.*, 2005, Drénou *et al.*, 2012, Chaubert *et al.*, 2009.

Bibliographie (suite)

■ Drénou C., Giraud, F., Gravier H., Sabatier S. et Caraglio Y., 2013. *Le diagnostic architectural: un outil d'évaluation des sapinières dépérisantes*. Forêt Méditerranéenne, tome XXXIV n° 2. 87-98.

■ Drénou C., Bouvier M., Lemaire J., 2012. *Rôles des gourmands dans la résilience des chênes pédonculés dépérisants*. Forêt Wallonne n°116 – janvier/février 2012.

Résumé

Quatre outils sont développés pour évaluer la réactivité des arbres face aux perturbations abiotiques: (1) le diagnostic ontogénique identifie le stade de développement de l'arbre; (2) les *check-lists* de marqueurs architecturaux décrivent l'état de l'arbre; (3) les clés de détermination ARCHI pronostiquent l'avenir à court terme des arbres dépérisants et (4) le projet d'application informatique DIAGARCHI facilitera la pratique du diagnostic architectural sur le terrain.

Mots-clés: architecture des arbres, analyse rétrospective, diagnostic de l'arbre, dépérissement.

Réduire l'âge d'exploitabilité : une stratégie d'adaptation économiquement acceptable face aux risques induits par la sécheresse ?

par Nathalie Bréda, Marielle Brunette, Inra de Nancy

Quels sont les leviers d'action du sylviculteur pour anticiper les risques accrus de dépérissement ? La réduction de la révolution est parfois évoquée comme une stratégie d'adaptation. Toutefois, les propriétaires forestiers s'interrogent sur l'acceptabilité économique d'une telle modification de sylviculture. Un exercice de simulation sylvicole et économique en climat futur apporte des éléments de réflexion.

La longueur de la période d'investissement, la réversibilité et la plasticité limitée des décisions font de la forêt un cadre prioritaire pour étudier les options d'adaptation. Une forêt plantée aujourd'hui arrivera à maturité pour être exploitée dans 30 à 100 ans, selon l'essence. Même si de nombreuses incertitudes demeurent, les grandes tendances sur l'évolution du climat font consensus dans la communauté scientifique; il semble acquis que le régime des aléas naturels, en particulier des événements extrêmes, sera modifié. Dans ce contexte, de nombreuses actions d'adaptation anticipatives sont préconisées. Le risque de dommages (chablis, mortalité, dépérissement...) résulte de l'exposition d'un peuplement vulnérable à

un aléa climatique. Les stratégies d'adaptation peuvent consister à réduire :

- > l'exposition à l'aléa,
- > l'intensité de l'aléa,
- > la vulnérabilité du peuplement.

La réduction de la révolution est une **stratégie à double objectif** :

- > **diminuer la durée d'exposition du peuplement** aux aléas naturels (tempête, incendie, sécheresse...),
- > **réduire la vulnérabilité des arbres** en réduisant leur âge et leur hauteur, ce qui les rend moins sensibles au vent et plus aptes à réagir aux bio-agresseurs et aux aléas climatiques comme les sécheresses.

Toutefois, cela a de nombreuses implications en termes de produits mis sur le marché du bois, de stockage de carbone ou encore de maintien de la fertilité à long terme. Par conséquent, les propriétaires forestiers s'interrogent sur les coûts et bénéfices réels de cette stratégie d'adaptation. L'objectif est d'**apporter des éléments de réflexion, en intégrant le risque de perte de production et de dépérissements induits par la sécheresse, pour l'évaluation du bilan économique d'une réduction de la révolution.**

Contexte et problématique

Notre étude porte sur le douglas, une essence à vocation de production de bois. La productivité du douglas est fortement dépendante du bilan hydrique du sol¹⁾. Une étude de dépérissements avec des mortalités de douglas, menée dans le cadre du projet DRYADE²⁾ montre que le **douglas est vulnérable aux sécheresses extrêmes et/ou récurrentes deux années de suite**³⁾. D'autres recherches

- 1) A.-S. Sergent et N. Bréda, Forêt-entreprise n° 208, janvier 2013, pp. 19-23.
- 2) Forêt-entreprise n° 209, mars 2013, pp.49-56.
- 3) A-S Sergent, N. Bréda et L.-M. Nageleisen, Forêt-entreprise n° 208, janvier 2013, pp.16-18.

Adaptation au changement climatique, quelques précisions

Selon le GEDD ([Conseil économique pour le développement durable](#)), l'adaptation regroupe « l'ensemble des évolutions d'organisation, de localisation et de techniques que les sociétés devront opérer pour limiter les impacts négatifs du changement climatique et en maximiser les effets bénéfiques ».

L'**adaptation** consiste à s'adapter aux conséquences des problèmes qui se manifestent. Cela se traduit notamment par la sélection de nouvelles variétés forestières mieux adaptées aux futures conditions climatiques et par la garantie, lors du renouvellement des peuplements, de la plus grande diversité génétique possible (PNACC, 2011-2015).

Deux formes d'adaptation peuvent être distinguées. L'**adaptation réactive** consiste à réagir *ex post* aux impacts adverses du changement climatique, lorsqu'ils se produisent. L'**adaptation anticipative**, au contraire, consiste à agir avant que les impacts ne se produisent pour réduire la vulnérabilité à ces impacts et à en limiter les conséquences adverses ou à en tirer des bénéfices nouveaux.



menées dans le cadre du projet CLIMATOR⁴) montrent que **tous les scénarios de climat futur disponibles en France convergent vers une augmentation de l'intensité et de la fréquence des sécheresses**. Ainsi, la probabilité qu'un peuplement subisse une sécheresse susceptible d'induire un dépérissement est également accrue.

S'adapter ou non ? Maintenant ou plus tard ?

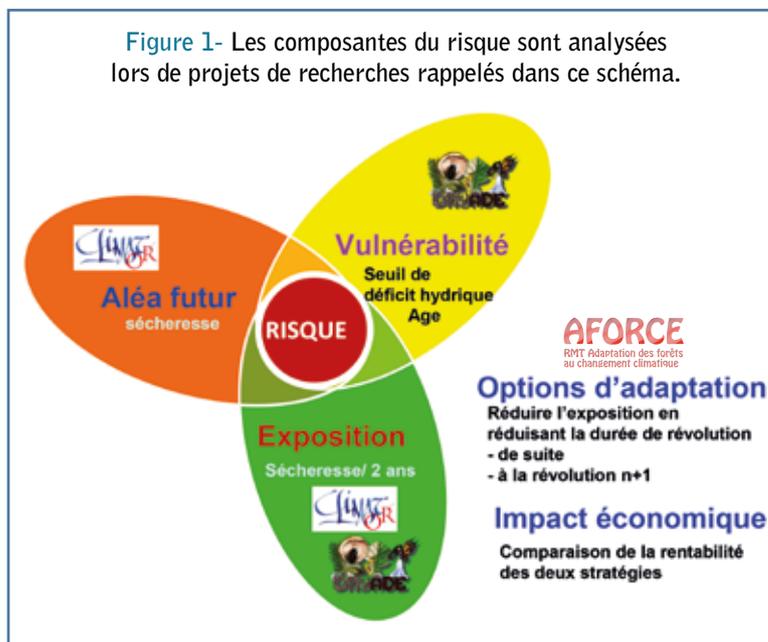
Nous considérons un propriétaire forestier qui gère deux peuplements de douglas en Bourgogne, avec une révolution de 55 ans et qui vient de réaliser une coupe rase. La question de l'adaptation se pose à la plantation car les itinéraires sylvicoles sont différents selon que l'on choisit de planter avec une révolution de 40 ans ou de 55 ans. Les deux peuplements sont géographiquement proches (donc soumis au même climat), mais sont installés sur des sols à réserves en eau contrastées (réserve utile 100 ou 130 mm). Conscient du risque de dépérissement qui affectera sa région, le propriétaire hésite entre trois stratégies parmi toutes celles possibles :

> **stratégie 1 "ne rien changer"** : même itinéraires sylvicoles, replanter du douglas avec une révolution de 55 ans et ceci, pour chacune des révolutions futures ;

> **stratégie 2 "adapter immédiatement"** : replanter du douglas avec une révolution de 40 ans et ceci, pour chacune des révolutions futures ;

> **stratégie 3 "adapter plus tard"** : replanter du douglas à l'identique, avec une révolution de 55 ans ; puis s'adapter au tour suivant, en réduisant la révolution à 40 ans.

Figure 1- Les composantes du risque sont analysées lors de projets de recherches rappelés dans ce schéma.



Probabilité future d'occurrence de l'aléa sécheresse

Pour évaluer le risque de sécheresse sous climat futur, nous retenons un scénario moyen d'émission de gaz à effets de serre (A1B, ni trop optimiste, ni trop pessimiste) et un modèle climatique (Arpège, Météo France). L'incertitude est prise en compte en réalisant les **calculs de bilans hydriques à l'aide de l'outil Biljou⁵** avec 4 réalisations possibles de climat futur régional, de manière à bien représenter l'incertitude climatique régionale. Les calculs sont réalisés pour trois fenêtres temporelles : passé récent (1970-2006), futur proche (autour de 2050) et futur lointain (autour de 2100). Nous obtenons ainsi 4 séries de déficit hydrique du sol de 1970 à 2100.

Pour chacune de ces séries et chaque fenêtre temporelle, **nous calculons ensuite la probabilité d'occurrence de deux sécheresses consécutives susceptibles d'induire un dépérissement de douglas**. Ce seuil de vulnérabilité est établi dans DRYADE. Sur la région Bourgogne et avec le scénario et le modèle climatiques retenus, la probabilité augmente très fortement du passé récent au futur proche, et plus encore en futur lointain. **Cette probabilité d'occurrence est ensuite introduite dans le calcul économique, en utilisant pour chaque fenêtre temporelle la probabilité minimale et maximale obtenue à partir des quatre scénarios de climat futur régionalisé**. Il est à noter que, en région Bourgogne et sous ces 4 scénarios, l'amplitude du changement à la fois dans la demande climatique et dans la pluviométrie est telle qu'elle ne peut être compensée par la seule réserve utile.

L'originalité du projet intègre les composantes du risque pour évaluer le bilan économique d'options d'adaptation agissant à la fois sur la réduction de l'exposition et sur la vulnérabilité.

4) N. Bréda *et al.*, Forêt-entreprise n° 196, janvier 2011, et n° 209, mars 2013.

5) Forêt-entreprise n° 166, janvier 2011.

Cette démarche associe donc des acquis sur les différentes composantes du risque qui sont résumées dans la figure 1.

Analyse économique des stratégies d'adaptation

Le projet consiste ensuite en une **analyse coût-bénéfice de deux itinéraires sylvicoles** pour le douglas, révolution de 55 ans *versus* de 40 ans. Il est à noter que, indépendamment des risques, les deux itinéraires sylvicoles sont proches en termes de bénéfice économique. La réduction de la révolution est synonyme d'une plus grande exportation d'éléments minéraux, ce qui à terme réduit la fertilité du sol et donc impacte la productivité et la rentabilité, en particulier lorsque la fertilité initiale est faible. Un itinéraire en moins de 60 ans est susceptible d'induire cette baisse de fertilité⁶⁾. Par conséquent, pour le peuplement de douglas installé sur un sol à fertilité et réserve en eau faibles, il est introduit dans l'analyse, le coût d'une fertilisation à chaque nouvelle plantation, afin d'assurer à long terme le maintien d'une productivité équivalente.

Pour comparer nos trois stratégies, nous utilisons un critère standard de l'économie forestière, le **Bénéfice Actualisé en Séquence Infini (BASI)**, encore appelé critère de Faustmann (1849). Le BASI permet de comparer des itinéraires sylvicoles de durées différentes en les ramenant à une durée

commune, l'infini. Cela suppose qu'à chaque révolution de n années (40 ou 55 ans dans notre étude), le peuplement suit le même itinéraire sylvicole (travaux et coupes) qu'à la révolution précédente, avec des dépenses et recettes intervenant exactement aux mêmes dates. L'objectif, pour le propriétaire forestier, est de maximiser ce BASI.

Comme indiqué précédemment :

– les modèles climatiques utilisés indiquent que la probabilité de subir une sécheresse durant la prochaine révolution est plus forte qu'au passé récent et plus faible que celle de subir une sécheresse durant les révolutions futures.

- pour chaque fenêtre temporelle, la probabilité minimale et maximale obtenue à partir des quatre scénarios de climat futur régionalisé.

- l'occurrence de l'aléa se traduit par une perte de bénéfice *via* une perte d'accroissement en volume variable de 15 à 40 %⁷⁾ et *via* une mortalité anormale qui amplifie la réduction du volume sur pied à chaque aléa.

Dans ce contexte, nous montrons que **la stratégie qui maximise le bénéfice économique n'est pas toujours celle de l'adaptation immédiate**. Le calcul est en effet très sensible au taux de dommages induits par la sécheresse :

- si l'aléa se produit et génère des **dommages moyens de 15 % du volume**, correspondant à une simple perte de croissance, la stratégie

6) Ranger et Bonneau, 1984.

7) A.-S. Sergent et N. Bréda Forêt-entreprise n° 208, janvier 2013.

Tableau 1- Bénéfices pour deux itinéraires sylvicoles de douglas se différenciant par leur révolution (€/ha). Les itinéraires sylvicoles ainsi que les bénéfices et les coûts associés aux différentes opérations sont fournis par la Société forestière de la Caisse des Dépôts et Consignations et par l'Institut pour le développement forestier.

Opérations (années)	Bénéfices	
	Révolution de 55 ans	Révolution de 40 ans
Coûts de plantation	- 1 915	- 1 915
Maintenance (1)	- 150	- 350
Maintenance (2)	- 200	- 200
Maintenance (3)	- 150	
Maintenance (4)		- 200
Maintenance (5)	- 200	
Maintenance (16)	- 700	
Éclaircie (20)		2 318
Éclaircie (22)	1 344	
Éclaircie (25)		1 676
Éclaircie (29)	1 950	
Éclaircie (30)		2 277
Coupe finale (40)		29 878
Éclaircie (42)	7 179	
Éclaircie (48)	5 058	
Coupe finale (55)	38 372	

Les deux itinéraires sont calculés en considérant la même courbe de prix.

Pour la révolution à 55 ans :

- 1^{re} éclaircie = 22 ans

- 70 m³ sont récoltés, soit 385 arbres avec un volume unitaire de 0,18 m³.

- Prix du bois correspondant à ce volume unitaire = 19,20 €/m³ sur pied.

- Bénéfice : 19,2 x 70 = 1 344 €/ha.

Pour la révolution à 40 ans :

- 1^{re} éclaircie = 20 ans

- 92 m³ sont prélevés, soit 341 arbres avec un volume unitaire de 0,27 m³.

- Prix du bois = 25,20 €/m³

- Bénéfice : 25,2 x 92 = 2 318 €/ha.

Économie forestière, origine et objectif

L'économie forestière est née avec les travaux de Faustmann (1849). L'auteur part du principe que la gestion optimale d'une forêt nécessite de connaître au préalable la valeur de cette forêt. Selon lui, cette valeur est composée de deux éléments : la valeur de la terre et la valeur du peuplement. L'idée de Faustmann est de considérer la forêt comme un actif financier permettant de dégager des revenus et qui serait géré sur un horizon temporel infini. Il applique ainsi le principe d'actualisation au problème de gestion forestière. Il définit la valeur de la forêt comme la somme infinie des revenus nets futurs actualisés, appelé communément le BASI (Bénéfice Actualisé en Séquence Infini). La formule du BASI est :

$$\sum_{i=0}^{\infty} \frac{R_i - D_i}{(1+r)^i} \times \frac{(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$

R = recettes,
D = dépenses,
r = taux d'actualisation.

De ce raisonnement à l'infini, Faustmann déduit une règle de gestion permettant de déterminer l'âge optimal d'exploitabilité d'un peuplement. Ainsi, l'âge optimal de coupe correspond à l'âge du peuplement pour lequel le propriétaire forestier est indifférent entre couper aujourd'hui et placer l'argent de la récolte ou repousser la récolte d'une période.

gagnante consiste à ne pas s'adapter ; l'adaptation immédiate est la moins intéressante en termes de bénéfice économique.

- pour un **dommage supérieur à 30 % du volume**, l'adaptation immédiate domine les deux autres stratégies.

Ceci suggère que **la réduction de la révolution pourrait être un outil d'adaptation pour les peuplements les plus vulnérables**. Nous en avons étudié en Bourgogne après 2003-2006, où une réduction de croissance attribuée à la sécheresse de 40 % a été observée.

La démarche utilisée permet d'évaluer le poids relatif des stratégies d'adaptation, de l'incertitude climatique et de la station (réserve utile, fertilité) sur le BASI. Nos calculs montrent que ce critère économique est en premier lieu sensible à l'incertitude climatique. Le second levier, qui impacte le bénéfice, est la stratégie d'adaptation. Enfin, en Bourgogne et avec le scénario climatique utilisé, l'augmentation de la probabilité de sécheresse est telle que la réserve utile du sol ne peut atténuer significativement le risque de dépérissement : le BASI est donc ici très peu sensible à ce paramètre. En résumé, l'incertitude climatique se propage dans les modèles d'impacts biophysiques, puis les modèles économiques et donc jusqu'à la prise de décision d'action d'adaptation.

Conclusion

En conclusion, sous les hypothèses de climats futurs, d'itinéraires sylvicoles et de coûts utilisés dans cet exercice, il apparaît que **la réduction de la révolution pour adapter les peuplements de douglas aux futurs risques induits par les sécheresses peut s'avérer une option économiquement acceptable, à condition que les dommages potentiels soient élevés**. Ceci est le cas dans les peuplements à fort capital sur pied, en retard

d'éclaircie, ou encore soumis à des dommages phytosanitaires.

L'approche multidisciplinaire adoptée pour ce projet pilote initié par le RMT Aforce pourrait être développée comme outil d'aide à la décision pour comparer des options d'adaptation pour faire face aux risques futurs. Le raisonnement pourrait s'étendre à d'autres régions de production où la probabilité d'occurrence de l'aléa serait moins élevée sous climat futur, à d'autres options d'adaptation (sylviculture claire, substitutions d'essences...). Il serait aussi envisageable d'étendre les calculs à d'autres aléas (vent, ravageurs...) à condition d'être capable de calculer leurs probabilités d'occurrences futures et de connaître les seuils de vulnérabilité. L'évaluation économique des options d'adaptation face aux évolutions possibles du climat doit être développée en collaboration étroite avec les sylviculteurs, la filière et les communautés du climat et de l'impact (écologues et écophysologistes). Comme indiqué par Yousefpour *et al.*, (2012), « Les études futures devraient tenter de créer le pont entre les modèles écologiques et économiques afin d'aider les décideurs [...] ». ■

Résumé

Le projet étudie deux peuplements de douglas (contrastés en termes de réserve en eau du sol, mais soumis au même climat) dans un contexte de changement climatique où le risque de sécheresse est accru. La réduction de la révolution est évaluée comme stratégie d'adaptation de la conduite du douglas face au risque de dépérissement. Sous les hypothèses de l'étude, le propriétaire forestier a intérêt économiquement à ne pas s'adapter si les dommages potentiels dus à la sécheresse sont inférieurs à 15% du volume. Au-delà, l'adaptation s'avère préférable.

Mots-clés : sécheresse, douglas, rotation, adaptation, changement climatique, BASI.

Remerciements

Nous remercions le RMT AFORCE pour son rôle dans l'émergence puis le financement de ce projet. Nous remercions l'IDF et la Société forestière de la CDC qui ont fourni les données relatives aux deux itinéraires sylvicoles (coûts et bénéfices). Nous remercions également Abdoulaye Sacko pour le travail économique réalisé dans le cadre de son stage de Master 2.

Bibliographie

- Faustmann M., 1849. *Berechnung des Wertes, zehen Waldboden, sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen*, Allgemeine Forstund Jagdzeitung, Frankfurt a. M., 285-295. [Traduit en français par Jean Maheut, *Calcul de la valeur que possèdent, du point de vue de l'économie forestière, les sols forestiers ainsi que les peuplements non encore exploitables*. ENGREF Nancy, 36 p].
- Plan National d'Adaptation au Changement Climatique, 2011-2015. Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, 187 p.
- Ranger J., Bonneau M., 1984. *Effets prévisibles de l'intensification de la production et des récoltes sur la fertilité des sols de forêt. I. Le cycle biologique en forêt*. Revue Forestière Française, XXXVI, 2 : 93-112.
- Yousefpour R., Jacobsen J.-B., Thorsen B.-J., Meilby H., Hanewinkel M., Oehler K., 2012. *A review of decision-making approaches to handle uncertainty and risk in adaptive forest management under climate change*. Annals of Forest Science 69(1):1-15.



Les plantes indicatrices de l'ancienneté de l'état boisé

par Pierre Beaudesson¹, Marc Laporte²

Cela fait longtemps que l'on observe des différences dans les compositions des inventaires floristiques en fonction du passé culturel de la parcelle forestière. On observe également une diversité différente dans les cortèges de champignons ou d'insectes. En se référant aux travaux les plus récents de la recherche, le CNPF publie un guide qui présente une sélection de plantes forestières, par région biogéographique, se retrouvant plus fréquemment dans les parcelles qui sont restées boisées depuis au moins 150 à 200 ans.

1) CNPF

2) CNPF-CRPF
Île de France-Centre

Le concept de **forêt ancienne** est maintenant mieux connu des gestionnaires et la définition est partagée par tous : ensemble boisé qui n'a pas connu de défrichement depuis 200 ans. Cependant le pas de temps peut varier suivant certains auteurs : 150 à 400 ans... Au-delà de 200 ans, seulement 29 % des forêts françaises seraient anciennes.

Cette ancienneté n'est pas relative à l'âge des arbres qui composent le peuplement forestier, mais à la **présence continue d'arbres** dans le temps. Une forêt ancienne peut être constituée de jeunes peuplements comme de peuplements âgés ou d'une mosaïque des différents stades de la sylvigénèse, pour autant que la continuité de l'état boisé ait persisté jusqu'à nos jours.

Que cette forêt ait été plus ou moins exploitée entre-temps n'entre pas en ligne de compte, mais pourra par contre affecter sa **naturalité** en fonction de son degré d'anthropisation (gestion, fréquentation...).

L'ancienneté de l'état boisé est une composante de la naturalité. Cette dernière se définit davantage par un gradient d'évolution naturelle, caractère « sauvage », d'une forêt dans toutes ses composantes, qu'elle soit récente ou ancienne.

La distinction de ces deux notions prend toute sa signification dans la composition du cortège floristique forestier. Quelles que soient ses caractéristiques, une forêt ancienne abritera plus fréquemment un ensemble de **plantes spécifiques de la continuité de l'état boisé**.

Intérêt du concept

Du point de vue purement sylvicole, les implications de l'ancienneté de l'état boisé semblent actuellement peu nombreuses : meilleurs fonctionnements de l'écosystème et de l'état sanitaire en forêt ancienne. Inversement les sols sont plus fertiles en forêt récente. Aussi les recommandations de gestion restent générales, comme éviter les impacts lourds au sol... Cependant c'est sur l'**intérêt patrimonial** de ces forêts que l'on insiste. De fait, les forêts anciennes font appel à des notions d'héritage, d'histoire locale, de continuité et de respect du passé qui méritent d'être pris en compte tout autant que les aspects naturalistes de typicité des cortèges de faune, de flore ou de champignons. Du point de vue scientifique, le concept de forêt ancienne présente de nombreux intérêts de recherche sur la mobilité et la répartition des espèces, sur la trame verte, sur la dynamique, la fonctionnalité et la biodiversité des écosystèmes, sur la stratégie de création d'espaces protégés ou d'îlots de sénescences...

Les plantes, une autre lecture de l'ancienneté de l'état boisé

Les indices révélateurs de forêts récentes sont connus, tels que les indices anthropiques (terrasse, muret, mare, fossé...) ou les indices floristiques comme la présence de graminées sociales de prairie (Dactyle aggloméré, Houllque laineuse...), ou la présence d'une flore affectionnant l'azote ou le phosphore (Ortie dioïque, Morelle douce-amère...), ou d'arbustes fréquentant les forêts pionnières



En savoir⁺

Téléchargez la brochure sur
[www.foretpriveefrancaise.com/
?IDINFO=420497](http://www.foretpriveefrancaise.com/?IDINFO=420497)

(Prunellier épineux, Fusain d'Europe...).

Pour les forêts anciennes, il existe aussi un faisceau d'indicateurs disponibles. Le moyen fiable est la consultation de cartographies, par exemple celles de la deuxième moitié du XVIII^e siècle (Cassini) ou des premières cartes d'État-Major (XIX^e siècle). Reste aussi la consultation d'écrits historiques ou l'analyse de la toponymie des cartes au 1/25 000^e. Toutefois, l'observation de la fréquence d'apparition de certaines espèces végétales complète ces indicateurs. Ceci a été mis en évidence par des études de végétation comme celles de Hermy (1999), Dupouey (2002), Amandier (2013). Des champignons et insectes répondraient aussi au degré d'ancienneté des boisements (Archaut *et al.*, 2014). À cela rien d'extraordinaire, les antécédents culturels impactent le milieu. Les modifications du sol s'observent même très longtemps après les faits. C'est ainsi que des traces d'anciennes fermes datant de 2000 ans ont été retrouvées en forêt grâce à la présence de plantes caractéristiques (Dupouey, 2002). Les plantes affectionnant un type de forêts (ancienne ou récente) ne sont pas forcément absentes dans les autres forêts, mais beaucoup plus présentes et recouvrantes dans leur milieu privilégié.

Caractéristiques des plantes de forêts anciennes

Les plantes de forêts anciennes sont plutôt vivaces, avec une reproduction végétative par stolons ou rhizomes, une reproduction sexuée peu développée produisant peu de graines qui

La brochure est disponible sur demande auprès de votre CRPF



Après avoir défini le concept de forêt ancienne, ce document de 32 pages propose, par domaine biogéographique, une sélection de 126 plantes susceptibles d'être plus fréquentes en forêt n'ayant pas subi de modification profonde pendant les 150 à 200 dernières années (Naman S. *et al.*, 2013). Une version de vulgarisation de « 4 pages » est en projet.



Les micro-habitats, chablis, vieilles souches sont signes de naturalité plutôt que d'ancienneté.



*Digitale pourpre
en hêtraie à houx.*

© M. Laporte, CNPF-CRPF Île de France - Centre

d'ailleurs ne persistent pas longtemps dans le sol. D'une manière générale elles ont une faible capacité à coloniser de nouveaux milieux en raison d'un vecteur de dispersion peu efficace sur de longues distances. Certaines voyagent à la vitesse de 50 mètres par siècle, voire moins. Elles ont par ailleurs une intolérance aux modifications du sol induit par l'agriculture (labour).

En étudiant leur mode de dispersion, les plantes dites de forêts anciennes sont plutôt barochores (par gravité pour les graines lourdes), voire myrmécochores (graines reprises et transportées par les fourmis).

Cas de la dispersion par les fourmis

Une proportion non négligeable de ces plantes de forêts anciennes présente un appendice gras sur leur graine appelé élaïosome (*voir photo*). C'est le cas de 30 % des plantes des

forêts tempérées de l'hémisphère nord.

Après consommation de l'élaïosome par les larves, les fourmis stockent ces graines dans une zone d'élimination des déchets de la fourmière qui est riche en éléments nutritifs grâce aux excréments et cadavres de fourmis. Cet emplacement constitue un lieu idéal pour la germination.

Notre sélection de plantes de forêts anciennes

La sélection des plantes témoignant de l'ancienneté de l'état boisé s'est faite à partir de cinq listes :

- M. Hermy, 1999 pour les forêts européennes tempérées,
- J.-L. Dupouey, 2002 pour les forêts de France hors domaine méditerranéen,
- L. Amandier, 2013 pour les espèces du domaine méditerranéen,
- P. Servigne, 2008 pour la dissémination par les fourmis,
- J.-L. Dupouey *et al.*, 2013 pour les espèces pyrénéennes.

Ont été rajoutées aux espèces communes aux deux premières listes, les espèces méditerranéennes issues de l'expertise partielle de L. Amandier et celles du contexte pyrénéen issues de l'étude en cours par Dupouey *et al.*

Ainsi pour le guide « Les plantes et l'ancienneté de l'état boisé », 126 espèces ont été sélectionnées parmi les plus représentatives (*extrait de la liste p. 53*). Ces plantes ne sont pas forcément absentes des forêts récentes, mais sont significativement plus présentes et recouvrantes en forêts anciennes.

*Fruit de la violette
odorante*



© P. Servigne

Figure 1 - Extrait de la sélection de plantes indicatrices de forêts anciennes : 13 plantes des 126 plantes indicatrices de la sélection.

Nom vernaculaire	Domaine biogéographique					Substrat	Eau dans le sol	Dispersion par	Genre/Espèce
	Plaine & colline	Montagne			Méditerranéen				
		Préalpes du Nord	Pyrénées	Petite Montagne jurassienne					
Actée en épi						présence d'azote	sol bien drainé à légèrement frais	ingestion animale	<i>Actaea spicata</i>
Adénostyle à feuilles d'alliaire						présence d'azote	sol frais à humide	vent	<i>Adenostyles alliariae</i>
Ail des ours						présence d'azote	sol frais à humide	gravité	<i>Allium ursinum</i>
Alisier torminal						divers	indifférent	ingestion animale	<i>Sorbus torminalis</i>
Alisier blanc						acide ou calcaire	sol sec	ingestion animale	<i>Sorbus aria</i>
Anémone des bois						large amplitude	sol bien drainé à légèrement frais	foarnis	<i>Anemone nemorosa</i>
Anémone fausse-renoncule						présence d'azote	sol bien drainé à légèrement frais	poils, plumes...	<i>Anemone ranunculoides</i>
Anémone hépatique						sol calcaire	sol assez sec à sec	foarnis	<i>Anemone hepatica</i>
Arbousier						plutôt acide à acide	sol assez sec à sec	ingestion animale	<i>Arbutus unedo</i>
Asaret						sol neutre + Calc.	sol bien drainé à légèrement frais	foarnis	<i>Asarum europaeum</i>
Aspérule odorante						sol neutre	sol bien drainé à légèrement frais	poils, plumes...	<i>Galium odoratum</i>
Asplénie des ânes						plutôt acide à acide	sol bien drainé à légèrement frais	vent	<i>Asplenium onopteris</i>
Aubépine épineuse						sol neutre	sol bien drainé à légèrement frais	ingestion animale	<i>Crataegus laevigata</i>
Benoîte des bois						sol calcaire	sol assez sec à sec	poils, plumes...	<i>Genm sylvaticum</i>
Benoîte des ruisseaux						présence d'azote	sol humide voire inondé	poils, plumes...	<i>Genm rivale</i>
Blechnes en épi						plutôt acide à acide	sol humide voire inondé	vent	<i>Blechnum spicant</i>
Bois joli						sol neutre + Calc.	sol bien drainé à légèrement frais	ingestion animale	<i>Daphne mezereum</i>
Brachypode des bois						sol neutre + Calc.	sol bien drainé à légèrement frais	poils, plumes...	<i>Brachypodium sylvaticum</i>
Brome de Beneken						sol neutre	sol bien drainé à légèrement frais	poils, plumes...	<i>Bromus benekenii</i>



Ces plantes ne sont pas forcément absentes des forêts récentes, mais plus présentes et recouvrantes en forêts anciennes.



Espèce dont la graine possède un élaïosome*

Conclusion

Au-delà de l'intérêt historique, connaître l'antériorité d'une forêt favorise une meilleure connaissance de l'écosystème forestier et de la biodiversité associée. La continuité forestière devrait être mieux prise en compte lors du renouvellement d'un plan simple de gestion notamment en cas de travaux importants programmés.

Le maintien d'une trame de forêts anciennes abritant un cortège de plantes spécifiques à faible pouvoir de dispersion sert de réservoir pour les nombreuses forêts récentes qui jouxtent ces massifs anciens. Cette continuité leur permettra de s'enrichir plus rapidement avec ces espèces en assurant une meilleure résilience face aux aléas climatiques. ■

Bibliographie

- Naman S. *et al.*, 2013. *Les plantes et l'ancienneté de l'état boisé*, CNPF 31 pages.

Résumé

Les espaces boisés, qui n'ont pas connu de défrichements depuis au moins 200 ans, présentent des particularités dans leur cortège faunistique, floristique et même chez les champignons. Un guide de vulgarisation reprend une sélection de 126 plantes indicatrices de l'ancienneté de l'état boisé répartie par domaine biogéographique. Édité par le CNPF, ce guide fait la synthèse des derniers résultats de recherche sur les plantes des forêts anciennes. Ces plantes ne sont pas forcément absentes des forêts récentes mais plus présentes et recouvrantes en forêts anciennes.

Mots-clés : plantes de forêts anciennes, forêt ancienne, dispersion des graines, barochore, myrmécochore, reproduction végétative, rhizome, sénescence, stolon, toponymie.

Le peuplier, une richesse pour l'avenir

Persuadé des atouts de la filière populicole, le Conseil national du peuplier, l'interprofession du peupliers, souhaite convaincre les producteurs de replanter. Pour aider le réinvestissement du producteur, plus de 60 chefs d'entreprises et professionnels de la filière, du pépiniériste à l'industriel, participaient au lancement de la charte « Merci le peuplier », le 24 avril à Paris.

Pourquoi le Conseil national du peuplier se mobilise-t-il face au constat alarmant de non-renouvellement des peupleraies ?

Éric Vandromme, président du Conseil national du peuplier et pépiniériste :

Seulement 4 000 ha/an de peupleraie sont renouvelés en 2014, contre presque 12 000 ha/an en 1996, cela mettra prochainement la filière de transformation du peuplier en difficultés. Les freins au reboisement sont principalement d'ordre réglementaire (AVAP, PLU, SCOT) et rendent les démarches difficiles, voire peuvent interdire les plantations, comme par exemple en vallée de Loire, dans le Marais poitevin, ou bien en vallée moyenne de l'Oise. Si l'on n'agit

pas aujourd'hui pour renouveler les peupleraies, cela signifie qu'un tiers des besoins des industriels en bois de peuplier pour les années à venir sera manquant. Le Conseil national du Peuplier mobilise tous les professionnels de la filière populicole pour recréer une dynamique positive de replantation. La charte « Merci le peuplier » est ainsi étendue à la France entière, pour apporter un appui financier direct aux producteurs pour soutenir l'investissement à la replantation après récolte.

En tant que spécialiste du peuplier, quels sont vos arguments pour replanter du peuplier aujourd'hui ?

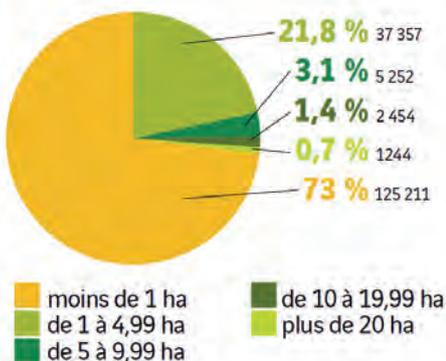
Éric Paillassa, ingénieur CNPF-IDF, spécialiste du peuplier : La croissance rapide du peuplier permet un cycle court de production en 18-20 ans. Les producteurs peuvent ainsi récolter leur investissement, le plus souvent sur de petites surfaces : environ 171 000 propriétaires ont une superficie moyenne d'1,4 ha. Les peupleraies sont installées principalement dans les vallées, et hébergent ainsi une grande diversité végétale et animale, du fait de la faible densité du peuplement.

L'accumulation de plusieurs facteurs : économiques, sanitaires, climatiques et sociologiques explique cette baisse des replantations. Un prix du bois trop faible ces dernières années, des contraintes ou critiques environnementales récurrentes, à cela s'ajoute une aug-

- > La France : 1^{er} producteur européen de peuplier, 2^e en surface plantée au monde, derrière la Chine 1^{er} pays producteur avec plus de 7 Millions d'ha plantés.
- > 230 000 ha de peupleraies, soit 2 % de la surface forestière de feuillu ;
- > 171 000 populteurs, 1,4 ha de surface moyenne par producteur ;
- > Trois grands bassins : Nord-Est, Ouest, Sud-Ouest ;
- > Une récolte annuelle d'environ 1 500 000 m³ de bois, soit 25 % de la récolte de bois d'œuvre feuillu.

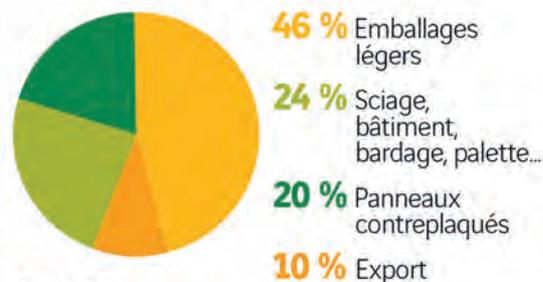
Portail de la filière peuplier
www.peupliersdefrance.org

NOMBRE DE PROPRIÉTAIRES DE PEUPLERAIES EN FRANCE, PAR CLASSE DE SURFACE



Source : Cadastre 2003

LES PRINCIPAUX DÉBOUCHÉS ÉCONOMIQUES DU PEUPLIER



Source : EAB

mentation récente de certains risques, comme la tempête dont les propriétaires, de moins en moins ruraux, se méfient.

Dans les années 1990, environ 2 millions de peupliers étaient plantés, contre seulement 750 000 plants/an aujourd'hui. Depuis 2006, 1 peupleraie sur 3 n'est pas reconstituée. Dès 2020, la ressource disponible sera inférieure à la demande industrielle; selon les estimations, en 2025, il manquera environ 500 000 m³.

Quels sont les atouts du peuplier ?

Eric Paillassa : Le peuplier est l'une des essences les plus étudiées au monde. Le génome du peuplier est le 3^e végétal, dont le génome a été décodé en 2006¹⁾ par une équipe française. Depuis de nombreuses années, la technique d'amélioration végétale utilisée pour le peuplier est l'hybridation : des croisements sont effectués à partir des meilleurs arbres, mâles et femelles, ainsi on obtient une sélection d'hybrides les plus performants. La reproduction d'un beau peuplier obtenu se fait ensuite par bouturage, c'est-à-dire des individus identiques seront plantés sur une même parcelle. Toutefois, il est conseillé de planter des variétés différentes de peupliers pour des raisons écologiques (adaptation aux sols, diversité biologique...). La Recherche travaille sur des sélections d'arbres plus résistants à la sécheresse et capables de fixer autant de carbone avec moins d'eau.

Le peuplier a trois atouts pour l'environnement : le stockage du carbone, la filtration des sols et une diversité végétale associée. La captation du carbone lors de la photosynthèse en fait un matériau bois reconnu pour ses qualités écologiques. Le biotope naturel d'une peupleraie se situe en zones alluviales. Pourtant, le peuplier

ne consomme pas plus d'eau qu'une prairie, et bien moins qu'un champ de maïs. De plus, le peuplier contribue à une eau de meilleure qualité. Des laboratoires américains ont montré qu'une parcelle de peuplier plantée entre un cours d'eau et une terre agricole participe significativement à l'épuration des nitrates des eaux de ruissellement²⁾. Enfin, la biodiversité associée d'une peupleraie est variée, grâce aux milieux semi-fermés.

1) Le génome d'une plante herbacée, Arabidopsis, décrypté en 2001, et celui du riz, dont deux variétés ont été séquencées en 2002.

2) La pythoremédiation ou la bonne santé du sol par les plantes; F. Charnet, FE n°188, p. 60-64.

Un ha de peupliers capte 8 tonnes de CO₂ par an, soit l'équivalent de ce que rejette une voiture diesel pour parcourir 50 000 km. (Source Observatoire de l'énergie 2006.)

La FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) déclare le peuplier arbre du XXI^e siècle, par ses atouts de matière première durable adaptée à nos besoins (protection des sols et des eaux, fixation du carbone, nombreux usages du bois, de l'emballage aux structures de construction).

Pourquoi le peuplier est-il une matière première durable ?

Olivier de Lagausie, délégué général du SIEL Syndicat des industries de l'emballage léger en bois : Le peuplier est une ressource renouvelable, aux nombreux débouchés et très performante au regard de l'analyse de cycle de vie. Ses caractéristiques du bois se prêtent particulièrement à la transformation. Le secteur de l'emballage léger utilise principalement 80 % du bois de peuplier pour sa légèreté, seulement 360 kg/m³, ce qui réduit les coûts de transport. Le plus souvent, les industries sont locales, proches des bassins de production et d'utilisation d'emballages légers, et emploient environ 2 000 salariés directs, non délocalisables.

> La France est le 2^e pays européen producteur d'emballages légers avec 800 millions d'unités fabriquées par an, ce qui valorise 630 000 m³ de bois de peuplier soit 46 % de la récolte. Environ 40 entreprises, 2 000 salariés directs et 6 000 emplois indirects.

La production de 600 millions d'ELB de 500 grammes poids moyen représente 300 000 tonnes, soit 520 800 m³, soit 520 800 peupliers / an.

L'emballage léger en bois (ELB) est un matériau issu d'une ressource renouvelable locale. Ses qualités de résistance et de gerbabilité sont utiles pour de nombreux emballages comme les fruits et légumes, les produits de la mer, les fromages et crèmerie, l'horticulture, le vin. La cagette bois peut supporter un passage sous l'eau (contrairement au carton). Cela s'avère très utile pour la conservation de fruits ou légumes comme la salade, car ils restituent l'humidité au produit au fil du temps. Il a été démontré que le bois augmente la durée de vie de certains produits alimentaires, comme pour les fromages. Sa bactériostatique constitue aussi un avantage appréciable : l'emballage en bois interrompt ainsi la prolifération bactérienne sur un produit, contrairement au plastique.

Cependant l'emballage léger en bois subit actuellement la concurrence du plastique. Pourtant, la technique industrielle du déroulage utilise moins d'énergie que celle de la transformation du bois en pâte à papier.

À noter, l'analyse du cycle de vie place l'ELB largement en tête au regard de sa dépense énergétique de fabrication, sa recyclabilité en fin de vie : son empreinte énergétique non renouvelable est très faible, comparativement au carton ou plastique nettement plus énergivore (72 kg éq. CO₂/t ELB bois contre 774 kg éq. CO₂/t d'emballage carton et 1 000 kg éq. CO₂/t d'emballage plastique).

Le concept de l'économie circulaire ou de l'économie grise, qui prend en considération l'ensemble du cycle de production jusqu'au recyclage et la préservation de la ressource, est largement favorable à la filière bois.

2) Deux dossiers de Forêt-entreprise n°213 en 2013 et n°191 en 2010.

- > 250 000 M³ de contreplaqué produits en France.
- > dont 40 000 m³/an de panneaux de contreplaqué uniquement en peuplier, soit 100 000 m³/an de grumes.
- > 110 000 m³/an de panneaux de contreplaqué mixtes (peuplier, bois exotique)



© CNP

Quelles sont les spécificités du bois de peuplier et les innovations récentes ?

Hervé Drouin, industriel fabricant de contreplaqué, caisserie et usinage de panneaux :

Le 1^{er} atout du peuplier est la proximité des bassins de production avec les unités de transformation : un bois local qui pousse dans un rayon de 120 km autour de l'entreprise. Le peuplier est un bois aux usages multiples, facile à dérouler (la technique du taille-crayon) pour fabriquer du contreplaqué, utilisé dans l'industrie, la construction, l'agencement, la menuiserie et le meuble. On réalise de plus en plus de contreplaqué 100 % peuplier, cela remplace des panneaux en bois exotiques. Ses qualités de légèreté et de solidité sont appréciées pour l'agencement intérieur, comme l'aménagement de véhicule ou le nautisme. Un panneau contreplaqué alterne les fils long et travers du bois procurant ainsi une résistance mécanique avec un nombre toujours impair de feuilles. Des améliorations dans la formulation des colles sans formaldéhyde (COV) donnent maintenant aux panneaux une mesure du taux d'émanations le plus faible correspondant à la classe A +.

Des besoins supplémentaires en grumes de peuplier apparaissent pour remplacer les bois exotiques (maintenant interdits à l'importation), soit environ 180 000 m³/an. La fabrication de panneaux évolue notamment en raison des coûts. En plus, les panneaux en peuplier sont 25 % moins cher.

Aujourd'hui la France produit 40 000 m³ de panneaux contreplaqués en peuplier et 110 000 m³ en panneau d'okoumé ou okoumé/peuplier, le reste du contreplaqué se fait en pin ou hêtre.

Contrairement aux idées reçues, le bois de peuplier est depuis longtemps utilisé dans la construction pour ses qualités technologiques, en particulier pour des charpentes²⁾. Récemment des charpentes de longue portée en peuplier sont utilisées pour la structure du stade de football d'Etaples-sur-mer, mais aussi



Aménagement de véhicule



© E. Paillassa, CNPF-IDF

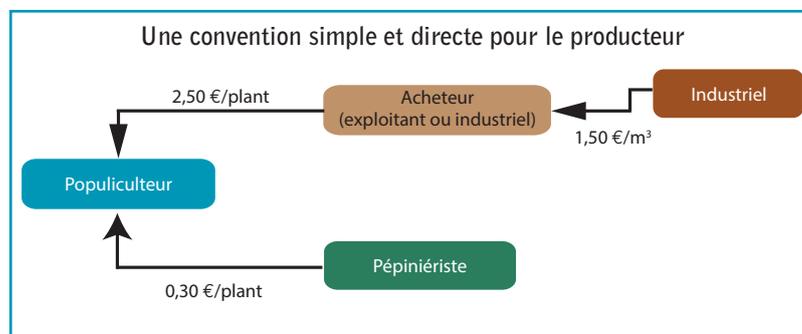
à Lezenne, dans le Nord, pour une salle des fêtes. Par ailleurs, grâce au traitement thermique, de nouveaux usages en aménagement extérieur de bâtiment sont possibles. Le sciage de peuplier représente 300 000 m³, soit 22 % du sciage de feuillus par an. De nombreux produits sont développés comme la fabrication de palettes, de produits d'emballage, de sommier latte, de bardage thermo modifié. Enfin, une valorisation écologique des produits connexes est également favorisée : paillage, plaquette BE. L'industrie s'appuie sur cette ressource locale renouvelable, créatrice d'emplois de proximité, non délocalisables et réduisant ainsi l'impact sur l'environnement.

le peuplier » afin de motiver les producteurs à replanter après une coupe. Une prise de conscience collective, y compris des élus, est nécessaire pour maintenir 20 000 emplois locaux. L'engagement de la charte apporte une aide financière à la replantation, soit 2,50 € par plant afin de participer à la reconstitution de la ressource. La Charte, initiée en Pays de la Loire, a permis la replantation de 350 ha. La charte « Merci le peuplier » intègre également une adhésion PEFC, car c'est une démarche durable. Aujourd'hui le peuplier fait la preuve de ses atouts économiques, environnementaux, il a toute sa place dans nos paysages. ■



Comment assurer la pérennité de la filière peuplier ?

Éric Vandromme, président du CNP : Pour assurer l'approvisionnement de la filière, il faut au moins **replanter les surfaces récoltées**, d'autant que de nouveaux usages et donc des besoins supplémentaires sont pressentis. L'ensemble des acteurs de la filière, des pépiniéristes, exploitants, industriels aux reboiseurs, s'engagent pour la charte « Merci



Poitou-Charentes

La Région Poitou-Charentes est la 1^{re} région à s'engager aux côtés des professionnels de la filière. Elle soutient la charte « Merci le peuplier », consciente de la nécessité de relance des reboisements. Le conseil régional de Poitou-Charentes décide d'abonder en doublant l'aide, ainsi porté à 5 € / plant en Poitou-Charentes.

Aquitaine

Le leader européen du contreplaqué Garnica Plywood adhère à la charte « Merci le peuplier ». Il valorise environ 100 000 m³/an de peuplier.

- > Les producteurs forestiers subissent depuis plusieurs années une érosion du prix du bois, et donc le réinvestissement forestier n'apparaît plus comme digne d'intérêts.
- > La rentabilité financière pour le producteur est devenue insuffisante depuis 10 ans au regard des risques identifiés dans cette même période (tempêtes, risques sanitaires, dégâts de gibier comme les chevreuils). Ce capital constitue plutôt un revenu complémentaire exceptionnel.
- > Le prix moyen au m³ est actuellement entre 30 € / m³ et 55 € / m³.
- > Le coût de plantation : 1500 € / ha, quelques entretiens en fonction de la station 1200 € / ha ; l'élagage à 6 m indispensable coûte de l'ordre de 6 € par arbre en 2 ou 3 fois. Au final, le coût de production est entre 20 € et 40 € le m³.

Créer ou renouveler la forêt : Des fiches techniques pour tous !

par Fabien Duez, Catherine Collet, et Léon Wehrle, MGVF INRA AgroParisTech



Au moment de créer ou renouveler un peuplement, les travaux préparatoires sont une étape capitale qui conditionne la réussite de la régénération. S'ils sont négligés, inadaptés aux conditions stationnelles ou encore mal réalisés, cela peut conduire à des échecs.

Face à ce constat, un partenariat d'organismes évalue divers outils mécaniques conçus pour réaliser ces travaux et adaptés à différentes situations rencontrées. Des fiches techniques sur ces outils seront publiées dans les prochains numéros de Forêt-entreprise ...

Outils tractés, outils montés sur mini-pelle, outils pour la décompaction du sol, outils pour le désherbage mécanique, celui-ci pour les graminées, celui-là pour la fougère aigle... il n'existe pas autant d'outils que d'obstacles techniques survenant lors de la phase de régénération... mais presque !

Afin d'en préciser l'usage optimum, un groupe de travail, regroupant l'équipe Mission Gestion de la Végétation en Forêt de l'Inra Nancy-Lorraine, l'Office national des forêts, l'institut technologique FCBA et la coopérative Alliance Forêts Bois, a élaboré et diffuse des fiches techniques sur les outils mécaniques pour la gestion de la végétation concurrente et la préparation du sol.

Chaque fiche est consacrée à un outil. Elle détaille ses caractéristiques techniques, ses modes d'utilisation, ses impacts sur la végétation ou le sol, selon les premiers résultats d'expérimentations (projets Alter¹, Pilote¹,...).

1) Projets présentés dans *Rendez-vous technique* de l'ONF n°43, pages 24 et 31, projet également financé par France Bois Forêt.

2) <http://www.nancy.inra.fr/mission-gestion-vegetation-foret/Page-d-accueil/Actualites/Fiches-outils>.

Chaque fiche précise aussi les contextes dans lesquels son utilisation sera efficace et, inversement, ceux dans lesquels l'outil sera à proscrire. Enfin, on y trouve des informations sur les coûts de mise en œuvre et la productivité horaire.

Ces fiches s'adressent aux prescripteurs et aux réalisateurs des travaux. Elles leur fournissent les éléments nécessaires pour décider

de l'outil à mettre en œuvre dans une situation donnée, en fonction des contraintes rencontrées (sol, végétation, schéma de plantation...). Une deuxième phase est l'utilisation régulière de ces outils dans des conditions adéquates. L'appropriation par les entrepreneurs et les propriétaires forestiers prend du temps ; c'est le développement forestier.

Au premier trimestre 2014, trois premières fiches ont vu le jour : une fiche sur un premier porte-outils intitulée « **La mini-pelle 2,5 t à 6 t** » et deux fiches sur des outils montés sur mini-pelle : le « **Sous-soleur multifonction®** », le « **Scarificateur réversible®** ». La série sera progressivement complétée, notamment par une fiche sur le **Culti 3B®** conçu dans un partenariat entre l'ONF et l'entreprise Becker, ou encore la **charrue bidisque motorisée**, développée par Alliance Forêts Bois en Limousin.

Ces fiches techniques sont financées par le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt et par l'interprofession nationale France Bois Forêt, avec le soutien du Réseau mixte technologique Aforce. Elles sont téléchargeables en ligne²) ou disponibles sous forme de brochures papier auprès de la MGVF (Mission Gestion de la Végétation en Forêt). Elles seront aussi progressivement publiées dans les numéros de Forêt-entreprise.

Ce numéro présente la première fiche, « **La mini-pelle 2,5 t à 6 t** », porte-outils particulièrement adapté au milieu forestier.

La mini-pelle 2,5t à 6t

Au service de la forêt



Pourquoi la mini-pelle en forêt ?

La mécanisation lourde provoque en forêt :

- Dégradation des sols : risques d'hydromorphie, d'anoxie, activité biologique réduite.
- Suremboulement des parcelles par les rémanents d'exploitation.
- Chantiers de grandes surfaces travaillés en plein : impact fort sur le milieu (paysage, zones d'abri, gainage ligneux).

La mini-pelle apporte des solutions de mécanisation légère qui impactent faiblement le milieu.

De nombreux outils s'adaptent sur mini-pelle pour des contextes d'utilisation variés : grappin forestier (RABAUD®), fendeuse (LASCO®), broyeurs (SEPPI M.®), gamme d'outils BECKER®, etc.

Cette fiche détaille particulièrement l'utilisation de la mini-pelle :

- pour préparer les sols à la création ou au renouvellement des forêts.
- pour gérer ou maîtriser la végétation concurrente au cours de la phase d'installation des peuplements forestiers.

Caractéristiques techniques

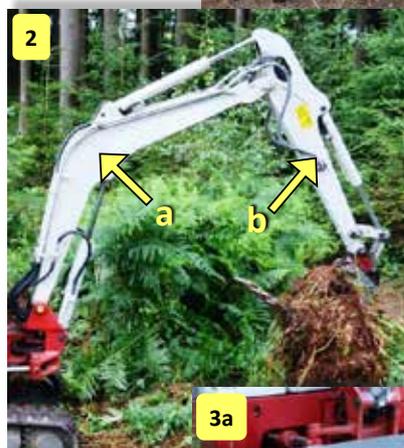
- Catégories : 2,5 à 6 tonnes (=Catégorie 1 du référentiel R372m ; CNAM)
- Largeur hors tout : 1,40 m à 2,10 m
- Consommation gasoil : 3 à 6 litres/heure

Une mini-pelle de 2,8 tonnes est idéale pour l'utilisation des différents types d'outils présentés dans cette fiche.

Son gabarit réduit offre une souplesse d'utilisation et une précision d'intervention en forêt.

Equipements indispensables pour le travail en forêt :

- 1** Chenilles caoutchouc : s'adaptent à la forme du terrain naturel et permettent une bonne adhérence de l'engin.
- 2** Flèche (a) + Balancier (b) : portée de travail : 4 à 7 m de part et d'autre de l'axe d'avancement de l'engin selon les modèles.
- 3** Protections sous châssis et tourelle des tuyauteries et flexibles + stabilisateurs : sabot de franchissement®(a) ou rouleau palpeur.



La mini-pelle 2,5t à 6t

Logistique et mise en œuvre du chantier

Comment transporter la mini-pelle ?

- Poids total en charge de la remorque < 3,5t : remorque-plateau tractable par véhicule léger (fourgon, 4x4) avec permis B, BE
- Poids total en charge de la remorque > 3,5t : petit porte-engins tracté par camion avec permis C

Mise en œuvre :

Phase 1 Reconnaissance de la parcelle (contraintes, obstacles...).

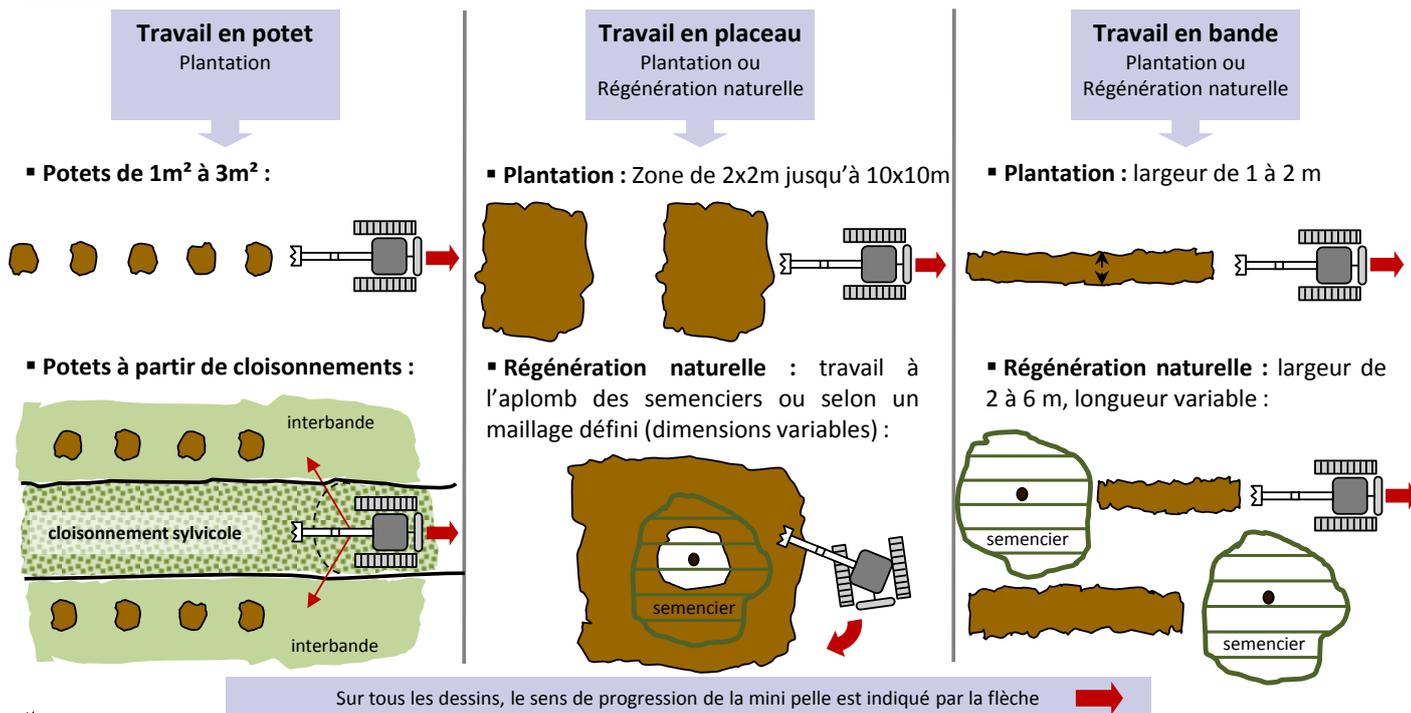
Phase 2 Piquetage de l'axe d'avancement de la mini-pelle en fonction du schéma de plantation ou des zones à régénérer naturellement.

Phase 3 Réalisation du travail (potet, bande, placeau).

- Potets et placeaux : travail alterné ou discontinu.
 1. Contrôle des distances définies entre les zones travaillées.
 2. Comptage du nombre de potets/placeaux réalisés à l'aide d'un compteur manuel.
- Bandes : travail linéaire continu ou discontinu et de largeur définie.

Phase 4 Contrôle et bilan du chantier.

Modes de travail



Très grands placeaux de 10 x 10 m : réservés aux cas particuliers suivants :

- contrôle de la fougère aigle très haute (verse latérale importante). On ne plante que la partie centrale (8x8m maximum).
- en zone hydromorphe, la partie centrale du placeau ou des bandes sont surélevées. Les plants sont installés sur ces zones « hors d'eau ».

Enrichissement de régénération par plantation : le gabarit réduit de la mini-pelle lui permet de circuler et de travailler à partir des cloisonnements. Elle réalise un potet ou un placeau de part et d'autre de l'axe d'avancement.

Protection des plants contre le gibier : le cloisonnement favorise le gagnage herbacé et la circulation du gibier. La mini-pelle permet de réaliser des potets ou placeaux en conservant une barrière végétale (souille) de 1 m minimum en largeur et en hauteur entre la zone travaillée et le cloisonnement pour protéger les plants.

⚠ En cas de pente forte (maxi 30° ou 58 %) : Sens du travail :

- Potets/placeaux : axe d'avancement de la mini-pelle dans le sens de la plus grande pente et travail du sol perpendiculaire à la pente.
- Bande : en terrasse suivant les courbes de niveau.

La mini-pelle 2,5t à 6t

Gamme d'outils

Dans le contexte de préparation des sols et de gestion de la végétation concurrente en forêt, la gamme d'outils BECKER® s'adapte sur mini-pelle pour réaliser un travail du sol de surface ou en profondeur et/ou un désherbage mécanique, comme alternative aux herbicides :

Sous-Soleur Multifonction®



Travail du sol jusqu'à 60 cm de profondeur

Scarificateur Réversible®



Désherbage et travail du sol jusqu'à 60 cm de profondeur

Pioche-Herse® (P-H)



Désherbage et travail du sol jusqu'à 30 cm de profondeur

Razherb®



Désherbage

Contextes d'utilisation

- ➔ **Période d'utilisation de l'engin** : pratiquement toute l'année (éviter les sols gorgés d'eau). Dans tous les cas la réalisation du chantier doit se faire sur un **sol ressuyé**.
- ➔ **Surface du chantier** : idéale pour tous chantiers d'une surface < 10 ha. L'utilisation de la mini-pelle peut s'envisager sur des chantiers de surface plus importante.
- ➔ **Topographie** : la mini-pelle peut intervenir en toute situation, de la plaine à la montagne, jusqu'à 30° de pente (58 %).
- ➔ **Obstacles** : la mini-pelle peut se déplacer et travailler en présence d'obstacles : selon le besoin, elle évite ou déblaie les rémanents d'exploitation, souches, pierres, etc.
- ➔ **Accès** : un simple réseau de pistes forestières permet l'accès du véhicule tractant la mini-pelle au plus près du chantier.

Impact environnemental

Contrainte sur le sol

Le poids d'un engin et sa surface de contact avec le sol sont les deux facteurs qui agissent sur l'intensité du tassement. Plus un engin est lourd, plus les contraintes appliquées au sol sont grandes.

Une mini-pelle exerce, en statique, une contrainte sur le sol particulièrement faible compte tenu :

- De son poids réduit
- De ses chenilles permettant d'augmenter la surface de contact avec le sol donc de mieux répartir la contrainte.

Respect du milieu

La mini-pelle permet de réaliser un travail localisé (potets, placeaux, bandes) qui minimise les effets négatifs de la mécanisation. Entre les zones de travail, on préserve les refuges faunistiques, le gainage ligneux, la biodiversité, etc.



Poids : 10 000 kg
Surface au sol : 7000 cm²

Pression statique au sol :
1,4 kg/cm²



Poids : 2 800 kg
Surface au sol : 2645 cm²

Pression statique au sol :
1,06 kg/cm²



Poids : 2 800 kg
Surface au sol : 9650 cm²

Pression statique au sol :
0,29 kg/cm²

La mini-pelle 2,5t à 6t

A retenir

AVANTAGES

- Chenilles caoutchouc :
 - s'adaptent bien à la forme du terrain, ce qui favorise l'adhérence.
 - faible pression transmise au sol.
- Gabarit compact permettant de pénétrer et de travailler sur tous types de parcelles forestières.
- Pas de contrainte de dimension de chantier.
- Particulièrement bien adaptée au travail localisé.
- Modes de travail variés (potets, bandes, placeaux).
- Possibilité de conserver l'ambiance forestière comme protection naturelle contre le gibier.
- Possible combinaison de différents outils sur la mini-pelle sur un même chantier selon les situations.

LIMITES & CONTRAINTES

- Coût journalier élevé pour un travail en linéaire.
- Adapter la catégorie de la mini-pelle (puissance et longueur du bras) suivant les contraintes rencontrées : pente, sol très compact, fort encombrement du chantier, etc.
- La qualité du travail réalisée dépend de la formation initiale de l'opérateur :
 - maîtrise de l'engin
 - bonnes connaissances du milieu forestier et de sylviculture.

Prix de la location d'une mini-pelle (sans chauffeur) : De 250 € à 500 € HT/jour selon la catégorie (tarifs 2014).

Conduire une mini-pelle : (Source : Recommandation R372m de la CNAM)

- Salarié : un CACES (Certificat d'Aptitude à la Conduite En Sécurité) de catégorie 1 ou un diplôme, titre ou certificat faisant foi de l'aptitude professionnelle pour la conduite d'engins de chantier (CAP, CFP, etc.) délivré depuis moins de 5 ans.
 - Particulier : pas d'obligation spécifique.
- Dans tous les cas, une formation à la conduite de l'engin et à l'utilisation technique des outils est fortement recommandée.

Contacts utiles et renseignements

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

INRA Nancy-Lorraine, Lerfob 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

☎ 06.08.23.19.16 ou 03.83.64.11.04 - ✉ beckerclaude2@wanadoo.fr

*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 « La mini-pelle 2,5t à 6t » - 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
Crédit photos : ©INRA MGVF

4

Rédaction :
F. DUEZ - L. WEHRLÉN - 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



François Raguin

un passionné de fruitiers forestiers



© J. Becquey, CNPF-IDF

Propriétaire forestier dans le Poitou, notaire en retraite, passionné par la forêt en général et plus particulièrement par ses « chers fruitiers forestiers », François Raguin s'en est allé en mars dernier. Discrètement et efficacement, il a marqué les instances de la forêt privée, dans lesquelles il s'est pleinement investi. Quand il n'entretenait pas ou ne taillait pas ses arbres, il participait aux rencontres régionales et nationales, toujours avec la même envie d'apprendre et de transmettre.

Pionnier en matière de merisier, il a testé de nombreuses origines variées et dans toutes les conditions, sur ses parcelles d'Arçay. Impliqué dès les premières récoltes de clones en forêt, il a mis en place un des rares conservatoires régionaux. Les noyers hybrides faisaient également partie de ses arbres préférés : plantations comparatives, vergers à noix d'hybrides, introduction en enrichissement, ... tout cela suivi et entretenu régulièrement et minutieusement. Ainsi, il laisse un véritable champ d'expériences et de matériels utilisables pour le conseil et la réalisation de nouvelles plantations.

Toujours au fait des dernières informations, il travaillait en étroite collaboration avec l'équipe technique du CRPF, tout en étant très engagé dans la vie forestière de sa région. Administrateur du CRPF de Poitou-Charentes de 1987 à 2005, il a également fondé et présidé l'Association pour le développement du

noyer à bois (ADNB) de 1991 à 2009. Après la fusion de l'association avec la fédération régionale des organismes sylvicoles, il a pris la tête de celle-ci. Ce n'est qu'en 2013, qu'il passa le relais et se retira de la vie forestière locale. Il n'a pas, pour autant, abandonné la gestion de ses bois, où 2 à 3 fois par semaine, assisté de son garde forestier, il continuait à suivre et observer ses arbres.

Membre du groupe merisier de l'Institut pour le développement forestier dès le début des années 80, il en est devenu président en 1997. Il a ensuite co-présidé avec Charles Leclerc de Hauteclouque le groupe « fruitiers forestiers » à partir de 2004, jusqu'en 2009. À l'automne 2012, malgré de sérieux problèmes de santé, accompagné de sa fille Madame Faugère, il accueillait chez lui le groupe et partageait avec enthousiasme les résultats de plus de 30 ans d'expérience. Fin 2013, toujours avec le groupe, dans les anciennes plantations du Périgord, il appréciait les beaux noyers, dans lesquels il devinait le devenir des siens...

À ses enfants, à ses petits enfants qui reprennent aujourd'hui le flambeau, les forestiers privés, l'Institut pour le développement forestier et tous ses amis du groupe « fruitiers forestiers » de l'IDF adressent l'expression de leur plus vive sympathie. Ils le saluent très respectueusement et lui disent un grand merci.

Jacques Becquey, CNPF-IDF

Préférez le bois français

Une signature commune pour le bois français

Les industriels du bois français – la Fédération nationale du bois (FNB), l'Association pour l'expansion et la valorisation des Pins français (APEP), l'Association pour la promotion des emplois du chêne français (APECF - Feuillus de France) – et France Douglas valorisent les produits en bois français par une signature commune « Préférez le bois français ». Cette signature-slogan promeut la richesse des essences françaises, la diversité des techniques de valorisation, le dynamisme de la filière. Des guides d'utilisation des bois feuillus et résineux et des ouvrages techniques sont disponibles pour les prescripteurs – architecte, agenceur, designer, constructeur industriel de la 2^{de} transformation, menuisier, charpentier, négociant... – ou les utilisateurs pour des solutions en bois français pour tous les usages. Pour en savoir plus : www.timbershow.com et www.fnbois.com



Pins de France

L'association pour la Promotion des Emplois du Pin (APEP) communique sur les atouts et multiples usages des pins de France via une plaquette, un site Internet, des formations. Financé par France Bois Forêt, cette campagne, à destination des professionnels, précise l'argumentaire et l'offre étendue de produits en pins de France : du papier au composé chimique, de la charpente à la décoration intérieure. Une étude en cours par le FCBA confirme la durabilité des pins de France imprégnés pour une utilisation en classe 4.

Fédération Nationale du Bois et l'APEP : www.fnbois.com



Plantez des variétés améliorées !

À l'initiative des marchands grainiers (GIE Semences Forestières Améliorées) et du syndicat des pépiniéristes forestiers français (SNPF), une brochure de 35 pages est parue pour promouvoir l'utilisation des variétés forestières améliorées.

Accessible à tous, le document rappelle, pour une quinzaine d'espèces, les principales caractéristiques des variétés existantes, leurs zones d'utilisation et les gains génétiques obtenus ou attendus. Il est disponible sur le site de l'interprofession France Bois Forêt qui a financé sa réalisation et sa publication :

http://www.franceboisforet.fr/doc/documents/plaquette_varietes_forestieres

En 2014, le Département de la santé des forêts fête ses 25 ans !

À l'occasion de ses 25 ans, le département de la santé des forêts crée un espace dédié sur le site de la santé des forêts : <http://agriculture.gouv.fr/sante-des-forets>

Vous trouverez :

- les grandes dates qui ont marqué la santé des forêts françaises,
- la liste de 25 années de publications...
- et d'autres informations à venir.

Depuis 25 ans, la surveillance des forêts s'appuie sur le réseau de plus de 200 correspondants-observateurs. Chaque année, ces forestiers mettent en œuvre la stratégie nationale de surveillance de la santé des forêts. Deux fois par mois, un correspondant-observateur témoigne, l'occasion de (re)découvrir la diversité de leurs activités : missions de surveillance, de diagnostic et de conseil ! Pour commencer, Jean-Michel Letz revient sur l'histoire du réseau systématique de suivi des dommages forestiers et nous explique quel a été son rôle.

PEFC France lance sa nouvelle campagne de communication web

« On n'a pas tous des pouvoirs exceptionnels, mais on a tous le pouvoir d'agir pour la forêt ! »

PEFC France, pionnier de la certification forestière, lance une campagne décalée empruntant les codes des super-héros sur le web et les réseaux sociaux.

Interpeler le grand public sur la problématique de la consommation responsable et inciter les consommateurs à acheter des produits issus de forêts gérées durablement sont l'objectif.

Les vidéos sont diffusées sur les sites web de décoration, de bricolage et d'environnement.

Rendez-vous sur la chaîne Youtube de PEFC pour découvrir l'intégralité de la campagne :

<https://www.youtube.com/user/PefcFrance/featuredLes>

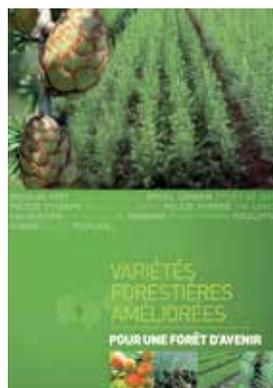
Avec la signature « En achetant un produit certifié PEFC, vous avez vraiment le pouvoir d'agir pour la forêt ! », PEFC souhaite rappeler le rôle de « **consomm'acteurs** ».

De l'hydrogène grâce à la biomasse

Au Japon, de plus en plus d'entreprises se lancent dans la production d'hydrogène à partir de biomasse comme le bois, ce qui pourrait accélérer la transition vers une « société hydrogène » pour les petites villes.

Une entreprise japonaise Takahashi Seisakusho commercialise une technologie à faible coût permettant d'extraire l'hydrogène du bois et des déchets alimentaires. Avec deux chaudières, la première brûle le bois avec d'autres éléments à 1000°C pour créer du charbon et la seconde traite le charbon avec de la vapeur afin de produire un gaz contenant de l'hydrogène.

Site de Japan Blue Energy : <http://www.jponet.co.jp/english/english/index.html>



JUILLET-AOÛT

5 juillet

4^e fête de la forêt du plateau de Millevaches en Limousin

La fête de la Forêt du Groupement de développement forestier du Plateau de Millevaches en Limousin aura lieu le 5 juillet 2014 dans le domaine de Banizette sur la commune de la Nouaille (23).

Pour tout renseignement, contactez le CRPF à Egletons par tél. 05 55 93 96 50 ou par courriel : egletons@crpf.fr

16 au 20 juillet

Interforst

À Munich (Allemagne), le salon international de la foresterie et de la technologie forestière aura lieu du 16 au 20 juillet 2014 à Munich.

En 2014, INTERFORST présentera un programme technique autour de la science. La politique et l'économie sont intégrées dans la foire avec le thème : « L'utilisation du bois de façon responsable dans l'avenir. »

Plus d'informations sur le site : www.interforst.de



28 juillet au 2 août

EFOL 2014 - Rencontre internationale de courses d'orientation pour forestiers

EFOL – abréviation de l'allemand "Europäische Forstliche Orientierungsläufe" – est une rencontre annuelle internationale de courses d'orientation pour les forestiers du monde entier. Du 28 juillet au 2 août 2014 au Lac Noir (Fribourg), environ 350 coureurs participeront à des courses d'orientation, des excursions et des séminaires.

Plus d'information et conditions de participation :

www.efol.eu/2014 courriel : info2014@efol.eu

28 août

11^e Université d'été de la Forêt de Bourgogne

L'université d'été de la Forêt de Bourgogne est organisée par l'Association bourguignonne de certification forestière et les Forestiers privés de Bourgogne. Le thème « L'évolution de la perception de la forêt par les citoyens et son impact sur la gestion forestière » concerne tous les propriétaires forestiers.

Contact : 03 80 40 34 50 –

courriel : foretprivee.bourgogne@gmail.com

OCTOBRE

2 et 3 octobre InterCetef 2014

Redonner le goût d'entreprendre aux forestiers!

L'InterCetef 2014 rassemble ses groupes de progrès (CETEF, GDF, associations de développement,...) pour redonner le goût d'entreprendre aux sylviculteurs : « La bonne opération, au bon moment, avec le bon matériel, au juste coût! ».

Au programme ateliers et démonstrations en forêt (matériels, techniques innovantes,...), expériences et témoignages d'entreprises de travaux forestiers et de gestionnaires forestiers, interventions d'experts spécialisés (IDF, Inra, FCBA, etc.).

Contact : Alain Colinot, CNPF-IDF par courriel :

alain.colinot@cnpf.fr

ou par tél. : 02.38.71.90.62

SEPTEMBRE

5 au 7 septembre

1^{er} congrès des arbres remarquables de France

Le 1^{er} congrès des arbres remarquables de France aura lieu à Paris les 5, 6 et 7 septembre, organisé par l'association A.R.B.R.E.S., à l'occasion de ses 20 ans. Découverte d'arbres historiques et remarquables, conférences et présentation des travaux de l'association sont au programme.

Plus d'informations sur le site : www.arbres.org

ou par téléphone au : 06 32 30 10 28.

23 au 26 septembre

Forest engineering:

propelling the forest value chain

La 5^e conférence internationale sur l'ingénierie forestière aura lieu du 23 au 26 septembre à Gérardmer, organisé par le FCBA en partenariat avec Formec (Symposium international sur la mécanisation forestière).

Plus d'informations sur le site : www.fec2014.fcba.fr

ou par courriel : FEC2014@fcba.fr

18 septembre

Protection et valorisation des espaces naturels méditerranéens

Le séminaire de restitution du projet Medland2020 aura lieu le jeudi 18 septembre à la Villa Méditerranée à Marseille. L'Europe a suscité et soutenu des initiatives, qui se traduisent par des outils et des solutions innovantes pour la Protection et la valorisation des espaces naturels méditerranéens.

Au programme, le « Village des Initiatives » avec pour la forêt : la valorisation de la biomasse forestière en énergie renouvelable, l'adaptation au changement climatique, la prévention contre les incendies.

pour tout renseignement : Louis-Michel DUHEN, Centre National de la Propriété Forestière Délégation de Provence-Alpes-Côte d'Azur 7, impasse Ricard Digne, 13004 MARSEILLE
Tél : + 33 4 95 04 59 04

ou par courriel : louis-michel.duhen@crpf.fr

www.foretpriveefrancaise.com/paca

NOVEMBRE

4 au 6 novembre

Salon Avenir Bois

Les professionnels Midi-Pyrénéens de la filière forêt-bois se réuniront du 4 au 6 novembre à Toulouse. Trois pôles : expositions, rendez-vous d'affaires, conférences favoriseront le développement économique territorial de la filière forêt-bois.

Informations sur le site :

www.avenir-bois-toulouse.com

17 au 20 novembre

EXPOBOIS

Expobois avec le nouvel espace BOBÂT, est le salon de référence pour tous les process de transformation et les usages du bois. L'espace BOBÂT, dédié au matériau bois, aux accessoires et des produits de finition, vous accueillera du lundi 17 novembre au jeudi 20 novembre 2014. Au Parc des Expositions de Paris Nord Villepinte.

Informations sur le site : <http://www.expobois.fr/>