

RenD ez-Vous t e c h n i q u e s

n° 23-24 - hiver - printemps 2009



p.3

Réseau expérimental pin sylvestre

Sylvopastoralisme...



p. 39

patrimoine
sylviculture
progrès

connaissances

économie

forêts et société

environnement

biodiversité

gestion durable

Rendez-vous techniques

Directeur de la publication

Bernard Gamblin

Rédactrice en chef

Christine Micheneau

Comité éditorial

Joseph Behaghel, Yves Birot, Jean-Marc Brézard,
Léo Castex, Jean-François Dhôte, Pierre-Edouard Guillaïn,
Pierre Leroy, Alain Macaire, Albert Maillet, Jérôme Piat,
Florent Romagoux, Marianne Rubio, Thierry Sardin,
Véronique Vinot

Maquette, impression et routage

Imprimerie ONF - Fontainebleau

Conception graphique

NAP (Nature Art Planète)

Crédit photographique

page de couverture

En haut : F. Milano, Cemagref

En bas : J.-P. Ansonnaud, ONF

Périodicité

4 numéros par an, et un hors série

Rendez-vous techniques est disponible au numéro ou par
abonnement auprès de la cellule de documentation
technique, boulevard de Constance, 77300 Fontainebleau

Contact : dtech-documentation@onf.fr

ou par fax : 01 64 22 49 73

Prix au numéro (hors frais de port) :

n° ordinaire : 10 euros ; hors série : 20 euros

Abonnement : 35 euros : 1 an = 4 numéros ordinaires
(prix du hors série pour les abonnés = 15 euros)

Dépôt légal : juin 2009

Toutes les contributions proposées à la rédaction sont soumises à l'examen d'un comité de lecture

sommaire

n° 23-24 hiver - printemps 2009

- 3 **connaissances**
Jusqu'où dynamiser la sylviculture du pin sylvestre en région Centre ?
par Sandrine Perret et Christian Ginisty
- 14 **méthodes**
ProFor©, logiciel d'estimation de la praticabilité des cloisonnements : premiers essais en Haute-Marne
par Vincent Bénard
- 24 **pratiques**
Prise en compte du patrimoine archéologique en direction territoriale Alsace
par Michel Wolff, Cécile Dardignac et Dominique Bonnet
- 30 **connaissances**
L'accueil du public en forêt : une perspective européenne
par Anne-Marie Granet, Carsten Mann et Jeffrey Dehez
- 39 **connaissances**
Le sylvopastoralisme face aux dynamiques naturelles
par Jacques Lepart et Pascal Marty
- 47 **pratiques**
Du pâturage en forêt au sylvopastoralisme ? Le cas de la forêt domaniale des Grands Causses
par Nicolas Molard, Pauline Durand Couppe de Saint Front et Jean-Pierre Ansonnaud
- 55 **méthodes**
Conserver les ressources génétiques du chêne sessile en France
par Sandrine Verger et Alexis Ducouso
- 64 **méthodes**
Conserver les ressources génétiques du hêtre en France
par Stéphane Martin Alexis Ducouso et Alain Valadon
- 72 **en bref**
- 73 **pratiques**
Plan d'action environnemental de l'ONF : fiche technique

éditorial

Pour la première fois depuis la création des Rendez-vous techniques, nous publions en une seule édition deux numéros trimestriels, ceux de l'hiver et du printemps 2009. Pour la première fois aussi, ce (double) numéro ne comporte pas de dossier, mais une série d'articles peut-être un peu plus « consistants » qu'à l'ordinaire. Les raisons en sont diverses, et les pesanteurs d'une conjoncture difficile y sont évidemment pour beaucoup. Mais l'intérêt demeure.

Parlons d'abord sylviculture, avec un premier article relatif aux enseignements du réseau expérimental du Cemagref sur le pin sylvestre. Cet article montre clairement l'intérêt des essais sylvicoles pour l'élaboration des guides de sylviculture et des itinéraires sylvicoles. Les résultats qu'il expose ne sont pas le seul apport de la recherche. Le « Guide des sylvicultures des pineraies des plaines du Centre et du Nord-Ouest » (sous presse) s'appuie aussi sur bien d'autres travaux : modèles de croissance et simulations économiques, notamment.

Parlons aussi exploitation, mécanisation, respect des sols, avec la présentation des essais en Haute-Marne sur le logiciel ProFor®. Si l'article confirme la pertinence du diagnostic ProFor® de praticabilité des cloisonnements, il révèle aussi que sa fiabilité dépend de données préalables très exigeantes et que les conditions pratiques de mise en œuvre sont loin d'être simples et opérationnelles. Il explicite et illustre l'importance fondamentale de l'organisation et du suivi des chantiers d'exploitation. Le guide ONF-FCBA « Pour une exploitation respectueuse des sols et de la forêt » vient de paraître ; il est diffusé en accompagnement d'une note de service qui fixe les conditions d'application opérationnelles des préconisations du guide au sein des forêts publiques.

Par ailleurs, deux articles évoquent le sylvopastoralisme, thème rarement abordé dans nos colonnes. Ils montrent que c'est un sujet qui reste d'actualité dans de nombreuses forêts du sud de la France. C'est une question délicate qui mérite encore un suivi technico-économique.

Enfin, conformément aux dispositions du plan d'action environnemental de l'ONF, les Rendez-vous techniques accueillent la reproduction des fiches techniques prévues, la première de la collection portant ici sur la traversée des cours d'eau en forêt.

Le Directeur technique et commercial bois
Bernard GAMBLIN

Jusqu'où dynamiser la sylviculture du pin sylvestre en région Centre ?

Les enseignements issus du réseau expérimental du Cemagref

Les divers essais installés depuis 1966 pour le pin sylvestre en plaine forment, avec le recul, un réseau expérimental qui couvre une large gamme de situations sylvicoles. Le Cemagref a analysé les résultats de croissance et branchaison à l'échelle du réseau pour dessiner un « optimum technique » répondant aux enjeux actuels de la sylviculture. Ce travail, arbitré d'après l'ensemble des contraintes, a nourri les scénarios du nouveau guide de sylviculture des pineraies des plaines du Centre et du Nord-Ouest.

L'introduction du pin sylvestre en région Centre remonte à la fin du 18^e siècle (Plinguet 1789). Initialement introduit par semis en plein, puis par semis en bande, des plantations sont réalisées à grande échelle dans le massif d'Orléans à partir de 1875, facilitées par la création d'une pépinière sur le domaine des Barres à Nogent-sur-Vernisson (Le Grix 1876). Par la suite, des reboisements importants sont encore entrepris, par plantation, notamment après la création du Fonds Forestier National institué en 1946. Aujourd'hui, la régénération naturelle tend à être plus généralement privilégiée.

Depuis ces trente dernières années, une tendance nette se dessine : la gestion de peuplements denses avec des éclaircies faibles cède progressivement le pas à une sylviculture plus dynamique, basée notamment sur la réduction des densités au stade juvénile. L'argument avancé est de permettre la croissance plus forte d'un nombre moindre de tiges et d'améliorer simultanément la biodiversité par un couvert plus clair, autorisant plus de

mélange. Les motivations sont également de réduire les coûts de main-d'œuvre et de limiter la production de petits bois, aux débouchés toujours plus incertains. La production de bois d'œuvre de la plus haute qualité possible reste l'objectif visé par les gestionnaires. Deux options sont alors envisageables : produire au même âge des arbres plus gros ou réduire la durée de révolution à diamètre d'exploitabilité constant. Aujourd'hui, la gestion en peuplements clairs est aussi encouragée pour renforcer la résilience des écosystèmes forestiers face aux changements climatiques attendus. La réduction du capital sur pied, en favorisant la vitalité des arbres, vise à améliorer la résistance aux stress hydriques. L'atteinte plus précoce des diamètres d'exploitabilité devrait également limiter l'exposition aux aléas accidentels tels les vents violents. Dans ce sens, l'alternative de raccourcir les révolutions semble prévaloir.

Quelle conséquence peut-on craindre de ces évolutions sur la croissance et la qualité des bois produits : forme des tiges, nodosité en

relation avec la branchaison, largeur de cernes ? La bibliographie relative au pin sylvestre en France ne donne que peu d'éléments quantitatifs sur les effets de la sylviculture, en particulier concernant la qualité du bois.

Le réseau expérimental du Cemagref couvre une gamme très étendue de scénarios sylvicoles issus de plantations ou de semis artificiels. Son installation ancienne offre un recul important qui apporte un bon éclairage sur les conséquences des choix sylvicoles. L'objectif de cet article est d'apporter des éléments quantifiés sur les effets de la sylviculture sur la croissance et la branchaison du pin sylvestre en futaie régulière issue de régénération artificielle.

Le réseau d'expérimentation sur la sylviculture du pin sylvestre

Pour orienter le développement de peuplements artificiels de pin sylvestre, le gestionnaire forestier peut intervenir sur trois points clés. Le premier concerne la **densité de plantation** exprimée en nombre de

Département	Localisation	Peuplement	Origine génétique	Année et Hédom à l'installation	Facteur étudié	Modalités	Nombre de blocs
Essai 1	45 FD d'Orléans Parcelle 805	Plantation en 1966	Pologne Olisztyn	1966	Densité initiale de plantation	10 000, 4 440, 2 500 et 1 320 plt/ha	2
Essai 2	67 Forêt Indivise de Haguenau Parcelle 207	Semis en ligne en 1976	Non connue	1988 7,3 m	Intensité de dépressage	Témoïn non dépressé Dépressage à 3 000, 2 000, et 1 000 t/ha	-
Essai 3	45 FD d'Orléans Parcelle 497	Plantation à 4 300 plt/ha en 1978	Pologne Sieldce et Campine belge	1990 6,0 m	Intensité de dépressage	Témoïn non dépressé Dépressage à 2 000, 1 500 et 1 000 t/ha	-
Essai 4	45 FD d'Orléans Parcelle 1089	Plantation à 4 440 plt/ha en 1980	Hanau, regarnis en Haguenau	1991 6,8 m	Intensité de dépressage	Témoïn non dépressé Dépressage à 3 000, 2 200 et 1 500 t/ha	-
Essai 5	(1) FD d'Orléans Parcelle 805	Plantation en 1966	Pologne Olisztyn	1984 8,6 à 10,7 m	type et intensité de la 1 ^{re} éclaircie sans dépressage préalable	Éclaircie systématique 1/3 Éclaircie sélective modérée : prélèvement de 26 à 49 % des tiges Éclaircie sélective intensive : prélèvement de 59 à 65 % des tiges	-
Essai 6	(2) FD d'Orléans Parcelle 805	Plantation en 1966	Pologne Olisztyn	1990 12,6 à 13 m	Intensité de la 2 ^e éclaircie	Témoïn sans 2 ^e éclaircie Éclaircie sélective modérée : prélèvement de 37 à 43 % des tiges Éclaircie sélective intensive : prélèvement de 52 à 58 % des tiges	-
Essai 7	45 FD d'Orléans Parcelle 582	Plantation à 3 500 plt/ha en 1972	Non connue	1991 11 m	Intensité de la 1 ^{re} éclaircie sans dépressage préalable	Témoïn non éclairci Éclaircie sélective à 1 800, 1 500, 1 200 et 1 000 t/ha	3
Essai 8	18 Brinon sur Sauldre	Plantation à 2 800 plt/ha en 1968	Non connue	1993 13,3 m	Intensité de la 1 ^{re} éclaircie sans dépressage préalable	Témoïn non éclairci Éclaircie sélective à 1 400 t/ha	-
Essai 9	18 Ménétréol sur Sauldre	Plantation à 4 440 plt/ha en 1976	Non connue	1994 10,2 m	Intensité de la 1 ^{re} éclaircie sans dépressage préalable	Témoïn non éclairci Éclaircie sélective à 1 200 t/ha	-

(1) essai installé dans le bloc 2 de l'essai 1

(2) essai installé dans le bloc 1 de l'essai 1

Tab.1 : caractéristiques des essais

plants installés à l'hectare lors de la constitution du boisement. Le deuxième est le **dépressage**, opération sylvicole qui consiste à réduire le nombre de tiges à un stade juvénile (éliminant en priorité les tiges dominées et les tiges vigoureuses les moins bien conformées) : il vise à répartir la production sur un nombre réduit d'individus en abaissant la pression de compétition dans leur voisinage. Son niveau d'intensité est exprimé en nombre de tiges restant après intervention. Le dernier est le facteur d'**intensité d'éclaircie** ; les éclaircies interviennent généralement après la fermeture du couvert, lorsque les arbres ont atteint des dimensions commercialisables, mais leur réalisation reste en pratique très dépendante de la situation particulière de chaque peuplement et du contexte économique général et local.

Pour répondre aux interrogations des gestionnaires, ces trois points clés ont été étudiés au travers d'essais mis en place entre 1966 et 1994. Le tableau 1 présente les principales caractéristiques des essais. Les essais concernés testent ainsi :

- la densité de plantation (1 320, 2 500, 4 440 et 10 000 plt/ha) ;
- le dépressage, à partir de plantations à 4 300 et 4 440 plt/ha et de semis en ligne à très forte densité ;
- la 1^{re} et/ou 2^e éclaircie (à partir des densités 1 320, 2 500, 3 500, 4 440 et 10 000 plt/ha) et sans dépressage préalable. Au sein du réseau expérimental, le stade de réalisation de la 1^{re} éclaircie varie de 8,6 à 13,3 m de hauteur dominante. Il est important de noter que les éclaircies ont été étudiées dans des peuplements non dépressés.

Le réseau représente un total de 42 placettes. Les objectifs initiaux de test de modalités de dépressage ou éclaircie ont largement été atteints, mais continuer à mesurer ces essais permet d'évaluer à moyen terme les conséquences des choix sylvicoles. La majorité des essais sont donc tou-

jours suivis par le Cemagref. Trois essais néanmoins ont dû être abandonnés : l'un à la suite de la tempête de 1999 et deux autres suite à des difficultés de réalisation des interventions en forêt privée.

À l'exception d'un essai alsacien, l'ensemble du réseau est situé en région Centre, dans un contexte climatique océanique à tendance continentale. Les peuplements, issus de plantations à partir d'origines génétiques diverses et parfois non connues, sont installés sur des sols acides de texture sableuse reposant sur des argiles qui apparaissent à des profondeurs variables et qui permettent le développement de nappes perchées temporaires. Bien que des nuances stationnelles existent sur un même essai, l'homogénéité était recherchée lors de leur installation. L'espacement initial des plantations varie de 1,5 x 1,5 m (soit 4 440 plt/ha) à 1,9 x 1,9 m (soit 2 770 plt/ha), sauf dans l'essai de densité de plantation (voir tableau 1).

Les mesures relatives à la croissance

Les essais ont fait l'objet de mesures et d'observations rigoureuses et régulières par suivi individualisé des tiges : circonférence à 1,30 m, hauteur totale (hauteur dominante puis hauteur d'un échantillon), hauteur d'insertion de la 1^{re} branche vivante. La mortalité et l'état sanitaire des peuplements ont été suivis. On dispose ainsi aujourd'hui de séries de mesures de 14 à 24 ans et jusqu'à 40 ans lorsque l'on considère la continuité entre essais de densité de plantation et essais d'éclaircie, pour évaluer la croissance du pin sylvestre en fonction de différents scénarios sylvicoles.

Les dépressages et éclaircies modifient instantanément les caractéristiques dendrométriques du peuplement, dans une proportion variable selon la nature et la vigueur de l'intervention : le prélèvement des arbres dominés entraîne une aug-

mentation du diamètre de l'arbre moyen du peuplement ; à l'opposé, le prélèvement d'arbres dominants mal conformés entraîne une réduction du diamètre dominant. Il s'agit d'effets purement techniques (Rondeux 1993). En diminuant la pression de compétition entre les arbres, l'intervention entraîne ensuite une modification du rythme de croissance des arbres : on parle de réaction à l'éclaircie. Celle-ci est étudiée à l'échelle du peuplement, puis à l'échelle de l'arbre. Pour se dégager des effets techniques, on a utilisé des sous-populations d'arbres, comparables d'une sylviculture à l'autre : celle des arbres d'avenir désignés à raison de 200 arbres par hectare ou, en l'absence de désignation, celle des 400 plus gros arbres par hectare, ce qui permet de travailler sur un nombre correct d'arbres au regard de la surface des placettes expérimentales.

La croissance n'est pas l'unique critère à considérer. Aussi avons-nous cherché à coupler résultats en croissance et résultats en qualité.

Des mesures récentes de branchaison permettent d'apprécier l'effet sur la qualité

Entre 2001 et 2004, les dispositifs expérimentaux ont fait l'objet de descriptions détaillées de branchaison pour répondre objectivement aux interrogations portant sur la qualité des bois produits selon les différentes modalités de sylviculture. Les mesures ont été réalisées sur un échantillon stratifié d'arbres par placette. Ces tiges ont été sélectionnées pour représenter la distribution en surface terrière du peuplement, et abattues pour faciliter les mesures (photo 1). Ont été précisément mesurés : hauteurs et diamètres successifs de la tige, depuis la souche jusqu'à l'apex, nombre de branches, état vital des branches, diamètre à leur insertion et angle d'insertion. Outre la reconstitution précise de la forme de la tige, on



C. Couteau, Cemagref

1 - Pin sylvestre abattu, préparé pour mesures de branchaison
FD d'Orléans, parcelle 805, 35 ans après plantation

obtient ainsi la répartition le long de la tige des types de nœuds (nœuds noirs/nœuds sains) et le profil des diamètres de branches en fonction de la hauteur dans l'arbre.

Présentation des résultats

La présentation des résultats de chaque dispositif pourrait prendre l'allure d'une «liste à la Prévert», rapidement rebutante. Nous avons donc choisi de synthétiser les résultats de croissance et de les présenter dans l'ordre chronologique du développement des peuplements. Les résultats concernant la branchaison sont regroupés en 2^e partie.

Effets de l'espacement initial de plantation

L'essai 1 de densité initiale de plantation suivi en FD d'Orléans montre qu'en l'absence de dépressage au stade juvénile, le diamètre à 1,30 m est très lié à la densité de plantation. Ainsi, à 18 ans

et 11 m de hauteur dominante correspondant idéalement au stade de la première éclaircie, le diamètre quadratique moyen varie de 8 cm à 15 cm sur la gamme des densités testées (10 000 à 1 320 plt/ha). En outre, la densité initiale induit des différences dans la répartition des tiges par catégorie de diamètre : la catégorie 10 cm est majoritairement représentée dans les plus fortes densités (4 440 et plus) alors que la classe 15 cm est prépondérante dans les autres cas.

Les fortes densités de plantation repoussent la date de la 1^{re} éclaircie commercialisable

En pratique, la 1^{re} éclaircie est généralement déclenchée lorsque le diamètre moyen des tiges à 1,30 m atteint un niveau commercialisable, soit 13-14 cm dans le cas général, sous réserve des variations liées au contexte économique global ou à l'existence de débouchés locaux. Dans les plantations à forte densité (4 440 et plus), pour un hauteur dominante de 10-11 m, le diamètre est très en-dessous de ce seuil et la première éclaircie risque de fait d'être repoussée à des âges et hauteurs dominantes plus élevés, fragilisant le peuplement vis-à-vis du vent ou de la neige lourde par exemple. La plantation à 2 500 plt/ha apporte un gain de 2 cm sur le diamètre de l'arbre moyen par rapport à une densité initiale de 4 440 plt/ha, mais le diamètre moyen (12-13 cm) reste encore un peu faible pour une bonne commercialisation, ce qui n'est pas le cas à 1 320 t/ha.

L'intérêt du dépressage

L'objectif du dépressage dans les peuplements issus de plantation est généralement d'améliorer les conditions de réalisation de la 1^{re} éclaircie ; il s'agit de la rendre commercialisable et de l'exécuter dans un peuplement de stabilité satisfaisante, autrement dit : atteindre

Définitions

- Le diamètre quadratique moyen (Dg) est le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne.
- Le diamètre dominant est le diamètre quadratique moyen des 100 plus gros arbres par hectare.
- La hauteur dominante (Hdom) est la hauteur moyenne des 100 plus gros arbres par hectare.
- Le facteur d'élancement, ou Hdom/Dg, est le rapport entre la hauteur dominante et le diamètre quadratique moyen.
- La production nette en surface terrière est la somme des surfaces terrières des arbres vivants sur pied et des arbres vivants prélevés au cours des éclaircies successives. Ne prenant pas en compte la surface terrière perdue par mortalité naturelle dans les modalités à forte densité, la production nette est inférieure à la production biologique, mais elle est plus pertinente pour qui s'intéresse aux volumes commercialisables.
- L'accroissement net en surface terrière correspond à la différence entre les surfaces terrières des arbres vivants sur pied mesurés à deux dates successives. Dans le réseau d'essais, il est calculé sur des périodes de 7 à 11 ans et exprimé en m²/ha/an : il s'agit donc d'un accroissement moyen périodique.
- Une perte de production rapporte la différence entre une quantité réellement produite sur une période donnée et la quantité attendue compte tenu de la capacité de production du site : il peut s'agir par exemple de la surface terrière.

assez tôt un diamètre suffisant. Le dépressage est aussi et avant tout une opération sylvicole visant à améliorer la qualité du peuplement. Ne disposant d'aucun essai en régénération naturelle, nous n'abordons ici que la question du dépressage des plantations ou semis artificiels en ligne.

L'intensité du dépressage joue sur la stabilité future des peuplements

Le facteur d'élancement - Hdom/Dg - augmente avec la croissance en hauteur du peuplement. En l'absence d'intervention sylvicole, il se détériore progressivement et atteint des valeurs proches de 100, voire nettement supérieures selon l'espacement initial de plantation. Les dépressages, en réduisant sensiblement la population des arbres dominés de faible diamètre et une partie des dominants et codominants améliorent instantanément cet indice de stabilité. Il s'agit d'un effet purement technique. Ils permettent ensuite de ralentir la progression du facteur d'élancement, voire de l'abaisser, en fonction de la réduction de compétition opérée.

Un dépressage qui ramène la densité vers 2 000 t/ha à 6-7 m de hauteur dominante permet d'orienter le peuplement vers une stabilité raisonnable, sous réserve de la réalisation d'une 1^{re} éclaircie assez énergique vers 11-12 m de hauteur dominante. Passé ce stade, les peuplements entrent en zone de risque important face aux vents (zone 2, selon la définition de Riou-Nivert 2000 ; voir figure 1). Le dépressage à 1 500 t/ha autorise le report de la 1^{re} éclaircie vers 14 m de hauteur dominante, et le dépressage à 1 000 t/ha procure quant à lui un peuplement composé d'arbres plus trapus et coniques, restant plus longtemps en zone de risque faible du point de vue de la stabilité (figure 1).

Dépresser dynamise la croissance individuelle...

La réaction individuelle des arbres au dépressage est très bonne. L'effet sur l'accroissement courant annuel en circonférence est immédiat et durable pour l'ensemble des intensités de dépressage testées : on observe une différence significative entre modalités dépressées et témoins non dépressés dès les 2 années suivant l'intervention. L'accroissement cou-

rant annuel, comparé aux témoins, est encore significativement différent entre les 6^e et 9^e années après intervention (figure 2).

Sur une période de 9 années après dépressage, l'accroissement annuel des 400 plus gros arbres par hectare est d'autant plus fort que le dépressage a été intensif. La largeur moyenne de cerne varie de 4 mm à 2 000 t/ha à plus de 5 mm à 1 000 t/ha contre moins de 3,5 mm en l'absence d'intervention (figure 2).

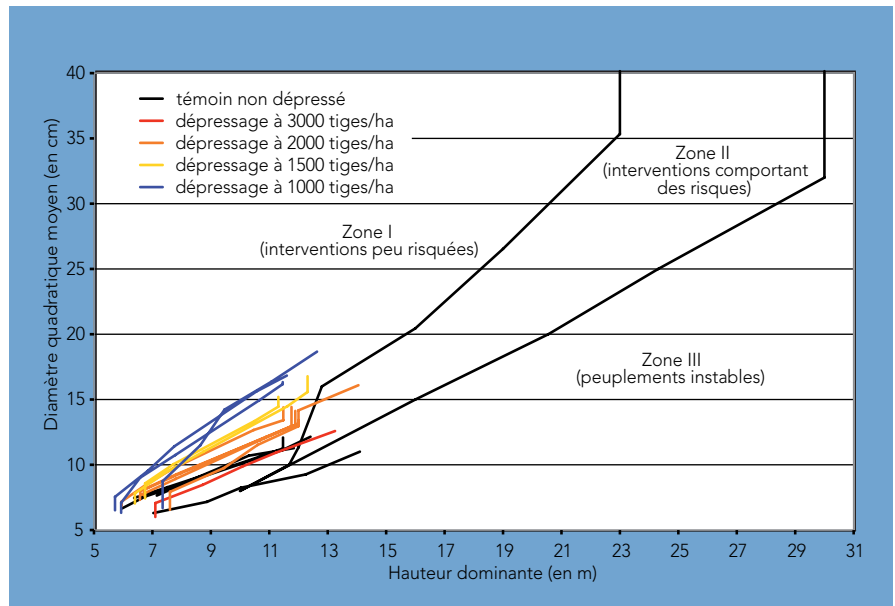


Fig. 1 : évolution des peuplements suite au dépressage dans les zones de stabilité face au vent définies par l'IDF (Riou-Nivert, 2000)
FD d'Orléans (essais 3 et 4) et FI de Haguenau (essai 2)

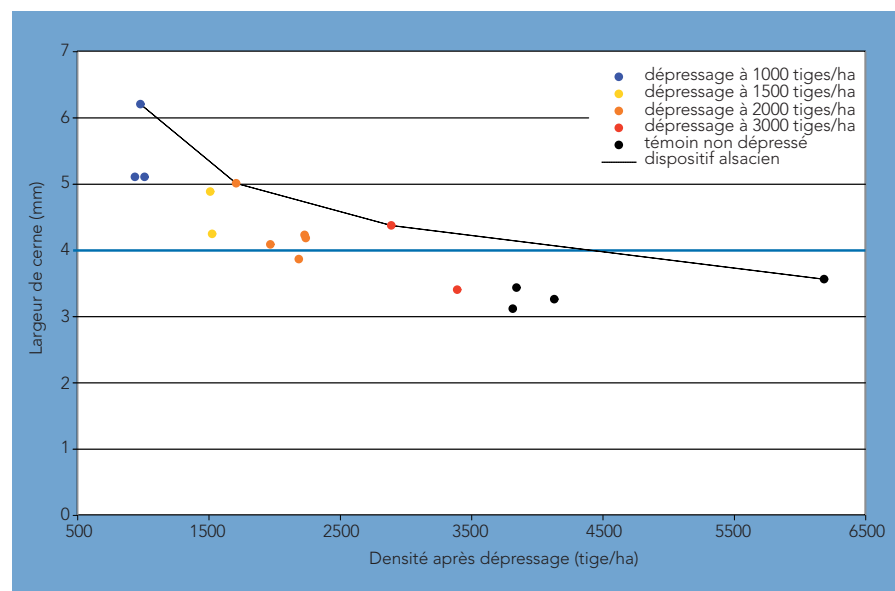


Fig. 2 : Largeur moyenne de cerne des 400 plus grosses tiges/ha en fonction de la densité après dépressage

FD d'Orléans (essais 3 et 4) et FI de Haguenau (essai 2) ; moyennes établies sur une période de 9 ans après intervention

Cependant, les différences entre modalités de dépressage ne sont pas toujours statistiquement significatives.

À 12 m de hauteur dominante, le diamètre quadratique moyen atteint en moyenne 13 cm dans les modalités dépressées à 2 000 t/ha, 15 et 17 cm respectivement à 1 500 et 1 000 t/ha, contre seulement 11 cm dans les témoins.

...mais provoque des pertes de production

À l'échelle du peuplement, les dépressages dynamiques entraînent une réduction de l'accroissement net en surface terrière (voir définition en encadré) : cette réduction constitue une perte par rapport à la capacité de production du site, ou production optimale, que nous pouvons estimer grâce aux modalités témoins. L'importance de cette réduction dépend de l'intensité du prélèvement : le dépressage à 1 000 t/ha conduit ainsi à une réduction de plus de 20 % de l'accroissement par rapport au témoin sur une période de 9 ans.

Il faut en outre considérer que les pertes de production en volume sont supérieures aux pertes en surface terrière, du fait de la conicité accrue des tiges en peuplement intensément dépressé. La décroissance métrique moyenne peut ainsi atteindre 150 % de celle du témoin. Une croissance en peuplement clair influence ainsi fortement la conicité de la bille.

Ces résultats concernent des peuplements de 6-7 m de hauteur dominante au moment du dépressage et initialement plantés à forte densité. Pour des espacements initiaux très larges, la densité de plantation elle-même conduit à des pertes de production, comme nous le verrons plus loin.

Faut-il s'inquiéter de ces pertes de production intervenant avant la 1^{re} éclaircie commercialisable ? Dans

l'état actuel du marché des bois, nous serions tentés de répondre non. Mais on évoque de plus en plus le bois comme source d'énergie renouvelable et, dans ce contexte, le volume de bois produit par unité de surface pourrait prendre plus d'importance.

Dynamiser la sylviculture de manière raisonnée

Nos essais de modalités d'éclaircie ont été conduits dans des peuplements issus de plantations et non dépressés.

Sur la production : effets croisés de la densité initiale et de l'intensité d'éclaircie

Nous avons analysé les conséquences des scénarios d'éclaircie sur la production nette en surface terrière (voir définition en encadré). Les nombreux scénarios sylvicoles testés dans les essais 5 et 6, portant sur la densité initiale de plantation et l'intensité des 1^{re} et 2^e éclaircies, ont généré des accroissements nets en surface terrière variant de 0,68 à 1,57 m²/ha/an pour des périodes de 7 à 11 ans, situées entre 1984 et 2001. Il en résulte une gamme de surface terrière sur pied de 17,7 à 40,8 m²/ha, 35 ans après plantation.

Nos essais montrent que les plantations à 1 320 et 2 500 plt/ha (toutes modalités d'éclaircie confondues) ont des accroissements en surface terrière plus faibles que ceux des plantations à 4 440 et 10 000 plt/ha, et que la réalisation d'éclaircies fortes réduit encore cet accroissement : nous avons enregistré des pertes variant de 20 à 52 % de l'accroissement net en surface terrière pour des éclaircies prélevant entre 27 et 57 % de la surface terrière avant éclaircie. Le choix d'une sylviculture très dynamique, associant faible densité de plantation et éclaircie forte, peut ainsi provoquer des pertes cumulées d'accroissement en surface terrière atteignant 40 à 50 % de la capacité de production du site. L'effet

est durable dans le temps, puisque toujours d'actualité 35 ans après plantation.

Il faut noter que les peuplements à densité maximale biologique ne génèrent pas la production maximale en surface terrière nette compte tenu de la mortalité naturelle qui caractérise ces peuplements. Nous avons enregistré la production la plus forte dans les plantations de fortes densités (4 400 et plus) éclaircies sélectivement par la suite (voir tableau 1) : la production totale nette en surface terrière à 35 ans atteint en effet 60 m² pour la densité initiale 4 440 t/ha alors qu'elle n'est que de 46,1 m² pour la densité 2 500 t/ha éclaircie fortement et de 36,5 m² pour la densité 1 320 t/ha éclaircie modérément. Les accroissements moyens nets respectifs valent 1,71 m²/ha/an, 1,32 m²/ha/an et 1,04 m²/ha/an sur 35 ans. Dans le cas des densités de plantation fortes, les éclaircies sélectives dynamiques, dans la gamme testée prélevant en 1^{re} éclaircie jusqu'à 61 % de la surface terrière, n'engendrent pas de pertes de production par rapport à des éclaircies plus modérées pratiquées dans des peuplements de même densité initiale. Par contre, les éclaircies systématiques, prélevant une ligne sur trois (33 à 37 % de la surface terrière), donnent un accroissement net en surface terrière plus faible que les éclaircies sélectives : nous avons enregistré des écarts atteignant 11 % en 10 ans.

Sur la largeur de cerne : effet net de l'éclaircie mais réponse limitée

Pour analyser l'effet de l'intensité d'éclaircie à l'échelle de la révolution, nous proposons d'étudier la largeur de cerne des arbres d'avenir, *a priori* destinés à constituer le peuplement final.

La largeur moyenne de cerne des arbres d'avenir varie pour l'ensemble des essais de 1,8 à 3,8 mm selon les périodes (de 7 à 11 ans) et les placettes. On soulignera tout d'abord

l'effet nettement significatif des éclaircies sur la largeur de cerne par rapport à l'absence d'éclaircie. Cependant la réaction à l'intensité de l'éclaircie est plus modérée : en appliquant différentes intensités d'éclaircie à des peuplements de même densité initiale, on constate que la largeur de cerne n'est jamais significativement différente entre modalités (figure 3), et que les gains supplémentaires pour une éclaircie forte (rapportés à ceux d'une éclaircie modérée) sont d'autant plus modestes que la densité de plantation était faible (figure 3). Ils atteignent 8, 10, 13 et 20 % respectivement pour les densités de 1 320, 2 500, 4 440 et 10 000 t/ha, après la 2^e éclaircie. En valeurs, les écarts n'atteignent que 2/10^e de millimètres à 1 320 t/ha, ce qui paraît négligeable : cela ne représente en effet qu'un gain de 4 mm sur le diamètre en 10 ans ! Des résultats analogues sont obtenus dans une plantation à 3 500 plt/ha, où nous montrons qu'un prélèvement de plus de 50 % de la surface terrière n'apporte pas de gain substantiel sur la largeur moyenne de cerne des arbres d'avenir par rapport à un prélèvement de 35 – 40 % (figure 4).

En résumé

Sur le seul plan de la production matière, **pour des densités initiales de plantation inférieures ou égales à 2 500 tiges par hectare**, nous conseillons **des premières éclaircies prélevant 30 à 35 % de la surface terrière** (avec une éclaircie par le haut cela représente 40 % du nombre de tiges). Des éclaircies plus intensives engendrent des pertes de production et un très faible gain sur la durée de révolution des peuplements.

Effets des choix sylvicoles sur la grosseur des branches

La dimension et la fréquence des nœuds affectent la qualité du bois produit. Ces critères interviennent dans le classement d'aspect des sciages résineux ainsi que dans le classement en structure (CTBA 1999).

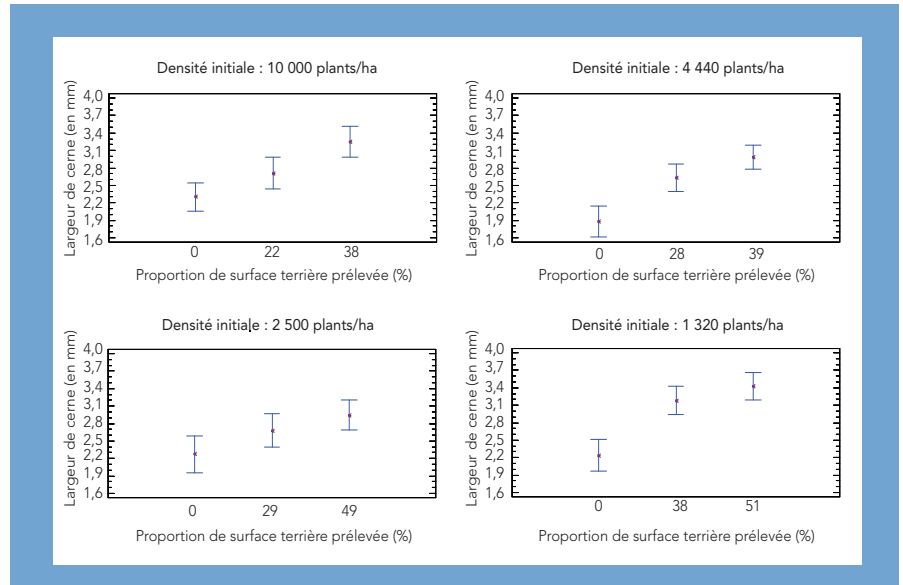


Fig. 3 : largeur moyenne de cerne après la 2^e éclaircie en fonction de la densité initiale de plantation et de l'intensité de l'intervention
FD d'Orléans, essai 6 ; valeurs moyennes établies sur les arbres d'avenir (200/ha) sur une période de 11 ans après la 2^e éclaircie

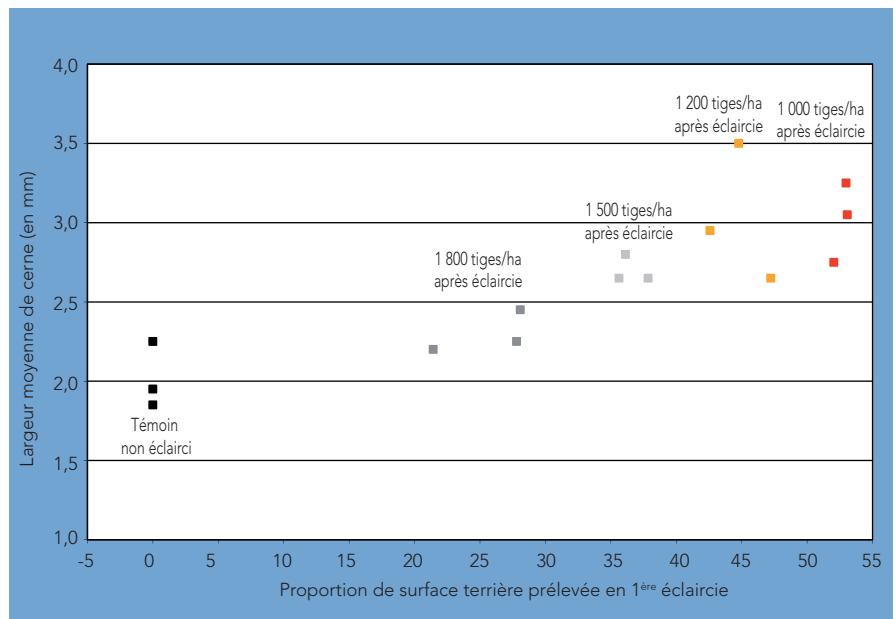


Fig. 4 : largeur moyenne de cerne des arbres d'avenir en fonction du taux de prélèvement en surface terrière à la 1^{re} éclaircie
FD d'Orléans, essai 7 ; valeurs moyennes établies sur une période de 6 ans après la 1^{re} éclaircie

Les valeurs seuils admises dépendent du type de classement utilisé et varient entre classes. Il est plus commode d'interpréter les effets d'une sylviculture sur la qualité des bois en les rapportant aux règles de classement ; il faut cependant choisir parmi les multiples comparaisons possibles. Pour le pin sylvestre, la valeur

de 30 mm de diamètre des nœuds constitue un seuil pour les sciages de choix 1 en classement sur deux faces dans le cas de pièces de 100 mm de largeur (et pour la classe de structure ST II en tant que critère sur la rive). Nous avons donc jugé cette valeur intéressante, utilisable en tant qu'indicateur de qualité.

La densité de plantation a une influence primordiale sur la grosseur des branches

Nous avons analysé l'influence de la densité de plantation sur la grosseur des branches à partir d'un échantillon d'arbres sélectionnés dans 10 placettes de l'essai de densité de plantation suivi en FD d'Orléans – essai 1 - et transformé par la suite en essais d'éclaircie (voir tableau 1). Au moment de cette analyse, le peuplement était âgé de 35 ans (depuis la plantation) et atteignait en moyenne 17 m de hauteur dominante. Nos observations montrent que les branches de plus de 30 mm de diamètre sont nombreuses dans les modalités plantées à 1 320 plt/ha et sont présentes dès 2 m de hauteur. À 2 500 plt/ha, elles sont présentes en dessous de 4 m, alors qu'il n'y en a pas avant 6 m dans les modalités installées à 4 440 t/ha (figure 5).

On peut en conclure que **planter à 2 500 plt/ha et moins favorise le développement de grosses branches** (photo 2) **et peut entraîner le déclassement des bois**. La récupération d'une « qualité correcte » ne peut alors se faire qu'en compensant par des élagages artificiels, si le potentiel du peuplement le permet ; à moins que le maintien d'un accompagnement ligneux puisse limiter ce phénomène, ce qui reste à prouver.

Le dépressage augmente la grosseur des branches

Nous avons analysé l'influence du dépressage sur la grosseur de branches à partir des deux essais de dépressage suivis en FD d'Orléans. Cette analyse a été conduite 9 et 11 ans après le dépressage (selon les essais) : les peuplements étaient alors âgés de 21-22 ans (depuis la plantation) et atteignaient en moyenne 11,5 et 11,8 m de hauteur dominante. La figure 6 présente le classement qualitatif des 400 plus grosses tiges par hectare pour

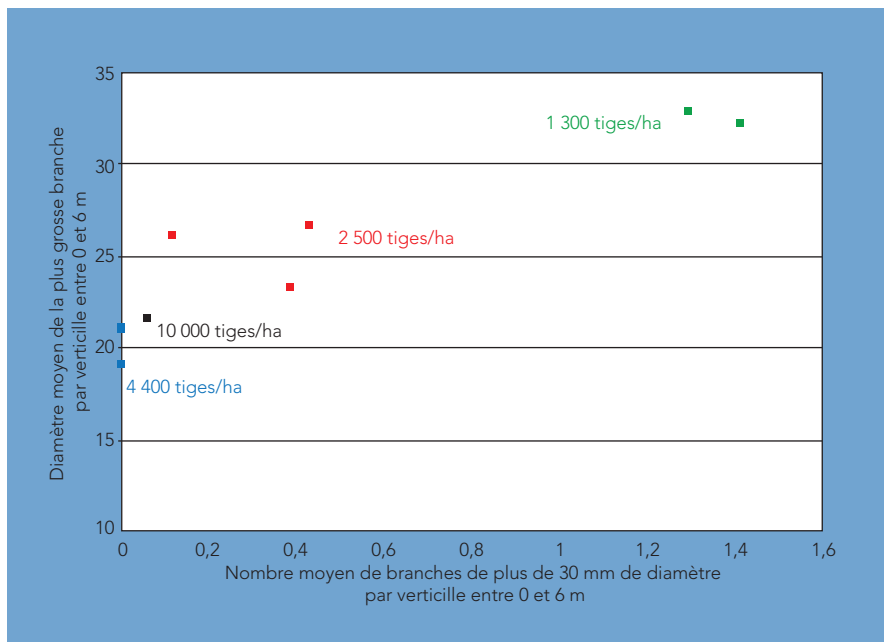


Fig. 5 : effet de la densité initiale de plantation sur le nombre de grosses branches (en abscisse) et le diamètre moyen de la plus grosse branche par verticille (en ordonnée) entre 0 et 6 m de hauteur

FD d'Orléans, essais 5 et 6 issus de l'essai 1 ; valeurs moyennes établies sur un échantillon de tiges abattues, 35 ans après plantation



2 - Pins sylvestres de 35 ans issus d'une plantation à 1 320 tiges/ha
FD d'Orléans, essai 5

F. Milano, Cemagref

chaque intensité de dépressage. Dans la modalité la plus fortement dépressée, 10 % de ces tiges sont de bonne qualité, mais de faible diamètre, et 25 % des tiges sont « très branchues », portant plus de 2 grosses branches de qualité rédhibitoire. Comparés aux dé-

pressages modérés, les témoins peuvent présenter une branchaison plus développée résultant de la conjonction entre avantages sociaux anciens (arbres dominants) et absence de sélection de la part du sylviculteur (résultats obtenus entre 6 et 12 m, non figurés).

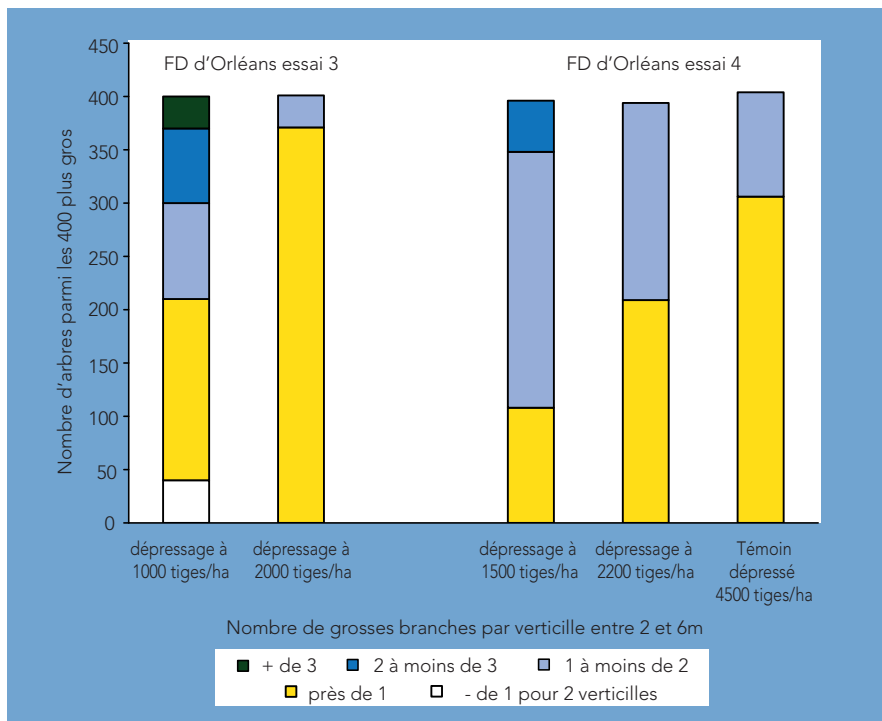


Fig. 6 : répartition des 400 plus grosses tiges/ha en fonction du nombre moyen de branches de plus de 30 mm de diamètre par verticille entre 2 et 6 m de hauteur

Valeurs estimées à partir de relations basées sur la circonférence à 1.30 m établies sur un échantillon de tiges abattues 21 et 22 ans après plantation

Ces résultats illustrent bien l'effet sélectif bénéfique du dépressage. Néanmoins, au-delà d'une certaine intensité, cet effet est dépassé par le facteur croissance, ce qui tend à produire des arbres à forte branchaison. Ainsi, **au stade de 6-7 m de hauteur dominante, dépresser à 1 000 t/ha conduit à dégrader la qualité du peuplement. La densité après dépressage de 1 500 t/ha présente un meilleur compromis croissance-qualité.**

Conclusions : un optimum technique à confronter aux contraintes économiques

Les résultats présentés proviennent d'expérimentations en peuplements de moins de 40 ans, purs et issus de régénération artificielle et s'inscrivent dans un objectif de production de bois de qualité. D'autres objectifs peuvent conduire à des arbitrages différents. Par ailleurs, nos

conclusions présentent un optimum technique qui peut être infléchi par des considérations économiques (comme le coût de plantation, le coût des dépressages ou de l'élagage, et la valeur des bois produits). Les modalités d'intervention expérimentées sont contemporaines des interrogations formulées à l'époque par les gestionnaires ; elles ne couvrent pas forcément le champ des pratiques actuellement en cours ou envisagées. Citons par exemple le cas des régénérations naturelles ou des plantations à faible densité avec pré-cloisonnement d'exploitation.

Malgré son étendue, le réseau expérimental ne comporte que peu de répétitions ; par ailleurs, les interventions sylvicoles de type dépressage ou éclaircie s'étalent sur la décennie 1984-1994, qui a été climatiquement marquée par des déficits hydriques répétés en période estivale. La puissance statistique du

réseau expérimental est donc limitée et restreint les possibilités de généralisation des résultats. Néanmoins, la convergence des résultats obtenus permet de dégager de notre réseau expérimental sur le pin sylvestre, les principales idées directrices suivantes :

- la densité de plantation initiale a un impact durable sur le niveau de production ;
- elle conditionne la grosseur des branches dans le bas de la tige ;
- des dépressages forts dégradent la qualité du bois en favorisant la croissance des branches basses ;
- le pin sylvestre a une croissance modérée, que l'on ne peut accélérer que dans une faible proportion ;
- les prélèvements forts conduisent à des pertes de production dans le cas de densités initiales de plantation faibles.

Pour produire des bois de qualité, nous déconseillons ainsi de planter à moins de 2 500 plt/ha. La densité idéale se situerait même plutôt entre 3 000 et 4 000 plants par hectare. Outre la forme des arbres, c'est la production totale du peuplement qui est affectée lorsque l'on diminue les densités de plantation. La capacité de croissance relativement faible du pin sylvestre ne permet pas de garantir le niveau de production à l'hectare en cas d'abaissement de densité. Dans nos essais, des pertes de production liées aux faibles densités initiales s'observent encore à 35-40 ans.

Le pin sylvestre est une essence pionnière : il supporte mal la compétition. Les interventions précoces doivent donc être privilégiées pour stimuler la croissance, à un stade où croissance et capacité de réaction sont encore bonnes. À partir de peuplements de plus de 3 000 t/ha nous conseillons d'intervenir entre 6 et 7 m de hauteur dominante en abaissant la densité vers 1 500 t/ha. Une intensité plus forte (1 000 t/ha) provoque des pertes de production et diminue la qualité du peuplement en favorisant la croissance ra-

diale des branches et la conicité des tiges. Une intensité plus faible (de l'ordre de 2 000 t/ha après dépressage) ne favorise pas suffisamment la croissance radiale de la tige ; la compétition entre les tiges réapparaît rapidement et la stabilité du peuplement se dégrade à nouveau, au-delà de 12 m de hauteur dominante.

À partir de la 1^{re} éclaircie commerciale (sans dépressage préalable), pour des densités initiales de plantation de 2 500 plt/ha ou moins, il est vain d'augmenter les prélèvements au-delà d'un seuil dans l'espoir d'accroître la croissance individuelle et de raccourcir les révolutions. Le seuil de prélèvement à la 1^{re} éclaircie peut être fixé à 35 % de la surface terrière avant éclaircie ; au-delà, avec 40 voire 50 %, le risque de perte de production est accru, sans pour autant permettre de réduire la durée de révolution. Pour des densités initiales de plantation de plus de 2 500 plt par hectare, les prélèvements peuvent être portés à 40 %. Des taux de prélèvement de 50 % seront réservés aux densités initiales fortes, supérieures à 4 440 t/ha. Ce scénario est compatible avec une production en volume importante. Il est cohérent de ce fait avec les principes de production soutenue et de stockage du carbone en forêt.

Ces résultats peuvent-ils être extrapolés à des peuplements issus de schémas d'installation différents (régénération naturelle, densités ou espacements différents...) ou à des stades de développement différents ? Les raisonnements de base le peuvent certainement, mais la définition des seuils (de densité, d'intervention) devra être adaptée à chaque cas particulier. De même, ces seuils pourraient être modulés si l'élagage artificiel était considéré ou si on avait l'assurance que le maintien d'un accompagnement feuillu limite la formation de

grosses branches. À notre sens, il faut maintenir un effort de recherche sur cette essence intéressante dans le contexte du changement climatique annoncé.

Sandrine PERRET

Christian GINISTY

Cemagref Nogent-sur-Vernisson

Unité Ecosystèmes Forestiers

Sandrine.perret@cemagref.fr

Christian.ginisty@cemagref.fr

Remerciements

Ce réseau expérimental a été soutenu au cours du temps par le ministère de l'Agriculture, le conseil régional Centre (via Arbocentre) et l'Office national des forêts dans le cadre de la convention cadre Cemagref/ONF 2002-2007. L'agence ONF du Loiret et celle de Haguenau ont également contribué à maintenir ce réseau et nous les remercions.

L'expérimentation en forêt est affaire de patience... Nous voudrions également remercier les générations de techniciens et stagiaires qui se sont investis dans cette lourde tâche et qui nous ont permis de disposer aujourd'hui de ces données.

Bibliographie

CTBA, 1999. Choisir les sciages résineux... C'est simple, c'est facile : suivez la norme européenne. Plaquette CTBA

LE GRIX E., 1876. Une excursion forestière dans l'inspection de Lorris. Revue des Eaux et Forêts, pp. 217-230

PERRET S., COUTEAU C., MILANO F., PEROT T. et PIROCHE J. N., 2003. Influence de la sylviculture sur la qualité du bois du pin sylvestre. Rapport final convention DERF-Cemagref, 57p.

PLINGUET J., 1789. Traité sur les réformations et les aménagements des forêts avec application à celles d'Orléans et de Montargis. Orléans : JACOB aîné.

RIOU-NIVERT P., 2000. Chablis : la sylviculture est-elle en cause ? Forêt-Entreprise n° 131, pp. 70-76

RONDEUX J., 1993. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Gembloux : Presses agronomiques de Gembloux. 521p

Prise en compte des résultats expérimentaux dans le guide de sylviculture des pineraies des plaines du Centre et du Nord-Ouest

Les résultats des dispositifs du Cemagref ont constitué une référence majeure pour l'élaboration des scénarios sylvicoles pour le pin sylvestre. Le Cemagref (Sandrine Perret et Christian Ginisty) était membre du groupe de travail constitué pour l'élaboration du guide, lequel a donc pu bénéficier constamment des apports de la recherche. La confrontation de ces résultats, traduits en préconisations techniques, aux considérations économiques et commerciales, auxquelles s'ajoute l'expérience personnelle des experts du groupe de travail, a permis d'établir les scénarios sylvicoles, dont les orientations en lien avec les résultats du présent article sont détaillées ci-après.

Densité de plantation

La densité basse préconisée a été retenue, soit 2 500 t/ha. L'optimum technique de 3 000-4 000 t/ha n'a pas été retenu car il ne présente pas le meilleur compromis technico-économique. En effet, planter à une telle densité implique des surcoûts de mise en place très importants (de près de 1 000 €/ha jusqu'à 3 mètres de haut), et nécessite ensuite un dépressage, le tout rendant plus qu'aléatoire la valorisation de l'investissement au vu de la faible croissance du pin sylvestre et des recettes attendues. La densité de plantation retenue va de pair avec les préconisations suivantes, pour optimiser la qualité du peuplement :

- travaux préparatoires respectueux de l'ambiance forestière et interventions en dégagement maintenant un accompagnement feuillu,
- utilisation de provenances issues de vergers à graines, pour lesquelles le compromis vigueur-forme est amélioré ;
- intervention en élagage artificiel avant la première éclaircie (qui peut à cette densité survenir à 11-12 m de hauteur dominante avec une hypothèse de commercialisation pour un diamètre moyen de 13-14 cm) pour garantir une production de haute qualité sur un minimum de tiges.

Stratégie de dépressage

Le dépressage a été jugé indispensable et prioritaire dans les jeunes peuplements denses, et ce pour atteindre plusieurs objectifs :

- obtenir un gain précoce sur la croissance, qui participe à l'obtention du diamètre d'exploitabilité (révolution raccourcie),

- permettre une commercialisation précoce de la première éclaircie à 11-12 m de hauteur dominante, grâce à l'atteinte du diamètre moyen de 13-14 cm,
- constituer un peuplement stable,
- permettre le maintien de feuillus en accompagnement.

La stratégie retenue est une intervention vers 5-6 m de haut qui ramène la densité à 1 500 t/ha. Seules les régénérations naturelles très denses (non couvertes par les essais) ont un traitement différent puisqu'il est apparu qu'une intervention plus précoce vers 2-3 m était nécessaire, pour ramener la densité à 2 000-2 500 t/ha. Le tableau 2 résume la stratégie retenue, avec le stade recommandé en optimum, ou le stade possible en rattrapage.

Gestion des éclaircies

La faible réaction du pin sylvestre à l'intensification des premières éclaircies au-delà d'un taux de prélèvement de l'ordre de 40 % de la surface terrière initiale et les pertes de production qui s'ensuivent ont été un point fondamental pour la mise au point des scénarios sylvicoles.

Cela a été pris en compte en proposant deux scénarios : l'un dit à première éclaircie précoce et l'autre dit à première éclaircie tardive. Le choix entre ces deux scénarios se fait à 11-12 m de hauteur dominante selon le caractère commercialisable ou non de la première éclaircie à ce stade, ce qui dépend des caractéristiques dendrométriques du peuplement (résultat de son historique, densité de plantation, régénération naturelle dépressée ou non) et du contexte économique du moment.

À partir de 17 m de hauteur dominante, la gestion des peuplements s'opère en se calant sur une proportion de la surface terrière maximale biologique, en retenant le niveau présentant le meilleur compromis technico-économique, sans oublier la stabilité du peuplement. Les surfaces terrières maintenues après éclaircie, variables selon les fertilités, s'étalent de 50 % (fertilité 3) à 60 % (fertilité 1) du maximum biologique.

Ludovic CHABAUD

Direction Forêt DT IDF-NO

Rédacteur principal du guide « Pineraies de plaines du Centre et du Nord-Ouest »

Origine des peuplements	Densité	Hauteur (en mètres)								
		0	2	3	5	6	8	10		
Plantation ou semis artificiel	> 3 000 t/ha	Attendre			Nettoiemnt Dépressage 1 500 t/ha		Éventuel nettoiemnt		Attendre	
	≤ 3 000 t/ha	pour toute			Éventuel nettoiemnt		ou		la première	
Régénération naturelle	dense (≥ 10 000 t/ha)	intervention		Dégagement dépressage (2000 - 2500 t/ha)		nettoiemnt-dépressage				
	moyennement dense (3 000 <N/ha < 10 000)	de réduction			Nettoiemnt Dépressage (1 500 t/ha)		de rattrapage		éclaircie	
	peu dense (≤ 3 000 t/ha)	de densité			Éventuel nettoiemnt		(1 500 t/ha)		commercialisable	

Tab. 2 : stratégie d'intervention dans les régénérations de pin sylvestre, retenue dans le guide de sylviculture des pineraies des plaines du Centre et du Nord-Ouest

En vert le stade recommandé en optimum, en bleu le stade possible en rattrapage ; les opérations en vert et en bleu ne se cumulent pas.

ProFor[®], logiciel d'estimation de la praticabilité des cloisonnements : premiers essais en Haute-Marne

Le logiciel ProFor[®], présenté par ses concepteurs dans notre n° 14, a suscité beaucoup d'intérêt. C'est pourquoi l'agence de Haute-Marne l'a testé en conditions réelles d'exploitation sur les sols sensibles de Champagne Humide. Si le test démontre bien la pertinence du diagnostic, il pointe surtout les difficultés de son application en gestion courante. Disons le tout net : ça n'est pas « mûr » ! Mais l'analyse est riche d'enseignements pratiques exposés pas à pas : sur les mécanismes de la relation sol-engin, sur l'analyse préalable et l'organisation du chantier, sur les seuils d'impacts motivant sa suspension...

Le logiciel ProFor[®] a été présenté dans les Rendez-vous techniques n° 14 (Matthies et al., 2006) ; il a été conçu pour apprécier de façon objective, impartiale tout au moins, la praticabilité des cloisonnements, dans un souci de gestion raisonnée des sols forestiers. Pour une machine donnée qui circule sur un sol donné, ProFor[®] fournit un seuil de teneur en eau au-delà duquel la circulation sur le cloisonnement fait courir un risque de dégradation par tassement jugé trop élevé.

Le logiciel lui-même est assez simple d'utilisation, à condition de disposer de paramètres précis : connaître les machines qui vont intervenir, avoir en base de données leurs caractéristiques, décrire les sols concernés en texture, pierrosité... Le processus actuel de gestion des exploitations demande une adaptation pour collecter ces informations avant intervention des machines si on veut y intégrer le diagnostic de praticabilité. Celui-ci, qui consiste à comparer l'humidité du sol mesurée au seuil calculé par ProFor[®], est moins trivial qu'il paraît et requiert un minimum de méthode.

C'est pourquoi l'agence ONF de Haute-Marne a voulu tester ProFor[®] en situation réelle. Le présent article relate les enseignements obtenus, à l'occasion d'un stage de licence professionnelle, sur 3 chantiers d'exploitation disponibles pendant la période mai - juillet 2007 (Poncin, 2007). Ces premiers tests nous ont permis de cerner les conditions et limites de l'utilisation de ProFor[®] ; on est encore loin d'une éventuelle utilisation opérationnelle de terrain.

Les chantiers étudiés, principes

Les chantiers ont été choisis au sein de la région naturelle Champagne Humide, réputée pour ses sols fragiles et non portants. Il s'agissait d'articles vendus en bloc et sur pied. Ce sont les seuls chantiers de la région naturelle qui ont pu être suivis depuis leur début et pendant la durée du stage. Leurs caractéristiques principales figurent dans le tableau 1. Nos tests devaient répondre, dans le contexte des exploitations, à de nombreuses questions :

- Est-il facile d'obtenir des opérateurs des coupes les renseignements complets sur les machines qui vont être utilisées ? De mettre à jour le cas échéant la base de données de ProFor[®] ?
- Comment relever efficacement les caractéristiques physiques des sols circulés, en complément des caractéristiques fournies par les cartes de stations forestières ou les cartes géologiques ?
- Est-il facile de mesurer la teneur en eau ? Où réaliser les relevés ? Comment les répartir ? Combien sont nécessaires ?
- Enfin, le respect des seuils annoncés par le logiciel ProFor[®] permet-il vraiment de prévenir les dégradations sévères ?

Le protocole que nous avons adopté pour le test portait sur un échantillon de cloisonnements d'exploitation répartis sur la (les) parcelle(s) du chantier concerné. Les relevés ont porté sur la description de la station, l'appréciation de la texture de la terre fine au toucher ainsi que la mesure tous les deux mètres de la teneur en eau et du niveau de dégradation du sol du cloi-

Code	Coupe	Remarques chantier	Période d'intervention de la (des) machine(s)
DER	Éclaircie résineuse : 80 m ³ /ha en FD du Der	La coupe comprend l'ouverture des cloisonnements d'entre-axe de 30 m. Chantier : coupe à l'abatteuse avec circulation sur les rémanents rangés sur les cloisonnements, sortie des bois longs au débusqueur puis du 2 m au porteur	Abatteuse le 5/6/2007 Débusqueur le 7/6/2007 Porteur le 7 et 8/6/2007
SOM	Amélioration de TSF : 43 m ³ /ha en FC de Sommevoire	Le chantier étudié concerne uniquement la sortie des grumes en bois long par le débusqueur, pour 43 m ³ /ha. Les houppiers et petites futaies (35 m ³ /ha) seront exploités par les affouagistes. Les cloisonnements d'entre-axe 25 m avaient été ouverts par un gyrobroyeur à axe horizontal pendant l'été 2006.	Débusqueur les 11 et 12/5/2007
VOI	Sanitaire de TSF : 25 m ³ /ha en FC de Voillecompte	Les houppiers (12 m ³ /ha) avaient été exploités. Le chantier étudié concerne uniquement la sortie des grumes en bois long par le débusqueur, pour 25 m ³ /ha. Les cheminements existaient déjà, ouverts « aléatoirement » par les affouagistes, pour les besoins de l'exploitation des houppiers.	Débusqueur le 25/5/2007

Tab. 1 : caractéristiques succinctes des 3 chantiers étudiés

sonnement, au niveau du passage de roue (avant et après passage de la machine) ; pour la teneur en eau, les mesures ont également concerné le sol non circulé, à un mètre de distance du bord du cloisonnement.

La Direction Technique de l'ONF a mis à disposition de l'agence une licence pour le logiciel ProFor©. Il a été utilisé par la stagiaire qui a mis en œuvre le test. Ont été logiquement impliqués les agents patrimoniaux, qui assurent le suivi des coupes, ainsi que les opérateurs qui doivent faire connaître à l'avance les machines utilisées.

Le travail de la stagiaire nous a donné une idée de l'organisation nécessaire pour utiliser ProFor©, en complément du suivi de coupe, sachant que la taille des chantiers étudiés est modeste (10 ha maximum). Mais le test lui-même a demandé une grande disponibilité et adaptabilité à la conduite réelle des chantiers. Sur le chantier SOM, le conducteur d'engin a prévenu moins de 48 heures avant son arrivée effective. Par conséquent, seule une partie du chantier a pu bénéficier de mesures avant circulation et être valorisée. Sur le chantier VOI, le débusqueur n'a

emprunté que partiellement les voies de vidanges existantes (inadaptées, voir tableau 1) et en a créé d'autres. Les impacts au sol et le lien avec le diagnostic ProFor© n'ont donc pas pu être valorisés.

Le recueil des paramètres nécessaires au diagnostic ProFor©

ProFor© demande le modèle de la machine utilisée ainsi que les caractéristiques des pneus, organes de contact avec le sol. Nous avons interrogé les entrepreneurs de travaux forestiers impliqués dans les trois chantiers. Aucun d'eux n'a montré de réticence à communiquer les données dont il disposait. Certains nous ont dirigés vers leur mécanicien habituel pour compléter les informations.

Les caractéristiques des machines utilisées : base de données ProFor© à compléter

Il est très vite apparu qu'aucun des engins ou pneus utilisés sur les 3 chantiers n'était référencé dans la base de données intégrée à ProFor©, même après mise à jour via Internet avec la commande prévue par le logiciel. Quelques re-

cherches sur les sites Internet des constructeurs nous ont permis de renseigner « manuellement » les paramètres définissant engins ou pneus. Pour un pneu, par exemple, compléter la base de données revient à renseigner :

- son nom : marque et référence constructeur ;
- le type (par exemple, radial) ;
- ses dimensions (largeur/diamètre d'accrochage sur la jante, ratio hauteur/largeur du boudin) ;
- sa rigidité ou indice PR (PR14 signifie que le pneu comporte 14 plis acier/nylon ce qui le rend moins rigide qu'un pneu « PR16 ») ;
- son diamètre en mm ;
- sa largeur en mm ;
- les pressions mini et maxi de gonflage autorisées, en bar.

En définitive, rien n'a été insurmontable ou compliqué, mais cette mise à jour de la base a demandé un peu de méthode et de rigueur afin de bien la paramétrer (conversion d'unité du système de mesure anglo-saxon en système international, par exemple). Compte tenu du temps de recherche des données constructeur, une actualisation de la base de données source accessible en

ligne par la communauté d'utilisateurs, voire par les principaux constructeurs eux-mêmes, serait bienvenue.

Une fois la base mise à jour, il reste à préciser le paramétrage des données engin et pneu selon la configuration adoptée (accessoires, pression de gonflage...). À partir de là, ProFor© calcule pour chaque engin en charge la pression exercée sur le sol par chaque pneu du train le plus contraint (voir tableau 2 ; 1 bar ~ 1 kg/cm²). Par exemple, dans certaines circonstances (travail en dévers), les pneus peuvent être remplis d'eau pour abaisser le centre de gravité des machines. Il faut ajouter cette tare à la masse de la machine et faire comme si la pression de gonflage était très élevée, rendant le pneu rigide. Ces cas sont signalés « H₂O » dans le tableau 2 et intégrés dans ProFor© en affectant une pression de gonflage de 4 bars.

Outre ce cas de gonflage à l'eau, la rubrique « Poids additionnel » permet aussi de prendre en compte une charge supplémentaire (treuil

additionnel, tracks...) à répartir entre essieux avant et arrière. Pour les porteurs, la base de données de ProFor© intègre en standard la charge maximale autorisée par le constructeur. Mais pour les débuseurs, deux tiers du poids des grumes sont à prendre en compte en poids additionnel sur l'essieu arrière, à partir du moment où les grumes débardées sont soulevées par une extrémité ; cette charge peut être très variable d'un chantier à l'autre (Ziesak et Matthies, com. pers. 2008).

Les caractéristiques des sols : difficultés liées à la texture

Le premier travail de terrain est de bien caractériser les sols selon les critères demandés par le logiciel ProFor© : la nature du sol (gravier, sols minéraux, sols tourbeux, sols squelettiques) et la pente (<15 % ; 15-30 %) ; s'y ajoutent pour les sols dits minéraux, cas le plus courant :

- la texture (% sable, argile et limon des 10 premiers cm de sol) ;
- la richesse en humus de l'horizon de surface (<5 %, >5 %) ;

- l'hydromorphie (marquée ou non dans les 30 premiers cm) ;
- la fraction d'éléments grossiers ou contenu pierreux (<30 %, 30-50 %, >50 % des 10 premiers cm de sol).

Les stations décrites dans les aménagements forestiers ont apporté une première indication des sols susceptibles d'être rencontrés. Un relevé a été effectué au début, au milieu et à la fin de chaque chemin de vidange retenu pour l'étude, sur sa bordure et en zone réputée non perturbée ou tassée. Son but était de confirmer la station, et de relever la texture, paramètre le plus susceptible de varier pour une même station. Un relevé complémentaire était prévu chaque fois que la végétation indiquait un changement de station.

La texture que nous retenons pour les calculs ProFor© est celle des dix premiers cm. En effet, la mesure de l'humidité volumique sera effectuée dans l'horizon de surface par une sonde possédant des électrodes de 5 cm de long. La texture de la terre fine a

Chantier	DER	SOM	VOI		
Caractéristiques Machine	Abatteuse PONSSE HS ergo16	Débusqueur à câble TIMBER-JACK 460 C	Porteur VALMET 860, 8 roues	Débusqueur à câble JOHN DEERE 440 C	Débusqueur à pince JOHN DEERE 548 GIII
Caractéristiques Pneus du train avant	Nokian 600/55-26,5 PR14	Firestone 23,1-26 PR14	Nokian 600/55-26,5 PR16	Firestone 23,1-26 PR14	Firestone 28 L 26 PR14
Pressions Bar	H ₂ O	2,5	3,5	2	2,8
Poids additionnel	1t (eau)				
Caractéristiques Pneus du train arrière	Nokian 600/65-34 PR14	Firestone 23,1-26 PR14	Nokian 600/55 26,5 PR16	Firestone 23,1-26 PR14	Firestone 28 L 26 PR14
Pressions Bar	H ₂ O	3,5	4	2	3
Poids additionnel	2 t (eau)	2 t	-	2 t	3 t
Calcul ProFor© Pression exercée au sol (Kg/cm²)	3,9	3	5,4	2,1	3,9

Tab. 2 : caractéristiques des machines et des pneus utilisés, et pression au sol correspondante (pression exercée par chaque pneu du train le plus chargé, calculée par ProFor©) ; sur le chantier DER, les 3 machines interviennent successivement

d'abord été appréciée au toucher. Par sécurité, la granulométrie d'échantillons de sol de surface a ensuite été analysée (152 € HT pour 5 échantillons). Les résultats du calcul ProFor© ont montré un écart important selon que l'on utilisait la texture appréciée au toucher ou analysée. Les résultats présentés par la suite se fondent sur l'analyse granulométrique. L'analyse¹ a également fourni la teneur en matière organique de l'horizon de surface.

Sans passer en revue toutes les erreurs susceptibles d'altérer le diagnostic, signalons encore que dans ProFor©, l'option « sol hydromorphe » est à utiliser en présence d'une nappe temporaire ou permanente dans les 20 à 30 premiers centimètres du sol. Par chance, ce même critère est discriminant pour déterminer les stations de champagne humide. En revanche, le phénomène de tassement peut lui aussi créer une hydromorphie temporaire de surface (notamment sur limons acides lessivés – Lamandé *et al.*, 2005) ; elle est alors limitée aux zones circulées dégradées. D'après les créateurs de ProFor©, la nature hydromorphe du sol est à relever en dehors des zones

circulées, si possible lorsque la nappe temporaire est observable (en hiver généralement).

Dans les 3 chantiers, les sols sont non pierreux, sans hydromorphie, à plat ou en pente légère (<15%). La teneur en matière organique de l'horizon de surface est faible (<5%). L'analyse texturale les range dans les classes de sensibilité ProFor© les plus élevées : sensible (DER) et très sensible (SOM et VOI).

En situant le chantier SOM ou VOI dans le triangle des textures (figure 1), on comprend que l'on peut changer très vite de « classe de sensibilité ProFor© ». Or, changer de classe de sensibilité modifie le diagnostic ProFor© (au même titre que la pierrosité, l'hydromorphie, la pente et la teneur en humus). Il est donc indispensable de passer par une analyse granulométrique, dès que l'on quitte les textures « franches » facilement identifiables au toucher (limons « purs » = 8 et 9, argiles lourdes = 14). Cette phase nous a montré que ProFor© demandait une description plus fine des sols que celle visant à déterminer les stations.

La précision requise pour la donnée texturale peut demander un investissement qui dépasse la gestion courante. Elle suppose un relevé en amont des chantiers, et une organisation pour pérenniser dans le temps les données géoréférencées, ce qui nous semble peu réaliste dans les conditions actuelles.

Le Diagnostic ProFor© : calcul du seuil d'humidité

Les données de base étant établies, ProFor© fait le croisement « sol x machine » et calcule un seuil d'humidité volumique du sol (% de volume d'eau dans un volume de sol sec, symbolisé HV par la suite) au-delà duquel le cloisonnement n'est plus praticable. Concrètement, tant que le sol circulé présente un seuil d'humidité inférieur au seuil calculé, il reste encore un peu d'air dans le sol après le passage de l'engin. Circuler au-delà de ce seuil conduit à tant réduire la porosité que le mélange sol-eau va se transformer plus ou moins rapidement en boue, selon la sensibilité du sol (cf. figure 1).

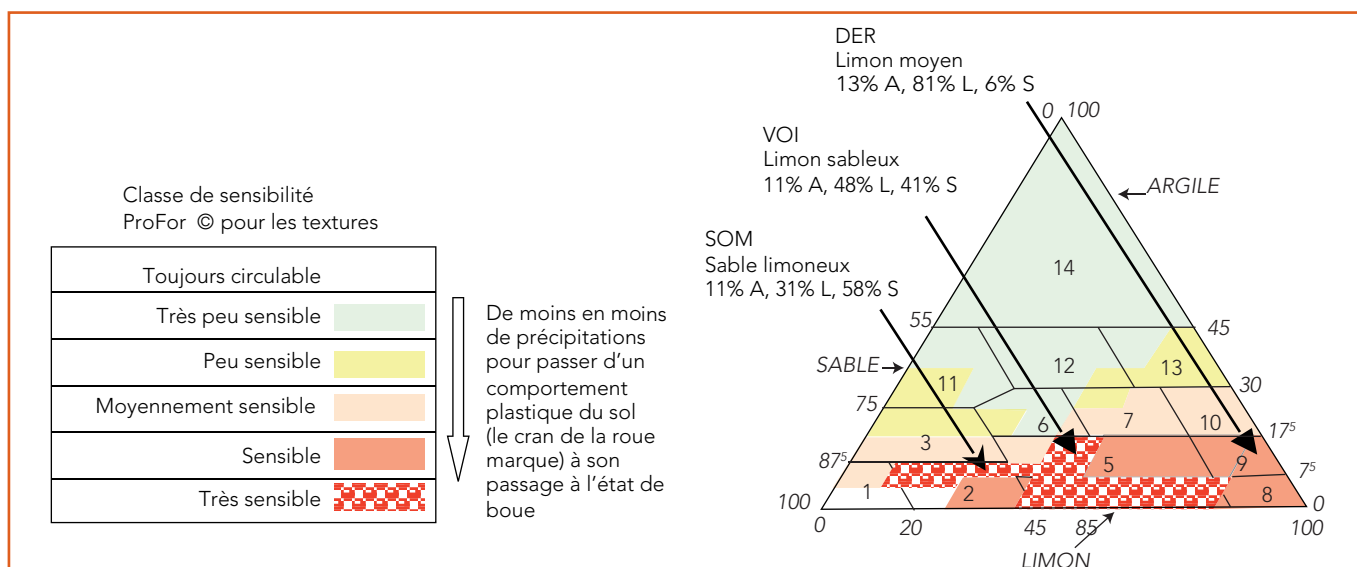


Fig. 1 : granulométrie des 3 chantiers étudiés et les classes de sensibilité des textures dans ProFor© (Ziezak 2004, Duchaufour 1995)

¹ L'analyse des textures est généralement couplée à la mesure du taux de matière organique (ou état humique)

Diagnostic pour les trois chantiers et influence de l'engin

Les seuils calculés pour les engins circulant sur nos chantiers tests figurent au tableau 3. Pour chacun des cinq calculs, ProFor© nous met en garde : « !!! ATTENTION : Le sol atteint déjà avec une petite quantité de précipitation la limite de fluidité !!! ».

Pour le chantier DER, dont le sol est sensible, aucun des 3 engins prévus (abatteuse, débusqueur et porteur) ne doit intervenir si la teneur en eau du sol est supérieure à 24 %, ce qui est encore une teneur très basse. Notons aussi que le seuil ProFor© « plafonne » à 24 % alors que les pressions exercées au sol par les trois engins sont très différentes. Elles sont toutes supérieures à 3 kg/cm². Pour voir ce seuil ProFor© remonter, il faudrait que la pression au sol passe en dessous de 2,3 kg/cm². D'après ProFor©, le débusqueur à câble JOHN DEERE 440 C, avec sa charge de bois, aurait pu circuler sur ce chantier jusqu'au seuil de HV de 30 %. En effet, la pression maximum qu'il exerce au sol est voisine de 2,1 kg/cm² (tableau 2).

Le choix de l'engin peut donc avoir une influence sur le temps de praticabilité de la coupe : l'humidité du sol reste forcément plus longtemps sous un seuil de 30 % que sous celui de 24 % ! Des deux modèles de débusqueur testés ici, le JOHN DEERE 440C a donc théoriquement plus de chances de pouvoir circuler sur le chantier DER.

Chantier	Machine	Seuil d'humidité ProFor®
	Abatteuse	24 %
DER	Débusqueur	24 %
	Porteur	24 %
SOM	Débusqueur	21 %
VOI	Débusqueur	16 %

Tab. 3 : seuils d'humidité volumique calculés par ProFor©



V. BENARD, ONF

Sonde Thétaprobe

Mesures de l'humidité volumique sur le terrain

Avant l'exécution du chantier, reste à comparer le seuil ProFor© calculé à l'humidité volumique mesurée sur le terrain à l'aide d'une sonde. Les mesures correspondent à une humidité de surface pour un sol débarrassé de sa litière. Lorsqu'il y a déjà eu une circulation d'engin visible, la mesure s'effectue au niveau du passage de roue. En cas d'ornièrre, la mesure est effectuée en bordure de celle-ci.

Nous avons employé une sonde de type Thetaprobe (photo), outil assez cher (1360 € en 2006 pour un modèle précis acheté en peu d'exemplaires) mais facile à utiliser : on enfonce les électrodes dans le sol et l'appareil affiche directement l'humidité volumique HV en %. Nous avons cependant noté une certaine fragilité : la connexion électrode/boîtier est peu robuste et les électrodes peuvent se tordre si l'opérateur force pour les faire entrer (racine, cailloux, mais aussi limon tassé et peu humide). Il est alors nécessaire de faire des pré-trous avec un outil spécifique. Les concepteurs de ProFor© utilisent un autre modèle

de sonde, avec satisfaction depuis plusieurs années, la TRIME-EZ (2 électrodes de 16 cm de long, pour un prix HT non négocié de 1930 € en 2008). L'intérêt de cette sonde est de pouvoir mesurer l'humidité d'une profondeur de sol plus importante. Nous avons toutefois des doutes sur la durée de vie de telles électrodes utilisées en milieu forestier.

La variabilité de la teneur en eau dans l'espace

Pour que le diagnostic de praticabilité soit pertinent, il faut que les HV mesurées rendent compte d'une réalité qui peut varier très vite dans l'espace. Pour nos tests, les mesures ont donc été répétées tous les 2 m, le long du chemin de vidange (voir exemple du chantier Der, figure 2). Pour un chantier et à une date donnée, la moyenne de HV était connue avec un coefficient de variation de 10 à 40 % ce qui n'est pas vraiment surprenant pour une mesure en milieu naturel. C'est cette moyenne de HV — mesurée avant le passage de l'engin — que nous avons comparée au seuil d'humidité volumique calculé par ProFor©.

Les cloisonnements « s'usent » dès que l'on s'en sert

Sur le chantier SOM, avant le passage du débusqueur, on observe un écart significatif entre la HV dans les cloisonnements (27 %) et la HV hors cloisonnements (19 %). Cela s'explique facilement : le passage préalable d'un tracteur équipé d'un gyrobroyeur pour ouvrir les cloisonnements a suffi pour réduire la porosité occupée par de l'air, et la densité apparente a augmenté. Le sol s'est réorganisé pour pouvoir rendre une force égale et opposée aux contraintes exercées par le tracteur 9 mois auparavant.

Sur ce type de sol, et en général pour les sols à forte teneur en limon, cette porosité peut difficilement revenir : elle est due à l'activité biologique qui a besoin d'aération pour fonctionner. D'une coupe à l'autre, les teneurs en eau des cloisonnements seront toujours plus élevées que celles du sol non circulé. On comprend bien là qu'il faut minimiser la surface circulée et limiter la dégradation des cloisonnements. Nous avons par ailleurs la confirmation de la nécessité de comparer le seuil ProFor© calculé à la HV mesurée sous le passage des roues pour un diagnostic pertinent de praticabilité.

Les variations de teneur en eau suite aux passages des machines

Comme la HV est mesurée sous le passage des roues, nous nous sommes demandé s'il était nécessaire de la mesurer entre chaque passage d'engin. Prenons comme exemple le chantier DER qui a duré trois jours, sans pluie. Abatteuse, débusqueur et porteur se sont succédés à un rythme rapide (cf. tableau 1). Ces conditions nous permettent d'isoler l'effet du passage de chaque engin sur la teneur en eau mesurée (figure 3).

Il n'y avait pas eu de pluie en avril ni début mai. Dans la quinzaine précédant le chantier, il a plu 32 mm. Avec une HV mesurée moyenne in-

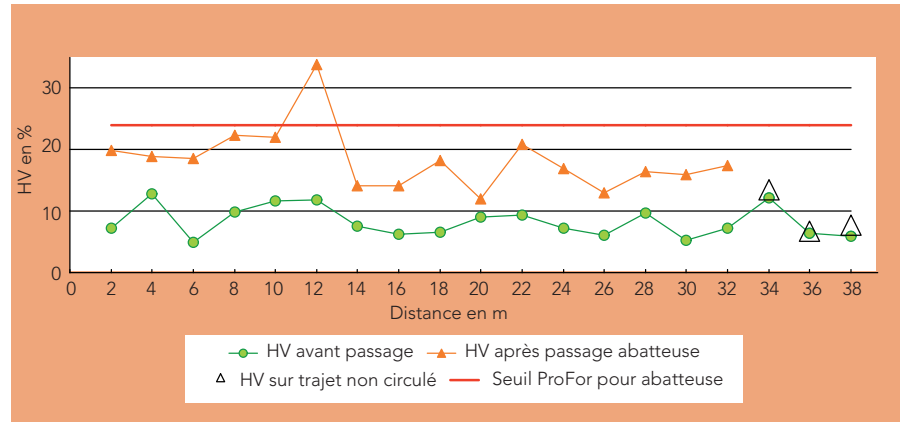


Fig. 2 : les HV sur un profil de cloisonnement avant et après l'intervention de l'abatteuse sur le chantier DER

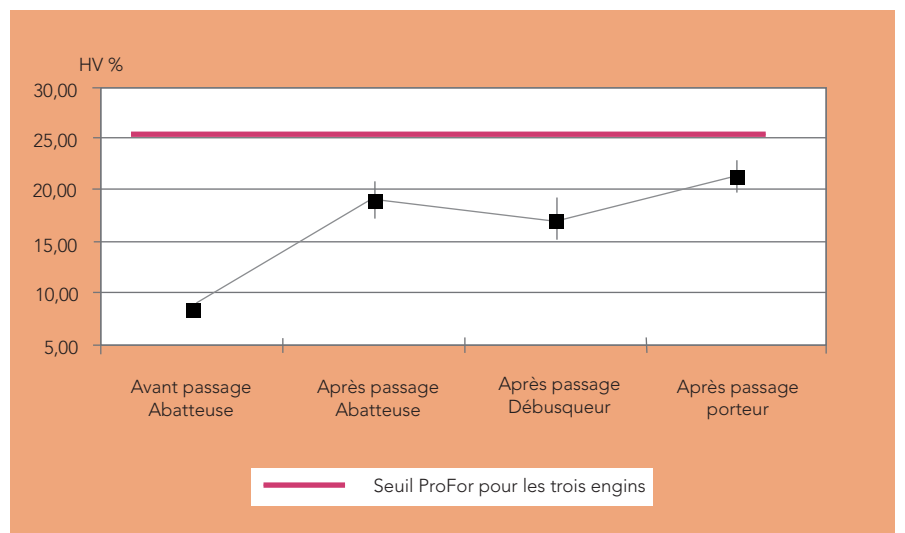


Fig. 3 : évolution de l'humidité volumique sur le chantier DER (moyenne et intervalle de confiance)

férieure à 9 %, l'horizon de surface est relativement sec à l'ouverture du chantier : le couvert des douglas a dû intercepter une partie des précipitations, et les arbres utiliser l'autre partie. Après le passage de l'abatteuse, les HV sont mesurées à nouveau et on constate qu'elles ont augmenté (figure 2). Le sol bien que sec s'est déformé (voir plus loin le relevé des impacts au sol). L'augmentation de la HV traduit cette modification. Le lendemain, le débusqueur arrive sur un sol dont la résistance à la contrainte a augmenté (il s'est déjà déformé pour résister à une pression voisine de 4 kg/cm²). Le sol, mis en lumière depuis 24 heures, a un peu séché. Le débusqueur, qui exerce une pression au sol inférieure à celle de l'abatteuse,

ne déforme pas plus le sol (figure 3). Enfin le — lourd — porteur intervient et exerce une pression très supérieure de 5,4 kg/cm². Le tassement du sol s'aggrave. Avant son arrivée, les HV sous le passage de roue étaient quasiment toutes sous le seuil ProFor©. Après son passage, la HV moyenne se rapproche du seuil de 24 %.

Bien que les pressions exercées au sol soient élevées, il reste d'après ProFor© suffisamment de porosité dans le sol des cloisonnements, puisque les engins ont circulé dans de bonnes conditions de HV. Les cloisonnements restent disponibles pour une circulation future. Ces exemples montrent qu'il est nécessaire de faire une mesure de la HV entre deux passages d'engins

sauf si les conditions suivantes sont réunies : le sol a déjà été circulé, l'engin exerçant la plus forte pression passe en premier et un intervalle sans forte précipitation sépare le passage des engins.

Le pronostic ProFor® s'avère pertinent

Pour confirmer la validité du pronostic ProFor® nous avons relevé les perturbations du sol après le passage de chaque engin, au niveau de chaque prise de mesure de la HV en les classant en quatre niveaux de perturbation :

Classe 0 : aucune perturbation visible en surface ;

Classe 1 : litière déplacée, mélangée avec humus ou ornière de moins de 5 cm ;

Classe 2 : ornière de plus de 5 cm sans création de boue ;

Classe 3 : création de boue quelle que soit la profondeur de l'ornière.

En particulier, on ne doit pas avoir à détecter de passage généralisé à l'état de boue tant que l'engin circule sur un sol présentant une HV inférieure ou égale au seuil calculé.

Les impacts relevés sur les cloisonnements (tableau 4) sont conformes à la prévision de ProFor® pour le chantier DER et pour le chantier SOM. Les résultats du chantier de VOI n'ont pas pu être utilisés, le débarrasseur ayant ouvert, pour l'essentiel de sa circulation de nouveaux chemins de vidange...

Dans le chantier DER, le relevé des impacts a été fait après le passage de chaque engin. L'abatteuse a circulé sur un sol sec, bien au-delà du ressuyage, après avoir rangé les rémanents sur le cloisonnement. La HV mesurée était nettement inférieure au seuil ProFor®. L'impact significatif (classe 2) est enregistré à proximité de la souche d'un chablis récent (le sol est alors particulièrement meuble). Le débusqueur et le porteur ont ensuite circulé sur un sol dont la HV mesurée moyenne reste inférieure au seuil ProFor®, sans dégradation supplémentaire visible de l'état des cloisonnements circulés.

Dans le chantier SOM, le débusqueur est intervenu sur un sol présentant une HV moyenne un peu supérieure au seuil ProFor®, sans protection par des rémanents. On observe un nombre plus important de relevés (40 %) avec un sol enfoncé sur plus de 5 cm. Aucune déformation n'a toutefois atteint le niveau d'alerte habituel des agents responsables des coupes en terme d'orniérage (ce niveau correspond à des ornières étendues de plus de 20 à 30 cm de profondeur).

Une traduction possible du seuil ProFor® dans les impacts visibles au sol

On perçoit bien au travers de cet essai que circuler avec une HV en deçà du seuil ProFor® garantit un tassement raisonnable qui laisse la

possibilité de continuer à circuler sur les chemins de vidange. Et comme, pour les textures sensibles, le seuil ProFor® est proche du seuil de fluidité (ou seuil de création de boue), on a tout intérêt à ne pas le franchir !

Mais les modalités de mise en œuvre du diagnostic de praticabilité restent à définir, avec comme on l'a vu des exigences assez lourdes ; pour l'immediat, il nous semble donc efficient et pratique de traduire le seuil ProFor® en niveau visuel d'impact au sol à ne pas dépasser. Après cet essai sur des sols sensibles, nous pouvons proposer deux repères visuels simples, qui doivent déclencher l'alerte :

- sur un sol « vierge » de circulation (ex. chantier DER), ce niveau correspond à un enfoncement du sol de la profondeur du cran de la roue (ou de la tuile pour un engin chenillé) en gardant comme référence le niveau du sol non circulé ;

- pour le sol déjà circulé des chemins de vidange (ex. chantier SOM), ce niveau correspond à la création de nouvelle ornière étendue de profondeur supérieure à 10 cm.

Ces repères sont bien en amont de ce que l'on qualifie habituellement de dégâts, tout au moins en Haute-Marne. Il s'agit bien entendu de les utiliser avec discernement et pédagogie. En se retournant de temps en temps, à l'avancement, le conducteur d'engin doit pouvoir remarquer si les déformations commencent à dépasser le repère régulièrement ou

Chantier	Machine	HV moyenne avant passage	Situation	Seuil ProFor®	État des cloisonnements circulés
DER	Abatteuse	8	<<	24	Sol circulé pour la première fois. Pas de passage du sol à l'état de boue. La classe 2 est présente sur moins de 5 % du trajet. Ces impacts sont liés au premier passage d'engin. Les relevés suivants montrent très peu d'évolution.
	Débusqueur	17	<<	24	
	Porteur	16	<<	24	
SOM	Débusqueur	28	>>	21	Classe 0 quasi-exclusive avant démarrage du chantier. La classe 2 est présente après sur près de 40 % du trajet. L'aspect boue n'a pas pu être quantifié : l'observation du parterre de la coupe n'a pu se faire que 2 mois après le chantier.

Tab. 4 : état des cloisonnements circulés en liaison avec la situation HV mesurée – seuil de HV ProFor®

<< ou >> : HV moyenne significativement différente de la HV ProFor® au seuil de 0,00001

si le dépassement s'accroît, à l'abord d'une zone plus humide ou en descendant une pente, par exemple. Dans les deux cas, il est nécessaire d'arrêter la circulation de l'engin ou tout au moins de la limiter à la partie praticable. Reste à voir comment articuler la prise de décision entre le conducteur et son donneur d'ordre, de façon qu'elle soit réactive et opérationnelle...

Autres enseignements utiles pour l'organisation des chantiers

Choisir son chantier à un instant donné

Imaginons que le propriétaire du John Deere 440C ait eu à réaliser les chantiers DER et VOI. Ils sont semblables en altitude et topographie et assez proches (9 km) pour être soumis à la même météo. Les conditions météo passées laissent supposer des sols suffisamment ressuyés. Comment en être sûr sans déplacer inutilement le matériel et risquer dégâts et casse dans cette zone réputée « non portante » ? Par quel chantier commencer, du point de vue de la gestion durable des sols ? Le diagnostic ProFor© donne la réponse (tableau 5) : dans l'hypothèse présente, seul le chantier DER aurait été praticable au moment de la mesure.

Analyser la parcelle pour un diagnostic pertinent

Sur les trois chantiers étudiés, le paramètre sol est relativement homogène. Ce n'est pas forcément le cas partout ! Une parcelle voisine du chantier SOM nous a donné l'occasion de tester le cas d'un diagnostic de praticabilité pour le même engin (John Deere 440C) en situation plus contrastée : nous y avons observé un changement important de texture, le long d'un chemin de vidange de 400 m ouvert dans le sens de la pente (figure 4). Les seuils ProFor© correspondants sont très différents : 21 % pour la partie supérieure, 50 % pour la partie inférieure. Concrètement, ces rensei-

Sols	Seuil ProFor©	HV moyenne mesurée fin mai
À plat, limon (chantier DER)	30 %	8 % => Diagnostic OK
À plat, limon sableux (chantier VOI)	21 %	37 % => Attendre

Tab. 5 : choisir son chantier à l'instant t ; exemple fictif à partir de données réelles

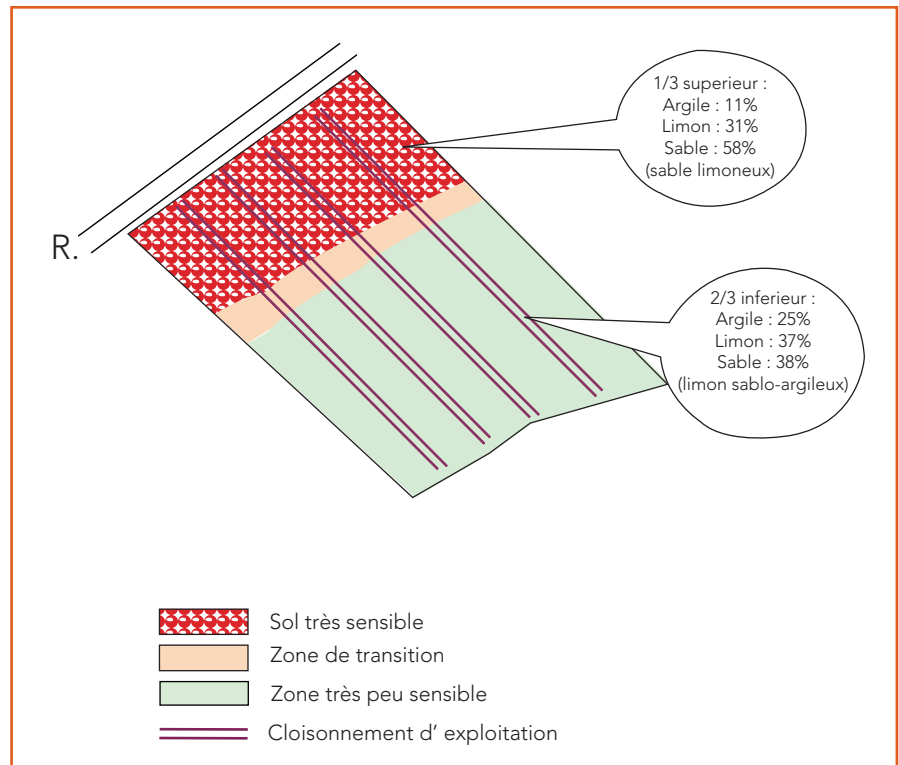


Fig. 4 : exemple réel de changement de texture et de sensibilité d'après ProFor©

Partie sable limoneux	Partie limon argilo-sableux	Décision
HV > 21 %	Inutile d'aller la mesurer !	Report du débardage
HV < 21 %	HV < 50 %	Débardage à réaliser DES QUE POSSIBLE (21 % est atteint avec une faible quantité de précipitation !)
HV < 21 %	HV > 50 %	Choix possible d'attendre ou de limiter le débardage au 1/3 supérieur de la coupe en attendant que le bas soit suffisamment sec.

Tab. 6 : décisions alliant organisation de l'exploitation et gestion durable des sols des cloisonnements, pour l'exemple de la figure 4 (diagnostic pour le John Deere 440C)

gnements sont précieux pour organiser un chantier « sol durable » et savoir où mesurer la HV. Dans le cas présent, les bois sont ramenés vers le haut en bordure de route forestière (RF). C'est donc par là que doivent commencer les mesures de HV : en cas d'incompatibilité avec le seuil ProFor®, inutile d'insister, le chantier doit être différé. Dans le cas contraire, la chaîne des décisions à prendre est résumée tableau 5. Comme nous le voyons, le diagnostic ProFor® s'inscrit dans une bonne analyse de chaque situation, ce qui demande un peu d'anticipation et de réflexion.

Ne pas surestimer l'outil

Le diagnostic ProFor® est un bon outil d'aide à la décision, à condition que toute l'organisation des chantiers tende à limiter la surface circulée et à contenir les impacts au sol circulé. Cela commence par l'installation d'un réseau de chemins de vidange cohérent : sur le chantier VOI, un réseau de

vidange non organisé a conduit le débardeur à doubler le linéaire, pour une surface parcourue — et tassée — bien au-delà des 20 % de la surface totale. Il faut aussi veiller à la coordination dans le temps des intervenants : sur le chantier SOM, la présence de houppiers non démembrés sur les cloisonnements d'exploitation a conduit le débardeur à quitter plusieurs fois le cloisonnement pour débarquer via la ligne de parcelle. Ici encore, la surface parcourue va au-delà de la surface des chemins de vidanges. Une concertation entre bûcherons et débardeur aurait sans doute permis une organisation du chantier plus efficace, tout en respectant la consigne de circulation sur les chemins de vidange.

Conclusions et perspectives

Cet essai a été l'occasion de se familiariser avec ProFor®, de comprendre la logique « mécanique » de la relation sol-engin, et de commencer à

imaginer l'organisation qui serait nécessaire pour utiliser l'outil en routine dans la gestion des coupes.

Les tests ont confirmé l'intérêt de ProFor® : circuler dans les conditions de HV prescrites permet bien de raisonner le tassement, pour une gestion durable des chemins de vidange. Par ailleurs, le nouveau règlement national d'exploitation dispose que l'intervenant doit organiser son chantier de façon à limiter l'impact de son activité sur les sols (*in* Ventes de bois des forêts publiques – textes essentiels. ONF 2008, paragraphe 1.1.2 et 3.2.2). Dans cet esprit, l'expérience pratique acquise permet d'esquisser un « protocole ProFor® » pour les mesures d'humidité volumique et le diagnostic de praticabilité (voir encadré), qui vient nécessairement après :

1. l'implantation raisonnée d'un réseau de vidange,
2. la connaissance des caractéristiques des zones de sols relativement homogènes,

Esquisse d'un « protocole ProFor® » pour la mesure HV et le diagnostic de praticabilité sur les sols non tourbeux d'une profondeur >> 20 cm et à charge en cailloux < 50 %

Matériel :

- Sonde Thétaprobe
- Plan du chantier incluant le trajet vers la place de dépôt, établi par l'agent responsable de la coupe et indiquant :
 - les zones homogènes du point de vue de la texture des horizons minéraux dans les 20 premiers cm, de la pente, de l'hydromorphie et de la charge en cailloux
 - le réseau de vidange
 - la texture (% argile, limons et sables, hydromorphie, charge en cailloux, pente moyenne)
- Un seuil calculé par ProFor®, par zone et par engin (établi par l'intervenant)

Mode opératoire :

Commencer en suivant le trajet logique de l'engin, depuis la place de dépôt.
Si le sol est complètement sec, aller directement à la zone suivante.

Pour la première zone présentant un sol souple sous les doigts :

- Prévoir une dizaine d'arrêts par zone homogène, bien répartis le long du réseau de vidange, (distants au minimum de 50 m).

À chaque arrêt, sur le passage de roue s'il est identifiable, mais pas au fond d'une ornière* :

- enlever l'humus et les rémanents éventuels
- mesurer la HV en enfonçant la sonde sur la totalité de la longueur des électrodes. En cas de résistance (cailloux, racines), ne pas insister, déplacer la sonde et recommencer.
- répéter 2 fois la mesure et retenir la moyenne.

Si les trois premiers arrêts sont au-dessus du seuil ProFor®, inutile d'insister pour cette zone, elle est réputée non praticable pour le moment. Passer éventuellement à la zone suivante.

Sinon, continuer et comparer la moyenne de la dizaine d'arrêts d'une zone au seuil ProFor® pour décider de sa « praticabilité ».

* en cas d'ornières déjà constituées et gênant la circulation, réfléchir à la restauration de la praticabilité du tronçon sans avoir à ouvrir un nouveau chemin à côté (lit de rémanents épais, par exemple)

3. le choix d'une organisation de chantier adaptée (machines, concertation entre les intervenants assurant abattage, façonnage, débuscage, débardage et transport).

Si les deux premiers points relèvent *a priori* de la responsabilité du gestionnaire, le troisième nécessite de se concerter entre gestionnaire et intervenant (c'est à cela que sert une rencontre préalable).

Dans cette proposition, c'est l'intervenant qui réaliserait la mesure de HV, disposerait de ProFor© et prendrait sa décision sur la base des caractéristiques du chantier fournies par l'agent patrimonial. Autant dire qu'on est encore loin d'être prêt pour un éventuel « déploiement » de ProFor©. Si les moyens techniques existent dès maintenant pour envisager et confirmer la faisabilité d'un diagnostic de praticabilité, il « reste » à :

- faire partager à la filière l'intérêt du diagnostic ;
- tester le protocole ;
- s'organiser et déployer les moyens pour disposer d'une cartographie orientée ProFor© des zones de sols homogènes ;
- s'organiser avec la profession des entrepreneurs de travaux forestiers (formation à l'outil et maintien de la base de données de ProFor©) ;
- inclure le partage du diagnostic de praticabilité dans le suivi des coupes.

Pour autant, nous ne sommes pas démunis face à l'urgence de respecter le parterre de nos coupes. Cette action passe par la nécessaire présence, la cohérence et la volonté d'agir de toutes les personnes impliquées dans la mobilisation et la commercialisation des bois. La mise en œuvre du règlement national d'exploitation forestière y contribue, ainsi que la diffusion prochaine du guide pratique « Pour une exploitation forestière respectueuse des sols et de la forêt » à l'ensemble des acteurs concernés (gestionnaires forestiers, et ETF). Ce guide rappelle et/ou précise les règles élémentaires pour :

- déterminer la sensibilité des sols au tassement et à l'érosion en 4 grandes classes, moins « fines » que celles de ProFor© et plus simples à appréhender ;
- prévoir à l'avance le système d'exploitation le mieux adapté au contexte ;
- raisonner l'implantation du réseau de vidange lorsque les systèmes d'exploitations « classiques » sont possibles ;
- adopter les précautions utiles pour maintenir le réseau de vidange praticable.

En Haute-Marne, nous avons engagé un diagnostic pour déterminer si d'autres systèmes d'exploitation, qui prennent mieux en compte le sol, sont adaptés à nos contextes de feuillus de plateau tout en restant économiquement viables. Et nous allons également tester la validité des seuils visuels (traduction du seuil ProFor© dans les impacts au sol) pour décider de suspendre un chantier, lors de la campagne de bois façonnés 2009-2011.

Vincent BENARD

Animateur Sylvicole ONF Haute-Marne
vincent.benard@onf.fr

Remerciements

Merci à Yves Lefèvre pour sa relecture aiguisée et à Michel Bartoli, pour son soutien et son expérience partagée.

Bibliographie

LAMANDÉ M, RANGER J., LEFÈVRE Y, 2005. Effets de l'exploitation forestière sur la qualité des sols. Les dossiers forestiers, n° 15. ONF. 132p.

LEGOFF et LEVY, 1984. Productivité du frêne (*Fraxinus excelsior* L.) en région Nord-Picardie. B. Étude des relations entre la productivité et les conditions de milieu. Annales des Sciences Forestières, 41, pp. 135-170

MATTHIES D., ZIESAK M., KREMER J., 2006. Le logiciel ProFor©, un outil de prévention pour juger de la praticabilité des sols lors de l'exploitation forestière. Rendez-vous Techniques de l'ONF, n° 14, pp. 3-8

ONF, 2005. Dossier « Tassements du sol dus à l'exploitation forestière » Rendez-vous technique de l'ONF, n° 8 pp 23-51

ONF, 2008. Règlement national d'exploitation forestière (Disponible sur internet : <http://www.onf.fr/old/filierebois/files/08/RNEF.pdf>)

ONF, 2008. Dossier « Exploitation respectueuse des sols ». Rendez-vous technique de l'ONF n° 19, pp 23-54

PISCHEDDA D., coord., 2009. Pour une exploitation forestière respectueuse des sols et de la forêt. « PROSOL ». Guide pratique. Édition ONF, 110 p.

PONCIN F., 2007. Outil de prévision des impacts au sol liés à la mécanisation forestière. Mémoire de licence. Université de Reims et Lycée forestier de Croigny. 27 p. + annexes

RAMEAU J.-C., 1987. Catalogue des stations forestières de la Haute-Marne, Der et Perthois. Université de Franche-Comté, 321 p.

ROUYER E., 2007, Évaluation de la sensibilité des sols au tassement lors des exploitations en forêt dite humide : cas particulier du massif de la Reine (54). Rapport de stage de BTS. 36 p. + annexes

ZIESAK M, 2004. Entwicklung eines Informations systems zum bodenschonenden Forstmaschineinsatz (Développement d'un système informatique pour la préservation des sols lors de l'introduction de machines d'exploitation forestière). Dissertation des TU München, 144 p.

Prise en compte du patrimoine archéologique en direction territoriale Alsace

Pour les forestiers alsaciens, la conservation du patrimoine archéologique n'est déjà plus un problème de sensibilisation, mais de modalités techniques et réglementaires. Poursuivant sa collaboration avec les instances archéologiques régionales, la direction territoriale s'organise pour bâtir des consignes simples et des outils pratiques d'information à l'intention des agents.

La prise en compte du patrimoine archéologique dans les forêts alsaciennes a pris forme dès le milieu des années 90. Sur une initiative de l'ONF, qui souhaitait que les aménagements révisés comportent un peu plus d'informations sur ce patrimoine et sur la manière de le prendre en compte, des contacts ont été pris avec la direction régionale des affaires culturelles – service régional de l'archéologie (DRAC-SRA). Les relations entre archéologues et forestiers ont continué à se développer tout au long de ces années, mais petit à petit de nouvelles interrogations sont arrivées, notamment à propos du respect des vestiges archéologiques sur le terrain lors des travaux et des exploitations. Récemment enfin, un autre problème a été soulevé concernant l'application de la réglementation sur l'archéologie préventive en milieu forestier.

Cet article se propose de présenter tout d'abord l'historique de la collaboration et des relations entre l'ONF et les archéologues en Alsace, puis de présenter les différentes interrogations et problèmes soulevés avant de voir comment ils ont été abordés sur le site exemplaire de Haguenau et les solutions qui sont envisagées au niveau régional.

Forestiers et archéologues alsaciens, une collaboration déjà ancienne

Dans les années 1995-1996, un ingénieur en poste au service d'appui technique (SAT, actuellement direction Forêts) de la direction régionale de l'ONF en Alsace souhaita que les aménagements soient un peu plus « fouillés » concernant les richesses culturelles (chapitre 2.8) et les actions pour leur mise en valeur et leur protection (chapitre 5.2.8). Ceci

aboutit à un premier contact entre l'ONF et la DRAC, suivi de l'élaboration en commun d'un « canevas » destiné à guider les aménagistes pour la rédaction des chapitres concernés. Ce document type, toujours utilisé et régulièrement mis à jour, propose de lister tout d'abord les richesses que l'on peut retrouver en forêt et précise ensuite pour chaque type de site (mine, château, calvaire, chapelle, borne historique armoriée, vestiges de guerre, chemin creux, etc.) les précautions de gestion qui s'imposent. Quelques

L'organisation de l'archéologie en Alsace

Le **service régional de l'archéologie (SRA)** : il assure les missions de l'État. Il est rattaché à la direction régionale des affaires culturelles qui est elle-même un service déconcentré du ministère de la culture au niveau de la région. Le SRA recense, étudie, met en valeur et protège le patrimoine archéologique régional. Il veille à l'application de la réglementation sur les fouilles et découvertes archéologiques. Il gère, décide et contrôle les fouilles préventives ou programmées. Il dresse et met à jour également la Carte archéologique nationale et gère de manière générale la documentation archéologique.

Le **pôle d'archéologie interdépartemental rhénan (PAIR)** : en 2007, les conseils généraux du Bas-Rhin et du Haut-Rhin ont associé leurs ressources en créant le PAIR. Cet établissement remplit différentes missions, notamment assurer l'inventaire du patrimoine, mener des opérations archéologiques, assurer un soutien aux collectivités locales, favoriser la recherche et la formation, traiter et conserver les vestiges récupérés lors des fouilles.

Les **associations** : l'Alsace est particulièrement riche en associations et sociétés d'histoire et d'archéologie dont le rôle lors de la construction de la Carte archéologique fut primordial. Nombre d'agents patrimoniaux entretiennent des relations cordiales et suivies avec elles.

conseils très généraux pour leur mise en valeur éventuelle viennent ensuite. Lors de l'élaboration de l'aménagement, ces propositions de rédaction sont bien sûr adaptées au cas par cas.

Parallèlement à cela, l'ONF a développé dès cette époque des relations avec d'autres archéologues : service archéologique du conseil général du Haut-Rhin, associations, puis à partir de 2007 avec le pôle d'archéologie interdépartemental rhénan (PAIR) créé par les conseils généraux du Haut et du Bas-Rhin. Ces relations ont notamment abouti à partir de 1994 à la mise en place de formations destinées à sensibiliser les forestiers au patrimoine archéologique et à sa prise en compte dans la gestion forestière. Une nouvelle formation, plus complète et encadrée par la DRAC et le PAIR, est prévue à l'automne 2009 pour les personnels de l'agence Nord-Alsace, sur le site de la Weissensee en forêt de Haguenau (cf. encadré). Cette formation est destinée également à du personnel extérieur à l'Office, à savoir des associations d'archéologie et des exploitants (débardeurs, bûcherons). Elle permettra la rencontre de différents acteurs afin de faciliter un contact direct, de montrer les actions menées dans cette forêt et d'impliquer tous les interlocuteurs dans la prise en compte du patrimoine archéologique.

Au fil des ans, les archéologues ont ainsi découvert les services forestiers. Ils ont apprécié l'aide que ces derniers leur ont apportée en signalant un certain nombre de sites inconnus et situés en forêt publique, contribuant ainsi à l'enrichissement de la Carte archéologique nationale.

Des questions récentes

Si depuis près de quinze ans les contacts noués avec le monde de l'archéologie ont permis la sensi-

Formations de sensibilisation des forestiers

Le service départemental d'archéologie du Haut-Rhin (SDAHR) s'est intégré au PAIR lors de sa création en 2007. Le PAIR a donc naturellement poursuivi les formations de sensibilisation des forestiers que le SDAHR avait développées avec le SRA et l'ONF dans les années 1990. Une journée est consacrée chaque année à une forêt choisie par l'ONF et les archéologues selon la présence de vestiges archéologiques. La formation est généralement dispensée en deux parties : une matinée théorique et une après-midi pratique. Ce schéma n'est cependant pas figé : selon les années, une sortie sur le terrain peut être privilégiée (au Wasserwald en 2008) ou un thème spécifique particulièrement développé (le LIDAR en 2007 à Haguenau).

La partie théorique consiste en une présentation illustrée qui permet une première approche de l'archéologie. Après un rappel de la réglementation en vigueur, les archéologues commentent une frise chronologique des découvertes significatives de la région. À cette occasion, les sites susceptibles d'être rencontrés en forêt (tertres, enceintes protohistoriques, ruines médiévales, etc.) font l'objet d'explications approfondies. Des vestiges mobiliers peuvent également être présentés (tuiles romaines, céramiques, silex, etc.). La partie pratique consiste en une sortie en forêt, à la rencontre de sites sensibles. Ceux-ci sont présentés au sein de leur environnement écologique par les archéologues qui donnent des indications concrètes pour leur prise en compte dans la gestion forestière. L'instauration d'un dialogue entre archéologues et forestiers permet de résoudre les problèmes techniques liés à l'exploitation. Il ne s'agit donc plus ici d'un discours magistral mais d'un véritable échange permettant de trouver les meilleures solutions pour protéger le patrimoine archéologique en milieu forestier.

Franck Abert (PAIR)
Georges Triantafillidis (SRA)



M. Wolff, ONF

Discussion autour des problématiques liées à la conservation des vestiges gallo-romains restaurés du Wasserwald (forêt domaniale de Saverne)

bilisation des forestiers et l'intégration du patrimoine dans les aménagements, de nouvelles interrogations sont apparues concernant les modalités de prise en compte de l'archéologie dans les travaux réalisés à proximité ou sur des sites archéologiques.

Tout d'abord, de nombreux gestionnaires se sont sentis démunis face à cette problématique, nouvelle pour eux, parfois traitée en quelques lignes seulement dans les aménagements forestiers anciens : comment travailler quand il existe un site archéologique sur ou près d'un chantier forestier ? Comment sont informés les divers intervenants sur les chantiers forestiers quand il s'agit de protéger le patrimoine ? Quelles consignes doit-on donner aux entreprises pour la protection des vestiges en forêt de production ? Pourquoi ces questions se posent-elles maintenant avec tant d'acuité pour un patrimoine présent depuis des millénaires ? L'Alsace n'est d'ailleurs pas la seule à s'interroger sur ce problème : d'autres directions territoriales (DT Ile-de-France — Nord-Ouest) ainsi que la direction technique le font depuis quelques années (ONF 2006 ; Gouttevin et al. 2008).

Plus récemment, d'autres questions se sont posées en Alsace à propos de l'application de la réglementation sur l'archéologie préventive et plus particulièrement du décret 2004-490 du 3 juin 2004, modifié par le décret 2007-18 du 5 janvier 2007.

Archéologie préventive : réglementation et zonages

Selon cette réglementation, certains travaux doivent faire l'objet d'une **déclaration préalable** au-

près du préfet de région lorsqu'ils ne sont pas soumis à permis de construire ou d'aménager. Sont notamment concernés :

- les travaux d'affouillement, de nivellement ou d'exhaussement de sol liés à des opérations d'aménagement d'une superficie supérieure à 10 000 m² et affectant le sol sur une profondeur de plus de 0,50 m ;
- les travaux de préparation du sol ou de plantation d'arbres ou de vignes, affectant le sol sur une profondeur de plus de 0,50 m et sur une surface de plus de 10 000 m² ;
- les travaux d'arrachage ou de destruction de souches ou de vignes sur une surface de plus de 10 000 m² ;
- les travaux de création de retenues d'eau ou de canaux d'irrigation d'une profondeur supérieure à 0,50 m et portant sur une surface de plus de 10 000 m².

De plus, lorsque ces mêmes travaux sont réalisés dans les zones où existe une présomption de prescriptions archéologiques établie par un zonage spécifique (dit zonage archéologique)¹, **le préfet de région peut, par arrêté préfectoral, réduire les seuils de déclaration préalable**, en superficie et profondeur.

Dans un délai d'un mois à réception du dossier, l'État peut, par notification, prescrire un diagnostic archéologique. Ce diagnostic vise à caractériser les éléments du patrimoine archéologique éventuellement présents sur le site et fait l'objet d'un rapport. En fonction des résultats du diagnostic, et dans les trois mois suivant la réception du rapport, l'État peut ensuite prescrire des fouilles archéologiques. Si le financement des diagnostics est fondé sur la redevance d'archéologie préventive pour laquelle les travaux fo-

restiers sont exonérés, le financement des fouilles est en revanche à la charge de l'aménageur (c'est-à-dire, en forêt publique, l'ONF ou la collectivité propriétaire)².

Les zonages archéologiques en Alsace

En Alsace, les zonages archéologiques ont été établis actuellement sur 35 communes et concernent une quarantaine de forêts publiques, pour des sites dont la surface va de 1,15 à 4 762 ha ; environ 65 autres communes pourraient s'y ajouter à l'avenir. Différents types de zone ont été définis, assortis de seuils variables :

- zone de type A, sans seuils : la déclaration préalable doit être faite pour tous les types de travaux affectant le sol, sans considération de seuils de surface (on trouve par exemple de tels zonages en forêt domaniale de Niederbronn)
- zone de type B, seuil de 300 m² : la déclaration préalable doit être faite dès que la surface travaillée dépasse 300 m² (exemple : forêt communale de Seltz)
- zone de type C, seuil de 500 m² (exemple : zone tumulaire de la forêt indivise de Haguenau)
- limite communale : dans toutes les communes bénéficiant de zonages A, B ou C, tous les travaux d'une emprise supérieure à 2 000 m² sont soumis à déclaration (par exemple sur toute la commune de Saverne.)

D'autres zonages peuvent les compléter, notamment s'il y a présence de sites classés (zone de type 10) ou de monuments historiques (zones de type 5, 8 et 11). Pour ces derniers, l'avis de l'architecte des Bâtiments de France est requis pour tous les travaux qui modifient l'environnement du monument dans un périmètre de 500 mètres alentour. C'est le cas pour le site du Mur Païen du Mont Sainte

¹ Le préfet peut définir des zones de la Carte archéologique nationale dans lesquelles les projets d'aménagement affectant les sous-sols sont présumés faire l'objet de prescriptions archéologiques avant leur réalisation.

² Pour plus de précisions sur ces aspects réglementaires, le personnel de l'ONF peut se référer au Guide juridique Le droit de l'urbanisme et les forêts relevant du régime forestier réalisé par le Département juridique et disponible sur intraforêt :

http://intraforêt.onf.fr/dg/dj/sommaire/reglementation_relat-01/guide_juridique_sur_IF00000170fb

Odile, en forêt syndicale de Barr : ce site cumule des zonages de type C, de type 10 au titre des Sites classés [loi de 1930] et de type 8 au titre des monuments historiques.

Si on prend l'exemple de la forêt indivise de Haguenau (13 605 hectares), 5 937 hectares sont concernés par des zonages archéologiques de type C pour lesquels tous les travaux d'une surface supérieure à 500 m² doivent faire l'objet d'une déclaration au préfet de région. Puisque la commune bénéficie de zonages archéologiques, tous les chantiers d'une surface supérieure à 2 000 m², réalisés hors zonages, sur l'ensemble de la commune, sont soumis à cette procédure, (c'est-à-dire pour ce qui nous concerne, sur les 7 700 ha restants de la forêt publique).

En dehors de ces zonages, qui sont l'objet d'arrêtés préfectoraux, la DRAC communique des « porter à connaissance » dans le cadre du plan local d'urbanisme des communes. Des périmètres de sensibilité archéologique sont donnés à titre informatif, pour lesquels la DRAC souhaiterait être consultée en cas de travaux, afin d'éviter des interventions lorsque les chantiers sont en cours. L'attention des agents patrimoniaux est attirée sur les possibilités de découvertes en sous-sol. Cette procédure n'est pas obligatoire mais cependant recommandée.

Un exemple concret en forêt de Haguenau

Suite à ces nouveaux éléments et interrogations, une sortie de terrain a été organisée en octobre 2007, réunissant les archéologues de la DRAC, du PAIR et quelques forestiers de l'unité territoriale de Haguenau et de la direction Forêts.

Cette journée a été l'occasion pour la DRAC de présenter et d'expliquer dans un premier temps la législation sur l'archéologie préventive, aspect nouveau pour nombre de forestiers. La visite sur le terrain concernait la nécropole de la Weissensee, compo-

La nécropole de la Weissensee

La forêt de Haguenau abrite près de 600 tumulus répartis dans 23 nécropoles, constituant ainsi l'un des plus importants ensembles funéraires d'Europe occidentale. Les tumulus de la Weissensee font partie d'un ensemble de 63 tertres dont 53 ont été fouillés au 19^e siècle. Ils sont chronologiquement attribués entre l'Âge du Bronze moyen (environ 1500 av. J.-C.) et le début du deuxième Âge du Fer (environ 450 av. J.-C.). Ces tombes ont fourni un abondant matériel céramique (tasses, cruches) et métallique (épingles, bracelets, jambières, poignards) déposé au Musée de la Ville de Haguenau (Flotté et Fuchs 2001, pp. 321 à 339).

Une notice historique concernant le site a été rédigée par les archéologues de la DRAC et du PAIR. Elle est disponible sur demande (michel.wolff@onf.fr)

sée d'un ensemble de tertres datés de l'Âge du Bronze Moyen (1500 avant J.-C.) au second Âge du Fer (450 avant J.-C.) qu'il a fallu retrouver puisque le site est dans une zone fortement touchée par la tempête Lothar. Une étude LIDAR (voir Bock *et al.*, 2008 sur le procédé LIDAR) avait permis aux archéologues du PAIR d'identifier les bosses et levées de terre appartenant au site. Ces structures ayant été géoréférencées, un GPS Trimble a permis de les retrouver rapidement sur place.

Des consignes techniques discutées sur le terrain...

Pour chaque tumulus il a fallu discuter de mesures individuelles de protection tant les situations étaient différentes. Mais à chaque fois une solution a pu être proposée. Pour l'un des tertres (cf. photo), planté de chênes rouges, l'enlèvement des arbres sur son emprise a été suggéré pour éviter que les racines ne le déstructurent. Les forestiers ayant fait remarquer que la coupe des chênes rouges risquait d'en générer d'autres par rejets de souches, c'est dans la durée que s'inscrira l'action de protection en renouvelant la coupe au besoin et en favorisant la fermeture du couvert par les arbres périphériques, tout en veillant à ne maintenir que des sujets dont les racines ne bouleversent pas la base du tertre.

Un autre tumulus, dans une zone fortement touchée par la tempête, avait

sa base labourée par le passage d'engins forestiers, ce qui a facilité l'installation de jeunes pins sylvestres alors que son sommet avait été bien protégé par la fougère aigle. Il a été proposé de retirer les pins et d'interdire tout passage d'engin aux abords immédiats (10 mètres semblant une distance raisonnable susceptible d'assurer l'intégrité de la base du tumulus). Sur un troisième tertre, une végétation de bourdaine, de genêt et de fougère a bien protégé la structure. Il sera donc laissé en l'état et cette végétation, peu traumatisante pour le vestige du fait de son faible enracinement, en interdira aussi l'accès.

De toutes les contraintes qui ont pesé au fil du temps sur cet ensemble tumulaire, ce sont les passages d'engins qui ont été les plus dommageables, qu'il s'agisse des engins d'exploitation, des motos « vertes » ou actuellement des VTT. S'il est facile à présent d'imposer aux débardeurs des voies de sortie des bois, le problème posé par les VTT ou les motos vertes ne peut être résolu que par une surveillance accrue.

Comme nous l'avons vu plus haut, ce n'était pas le premier contact entre les archéologues et les forestiers d'Alsace. Cependant c'est la première fois que l'on s'attelle un travail commun d'une telle ampleur pour répondre aux questions des gestionnaires. Cette tournée a permis aux agents patrimoniaux d'exposer leurs techniques de travail et



M. Wolff, ONF

Forêt indivise de Haguenau : cette petite levée de terre difficilement perceptible est un tumulus de l'Âge du Bronze

aux archéologues de concevoir des consignes pratiques pour la protection des vestiges en tenant compte de la mécanisation des chantiers dans cette forêt de la plaine d'Alsace. Il reste désormais à mettre en application ces solutions pour l'ensemble des vestiges identifiés dans cette forêt et à assurer une surveillance efficace de ce site remarquable qui fit malheureusement aussi l'objet de fouilles clandestines.

... à traduire en fiche de recommandations aux forestiers alsaciens

Pour généraliser et développer ce travail à l'échelle de la région, il a été décidé d'établir une fiche technique de conseils aux gestionnaires. Élaborée en commun par la DRAC et le PAIR et soutenue par l'ONF, cette fiche est en cours de réalisation et sera bientôt disponible. Elle sera nécessairement assez générale avec cependant des principes aidant à l'analyse de chaque situation ; dans la plupart des cas, ce seront de simples me-

sures de bon sens qui seront imposées aux entreprises près des sites ou dans les zones de sensibilité archéologique. Il est essentiel de les signaler aux bûcherons et ouvriers sylviculteurs, aux débardeurs, aux entrepreneurs, aux responsables des cahiers des charges de la coupe ou de la vente de fonds de coupe, aux chasseurs (l'exemple d'agrainage ou de nourrissage sur des steinrudel, tas d'épierrement anciens en cours d'étude, est malheureusement avéré), surtout lorsque ces usagers méconnaissent l'histoire de la forêt. Et pour les cas les plus problématiques, les conducteurs de travaux de l'ONF n'hésiteront pas à prendre contact avec la DRAC, pour la définition de consignes de protection.

L'organisation de l'information archéologique en DT Alsace

Si le projet de fiche technique est en cours, la réflexion continue sur l'organisation interne des données archéologiques.

Les contacts anciens établis avec la DRAC ont permis d'obtenir dès 2002 le fichier SIG des sites archéologiques situés en forêts publiques ou à moins de 200 mètres de leurs périmètres. Cette couche est mise à jour chaque année (en Alsace, 1 807 sites étaient ainsi répertoriés en 2006). En 2007 les zonages et périmètres archéologiques ont également été fournis par la DRAC ; réciproquement l'ONF a transmis à la DRAC le parcellaire forestier ainsi que le schéma régional de desserte. Les données de la DRAC sont complétées lorsque les personnels de terrain repèrent en forêt des sites inconnus et une fiche de découverte leur est adressée.

Au niveau des agences, le service SIG fournit aux aménagistes et aux chefs de triage la carte de la localisation des sites archéologiques connus en forêt. L'aménagiste peut compléter ces données en utilisant le travail de recherches bibliographiques (particularités historiques et culturelles de la forêt) réalisé dans les archives de la DRAC par un technicien de la direction Forêts lorsque les enjeux culturels sont essentiels. Enfin, il sollicite l'avis de la DRAC pour les actes techniques tels que l'abattage ou la plantation d'arbres près des vestiges. La DRAC a toujours insisté sur la confidentialité des données par crainte des pillages. Les sites sont donc listés dans les aménagements au chapitre 2.8 (documents publics) mais sans localisation précise. En revanche ils sont intégrés dans le sommier des forêts. Pour ceux qui sont classés monuments historiques ou inscrits à l'inventaire supplémentaire des monuments historiques, le SIG des agences propose en général un plan sur lequel figure le périmètre de protection du monument. Cela permet à l'aménagiste et à l'agent patrimonial de déterminer les parcelles fores-

Sites archéologiques : résumé des démarches à suivre pour les travaux

- L'agent patrimonial doit s'informer de la présence de vestiges connus (ENVIBase ou Canopée) et de la présence de zonages archéologiques (pour l'instant par le SIG des agences mais bientôt sur Canopée),
- Si l'emprise du chantier est concernée par un zonage archéologique et si les profondeurs et surfaces travaillées l'exigent, il fera une déclaration préalable de travaux et montera un dossier composé d'un plan d'emprise (avec les références cadastrales) et du détail des travaux, dossier qu'il adressera au préfet de région.
- Dans un délai d'un mois après réception du dossier par le préfet de région, si l'État n'a pas prescrit de diagnostic archéologique, il pourra effectuer les travaux.
- Lors de la réalisation des travaux, il indiquera aux intervenants les précautions indispensables par l'intermédiaire de la fiche de chantier.

Cet encadré ne détaille pas les démarches concernant les sites ou les Monuments historiques. Ces dernières ne doivent cependant pas être oubliées.

un problème de sensibilisation. C'est aussi une question d'organisation, ne serait-ce que pour s'assurer du respect de la réglementation, et d'efficacité pour concilier production et conservation. S'il a fallu un peu de temps pour mettre les choses en place, la démarche est désormais bien enclenchée...

Michel WOLFF

Direction Forêts – DT Alsace
michel.wolff@onf.fr

Cécile DARDIGNAC

Direction Technique – Département
Recherche
cecile.dardignac@onf.fr

Dominique BONNET

Direction Forêts – DT Alsace
dominique.bonnet@onf.fr

tières touchées en totalité ou en partie par la loi sur la protection des monuments historiques. Le fichier SIG des monuments historiques d'Alsace a été acquis récemment auprès de la direction régionale de l'Équipement.

Le fichier des sites archéologiques, découpé pour chaque agence, a récemment été intégré dans le SIG de terrain « Canopée ». Les formations à la pratique de cet outil ont bien sûr insisté sur la confidentialité impérative de ces données. Chaque forestier peut désormais savoir ce qui se trouve dans son triage. L'intégration de la couche des zonages archéologiques devrait se faire prochainement. En attendant, les arrêtés préfectoraux instituant les zonages archéologiques, ont été envoyés à tous les aménagistes. Comme l'Office intervient aussi hors forêt publique, ces arrêtés seront transmis aux services entrepreneurs des travaux, charge à eux de diffuser l'information à tous leurs intervenants.

Pour les forestiers, les sites archéologiques sont également disponibles depuis 2006 dans l'outil ENVIBase³, exécutable qui fournit toutes les données environnementales ou réglementaires qui affectent chaque parcelle forestière gérée par l'Office en Alsace. Son interrogation permet de connaître instantanément la présence des sites sur une commune, dans une forêt ou dans une parcelle forestière. La prochaine version intégrera aussi les zones et périmètres de sensibilité archéologiques. Le fichier des monuments historiques devrait également faire partie des données régionales prochainement intégrées aux outils Canopée et ENVIBase, après autorisation du propriétaire des données.

En conclusion

Dans une région comme l'Alsace où le patrimoine archéologique est particulièrement abondant, sa conservation n'est pas seulement

Bibliographie

BOCK J., DUPOUEY J.L., DAMBRINE E., GEORGES-LEROY M., 2008. Les structures archéologiques et les peuplements de la forêt domaniale de Haye analysés par laser aéroporté, *Rendez-Vous Techniques*, 20, pp. 15-18

FLOTTE P., FUCHS M., 2001. Carte archéologique de la Gaule – Le Bas-Rhin, 735 p.

GOUTTEVIN I., BOUYER T., TURBAN M., 2008. Prise en compte du patrimoine culturel et archéologique à l'ONF. Rapport de travail de groupe d'élèves, ENGREF, promotion 2007-2009, 94 p.

ONF, 2006. Dossier Forêt et archéologie. *Rendez-Vous Techniques de l'ONF* n° 14,, pp. 17-50

³ Les indications techniques qui ont conduit à son élaboration sont disponibles auprès de Laurent GAUTIER (laurent.gautier@onf.fr)

L'accueil du public en forêt : une perspective européenne

Quelques résultats du COST E33

« Forest for recreation and nature tourism »

La structure intergouvernementale COST pilote en Europe des programmes de coopération scientifique et technique dans de nombreux domaines, dont celui de la forêt, ses produits et services. L'action COST E33 consacrée aux loisirs en forêt a donné aux pays participants l'occasion de confronter leur organisation et leurs pratiques et d'en dresser le bilan. Cet article composite en donne un aperçu, en se limitant à deux thèmes assez familiers qu'il traite à une échelle inhabituelle.

Dans toute l'Europe, la forêt est un espace privilégié pour les loisirs et le tourisme de nature. La fréquentation des espaces naturels et de la forêt en particulier contribue à la qualité de vie, au bien être physique et psychique des individus ; elle apporte un contre-poids indispensable à l'environnement et au mode de vie urbain de la grande majorité des Européens. Elle fait également partie des traditions ancrées dans la culture de certains pays. En France, malgré l'absence de chiffres officiels¹, les quelques résultats disponibles attestent de l'importance des enjeux économiques et sociaux de ces pratiques.

Si la sortie en forêt s'exerce désormais dans un contexte socio-démographique qui tend à s'homogénéiser au niveau européen, de très nettes différences subsistent dans la reconnaissance politique de la fonction sociale de la forêt pour l'accueil du public et la qualité de vie, et l'importance accordée à l'acquisition de données rigoureuses dans ce domaine.

Les deux contributions qui suivent sont issues des travaux du COST E33 (encadré), et plus particulièrement du deuxième groupe de travail (WG2),

COST E33 « Forest for recreation and nature tourism » La forêt pour le loisir et le tourisme de nature

Les réseaux COST constituent l'un des plus anciens outils de coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique (recherche et développement). Ils n'ont pas pour objectif de mener une recherche particulière mais de faciliter l'échange entre chercheurs et de faire un « état de l'art » des recherches et pratiques dans les domaines concernés. Le travail réalisé n'est pas exhaustif : il reflète les centres d'intérêt des pays, chercheurs et organismes associés à chaque programme. Il a néanmoins le mérite de donner un éclairage d'ensemble de la situation à un moment donné. C'est aussi un moyen de développer des partenariats européens, de faciliter l'émergence de nouvelles recherches et de mettre en perspective les pratiques des différents pays.

Dans le domaine forestier, l'action COST E 33 « Forest for recreation and Nature tourism » (2004-2008) traite de la fréquentation de loisirs en forêt et du tourisme de nature. Trois groupes de travail ont abordé respectivement :

- WG1 : les bénéfices économiques et sociaux du loisir et tourisme nature
- WG2 : les systèmes d'observation de l'« offre » et de la « demande »
- WG3 : l'aménagement et la gestion de l'accueil du public

consacré aux systèmes d'observation de l'*offre* et de la *demande* et dans lequel l'ONF était représenté par Anne-Marie Granet, du département recherche. La première s'intéresse aux législations et politiques européennes concernant l'accueil du public, cadre dans lequel la fréquentation des forêts est prise en compte par les questionnaires et s'exerce par la population. La seconde traite du recueil de données pour la connaissance de l'of-

fre et de la demande au niveau national dans les pays européens.

Préambule sémantique : là où les Anglo-Saxons utilisent la formule « Forest recreation », les Français parlent d'accueil du public en forêt. Cette expression est ambiguë car une fréquentation de la forêt existe en dehors de toute action spécifique destinée à accueillir le public ou de tout aménagement.

¹ Entre 500 millions de visites pour l'ONF (Enquête ONF-Université de Caen/LASMAS, « Forêt et société », 2004) et 1 010 millions pour l'IFN (Indicateurs de gestion durable, d'après LEF/ENGREF/INRA, 2002. Enquête sur la fréquentation des forêts françaises).

Législations et politiques européennes concernant l'accueil du public

Les législations constituent le cadre général dans lequel s'insèrent les politiques, la gestion et les pratiques. Dans le cadre de l'action COST E33, « Forest for recreation and nature tourism », les participants du WG2 se sont donc logiquement interrogés sur les réglementations et les politiques forestières nationales ou européennes concernant la fréquentation des forêts et l'accueil du public. Ces documents de cadrage peuvent aussi éclairer les choix relatifs aux pratiques nationales de recueil d'information.

La méthode : une analyse bibliographique

Une recherche bibliographique a été entreprise : la fréquentation et l'accueil du public en forêt sont-ils évoqués dans les principaux textes législatifs et de politique forestière au plan européen et national ? Et si oui, comment sont-ils traités ? La question du recueil de données est-elle évoquée ? Des textes non spécifiquement forestiers sont également pris en compte lorsqu'ils paraissent pertinents pour répondre aux questions posées. Au total, 18 pays ont contribué à cette analyse : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, la Croatie, Chypre, le Danemark, la Finlande, la France, la Grèce, l'Islande, l'Irlande, la Lettonie, la Lituanie, la Norvège, le Royaume Uni, la Slovaquie, la Suède et la Suisse. Ce travail ne se prétend pas exhaustif mais a été réalisé avec l'objectif d'une mise en perspective européenne.

L'accueil du public, une fonction sociale de la forêt reconnue au niveau européen

Dans les documents européens analysés², l'accueil du public en forêt apparaît comme une des fonctions importantes que remplit



A.M. Granet, ONF

1- Dans les pays scandinaves, l'enjeu majeur de la gestion forestière est la production de bois ; mais la fréquentation de la forêt fait partie de la culture et des traditions, et le droit coutumier assure une grande liberté d'accès.

la forêt et dont bénéficie la société. Mais seules les Conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe (MCPFE) sont allées au-delà de la déclaration de principe avec la définition des six « critères européens de gestion durable », qui servent de base aux indicateurs de gestion durable que les états produisent régulièrement. En France, trois éditions des indicateurs de gestion durable des forêts françaises ont été publiées en 1995, 2000 et 2005.

La fonction récréative de la forêt est un des aspects traités par le critère 6, « maintien d'autres bénéfiques et conditions socio-économiques ». De plus, la 3^{ème} résolution de la MCPFE de Vienne en 2003 concernait spécifiquement les dimensions sociales et culturelles dans la gestion durable de la forêt.

Des priorités différentes dans les programmes forestiers nationaux (PFN)

La plupart des pays ont un programme forestier national validé ou

en cours d'élaboration, à défaut un programme de stratégie forestière nationale. Le rôle social des forêts, notamment par la fréquentation des espaces naturels et forestiers, y est généralement souligné. Mais là où plusieurs pays d'Europe du Nord-Ouest le considèrent comme une de leurs priorités, les autres pays restent davantage à des principes généraux sans traduction concrète.

Assez logiquement, ce sont les pays à faible taux de boisement et forte densité de population, souvent éloignée des zones forestières, comme le Danemark, les Pays Bas³ ou le Royaume Uni qui affichent la plus forte priorité en faveur de la forêt « sociale », pour le bien-être et le loisir de leur population. Les principes sont alors déclinés en objectifs et recommandations. Le Danemark est cependant le seul pays à mentionner le besoin d'informations et de « monitoring » dans le domaine de l'accueil du public. Dans les autres pays, plus « forestiers », les forêts font traditionnellement l'objet d'une gestion

² MCPFE, EC regulation « Council regulation 1257/1999 » ; Convention européenne du paysage, 2000 ; Plan d'action de l'Union européenne en faveur des forêts, 2006.
³ Les Pays Bas rentrent dans ce groupe de pays mais n'étaient pas intégrés dans le WG2

multifonctionnelle dans laquelle la production de bois constitue l'enjeu économique majeur (photo 1). La fonction sociale de la forêt est alors tout à fait marginale dans la politique forestière nationale affichée dans les PFN. L'intérêt de méthodes participatives pour sa gestion est en revanche clairement exprimé et la responsabilité de sa mise en œuvre souvent transférée vers les échelons politiques régionaux et locaux.

La réglementation de l'accès dans les législations nationales

Les 18 pays étudiés ont une loi forestière. Dans 12 pays, l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, la Croatie, Chypre, le Danemark, la France, la Grèce, la Lettonie, la Lituanie, la Slovaquie, et la Suisse, elle évoque explicitement le rôle d'accueil du public de la forêt. D'autres textes de loi, concernant essentiellement la protection de la nature, complètent souvent le cadrage réglementaire dans le seul domaine traité avec précision au niveau législatif, celui de l'accès à la nature et à la forêt. Dans les 6 autres pays, en revanche, la Suède, la Finlande, la Norvège, l'Islande, l'Irlande et le Royaume uni, les législations forestières nationales ignorent l'accueil du public en forêt.

Pour autant, si la fonction d'accueil du public n'apparaît pas dans la loi forestière des pays scandinaves, c'est que le droit coutumier assure la liberté d'accès à la nature y compris dans les propriétés privées⁴. On retrouve dans le droit alémanique, en Allemagne et en Suisse, une grande liberté d'accès à la nature. Dans les autres pays, l'accès aux forêts de l'État est normalement possible, parfois limité aux routes, chemins et sentiers (Belgique). Mais il existe également d'autres restrictions définies par la loi, de nature et d'importance variables selon les



A.M. Granet, ONF

2 – Exemple d'accès réglementé pour la conservation de la nature : le Parc national de Bialowieza (Pologne), une des dernières zones de forêt primaire en Europe, n'est ouvert qu'à de petits groupes accompagnés, dans un cadre strictement contrôlé.

pays : elles concernent le respect du droit de propriété, la protection des milieux (photo 2) ou la restriction de certaines activités. Les activités motorisées font souvent l'objet de limitations particulières.

L'accueil du public en forêt est généralement considéré comme une fonction d'intérêt général, spécifique de la forêt publique et qui doit être assurée par les pouvoirs publics. Les principes de base sont solidement ancrés dans la loi mais les conséquences pour la gestion sont rarement abordées. Un aménagement global et multifonctionnel est habituellement considéré comme une base nécessaire pour assurer une gestion durable de la fréquentation.

En conclusion

L'importance des espaces naturels et forestiers et de leur fréquentation, comme contribution au bien-être et aux loisirs de la population, est clairement affichée dans les textes de politique forestière de niveau européen et dans la plupart des législations nationales.

Pour autant, ces déclarations sur le rôle social des forêts, notamment publiques, ne s'accompagnent que très rarement de directives ou recommandations concrètes. Seul le droit d'accès est en général clairement réglementé. Plus ou moins développé suivant les pays et leur rapport traditionnel à la nature, il concerne au minimum l'accès aux forêts d'État pour les piétons. En pratique, les politiques nationales se limitent le plus souvent aux principes généraux de la multifonctionnalité des forêts et renvoient vers les instances régionales et locales la mise en œuvre effective des politiques d'accueil du public.

Dans ce contexte, le recueil d'informations globalisées sur l'offre et la demande en matière d'accueil du public en forêt au niveau des états, a fortiori au niveau européen, n'apparaît pas directement dans les textes sauf dans le cadre de la production des indicateurs européens de gestion durable issus des recommandations des MCPFE. Plusieurs pays ont néanmoins développé des systèmes d'observation ambitieux de l'accueil du public en forêt.

⁴ Les britanniques utilisent la formule « everyman's right » souvent traduite en français par « droit de tout un chacun »

L'accueil du public en forêt et dans les espaces naturels, un sujet éclaté en France entre diverses législations

En France, si l'accueil du public fait une timide apparition dans la loi en 1985 (loi 85-1273 relative à la gestion, la valorisation et la protection de la forêt), ce n'est que depuis 2001 (loi 2001-602 du 9 juillet 2001 d'orientation sur la forêt) que le Code forestier reconnaît expressément l'accueil du public dans les principes fondamentaux de gestion forestière, et lui consacre un article (article L380-1). C'est une fonction d'intérêt général plus particulièrement associée à la forêt publique. Les aménagements forestiers doivent explicitement prendre en compte l'accueil du public. Au-delà de l'ouverture au public, la mise en œuvre d'actions concrètes repose sur la contractualisation.

Le droit de propriété, traité dans le Code civil, donne au propriétaire la possibilité de clore sa forêt ou d'en limiter l'accès. Toutefois, le Code de l'urbanisme incite les propriétaires de forêts ou d'espaces naturels à les ouvrir au public. Ses dispositions prévoient même la possibilité de rémunération des services rendus en passant une convention avec les collectivités locales (article L. 130-5 du Code de l'urbanisme).

Le Code de l'urbanisme permet également aux collectivités territoriales, sous le pilotage des départements, d'acquérir des espaces naturels, en vue de leur ouverture au public, dans le cadre des périmètres des espaces naturels sensibles (article L. 142-1 du Code de l'urbanisme).

Le Code de l'environnement (articles L 362-1 et suivants) et le Code général des collectivités territoriales (articles L 2213-2 et 4) réglementent l'accès des véhicules motorisés et permettent des restrictions de la fréquentation nécessaires à la préservation des milieux naturels. Est également prévu l'établissement par le département d'un plan départemental des itinéraires de randonnée motorisée, le PDIRM (articles L 311-4 du Code du sport et L 361-2 du Code de l'environnement).

Enfin, le Code de l'environnement incite à l'ouverture au public à travers les plans départementaux des itinéraires de promenade et de randonnée, les PDIPR (article L. 361-1), tandis que le Code du sport organise le développement maîtrisé des sports de nature (articles L. 311-1 et suivants, articles R 311-1 et suivants) et instaure, au niveau départemental, des structures créées dans ce but (CDESI, PDESI).

État de l'art en matière de recueil de données pour la connaissance de l'offre et de la demande au niveau national dans les pays européens

Au-delà des usages millénaires de la forêt « nourricière » (bois de construction, bois de feu, cueillettes, pacage des animaux...), de nombreux pays européens ont une longue tradition du loisir en forêt. En Scandinavie et en Europe centrale notamment, la nature et la forêt, par leur omniprésence et les activités qu'elles permettent, sont partie intégrante de l'identité nationale. Cependant, le manque d'information ne permettait généralement pas de cerner la réelle ampleur du phénomène. Ce qui a parfois contribué à exclure les questions liées à l'accueil du public du champ des politiques publiques.

Une bonne connaissance de l'offre (surfaces de forêts accessibles, sites d'intérêt particulier, éléments remar-

quables, aménagements, équipements...), de la demande (pratiques et usages, motivation, ambiances ou équipements recherchés, satisfaction et adéquation par rapport à l'offre...) et de leur évolution dans le temps s'avère très utile. Elle permet de proposer aux politiques et gestionnaires des outils de pilotage de leurs actions en matière d'accueil du public en forêt ou plus largement dans les espaces naturels. Cette connaissance repose notamment sur la réalisation d'inventaires et de systèmes de monitoring (suivi) à différentes échelles.

Le deuxième groupe de travail (WG2) s'est particulièrement intéressé aux dispositifs d'observation mis en œuvre dans les différents pays aux échelles nationales et lo-

cales. Le recensement n'avait pas la prétention d'être exhaustif mais de fournir une première vision d'ensemble, qui faisait défaut jusqu'à présent. De la sorte, on peut commencer à réfléchir à des comparaisons intra européennes.

On se limitera ici aux systèmes de suivi de niveau national. Ces derniers constituent en effet l'angle d'approche privilégié pour l'intégration de la fonction sociale de la forêt au sein des politiques forestières nationales. L'article abordera successivement la demande, traitée essentiellement dans le cadre d'enquêtes de fréquentation sur des échantillons représentatifs de la population, puis plus succinctement l'offre, recensée dans le cadre de bases de données nationales.

Un contexte européen en évolution rapide

L'évolution rapide des sociétés européennes au cours des dernières décennies a profondément transformé le contexte dans lequel s'inscrivent les pratiques récréatives. Dans toute l'Europe, la population urbaine augmente. L'impact de l'urbanisation dépasse la seule question résidentielle pour transformer en profondeur les modes de vie ; elle donne à la fréquentation de la nature et de la forêt une valeur tout à fait particulière. Celle-ci contribue au bien-être physique et psychique des individus et à la valeur des espaces naturels pour la société. (photo 3)

En cela, l'existence, voire la création d'espaces verts, naturels et forestiers fait partie des préoccupations des pouvoirs publics dans les grandes agglomérations. Les forêts urbaines et périurbaines concentrent une fréquentation de proximité dont les impacts sur les autres fonctions remplies par la forêt doivent être connus et maîtrisés. De plus, le tourisme vert fait partie intégrante des stratégies de développement territorial dans de nombreux pays européens. Mais là encore, le développement de la fréquentation doit être organisé pour s'assurer de la compatibilité des projets avec les autres enjeux.

Si les enjeux locaux, notamment économiques, varient d'une région à l'autre, certains indicateurs clefs sont bien récurrents. On pense notamment aux besoins et attentes des visiteurs, à l'impact de leurs pratiques et aux aménagements de base nécessaires. En revanche, comme toute pratique de loisirs, la fréquentation de la forêt évolue avec des modes de vie en transformation constante.



A.M. Granet, ONF

3 - Si l'importance de la forêt comme espace de loisirs est largement partagée en Europe, les préférences du public restent liées aux cultures nationales : les Scandinaves recherchent plutôt l'immersion dans la nature, les Chypriotes privilégient la convivialité dans un espace frais et aménagé.

La demande : enquêtes de fréquentation nationales

Définir la « forêt »

Une première difficulté est rapidement apparue : le terme « forêt » le plus généralement adopté pour définir l'objet de l'enquête n'est pas clairement explicité et il inclut -ou non- des espaces naturels associés, landes, marais, tourbières... En revanche, en Finlande par exemple, on parle de la nature en général, et cette définition inclut même des parcs urbains mais la forêt y est omniprésente. Les pays méditerranéens pour lesquels la définition du terme « forêt » pourrait aussi poser problème, ont rarement réalisé d'enquête nationale (à l'exception de l'Italie).

66 enquêtes nationales recensées entre 1970 et 2005

Au total, 14 des 25 pays étudiés ont réalisé au moins une enquête nationale pendant la période 1970-2005. Ce sont l'Allemagne, l'Autriche, le Danemark, la Finlande, la France, la

Hongrie, l'Irlande, l'Italie⁵, la Norvège, les Pays Bas, la Slovaquie, la Suède, la Suisse et le Royaume Uni. Aucune enquête n'a été déclarée pour 8 pays (Belgique, Croatie, Chypre, Grèce, Islande, Lettonie, Pologne et Serbie). Finalement, 66 enquêtes de niveau national ont été recensées pendant cette période. Ces enquêtes concernent majoritairement les pays du nord et de l'Ouest de l'Europe. Certains d'entre eux ont déjà une longue tradition dans ce domaine, la Norvège et le Royaume Uni ayant réalisé plus de 10 enquêtes nationales sur ces 25 ans dans le cadre d'un suivi systématique (monitoring). D'autres pays, comme le Danemark, la Finlande ou les Pays Bas ont une politique plus récente mais également très active. L'urbanisation de la société et la nécessité pour les gouvernements et organismes nationaux de mieux connaître des besoins en évolution pour ajuster leur politique et les moyens à mettre en œuvre, sont parmi les déclencheurs pour le lancement d'enquêtes nationales. Les déterminants culturels sont également très forts.

⁵ Les informations concernant l'Italie et la Suède proviennent de la bibliographie ; elles sont moins précises.

France : 40 ans d'expérience en matière d'enquêtes de fréquentation

Dans les années 60 et le début des années 70, dans un contexte de forte croissance économique, l'urbanisation de la société et l'annonce d'une « civilisation des loisirs » ont conduit le ministère de l'Agriculture, responsable de la politique forestière, et l'Office national des forêts nouvellement créé, à réaliser plusieurs enquêtes d'envergure. Il s'agissait tout à la fois d'acquérir une connaissance quantitative d'un phénomène nouveau et de comprendre les déterminants de la fréquentation et ses principales caractéristiques. Tant au niveau national qu'au niveau régional (forêts périurbaines d'Île de France), ces enquêtes se sont traduites par une politique active d'aménagements et d'équipements des forêts publiques pour l'accueil du public, largement soutenue par l'État.

À la fin des années 70 et au début des années 80, l'émergence de nouvelles préoccupations environnementales et la politique de décentralisation, changent la donne. L'État se désengage progressivement et les chercheurs se désintéressent de la fréquentation des forêts au profit d'autres thématiques liées à l'environnement. En 1986, l'ONF réalise une enquête nationale sur l'offre d'accueil en forêt publique pour faire le bilan de 20 ans de réalisations, évaluer les besoins, et convaincre de la nécessité d'assurer l'entretien des équipements. En fonction de leur intérêt, les collectivités territoriales vont investir le terrain de l'accueil du public. Des enquêtes sont réalisées localement en fonction des politiques des collectivités.

Faute de protocole standardisé, ces enquêtes de fréquentation, n'autorisent aucune comparaison dans le temps ou dans l'espace (photo 4), contrairement à ce qui se pratique dans les domaines économique (ressources, prélèvements) ou écologique de la gestion forestière. En outre, contrairement à d'autres pays (Royaume Uni,



A.M. Granet, ONF

4 - La France réalise de nombreuses enquêtes de fréquentation, sans comparaison possible dans le temps et dans l'espace faute de protocole standardisé et de suivi pérenne, contrairement à ce qui se fait en Grande Bretagne, Danemark ou Finlande.

Danemark), elles n'ont pas permis de construire de façon rigoureuse une estimation du nombre de visites en forêt. L'intérêt d'un suivi par indicateurs, tant au niveau du Bilan patrimonial (pour la forêt domaniale) que des indicateurs de gestion durable (pour la forêt française en général) milite pour la mise en place d'un système robuste et reproductible, de type « Observatoire ». Un nouveau programme de recherche, incluant une enquête nationale (2004) et des approfondissements qualitatifs (2005-2008) est réalisé avec des organismes scientifiques (Cemagref et Université de Caen) pour poser les bases de ce dispositif. Un observatoire régional est également lancé en région PACA. Parallèlement, une enquête nationale à visée économique (Peyron 2002) cherche à évaluer la valeur de la fonction récréative de la forêt. Le travail mené dans le cadre du COST E33 a donc mis en valeur cette expérience acquise, qui pourrait être mise au service d'une véritable stratégie collective de « monitoring ».

Usages et pratiques de la forêt	Loisirs		Conditions de vie	Environnement
	« outdoor » et loisirs de nature	Loisirs en général		
GER-Allemagne ; DK-Danemark ; FR-France ; H-Hongrie ; IR-Irlande ; UK-Royaume uni ; SK-Slovaquie ; CH-Suisse ;	FIN-Finlande NO-Norvège	DK-Danemark NL-Pays Bas UK-Royaume uni	NO-Norvège	A-Autriche

Tab. 1 : principales approches et cadres des enquêtes de fréquentation dans 12 pays européens (traduit d'après Sievanen et al., 2008)

Des objectifs variables suivant les pays

Au niveau européen, les objectifs de ces enquêtes peuvent être bien différents suivant les pays (tableau 1 page précédente). La forêt est ainsi soit l'objet principal des enquêtes (Allemagne, France notamment) soit un sous-ensemble des espaces naturels (Finlande, Norvège). Dans un contexte encore plus ouvert, la sortie en forêt peut aussi constituer une modalité des activités du temps libre (Danemark, Royaume Uni) ou même s'intégrer dans des enquêtes relatives aux conditions de vie en général (certaines enquêtes norvégiennes). Le cas de l'Autriche est particulier avec une seule enquête nationale davantage centrée sur les perceptions de l'environnement que sur les usages de la forêt. Certains pays (Royaume uni, Norvège) parmi les plus impliqués, multiplient les angles de vue.

Entre enquêtes instantanées et monitoring sur la durée

Cet inventaire a finalement conduit à l'identification de plusieurs niveaux d'avancement.

En tête, le Royaume uni, la Norvège et le Danemark ont une vraie stratégie de monitoring. Le Royaume uni est certainement le pays le plus en avance dans ce domaine : deux types d'enquêtes sont réalisés à un pas de temps - presque- régulier, le « *Day Visit Survey* » (GBDVS) qui s'intéresse aux loisirs en général mais intègre la forêt de façon très précise, et le « *Public Opinion on Forestry* » (POF). Même si depuis 1999, la politique forestière est du domaine des États (Angleterre, Pays de Galles et Écosse), chacun poursuit la politique active qui préexistait. Ces enquêtes sont en grande partie financées par des fonds publics. Un 2^{ème} groupe est constitué de pays (Finlande, Pays Bas) ayant également mis en place, plus récemment, un système de monitoring des loisirs, répété à périodicité régulière, mais dans lequel la forêt, en tant qu'entité spécifique, est moins centrale.

Dans le 3^{ème} groupe où figurent notamment la France et la Suisse, plusieurs enquêtes de fréquentation nationales, centrées sur la forêt ont été réalisées au cours des 35 dernières années. Mais en l'absence d'une stratégie de monito-

ring, et de protocoles identiques, les résultats ne peuvent être comparés malgré l'ancienneté des informations collectées (voir encadré France). Dans le 4^{ème} groupe, incluant l'Allemagne, la Hongrie et l'Irlande, ce n'est que beaucoup plus récemment, à partir des années 90, que des enquêtes de fréquentation, également centrées sur la forêt, ont été initiées.

Des enquêtes régionales, basées sur des méthodes analogues à celles utilisées au niveau national sont pratiquées dans certains pays : soit parce que les politiques forestières sont définies et conduites par les régions, comme en Belgique, soit parce que la diversité des contextes forestiers rend utile une approche régionale plus ciblée ou encore du fait d'opportunités variées ; c'est le cas en France (Lorraine, Île de France, Méditerranée, Aquitaine). En complément de l'approche nationale directe, la Grande Bretagne a aussi mis en place un système d'enquêtes réalisées régulièrement sur un réseau représentatif de forêts. Cette méthode *in situ* fournit des informations plus précises par type de forêts comme

Variables	Pays
Nombre de visiteurs/fréquence des visites	A, CH, DK, FIN*, FR1, FR2, GER1, GER2, H, IR, NL*, NO*, SK, UK
Variables socio-démographiques	A, CH, DK, FIN, FR1, FR2, GER1, GER2, H, IR, NL, NO, SK UK
Activités	CH, DK, FIN*, FR1, FR2, GER1, GER2, H, NL*, NO*, SK, UK
Distance à la forêt/espace naturel	CH, DK, FIN, FR2, GER1, H, NL, SK, UK
Moyen de transport	CH, DK, FR2, GER1, H, NL, SK, UK
Durée de présence sur site	CH, DK, FR2, GER1, H, NL, SK, UK
Distance à la forêt la plus proche	DK, FIN FR1, GER1, SK
Préférences (équipements)	CH, DK, FR1, H, SK
Préférences (paysages/structure des peuplements)	DK, FR1, GER2, SK
Valeur économique	DK, FR2, GER1, SK

* en partie

Enquêtes en France :

FR1 : Enquête ONF/Université de Caen Lamas, « Forêt et société », 2004

FR2 : Enquête sur la fréquentation des forêts françaises, de Peyron et al. (LEF), 2002

Tab. 2 : exemple de variables utilisées dans une sélection de 12 enquêtes nationales européens (traduit d'après Sievanen et al., 2008)

par exemple le nombre de visites. Elle ne peut en revanche fournir d'informations sur les non-visiteurs.

Méthodes et variables

Une sélection de 14 enquêtes nationales réalisées dans 12 pays entre 1994 et 2005 -dont 2 en Allemagne et 2 en France- a été retenue pour analyser les méthodes et les variables utilisées. L'impression qui domine c'est la diversité. Les enquêtes postales et par téléphone sont les plus courantes, mais plusieurs enquêtes sont réalisées en face à face. Les méthodes sont parfois combinées. Les populations échantillonnées dépendent des enquêtes, notamment au niveau des âges.

La diversité des variables prises en compte est également manifeste. La présence ou non de 10 variables parmi les plus habituelles a été recherchée dans les 14 enquêtes (tableau 2). Les variables socio-démographiques et le nombre de visiteurs ou la fréquence des visites sont les seules présentes dans les 14 enquêtes. Et encore, l'approche est loin d'être identique dans toutes les enquêtes.

Les activités pratiquées font partie des grands classiques mais avec une précision et une palette très différentes : ainsi, les activités avec prélèvement, cueillettes, chasse, pêche... ne sont pas toujours intégrées. Les informations sur l'« accès » à la forêt, distance, moyen de transport et la durée de la visite sont encore très présentes. En revanche, il est surprenant de constater que les préférences, tant en matière d'équipements que de paysages ne sont que rarement demandées. Les enquêtes à objectif d'évaluation économique restent également peu fréquentes.

L'offre : sites et équipements

L'offre est avant tout constituée des sites accessibles au public. Mais cette offre de base est complétée par des réalisations humaines, aménagements et équipements destinés à mieux répondre aux besoins des visiteurs tout en préservant la capacité du site à remplir ses autres fonctions. Au niveau national, il s'agit avant tout d'avoir une vue d'ensemble. Très diversifiées et rarement exhaustives au niveau national, les données sur l'offre n'ont pas été analysées de façon aussi détaillée que celles relatives à la demande. Il s'agira donc surtout de donner quelques exemples à titre d'illustration de ce qui peut se pratiquer.

Les ressources naturelles

Dès lors qu'on s'intéresse à la fréquentation de loisirs en forêt, la surface forestière est le premier élément de connaissance nécessaire. À l'échelle européenne, l'occupation des sols est connue dans le cadre de Corine Land cover dont les objectifs sont de carto-

graphier l'ensemble du territoire de l'Union européenne et de connaître l'état de l'environnement en Europe. Le seuil de description est de 25 ha. D'autres sources MCPFE, World Resource Institute fournissent également des données à petite échelle.

La surface forestière ainsi définie ne correspond pas pour autant à la surface accessible au visiteur. L'accessibilité réelle renvoie à la fois à un contexte réglementaire - le régime de propriété notamment- et à l'accessibilité physique. L'accessibilité physique peut être modélisée à partir de plusieurs types d'informations, la localisation de la population, la localisation des ressources, ici la forêt, et les infrastructures de transport (une simplification peut être faite en se limitant à la distance euclidienne).

Les aménagements et équipements pour l'accueil du public

Pour les organismes gestionnaires, la connaissance des équipements permet de rendre compte des réalisations et de leur évolution tout



A.M. Granet, ONF

5 - La connaissance globale de l'offre d'accueil au niveau national est un outil utile aux organismes gestionnaires mais c'est aussi un outil d'information et de communication à destination du public, notamment via les sites internet.

en leur apportant globalement les éléments nécessaires à l'organisation de la gestion (moyens à mettre en œuvre). Dans certains pays, ces informations alimentent également des bases de données statistiques au niveau national.

Mais ces données permettent aussi de diffuser l'information auprès du public et de valoriser les réalisations faites à son intention dans une démarche de communication ou de marketing (photo 5). Cette 2^{ème} approche s'est considérablement développée avec la généralisation d'internet ; de nombreux organismes gestionnaires et des parcs naturels affichent les informations sur les ressources naturelles et les aménagements accessibles au public sur leurs sites web. C'est le cas de la Forestry Commission en Grande Bretagne dont le site web :

<http://www.forestry.gov.uk/website/recreation.nsf/> est riche en informations et messages accessibles à partir d'un moteur de recherche géographique ou thématique. C'est aussi le cas de la Finlande où, depuis 2004, le SIG Reiska met à disposition des gestionnaires de Metsähallitus, l'organisme de gestion des forêts et espaces naturels d'État, les données sur les bâtiments et infrastructures présents sur les territoires gérés incluant les équipements d'accueil du public. À partir de ces données, un site internet www.exursionmap.fi (version anglaise) permet au grand public d'accéder à des données cartographiques détaillées et des informations sur les parcs naturels, espaces de randonnées, itinéraires balisés...

De nombreux pays n'ont pas de connaissance sur l'offre au niveau national et pour les autres, les éléments collectés sont de nature très variable. Aucune comparaison entre organismes, *a fortiori* entre pays ne peut donc être faite. Les éléments collectés sont rarement

exhaustifs, et souvent limités aux forêts et espaces protégés publics. Par ailleurs, les informations, lorsqu'elles sont publiques, sont le plus souvent données dans les langues nationales, donc accessibles plus aux visiteurs locaux qu'aux touristes étrangers.

Pour conclure

L'analyse réalisée met en évidence la diversité des situations européennes en matière de recueil de données nationales sur la fréquentation des forêts, tant au niveau de la demande que de l'offre. Pourtant, les changements sociétaux rapides et la nécessité affichée d'offrir à tous les Européens une qualité de vie qui inclut des opportunités d'immersion dans la nature militent pour le recueil et le suivi, au niveau national et au niveau européen, d'un noyau commun d'indicateurs clés, sur l'offre d'espaces de nature et les aménagements existants, les usages, les pratiques et les représentations de la forêt.

L'expérience de pays tels que le Royaume uni, le Danemark ou la Finlande, montre qu'un recueil rigoureux d'informations et leur suivi dans le temps est une condition nécessaire pour l'intégration de « la forêt sociale » dans les politiques des États. C'est aussi une base indispensable pour la mise en œuvre d'une gestion prospective de l'accueil du public en relation avec les besoins de la population et la gestion durable des forêts.

Anne-Marie GRANET

ONF, Direction de l'environnement et du développement durable

Carsten MANN

UMR Métafort
Cemagref Clermont-Ferrand
carsten.mann@cemagref.fr

Jeffrey DEHEZ

Cemagref Bordeaux
Unité Aménités et Développement des Espaces Ruraux

Bibliographie

BELL S., SIMPSON M., TYRVAÄINEN L., SIEVÄNEN T., PRÖBSTL U., 2008. European recreation and Tourism — A handbook. London : Taylor & Francis. 272 p.

DOBRE M., LEWIS N., DEUFFIC P., GRANET A.M., 2005. La fréquentation des forêts en France : permanences et évolutions. Rendez-Vous Techniques de l'ONF n°9, pp. 49-57

LEWIS N., DEUFFIC P., GRANET A.M., 2004. Forêt et société : une union durable. 1960-2003 : évolution de la demande sociale face à la forêt. Rendez-Vous Techniques de l'ONF, n°5, pp. 10-14

PEYRON *et al.*, 2002. National survey on demand for recreation in French forests. Nancy : LEF, UMR ENGREF/INRA. Rapport non édité, 40 p.

SIEVANEN T. *et al.*, 2008. COST Action E33 - Forest recreation monitoring- A European perspective. Working Papers of the Finnish forest institute 79 – Metla. 245 p. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2008/mwp079.pdf>

Le sylvopastoralisme face aux dynamiques naturelles

En région méditerranéenne (au sens large) la gestion forestière s'inscrit plus encore qu'ailleurs dans les enjeux du territoire environnant. La question du sylvopastoralisme, entre autres, s'y pose avec une certaine insistance depuis quelques décennies. Mais si le principe est séduisant, la pratique ne va pas de soi, et nous proposons deux articles pour en donner une idée. Voici tout d'abord un tableau « théorique » très documenté sur les enseignements passés, les fondements récents du concept, et les contraintes d'un équilibre toujours fragile.

Au cours du 20^e siècle, l'agriculture et la sylviculture ont été marquées par une spécialisation vers des formes de monoculture. Dans ce qui apparaît comme une modernisation des pratiques, l'augmentation de la performance résulte d'une simplification du système de production et d'un contrôle plus complet de son fonctionnement (choix du cultivar, gestion de la fertilité...). La recherche d'une maîtrise aussi totale que possible du cycle de vie des plantes cultivées ou des animaux élevés a pour modèle le contrôle des processus industriels (Larrère 2002). Elle permet une meilleure intégration de l'agriculture et de l'industrie.

Les effets négatifs de la spécialisation et de la monofonctionnalité de la production agricole ou forestière (coût énergétique, pollutions diverses, perte de biodiversité...) ont été soulignés depuis les années 80. En réaction à ces pratiques, l'idée de multifonctionnalité de l'agriculture a reçu un accueil de plus en plus favorable, tant de la part des professionnels et producteurs que de la part du public et des consommateurs : on considère que l'agriculture ne produit pas seulement un bien alimentaire mais un ensemble de biens et également des ser-

vices environnementaux, sociaux et culturels (Véron 2004). La mise en œuvre de la multifonctionnalité en agriculture demande de renouveler les savoirs faire et les références scientifiques et techniques. On peut se tourner vers des pratiques et des savoirs anciens qui correspondaient à une multifonctionnalité implicite et que la « modernisation » a condamnés. Mais on peut également s'appuyer sur les connaissances récemment acquises sur les interactions entre pratiques de production et systèmes naturels dans les conditions socio-économiques actuelles.

Le sylvopastoralisme est au centre de cette réflexion. Le mot désigne des systèmes d'élevage qui, à un moment ou à un autre, utilisent des espaces boisés (Joffre *et al.* 1991). Le maintien dans ces espaces d'une ressource fourragère implique généralement que le peuplement ligneux fasse périodiquement l'objet d'éclaircie ce qui est facilité par une valorisation de la production ligneuse. Mais les objectifs ne sont pas seulement des objectifs de production. Le sylvopastoralisme concerne aussi le devenir du territoire : réduction des risques d'incendie, accessibilité, maintien d'un paysage culturel. Il s'agit donc, pour

des exploitations agricoles, de composer entre des objectifs de production animale, des objectifs de production forestière, le jeu des dynamiques naturelles et les attentes de la société vis-à-vis du paysage. Le sylvopastoralisme implique donc de prendre en compte les relations complexes entre les herbivores domestiques et la dynamique de la végétation.

Cette réflexion est au cœur des problématiques de la gestion des territoires d'élevage dans des contextes de déprise rurale et agricole où les milieux ouverts semi-naturels régressent face à la colonisation spontanée des buissons et des arbres. La dynamique de la végétation ligneuse fait que de très nombreuses exploitations doivent envisager le pâturage dans des conditions préforestières ou forestières, soit pour tenter d'enrayer la progression des ligneux, soit pour utiliser des ressources disponibles sous couvert arboré. L'enjeu est d'examiner dans quelle mesure des pratiques sylvopastorales sont susceptibles de faire converger les intérêts des agriculteurs et ceux des gestionnaires des paysages. Cette réorientation de la production forestière et fourragère pourrait, en partie, s'inspirer des systèmes tech-

Glossaire

Explication des mots signalés (*) dans le texte

Cendrillage : enrichissements des cultures au moyen de cendre de ligneux prélevés en sous-bois ou dans les parcours

Externalités négatives : effets négatifs sur l'environnement d'un acte de production d'un agent sans qu'il y ait compensation

Lignorage : droit de récolter bois morts et traînants voire de les extirper

Palatabilité : caractéristiques d'un aliment qui provoquent l'appétence des animaux d'élevage

Soutrage ou étrépage : enlèvement de la couverture du sol au moyen d'une étrépe pour améliorer la fertilité des champs

niques pré-intensifs que la modernité a condamnés et qui n'étaient pas dépourvus du souci de pérenniser les ressources utilisées même si ils n'y sont pas toujours parvenus.

Ce texte a donc pour objectif :

- 1) d'examiner dans quelle mesure la connaissance de l'histoire des herbivores en forêt, celle des modes d'utilisation ancienne des ressources, peut fournir des références au sylvo-pastoralisme d'aujourd'hui ;
- 2) d'étudier les contextes et les bases sur lesquels le sylvo-pastoralisme s'est mis en place dans la période récente, et
- 3) en quoi il peut répondre à des enjeux de société dans le contexte du débat sur l'utilisation durable des espaces semi-naturels.

Le pâturage et la forêt : quelles connaissances ?

Les forêts naturelles et le pâturage

Les forêts européennes de la fin du Paléolithique et du Néolithique sont des forêts parcourues par les herbivores sauvages : les perturbations ouvrent des clairières plus ou moins vastes, entretenues ensuite par le pâturage des herbivores. Ces milieux ouverts le restent d'autant plus durablement que les conditions environnementales limitent l'installation des arbres (tourbières, zones humides). Cette conception,

présentée par Vera (2000), repose sur la présence après les glaciations de grands herbivores, sur l'importance des chênes et du noisetier dans les espaces naturels (l'installation de ces espèces supportant mal l'ombre suppose des phases durables d'ouverture) et sur celle des ligneux bas épineux... C'est une conception dynamique selon laquelle la forêt passe localement par des phases d'ouverture qui permettent le pâturage ; celui-ci entretient l'ouverture avant que l'installation d'épineux ne facilite celle des arbres et en particulier des chênes. Cette conception est assez complémentaire d'une autre interprétation, plus statique, qui met l'accent sur l'hétérogénéité des contraintes environnementales et l'existence d'habitats plus ou moins favorables à la croissance des herbacées et au pâturage ou à la régénération des ligneux. La théorie de Vera a été critiquée par des palynologues (ref. in Svenning 2002) mais il ne semble pas que ces critiques puissent remettre en cause l'importance du pâturage des herbivores sauvages dans des mosaïques forestières.

Le pâturage dans les forêts de l'Ancien Régime

Cette présence du pâturage des animaux sauvages s'est maintenue à l'époque historique. Le mot « forêt » apparaît en 648 selon

Higounet (1966) pour désigner « une vaste solitude où se reproduisent les bêtes sauvages et que personne n'ose envahir ». Il fait référence à une extériorité par rapport au territoire des communautés (Harrison 1992), à un usage réservé au roi ou au seigneur (Bloch 1949, Trésor de la Langue Française). Il ne s'agit donc pas d'un mode d'occupation des sols mais plutôt d'un mode d'appropriation ou d'utilisation des sols dans lequel la chasse aux grands herbivores joue un rôle prééminent (Lepart et Marty 2006).

Des droits d'usage (droits de dépaissance mais aussi de lignorage*, de cendrillage*, de soutrage*...) sont progressivement acquis par les communautés ; ils correspondent à différentes façons d'exporter les éléments nutritifs de la forêt. Le pâturage, par des herbivores ou des porcs, est d'autant plus important qu'il est strictement limité dans l'espace cultivé. L'utilisation de la forêt est un élément déterminant pour la survie des plus pauvres. La forêt méditerranéenne devient progressivement un vaste espace pâturé par les troupeaux ; le parcours n'est interdit que pendant quelques années après des coupes pour faciliter la régénération des arbres. Les rejets de souche peuvent ainsi se développer (ils n'échappent pas toujours au pâturage) mais il est souvent impossible pour de nouveaux individus de s'installer. Ainsi, la forêt ne subsiste que là où les usages sont limités (éloignement des villages, topographie accidentée, statut foncier) ou lorsque sa taille, les espèces dominantes ou les conditions de milieu lui confèrent une résilience importante. Selon Higounet (1966) il y a, dès la fin du haut Moyen Âge, « d'un côté, l'Europe de la forêt dégradée, ci devant romaine ; de l'autre, l'Europe de la forêt vivace, germanique ou germanisée ».

D'extérieure aux territoires des communautés, la forêt en devient partie intégrante. Les conflits entre

les divers usagers de la forêt sont nombreux et les tentatives de régulation par les communautés témoignent de leur importance (Larrère et Nougarède 1993).

Dans cette forêt aux multiples usages, la coexistence entre les activités agropastorales et la forêt est donc rarement harmonieuse... elle se fait généralement au détriment des boisements (Zon 1920) comme en témoigne l'état de la forêt méditerranéenne au début du 20^e siècle (Lepart et al. 1996). Des exceptions se rencontrent lorsque le prix du bois justifie une préservation attentive ou que les divers usages ont les mêmes bénéficiaires.

La grande séparation

L'utilisation excessive des ressources de la forêt aboutit à un recul assez considérable de sa superficie qui diminue de moitié entre le 17^e siècle et le début du 19^e siècle (Gadant 1994), et à une dégradation de sa structure (ouvertures dans les peuplements, taillis à courte révolution...). Cette situation justifie une reprise en main qui s'organise peu après la révolution. On souligne les méfaits du multi-usage des ressources de la forêt ; on essaie, avec le cantonnement, de convertir les droits d'usage sur l'ensemble d'une forêt en droit de propriété sur une portion de celle-ci (Buttoud 1979). Cette reprise en main qui se poursuit tout au long du 19^e siècle aboutit à la loi sur le reboisement des terrains de montagne (Larrère et Nougarède 1993 ; Kalaora et Savoye 1986). Elle permet aux forestiers de reboiser des zones de parcours en montagne. L'interdiction du pâturage est déterminante dans la réussite des opérations, la forêt se réinstallant spontanément malgré des échecs de plantation. Ces opérations bénéficient d'un exode rural particulièrement marqué qu'elles contribuent à amplifier, associé à une diminution de la pression sur le bois-énergie liée à l'adoption du charbon miné-

rale par l'industrie. L'ensemble de ces phénomènes aboutit à une reforestation importante : la surface forestière est à la fin du 20^e siècle 2,5 fois plus importante qu'au début du 19^e.

L'objectif constant de l'Administration des Eaux et Forêts est d'instaurer une véritable coupure entre activités forestières et activités agricoles ou pastorales. Même si cette politique est parfois mise en œuvre avec discernement (Guinier 1954), elle l'est plus souvent de manière systématique. Elle conduit à des conflits avec les sociétés rurales ou, au moins, à une résistance de leur part ce qui n'empêche pas une large adhésion du reste de la société. Elle n'apporte pas nécessairement les résultats escomptés ; l'exode rural s'amplifie alors que les activités liées à la forêt étaient présentées comme devant permettre un développement économique ; de grands incendies se produisent (Landes, incendies de 1949).

L'« équilibre agro-sylvo-pastoral »

Ces dysfonctionnements vont aboutir à un infléchissement dans la réflexion des forestiers dont témoigne un numéro spécial de la Revue Forestière Française consacré au problème de l'équilibre agro-sylvo-pastoral (Décembre 1954). Ce numéro regroupe des articles qui abordent le problème en mettant l'accent soit sur l'intérêt de la remise en culture de territoires forestiers (landes, garrigues méditerranéennes), soit sur la nécessité ou les modalités du maintien des forêts dans des territoires agricoles ou pastoraux (Pays Basque, Champagne, Quercy, Bretagne).

Kuhnholz-Lordat (1945, 1958) a souligné l'importance d'un tel équilibre aussi bien au niveau du territoire qu'à celui de l'exploitation. Il s'agirait d'une part de tenir compte du fait que les sols n'ont pas tous la même aptitude à tel ou tel type de mise en valeur et d'autre part que chaque agriculteur et la société lo-

cale dans son ensemble utilisent des ressources diversifiées (produits de la culture, parcours pour l'élevage et bois). Il y aurait, en fonction de la distribution des conditions locales d'environnement et des caractéristiques de la société, un équilibre idéal entre les modes d'utilisation des sols. La recherche de l'équilibre agro-sylvo-pastoral pourrait avoir été rendue plus nécessaire par les difficultés de commercialisation, la destruction des forêts et l'idéologie du retour à la terre et à la forêt qui caractérisent la deuxième guerre mondiale (Pearson 2006). À l'échelle de l'exploitation, c'est une forme de réhabilitation de la forêt paysanne qui est proposée sans véritable succès puisque celle-ci continue à régresser à la fin du 20^e siècle (Normandin 1996). L'équilibre agro-sylvo-pastoral, en prenant en compte à la fois les contraintes ou les potentialités écologiques des sols et les attentes supposées de la société, vise à un aménagement du territoire qui serait optimal. Il n'implique pas de combiner divers usages d'une même parcelle. Kuhnholz-Lordat (1938, 1958) souligne au contraire que le multi-usage aboutit très généralement à une dégradation, l'utilisation d'une des ressources l'emportant sur toutes les autres. Il s'agit de trouver pour chaque usage ou pour la production de chaque ressource la ou les parcelles qui conviennent le mieux, l'écologie, dont il est un des représentants les plus éminents, ayant beaucoup à dire sur ce sujet.

Mais cette conception est en net décalage avec les transformations rapides que l'économie et le développement des échanges commerciaux des 30 glorieuses imposent aux territoires. Il va aussi à l'encontre de la croyance que la technique permet de s'affranchir des conditions écologiques, ce qui n'est admissible qu'en faisant abstraction des coûts énergétiques et des externalités* négatives. La publication du numéro spécial de la RFF aura

très peu de suite (Nougarède 1996) ; elle semble être *a posteriori* un chant du cygne. Pourtant, l'équilibre agro-sylvo-pastoral, notion qui paraît passéiste ou désuète, pourrait aussi bien être considéré comme une proposition d'un modèle de développement durable avant l'heure. Elle rejoint la notion de paysage culturel (les références historiques sont toujours présentes chez Kuhnholz-Lordat et la connaissance des pratiques anciennes est un élément important pour concevoir de nouvelles pratiques) et elle est en phase avec les conceptions selon lesquelles l'agriculture, en laissant une place dans les paysages aux éléments semi-naturels pourrait être plus efficace en terme de contrôle des ravageurs de pollinisation des cultures et de maîtrise des flux de matière (INRA 2008). L'idée de maintenir des bois dans l'espace de l'exploitation agricole et des cultures ou des parcours dans l'espace forestier est également cohérente avec des interprétations du concept de Trame verte proposée dans le cadre du Grenelle de l'Environnement.

La résistance du pastoralisme

Le déclin de l'agriculture en zones marginales (collines et plateaux de la région méditerranéenne et des régions de montagne...) fournit temporairement (fin 19^e, début 20^e) des opportunités pour le pâturage dans la mesure où les espaces délaissés par l'agriculture sont remobilisés par l'élevage. Toutefois, on va vers un paysage dual (Lepart et Debussche, 1992) dominé soit par des espaces artificialisés (cultivés ou périurbains), soit par la forêt, qu'elle soit issue de la reprise des reboisements (FFN) ou plus largement de dynamiques post-abandon agricole. Ce paysage laisse peu de places aux activités pastorales.

Cette tendance aboutit à l'artificialisation de plus en plus grande des systèmes d'élevage (stabulation et

distribution de fourrages) généralement observée en Europe. En région méditerranéenne, cette solution n'est pas privilégiée (elle est de fait rarement possible) et les éleveurs cherchent à conserver ou récupérer une partie des parcours et leurs ressources pastorales à faible coût d'utilisation. Cette recherche est en phase avec les préoccupations de la société : empêcher la désertification de vastes zones de montagne, favoriser des systèmes plus économes en énergie (en particulier, suite aux chocs pétroliers des années 1970) ; réduire les risques d'incendie qui s'avèrent être considérables en région méditerranéenne en développant une politique de coupures forestières (Thavaud et Prévost 1987) ou d'une utilisation diversifiée de l'espace, en particulier en ayant recours au pâturage en forêt (Amandier et al. 1982).

À la même époque, l'intérêt pour les paysages ouverts ou les paysages culturels commence à émerger dans la société. La mise en évidence du multi-usage pluriséculaire de la forêt méditerranéenne conduit à considérer le pastoralisme d'une manière plus favorable (Bonneval 1991). Cet intérêt va être associé au début des années 80 à la question du maintien de la diversité (Lepart et al. 2000).

C'est la rencontre entre les intérêts des éleveurs (recherche de fourrages à faible coût) et ceux des forestiers (réduction des risques d'incendie et valorisation de boisements de faible fertilité), organisée par leurs équipes d'appui technique respectives, qui conduit à la mise en œuvre du sylvo-pastoralisme.

Le sylvopastoralisme

Le sylvopastoralisme s'est développé dans les années 80 (Blanchemain et Gautier 1982). Malgré une grande proximité sémantique, le sylvopastoralisme ou l'agro-sylvo-pastoralisme diffèrent assez nettement de l'équilibre agro-sylvo-pastoral. Il ne s'agit

plus de juxtaposer sur une même exploitation des parcelles aux usages différents mais de combiner simultanément ou successivement sur une même parcelle diverses activités pour aboutir à un renouvellement plus efficace et une meilleure utilisation des ressources. C'est du moins l'usage de ces termes qui va s'imposer. Les principes de l'agro-sylvo-pastoralisme sont inspirés de l'analyse de systèmes traditionnels présents en région méditerranéenne (Joffre et al. 1991) ou en Afrique tropicale (Baumer 1983). C'est la synergie entre herbes, arbres et bétail qui est recherchée (Thiault 1982).

En région méditerranéenne, ces systèmes ont été mis en place dans le contexte d'une agriculture de subsistance à forte utilisation de main-d'œuvre (*dehesas*). Ils combinent un peuplement clair d'arbres (chênes conduits en vergers et taillés assez régulièrement, pour la production de bois, d'écorces et de glands) et une strate basse pâturée. Il y a des défrichements et des mises en culture périodiques qui sont à la fois un élément important du système de production et un mode de contrôle de la dynamique du milieu. L'élevage peut y être assez diversifié (ovin, bovin, porc...). À la suite d'un très fort exode rural, ces systèmes sont aujourd'hui utilisés par l'élevage de manière plus extensive. Des mises en culture périodiques continuent à maintenir l'ouverture des milieux mais la taille des arbres a généralement été abandonnée.

L'analyse de leur mode de fonctionnement a permis de mettre en évidence leur intérêt écologique : effet tampon pour les variations météorologiques, amélioration de l'infiltration et de la rétention d'eau liée à l'augmentation de la teneur en matière organique du sol et de son activité biologique, recyclage des nutriments par les arbres et disponibilité en surface du sol (Joffre et al. 1991 ; Scholes et Archer 1997)... Ces différents processus contribuent à aug-

menter la durée annuelle de la période de végétation ce qui peut être très important dans ces milieux à forte contrainte (Joffre *et al.* 1991). Mais à côté des effets synergiques recherchés existent également des effets antagoniques : la pousse de l'herbe n'est importante que tant que le système reste relativement ouvert avec un couvert arboré ne dépassant pas 50 % ; la production ligneuse nécessite un boisement relativement dense et la régénération du peuplement arboré ne peut se faire que si le pâturage est arrêté pendant plusieurs années. Le système peut donc évoluer dans un sens favorable à la production fourragère ou dans un sens favorable à la production ligneuse ; il est difficile à contrôler. Maintenir les deux types de production nécessite des interventions fréquentes et bien ajustées. L'investissement en termes de compétence, de temps, de travail et d'énergie peut être relativement important. En son absence, le système a généralement de grandes potentialités dynamiques et la fermeture peut être rapide.

Mais il ne s'agit pas seulement d'une interaction entre des arbres et des herbes ; les buissons profitent eux aussi de la réouverture de la canopée. On peut considérer qu'il faut les contenir ou les éliminer (débroussaillage mécanique...) ce qui peut avoir un coût assez considérable. On peut aussi considérer qu'il s'agit d'une opportunité : les broussailles et les ligneux fournissent un fourrage qui contribue à l'équilibre et à la qualité de la ration alimentaire des animaux au pâturage. La prairie homogène n'est plus le seul idéal à poursuivre pour améliorer l'alimentation du bétail (Meuret *et al.* 1995 ; Chabert *et al.* 1998 ; Meuret et Agreil, 2006).

Le sylvopastoralisme a connu un développement important dans le domaine de la prévention des incendies ; ce fut la principale, et peut-être la seule, raison pour les forestiers de l'envisager favorablement. À la li-



J.P. Ansonnaud, ONF

À l'ombre de la pinède le buis s'installe facilement et forme un peuplement dense ; sa longévité et son lignotuber (tubercule ligneux riche en hydrate de carbone et couvert de bourgeons latents) assurent sa survie bien après que la pinède ait disparu.

mite, on aboutit alors la notion de mouton débroussailleur dans laquelle la seule production attendue est la réouverture du milieu. Mais, pour qu'il y ait sylvopastoralisme, il faudrait qu'y ait à la fois production de viande et production de bois. Cela suppose un entretien minimal du peuplement forestier et une organisation assez complexe du pâturage à la fois en sous-bois, dans les landes et sur des pâturages plus traditionnels (Bellon et Guérin 1993).

Ce système est un moyen efficace de valorisation de milieux marginaux. Il semble pourtant, après l'enthousiasme des années 80, avoir eu quelques difficultés à s'imposer. La diffusion chez les éleveurs des résultats acquis est lente. Une partie d'entre eux, n'ayant qu'un faible contrôle du foncier, a du mal à s'inscrire dans la durée ce qui est essentiel pour le sylvopastoralisme. L'utilisation du mouton comme simple agent de débroussaillage dans le cadre de la prévention des risques d'incendie est probablement assez peu satisfaisante dans la mesure où elle conduit à un éloignement des objectifs de production et de valorisation pastorale et à une dépendance assez péril-

leuse de la commande publique. Le risque d'instrumentalisation est fort dans un cadre très contraint par des procédures administratives.

Les éleveurs mieux dotés sur un plan économique préfèrent sans doute continuer dans la voie d'une alimentation essentiellement fondée sur les pelouses, les prairies et les fourrages, un système technique mieux balisé par les services de conseil ; en outre, ils y sont parfois contraints par les investissements réalisés ou par les structures de commercialisation. Mais surtout, le coût relativement faible de l'énergie, en limitant la valorisation du bois et en permettant de produire les fourrages sur des surfaces conduites de manière intensive est assez défavorable au sylvopastoralisme. Les fluctuations récentes du coût de l'énergie sont un des facteurs de réussite ou d'échec du sylvopastoralisme. Un pétrole cher, en rendant possible une meilleure valorisation du bois et en augmentant le coût de l'élevage en bergerie, pourrait permettre d'aller vers une dynamique très positive sur ce plan et conduire les éleveurs à réutiliser les parcours en voie de boisement et en valorisant les coupes de bois. D'une

manière générale, l'orientation vers des sources d'énergie renouvelables, dont le bois, est favorable au sylvo-pastoralisme.

Vers une utilisation durable des espaces semi-naturels ?

Les systèmes agro-sylvo-pastoraux combinent des arbres, des herbes, des buissons, des troupeaux, des hommes (éleveurs, propriétaires, forestiers, représentants de l'administration...), des règlements d'origine diverse... dans des paysages eux-mêmes très variés. La simplicité de leur gestion dépend du résultat de cette combinaison, de la bonne adaptation et de la complémentarité de chacun de ces éléments ou de ces acteurs. Il suffit probablement que l'un ou l'autre d'entre eux soit « récalcitrant », qu'il y ait un maillon faible, pour que la gestion se complique sérieusement.

■ Les graminées qui occupent le « sous-bois » sont plus ou moins sensibles à sa fermeture ; lorsqu'elles y sont très sensibles, la ressource fourragère est susceptible de diminuer rapidement avec la fermeture du boisement ; la composition du tapis herbacé peut alors changer mais au profit d'espèces qui peuvent être plus ou moins palatables* ; le brachypode penné peut ainsi remplacer des fétuques mais des évolutions plus favorables peuvent aussi avoir lieu.

■ Les buissons ont une progression favorisée ou entravée par l'ombrage. Dans le premier cas, s'ils sont palatables*, le système évoluera de manière favorable et les buissons, en se maintenant plus facilement, pourront fournir une ressource fourragère ; si, comme le buis, ils ne sont pas consommés par le troupeau, ils envahiront le sous-bois (photo page précédente) et il faudra trouver un moyen de les contrôler. Dans le second cas, leur dynamique est facile à contrôler mais les ressources fourragères qu'ils sont susceptibles d'apporter seront limitées.

■ Les arbres peuvent avoir une crois-

sance latérale plus ou moins rapide. Dans le premier cas (par exemple le pin sylvestre), la fermeture de la canopée est rapide (des interventions sylvicoles fréquentes sont nécessaires) et leur conformation défavorable à la production sylvicole ; dans le second (par exemple, le chêne liège), la croissance des herbacées ou des buissons est facilitée pour le meilleur (ressources fourragères) ou pour le pire (augmentation des risques d'incendie)... les arbres peuvent être aussi plus ou moins palatables* ce qui fournira ou non des ressources au troupeau et compliquera ou non la régénération.

■ Le cheptel, en fonction des objectifs de production, sera plus ou moins facile à utiliser pour gérer la dynamique de la végétation.

Il est probablement possible d'ajuster les pratiques en fonction de cet ensemble de contraintes, mais il s'agit bien d'un travail d'adaptation, d'ajustement précis qui demande du temps et suppose une forte implication et une très bonne technicité des éleveurs. La capacité de ces systèmes à échapper au contrôle de leurs gestionnaires est grande du fait qu'ils sont éloignés de deux plages d'équilibre, les pelouses que les éleveurs ont appris à gérer et qui sont relativement stables tant que les semenciers de ligneux y sont rares et le système forestier qui se développe de manière spontanée. Les maintenir dans cet entre-deux suppose des interventions régulières, précises et coordonnées. Une régression du pâturage pendant quelques années aboutit presque inéluctablement à une fermeture rapide des parcelles concernées.

Même si la combinaison d'un boisement ouvert et d'une pelouse peut être fonctionnellement favorable, elle est rarement durable et reste souvent difficile à gérer. La juxtaposition de pelouses, de bois et de culture est en principe plus simple à organiser ; elle peut aussi se compliquer lorsque l'espèce li-

gneuse est envahissante, comme c'est le cas pour les pins sur les causses (photo ci-contre). Des paysages avec de très grandes unités de pelouse seraient alors préférables. Par ailleurs, la précarité du contrôle du foncier, les modifications des contextes social, économique, juridique viennent encore compliquer cette gestion : l'instabilité des marchés, l'évolution des réglementations et les changements de politiques publiques risquent d'obliger les éleveurs à ajuster leurs pratiques et à innover pour affronter de nouvelles dynamiques...

Face à toutes ces difficultés, le sylvo-pastoralisme est un modèle à appliquer avec discernement : il s'impose parfois, il est parfois à éviter. Il semble être difficile à pérenniser à la fois sur le plan écologique (maintenir un état d'équilibre instable) et sur le plan socio-économique.

Enfin, les paysages de régions marginales où l'élevage est la forme d'agriculture dominante sont confrontés à une très forte dynamique de la végétation ligneuse. Le sylvo-pastoralisme pourrait n'être qu'une adaptation à cette dynamique, suivant ainsi le programme énoncé par Cocteau : « puisque ces mystères nous dépassent, feignons d'en être les organisateurs ». Mais, cette adaptation n'est pas toujours suffisante : les milieux ouverts (landes et pelouses semi-naturelles), en forte régression face aux formations buissonnantes et préforestières, sont aussi des habitats menacés à l'échelle européenne ; ils abritent des espèces végétales et animales dont la valeur patrimoniale est reconnue. De nombreuses réflexions et initiatives ont visé à promouvoir les pratiques d'élevage pour maintenir ces habitats et les réintégrer comme ressource dans les systèmes d'élevage. Dans ce contexte, il est souhaitable que, en parallèle avec des opérations sylvo-pastorales, les politiques visant à contrôler les ligneux et à conserver de grands espaces de mi-



Lepart, CNRS

Depuis une quarantaine d'années, les pins noirs plantés vers 1900 à La Citerne (Causse Méjan) ensemencent les pelouses vers le sud (en lien avec les vents dominants) : elles cèdent le pas à un boisement inéquienne.

lieux ouverts soient renforcées. Le sylvopastoralisme prendrait donc sa place parmi une palette de solutions techniques offertes aux éleveurs pour utiliser les ressources de paysages changeants.

Conclusion

Il y a bien un intérêt à combiner l'élevage et la production forestière : obtention de ressources diversifiées, limitation des risques d'incendie, maintien de paysages partiellement ouverts, meilleure adaptation aux contraintes environnementales, valorisation de terroirs diversifiés... À ce titre le sylvopastoralisme vient compléter – et non se substituer – à la gamme des solutions techniques offertes aux éleveurs pour conduire leur exploitation mais également pour participer à une gestion durable du paysage.

Il semble, par ailleurs, assez difficile de gérer dans la durée et sur une même parcelle des organismes qui ont des durées de vie et des modes de régénération aussi différents que les herbes et les arbres et éviter que les uns ou les autres ne l'emportent. Le sylvopastoralisme a eu l'intérêt de

nous apprendre (ou de nous rappeler) que l'on pouvait tirer bénéfice de systèmes complexes mélangeant herbes arbres et buissons. Mais cela n'implique pas qu'il faille en faire un impératif. S'agit-il surtout de s'adapter aux opportunités du lieu et du moment sans forcément se préoccuper de leur permanence (ce qui semble être souvent le cas) ou doit-on s'imposer de maintenir dans une relative stabilité un système aussi complexe ? Il y a un grand champ de possibles allant du paysage en mosaïque où les cultures, les pelouses, les parcours, les bois se partagent l'espace (ce qui peut correspondre à l'équilibre agro-sylvo-pastoral de Kuhnholz-Lordat), jusqu'au système sylvopastoral où l'on cherche à produire en un lieu simultanément du fourrage et du bois. La diversité biologique est probablement mieux prise en compte dans le premier cas (une diversité d'habitats est maintenue), les synergies écologiques mieux mises en valeur dans le second.

Il nous semble qu'il faut, en ce domaine comme ailleurs, éviter l'esprit de système. Il est probablement assez fréquent qu'en fonction des

conditions écologiques locales et de l'environnement socio-économique, il soit plus simple et tout aussi efficace d'avoir une utilisation soit pastorale, soit forestière d'une parcelle. Il serait alors un peu inadapté, voire saugrenu, d'encourager la mise en place d'un système sylvopastoral. Il est aussi des cas assez fréquents où des pelouses sont spontanément colonisées par des ligneux ; il peut alors être préférable d'adapter le système d'exploitation à cette situation plutôt que d'essayer à tout prix d'éliminer les ligneux (mais il arrivera sans doute un moment où il sera plus intéressant de laisser la parcelle se transformer en bois). Il peut être utile de pâturer des espaces forestiers (coupures contre l'incendie...) mais il n'est pas forcément pertinent de s'imposer d'y maintenir un système sylvopastoral.

Les options de gestion sont plutôt à définir au niveau de l'exploitation (ou du paysage) qu'à celui de la parcelle. Ce qui est important et pas toujours simple, c'est de maintenir pour l'exploitation une ressource fourragère (ou ligneuse) qui lui permette de se pérenniser. Dans ce contexte, il peut être utile de disposer de pâturage en sous-bois mais il n'y a pas de raison pour en faire un mode privilégié d'utilisation des sols.

Il s'agit toujours de s'adapter ou de faire face efficacement à la diversité des contraintes du moment et du lieu et de trouver la position juste. Un mode d'organisation peut donner l'impression d'équilibre et d'harmonie mais si équilibre il y a, c'est seulement en fonction de conditions locales et momentanées. Il est préférable de savoir que cet équilibre est en général une illusion et de ne pas en faire une ardente obligation.

Jacques LEPART

CNRS, UMR 5175 CEFE, Montpellier
jacques.lepart@cefe.cnrs.fr

Pascal MARTY

CNRS, UMR 5175 CEFE, Montpellier
et USR 3138 CEFRES, Prague
pascal.marty@cefe.cnrs.fr

Bibliographie

- AMANDIER L., DUREAU R., JOFFRE L.M., JOFFRE R., LAURENT J.L., 1982. *Éléments pour un zonage agro-sylvo-pastoral de la Corse ? Un outil cartographique pour la mise en valeur. Forêt méditerranéenne, tome IV n°1 pp. 13-24*
- BAUMER M., 1983. *Les terres à pâturage en zone aride : réflexions pour un aménagement du milieu. Forêt méditerranéenne, tome V n° 2 pp. 173-183*
- BELLON S., GUÉRIN G., 1993. *Raisonner l'utilisation sylvo-pastorale du chêne vert. Forêt méditerranéenne, tome XIV n° 4 pp. 296-305*
- BLANCHEMAIN A., GAUTIER S., 1982. *Rencontres d'Avignon « les nouvelles données de la gestion de la forêt méditerranéenne. Le pâturage ». Forêt méditerranéenne, tome IV n° 2 pp. 183-224*
- BLOCH M. 1949. *La société féodale. Les classes et le gouvernement des hommes. Paris : Albin Michel, 287p.*
- BONNEVAL L. de, 1991. *D'un taillis l'autre. La déshérence d'un patrimoine forestier communal. Valliguières (Gard), 1820-1990. Avignon : INRA - Ecodéveloppement, Collection « des forêts et des hommes ». 131 p.*
- BUTTOUD G., 1979. *Les propriétaires forestiers privés. Anatomie d'un groupe de pression. Nancy : ENGREF*
- CHABERT J-P, LÉCRIVAIN E., MEURET M. 1998. *Éleveurs et chercheurs face aux broussailles. Courrier Environnement Inra n° 35 pp. 5-12.*
- GADANT J., ed. 1994. *L'atlas des forêts de France. Paris : Jean-Pierre De Monza.*
- HARRISON R., 1992. *Forêts. Essai sur l'imaginaire occidental, Paris, Flammarion, coll. «Champs», 402 p.*
- HIGOUNET Ch., 1966. *Les forêts de l'Europe occidentale du V^e au XI^e siècle. P343-397. In Agricoltura e mondo rurale in occidente nell'alto medioevo (Spoleto, Settimane di studio del centro italiano de studi sull'alto medioevo, 13).*
- INRA, 2008. *Expertise scientifique collective. Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. http://www.inra.fr/_institut/expertise/expertises_realisees/agriculture_et_biodiversite__1., à paraître Quae éditions*
- JOFFRE R. HUBERT B. MEURET M., 1991. *Les systèmes agro-sylvo-pastoraux méditerranéens : enjeux et réflexions pour une gestion raisonnée. Paris : Dossier MAB 10 Unesco, 96 p.*
- KALAORA, B., SAVOYE A., 1986. *La forêt pacifiée. Sylviculture et sociologie au XIX^e siècle. Paris : L'Harmattan*
- KUHNHOLTZ-LORDAT G., 1938. *La terre incendiée. Nîmes : Éditions de la Maison Carrée, 293 p.*
- KUHNHOLTZ-LORDAT G., 1945. *La sylva, le saltus et l'ager de garrigue. Ann. Ec. Nat. Agric. de Montpellier, tome 26 n° 4 pp. 1-84*
- KUHNHOLTZ-LORDAT G., 1958. *L'écran vert. Mémoires du MNHN, B, tome 9, 276 p.*
- LARRÈRE R., 2002. *Agriculture : artificialisation ou manipulation de la nature ? Cosmopolitiques n°1 pp. 158-173*
- LARRÈRE, R., et O. Nougarede. 1993. *Des hommes et des forêts. Paris : Gallimard*
- LEPART J., DEBUSSCHE M., 1992. *Human impact on landscape patterning : Mediterranean examples. In : Landscape boundaries : consequences for biotic diversity and ecological flows (Di Castri F. & Hansen A.J., eds.). Springer. Ecological Studies 92, pp.76-106*
- LEPART J., DERVIEUX A., DEBUSSCHE M. 1996. *Photographie diachronique et changement des paysages. Un siècle de dynamique naturelle de la forêt à Saint-Bauzille-de-Putois, vallée de l'Hérault. Forêt Méditerranéenne, tome XVII n° 2 pp. 63-80*
- LEPART J., MARTY P. 2006. *La nature : un antimonde ? Géographie et Cultures n° 57 pp. 87-102*
- LEPART J., MARTY P., ROUSSET O. 2000. *Les conceptions normatives du paysage. Le cas des Grands Causses. Natures Sciences Sociétés n°8 pp. 16-25*
- MEURET M, AGREIL C., 2006. *Des broussailles au menu. Plaquette de synthèse des études de 1984 à 2006, INRA Avignon, 4p.*
- MEURET M., BELLON S., Guérin G., Hanus G. 1995 *Faire pâturer sur parcours. Rencontres Recherches Ruminants n° 2 pp. 27-36*
- NORMANDIN D. 1996. *« La forêt paysanne en France. pp.195-211 in G. Balent (éd.) La forêt paysanne dans l'espace rural :Biodiversité, paysages, produits. Etudes & Recherches n° 29, 264 p.*
- PEARSON C. 2006. *« The age of wood » : fuel and fighting in French forests, 1940-1944. Environmental History n°11 pp. 775-803.*
- SCHOLES R.J. & Archer S.R. 1997. *Tree-grass interactions in savannas. Annual review of ecology and systematics n° 28 pp. 517-544*
- SVENNING J.-C. 2002. *À review of natural openness in North-Western Europe. Conservation Biology n° 104 pp. 133-148*
- THAVAUD P. PRÉVOST F. 1987. *Le redéploiement des activités agricole, pastorale et forestière au sein du massif forestier : une contribution à la prévention des incendies de forêts. Forêt méditerranéenne, tome IX n°1 pp. 49-51*
- THIAULT M. 1982 *Esquisse d'un bilan sur les recherches sylvopastorales en région méditerranéenne. Forêt méditerranéenne, tome IV n°2 pp. 191-193*
- VÉRON F. (coord.) 2004. *Multifonctionnalité de l'agriculture et des espaces ruraux : compte rendu de travaux, Cahiers de la multifonctionnalité n° 6, pp. 1-153*
- ZON R. 1920. *Forests and human progress. Geographical Review vol. 10 n° 3 pp. 139-166*

Du pâturage en forêt au sylvopastoralisme ?

Le cas de la forêt domaniale des Grands Causses

Après la « théorie », voyons ici un exemple très pratique : face à la multiplication récente des demandes de pâturage en forêt sous diverses formes (concessions, vente d'herbe annuelle, autorisations exceptionnelles), une étude de diagnostic sylvopastoral a été faite préalablement à l'aménagement de la forêt domaniale des Grands Causses (Aveyron). Dans un style très direct, les auteurs exposent la méthode et commentent les résultats : un bilan pour le moins mitigé.

La forêt domaniale des Grands Causses (12), d'une superficie de 3 662 ha, a été formée par le regroupement en 2004 de 14 massifs domaniaux répartis sur le Causse Noir, le Causse du Larzac et les Avant-Causses. Lors de la phase d'analyse de l'aménagement forestier il était constaté que près de 400 ha de peuplements étaient pâturés par 5 élevages et que de nouvelles demandes étaient en cours. On pouvait aussi y ajouter 200 ha en forêt communale. Peu de données étaient disponibles aussi bien sur les pratiques d'élevage, que sur les conséquences de cette activité sur le milieu forestier. Il est donc apparu nécessaire de faire un **état des lieux partagé**, c'est-à-dire une description initiale des milieux, à la fois du point de vue du forestier et de l'éleveur. Il importait de vérifier si on pouvait concilier sur le même espace, sylviculture et production de ressources pastorales, s'il était possible de combiner les deux modes de valorisations.

Cette étude, confiée à une élève ingénieur de l'école d'ingénieurs de Purpan (Durand Couppel de Saint

La réutilisation des parcours caussenards : un phénomène récent

C'est vers le début des années soixante, qu'à une gestion encore extensive succède une période d'intensification à outrance. La modernisation de l'élevage (amélioration génétique et rationalisation de l'alimentation) entraîne sur les Causses une moindre utilisation des parcours, pratique jugée peu efficace et archaïque. Cette évolution des pratiques s'inscrit dans les paysages avec le développement des accrus.

À partir des années 80, apparaît un renversement de tendance. Dans un nouveau contexte agricole (limitation de la production, augmentation du coût des fourrages, des concentrés, et culturel (les pelouses dites steppiques deviennent l'écosystème de référence pour la gestion de l'espace) se met en place un changement de stratégie avec un retour au pâturage sur parcours. Un retour motivé par la nécessité de réduire les charges d'alimentation et soutenu par des mesures agri-environnementales.

Aujourd'hui ce mouvement de réutilisation des parcours est considéré comme précaire. L'irrégularité interannuelle des précipitations (entraînant une très forte variation des ressources fourragères), avec des épisodes prolongés de sécheresse estivale, limiterait ou fragiliserait ce redéploiement pastoral (Marty, 2005). Mais ce sont aussi ces périodes de sécheresse qui ont rappelé que les milieux forestiers pouvaient offrir des ressources alimentaires non négligeables.

Front, 2007), appuyée par l'Institut d'élevage et l'IDF s'est déroulée en deux phases : d'abord une **description** des peuplements pâturés en utilisant la méthode de **caractérisation sylvopastorale** mise au point par des forestiers (IDF) et des pastoralistes (Institut d'élevage), en

suite une **analyse** des systèmes utilisateurs, forestiers et pastoraux.

Après un court exposé de la méthode utilisée, les résultats généraux de la description et de l'enquête sont présentés et discutés.

La description sylvopastorale : méthode

Toutes les formes de pâturage en forêt ne relèvent pas d'une approche sylvopastorale : il faut qu'il y ait une interface clairement identifiée entre les deux systèmes. Rappelons donc que le sylvopastoralisme est défini comme la combinaison sur le même espace : a) d'une amélioration de la ressource pastorale par la conservation de l'effet bénéfique de l'arbre sur le sous-bois et les animaux et b) d'un objectif forestier de production et de protection par la valorisation et l'entretien pastoral du sous-bois (Institut de l'élevage, 2005).

En conséquence, la description doit prendre en compte les trois strates de la végétation pour les évaluer à la fois qualitativement et quantitativement. Elle s'appuie sur la cartographie initiale, à l'aide de la photo aérienne, d'unités homogènes. Chacune fait ensuite l'objet d'une description sylvopastorale en 3 parties, qui se conclut sur une appréciation de synthèse : l'évaluation des potentiels pastoral et sylvicole doit permettre à ce stade une 1^{ère} interprétation sylvopastorale.

Les trois volets de la description concernent :

- la répartition des grands types de végétation (pelouses, landes, bois), qui peut être homogène ou en mosaïque ;
- le recouvrement et la composition de la végétation dans les différentes strates, selon les dispositions exposées ci-après ;
- la description des bois ; c'est la partie la plus évidente pour le forestier : essence, densité, hauteur, âge, surface terrière.

Le **couvert arboré** tempère les conditions pédoclimatiques, favorisant un décalage de la pousse de l'herbe et un maintien prolongé (c'est donc l'été et l'automne que les parcours boisés présentent le plus grand intérêt). Mais il doit être

Recouvrement	Strate herbacée	Strate arbustive
< 30 %	Faiblement enherbée	Peu embroussaillée
30 à 50 %	Moyennement enherbée	Moyennement embroussaillée
> 50 %	Très enherbée	Très embroussaillée

Tab. 1 : les classes de recouvrement définies dans le cadre de la description sylvopastorale pour les strates arbustive et herbacée

dosé pour à la fois favoriser l'herbe et conserver l'effet parasol. Deux critères ont donc été simplement retenus : peuplements fermés (houppiers jointifs) et peuplements ouverts. Pour les **strates arbustive et herbacée** trois classes de recouvrement sont définies pour juger de leur consistance (tableau 1).

En plus du recouvrement (aspect quantitatif), la qualité de la **strate herbacée** a été distinguée de façon très simplifiée en deux types : 1) les petites graminées, à feuilles fines ou enroulées (*Festuca* sp), constituant une pelouse sèche sur sols superficiel et 2) les graminées à feuilles larges (brome dressé et/ou brachypode penné) qui forment une pelouse à aspect de friche herbeuse dense. La distinction de ces deux types permet de prévoir la meilleure période de pâturage : le type 1 est peu productif mais avec une longue période de production ; le type 2 est plus productif mais à saisonnement tranché.

Si la **strate arbustive** est une entrave à la circulation du troupeau elle peut être aussi une ressource complémentaire. Il importe de préciser sa composition en broussailles comestibles (cornouiller, troène, feuillus divers...) et non comestibles (buis, genévrier...). Il est enfin utile de relever la présence de **rémanents**, en l'occurrence la « partie morte » du sous-étage ligneux (Guérin *et al.*, 2005). **Principal enjeu des interventions, la strate arbustive**, bien plus que les strates arborée et herbacée, est au centre de la gestion sylvopastorale (*ibid.*).

Résultats de la description et discussion

La forêt domaniale des Grands Causses a une histoire récente : formée par l'achat à partir de 1918 de propriétés agricoles délaissées, les reboisements en pin noir d'Autriche s'y sont succédés en plusieurs vagues. Les pineraies qui sont investies par les troupeaux ont été installées sur d'anciennes cultures et d'anciens parcours. Dans les forêts communales, des taillis de chêne pubescent sont aussi parcourus.

La méthode de description sylvopastorale a été mise au point pour appréhender des accrus souvent très hétérogènes. Simple et efficace, elle s'applique aisément à des peuplements réguliers pour lesquels on dispose déjà de données dendrométriques précises. L'estimation quantitative et qualitative des strates arbustives et herbacées a été plus difficile pour le forestier : la cohabitation de mosaïque de faciès l'a rendue parfois délicate.

Répartition des grands types de végétation

Trois grands types de répartition des boisements ont été reconnus dans les secteurs pâturés de la FD Grands Causses (figure 1). Le type 2, boisement homogène fermé, est largement dominant (60 % de la surface). Le type 1, homogène clair, correspond soit à des jeunes peuplements non encore fermés soit à des peuplements installés sur des stations très médiocres et naturelle-

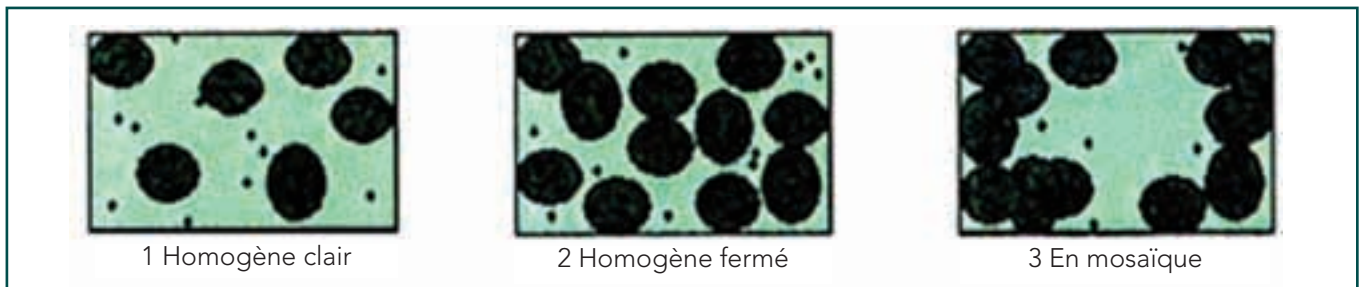


Fig. 1 : les types de répartition des boisements (d'après Répartition du couvert arboré, classement de l'institut de l'élevage ; Guérin et al., 2005)

ment clairs. Les taillis de chêne appartiennent le plus souvent au type 3, boisement en mosaïque.

Recouvrement et composition de la végétation dans les différentes strates

La composition de la **strate herbacée et muscinale** (recouvrement moyen de 55 %) est encore proche de celle des pelouses ou prairies initiales. Elle est dominée par deux graminées sociales peu consommées le brome dressé et le brachypode penné (figure 2).

La **strate arbustive** a un recouvrement moyen important (52 %) qui correspond à une situation très embroussaillée (même si cette moyenne masque une grande diversité de situations). Elle est peu diversifiée et largement dominée par des espèces non pâturées. Le buis a la plus forte incidence, il réduit considérablement la surface pastorale utile (figure 3). Espèce de demi-ombre, sa démographie est galopante en sous-bois de pin où la concurrence des graminées est plus faible. Une fois installé, il est presque indestructible, rejetant vigoureusement de souche après coupe ou incendie. Les moyens mécaniques pour le traiter sont peu envisageables car coûteux et inefficaces : ses rejets ne sont pas contrôlés par les animaux. Ce n'est pas le pâturage mais l'usage intensif comme combustible, engrais, litière... qui l'a fait régresser au début du 19^e siècle (son arrachage fut d'ailleurs un temps interdit, sa coupe réglementée).

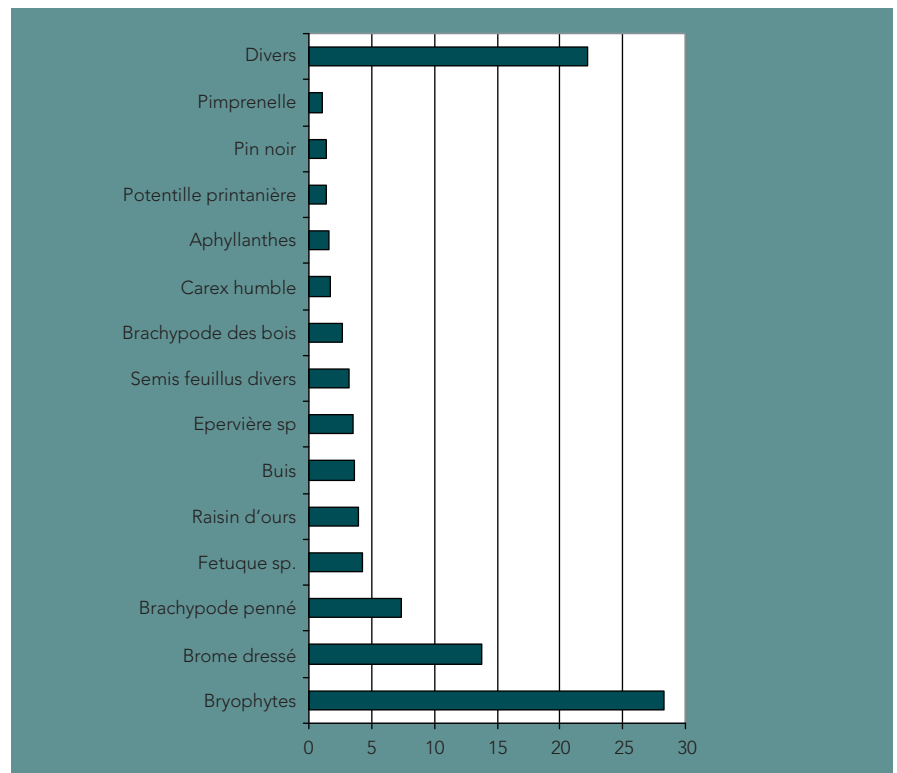


Fig. 2 : part des espèces dans le recouvrement (%) des strates herbacée, sous-arbustive et muscinale ; n'ont été détaillées que les espèces dont la contribution est supérieure à 1 %

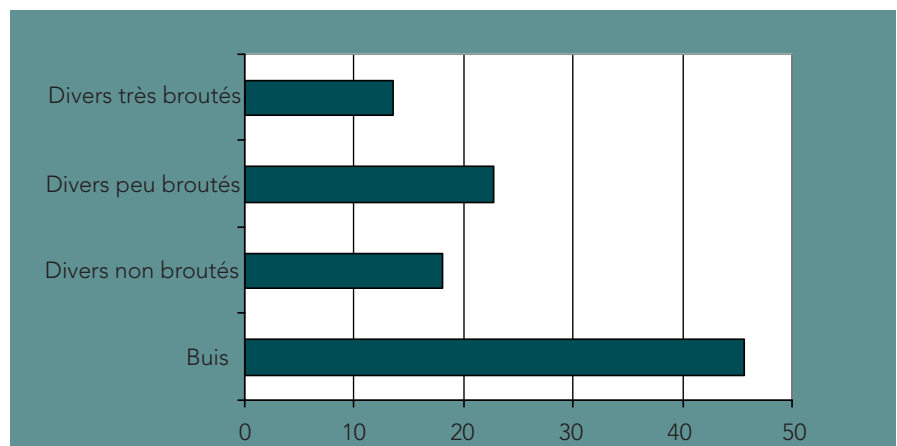


Fig. 3 : la strate arbustive des futaies de pin noir : contribution des espèces regroupées par degré d'appétence au recouvrement (%)



J.-P. Ansonnaud, ONF

Buis et rémanents sont les principaux obstacles à une valorisation pastorale en FD Grands Causses



J.-P. Ansonnaud, ONF

Boqueteau de chêne rendu impénétrable par le buis

Les **rémanents** peuvent occuper plus de la moitié de la surface. Ils constituent alors une entrave au déplacement des animaux et entraînent une perte de recouvrement de la strate herbacée.

Pour la **strate arborescente**, on note surtout que les peuplements de pin noir sont réguliers et monospécifiques : chênes pubescents et hêtres se mêlent très rarement à l'étage dominant. Le recouvrement moyen est de 66 %. Deux classes d'âges se distinguent :

- des jeunes plantations (10 à 20 ans) installées à une densité de 1 100/ha.
- des jeunes futaies (40 à 45 ans). Elles ont déjà connu une à deux fortes coupes d'éclaircies.

Dans les peuplements fermés les plus âgés, le développement d'une litière d'aiguilles à la décomposition lente a entraîné une acidification des horizons superficiels. Elle permet l'installation d'éléments liés aux sous-bois de conifères et d'une strate muscinale qui peut être très recouvrante. La composition du tapis végétal reflète le caractère récent de la forêt : elle est largement dominée par les espèces de pelouses et de fruticées. La dynamique forestière est peu engagée et fragile.

Quant au **taillis de chêne** de la forêt communale, il est constitué de boqueteaux rendus impénétrables par le buis et séparés par des couloirs herbeux plus ou moins larges qui sont les seuls herbages parcourus par les troupeaux.

Description des bois

La description des bois se fonde essentiellement sur les données de l'aménagement de la forêt domaniale des Grands Causses (2007-2026). La forêt domaniale a été divisée en 2 séries. La 1^{ère} série, ou série de production et de protection paysagère (2 085 ha), comprend la presque totalité des boisements de pin noir subdivisés en deux groupes en fonction de la fertilité :

- un groupe dit de gestion normale (859 ha) pour les peuplements de bonne fertilité avec la possibilité de substituer des essences plus valorisantes.
- un groupe dit de gestion extensive ou gestion minimale, économique (1 134 ha) pour les stations de faible fertilité où la faible qualité des bois ne justifie pas une sylviculture classique basée sur des prélèvements réguliers.

La 2^{ème} série, ou série d'intérêt écologique (1 576 ha) regroupe les quelques peuplements feuillus, les pineraies rupicoles, les milieux rocheux.

Deux problèmes : le buis, obstacle majeur, et l'éclairciment

Si 615 ha de forêts sont ouverts au pâturage, le recouvrement de la strate arbustive et la difficulté pour le troupeau à circuler réduisent fortement la surface utile pâturable qui tombe à 30 % de la surface totale. Alors si « *la capacité de maîtrise du sous-bois par le pâturage est déterminante* » si « *la gestion du sous-étage est la clé de la réussite du sylvopastoralisme* », (Guérin et al., 2005) on peut avoir, dès cette étape de l'analyse, des doutes sur la faisabilité et sa durabilité sur une grande partie du territoire de la FD. Le buis, sa progression, constituent le principal obstacle à une valorisation pastorale.

On a aussi pu s'interroger sur la possibilité théorique du pâturage dans les peuplements les plus productifs. La production d'herbe à un niveau utilisable en pâture nécessiterait la transmission en sous-bois d'au moins 30 % de la lumière solaire incidente, en d'autres termes un éclairciment relatif de 30 % : en dessous de ce seuil elle chuterait assez fortement (Balandier et al. 2002). De Montard préconise même **un éclairciment relatif de 40 %** (De Montard in Marsteau, 1999). Ce niveau d'éclairciment est obtenu pour

une surface terrière de 20 m²/ha alors que celle-ci, même dans le cas d'une sylviculture à faible densité sans préoccupation excessive de qualité n'est jamais abaissée au-dessous de 28 m²/ha (tableau 2).

L'analyse des systèmes utilisateurs

Les éleveurs

Un entretien a été réalisé avec les éleveurs. Il a permis de renseigner des données générales sur **l'exploitation** (historique, origines du pâturage en forêt, situation actuelle de l'exploitation), sur **le troupeau** (taille, race) et **sa conduite** dans l'année (reproduction, périodes sur parcours ou prairies) puis plus précisément sur la **gestion du pâturage en forêt** (milieu, périodes, surfaces, chargements, intérêt économique, contraintes...).

Le tableau 3 détaille les types de troupeaux, de peuplements utilisés, les surfaces forestières parcourues. Les élevages utilisateurs, principalement ovins laitiers, sont localisés à proximité des massifs boisés. L'importance des surfaces parcourues en forêt domaniale par rapport à la surface de l'exploitation est très variable : de 6 à 55 %. La plupart des éleveurs reconnaissent l'intérêt du pâturage en forêt en périodes de forte sécheresse (2003 a été l'année de la révélation) mais la pérennité et le développement de leur exploitation n'en dépendent pas à l'exception d'un seul cas (éleveur 4). Le parcours en forêt est un dépannage, une activité de « cueillette ». Pour le rapport le plus faible (éleveur 8) le peuplement de pin noir sert de « bergerie » d'été. La forêt permet une extension de la surface pastorale sans acquisition, c'est une réserve foncière occasionnelle utilisable à moindre coût.

La gestion des parcours boisés est très extensive, s'écartant des modes d'exploitation préconisés par l'Institut d'élevage (2005) :

Âge	Densité avant coupe (t/ha)	G avant coupe (m ² /ha)	ER %	Densité après coupe (t/ha)	G après coupe (m ² /ha)	ER%
42	1100	47	14	660	30	26
56	660	42	17	400	28	28
75	400	39	19	250	28	28
100	250	39	19			

Tab. 2 : exemple de la relation entre la surface terrière (G) et l'éclaircissement relatif (ER, pour un peuplement de pin noir en classe de fertilité 2, planté à une densité < 1300/ha

Source : ONF (1996), d'après les calculs de Paumier (1997) pour les pineraies de pin sylvestre pâturées des Causses et de la Margeride. On a utilisé pour le Pin noir les mêmes valeurs par défaut.

Éleveurs	Surface totale de l'exploitation (ha)	Surface pâturée (ha)	Type de peuplement	UGB*	Production
Forêt domaniale					
Éleveur 1	755	150 (20 %)	Futaie PNA** 45 ans	276	ovin lait
Éleveur 2	326	50 (15 %)	Futaie PNA 45 ans	114	ovin lait
Éleveur 3	300	40 (13 %)	Futaie de PNA 40 ans	78	ovin lait
Éleveur 4	200	109 (55 %)	Jeune plantation PNA 27 ans (1 100/ha)	54	ovin viande/équin
Éleveur 5	200	67 (33 %)	Jeunes plantations PNA, Cèdre	100	bovin viande
Total		416			
Forêts des collectivités					
Éleveur 6	190	73 (38 %)	Taillis de chêne	224	ovin lait/bovin viande
Éleveur 7	300	25 (8 %)	Taillis de chêne	162	ovin lait
Éleveur 8	740	41 (6 %)	Plantation PNA 20 ans	345	ovin lait/ovin viande
Éleveur 9	0	60 (100 %)	Futaie PNA 45 ans	10	équins
Total		199			

* UGB = unité de gros bétail (nombre de bêtes)

** PNA = pin noir d'Autriche

Tab. 3 : caractéristiques des exploitations d'élevage recourant au pâturage en forêt



J.-P. Ansonnaud, ONF

Faire de l'ombre, l'objectif principal de ce peuplement de pin ?

la taille des parcs est souvent trop grande pour permettre une utilisation correcte de la ressource en herbe et une maîtrise des strates basses. En outre l'utilisation n'est pas régulière : ainsi quand la production des pelouses a été favorisée par des précipitations plus abondantes comme en 2006, 2007, 2008, les éleveurs ont moins fait appel à la ressource des parcours boisés. Une interruption qui a été suffisamment longue pour permettre aux plantules de buis de s'installer définitivement.

Rémanents, broussailles ont été notés comme les principaux problèmes rencontrés. Mais leur traitement n'est pas envisagé. Dans 2 cas les relations avec les chasseurs ont parfois été tendues.

Les forestiers

Le sylvopastoralisme est censé apporter des bénéfices à chacune des deux parties, bonifier les deux valorisations, pastorale et forestière. La contribution apportée par l'élevage aux forêts étudiées n'apparaît cependant pas évidente pour les forestiers. **L'intérêt économique** immédiat est très faible sinon nul : les locations, les ventes d'herbe couvrent à peine la seule gestion des dossiers.

L'intérêt sylvicole n'est pas manifeste. L'entretien des boisements, notamment le débroussaillage, est avancé comme le principal apport du pâturage. Mais la forêt n'a pas besoin d'être « nettoyée » en dehors des secteurs où les risques d'incendie sont élevés : branches mortes et broussailles participent au bon fonctionnement de l'écosystème forestier. Et constatons que l'élevage n'est pas un outil de gestion très souple ni très performant : le mouton n'est pas un animal débroussaillier. Il ne peut pas se substituer à d'éventuels travaux d'entretien. Un ingénieur pastoraliste (Hétier, 1990) reconnaît que le parcours ne peut apporter qu'une régression du tapis herbacé concurrentiel au cours des stades jeunes. Le pâturage ne paraît donc pas pouvoir être un élément constitutif de la sylviculture. Il pourrait même avoir un impact négatif par la dégradation des sols due au piétinement.

L'intérêt écologique n'est pas évident non plus. Une forêt pâturée est un milieu modérément tamponné, défavorable aussi bien aux espèces de pelouses ouvertes qu'aux espèces sylvatiques.

L'intérêt social enfin, est plus flagrant : le pâturage fait entrer en forêt

des personnes motivées par sa protection. Il contribue à améliorer l'image des reboisements résineux souvent décriés et à leur redonner une finalité. Il devient même la principale justification des reboisements médiocres greffés coûteusement sur un causse dénudé : faire de l'ombre pour les randonneurs et les troupeaux pourrait devenir la principale finalité, leur seul objectif.

Appréciations/synthèse : intérêts et limites de l'aménagement sylvopastoral

Concilier les dynamiques

Il paraît difficile de vouloir optimiser à la fois la production de bois et la production de fourrages : **« L'optimum du fonctionnement de la partie commune remettra souvent en cause l'optimum possible de chacun des deux projets pris séparément »**. (INRA/CER-PAM, 1990).

La perte de production pastorale entraînée par la fermeture des couverts arborescent et arbustif est difficilement réversible (Étienne *et al.* 1994). Il est peu probable qu'un fort abaissement de la densité puisse redynamiser rapidement la strate herbacée. Sa réaction à l'éclaircie reste faible et le recours au sursemis doit être alors envisagé (Dorée *et al.*, 2003)¹.

Par ailleurs, la sylviculture du pin noir doit être un compromis acceptable entre croissance en diamètre et qualité du bois. Aussi l'intensité et la périodicité des éclaircies sont limitées par la capacité de réaction du peuplement qui doit pouvoir reconquérir l'espace laissé vide assez rapidement. Un déroulement contraire à celui favorable à l'herbe : un couvert clair maintenu par des éclaircies fréquentes. Dans les peuplements avec un objectif affirmé de production (en volume et

¹ Une observation faite pour le pin sylvestre qui doit se vérifier pour le pin noir.

qualité), le pâturage ne pourra être qu'occasionnel, possible temporairement à certains stades favorables.

Mais si l'on souhaite favoriser le pastoralisme, la forêt devient alors un pâturage arboré, ou « **l'arbre n'est plus l'essentiel mais l'accessoire** » (Challot, 1990). En FD des Grands Causses cette option peut être rationnelle et raisonnable pour les pineraies xérophiles souvent clairiérées. C'est le choix qui a été fait lors de l'aménagement sylvo-pastoral du Haut Verdon (Decaix, 1994) où, à côté de parquets strictement pastoraux ou forestiers, sont insérés des parquets de pâturages arborés installés dans les peuplements trop médiocres.

On peut enfin faire l'hypothèse que le sylvopastoralisme, pour être efficient devrait être un « *objectif clairement affiché d'entrée de jeu* » (Étienne et al., 1994). Car c'est sûrement le plus tôt possible qu'un peuplement doit être conduit vers une structure favorable à cet usage. Le pâturage, s'il est engagé dès le stade jeune peuplement pourra éviter les interventions lourdes, maintenir une pelouse diversifiée, limiter l'accumulation de litière, freiner à défaut de bloquer le développement de la strate arbustive. C'est ce qu'avait déjà envisagé, en se projetant loin dans l'avenir, le conseil municipal du Viala du pas de Jaux (Causse du Larzac) qui en 1912 demandait une subvention « **pour faire une plantation de pin noir destinée à faire pousser l'herbe et à créer un pré-bois** ».

L'implication des acteurs

La situation actuelle, même si elle ne paraît pas devoir être durable du fait de la progression du buis, semble satisfaire les uns comme les autres. Par facilité ? Ni les éleveurs ni les forestiers ne peuvent trouver de motivations suffisantes pour investir et s'investir. Aucune impérieuse

nécessité ne les pousse. Il est donc difficile dans le contexte cause-nard, en dehors de quelques rares situations propices, de trouver une synergie entre les deux activités. Les interventions sylvicoles suivent leur rythme sans intégrer les besoins de l'élevage, elles n'ont pas pour objectif de favoriser la ressource pastorale. L'élevage utilise de façon opportuniste les parcours boisés sans participer à leur gestion. Les deux pratiques restent donc dissociées, chacune suivant ses logiques propres

Mais il faut se rendre à l'évidence : **une forêt domaniale n'est pas une exploitation agricole**. Or c'est le plus souvent dans ce cadre que le sylvopastoralisme a été mis en œuvre, avec pour objectif de reconquérir des espaces abandonnés, de « réinsérer dans le système pastoral des formations boisées difficilement valorisables par une sylviculture classique » (Guérin et al., 2005). Un éleveur propriétaire de bois a la possibilité de réaliser une amélioration sylvopastorale à temps perdu, de valoriser le bois récolté par autoconsommation, de pratiquer une sylviculture d'arbre, d'opérer des prélèvements diffus... et de bénéficier de financements. Un mode de fonctionnement qui n'est pas celui du forestier.

C'est donc encore dans le cadre d'un projet DFCI financé que les deux systèmes trouveraient le mieux à collaborer, se combiner (INRA/CERPAM, 1990). Mais c'est aussi quand « *sylviculture et pastoralisme font chambre à part plutôt que chambre commune que la protection de la forêt est la mieux assurée* » (Challot, 1990).

Conclusion : un bilan mitigé

Est-il possible de passer du pâturage en forêt au sylvopastoralisme ? Y a-t-il réellement un intérêt à articuler les deux modes de valorisation ?

Le sylvopastoralisme, présenté depuis une trentaine d'années comme devant permettre la valorisation de vastes espaces en région méditerranéenne, « *reste encore à inventer* » (Guérin et al., 2005), en est toujours à expérimenter ! Ainsi pour d'autres territoires que les Causses, l'inventaire critique de réalisations récentes a montré que sous le vocable « sylvopastoral » avaient été simplement mis en place du pâturage en forêt ou une juxtaposition d'actions sylvicoles et pastorales (*ibid.*). Dans les Causses, les aménagements sylvopastoraux ne s'inscrivent pas dans une tradition et restent rares : c'est donc plutôt une dynamique de fermeture qui continue à y prévaloir (Marsteau et al., 1999). La « *synergie sylvopastorale malgré ses promesses ne s'étend guère...* », « *peine à s'insérer dans la réalité* » (Guérin et al., 2005).

On peut le comprendre : « *une intervention sylvopastorale engage des opérations lourdes de longue durée [...] exige beaucoup de temps et de travail [car elle accumule les contraintes techniques], pour une promesse de revenu à long terme incertain* » (Institut d'élevage, 2005). Des difficultés annoncées qui peuvent faire réfléchir, aussi bien l'éleveur qui raisonne à relativement court terme que le forestier à la gestion de plus en plus réfléchi et économe.

Alors, si le sylvopastoralisme n'est toujours pas devenu incontournable, la faute en revient forcément aux éleveurs et forestiers qui « *ne veulent pas sortir de leur point de vue, de leur logique propre* », qui ne se laissent pas emporter par « *l'enthousiasme de l'innovation* »... Et aussi à « *un encadrement technique et à des crédits incitatifs notoirement insuffisants* » (Guérin et al., 2005) ; mais non pas aux réalités du terrain ?

2 On peut aussi se demander si ce n'est pas sa définition très restrictive, sa rigidité théorique qui pourrait en fait rendre ce « concept innovant » aussi peu opératoire.

Qui émet des doutes sur cette panacée, sur ce mariage idyllique, s'expose à être dénoncé comme « *fonctionnaire rigide enfermé dans ses préjugés ancestraux* » (Challot, 1990). Pourtant, de nombreux blocages, économique, écologique, physique... limitent aujourd'hui la possibilité d'un pâturage durable en forêt domaniale des Grands Causses. Comme d'ailleurs sa généralisation sur un territoire où les accrus occupent de vastes surfaces. Malgré quelques initiatives individuelles, les aménagements sylvo-pastoraux ne peuvent avoir qu'une ampleur limitée en surface et dans le temps.

Alors même que les systèmes agricoles actuels ne parviennent pas à maintenir les paysages ouverts, emblématiques des Causses (Marty, 2005) la priorité actuelle serait plutôt à bloquer la progression de la forêt, à empêcher qu'elle ne prenne une trop grande place dans l'espace plutôt qu'à réoccuper à grands frais des boisements médiocres.

Il faudra donc probablement une aggravation des conditions économiques (augmentation des matières premières agricoles...), une crise énergétique entraînant une nouvelle faim de bois, une aggravation annoncée des conditions climatiques pour que les pratiques actuelles soient modifiées ou profondément remises en cause.

Nicolas MOLARD

Chef de projet aménagement
ONF, agence de Castres

**Pauline DURAND COUPPEL
de SAINT FRONT**

4^e année Ecole d'ingénieurs de Purpan

Jean-Pierre ANSONNAUD

Agent patrimonial
ONF, UT Sud-Aveyron

Bibliographie

BALANDIER P., RAPEY H., RUCHAUD F., DE MONTARD F.X., 2002. « Agroforesterie en Europe de l'Ouest : pratiques et expérimentations sylvo-pastorales des montagnes de la zone tempérée », Cahiers Agricultures n° 11, pp. 103-113

CHALLOT A., 1990. Sylvopastoralisme de quoi s'agit-il ? Revue Forestière Française, n° spécial Espaces forestiers et incendies, pp. 173-179

DECAIX G., 1994. Sylvopastoralisme dans le Haut Verdon. Revue Forestière Française, n° spécial Agroforesterie en zone tempérée, pp.49-60

DORÉE A., DE MONTARD F.-X., TRAUB N., 2003. Valorisation et gestion sylvo-pastorale de boisements naturels de pin sylvestre. Fourrages n°176, pp. 463-478

DURAND COUPPEL DE SAINT FRONT, 2007. Sylvopastoralisme dans les forêts domaniales et communales des Grands Causses. Toulouse : École d'ingénieurs de Purpan. Mémoire de stage 4^e année, 71 p.

ETIENNE M., HUBERT B., MSIKA B., 1994. Sylvopastoralisme en région méditerranéenne. Revue Forestière Française, n° spécial Agroforesterie en zone tempérée, pp. 30-41

GUÉRIN G., MACRON M.-C., PICARD O., 2005. Sylvopastoralisme du pin sylvestre et du chêne pubescent. Rapport de synthèse. Programme ACTA 2002-2004. Institut de l'élevage. 37p.

HÉTIER J.-P., LILIN C., 1989. Les espaces boisés méditerranéens et leurs ressources. Forêt méditerranéenne, tome XI, n° 3, pp. 226 -237

INRA-Ecodéveloppement, CER-PAM, 1990. Espaces forestiers, élevages et incendies. Revue

Forestière Française, n° spécial Espaces forestiers et incendies, pp. 173-179

Institut de l'Élevage, Institut pour le Développement Forestier, 2005. Sylvopastoralisme, les clés de la réussite. Institut de l'Élevage. 77 p.

MARSTEAU C, BRESSON J, BOUCHAUD J, AGRECH G, 1999. Dynamique des pineraies de pin sylvestre des parcours des Causses. Clermont-Ferrand : Cemagref ; 51 p.

MARTY P., 2005. Activités humaines et production des espaces naturels. In : Les biodiversités : objets, théories, pratiques (Marty P., Vivien F.-D., Lepart J. & Larrère R., eds.), pp.195-208. Paris : CNRS Editions

PAUMIER C., 1997. Première approche d'un bilan technique et économique des aménagements sylvo-pastoraux en Lozère. Clermont-Ferrand : Cemagref. Mémoire d'ingénieur ENITA, 36p.

Conserver les ressources génétiques du chêne sessile en France : Pourquoi, comment ?

Voici le cinquième article de la série sur la conservation *in situ* des ressources génétiques forestières. Après la présentation des enjeux du dispositif et celle des réseaux conservatoires de trois résineux (RDVT n°17, 18 et 19), nous abordons maintenant le cas d'un feuillu d'importance : le chêne sessile.

Un complexe d'espèces

Sous l'appellation « chêne » se cachent plus de 500 espèces capables de coloniser des milieux très variés tels que les forêts pluviales d'Asie du Sud-Est, le chaparral (maquis d'arbustes xérophiiles californien et mexicain) ou nos forêts tempérées. Les botanistes ont d'ailleurs subdivisé le genre *Quercus* en 4 sections regroupant de quelques espèces jusqu'à 152 espèces. En France, nous connaissons principalement 8 espèces : 4 à feuillage persistant de la section *Cerris* (chêne vert, chêne kermès, chêne liège, chêne chevelu) et 4 à feuilles caduques de la section *Quercus* (chêne pédonculé, chêne sessile, chêne pubescent, chêne tauzin). Nous nous intéresserons principalement à la section *Quercus* ou chênes blancs, qui comprend nos 4 taxons à feuilles caduques, et qui constitue le complexe des chênes blancs car ils s'hybrident facilement et échangent donc des gènes.

Compte tenu des relations intimes qui existent entre ces espèces, il est difficile de parler du chêne sessile sans évoquer les autres espèces du complexe. Nous verrons plus loin les conséquences de ces liens en terme d'évolution et de diversité génétique.

Les chênes blancs... composante majeure du paysage forestier de production

Les données IFN issues du dernier inventaire 2005-2006 font état d'une surface nationale de peuplements de production à dominante de chênes blancs de 4,6 millions d'ha, soit 30,6 % de la surface boisée. Après le hêtre, les peuplements à dominante chêne pédonculé occupent la plus vaste surface avec 9 % de la surface boisée nationale. Ils sont suivis par les peuplements à dominante chêne sessile (8 %), puis à chênes pubescents (7,4 %) et les peuplements mélangés de chêne blanc (6,1 %).

Les forêts de production de chênes blancs se répartissent sur tout le territoire français. Le chêne pédonculé est présent partout en fortes proportions, sauf dans le Sud-Est. Le chêne sessile est essentiellement présent sur un large bandeau Nord-Est/Centre-Est/Nord-Ouest. Le chêne pubescent occupe quasiment tout le territoire, excepté le quart nord-est du pays.

En terme de production, les chênes blancs représentent un volume sur pied de 660 mm³, avec une production annuelle de 19,4 mm³. Pour la filière bois, ils représentent en tout

46 % de la production de bois d'œuvre feuillu française soit 2,8 Mm³ (données 2005). Ce volume doit être majoritairement attribué aux chênes sessile et pédonculé. Ces chiffres soulignent l'importance économique de ces deux espèces.

Une aire naturelle de répartition très vaste

Ensemble, nos 4 espèces de chênes blancs couvrent toute l'Europe jusqu'à la Russie.

Le chêne pédonculé s'étend sur la plus grande surface, allant du Portugal au sud de la Scandinavie, et de l'Irlande à l'Oural. L'aire de répartition du chêne sessile est proche de celle du chêne pédonculé en étant plus limitée au sud et à l'est : elle s'étend de l'Irlande à l'Ouest de l'Ukraine, et du Nord-Ouest de l'Espagne au Sud de la Scandinavie (figure 1).

Les chênes pubescent et tauzin ont des aires de répartition plus limitées aux régions sud. Le premier occupe la moitié sud de l'Europe. Le second est cantonné au Sud-Ouest de l'Europe et au Maroc.

La répartition actuelle de ce complexe résulte d'une recolonisation postglaciaire.



Fig. 1 : aire de répartition du chêne sessile (*Quercus petraea*) (Ducouso et Bordacs, 2004)

Une très forte diversité génétique à toutes les échelles

Les études moléculaires et phénotypiques de différentes populations de chêne ont mis en évidence une très importante diversité génétique chez les chênes, bien supérieure à celle des autres essences étudiées. Cette diversité très élevée est probablement liée à leur longévité. Elle leur permet notamment de s'adapter aux modifications de milieu.

Cette diversité génétique se structure géographiquement :

■ selon un gradient longitudinal est-ouest qui reflète l'histoire de la recolonisation postglaciaire. Lors des dernières glaciations, les chênes étaient en effet répartis dans 3 refuges : la péninsule ibérique, les Balkans, et l'Italie. Lors du dernier réchauffement climatique qui a débuté il y a 13 000 ans, les chênes ont recolonisé l'Europe à partir de ces trois refuges de la manière suivante : les chênes du refuge ibérique ont colonisé la partie ouest de l'Europe délimitée par la ligne Toulouse – Cologne – Amsterdam, tandis que ceux des 2 refuges balkanique et italien ont colonisé l'Europe centrale et orientale.

■ Selon la position géographique des populations de chêne par rapport à son aire naturelle : les populations situées en marge de l'aire (Sud des Alpes, Pyrénées, extrémité Ouest de la Bretagne) se différencient en effet génétiquement des populations plus centrales par une plus grande richesse allélique. À l'échelle nationale, les populations de chêne sessile d'Alsace (pays de Bitche) sont plus proches génétiquement des populations d'Europe du nord que des autres provenances françaises.

Parallèlement à ces deux grandes tendances, liées essentiellement à l'histoire des populations, on trouve une autre structuration liée à la pression de sélection naturelle locale. Les tests de comparaison de

Présentation du réseau expérimental de tests de comparaison de provenance de chêne

En 1990, l'ONF et l'INRA ont signé une convention de recherche sur la diversité génétique des chênes blancs. Les objectifs de cette convention sont principalement :

- d'analyser les processus de sélection phénotypique pratiquée en forêt par le sylviculteur et d'évaluer leurs impacts ;
- d'identifier les ressources génétiques à conserver ;
- d'estimer l'impact des changements climatiques sur le comportement de diverses provenances ;
- d'améliorer le transfert et le choix des matériels forestiers de reproduction.

Pour répondre à ces objectifs, l'INRA et l'ONF ont installé un réseau multisite de tests de comparaison de provenances et 1 test de descendance. Les 4 sites choisis pour l'implantation du réseau de comparaison de provenance sont répartis selon un gradient est-ouest : FD Petite-Charnie (72), FD Vierzon (18), FD Sillegny (57) et FD Vincence (58). Ils correspondent à 4 situations pédoclimatiques contrastées. Les provenances testées sont identiques dans les 4 sites. Au total, 124 populations de chêne (107 de chêne sessile et 17 de chêne pédonculé) sont évaluées dans chacun des sites. Sur ces 124 provenances, 73 sont françaises et 51 proviennent du reste de l'Europe, de l'Irlande au Caucase, et de la Turquie au Danemark. La plupart (54) des provenances françaises sont issues de peuplements classés. Chaque test a été installé en 4 tranches successives correspondant à 4 années de récolte de glands (1986, 1987, 1989, et 1992). Il est prévu de suivre ces tests sur au moins 75 ans.

Des mesures de phénologie (débourrement, marcescence), de vigueur (hauteur, circonférence) et de forme (branchaison, rectitude) sont prises régulièrement dans ces tests. L'analyse des premières séries de mesures a abouti à une première structuration de la variabilité génétique des populations testées. Les prochaines mesures permettront d'affiner progressivement ce schéma. L'évaluation à 10 ans de ce réseau est notamment achevée.

provenance de chêne mis en place par l'INRA et l'ONF (encadré) montrent en effet des différences de croissance, de forme et de phénologie du débourrement entre les populations testées. Sur la phénologie, un effet net de la latitude d'origine a été mis en évidence. Les provenances du sud sont plus précoces et celles du nord sont plus tardives. Ce cline est opposé à celui observé pour la plupart des essences.

Le niveau de diversité des chênes observé à l'échelle nationale française représente la majorité de la diversité génétique présente à l'échelle de l'aire naturelle.

Une mutualisation des capacités pour la conquête de nouveaux territoires

Nous avons vu précédemment comment se répartissent géographiquement les différentes espèces du complexe des chênes blancs. Cette répartition répond à des comportements et des exigences écologiques variables d'une espèce à l'autre.

De par son caractère héliophile dès le jeune âge, le chêne pédonculé se comporte comme un pionnier. Présent partout, il préfère les milieux fertiles et bien alimentés en eau comme les milieux alluviaux. Le chêne sessile supporte mieux les milieux ombragés dans le jeune âge. Il préfère les sols acides, bien drainés et résiste bien à la sécheresse estivale. Le chêne pubescent est thermophile. Il se rencontre sur sols secs souvent superficiels comme les coteaux. Il est inféodé aux substrats calcaires dans la partie nord de son aire. Le chêne tauzin, également thermophile, est plus inféodé aux sols secs acides à très acides.

Ces quatre espèces ont ainsi des exigences complémentaires. Or, l'ensemble des chênes appartenant au complexe d'espèce des chênes

blancs (chêne pédonculé, chêne sessile, chêne pubescent, chêne tauzin, etc.) sont capables de s'hybrider entre eux. Il s'agit le plus souvent d'une hybridation unidirectionnelle. Dans le cas du couple sessile/pédonculé, le chêne sessile pollinise le chêne pédonculé mais l'inverse ne se produit que rarement. Ce mécanisme permet ainsi au chêne sessile d'occuper de nouveaux milieux déjà colonisés par le chêne pédonculé (pionnier). Cette migration se fait donc par voie de pollen et non par les graines. On comprend ainsi pourquoi les peuplements mélangés chêne sessile – chêne pédonculé sont si fréquents.

L'association entre la spécialisation édaphique de chaque espèce et ses capacités d'hybridation interspécifique constitue ainsi une stratégie efficace et originale de conquête de nouveaux milieux. On peut supposer que ce processus évolutif sera mis en jeu sous l'action des changements climatiques à venir. Les chênes thermophiles (tauzin, pubescent) pourraient ainsi migrer vers le nord en s'hybridant avec les chênes tempérés (pédonculé, sessile) du complexe... Mais on entre ici dans un autre débat.

Pourquoi conserver les ressources génétiques du chêne sessile ?

Nous avons vu auparavant que le complexe des chênes blancs se caractérisait par une forte diversité génétique. En constituant un réservoir de gènes important, cette diversité garantit la pérennité de l'espèce. Ces gènes peuvent en effet être échangés et permettre aux populations d'évoluer en fonction de nouvelles contraintes du milieu.

Le choix du chêne sessile

D'un point de vue évolutif et génétique strict, la conservation des ressources génétiques doit concerner les 4 espèces du complexe des chênes blancs.

Cependant, l'ampleur de la tâche a conduit la CRGF (Commission des Ressources Génétiques Forestières) à s'attacher dans un premier temps à la conservation du seul chêne sessile. Ce choix tient à l'importance économique et à la part de surface forestière occupée par cette espèce sur laquelle on dispose par ailleurs du maximum de données scientifiques : analyses moléculaires, étude des caractères adaptatifs via les tests de comparaison de provenances. Le choix des unités conservatoires peut ainsi s'appuyer sur des données tangibles.

Les menaces sur les ressources génétiques du chêne sessile

■ Pollution génétique par des provenances étrangères

L'introduction de provenances étrangères dans les reboisements ou les régénérations artificielles constitue une menace importante. Au stade adulte, ces peuplements peuvent en effet polluer génétiquement les peuplements autochtones voisins via les flux de pollen. De nombreux peuplements sont issus des reboisements massifs réalisés dans les années 1960 avec des origines incertaines. Ils constituent donc une source potentielle de contamination (perte d'intégrité génétique dont on ne maîtrise pas les conséquences). Heureusement, la réglementation sur les matériels forestiers de reproduction, mise en place depuis 1974 pour le chêne sessile, limite les introductions de matériel étranger. Les directives actuelles encouragent le plus souvent possible la régénération naturelle. Dans les cas où il faut recourir à la plantation, elles recommandent d'utiliser du matériel forestier issu des peuplements classés les plus proches. Néanmoins, la couverture du territoire par les peuplements classés n'est pas totale et certains peuplements classés produisent peu de glands. Dans quelques régions, notamment de l'Est, des pénuries chroniques de glands obligent les reboiseurs à recourir à du matériel étranger ou à des provenances éloi-

gnées. Enfin, la tentation reste grande de privilégier l'achat d'une provenance moins chère et disponible... Une expérimentation conduite sur l'ensemble du massif forestier de Compiègne montre que, depuis les années 1970, les introductions de matériels forestiers de reboisement d'origine lointaine représentent autour de 20 % des surfaces régénérées.

■ *Vulnérabilité des populations marginales*

Certaines provenances, localisées en situations marginales, notamment en limite d'aire risquent de disparaître. Or elles se différencient nettement des autres du point de vue moléculaire (voir plus haut). De par leur situation, elles possèdent aussi souvent des caractères adaptatifs originaux. L'intérêt de leur conservation est donc indiscutable. Malheureusement, ces populations sont le plus souvent isolées, de faible effectif, situées en milieux vulnérables (risques d'incendie en zone méditerranéenne). Leur sylviculture, et en particulier la conduite de leur régénération, est en outre mal maîtrisée. Enfin, la pression humaine (touristique, industrielle, urbaine) s'exerce dans un certain nombre de sites et menace des populations endémiques à forte valeur génétique.

■ *Difficulté de gestion des peuplements mélangés de chêne blanc*

Nous avons évoqué auparavant les effets positifs de l'hybridation sur le potentiel adaptatif des chênes blancs. Il est donc nécessaire de maintenir la coexistence des différentes espèces de chênes à l'échelle d'un massif. Or les techniques sylvicoles actuelles tendent souvent à « épurer » les peuplements. Les raisons en sont souvent économiques. Par exemple le chêne pubescent, de moindre rapport que les chênes sessile ou pédonculé, tend à être éliminé dans les stations à bon potentiel. Des raisons sanitaires peuvent également orienter les choix sylvicoles vers des peuplements monospécifiques de chêne. Les dépérissements du chêne pédonculé conduisent actuellement les fores-

tiers à éliminer progressivement des stations sèches au profit du chêne sessile. Ainsi, ces pratiques risquent de limiter, à terme, les possibilités évolutives des différentes espèces du complexe des chênes blancs.

■ *Une pression du gibier croissante*

Depuis quelques années, on assiste à une explosion des populations de cervidés dans un grand nombre de massifs. Ce déséquilibre sylvo-cynégétique rend difficile voire parfois impossible le renouvellement des peuplements par régénération naturelle. Le recours à la régénération artificielle devient alors quasi systématique dans certaines zones. Aux « pertes génétiques » engendrées par la disparition des semis naturels, s'ajoutent alors les risques de contamination liés aux reboisements artificiels.

■ *Et les changements climatiques ?*

Cette nouvelle menace n'avait pas été prise en compte lors de la création du réseau de conservation du chêne sessile en 1998. Depuis, les modèles climatiques et écophysiologiques ont permis de mieux cerner l'ampleur du danger. On ne sait pas aujourd'hui si les capacités d'adaptation des chênes blancs leur permettront de supporter le rythme et l'intensité des changements climatiques. Cependant, le maintien de la diversité génétique et des possibilités d'hybridation interspécifiques au sein du complexe des chênes blancs constituent leurs meilleures chances de survie.

Constitution du réseau de conservation *in situ* du chêne sessile

Ses objectifs

À l'origine de la création du réseau conservatoire du chêne sessile, quatre objectifs ont été définis pour répondre aux menaces préalablement identifiées :

- Objectif 1 : échantillonnage de la diversité génétique et de la variabilité phénologique et écologique des populations de chêne sessile ;

- Objectif 2 : préservation des mécanismes générant la diversité, notamment l'hybridation interspécifique ;
- Objectif 3 : conservation des « crus » et des types de sylviculture (futaie, taillis...). La diversité des pratiques sylvicole semble avoir généré des écotypes particuliers qui se différencient nettement dans les tests de comparaison de provenances de l'INRA.
- Objectif 4 : sauvegarde des ressources en danger ou en situation marginale.

La constitution du réseau actuel s'appuie avant tout sur l'objectif 1. Néanmoins, certaines unités conservatoires entrent dans le champ des autres objectifs. Nous les détaillerons par la suite.

La sélection des unités conservatoires

Les données issues des études génétiques de l'INRA ainsi que les premiers résultats des tests de comparaison de provenances ont permis de définir un échantillon de populations représentatives de la diversité génétique du chêne sessile. 20 populations ont été retenues en fonction de leurs caractéristiques génétiques (marqueurs moléculaires et phénotypiques) et de critères stationnels (tableau 1). Ces 20 unités conservatoires (UC) sont réparties sur tout le territoire mais la majorité est concentrée sur la zone de production de chêne sessile (figure 2). On rencontre néanmoins 3 unités conservatoires en situation marginale : Vachères (PACA), Bareilles (Midi-pyrénées), Haguenau (Alsace).

L'UC de Vachères est située en limite d'aire de répartition du chêne sessile. Elle est extrêmement vulnérable : risques de dépérissement liés aux déficits hydriques et de destruction par incendie (fréquents dans cette région). Des difficultés de régénération sont en outre à craindre. Un projet de sauvegarde particulier vient d'être mis en place

Populations	Géographie		Données pédoclimatiques				Marqueurs quantitatifs						Marqueurs moléculaires			
	Région	Alt. (m)	Pédologie		Climat		Phénologie		Croissance		Architecture		Multicar.	Isoenzymes		ADN
			pH [1]	Hydr [2]	Tm [3]	DH [4]	Déb [5]	Mar [6]	Ht [7]	Poly [8]	Br [9]	AFD [10]	A [11]	He [12]	ADNcp [13]	
FD Bareilles	Midi-Pyrénées	1 410	a	O	11.8	-14								ma	mh	J
FD Bercé	Pays de Loire	160	aa	O	11.1	-235	p	F	V	P	B	C		ma	mh	J
FD Bommiers	Centre	166	B	O	11.0	-265	p	F	f					ma	mh	J
FD Bussièrès	Champagne-Ard.	330	B	H	8.9	-69	p	F	V	P+				ma	mh	J
FD Compiègne	Picardie	75	AA	O	10.0	-254	T		V					ma	H	J
FD Fontainebleau	Ile-de-France	80	AA	O	10.6	-279	T	M+	v	P+	b			ma	H	J
FD Grésigne	Midi-Pyrénées	305	aa	O	12.9	-279	P		f							J
FI Haguenau	Alsace	150	AA	H	10.1	-141										B
FD Le Gavre	Bretagne	25	aa	H										a	mh	J
FD Loches	Centre	130	a	O												
FD Orléans	Centre	135	A	H	10.6	-271	P		v	P+	B			A	mh	J
FD Prémercy	Bourgogne	300	a	O	10.3	-121	t	M+	v	P				ma	mh	J
FD Réno Valdieu	Normandie	230	aa	O	10.4	-189	p	M+	V	P+	b-					J
FD St Aubin du Cormier	Bretagne	75	a	h			t	M	f	m				A	mh	J
FD Sturzellbronn	Lorraine	370	A	O			T	M	F	M		P		ma	H	B
FD Temple	Lorraine	165	A	O	10.5	-90	p							a	mh	J
FD Tronçais	Auvergne	240	n	O	10.3	-159	t	M	V	P+				ma	mh	B
FC Vachères	P.A.C.A.	650	a	O			P	f	F			E		ma	mh	R
FD Vouillé	Poitou-Charentes	130	aa	O	11.3	-289	t		F	P+	b-					
FC Westhoffen	Alsace	400	aa	O			P	F		m						J

- [1] pH : B = basique, N = neutre, a = peu acide, aa = moyennement acide, AA = podzol
 [2] Hydromorphie : H = forte, h = faible ou temporaire, O pas d'hydromorphie
 [3] Tm : température annuelle moyenne en °C
 [4] DH : déficit hydrique en mm pendant la saison de végétation
 [5] Déb : débournement P = précoce, p = peu précoce, t = tardif, T = très tardif
 [6] Marcescence : M+ = très marcescent, M = marcescent, F = faible marcescence, f = pas marcescent
 [7] Ht, vigueur estimée par la hauteur totale : V = très vigoureux, v = vigoureux, f = peu vigoureux, F = faible croissance
 [8] Poly, importance du polycyclisme : P+ = très polycyclique, P = polycyclique, m = peu polycyclique, M = monocyclisme majoritaire
 [9] Br : nombre de branches par mètre : B+ = très branchu, B = branchu, b = peu branchu b- = branchaison très peu importante
 [10] AFD sur des marqueurs quantitatifs : C = position centrale dans le nuage de points, P = position périphérique, E = excentrée
 [11] A : nombre d'allèle moyen par locus : A = diversité forte, ma = diversité moyenne, a = diversité faible
 [12] He hétérozygotie théorique : H = hétérozygotie forte, mh = hétérozygotie moyenne, h = hétérozygotie faible
 [13] ADNcp lignée du cytotype chloroplastique : J = jaune, B = bleu, R = rouge

Tab. 1 : synthèse des caractéristiques des populations du réseau de conservation des ressources génétiques du chêne sessile

sur cette UC avec le financement de l'ONF et du ministère de l'agriculture (encadré). **L'UC de Bareilles** se situe également en limite d'aire, mais aussi en limite d'altitude (1 400 m). La régénération du chêne sessile dans ce type stationnel n'est pas maîtrisée. Enfin, **L'UC de Haguenau** constitue l'un des derniers vestiges des anciens peuplements de chêne sessile qui peuplaient autrefois cette région. Elle se caractérise par des sols podzo-

liques hydromorphes très peu favorables au chêne sessile. L'absence de peuplements classés dans cette forêt et la difficulté de régénérer naturellement les peuplements existants contribuent à l'élimination progressive de cette ressource génétique. Si l'objectif 1 prévalait dans la constitution de ce réseau conservatoire, le choix des 3 UC marginales répond aussi en partie à l'objectif 4 (sauvegarde des ressources en danger ou en situation marginale). Sur les 20 UC,

certaines sont constituées d'un mélange avec d'autres chênes blancs, qui répond, là aussi partiellement, à l'objectif 2 (maintien des mécanismes générant la diversité). Leur liste figure dans le tableau 2. Seul l'objectif n° 3 (conservation des crus et des types sylvicoles) n'a donc pas, pour le moment, été pris en compte dans la constitution du réseau actuel.

Caractéristiques et gestion des unités conservatoires

Afin d'assurer la pérennité du réseau, les unités conservatoires sont localisées en **forêt publique**, domaniale ou communale.

Comme pour les autres réseaux conservatoires, elles sont constituées de peuplements **d'origine autochtone**. Seules les UC de Bercé, Grésigne et Haguenau comportent des introductions. Pour différentes raisons (écarts d'âge, provenance retenue, proportion de plants utilisés), ces introductions ne devraient cependant pas altérer leur intégrité génétique. Chaque unité conservatoire (figure 3) est constituée :

- d'un **noyau dur** qui constitue la zone de conservation au sens strict. Sa surface doit être suffisante pour garantir un nombre de reproducteurs suffisant, soit 15 ha minimum. Dans le réseau, elle varie de 13 ha à 45 ha.
 - d'une **zone tampon ou zone d'isolement** qui protège le noyau dur des flux de gènes extérieurs. Elle doit couvrir environ 100 ha. Dans le réseau, elle s'étend sur 95 à 180 ha.
- Les surfaces de ces deux zones varient sensiblement suivant les UC. Ces différences s'expliquent entre autre par les découpages parcellaires, la prise en compte du taux de mélange avec d'autres essences et la vulnérabilité des peuplements.

Les unités conservatoires sont constituées à **80 % de chêne sessile** dans la majorité des cas. Seules les UC de Vachères, Compiègne et Haguenau dérogent à la règle. Dans les 2 premiers cas, on cherche à maintenir le mélange de chênes blancs pour faire

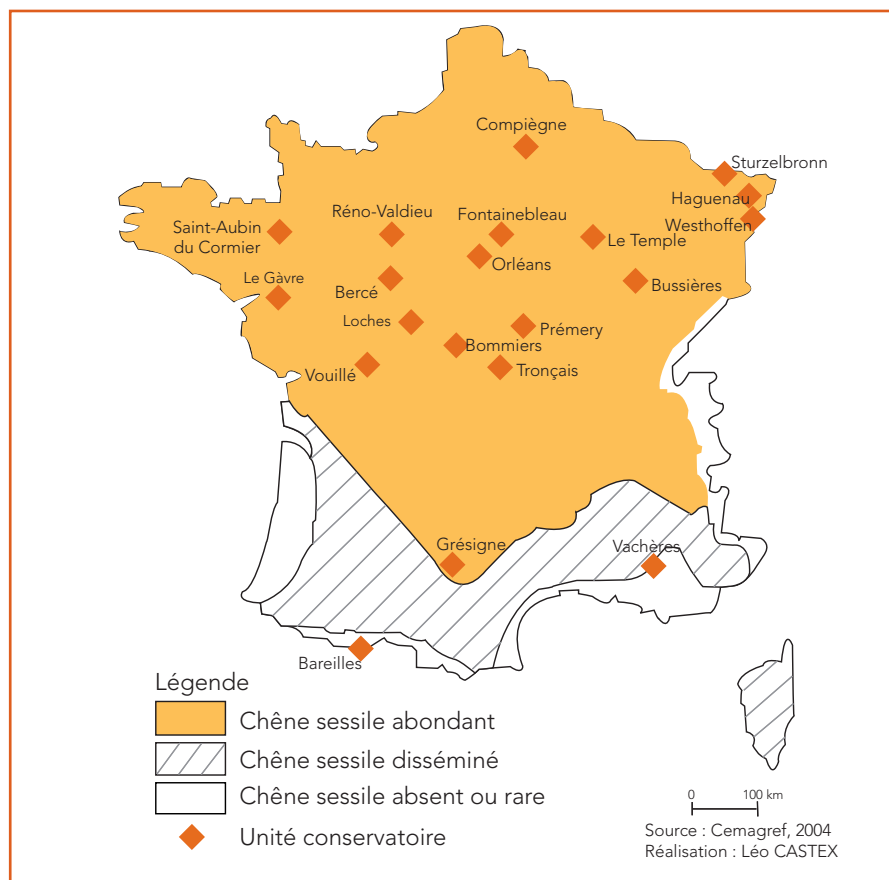


Fig. 2 : répartition des 20 unités conservatoires de chêne sessile au niveau national

Type de mélange Importance du mélange	Chêne sessile + chêne pédonculé	Chêne sessile + chêne pubescent
Mélange fort (20 à 50 % d'autres chênes)	Compiègne Haguenau	Vachères
Mélange présent (10 à 20% d'autres chênes)	Le Gâvre Le Temple (Ch. pédonculé très localisé)	Grésigne

Tab. 2 : caractéristiques des mélanges de chêne blancs dans les unités conservatoires

Projet spécifique de sauvegarde de l'unité conservatoire de Vachères

L'unité conservatoire de Vachères se situe dans les Alpes de Haute-Provence, à 650 m d'altitude. Il s'agit d'une jeune futaie sur souche d'une soixantaine d'années constituée d'un mélange de chêne sessile et de chêne pubescent. Cette unité conservatoire de chêne sessile est donc en situation marginale : limite d'aire de répartition, très fort déficit hydrique estival. Sur le plan génétique, les analyses ont démontré l'originalité de la population de chênes sessiles de Vachères : cytotype unique en France, grande richesse allélique, fort déficit d'hétérozygotes. Sur le plan phénologique, elle figure parmi les populations les plus précoces et les moins marcescentes.

Or cette population exceptionnelle, d'une grande richesse génétique, risque de disparaître pour différentes raisons : risque d'incendie, méconnaissance des méthodes de renouvellement du peuplement, risque de substitution du chêne sessile par le chêne pubescent mieux adapté, forte pression du gibier sur les régénérations, forte concurrence ligneuse (bruyère notamment), risque de dépérissement lié à la situation pédoclimatique.

Afin d'assurer sa sauvegarde, un plan d'action sur quatre ans est mis en œuvre dès 2008 grâce au soutien financier de l'ONF et du ministère de l'agriculture. Il prévoit de :

- tester différentes méthodes de renouvellement du peuplement : ouverture de trouées dans plusieurs zones, éclaircie dynamique. Il s'agit ici de tirer parti d'anciens essais non valorisés et de mettre en place de nouveaux tests ;
- mettre en place un « monitoring » du peuplement : évaluation de la régénération naturelle (proportion chêne sessile/chêne pubescent, évolution du mélange dans le temps), suivi rigoureux de l'état sanitaire du peuplement, suivi démographique du peuplement (pour s'assurer d'un nombre suffisant de reproducteurs) ;



A. Ducouso, INRA

Chênaie sessiliflore UC de Vachères

- protéger les régénérations : pose de clôtures, débroussaillage ;
- implanter une « sauvegarde du peuplement » sur au moins un autre site de la région présentant des caractéristiques stationnelles identiques. Des glands récoltés dans le noyau dur de l'UC de

Vachères seront mis en culture en pépinière. Les plants seront ensuite plantés sur deux zones d'1 ha dans un premier temps. Cette première expérience à petite échelle permettra d'apprécier la faisabilité de la plantation de chêne sessile dans cette situation.

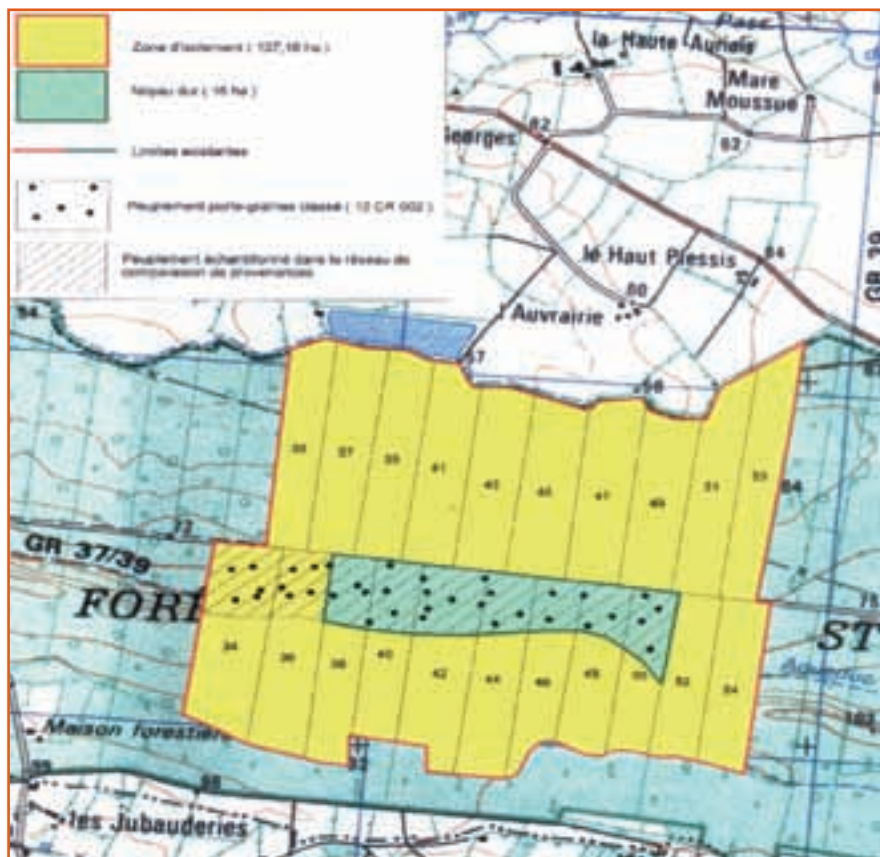


Fig. 3 : exemple de l'unité conservatoire de St Aubin du Cormier (35)

jouer les mécanismes d'hybridation, source de diversité génétique. À Haguenau et dans les autres peuplements mélangés, l'orientation des pratiques sylvicoles devrait permettre d'augmenter la représentation du chêne sessile.

À noter que le hêtre est présent dans la moitié des UC. Sa dynamique constitue une menace de substitution du chêne sessile, notamment lors de la mise en régénération des parcelles. Son maintien en sous-étage peut limiter ce risque.

Une gestion adaptée des peuplements conservatoires

Les contraintes de gestion sont relativement faibles. Néanmoins, elles sont à intégrer dans les aménagements forestiers dès que possible.

Le **traitement de ces UC en futaie régulière** apparaît comme la meilleure solution conservatoire. Ce mode de gestion est en effet sim-

ple et surtout bien maîtrisé. Il est notamment encadré par des guides de sylviculture établis à partir de connaissances scientifiques et de l'expérience de terrain. Ce choix de traitement en futaie régulière est cependant contrarié à Haguenau où les dégâts de la tempête de 1999 ont amené les aménagistes à convertir le peuplement en futaie irrégulière. Mais la compatibilité de ce mode de traitement avec la conservation génétique du chêne sessile, surtout en situation marginale, ne paraît pas évidente : la méconnaissance des meilleures méthodes de gestion de peuplements irréguliers ainsi que, dans cette station, la difficulté naturelle de maintien du chêne sessile et la forte dynamique du hêtre constituent en effet de graves handicaps au renouvellement de ces peuplements.

La **gestion du mélange d'essences** est essentielle dans la conduite de ces UC. Il s'agit notamment :

- de maintenir ou amener la proportion de chêne sessile à 80 % dans le peuplement, sauf pour Vachères et Compiègne où le mélange avec les autres chênes blancs est souhaité ;
- de maîtriser la dynamique du hêtre.

Enfin, **la phase de renouvellement** de ces peuplements conservatoires est capitale. Elle doit respecter un certain nombre de règles.

■ La première de ces règles consiste à recourir obligatoirement à la **régénération naturelle**. Quand ce n'est pas possible ou que des compléments de régénération sont nécessaires, on utilisera la ressource génétique locale. Les reboisements seront alors effectués à partir de plants issus de glands récoltés prioritairement dans le noyau dur (recours au contrat de culture en pépinière).

■ La deuxième consiste à limiter les risques de contamination génétique par des ressources extérieures. Pour cela, il est impératif de **décaler la mise en régénération du noyau dur avec celle de la zone tampon** : soit régénérer le noyau dur avant la zone tampon, soit régénérer le noyau dur au moins 40 ans après la zone tampon. Dans les 2 cas, la zone tampon joue pleinement son rôle de filtre à pollen extérieur.

■ La dernière consiste à **protéger la régénération** de la dent du gibier. Ainsi, dans les UC à forte pression cynégétique, la mise en place de clôture sera indispensable.

Dans certaines unités conservatoires, la régénération naturelle reste incertaine ou n'est pas maîtrisée. Dans le noyau dur, une régénération prudente par parquets est alors recommandée. Des essais de régénération seront mis en place dans certains cas (Ex Vachères).

Bilan et Perspectives

La constitution définitive du réseau de conservation du chêne sessile remonte à 2000. Ce n'est que depuis 2005 que ces 20 unités conservatoires sont suivies par l'animateur du réseau qui les visite tous les trois ans. Ces visites ont mis en évidence des problèmes sur un certain nombre d'UC.

Tout d'abord la méconnaissance de l'existence de ces unités conservatoires par les services d'aménagement, voire même les gestionnaires des peuplements concernés, ont pu engendrer des écarts préjudiciables aux règles de gestion précédemment énoncées. Il est donc primordial que ces unités conservatoires apparaissent clairement dans les documents d'aménagement. Ainsi, les mobilités de personnels ne suffiront pas à en perdre la mémoire. La régularité des visites par les animateurs sylvicole ou scientifique du réseau constitue également un gage de bonne conduite de ces peuplements.

Outre les écarts aux règles de gestion, certaines UC se trouvent actuellement en situation difficile. C'est le cas notamment à Haguenau où les ravages de la tempête de 1999 ont accentué la vulnérabilité du site. D'autres UC comme celle de Vachères et de Bareilles réclament également une attention particulière de par leur situation. Des actions de sauvegarde spécifiques restent donc à engager dans un certain nombre d'UC.

Par ailleurs, par la représentativité de son échantillonnage, ce réseau constitue un outil privilégié d'études détaillées :

- des effets de la sylviculture sur la variabilité génétique ; les sélections opérées lors des éclaircies, les itinéraires suivis lors de la régénération ont probablement des impacts sur l'évolution génétique des peuplements ;

- de l'évolution du potentiel adaptatif des diverses populations sous l'effet des changements globaux.

Enfin, nous avons vu que la sélection des 20 unités conservatoires actuelles n'a répondu que partiellement aux objectifs 2 et 4 initiaux de la constitution du réseau. Il serait opportun de poursuivre le travail amorcé en privilégiant maintenant ces deux objectifs. La sélection de nouveaux peuplements marginaux reste donc à engager.

Par ailleurs, compte tenu des mécanismes unissant les différentes espèces du complexe, il paraît insuffisant d'assurer la conservation d'une seule espèce de chêne. Le suivi de l'objectif 2 implique par conséquent d'élargir maintenant le réseau conservatoire aux autres espèces de chênes blancs.

Sandrine VERGER

Animatrice sylvicole du réseau
ONF DT Centre-Ouest, Direction
Forêt

Alexis DUCOUSSO

Animateur scientifique du réseau
INRA Bordeaux, UMR BIOGECO

Bibliographie

BALSEMIN E., 2004. Bilan des réseaux de conservation *in situ* des ressources génétiques forestières. Document de travail CEMAGREF

Convention INRA-ONF de Recherche sur la diversité génétique des chênes blancs européens, 2006

DUCOUSSO A., 1999. Chêne sessile *in situ* Conserver les ressources génétiques forestières en France (E. TEISSIER DU CROS coordonnateur). Ministère de l'agriculture et de la pêche, Bureau des Ressources Génétiques, Commission des Ressources Génétiques Forestières. Paris : INRA-DIC, 60 p.

DUCOUSSO A., BODENES C., PETIT R., KREMER A., 1996. Le point sur les chênes blancs européens. Forêt-Entreprise, n° 112, pp. 49-56

DUCOUSSO A., BACILIERI R., DEMESURE B., DUMOLIN-LAPEGUE S., KREMER A., PETIT R., ZANETTO A., 1997. Structuration géographique de la diversité génétique chez les chênes à feuilles caduques européens. Bulletin technique ONF, n° 33, pp. 7-19

DUCOUSSO A., JARRET P., 2001. Diversité génétique des chênes et gestion forestière. Revue Forestière Française vol. 53, n° spécial, pp. 133-139

JARRET P., 2000. Réseau de conservation des ressources génétiques de chêne sessile – Création et règles de gestion du réseau. Document interne soumis à la Commission Nationale des Ressources Génétiques Forestières.

KREMER A., PETIT R.J., DUCOUSSO A., 2002. Biologie évolutive et diversité génétique des chênes sessile et pédonculé. Revue Forestière Française vol. 54 n° 2, pp. 111-130

KREMER A., ZANETTO A., ROUSSEL G., 1997. Niveau et organisation de la diversité génétique du chêne sessile en France – Comparaison avec l'aire de distribution. Rapport interne INRA.

RAMEAU J-C., MANSION D., DUME G., 1989. Flore forestière française – Guide écologique illustré – tome I Plaines et collines. Paris : Institut pour le développement forestier.

VALADON A., MUSCH B., 2007. Les réseaux de conservation *in situ* des ressources génétiques forestières en France – Contribution de l'ONF. Rendez-Vous Techniques n° 17, pp. 3-10

Conserver les ressources génétiques du hêtre en France : pourquoi, comment ?

La présentation des réseaux de conservation *in situ* des ressources génétiques forestières se poursuit ici avec le hêtre, essence feuillue capitale de la forêt française après les chênes. Les évolutions climatiques prévisibles plaçant le hêtre parmi les essences les plus susceptibles d'être négativement affectées, ce cas illustre parfaitement les enjeux de la conservation *in situ*.

Une composante majeure du paysage forestier européen et national

Occupant près de 17 millions d'hectares en Europe centrale, occidentale et orientale, l'aire de répartition du hêtre couvre un vaste territoire allant de la cordillère cantabrique aux Carpates et de la Sicile au sud de la Suède (figure 1a).

En France, avec 1,39 million d'hectares, le hêtre (*Fagus sylvatica* L.) occupe 9,3 % de la superficie de forêts dédiées à la production de bois (IFN, 2008) et majoritairement en forêts publiques. Surtout présentes dans le Nord-Est et dans les massifs

montagneux des Alpes, du Massif Central et des Pyrénées, les hêtraies occupent également une place importante dans les zones de basse altitude du Nord-Ouest de la France (figure 1b). Si la surface totale des hêtraies françaises augmente régulièrement, cette tendance cache pourtant des phénomènes d'extension et de régression selon les conditions stationnelles et l'action humaine passée et plus récente (Sardin *et al.*, 2008 ; Ladier *et al.*, 2008 ; Bonhôte, 1998).

À une aire de répartition aussi vaste, correspondent des conditions pédoclimatiques extrêmement variées et donc une grande

diversité d'habitats naturels (Drapier *et al.*, 2008). Hêtraies acidiphiles, neutrophiles ou calcicoles, hêtraies subalpines ou subméditerranéennes témoignent de la capacité de cette espèce à occuper une large gamme de milieux et peuvent laisser supposer l'existence d'adaptations locales des diverses populations de hêtre.

Reconquête postglaciaire et répartition actuelle

De récents travaux de synthèse associant approches paléobotanique et génétique (Magri *et al.*, 2006) montrent que cette espèce a su résister aux alternances de cycles gla-

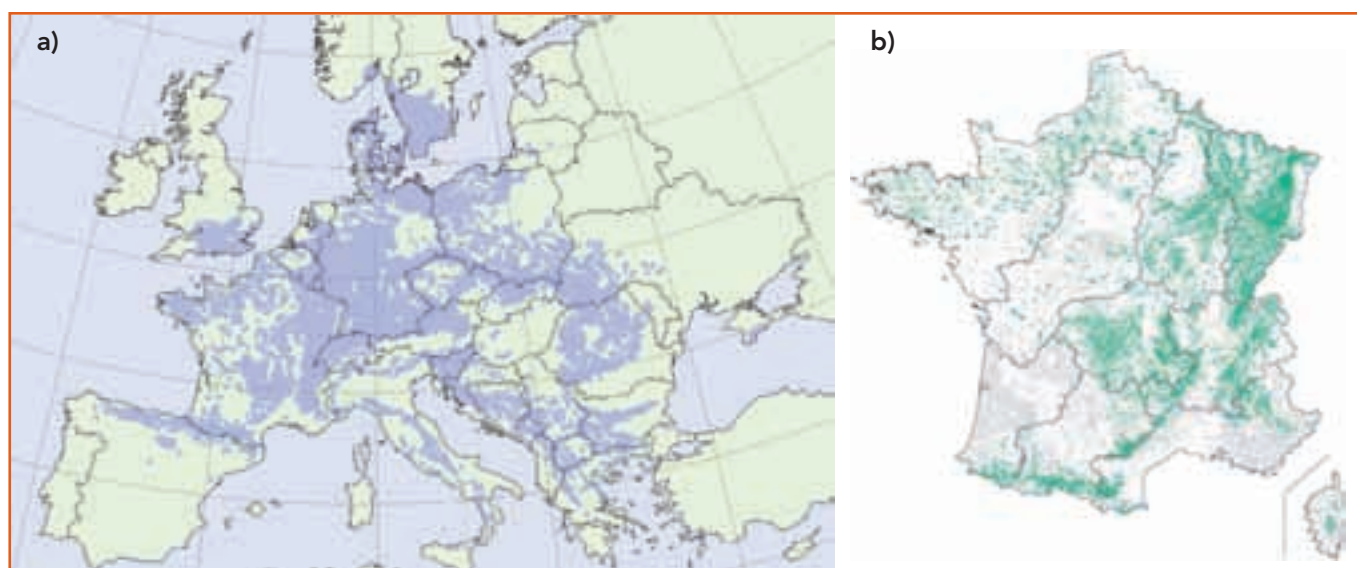


Fig. 1 : a) aire naturelle du hêtre en Europe (source : EUFORGEN) et b) répartition en France (IFN, 2008)

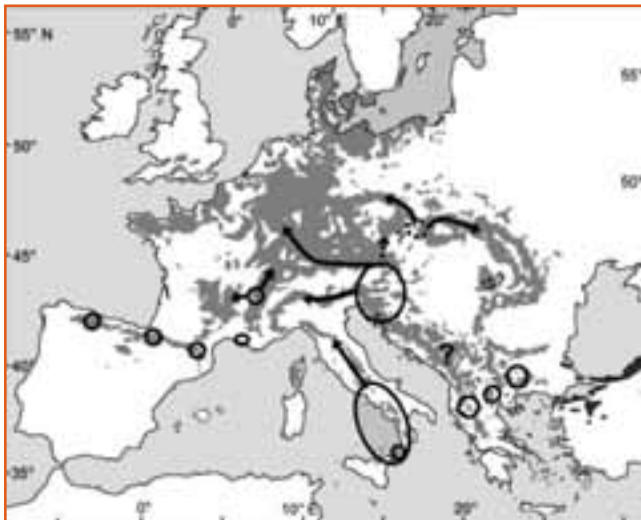


Fig. 2 : refuges du hêtre durant la dernière glaciation et principales voies de recolonisation postglaciaire (Magri et al., 2006)



Fig. 3 : répartition géographique des 9 groupes génétiques identifiés chez le hêtre à partir de 12 systèmes isozymes (Magri et al., 2006)

ciaires et interglaciaires en se maintenant dans divers refuges montagneux (figure 2). Ces derniers ont joué un rôle variable dans la recolonisation qui a suivi le dernier épisode glaciaire il y a environ 11 000 ans BP (Before Present = avant 1950). Si le refuge de Slovaquie a très tôt recolonisé de manière dynamique de grandes surfaces, d'autres refuges (Pyrénées) n'ont eu qu'une importance locale et plus récente avec une recolonisation remontant à 4000 ans BP seulement. Les flancs des principales chaînes de montagnes (Alpes, Pyrénées) ont constitué les voies privilégiées d'expansion alors que les grandes zones de plaine ou les vallées majeures ont été un obstacle à cette expansion.

L'histoire passée du hêtre nous apporte ainsi plusieurs informations :

- les foyers de recolonisation intéressants la France ont pu rester isolés les uns des autres pendant de longues périodes, développant ainsi des caractéristiques génétiques originales ;
- une recolonisation récente du territoire occupé aujourd'hui (4000 BP pour les Pyrénées, 7000 BP pour les Alpes, le Massif Central

Vosges) et pratiquement pas de recolonisation à partir de plusieurs foyers distincts. On peut donc supposer que les éventuelles originalités propres à chaque zone refuge se retrouvent dans les nouvelles zones de conquête, générant ainsi une structuration spatiale marquée de la diversité génétique actuelle chez le hêtre.

Causes de la structuration de la diversité génétique

La recolonisation postglaciaire

Différentes approches moléculaires (marqueurs neutres non soumis à l'effet de la sélection naturelle) permettent effectivement de démontrer l'existence de cette structuration spatiale, résultat de l'histoire postglaciaire du hêtre. L'analyse de marqueurs moléculaires de type isozymes révèle ainsi la présence d'au moins 4 groupes génétiques en France, très localisés ou plus largement répandus (figure 3) : certaines parties du territoire apparaissent très homogènes (Nord-Ouest, Alpes, Massif Central, Corse), d'autres ont une structure plus complexe (Pyrénées, Nord-Est). Globalement, sur la base de tels marqueurs neu-

tres, la hêtraie française est constituée de quatre grands groupes : Alpes, Massif Central, Pyrénées, moitié nord (Comps, 1996 ; Teissier du Cros, 2006)

La sélection naturelle

La composition génétique de nos hêtraies résulte non seulement de cette empreinte postglaciaire mais aussi des conséquences de la sélection naturelle qui a pu, localement et sous la pression de facteurs pédo-climatiques, favoriser certains génotypes au détriment d'autres (Jump et al., 2006). Les tests nationaux et internationaux de comparaison de provenance mis en place par l'INRA et l'ONF il y a plus de 20 ans montrent en effet des différences de croissance, de forme et de phénologie de débourrement entre les populations testées. Sur la phénologie, un effet de l'altitude et de la longitude a été mis en évidence : les provenances d'altitude élevée ou de l'est de l'aire naturelle sont plus précoces. Les provenances d'altitude élevée présentent également une plus faible tendance à fourcher, même quand on les transfère à plus basse altitude (Teissier du Cros, 2006).

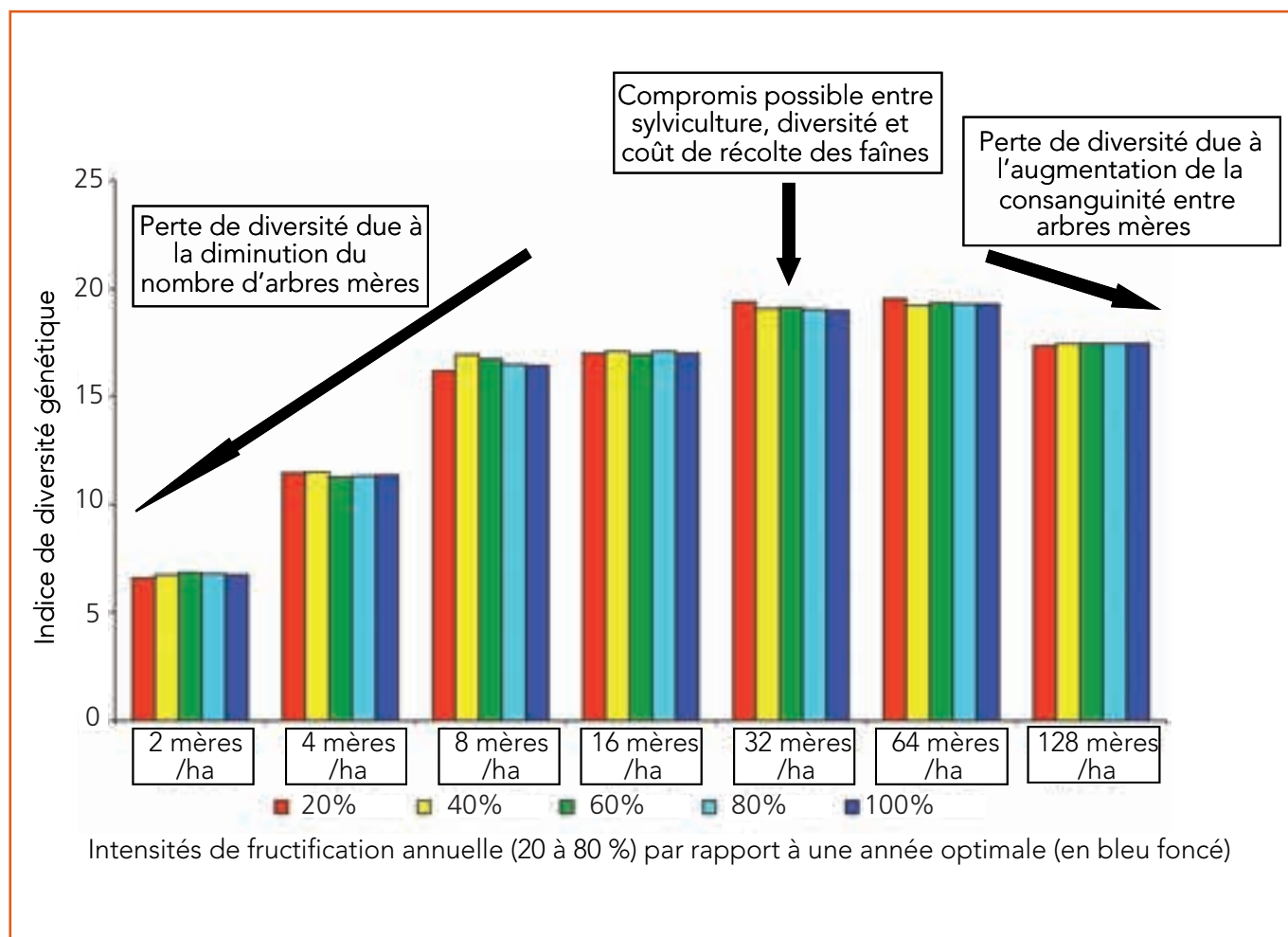


Fig. 4 : évolution simulée de la diversité génétique moyenne (en ordonnées) d'un lot de faines selon le nombre d'arbres mères par hectare (2 à 128) et pour différents niveaux de fructification annuelle (de 20 % à 100 % d'une fainée considérée comme complète) (Kramer, 2004)

Ce type de simulation peut être utilisé à la fois en régénération naturelle (pour raisonner le nombre de semenciers à conserver) et en peuplements porte-graines (pour optimiser les modalités de récolte).

Les interventions forestières

Les activités humaines enfin, à travers les transferts de matériel végétal lors de reboisements et la sylviculture, ont contribué à modifier cet héritage postglaciaire. Les vagues massives de plantations des années 1970 se traduisent aujourd'hui par l'existence, au sein des massifs forestiers, de jeunes peuplements d'origines diverses (Europe centrale notamment), souvent mal connues faute d'une conservation adéquate de cette information (Teissier du Cros, 2006 ; Valadon et Voccia, 2006). Certains de ces boisements présentent des variants génétiques et des caractères adaptatifs diffé-

rents de ceux des populations locales et modifient donc, à l'échelle d'une forêt ou d'un massif, les caractéristiques génétiques héritées de la recolonisation postglaciaire et de la sélection naturelle agissant localement.

Outre les transferts de matériel végétal d'une partie de l'aire naturelle à l'autre, l'action du forestier influe sur le patrimoine génétique des hêtraies, principalement dans la manière dont elles sont renouvelées. La durée des révolutions, variable selon l'intensité de la sylviculture et les objectifs de production, et le nombre de reproducteurs participant à la production de graines et de semis

constituent les facteurs principaux de modification du patrimoine génétique. Les simulations réalisées par Kramer *et al.* (2008) montrent en effet que choisir de renouveler des hêtraies de manière accélérée conduit à une perte de diversité génétique. Alors que l'intensité des fructifications annuelles n'influence pas ce niveau de diversité, la réduction du nombre de semenciers lors de la mise en place d'une régénération naturelle l'affecte négativement ; toutefois une densité de semenciers trop élevée permet à des arbres apparentés de se croiser ce qui accroît le risque de consanguinité et n'augmente pas la diversité génétique de la génération suivante. C'est ce que

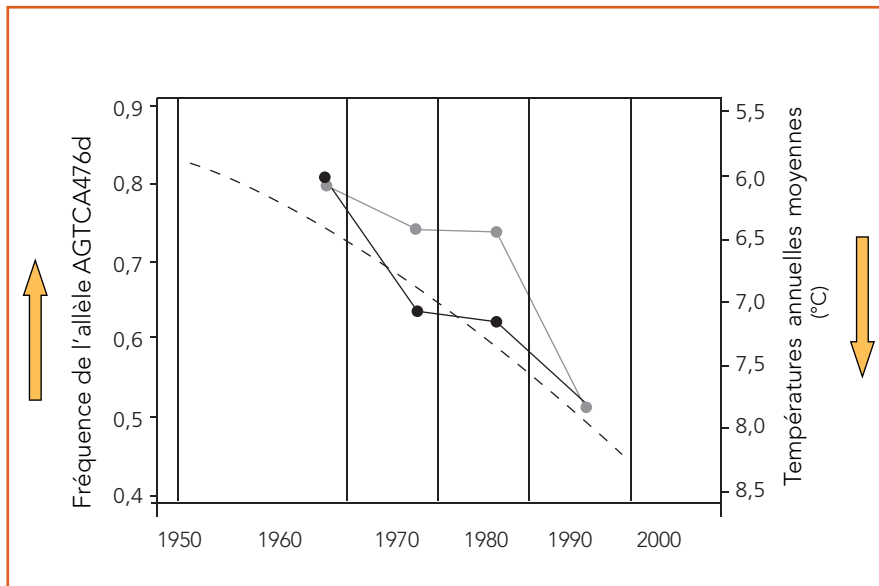


Fig. 5 : évolution comparée de la température et de la composition génétique d'une hêtraie de Catalogne (Jump et al., 2006)

L'augmentation de la température annuelle moyenne (—●—) va de pair avec la diminution observée (—●—) et prédite (—) de la fréquence de l'allèle AGTCA476d, qui est donc contre sélectionné sous l'effet du changement climatique affectant cette population. Les hêtres possédant cet allèle disparaissent donc progressivement de la population au profit de ceux possédant d'autres allèles.

présente la figure 4 : dans cette simulation, l'intensité des fructifications annuelles est supposée identique pour tous les arbres reproducteurs et seule la production annuelle de fâines est affectée. Mais il est très probable que des intensités variables de fructification entre arbres une année donnée — cas très fréquent en conditions naturelles — vont provoquer une baisse encore plus forte de la diversité à faible densité de tiges : les rares mères fortement fructifères contribuent massivement à la production d'un lot de fâines peu diversifié, auquel les autres mères n'ont qu'une contribution marginale. Une trentaine de semenciers à l'hectare apparaît comme un compromis acceptable qui mobilise l'essentiel de la diversité du peuplement initial et réduit les risques d'apparement entre géniteurs. Par ailleurs les sélections phénotypiques pratiquées en éclaircies par les marteleurs peuvent modifier le patrimoine génétique d'un peuplement au fil des générations, pour des caractères sous contrôle génétique comme le débourrement ou la fibre torse (Teissier du Cros, 2006).

Des menaces réelles mais encore difficiles à quantifier

Dès la fin des années 1980, des menaces sont identifiées pour le hêtre : la généralisation des échanges de matériel forestier et le recours croissant, pour régénérer les hêtraies, à la plantation de MFR parfois mal adaptés (risques de gel au débourrement surtout). Des interrogations sur l'impact des sylvicultures et notamment sur les conditions d'apparition des régénérations naturelles se sont également fait jour (Kramer, 2004). Aujourd'hui, en outre, les évolutions climatiques prévisibles placent le hêtre parmi les essences les plus susceptibles d'être négativement affectées (Landmann et al., 2008). Des dépérissements liés à des facteurs biotiques et abiotiques et une réduction possible de l'aire naturelle figurent parmi les craintes affichées.

De plus, le manque de données sur les capacités d'adaptation des populations de hêtre à une évolution climatique rapide incite à examiner attentivement le comporte-

ment et l'évolution de la composition génétique de hêtraies déjà soumises à de telles pressions environnementales. Les travaux de Jump et al. (2006) sur des hêtraies de Catalogne soumises, en limite sud de l'aire naturelle de l'espèce, à une augmentation de 1,65 °C de la température annuelle moyenne depuis 50 ans, offrent des premiers résultats très intéressants. Au sein de ces peuplements il existe une variabilité génétique assez forte pour que certains génotypes soient favorisés au détriment d'autres par la sélection naturelle qu'exerce cet accroissement de température, et ce sur une durée assez courte (figure 5). La question reste toutefois posée des limites de ces capacités adaptatives face à une sévérité encore accrue des conditions climatiques.

Devant les menaces de modifications incontrôlées du patrimoine génétique de populations ou d'écotypes locaux ou de disparition pure et simple suite à des aléas climatiques violents (tempête de 1999) ou à des modifications progressives mais rapides du milieu (pollutions atmosphérique, changements globaux), la mise en œuvre d'un programme de conservation des ressources génétiques du hêtre est apparue nécessaire dès le milieu des années 1980. Le réseau de conservation *in situ* des ressources génétiques du hêtre fut ainsi le premier réseau mis en place en France, avec celui du sapin pectiné.

Un réseau national d'unités conservatoires

Le hêtre a fait l'objet du premier réseau de conservation *in situ* de ressources génétiques forestières mis en place en France dès 1986. Une démarche pragmatique conduit alors à retenir un échantillon représentatif de peuplements (ou unités conservatoires, UC), en forêt publique, considérés comme autochtones et situés dans les zones de présence majeure de



L. Lévêque, ONF

Unité conservatoire de Verzy : exemple, parmi d'autres cas recensés en Europe, d'un phénotype original de hêtre tortillard en mélange avec des hêtres à port dressé

l'espèce. Sur la base du découpage écologique correspondant à celui des régions de provenance et en ciblant le choix des peuplements sur ceux testés dans des dispositifs de comparaison de provenances, les peuplements sélectionnés porte-graines sont logiquement fortement représentés dans cette sélection. Celle-ci a été complétée par quelques sites en situation écologique marginale (altitude, latitude) et des cas de phénotypes originaux comme les hêtres tortillards (photo). Au total 27 unités conservatoires ont ainsi été retenues (figure 6).

L'apport de travaux plus récents sur la caractérisation de la diversité génétique des hêtraies françaises à l'aide d'outils moléculaires a permis de compléter ce premier réseau avec deux nouvelles unités dans les Pyrénées (Issaux et Luchon) afin que les divers variants génétiques rencontrés sur la chaîne soient représentés dans le réseau *in situ* (Comps, 1996 ; figure 6). Un autre peuplement combinant forte diversité et originalité génétiques et situation écologique atypique pourrait enrichir ce réseau : la hêtraie du Ciron, en forte régression aujourd'hui alors que ce peuplement relique a survécu au réchauffement postglaciaire grâce au microclimat frais et humide des gorges du Ciron qu'il occupe (photo).

La liste des 29 unités conservatoires officielles figure au tableau 1. Très majoritairement situées en forêts domaniales, elles appartiennent aux différents groupes génétiques identifiés, couvrent les grands domaines bioclimatiques présents sur le territoire national ainsi qu'une large palette de conditions stationnelles (figure 7).

Chaque unité est composée d'un noyau central d'une surface moyenne de 14 ha et d'une zone tampon d'une surface moyenne de



Fig. 6 : répartition géographique des unités conservatoires *in situ* du hêtre en 2008 (carte : L. Lévêque)

En jaune : UC du réseau initial (27) ; cerclées de bleu : UC en situation marginale (7) ; en rouge : UC ajoutées en 2006 (2) ; en bleu pâle : projet d'UC du Ciron



A. Durcouso, INRA

Une candidate au réseau conservatoire in situ : la hêtraie du Ciron

141 ha (figure 8). Avant sa mise en régénération, qui doit nécessairement précéder celle de la zone tampon, le noyau central doit comporter au moins 500 arbres reproducteurs, effectif estimé suffisamment conséquent pour que l'essentiel de la diversité génétique présente soit transmis à la génération suivante. La régénération naturelle est privilégiée mais, si nécessaire, des compléments par plantation sont possibles à partir du matériel local uniquement.

Ces UC ont des passés sylvicoles très variables et elles bénéficient actuellement de sylvicultures plus ou moins intensives sous différents modes de traitement sylvicole (futaie régulière ou irrégulière) combinant production de bois et objectifs multiples comme l'accueil du public (Verzy) ou le sylvopastoralisme (Baïgorry). Certaines sont incluses dans des espaces dédiés à la gestion conservatoire d'autres composants de la biodiversité : PNR (Verzy), sites Natura 2000, RBD (Gérardmer), RBI (Sainte-Baume).

Bilan et perspectives

Mieux échantillonner la variabilité génétique

Comme pour le réseau de conservation *in situ* du sapin pectiné, le choix des UC de hêtre repose encore largement sur le découpage du territoire national en régions de provenances et sur une surreprésentation des peuplements sélectionnés pour la récolte de matériels forestiers de reproduction (13 sur 29). Les quarante types d'habitats naturels de hêtraies recensés en France illustrent la diversité des pressions de sélection que peut exercer le milieu naturel mais ils ne sont pas nécessairement représentés dans le réseau de conservation actuel. Un recensement des habitats naturels présents dans les UC actuelles devrait démarrer en 2009 avec la collaboration du réseau ONF Flore-Habitats. Il permettra

Forêt (domaniale/ syndicale/communale)	Dépt -	Commune	Surface noyau central (ha)	Surface zone tampon (ha)
FD Aigoual	30	Le Vigan	13,8	110
FS Aubusson la Réveillade	15	Mandailles Saint Julien	10	102
FS Baïgorry	64	Banca	7,5	146,4
FD Beaulieu	55	Beaulieu sur Argonne	8,7	122,3
FD Boucheville	66	Vira	19,9	187,7
FD Brotonne	76	La Mailleraye sur Seine	25,8	140,2
FD Châtillon	21	Villiers le Duc	10,4	154,7
FD Chizé	79	Chizé	12,6	183,9
FD Les Colettes	03	Coutansouze	8,7	96,9
FD Le Coscione	2A	Zicavo	40	34
FD Ecouves	61	Saint Nicolas des Bois	13,6	143,4
FC Fislis	68	Fislis	10	230,5
FD Fougères	35	Laignelet	10,3	207,9
FD Gar Cagire	31	Arguenos	10	151,5
FD Gérardmer	88	Xonrupt-Longemer	15,2	82,7
FD Haye	54	Chavigny	16,2	218,7
FC Issaux	64	Osse-en-Aspe	11,6	95,01
FD Léoncel	26	Léoncel	10,1	118
FC Luchon	31	Bagnères de Luchon	4	48,6
FD Lure	04	Saint Etienne-les-Orgues	5	255,4
FD Luxeuil	70	Luxeuil-les-Bains	8,1	226,9
FD Montagne Noire	81	Arfons	8,5	169,7
FD Moussaou	09	Argein	34,2	181,1
FD Retz Villers-Cotterets	02	Oigny en Valois	7,0	180,5
FD Sainte-Baume	83	Plan d'Aups	14,1	124,2
FD Valbonne	30	Saint Paulet de Caisson	23,3	118,9
FD Verrières du Grosbois	25	Verrières du Grosbois	5	175
FD Verzy	51	Verzy	33,3	0
FC Wingen	67	Wingen	11,5	92,6

Tab. 1 : liste des 29 unités conservatoires validées en 2008 par la Commission nationale des ressources génétiques forestières (CRGF)
Ces UC (noyau central seul) représentent seulement 0,03 % de la surface totale des hêtraies nationales.

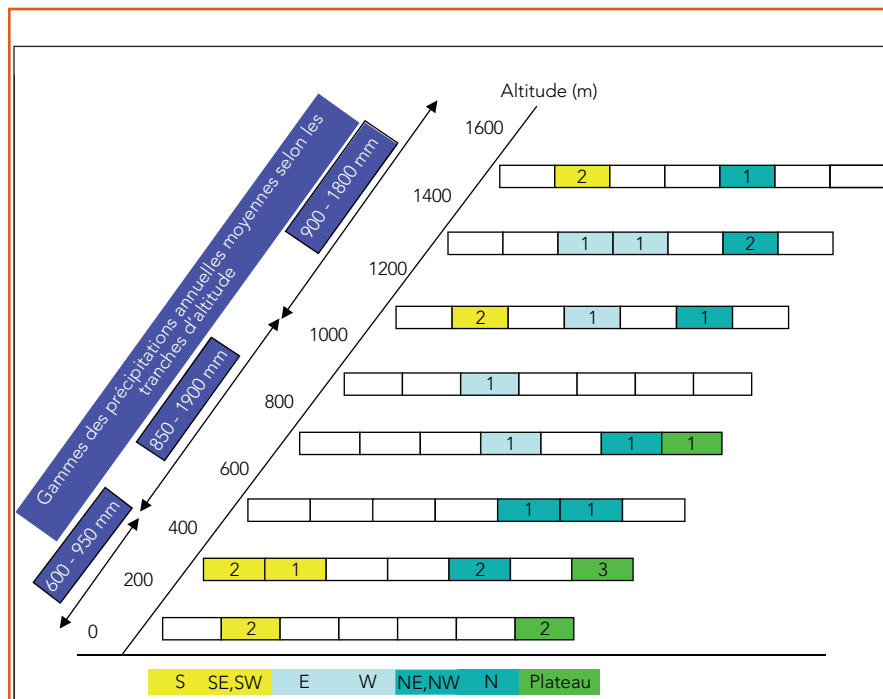


Fig. 7 : illustration de la diversité stationnelle (altitude, exposition, pluviométrie annuelle moyenne) présente au sein du réseau d'unités conservatoires de hêtre

Dans chaque case colorée est indiqué le nombre d'UC pour le couple altitude – exposition correspondant (les situations sans UC restent en blanc).

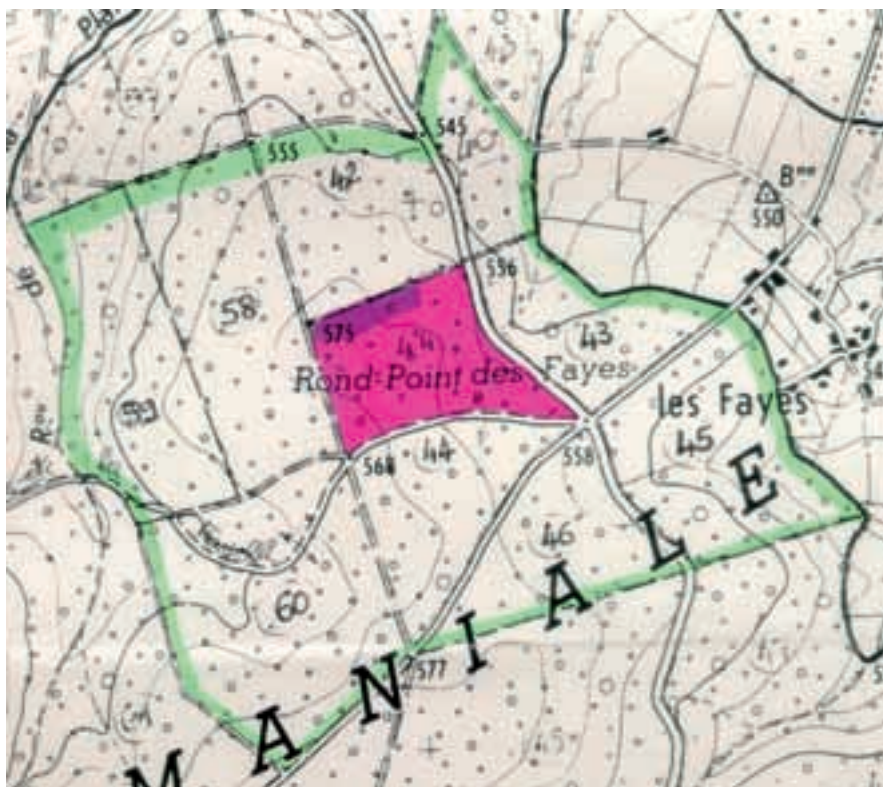


Fig. 8 : un exemple d'unité conservatoire, celle de la FD des Colettes (03)
En rouge le noyau central (8,75 ha) régénéré naturellement entre 1998 et 2007 ; en vert les limites de la zone tampon (96,91 ha) constituée de futaies adultes composées très majoritairement de hêtre.

d'identifier des types de milieu ayant pu conduire à des adaptations locales intéressantes dans une perspective de changement climatique et par conséquent à des ressources génétiques originales à préserver.

Afin d'élargir le réseau actuel, notamment pour des habitats naturels de hêtraies non échantillonnés dans le réseau *in situ* actuel mais présents dans divers espaces dédiés à la protection de la biodiversité (espèces, milieux), deux approches sont envisageables :

- enrichir le réseau existant en sélectionnant de nouvelles unités conservatoires au sein de ces habitats ;
- ajouter une dimension génétique (la diversité intraspécifique) aux règles de gestion conservatoire en vigueur dans certains de ces espaces, dès lors cependant que ces règles garantissent bien le maintien du potentiel adaptatif des populations présentes (conditions de régénération, contrôle de l'origine du matériel végétal).

Un observatoire à long terme

L'objectif même des réseaux de conservation *in situ* – constituer un échantillon représentatif de la variabilité adaptative et de la diversité génétique d'une espèce à l'échelle nationale – en fait des observatoires pertinents pour suivre l'évolution du potentiel adaptatif de chaque espèce. Sous l'action à la fois du gestionnaire (les UC ne sont pas des sanctuaires sans intervention) et d'un contexte climatique désormais changeant, ce patrimoine génétique peut évoluer. Il importe de mieux apprécier ces modifications et les unités conservatoires de hêtre constituent, à cet égard, des sites privilégiés (déjà documentés au plan génétique) d'études détaillées pour évaluer les capacités d'évolution dont disposent les hêtraies, ce qui inclut à la fois la plasticité des arbres en place mais aussi les évolutions génétiques entre populations.

Phase clé d'évolution du patrimoine génétique, le renouvellement des peuplements mérite une attention particulière. Les travaux de suivis démographiques et génétiques démarrés dans le cadre de divers projets nationaux et européens (DynaBeech, EvolTree) et s'appuyant sur plusieurs UC (Sainte Baume, Haye) ont déjà apporté des éléments de réponse intéressants (Kramer, 2004 ; Kramer *et al.* 2008 ; Teissier du Cros, 2006). Ces efforts de monitoring méritent d'être poursuivis dans la durée et élargis à diverses situations contrastées au plan climatique. Les résultats attendus bénéficieront au réseau de conservation *in situ* en contribuant à son suivi mais aussi à l'ensemble des hêtraies françaises.

Stéphane MARTIN

animateur du réseau *in situ* Hêtre ONF – Conservatoire génétique des arbres forestiers
Stephane.martin@onf.fr

Alexis DUCOUSSO

réfèrent scientifique du réseau *in situ* Hêtre
UMR BIOGECO, INRA Pierroton
ducouss@pierroton.inra.fr

Alain VALADON

ONF – Conservatoire génétique des arbres forestiers
Alain.valadon@onf.fr

Bibliographie

ARBEZ M., 1994. Fondement et organisation des réseaux européens de conservation des ressources génétiques forestières. *Genetics selection evolution*, vol. 26, supp. 1, pp. 301s-314s

BALSEMIN E., COLLIN E., 2004. Conservation *in situ* des ressources génétiques des arbres forestiers en France métropolitaine. *Ingénierie* n°40, pp. 51-60

BONHÔTE J., 1998. Forges et fo-

rêts dans les Pyrénées ariégeoises. Pour une histoire de l'environnement. PyréGraph éditions, 337 p.

COMPS B., 1996. Etude de la diversité génétique du hêtre au moyen de marqueurs alloenzymatiques et du polymorphisme de l'ADN. *In* : Rapport technique final. Convention DERF/INRA 61-21-10/94, pp. 1-5

DRAPIER N., VOIRY H., NOBLECOURT T., DENIS P. TILLON L., 2008. Le hêtre et la biodiversité. Rendez-vous techniques de l'ONF, hors-série n° 2 « Gestion des hêtraies dans les forêts publiques françaises », pp. 14-21

Inventaire Forestier National, 2008. La forêt en chiffres et en cartes. 28 p. (http://www.ifn.fr/spip/IMG/pdf/Memento_IFN_FR.pdf)

JUMP A. S., HUNT J.M., MARTINEZ-IZQUIERDO J.A., PENUELAS J., 2006. Natural selection and climate change : temperature-linked spatial and temporal trends in gene frequency in *Fagus sylvatica*. *Molecular Ecology* n°15, pp. 3469-3480.

KRAMER K. edit., 2004. Effects of silvicultural regimes on dynamics of genetic and ecological diversity of European beech forests. Wageningen (NL), Final report UE Project DynaBeech QLK5-CT-1999-1210. 269 p.

KRAMER K. *et al.*, 2008. Bridging the gap between ecophysiological and genetic knowledge to assess the adaptive potential of European beech. *Ecological Modelling* vol. 216 (3-4), pp. 333-353

LADIER J., DREYFUS P., REBOUL D., 2008. La place du hêtre en région méditerranéenne. Rendez-vous techniques de l'ONF, hors-série n° 2 « Gestion des hêtraies dans les forêts publiques françaises », pp. 105-111

LANDMANN G., DUPOUEY J.L., NAGELEISEN L.M., CHUINE I., LEBOURGEOIS F., 2008. Le hêtre face aux changements climatiques.. Rendez-vous techniques de l'ONF, hors-série n° 2 « Gestion des hêtraies dans les forêts publiques françaises », pp 29-38

MAGRI D., VENDRAMIN G.G. *et al.* 2006. A new scenario for the quaternary history of European beech populations : paleobotanical evidence and genetic consequences. *New phytologist* n° 171, pp. 199-221

SARDIN T., PILARD-LANDEAU, B., E J.M., 2008. Le hêtre : une essence majeure des forêts publiques en France. Rendez-vous techniques de l'ONF, hors-série n° 2 « Gestion des hêtraies dans les forêts publiques françaises », pp 3-8

TEISSIER-DU-CROS, E., 2006. Apports de la génétique dans la gestion durable de la hêtraie. *Revue Forestière Française* vol 58 (1), pp. 13-28

VALADON A., VOCCIA M. 2006. Retrouver l'origine des peuplements : un objectif encore trop souvent inaccessible à l'ONF ! Rendez-vous Techniques de l'ONF n° 14, pp. 9-16

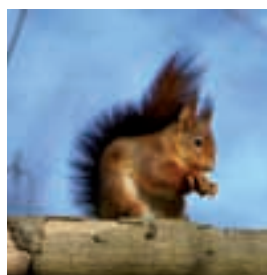
Répartition de l'écureuil roux en France : premier bilan de l'enquête initiée en 2007

Au printemps 2007, le Muséum national d'histoire naturelle et l'Office national des forêts, avec le soutien de la Société française pour l'étude et la protection des mammifères, ont lancé une enquête de répartition de l'écureuil roux (*Sciurus vulgaris*) en France.

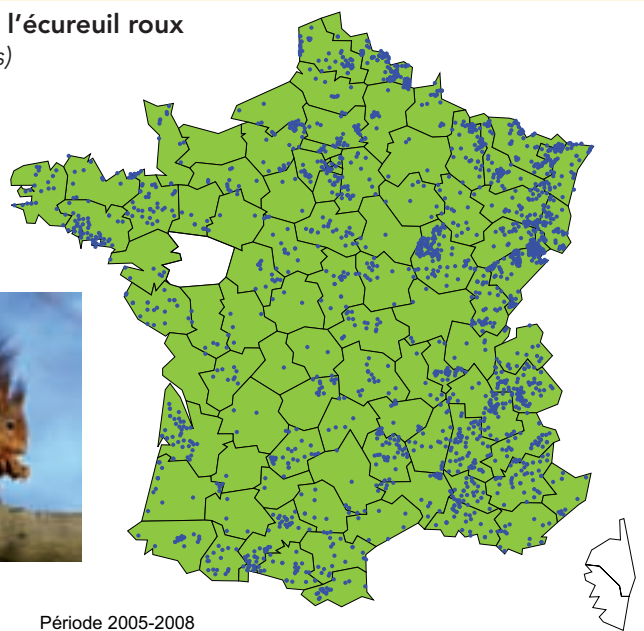
Ses objectifs étaient de faire un point vingt-cinq ans après l'enquête nationale publiée dans l'Atlas des mammifères de France (Fayard et coll., 1984), et de disposer de premiers éléments sur les caractéristiques des habitats, l'état des populations et les principales menaces auxquelles l'espèce est soumise. Cette enquête a été transmise aux agents de l'ONF, aux naturalistes, aux collectivités territoriales, directement ou par l'intermédiaire de la SFPEM (mise en ligne de l'enquête sur le site <http://www.sfpepm.org/>). Relayée par différents journaux et associations, elle s'adressait également à l'ensemble des personnes ayant observé un écureuil roux au cours des quatre dernières années (2005-2008), ceci à l'échelle communale.

Un premier bilan, réalisé en août 2008, a permis de dresser la carte de répartition de ce rongeur et d'identifier les secteurs géographiques peu documentés. Les autres informations présentes sur cette enquête seront exploitées ultérieurement. Ce bilan, basé sur l'exploitation de 2189 réponses, montre que l'écureuil roux occupe l'ensemble des régions françaises, avec des localisations plus nombreuses dans les massifs montagneux des Vosges, du Jura, des Alpes, des Pyrénées, secondairement du Massif Central, et localement dans certaines régions (Nord - Pas-de-Calais, Rhône-Alpes, Bretagne). Si ces premières informations donnent une bonne image de la répartition de l'écureuil roux en France, l'abondance des localisations dans certains secteurs géographiques peut toute-

Répartition de l'écureuil roux (*sciurus vulgaris*)



Période 2005-2008



SPN-MNHN

fois être mise en relation avec l'investissement important des agents de l'ONF, plus nombreux dans ces secteurs que dans d'autres régions françaises, et avec la participation active de groupes naturalistes. En effet, dans certaines régions ou départements, le faible nombre d'observations relève plus d'un manque de réponses que de l'absence de l'espèce.

Ces informations sont d'ores et déjà mises en ligne sur la base de l'Inventaire national du patrimoine naturel, MNHN (<http://inpn.mnhn.fr/>). La carte de répartition des observations relatives à cette enquête (période

2005-2008) est accessible sur le site de la SFPEM.

Jean-Louis Chapuis, Anne Dozières

MNHN, UMR 5173
chapuis@mnhn.fr

Laurent Tillon

ONF, DEDD
laurent.tillon@onf.fr

Nous remercions les agents de l'ONF, les associations naturalistes et les collectivités territoriales, les nombreuses personnes ayant déjà participé à cette enquête et, par avance, celles qui nous aideront à mieux connaître la répartition de ce rongeur en France, étape préliminaire et indispensable à sa protection.

Appel : afin d'obtenir une image plus précise de la répartition de l'écureuil roux sur notre territoire, et devant le succès des réponses obtenues, nous vous sollicitons à nouveau en 2009, en particulier pour les secteurs les moins documentés (les régions Poitou-Charentes, Basse Normandie, Pays-de-Loire, Limousin, Aquitaine, Champagne-Ardenne et certains départements tels le Calvados, la Charente-Maritime, le Lot-et-Garonne, le Maine-et-Loire et la Haute-Vienne en particulier). Toutefois, toutes les informations seront les bienvenues et compléteront cette base.

Merci nous adresser* la liste des communes où vous avez observé des écureuils roux, pour la période 2005-2008 et pour l'enquête 2009 (se reporter pour l'ONF au sujet Intraforêt n°1a7fb). Sur cette liste, seront indiqués : les communes, le département correspondant, l'année d'observation, le nom de l'observateur, et éventuellement vos commentaires.

*Adresse : chapuis@mnhn.fr (objet : Ecureuil roux) ou par courrier (MNHN, UMR 5173, CP 53, 61 rue Buffon, 75005 Paris)

Plan d'action environnemental de l'ONF : fiche technique « Traversée de cours d'eau en forêt »

La politique environnementale de l'ONF a fait l'objet en 2006 d'une déclaration générale articulée en 5 axes (biodiversité, eau, sol, paysage et éco-responsabilité) et 10 objectifs. Cet engagement s'est concrétisé en 2007 par un plan d'action pour parvenir à ces objectifs ; y figurent en outre des actions transversales, dont celle de « Communiquer sur les enjeux : réaliser et diffuser des fiches techniques, puis les valoriser par la revue technique... ». Conformément à ces dispositions, liées à la certification ISO 14001 de l'ONF, la première de ces fiches est reproduite ici ; elle est consacrée au franchissement des cours d'eau. C'est aussi l'occasion de compléter le dossier « La forêt et l'eau » paru dans notre n° 2 par les aspects liés à la politique environnementale.

L'Eau, enjeu majeur du vingt et unième siècle, fait partie des priorités de notre politique environnementale. Les enjeux liés à l'eau sont si importants pour l'ONF qu'ils justifient que les plans d'action mis en œuvre s'inscrivent dans une logique d'action transversale et une prise en compte à tous les niveaux, de l'amont à l'aval, de l'aménagiste à l'acheteur/prescripteur et au prestataire interne ou externe. Qui dit transversal dit partage et accès à l'information et à la connaissance : la première fiche

technique destinée, selon le plan d'action environnemental, à « Communiquer sur les enjeux » porte donc tout naturellement sur le thème de l'eau, en l'occurrence sur la traversée des cours d'eau. C'est le premier élément d'une collection dont le deuxième numéro traitera du diagnostic de sensibilité des sols.

Indépendamment de la consultation dans les Rendez-vous techniques, il va être possible à chacun de se constituer sa propre collection en version papier ou en version

numérique : c'est l'objectif de la fiche séparée diffusée avec la revue, qui va être également disponible sous format pdf sur Intraforêt.

À tous bonne lecture... mais disons d'abord quelques mots de notre plan d'action sur l'eau.

Jean-Michel MOUREY

Responsable politique
environnementale et PEFC
Direction de l'Environnement
et du Développement Durable

L'eau dans la politique environnementale de l'ONF

Le rôle moteur de l'ONF pour progresser dans le domaine de la connaissance et aussi dans sa compétence en matière de génie écologique et de gestion multifonctionnelle est reconnu, grâce :

- aux partenariats noués dans le cadre de projets complexes financés par l'Union européenne (tout particulièrement les projets¹

Life « Eau et forêts », « Ruisseaux de têtes de bassin et faune patrimoniale associée » et Interreg « Gestion forestière et protection des zones humides ») ;

- aux relations institutionnelles avec les Ministères, leurs services déconcentrés et leurs établissements publics (ONEMA, Agences de l'eau).

Si la prise en compte croissante de l'eau répond aux enjeux du futur, elle constitue aussi l'une des préoccupations majeures affichées dans la politique environnementale de l'ONF, en lien avec sa certification² ISO 14001.

En effet, les analyses de risques régulièrement conduites dans les

agences, DT, DR et au Siège (évaluation³ de conformité environnementale, analyse⁴ environnementale) ont démontré la nécessité de progresser dans deux domaines. Le premier concerne le respect des exigences réglementaires (directive cadre sur l'eau et textes d'application), insuffisamment maîtrisées par les services dans le cadre de leurs activités ; le second porte sur la maîtrise des aspects (éléments de nos activités) ayant un impact significatif sur l'eau.

C'est ainsi que l'eau fait partie des priorités de notre politique⁵ environnementale et en constituent l'axe 2 « **Contribuer à la qualité de l'eau, des zones humides et habitats associés** », avec deux objectifs : d'une part, maîtriser les impacts en périmètres de captage et, d'autre part, éviter les perturbations hydrauliques des cours d'eau et des zones humides répertoriées.

Les cibles affichées en 2006 sont ambitieuses, puisqu'elles visent moins de 5 % d'incidents relevés au cours des contrôles et audits de coupes et chantiers en 2011 et 90 % des cahiers de charges de coupes et travaux mentionnant les prescriptions en présence de périmètres de captage rapprochés et éloignés en 2008.

L'eau dans le plan d'action de l'ONF

Ces objectifs et cibles ne peuvent être atteints que par la mise en œuvre d'un plan d'action volontariste et soutenu, dénommé SPE⁶ (suivi du programme environnemental), dont cinq actions concernent directement l'eau :

■ « **Assurer la veille sur l'eau, notamment sur la création des périmètres de protection de captage** » : cette action est en déploiement dans tous les territoires et le porter à connaissance est réalisé, notamment grâce à des partenariats avec l'administration (DDASS ou DRASS : directions dé-

partementales ou régionales des Affaires sanitaires et sociales) ;

■ « **Utiliser des biolubrifiants** » : l'objectif était d'utiliser exclusivement fin 2008 des biolubrifiants à l'intérieur des périmètres de captages (immédiats, rapprochés et éloignés) et dans ou à proximité des zones humides ; des contraintes externes (marché résilié à cause de la mauvaise qualité technique du produit) nous ont amenés à différer à 2010 la généralisation de cette mesure qui sera atteinte grâce à un achat exclusif au niveau national. À noter que l'extension de cette mesure aux autres milieux est prévue pour 2011 ;

■ « **Développer une politique expérimentale de contrats de gestion forestière adaptée à la protection de la ressource en eau** » : le résultat de cette action est étroitement lié aux projets complexes (notamment Life et Interreg) en cours de réalisation ;

■ « **Éditer un guide sur les évolutions du droit de l'eau et des milieux aquatiques et sur l'élaboration des plans de gestion piscicole** pour les cours d'eau ou plans d'eau dont le droit de pêche n'a pas été concédé » : la partie réglementaire de ce guide a été réalisée en 2007 et régulièrement mise à jour par le Département juridique⁷ ; la partie technique reste à réaliser, dès lors que seront connues précisément l'importance et la continu-

ité du linéaire justifiant des plans de gestion ;

■ « **Rédiger et diffuser l'instruction "Eau et forêt" et les guides d'application** » : il est en effet indispensable de disposer d'un document de référence national pour synthétiser et harmoniser les documents⁸ déjà mis en œuvre au niveau de certains territoires et appliquer ces dispositions à tous.

Par ailleurs, tous les documents cadres de l'ONF intègrent de nouvelles dispositions environnementales : il en est ainsi par exemple du RNEF (Règlement national d'exploitation forestière) déployé en 2008, du RNTSF (Règlement national des travaux et services forestiers) à finaliser avant fin 2009, de l'instruction sur les aménagements et les enjeux...

Et tous les outils de l'ONF sont configurés progressivement pour mettre à disposition et exploiter les données environnementales, notamment pour appliquer les prescriptions et consignes⁹ adaptées aux milieux sensibles concernés (périmètres de protection de captage, zones humides, cours d'eau) : système d'information géographique, système d'information forêt-bois en cours d'élaboration par DTCB, application Canopée (visualisation de l'information géographique) comportant maintenant un contexte environnemental, les différents modules d'applications Sequoia.

Notes de renvoi aux sources internes

¹ Voir sujet Intraforêt 12798 et page Internet <http://www.onf.fr/projets-europeens/sommaire/>

² Voir sujet Intraforêt e8a2

³ Voir sujet Intraforêt e8ff et formulaire 9200-CST-09-FOR-005

⁴ Voir sujet Intraforêt c269 et formulaire 9200-CST-09-FOR-004

⁵ Voir sujet Intraforêt ada0 et notes de service 06-G-1268 et 07-G-1409

⁶ Voir sujet Intraforêt 199fe, note de service 08-G-1475 et enregistrement 9200-09-EMAI-STR-008

⁷ Voir sujet Intraforêt 1278a

⁸ Directives d'applications territoriales et guides

⁹ Voir sujet Intraforêt 153e6, note de service 08-T-278 et guides 9200-08-GUI-SAM-004 et 9200-08-GUI-SAM-005



Fiche technique - Eau

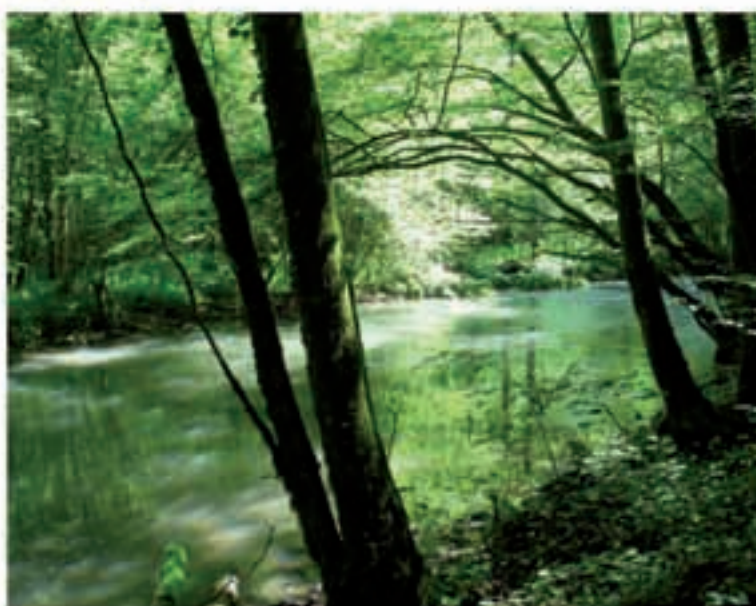
Traversée de cours d'eau en forêt, quelle attitude adopter ?

Impacts de nos activités sur l'eau

Les activités forestières peuvent parfois porter atteinte aux milieux aquatiques ou menacer des espèces : dégradation des berges ou du lit mineur, mise en suspension de matière limoneuse, risque de pollution (hydrocarbures, huiles...), destruction de frayères...

Le franchissement de cours d'eau lors de travaux sylvicoles ou d'exploitations est un exemple récurrent de perturbation potentielle qu'il convient de maîtriser.

L'eau constitue le deuxième axe de la politique environnementale de l'ONF.



Source : J. M. Akhony / ONF

Contexte réglementaire

Le texte de référence est la loi sur l'eau du 30 décembre 2006, transcrite dans le code de l'environnement.

Qu'est-ce qu'un cours d'eau ?

Construite sur la jurisprudence, la définition d'un cours d'eau a été précisée par la circulaire du Ministère chargé de l'Environnement du 2 mars 2005 (réf.: DE/SGAGF/BDE n° 3). Elle repose sur deux critères :

- la présence et la permanence d'un lit naturel à l'origine,
- la permanence d'un débit suffisant une majeure partie de l'année.

Cette définition exclut donc un fossé ou un canal d'écoulement créé par l'homme, sauf s'il s'agit d'un cours d'eau à l'origine. L'indication d'un cours d'eau sur une carte IGN (trait continu ou trait discontinu) ou sur le cadastre traduit l'existence d'un cours d'eau à l'origine.

Cette définition étant subjective, il convient de solliciter en cas de doute le service départemental chargé de la police de l'eau.

Quelles sont les conséquences de la loi ?

Selon les articles L 214-3 et L 432-3 du code de l'environnement, tout franchissement de cours d'eau doit faire l'objet d'une déclaration d'intention auprès du service départemental chargé de la police de l'eau qui oriente la procédure selon l'impact sur le milieu (déclaration ou autorisation). Dans les faits, la plupart des demandes relève de la procédure de déclaration.



Contexte réglementaire (suite) Qui présente la demande au service départemental chargé de la police de l'eau ?

Mode d'intervention		Demandeur
Coupes vendues sur pied		Acheteur de la coupe
Coupes de bois façonnés	En forêt domaniale	ONF
	En forêt communale avec intervention ONF	Commune avec demande établie par l'ONF s'il est entrepreneur ou maître d'œuvre
	En forêt communale sans intervention ONF	Commune
Coupes délivrées		Commune
Travaux	En forêt domaniale	ONF, quel que soit le mode de réalisation (salariés ONF ou entreprise)
	En forêt communale avec intervention ONF	Commune, avec demande établie par ONF s'il est entrepreneur ou maître d'œuvre
	En forêt communale sans intervention ONF	Commune

Solutions envisageables

Eviter de franchir le cours d'eau

Règle d'or : éviter autant que possible le passage des engins dans le cours d'eau.

La meilleure solution est souvent de ne pas franchir de cours d'eau. Une adaptation de l'assiette des coupes, de la programmation des travaux, de la desserte ou des méthodes d'exploitation peut parfois éviter des franchissements inutiles.

Ces différentes alternatives doivent être abordées dans le cadre d'un schéma global et cohérent de mobilisation des bois comprenant le réseau de cloisonnement : le plan d'exploitabilité orienté Eau.

Dans certaines situations, la mise en défens de toute intervention sylvicole peut être une solution à retenir, notamment si la zone concernée :

- est de faible surface,
- présente des contraintes topographiques fortes ou des potentialités forestières médiocres,
- possède une grande valeur patrimoniale.

Franchir le cours d'eau avec un dispositif adapté

Si le franchissement est nécessaire et inévitable, plusieurs dispositifs sont à envisager au cas par cas. Ils peuvent être temporaires ou permanents selon :

- la fréquence et l'intensité de passage,
- les modalités d'exploitation,
- les possibilités de mise en œuvre et d'amortissement des différents dispositifs.

Dans tous les cas, les dispositifs retenus doivent être adaptés aux caractéristiques du cours d'eau et avoir le moins d'impact possible sur l'environnement (ne pas entraver la libre circulation des espèces, limiter le contact des roues avec l'eau...).

Méthodes et savoir-faire

Terrassement de cours d'eau en forêt.
Quelle attitude adopter ?

Les dispositifs de franchissement permanents

1. Les passages busés

- Buses classiques utilisables sous réserve de :
 - ne pas créer de chute d'eau à l'aval de la buse,
 - limiter l'accélération des vitesses d'écoulement,
 - favoriser le dépôt de matériaux à l'intérieur de la buse. Prévoir de surdimensionner la section de la buse et de l'enterrer sur 1/3 de sa hauteur.
- Possibilité d'utiliser les dalots (section rectangulaire).

- + Adapté à différentes largeurs et profondeurs de cours d'eau
- Mise en place aisée (travaux classiques d'infrastructures routières)

- Surcoût lié au surdimensionnement de la section des buses ou à l'utilisation de buses rectangulaires
- Terrassement du lit du cours d'eau
- Entretien souvent nécessaire.



Buse classique



Dalot

Source : F. Durier / P. H. Morvan

2. Le pont en bois

- L'assise est constituée de chaque côté du cours d'eau par deux rondins de 50 cm de diamètre fixés entre eux. Le plateau est constitué de billons de 30 à 35 cm de diamètre sciés sur deux faces, sauf pour le billon extérieur de chaque côté du plateau. Tous les billons sont fixés verticalement sur l'assise. Les 3 billons de chaque extrémité sont fixés horizontalement. L'ensemble des fixations est à réaliser avec des tiges filetées.

- + Aucun impact sur le cours d'eau
- Utilisation de bois locaux envisageable
- Conception et réalisation par artisans locaux ou ateliers bois ONF
- Bonne intégration paysagère

- Peu de retour d'expérience



Pont en bois



Source : F. Durier / P. H. Morvan

3. Les arches métalliques

- Demi-buse métallique déposée au fond du cours d'eau, en appui sur chaque berge. Il existe actuellement deux modèles :
 - arches classiques (type Hamco) nécessitant la réalisation de semelles d'appui en béton grâce auxquelles les bords de l'ouvrage reposent sur le sol,
 - arches autoportées (type Spirosol), sans assise béton et utilisables dès que le fond est suffisamment stable.

- + Lit naturel conservé
- Facilité de pose (notamment arches auto-portées)

- Adapté seulement aux cours d'eau de faible largeur (<2m) et avec des berges bien marquées
- Un seul distributeur en France (SIREB)
- Peu de retour d'expérience



Arche classique



Arche autoportée

Source : F. Durier / P. H. Morvan

Source : F. Durier / P. H. Morvan

Méthodes et savoir-faire

4. Le gué empierré

➤ Dispositif adapté pour des points de passage fréquents à faible hauteur de berges. Empierrement du lit et des abords après avoir décaissé le fond du cours d'eau.

➤ Utiliser des pierres non gélives et les placer en les surélevant légèrement par rapport au lit naturel afin de limiter le contact des roues avec l'eau. Prévoir des interstices entre les blocs et une échancrure centrale laissant passer le débit d'étiage et garantissant la libre circulation des espèces.

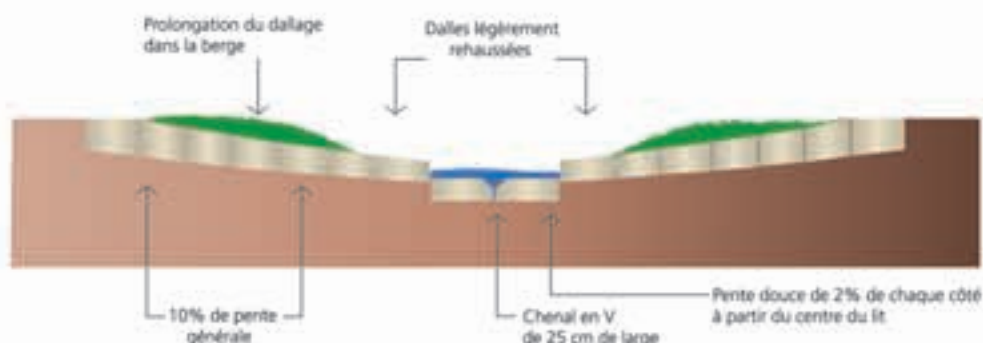
➤ La réalisation de gués empierrés plus rustiques, sans décaissement, peut être préconisée pour le franchissement des cours d'eau temporaires à fond peu stable, en période d'étiage.

- Plus stables et plus esthétiques que les gués en béton
- Adaptable à des cours d'eau relativement larges (10m)
- Moins de risques d'érosion et d'apport de matières en suspension
- Exploitation en période d'étiage possible même si le cours d'eau n'est pas à sec

- Réalisation nécessitant un savoir-faire, notamment dans le choix des pierres
- Dispositif peu adapté aux cours d'eau dont la profondeur dépasse 1,50 m
- Risques de pollution (à maîtriser lors des travaux de mise en place)



Source : J. Piret / ONF



Source : J. Piret / ONF

Les dispositifs de franchissement temporaires

1. Les tubes PEHD

➤ Les tuyaux (3 à 8 selon la largeur du cours d'eau) sont déposés sur le fond du lit et recouverts de billons. De part et d'autre de l'ouvrage, un lit de branches est constitué pour :

- faciliter le passage de l'engin,
- limiter les risques de matières en suspension.

- Tuyaux réutilisables et faciles à manipuler
- Simplicité d'utilisation
- Coût modeste (700 € pour un kit de tubes pouvant équiper 2 ou 3 passages simultanément)
- Nombreux retours d'expérience

- Dispositif difficile à mettre en œuvre sur des cours d'eau larges (> 8m) ou profonds (> 1,50 m)
- ... et peu adapté aux exploitations de peuplements irréguliers et faiblement mécanisés.



Tubes PEHD



Source : P. Dulier / PNF Morvan



Les dispositifs de franchissement temporaires (suite)

2. Le pont de rondins

➤ Des billons, de longueur supérieure d'au moins 2 m à la largeur du ruisseau sont prélevés sur la coupe et disposés en travers du cours d'eau. Les troncs sont calés sur la berge (contre une souche par exemple) et rendus solidaires en les attachant ensemble avec une chaîne.

- +
- Matériaux pris sur place
- Lit naturel conservé
- Faible coût

-
- Uniquement si les berges sont bien marquées et à la même hauteur
- Stabilité de l'ouvrage difficile à assurer



Source : J. Y. Buisson / ONF

3. La rampe métallique

➤ Pont métallique d'une portée de 3 m, pesant de 500 à 700 kg et pouvant supporter une charge de 25 à 30t. Chaque rampe est formée de deux longerons, distants de 50 cm et reliés entre eux par des traverses.

- +
- Rapidité de mise en place
- Structure pouvant une fois montée être déplacée en un seul tenant
- Adapté au franchissement de cours d'eau très encaissés

-
- Utilisation limitée aux cours d'eau de faible largeur (< 3 m)
- Matériel peu répandu



Source : J. Y. Buisson / ONF





Plus d'informations

Sources externes

- > "Police de l'eau - Quelles démarches pour les projets impactant les milieux aquatiques ?"
MEDD, 2007
- > "Application de la police de l'eau - Procédure d'autorisation ou de déclaration"
MEDD, 2007
- > "Le franchissement temporaire de cours d'eau"
AFOCEL, 2003
- > "Le franchissement des cours d'eau et des zones humides lors des exploitations forestières dans le PNR du Morvan"
AFOCEL et PNR Morvan, 2004
- > "Analyse économique du franchissement temporaire des cours d'eau"
AFOCEL, 2004
- > "Mesurer la performance environnementale des chantiers d'exploitation forestière"
AFOCEL, 2004
- > Fiche sur "les passages busés"
ENGREF, 2004
- > Fiche sur "les arches en PEHD"
ENGREF, 2004
- > Fiche sur "les ponts de rondins"
ENGREF, 2004
- > Fiche sur "les rampes métalliques"
ENGREF, 2004
- > "Monographie du câble zig-zag"
ENGREF, 2004
- > Site Internet du projet LIFE "Ruisseaux de têtes de bassins et faune patrimoniale associée"
<http://www.liferuisseaux.org/>
- > Site Internet INTERREG Alsace
http://www.southwestern.org/index_FR

Sources internes

- > Déclaration du Directeur général sur la politique environnementale de l'ONF
ONF, 2007 disponible sur www.onf.fr
- > Règlement national d'exploitation forestière
RNEF, 2006
- > Guide sur la prise en compte de l'eau et des milieux humides dans la gestion forestière
ONF, DT Franche-Comté, 2005
- > Guide sur la prise en compte de l'eau dans les travaux forestiers
ONF, DT Lorraine, 2006
- > "La réglementation sur les cours d'eau en lien avec l'exploitation forestière"
ONF, DT Rhône-Alpes, 2007
- > "Méthodes de franchissement de cours d'eau"
ONF, DT Rhône-Alpes, 2007
- > "Gestion forestière et atteintes à l'eau et aux milieux aquatiques"
ONF, DT Rhône-Alpes, 2007
- > Schéma de desserte et d'exploitabilité orienté Eau sur le massif de Chaux
ONF, DT Franche-Comté, 2007
- > Intraforêt page 12774

Où trouver le matériel

Voir Intraforêt page 153e9

Contact

Vincent PEREIRA
vincent.pereira@onf.fr

François AUREAU
Francois.aureau@onf.fr

Glossaire

IGN
Inventaire géographique national

PEHD
Polyéthylène haute densité

Direction de la publication
ONF - DEDD/OGCom

Rédaction
Jean-Michel MOUREY
Vincent PEREIRA

Été 2009



Direction Générale
2, avenue de Saint-Mandé
75570 Paris Cedex 12
Tél. 01 40 19 58 00
www.onf.fr
Certifié ISO 9001 et ISO 14001

à suivre

n° 25 - été 2007

Prochain dossier : bois mort

parution : août 2009

La conservation de la biodiversité est un enjeu reconnu de la gestion forestière, avec toutefois des aspects mieux documentés que d'autres. Ainsi le bois mort s'est inscrit depuis quelques années dans les thèmes de la recherche, sous des angles divers. Ce dossier en donnera un aperçu, resitué dans le dispositif de la gestion multifonctionnelle.

Retrouvez RenDez-Vous techniques sur intraforêt

Tous les textes de ce numéro sont accessibles au format PDF dans la rubrique qui lui est consacrée dans le portail de la direction technique (Recherche et Développement / Documentation technique). Accès direct à partir du sommaire.



Si vous désirez nous soumettre des articles

prenez contact avec nous :

ONF - Département recherche
Christine Micheneau
Tél. : 01 60 74 92 25
Courriel : rdvt@onf.fr

Pour se procurer RDV techniques :

ONF - Documentation technique
Boulevard de Constance
77300 Fontainebleau
Tél. : 01 60 74 92 24 - Fax 01 64 22 49 73

