

RenDez-Vous t e c h n i q u e s

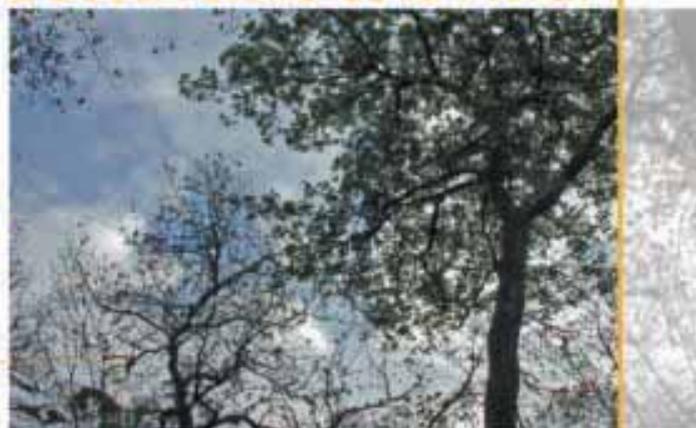
N° 13 - été 2006



Dossier
p.27

Desserte Forestière

L'Observatoire de la Harth



p. 85

patrimoine

sylviculture

pragmas

connaissances

économie

forêts et société

environnement

biodiversité

gestion durable

Rendez-vous techniques

Directeur de la publication

Jacques Valeix

Rédactrice en chef

Christine Micheneau

Comité éditorial

Joseph Behaghel, Yves Birot, Peter Breman, Jean-Marc Brézard, François Chiéze, Jean-Luc Dunoyer, Didier François, Xavier Gauquein, Claude Jalliet, Olivier James, Patrice Mengin-Lecreulx, Rémy Metz, Pierre-jean Morel, Frédéric Mortier, Jérôme Plat, François-Xavier Rémy, Thierry Sardin, Jacques Valeix

Maquette, impression et routage

Imprimerie ONF - Fontainebleau

Conception graphique

NAP (Nature Art Planète)

Crédit photographique

page de couverture

En haut : P. Geldreich, ONF

En bas : N. Bréda, INRA

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 : 10 euros

abonnement : 45 euros (tarif 2006) durée 1 an
(4 numéros et un hors série 2006)

Dépôt légal : septembre 2006

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

sommaire

n° 13 - été 2006

3

zoom

Résultats d'une enquête sur les « RenDez-Vous techniques »

par Delphine Angeloz, Clément Bailly, Amandine Chapuis, Émilien Guillot Vignot, Céline Jacob, Marie Pagès, Johanna Six et Jérôme Tantin

9

méthodes

Évaluer les variétés forestières résineuses issues de vergers à graines : un outil commun ONF-Cemagref, les réseaux expérimentaux

par Ariane Angelier, Bernard Héois, Gwenaël Philippe, Patrick Baldet, Guillaume Plas, et Stéphane Matz

19

connaissances

Observations phénologiques des arbres forestiers : concepts, intérêts et problématiques actuelles

Par François Lebourgeois, Janis Differt, Isabelle Chuine, Erwin Ulrich, Sébastien Ceccini et Marc Lanier

23

connaissances

Phénologie des peuplements du réseau RENECOFOR : variabilité entre espèces e dans l'espace, et déterminisme climatique

Par François Lebourgeois, Jean-Claude Pierrat, P. Godfroy, Erwin Ulrich, Sébastien Ceccini et Marc Lanier

27

dossier pratique

Desserte forestière : conception, exemples de réalisations

78

connaissances

La fertilisation azotée : un outil parmi d'autres pour remédier à la pénurie de glands

par Gwenaël Philippe et Joël Conche

85

connaissances

Suivi d'un massif forestier très sensible à la sécheresse : l'observatoire de la Harth, historique et perspectives

par Cécile Dubois-Coli, Louis-Michel Nageleisen et Nathalie Bréda

éditorial

La treizième édition de nos « Rendez-vous techniques » présente tout d'abord les résultats de l'enquête de lectorat réalisée l'an dernier par des étudiants de l'Institut supérieur d'agriculture et d'agroalimentaire de Rhône-Alpes, dans le cadre de leur formation.

J'en retiens surtout que, si les forestiers apprécient d'une façon générale la forme de la revue, son sérieux de même que la diversité des thèmes traités, leurs avis sont en revanche plus contrastés sur d'autres aspects, tels que la complexité de certains sujets présentés auxquels on reproche d'être trop « pointus » et de ne pas assez mettre en évidence les conclusions pratiques qui peuvent le plus intéresser les gestionnaires forestiers.

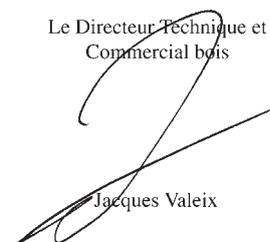
Aussi, l'enjeu est maintenant de tenir compte de ces enseignements sans toutefois déroger aux objectifs des « Rendez-vous techniques » : faire progresser les connaissances, diffuser les acquis de la recherche et transmettre les savoir-faire éprouvés.

Ensuite, au titre du volet « diffusion des acquis de la recherche », les deux articles présentés sur la phénologie des arbres forestiers donnent à la fois des informations pratiques et des résultats de recherche qui pour être plus pointus n'en sont pas moins utiles à la compréhension de l'évolution des écosystèmes forestiers. Ces travaux valorisent les observations du réseau Renecofor, témoignage fort des liens nécessaires entre chercheurs et forestiers.

Le dossier sur la desserte forestière illustre quant à lui des savoir-faire éprouvés d'intérêt plus immédiat.

Ce numéro présente enfin le dispositif d'évaluation des variétés résineuses issues des vergers à graines (à suivre dans le prochain numéro), les pistes explorées pour remédier à la pénurie de glands de chêne face aux besoins de (re)boisement et le bilan de l'observatoire de la Harth : autant de thèmes qui intéressent très directement le gestionnaire ONF.

Le Directeur Technique et
Commercial bois



Jacques Valeix

Résultats d'une enquête sur les « RenDez-Vous techniques »

Après 2 ans de parution, la rédaction des *Rendez-vous techniques* (RDVT) a souhaité faire un premier bilan en passant avec l'ISARA de Lyon¹ une convention pour la réalisation d'une étude de lectorat à titre de stage de formation pour 8 élèves ingénieurs dans le cadre de leurs études socio-économiques. La « commande » visait trois objectifs généraux : savoir dans quelle mesure la revue est lue, conservée utilisée sur le terrain ; estimer si son contenu est adapté aux attentes du personnel de l'ONF ; transmettre des axes d'amélioration sur le fond et sur la forme à partir des remarques des personnes interrogées. Les étudiants ont présenté les résultats de leurs travaux au comité éditorial le 8 décembre 2005 : ils en livrent ici un condensé synthétique.

En septembre 2005, une centaine de personnes travaillant à l'ONF ont été interrogées sur la façon dont elles perçoivent la revue RDVT et sur l'utilisation qu'elles en font.

Nous allons tout d'abord retracer le déroulement de l'enquête puis exposer la méthode d'analyse des données recueillies. Enfin, nous exposerons les principales attentes par catégorie de personnel ainsi que les cinq axes majeurs de recommandations que nous avons pu proposer.

Jun 2005 : une semaine de pré-enquête pour mettre au point la méthode

L'objectif général de cette pré-enquête était double :

- comprendre le fonctionnement de l'ONF et connaître ses acteurs, et plus précisément par rapport à la revue, pour nous imprégner du contexte de l'étude ;
- mettre au point un questionnaire et des modalités adaptés.

La demande de l'ONF

La « lettre de commande » de l'enquête demandait des informations chiffrées concernant les questions suivantes :

- La revue est-elle connue ? est-elle reçue régulièrement à chaque parution ?
- Quels usages les personnels font-ils de cette revue ? La lisent-ils ?
- La lecture de la revue entraîne-t-elle des répercussions sur leur travail, et de quelle manière (discussions au sein de l'Unité Territoriale, aide dans certaines pratiques...) ?
- Quels sont les thèmes qui les intéressent. Est-ce que les thèmes traités correspondent à des questions abordées sur le terrain. Est-ce qu'ils sont adaptés ?
- Est-ce que les dossiers sont appréciés ? Si oui, lesquels en particulier ?
- Savent-ils comment est élaborée la revue ?
- Que pensent-ils des rubriques, des encadrés et des synthèses ?
- La taille de la revue et le nombre d'articles sont-ils satisfaisants ?
- Sont-ils informés du fait qu'ils peuvent proposer leurs propres articles ? Cela les intéresserait-il ?
- Intraforêt : est-ce utile ou préfèrent-ils le format papier ?

Pour cela, nous avons d'abord rencontré deux interlocuteurs principaux : Mme de Villebonne, ancienne rédactrice en chef de *Rendez-vous techniques*, qui nous a apporté des précisions et des informations supplémentaires pour le « départ » de l'étude, et M. Hirbec, qui est intervenu sur les

forêts françaises et la structure de l'ONF.

Le reste de la semaine, nous nous sommes entretenus avec des personnes représentatives des fonctions techniques de l'ONF afin de connaître davantage leurs activités, et leurs rôles dans la structure. Nous avons rencon-

¹ Institut Supérieur d'Agriculture et d'Agro-alimentaire Rhône Alpes

Les Rendez-vous techniques : création, objectifs

Faire progresser les connaissances, intégrer les acquis de la recherche, transmettre les savoir-faire et finalement permettre l'amélioration de la technicité de ses personnels, tels sont les enjeux auxquels l'Établissement se doit de répondre pour s'adapter à des contextes en constante évolution, et offrir des prestations de qualité dans l'ensemble de ses domaines de compétences et d'intervention techniques. En complément de la mise en place progressive de dispositifs de soutien et de développement technique de plus en plus affirmés et renforcés, la Direction technique se devait de continuer à diffuser à l'ensemble des personnels de l'Office des connaissances d'ordre général, des résultats d'expérimentations ou recherches, menées par ses propres services ou par des organismes externes, et des techniques et savoir-faire éprouvés.

Jusqu'en 2000, le *Bulletin technique*, créé en 1971, a largement fait connaître les résultats acquis par le département recherche et développement ; mais il est resté très souvent d'un accès difficile, malgré sa vocation résolument technique et appliquée affirmée dès l'origine. En outre, avec une très large place dédiée aux techniques forestières classiques, peu de possibilités ont été réservées à des thématiques qui aujourd'hui intéressent de très près les forestiers soucieux de gestion durable : conservation de la biodiversité, gestion des fonctions sociales des forêts (dans le cadre des territoires)... Or dans ces domaines aussi la gestion se nourrit des apports de la recherche.

C'est donc dans un esprit de renouveau que le département recherche a pensé les *Rendez-vous techniques*, d'abord en associant à cette publication et à son contenu les différentes directions de l'établissement, ensuite en ouvrant largement les thèmes traités à leurs domaines respectifs. *Rendez-vous techniques* s'appuie en outre sur son comité éditorial qui rassemble des représentants du siège et des directions territoriales de tous niveaux, ainsi qu'une personnalité extérieure, le président du comité scientifique.

La revue s'adresse essentiellement au personnel technique de l'établissement, pour promouvoir et accompagner le progrès technique ; dans des registres variés selon l'exigence des sujets et la diversité des auteurs, elle cherche à allier qualité et fiabilité, mais également simplicité et efficacité. Elle est faiblement diffusée à l'extérieur, mais ouvre volontiers ses colonnes à des auteurs d'horizons divers, français ou étrangers.

La rédaction des *Rendez-vous techniques*, attentive à l'actualité et aux objectifs de l'Établissement, l'est également aux réactions de son lectorat : c'est ainsi que la revue pourra progresser.

Dominique de Villebonne

tré un responsable d'UT (Unité Territoriale), un membre de service technique territorial dans la branche « Développement et Soutien Technique », deux membres du « Département Recherche », respectivement responsable des expérimentations et responsable de la documentation technique, un responsable d'Unité Spécialisée (US) « Aménagement », et un agent patrimonial.

Nous avons aussi consulté la documentation mise à notre disposition, comme des ouvrages, des rapports, guides techniques, revues (dont la collection de RDVT) ou des statistiques

qui nous ont apporté des informations utiles à la mise en place de l'enquête.

Les enseignements de l'enquête préalable nous ont permis de construire un « modèle exploratoire » permettant de poser et d'argumenter les différentes hypothèses de travail, notamment sur la « structuration » possible du lectorat de RDVT selon les fonctions exercées, la zone géographique, etc. Le guide d'entretien qui en a résulté, liste de questions précises à aborder lors d'entretiens semi-directifs, a été la base de l'étude puisqu'il aura été soumis aux 100 personnes retenues pour les interviews.

Trois semaines d'enquête nationale en septembre 2005

L'échantillonnage a été réalisé de manière à couvrir toutes les fonctions techniques sur l'ensemble du territoire forestier métropolitain. Les personnes interrogées ont été choisies au hasard, dans la limite des contraintes matérielles et de disponibilité sur la période concernée.

Lors des 3 semaines d'enquête en septembre 2005, les 100 interviews ont été réparties en deux grandes zones : le Sud et le Nord de la France. Une équipe de 4 étudiants a alors été associée à chacune des zones. Chaque équipe a effectué en moyenne 4 interviews par jour. Une interview durait environ 35 minutes, pour un temps de retranscription de 3 h 30.

Méthode d'analyse des réponses à l'enquête

L'analyse des données recueillies a duré environ deux mois et demi.

Pour commencer, le contenu de chaque entretien retranscrit a été étudié : vocabulaire, thèmes récurrents, expressions souvent employées, blancs, hésitations... Tout a été analysé, interprété. Cette partie de l'analyse a exigé beaucoup de temps puisqu'il était nécessaire de relire chaque entretien en entier, d'en extraire toutes les parties intéressantes selon une grille thématique élaborée d'après la première relecture exhaustive, de les interpréter et enfin de résumer les conclusions.

Suite à l'analyse de chaque entretien, nous avons clairement noté que les opinions de personnes assurant une



même fonction ou un même type de fonctions convergeaient (à quelques exceptions près). Il a donc été décidé de classer les interviewés par fonction et de synthétiser toutes les conclusions tirées pour chacune d'entre elles.

En regroupant toutes les synthèses, nous n'avons constaté qu'une seule différence essentielle entre les interviews de la partie Nord de la France et celles de la partie Sud. Elle concerne les thèmes abordés par la revue (voir plus loin les attentes des agents patrimoniaux).

Pour finir, un logiciel de traitement statistique (SPAD) a été utilisé afin de déterminer plus clairement les types de lecteurs caractéristiques définis de façon intuitive au cours de l'analyse. Pour cela nous avons choisi dans la grille d'entretien des critères pouvant expliquer les profils dégagés et des critères illustrant nos remarques, et nous en avons codé les items et réponses de manière à en faire les « variables » du traitement statistique.

Toutes ces analyses nous ont conduits à un certain nombre de résultats concernant la revue RDVT. Voici les plus essentiels...

Attentes vis-à-vis de la revue selon les types de fonctions

Sont successivement abordés, pour chaque catégorie et dans la mesure où ils ont émergé en traits saillants, les aspects suivants : documentation technique consultée, pratiques de lecture, thèmes appréciés, avis sur la forme de la revue, avis sur le fond, avis sur le hors-série (Diversité génétique des arbres forestiers : un enjeu de gestion ordinaire), connaissances sur le fonctionnement de la revue.

Pour les « responsables »

Cette catégorie rassemble les responsables d'Unités Territoriales et Spécialisées (chefs d'UT/US, techniciens et personnels spécialisés d'UT/US).



Les responsables forment une catégorie de personnel pour qui la documentation technique est un outil de travail relativement important. Ainsi, si leurs fonctions leur font consulter une grande part de documentation interne type instructions ONF, documents d'aménagement, guides sylvicoles, sans oublier *Rendez-vous techniques*, ils mettent aussi à profit un grand nombre de revues externes avec entre autres *Forêts Magazine*², *Forêt Privée*, la *Revue Forestière Française* et *Forêt Entreprise*. De plus, on note que tous les responsables recherchent de l'information assez fréquemment ; pour eux, il s'agit de se constituer une large base de données à partir de documents écrits disponibles en centres de documentation, de l'expérience de leurs collègues, de colloques et également, de façon plus marginale cependant, par le biais d'Internet.

On peut considérer que les *Rendez-vous techniques*, sont parcourus entièrement mais lus de manière superficielle. La majorité parcourt les articles en diagonale en s'arrêtant généralement aux points de résumé et aux conclusions. Les articles jugés très intéressants sont cependant lus en intégralité.

En règle générale, la présentation de la revue est bien perçue. Les termes « convivial », « agréable », « positif », ont été très employés pour la décrire. S'agissant du fond des articles, la lecture de la partie « démarche scientifique et recherche pure » est peu suivie, et par ailleurs, la conclusion de l'étude n'est pas assez mise en valeur selon eux.

Les responsables se sentent plus intéressés par la technique mais appré-

cient énormément les thèmes « nature » : « Les biolubrifiants en forêt », « Tassement du sol », biodiversité, « Les conséquences de la sécheresse », « Forêts et Vent », « Équilibre Faune-Flore », « Pommiers et poiriers sauvages ». Cependant, beaucoup évoquent le fait de n'avoir plus le temps de s'intéresser aux choses qui dépassent le cadre de leur travail. Globalement, 42 % des responsables ne se sentent pas concernés par les sujets traités et le même nombre trouve que la revue ne répond pas aux préoccupations quotidiennes du terrain. L'utilisation est donc faite majoritairement à titre informatif, comme moyen d'acquisition de connaissances. Les utilisations terrain sont très ponctuelles et au cas par cas.

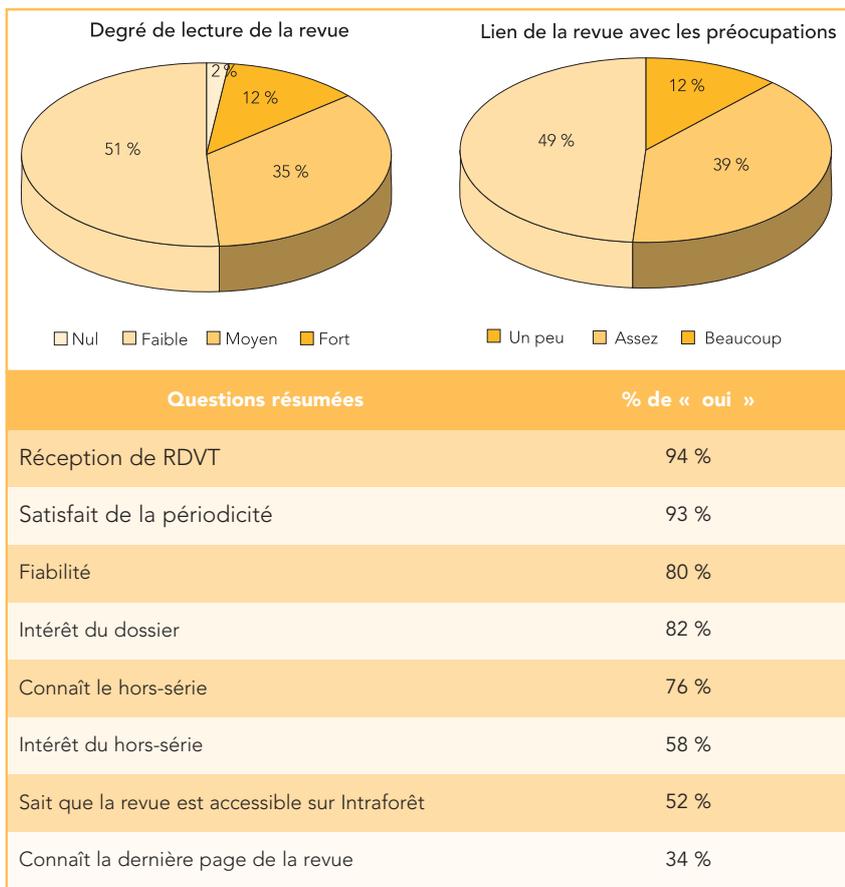
Le hors-série a été conservé sans être lu : jugé a priori trop scientifique et trop « recherche ». Rares sont ceux qui en ont vu les aspects plus pratiques. Sur le principe du hors-série, il y a souvent confusion avec les dossiers et 47 % des responsables ont manifesté du désintérêt ; la plupart des autres approuvent cependant la formule, qui permet d'approfondir en détail un grand thème.

Pour les agents patrimoniaux :

L'accroissement de la quantité de travail et le manque de temps sont des notions récurrentes chez les agents : la consultation de documentation technique est donc ponctuelle et liée à une recherche de réponse à un problème particulier. Une grande partie des agents privilégie la prise d'informations au cours de formations et par le dialogue avec des collègues. Les agents les plus expérimentés affirment se fonder en premier lieu sur leur expérience personnelle. Ceci est également vrai pour les agents RTM, qui préfèrent un échange d'informations par leurs réseaux de connaissances.

Les thèmes les plus appréciés sont de deux ordres : d'une part des problématiques écologiques (biodiversité, équilibre faune-flore, article sur les pommiers et poiriers sauvages...), d'autre part des articles concernant les techniques sylvicoles.

² dont la publication a cessé fin 2005 (NDLR)



Quelques statistiques générales tirées de l'enquête

On distingue cependant des différences Nord/Sud importantes sur certaines thématiques :

- les thèmes Incendies de forêt et Forêt et Eau sont en toute logique beaucoup plus fréquemment cités par les agents patrimoniaux de la moitié sud (cités par plus de 40 % des agents du sud pour seulement 8 % des agents de la moitié nord). Le sujet a particulièrement été apprécié par les agents de la région Méditerranée, qui l'ont cité à 80 % ;
- les articles concernant les réglementations et statuts de protection ont été majoritairement cités par les agents du nord de la France.

Ainsi, les agents trouvent la revue RDVT agréable à lire, assez attractive, claire, professionnelle fiable et « sérieuse » mais elle reste pour un grand nombre trop technique, scientifique et pointue. La structure des articles est suffisamment aérée pour

permettre une lecture rapide, et le nombre d'illustrations est jugé satisfaisant ; la majorité préfère cependant les cartes, photos et camemberts, qualifiés de « plus parlants » et compréhensibles, aux graphiques trop compliqués. La troisième de couverture et les rubriques, totalement méconnues, semblent être les deux principaux points faibles de la forme de la revue.

Quant au Hors-série, il est perçu comme trop compliqué, pointu et peu en adéquation avec leurs attentes.

Enfin ils sont globalement peu intéressés par la rédaction d'un article dans cette revue. Les raisons en sont :

- un manque de sollicitation de la part de leurs collègues et notamment de leurs supérieurs,
- une certaine crainte d'écrire des informations erronées et des remarques éventuelles que pourraient leur faire leurs collègues,

- le peu de temps à consacrer à la rédaction d'articles.

Pour les « animateurs » :

Les animateurs ont pour rôle de diffuser et développer auprès des équipes de terrain les évolutions de la sylviculture et des techniques forestières, ordonnées notamment par instruction ou note de service, mais aussi les acquis de la recherche et des divers réseaux.

Afin de recueillir un maximum de données, ils utilisent donc des supports et des sources très variés (anciens numéros du *Bulletin Technique* et *d'Arborescences*, *Rendez-vous techniques*, notes de services, la *Revue Forestière Française*, *Forêt Entreprise*, Internet...). Ainsi, ils croulent sous une « overdose d'informations », « la difficulté étant de faire le tri dans la qualité de cette information ».

La recherche d'informations constituant pour eux le « cœur du métier », il s'agit d'une tâche quotidienne.

De manière générale, ils ont été particulièrement intéressés par des thématiques environnementales, ou relatives à la nature, ainsi que par les techniques forestières. Ils apprécient donc cette variété de thèmes, qui permet à chacun de s'y retrouver.

Les qualificatifs généralement employés pour qualifier la forme de la revue sont très positifs : « attirante », « sympathique », « bien mise en page »...

La plupart trouvent la revue bien structurée et aérée. L'équilibre texte/illustrations est généralement perçu comme satisfaisant. La longueur de la revue leur paraît correcte, étant donné l'objectif visé, à savoir de toucher l'ensemble du personnel technique, mais aussi compte tenu du temps disponible et de la masse de documentation qu'on leur propose.

Pour les animateurs, la lecture de la revue est accessible à tous les professionnels du monde forestier. Certains notent cependant la complexité de certains graphiques et schémas.

Elle constitue selon eux un très bon moyen de diffusion d'outils techniques, puisqu'elle s'adapte, par sa diversité, à l'ensemble du personnel technique de l'ONF. Ils apprécient également sa fiabilité et son sérieux, notamment grâce aux contributions de personnes externes à l'Office (INRA, Cemagref...). La revue est donc placée à proximité du lieu de travail, « sous la main », afin qu'elle puisse être utilisée au besoin.

Sur le hors-série cependant les avis sont partagés : la moitié des animateurs l'a lu en partie et le trouve justifié car certains sujets doivent être traités en profondeur, l'autre moitié l'a simplement parcouru car elle le trouve trop détaillé, trop pointu et scientifique.

Pour les « cadres » :

Le groupe des cadres est composé des personnels ONF ayant une formation de bac + 5. Il s'agit donc des ingénieurs, responsables de certains pôles et services (recherche et développement, environnement...) et autres personnes de formations similaires.

Les cadres, de par leurs fonctions, utilisent des sources d'information de natures très variées. *Rendez-vous techniques* fait partie de ces sources mais n'est pas la première consultée. Elle est assimilée comme une revue abordable et facile à lire. Elle n'est pas perçue comme une référence par les cadres par opposition aux autres catégories de personnels. On distingue trois types de perception de la revue : elle peut être perçue comme un document de vulgarisation des résultats de la recherche pour l'ensemble du personnel de l'ONF ; comme un support de communication d'expériences entre les différents services de l'Office ; et enfin comme un document de synthèse fiable.

La présentation de la revue est perçue par 65 % des cadres interrogés comme attractive et bien structurée. La présence de résumés et d'encadrés de synthèse serait souhaitable dans la mesure où la plupart des ingénieurs se plaignent du manque

de temps à consacrer à la lecture. Il ressort donc une réelle estime pour la revue sans pour autant la placer comme un outil de travail de premier ordre.

Les cadres sont dans l'ensemble intéressés par le principe du hors-série, mais plus partagés sur le thème publié : la moitié le trouve trop scientifique ou trop pointu pour concerner l'ensemble des forestiers et serait favorable à une formule « fouillée » mais plus proche de la gestion.

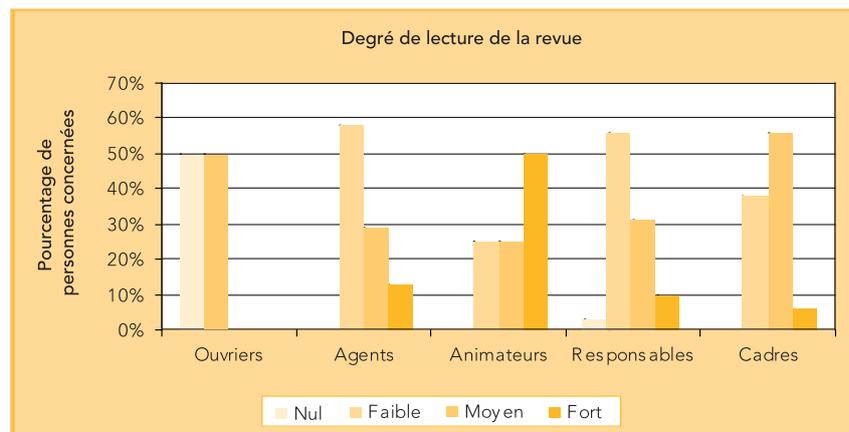
Pour les Ouvriers Forestiers :

Attention les conclusions pour les ouvriers forestiers sont à prendre avec extrême précaution car le nombre d'interviewés n'est pas représentatif.

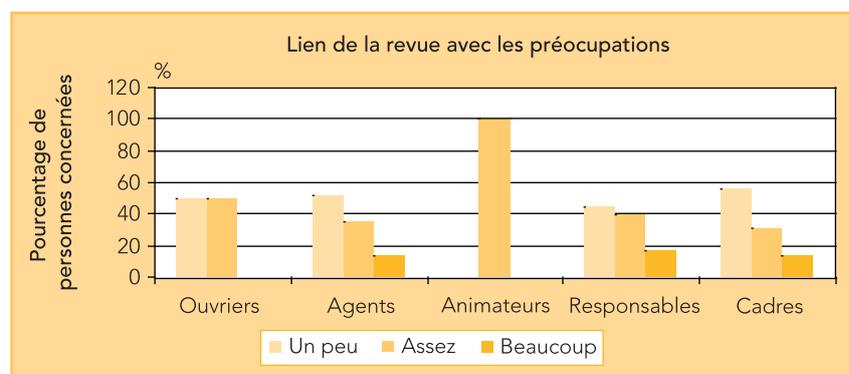
Leurs références techniques sont principalement fondées sur l'expérience et la pratique, et sur les guides de sylviculture et les règles de sécurité.

Les ouvriers forestiers interviewés ne connaissaient pas ou à peine RDVT avant l'entretien et en ont pris connaissance à cette occasion³ ; depuis le sommaire, ils sélectionnent les thèmes en rapport avec la sylviculture et tout ce qui peut être directement applicable, comme par exemple l'article « pommier et poiriers sauvages ». Pour leurs travaux sylvicoles, RDVT serait au mieux un « complément utile ».

Sur la forme, la revue RDVT est qualifiée de « jolie », « agréable à voir », « conviviale » ; la présentation est jugée correcte, de bonne qualité, propre et lisible. Les cartes et les photos, « très parlantes », sont appréciées. Les suggestions concernent essentiellement la mise en valeur de conclusions synthétiques, concrètes et « valables ». Ils souhaitent également voir développer certains thèmes, notamment les modes de vente du bois.



Réponses des enquêtés sur le degré de lecture par type de fonction



Réponses des enquêtés sur le lien de la revue avec leurs préoccupations, par type de fonction

³ les ouvriers ne reçoivent pas RDVT individuellement : des exemplaires sont adressés aux responsables pour mise à disposition dans les ateliers (NDLR)

point de vue

Libres propos sur le hors-série sur la génétique

Le hors-série des « Rendez-vous techniques » sur la diversité génétique des arbres forestiers a été particulièrement apprécié par les partenaires de l'Office, par contre relativement boudé au sein de l'Établissement.

Deux facteurs se conjuguent ici, qu'il s'agit de démêler : le principe d'un hors-série en tant que tel, et le sujet de la génétique.

Un hors-série est l'occasion de faire un point approfondi, pas exhaustif pour autant, sur un sujet qui nous concerne. Il sera d'autant mieux accepté qu'il sera perçu comme une référence à laquelle on peut revenir en tant que de besoin pour approfondir tel ou tel sujet, et qui n'a pas nécessairement à être lu d'emblée en totalité, sous peine d'indigestion.

Mon interprétation est que la relative désaffection tient surtout au sujet : la génétique. Nous l'avions déjà observé il y a quelques années lors d'une enquête du département recherche auprès des gestionnaires sur les besoins en R & D en matière de génétique. Il en était ressorti que les gestionnaires se sentaient peu concernés. Lorsqu'il est question de biodiversité, les acteurs forestiers pensent spontanément aux espèces, aux habitats également, par contre rarement à la dimension intraspécifique. Pour autant, l'action du forestier a des conséquences directes sur la diversité génétique, qui constitue, entre autres, un potentiel essentiel pour s'adapter au changement climatique et à toutes ses incidences.

Alors, pourquoi la génétique n'intéresse-t-elle pas ? Elle est certainement considérée a priori, et à tort, comme une question scientifique très amont sans rapport étroit avec la gestion. J'émet une autre hypothèse : comme elle ne se voit pas, elle n'existe pas. Dans le même ordre d'idée, n'est-ce pas également pour une raison inconsciente de ce genre que certains forestiers ne prennent pas la mesure de l'importance de la gestion des sols ?

Patrice Mengin-Lecreulx

Les cinq axes majeurs de recommandations

Les trois mois d'étude ont abouti à l'élaboration de cinq axes majeurs de recommandations pour la revue RDVT :

■ Malgré les avis plutôt positifs sur la forme de la revue il apparaît nécessaire d'augmenter la lisibilité. Ceci peut se traduire par une révision de la présentation de la revue (augmentation du nombre de photos et d'illustrations, hiérarchisation plus claire du sommaire, police plus grande, meilleure mise en valeur des rubriques et dossiers) ainsi que par une simplification du fond sans toutefois faire de RDVT une revue de vulgarisation. L'enquête a également mis en évidence une méconnaissance générale des méthodes d'élaboration de la revue (composition du comité éditorial, objectifs de la revue...), qui pourraient être mieux explicitées.

■ Les lecteurs de RDVT souhaitent également que la revue contienne plus d'informations pratiques présentées de manière synthétique. Les articles consacrés aux applications concrètes et autres témoignages sont des éléments importants à valoriser par des encadrés de synthèse et illustrations récapitulatives, permettant d'appréhender l'essentiel de l'information par une lecture rapide. L'étude a aussi permis de s'interroger sur la nécessité d'inclure, dans les articles et en particulier dans les dossiers, l'ensemble des démarches scientifiques. Il serait en effet possible de ne présenter que les conclusions.

La diversité des thèmes abordés dans RDVT est plutôt encouragée par les lecteurs. L'ouverture vers des auteurs externes, des sujets régionaux ou des sujets particuliers comme les traitements de futaie irrégulière est également vivement plébiscitée.

Un hors-série plus accessible ou plus ciblé est une recommandation indis-

pensable en bilan de l'étude. En effet, il semble nécessaire de revoir le format de cette publication ou de redéfinir le lectorat cible en n'envoyant cette formule qu'aux personnes intéressées par une information très approfondie. Le hors-série peut dans tous les cas être conservé comme document de référence dans les agences.

Enfin, RDVT est souvent associé et utilisé comme base d'informations. Afin d'en faciliter l'accès, un index bibliographique a été recommandé et sera mis en place.

**Delphine Angelloz,
Clément Bailly,
Amandine Chapuis,
Émilien Guillot Vignot,
Céline Jacob,
Marie Pagès,
Johanna Six,
Jérôme Tantin,
élèves ingénieurs
ISARA Lyon**

Évaluer les variétés forestières résineuses issues de vergers à graines : un outil commun ONF-Cemagref, les réseaux expérimentaux

Les vergers à graines résineux installés depuis les années 70 pour fournir des semences de variétés améliorées sont entrés en production. Il faut maintenant vérifier la qualité effective de leurs produits et en préciser les conditions optimales et limites d'utilisation pour éclairer les reboiseurs : lourde tâche, qui nécessite un réseau complexe d'essais « au champ ». L'article explique comment ce dispositif s'est mis en place, et selon quelles modalités d'évaluation et de suivi. Il sera complété au prochain numéro par la présentation des premiers résultats juvéniles.

Durant les années 1970-1980, plus de 300 ha de vergers à graines de diverses espèces résineuses ont été installés dans le département du Lot, dans le cadre d'un programme national d'amélioration génétique et de création variétale associant INRA, Cemagref et ONF (Pâques, 2004). L'Office National des Forêts assure aujourd'hui la gestion opérationnelle des vergers ; le GIE « Semences forestières améliorées » associant l'ONF et les établissements Vilmorin assure la valorisation commerciale des produits de ces vergers à graines.

Après une étape technique de mise en place parfois longue suivie d'une nécessaire période biologique de maturation sexuelle - en partie réduite grâce notamment aux travaux de stimulation de la floraison - beaucoup de ces vergers sont désormais entrés dans une phase de production régulière. Pour la campagne de plantation 2004-2005 par exemple, la proportion des plants issus de variétés améliorées (= de vergers à graines) sur le nombre total de plants vendus atteint 50 % pour le douglas, 42 % pour le mélèze, 2 % pour l'épicéa (résultats de l'enquête statistique annuelle sur les ven-

Origine	Catégorie	Nb de plants	%
Origines américaines importées			
Washington W403	I = identifiée	245 259	54 %
Washington W030	I = identifiée	22 500	5 %
Washington W422	I = identifiée	14 870	3 %
Vergers à graines (variétés améliorées)			
Darrington PME-VG-001	Q = qualifiée	3 385	1 %
Luzette PME-VG-002	Q = qualifiée	140 265	31 %
Régions de provenance françaises			
PME901	S = sélectionnée	18 050	4 %
PME902	S = sélectionnée	8 450	2 %
Total		452 779	100 %

Tab. 1 : répartition des origines de douglas utilisées sur 2 campagnes de plantations (2002-2003 et 2003-2004) en Auvergne et Limousin (forêts bénéficiant du régime forestier, source ONF)

tes de plants forestiers, Note de service DGFAR du 14 février 2006). Cette part peut varier d'une campagne à l'autre ou selon les régions mais reste importante. A titre d'exemple, les douglas améliorés utilisés en forêt « publique » représentent 32 % en Auvergne et Limousin sur les campagnes de plantations 2002-2003 et 2003-2004 (cf. tableau 1).

Les utilisateurs s'interrogent

Alors que ces vergers à graines alimentent d'ores et déjà, et de manière significative, le marché du matériel végétal depuis plusieurs années, les reboiseurs potentiels se posent légitimement des questions quant à l'utilisation des variétés qui en proviennent. Ces interrogations portent d'une part

sur les caractéristiques propres à ces variétés et leurs conséquences pour la filière MFR (= matériels forestiers de reproduction), et d'autre part sur les conditions agronomiques d'utilisation au champ.

Quelles sont les caractéristiques intrinsèques de ces variétés ?

En ce qui concerne les caractéristiques des graines (et plants) produites en (ou issus de) vergers à graines, pépiniéristes et reboiseurs sont intéressés à la fois par :

- leur niveau d'**homogénéité**, évalué sur des paramètres comme le taux de germination, l'homogénéité des performances en pépinière, la variabilité du comportement en plantation sur un site donné (vigueur, forme, qualité du bois, résistance aux facteurs biotiques et abiotiques). Ces paramètres constituent en effet des critères techniques et économiques importants pour l'ensemble de la filière bois.

- la **stabilité interannuelle** de leur composition génétique et de leurs performances, ainsi que l'ampleur de leur hétérogénéité comparée à celle de lots commerciaux importés ou issus de peuplements porte-graines. Si la variabilité, dans le temps et dans l'espace, de la floraison et de la fructification des arbres reproducteurs est bien connue dans les peuplements naturels (Bilger et al. 2004, Legay 2004, Pichot 2004), elle existe également entre les arbres des vergers à graines (Stoehr et al. 2004, Stoehr et al. 2005). Dans les deux cas, des contributions parentales (mâles et femelles) différentes d'une année à l'autre peuvent se traduire par la production de lots de semences génétiquement distincts (figure 1).

- leur **diversité génétique**, au-delà des fluctuations interannuelles de la contribution de tel ou tel composant du verger à graines (vergers de clones ou de familles) : elle constitue une garantie face aux aléas que peut subir une plantation (climat, parasites...). Elle conditionne également le mode éventuel de renouvellement (régénération naturelle ou replantation) des boisements réalisés avec ces variétés, lorsqu'ils seront à maturité (Angelier et al., 2004).

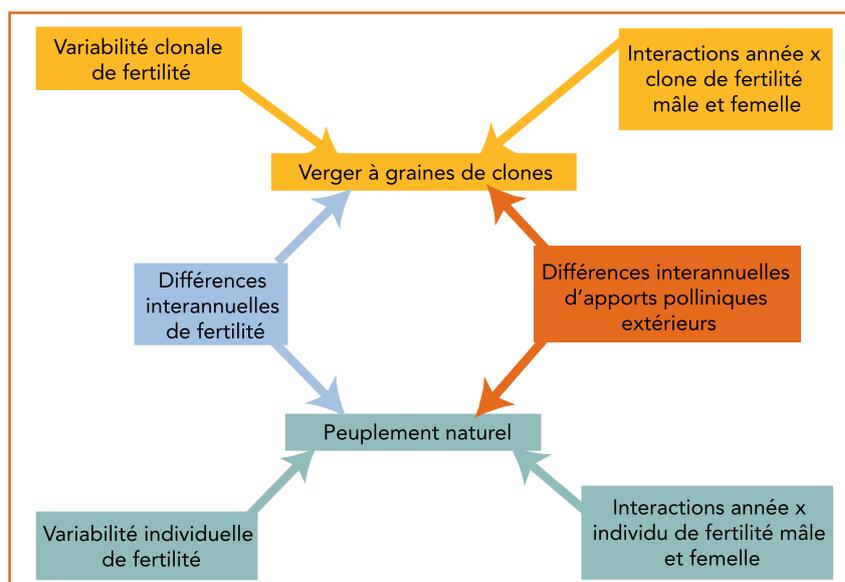


Fig. 1 : principales causes de variabilité des caractéristiques génétiques et donc des performances de lots de graines tant en verger à graines (ici un verger à graines de clones, type épicea-Rachovo, douglas-Luzette ou mélèze d'Europe-Sudètes) qu'en peuplement naturel (type peuplement porte-graines). Adapté de Stoehr, 2005

Quel mode d'emploi pour ces variétés ?

Au-delà du reboisement lui-même, les sylviculteurs ont d'autres interrogations :

- quel est le comportement (vigueur, forme, résistance aux aléas climatiques...) de chacune de ces variétés non seulement dans les différentes conditions pédoclimatiques des principales zones de reboisement mais aussi dans des conditions plus marginales (altitude ou latitude notamment) ? Il s'agit là d'affiner les conseils d'utilisation de ce type de matériel forestier de reproduction (Rousselet et al. 2003) en évaluant précisément la plasticité et les limites agronomiques d'utilisation en plantation.

- Ces variétés démontrent-elles, et dans quelles conditions, une réelle supériorité par rapport aux approvisionnements traditionnels, sur quels critères (vigueur, forme...) et de quelle ampleur ? En d'autres termes, la différence de prix unitaire des plants entre variétés issues de verger et de peuplement sélectionné est-elle justifiée par une augmentation des performances agronomiques ?

- Ces variétés réagissent-elles à des itinéraires sylvicoles divers (densités de

plantation, dates et intensité d'éclaircie) et leurs performances impliquent-elles des modifications des itinéraires actuels (entretiens, élagage...) notamment une intensification de la sylviculture (Pâques, 2004) ?

Si les tests génétiques INRA, initialement mis en place et évalués dans le cadre des programmes d'amélioration des diverses espèces, apportent quelques informations sur la plasticité ou les espérances de gain génétique sur les caractères améliorés, ils ne suffisent pas à élaborer un véritable mode d'emploi de chaque variété. Installés généralement sur un nombre réduit de sites et pour des objectifs expérimentaux particuliers, ils ne couvrent qu'une faible gamme de milieux, ne reflètent pas les performances d'une variété en conditions sylvicoles classiques et n'offrent guère de supports de vulgarisation auprès des utilisateurs potentiels. C'est pourquoi des dispositifs d'homologation et d'évaluation dans un premier temps, et des plantations sylvicoles et parcelles de démonstration ensuite, doivent nécessairement compléter les tests génétiques de terrain (figure 2).

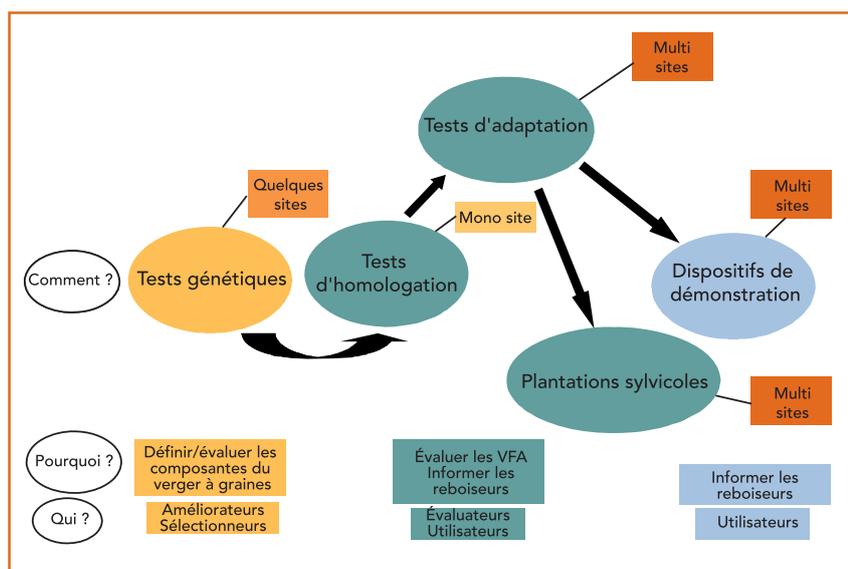


Fig. 2 : des réseaux de natures diverses pour des objectifs différents

Un outil de réponse : les réseaux multisites d'évaluation

Dans ce contexte et afin de répondre à l'essentiel des interrogations ci-dessus, le Cemagref et l'ONF ont associé leurs efforts d'expérimentation pour le douglas vert, l'épicéa commun et le pin laricio de Corse. En 1996, ils ont regroupé leurs dispositifs d'évaluation agronomique puis, dans les années qui ont suivi, ont étendu et complété ces réseaux de tests. Ils disposent aujourd'hui d'un recul de six à dix ans sur nombre de sites expérimentaux installés et suivis selon un protocole commun aux deux organismes évaluateurs, et qui leur permet d'apporter dès à présent les premiers éléments de réponse sur :

- l'évaluation des performances de différents vergers à graines – y compris différentes années de récolte d'un même verger – de ces trois essences de reboisement importantes, dans une large gamme de conditions pédoclimatiques ;
- la comparaison, dans ces mêmes contextes stationnels, entre les performances de ces VFA (= variétés forestières améliorées) et celles des sources de graines couramment utilisées, peuplements porte-graines sélectionnés ou provenances importées depuis l'aire d'origine, ces provenances constituant à la fois une modalité et un témoin.

Nous ne présenterons ici que l'état actuel et les caractéristiques de ce réseau expérimental, multisites et multi-espèces, d'évaluation agronomi-

que des variétés de vergers à graines et de diverses provenances. Les premiers résultats juvéniles acquis à ce jour feront l'objet d'un autre article.

Une large gamme de variétés testées

Les variétés issues de vergers à graines de douglas, épicéa commun et pin laricio de Corse sont comparées à des provenances françaises et étrangères (importées dans ce cas) fréquemment utilisées sur le marché et à des peuplements français contrôlés (tableau 2) ; ces provenances servent de modalités « pont » communes entre essais d'une même espèce. Quelques autres origines de douglas (autres provenances françaises et vergers étrangers moins ou pas utilisés mais expérimentalement intéressants) et d'épicéa (variétés multiclonaux, Borki) figurent également parmi les modalités testées.

Deux grandes catégories de dispositifs expérimentaux

Pour chacune des espèces concernées, les dispositifs mis en place possèdent en commun les caractéristiques suivantes :

- un découpage en blocs les plus homogènes possibles d'un point de vue stationnel,
- au sein de chaque bloc (ou répétition), des parcelles unitaires (p.u.) constituées de plants d'une même origine (verger à graine, peuplement sélectionné, lot commercial témoin) et réparties de manière strictement aléatoire au sein des blocs (figure 3). Dans chaque bloc d'un essai donné figure la totalité des origines testées dans cet essai.

Essence	VFA de VG	Provenances
Douglas	Darrington-VG (PME-VG-001) Luzette-VG (PME-VG-002) (catégorie qualifiée) Bout 24 (ancien verger à graines non commercialisé actuellement)	Provenance française (anciennement RP04 devenue PME 901 ou 902, est Massif Central) Provenances américaines (Washington 403 et Darrington) Vendresse et Chassagne (anciens peuplements contrôlés étiquettes bleues)
Épicéa	Rachovo-VG (PAB-VG-001) (catégorie qualifiée)	Anciens peuplements contrôlés (Chapois, Bonnetage, Gérardmer) Provenance française (peuplement classé anciennement RP05 2° plateau du Jura, devenue PAB 502 ou 503) Provenances polonaises (Istebna, Borki)
Pin Laricio	Sologne-Vayrières-VG (PLO-VG-001) (catégorie testée)	Peuplement contrôlé (Sologne, la Rebutinière) Provenance française (Bassin parisien, Centre anciennement RP04, devenue PLO 901)

Tab. 2 : principaux vergers à graines et provenances évalués ainsi que les témoins utilisés

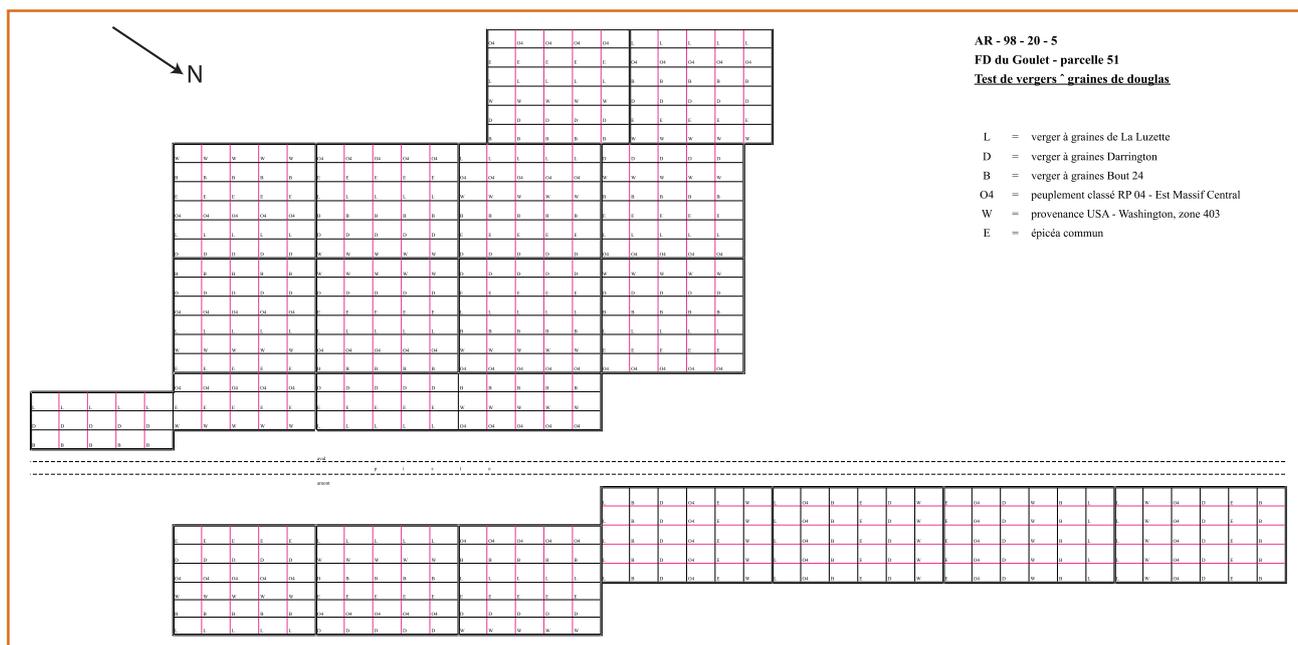


Fig. 3 : exemple de dispositif expérimental avec répétitions et parcelles unitaires de 5 arbres

Ce type de dispositif permet de contrôler les variations du milieu (fertilité, microtopographie, incidences de lisière ou d'andains par exemple) et de distinguer, lors de l'analyse des paramètres mesurés (survie, hauteur, diamètre, forme...) les effets dus à ces hétérogénéités stationnelles – indépendantes de la nature du matériel végétal testé – de ceux dus réellement à l'origine de ce matériel végétal.

La préparation des terrains, l'élevage des plants en pépinière et les densités de plantations retenues correspondent aux standards habituels des régions de tests. Seule la répartition sur le terrain des variétés évaluées (parcelles unitaires et répétitions) traduit le caractère expérimental de la plantation. Aucun traitement sylvicole n'a pour l'instant été appliqué sur ces dispositifs en dehors des entretiens nécessaires à la croissance des plantations.

On peut regrouper l'ensemble de ces dispositifs en deux catégories, selon la taille des parcelles unitaires et la durée de vie de l'essai :

■ **Les tests d'adaptation** : ils sont constitués de parcelles unitaires d'effectif et de taille réduite (1 à 5 plants d'une même modalité) regroupées au sein de

blocs répétés de 2 à 20 fois selon les cas. Chaque site comprend plusieurs centaines de plants (100 à 600) sur des stations éventuellement un peu marginales pour l'essence considérée. Le matériel végétal est composé de plants issus de vergers à graines et de différentes provenances. Il s'agit là de tests juvéniles car ils ont vocation à être suivis sur environ 15 ans seulement, échéance de la première éclaircie : une éclaircie systématique, sélective ou mixte peut faire disparaître totalement les 1 à 5 plants d'une modalité dans un bloc et réduit donc considérablement la pertinence du dispositif. A noter que certains de ces dispositifs d'adaptation sont aussi les dispositifs officiels d'homologation d'une variété de verger à graines pour son passage en catégorie réglementaire testée.

■ **Les plantations sylvicoles** : elles sont constituées de parcelles unitaires beaucoup plus grandes (30 à 40 ares) mais avec une ou deux répétitions (ou

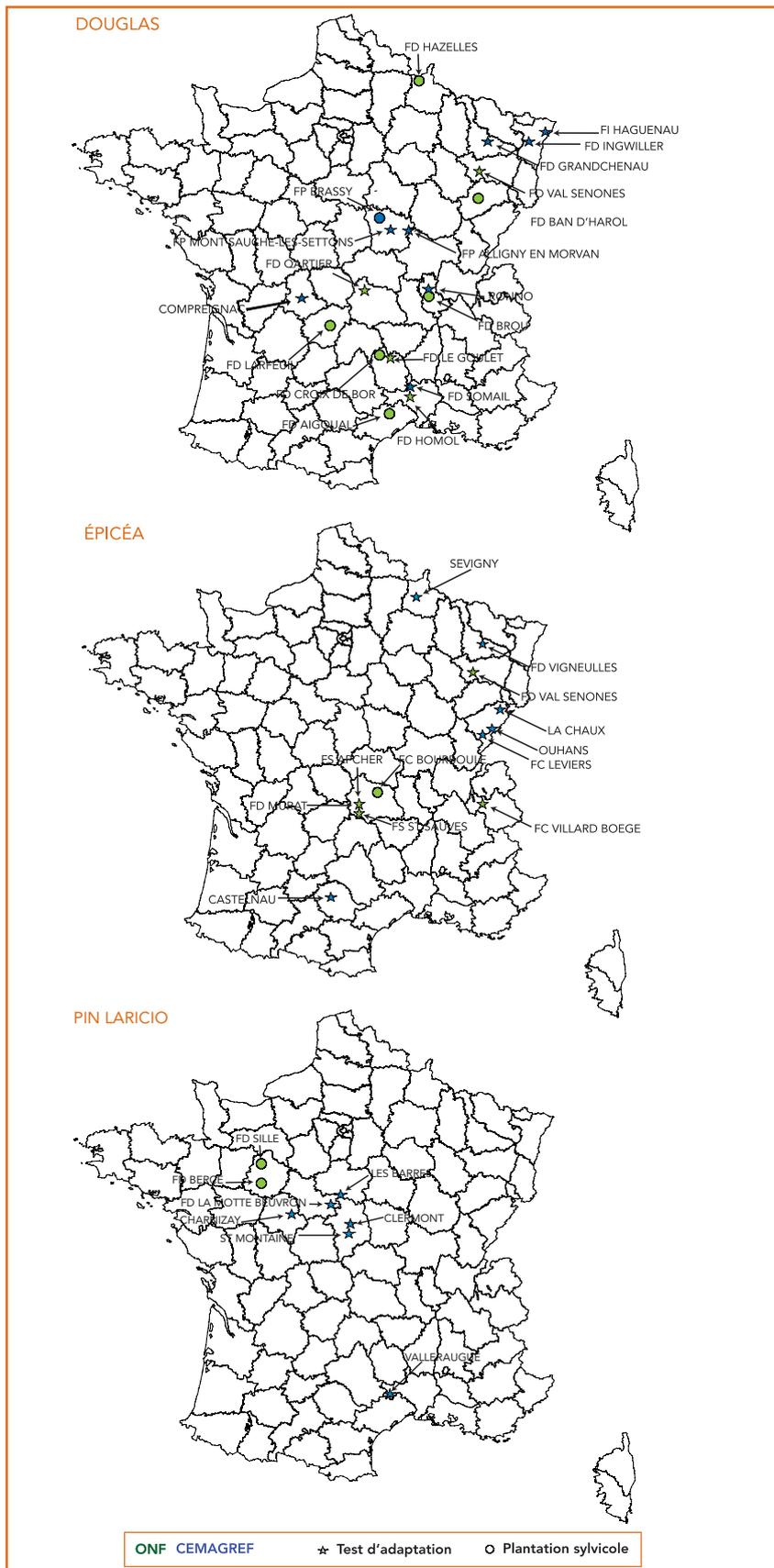
bloc) par modalité évaluée. Deux à trois vergers à graines sont comparés à des sources de graines couramment utilisées en reboisement. Ces plantations ont vocation à être suivies à plus long terme que les tests d'adaptation, au-delà de la première voire de la seconde éclaircie. La taille des parcelles unitaires permet en effet de maintenir un effectif suffisant de chaque origine par p.u., même après éclaircie.

Une large représentativité géographique et stationnelle

Les figures 4 à 6 illustrent la répartition géographique des réseaux d'évaluation multisites, dans les principales régions de boisement/reboisement respectives du douglas, de l'épicéa commun et du pin laricio de Corse. Ces réseaux incluent également des situations marginales par leur altitude élevée (Massif Central surtout et quelques sites dans les Alpes) et leur caractère méridional (zone méditerranéenne essentiellement) (Tableau 3).

Essence	Altitude élevée (> 1 000 m)	Caractère méridional
Douglas	FD du Goulet/FD de la Croix de Bor	FD de l'Aigoual/FD Homol/FD du Somail
Épicéa commun	FD Murat/FS Apcher/FS St Sauves/FC Bourboule/FC Villard-Boege	-
Pin laricio de Corse	-	FP Valleraugue

Tab. 3 : sites expérimentaux en situation marginale



Les principales caractéristiques de ces divers essais sont résumées dans les tableaux 4 à 6. On note ainsi des écarts d'altitude entre sites extrêmes de plus de 1 200 m pour le douglas et l'épicéa et de près de 600 m pour le pin laricio de Corse. Si on ajoute un gradient latitudinal important et des caractéristiques pédologiques variées au sein de chaque réseau, on peut en conclure qu'ils couvrent une diversité de contextes stationnels à l'intérieur des zones majeures d'utilisation actuelle de ces essences. À souligner également les gammes étendues de densité de plantation : 800 à 1 600 plants/ha pour le douglas, 950 à 2 000 pour l'épicéa et 900 à 1 800 pour le pin laricio de Corse.

Un temps d'attente incompréhensible pour les résultats

On observera que l'installation de ces réseaux, entre 1993 et 2002, intervient au moins une quinzaine d'années après la création de chaque verger à graines ; ce décalage important correspond au délai biologiquement nécessaire à l'entrée en production effective d'un verger à graines de résineux. S'y ajoutent les 1 à 3 ans d'élevage de plants en pépinière et la dizaine de saisons de végétation indispensables à une première analyse du comportement juvénile des variétés en plantation : c'est donc près de 25 à 30 ans qui s'écoulent entre la création d'un tel verger et son évaluation au champ ! L'évaluation, sur un même site, de la stabilité des performances de différentes années de récoltes d'un verger à graines donné, contribue à rallonger encore plus ce délai.

La légitime impatience du pépiniériste, du conseiller forestier et du reboiseur à disposer des modes d'emploi de ces variétés, dès lors qu'apparaissent sur le marché les premières productions de semences, doit ainsi être tempérée par les délais d'entrée en production et d'acquisition de données fiables.

Fig. 4, 5 et 6 : localisation des dispositifs d'évaluation pour le douglas, l'épicéa commun et le pin laricio de Corse

Explications communes aux tableaux des réseaux de dispositifs d'évaluation (y compris encadré mêléze)

FD : forêt domaniale, FM : forêt militaire, FEP : forêt d'établissement public, FC : forêt communale, FS : forêt sectionale, FDep : forêt départementale, FI : forêt indivise, FP : forêt privée,

En ocre foncé les essais suivis par le Cemagref et en ocre clair par l'ONF

Date d'installation : installation de l'essai faite au début du printemps de l'année indiquée

Forêt (n° de département)	Date installation	Type d'essai	Altitude (m)	Densité de plantation (nb plts/ha)	VAG testés			
					Luzette	Darrington	Bout 24	Autres origines testées
FP Alligny-en-Morvan (58)	1993	Adaptation	645	1 333		x	x	13 provenances et vergers français et étrangers
FI Haguenau (67)	1993	Adaptation	145	1 600		x	x	6 provenances et vergers français et étrangers
FP Alligny-en-Morvan (58)	1993	Adaptation et Homologation	675	833		x	x	13 provenances et vergers français et étrangers
FD Quartier (63)	1995	Adaptation	650	1 300	x	x	x	RP 04 Eu verger Chassagne Vendresse
FP Compreignac (87)	1996	Adaptation	450	1 111	x	x		Eu vergerVendresse
FD Homol (30)	1998	Adaptation	300-400		x	x	x	Washington RP 04
FD le Goulet (48)	1998	Adaptation	1 300	1 330	x	x	x	Washington RP 04
FD Val Senones (88)	1998	Adaptation	880	800	x	x	x	Washington RP 04
FP Montsauche-les-Settons (58)	1998	Adaptation	500	1 333	x	x	x	Washington RP 04
FD Ingwiller (67)	1998	Adaptation	320	1 333	x	x	x	Washington RP 04
FD Grandcheneau (54)	1998	Adaptation	400	1 111	x	x	x	Washington RP 04
FD du Somail (34)	1999	Adaptation	950	1 111	x	x	x	Washington RP 04
FP St Sylvestre (87)	1998	Adaptation	438	1 250	x	x	x	5 vergers et 6 peuplements européens
FP St Sylvestre (87)	1998	Adaptation et Homologation	438	1 250	x	x	x	Washington
FP Montsauche-les-Settons (58)	1998	Adaptation et Homologation	500	1 333	x	x	x	Washington
FP Montsauche-les-Settons (58)	1998	Adaptation	500	1 333	x	x	x	5 vergers et 6 peuplements
FDép Brou (69)	2000	Plantation sylvicole	650	1 100	x	x	x	Washington
FD Larfeuill (19)	2000	Plantation sylvicole	810	1 100	x	x	x	Washington
FD Aigoual (30)	2000	Plantation sylvicole	1 050	1 100	x	x	x	Washington
FD Croix de Bor (48)	2000	Plantation sylvicole	1 410	1 100	x	x	x	Washington
FD Hazelles (08)	2000	Plantation sylvicole	350	1 100	x	x	x	Washington
FD Ban d'Harol (88)	2000	Plantation sylvicole	375	1 100	x	x	x	Washington
FP Brassy (58)	2000	Plantation sylvicole	540	1 111 et 1 650	x	x	x	Washington

Tab. 4 : réseau des dispositifs d'évaluation pour le douglas

Forêt (n° de département)	Date installation	Type d'essai	Altitude (m)	Densité de plantation (nb plts/ha)	Verger Rachovo	Témoins				Autres modalités testées
						Chapois	Bonnetage	RP08	Istebna	
FP de Vigneulles (54)	1994	Adaptation	225	1 142	x	x	x	x	x	
FP Castelnau de Brassac (81)	1994	Adaptation	770	950	x	x	x	x	x	
FC Ouhans (25)	1994	Adaptation	660	1 111	x	x	x	x	x	
FP de Vigneulles (54)	1994	Adaptation	225	1 142	x	x				Variétés multiclona-les AFOCEL et Inra
FC Levier (25)	1994	Homologation	780	1 111	x	x				
FC Ouhans (25)	1994	Homologation	660	1 111	x	x				
FC des Pôtées Sévigny-la-forêt (8)	1994	Homologation	340	1 111	x					
FC Villard Boege (74)	1997	Adaptation	1 320 1 490	1 600						
FD Murat (15)	1997	Adaptation	1 150	1 600	x	x	x		x	Gerardmer (contrôlé) et Jura (classé)
FS St Sauves (63)	1997	Adaptation	890	1 600	x	x	x		x	Gerardmer (contrôlé)
FD Val Senones (88)	1997	Adaptation	880	1 600						
FS Apcher (63)	1997	Adaptation	1 340	1 600	x	x	x		x	Borki, Gerardmer (contrôlé) et Jura (classé)
FC La Chaux (25)	1997	Adaptation	950	2000	x	x	x		x	Borki, Gérardmer (contrôlé) et Jura (classé)
FC Bourboule (63)	1997	Plantation sylvicole	1 190	1 330	x		x		x	Gerardmer

Tab. 5 : réseau des dispositifs d'évaluation pour l'épicéa

Forêt (n° de département)	Date installation	Type d'essai	Altitude (m)	Densité (nb plts/ha)	Verger Sologne-Vayrières					Témoins
					201	202	203	204	Lot élite	
FD La Motte Beuvron (41)	1993	Adaptation	140	1 300	x	x	x	x	x	
FD La Motte Beuvron (41)	1993	Plantation sylvicole	140	900, 1 280 et 1 800	x	x	x	x	x	
FP Charnisay (37)	1993	Adaptation	120	1 300	x	x	x	x	x	
FP Charnisay (37)	1993	Plantation sylvicole	120	900, 1 300 et 1 800	x	x	x	x	x	
FD Bercé (72)	1997	Plantation sylvicole	150	1 330		x	x		x	x
FD Sille-le-Guil (72)	1997	Plantation sylvicole	240	1 330		x	x		x	x
FP St Montaine (18)	2002	Adaptation	140	1 333						
FP Valleraugue (30)	2002	Adaptation	700	Non aligné						
Domaine d'État Les Barres (45)	2002	Adaptation	150	1 666						

Tab. 6 : réseau des dispositifs d'évaluation pour le pin laricio

Les paramètres mesurés pour les besoins des gestionnaires

Pour chacune des essences évaluées, le souhait du gestionnaire se résume essentiellement à savoir quel verger (ou quelle provenance) lui assurera le meilleur compromis entre plusieurs critères décisifs : la période de débourrement, la croissance en hauteur et en circonférence de la tige et forme de la tige.

Son choix est en effet fonction des caractéristiques de sa parcelle (station, altitude, etc.) et de la sylviculture plus ou moins dynamique qu'il compte mener ; or :

- pour le douglas et l'épicéa commun, la période de débourrement a une influence certaine sur l'altération des pousses en cas de gelées tardives au printemps (fréquentes en altitude) ;
- la rapidité de la croissance détermine la largeur des cernes et l'âge d'exploitabilité ;
- la forme des tiges conditionne la qualité de bille de pied : c'est un facteur déterminant, surtout en l'absence d'élagage artificiel.

Les critères de reprise, de vigueur en hauteur et circonférence et de tardiveté du débourrement figurent donc en bonne place parmi les paramètres mesurés (tableau 7).

Grandeur et vicissitudes des expérimentations de terrain !

En dépit des précautions expérimentales prises depuis la récolte des lots de graines jusqu'au choix des terrains destinés aux tests en passant par l'élevage des plants et la plantation, des aléas divers peuvent affecter l'intégrité des réseaux expérimentaux mis en place.

Parmi les causes hélas fréquentes d'abandon d'un dispositif, on peut citer les dégâts de gibier ou de bétail. Un test de douglas (FC La Bourboule — 63) et un test d'épicéa commun (FD Verchaix — 73) ont ainsi dû être abandonnés par suite de la destruction d'un trop grand nombre de plants. En outre, plusieurs essais ne sont plus mesurés pour diverses autres raisons (douglas : FD Eu — 76, doutes sur les mesures individuelles suite à l'effacement des limites entre blocs ; F. St. Just en Chevalet-42, nombre de plants par bloc et nombre de blocs trop faible).

Par ailleurs, l'application souhaitable d'un protocole commun à de nombreux essais, très dispersés géographiquement sur l'ensemble du territoire métropolitain, se traduit par de sérieuses contraintes de planification des opérations de mesures dans le temps, en particulier dans le cas de notations

de débourrement ou de polycyclisme dont les dates ou la qualité d'observation dépendent fortement des conditions météorologiques. Ces contraintes s'avèrent souvent difficilement compatibles avec les charges de travail pesant sur les équipes chargées des prises de données. Les évaluateurs doivent donc trouver un équilibre délicat entre l'intérêt indéniable d'évaluations multisites d'une variété forestière et les moyens humains et financiers disponibles. Le nombre de variétés à tester, qui découle logiquement du nombre de vergers à graines résineux mis en place entre 1976 et 1995 (Pâques 2004), renforce la nécessité de rechercher de tels équilibres et de définir des priorités entre espèces et/ou entre objectifs expérimentaux.

Perspectives

D'ores et déjà, les résultats tirés de ces réseaux selon les deux critères actuellement renseignés : croissance juvénile en hauteur et période de débourrement, permettent à l'ONF et au Cemagref de fournir une première clef provisoire d'aide à la décision (voir article à paraître). En l'absence de renseignement sur le critère qualité de la bille de pied, ces résultats juvéniles ne sont donc que partiels et il paraît indispensable, à l'issue des prochaines

	Tests d'adaptation	Plantations sylvicoles ¹
Un an après plantation	Taux de reprise Hauteur initiale à la plantation Hauteur à 1 an	Taux de reprise Hauteur initiale à la plantation Hauteur à 1 an
Trois ans après la plantation, puis tous les 3 ans	Tardiveté du débourrement (douglas et épicéa) ² Polycyclisme (douglas seul) Hauteur totale (et survie)	Hauteur totale (et survie)
A partir de la 9 ^e ou 12 ^e année	Circonférence à 1,3 m	Circonférence à 1,3 m

Tab. 7 : paramètres mesurés et échéanciers de mesures

1 : sur une placette d'environ 100 plants repérés individuellement

2 : à la date de relevé, judicieusement choisie : note de 0 pour le bourgeon fermé à 5 pour le débourrement total en passant par tous les stades

Le cas des Mélèzes

Un effort de recherche important est également fourni par les deux organismes sur d'autres essences : le mélèze d'Europe et le mélèze hybride, qui sont aujourd'hui fréquemment utilisées par les gestionnaires pour diversifier les reboisements. Bien qu'ils ne fassent pas partie du réseau de tests commun à l'ONF et au Cemagref, les caractéristiques des dispositifs mélèze et le protocole mis en oeuvre s'en rapprochent beaucoup. Ces dispositifs couvrent une gamme étendue de stations et d'antécédents culturaux. Ils consistent exclusivement en tests d'adaptation dont huit ont été suivis par le Cemagref dans le cadre de coopérations entre instituts de recherche européens (Philippe *et al.* 2006) et sept par l'ONF. Les Rendez-vous techniques publieront prochainement les résultats obtenus par le Cemagref en matière de mélèze hybride.

MÉLÈZE



Forêt (n° département)	Altitude (m)	Date installation	Antécédent cultural	Densité (nb plts/ha)	Caractères évalués (1)	Variétés évaluées françaises			Témoins m. d'Europe et du Japon
						FH 201 (1)	Le Theil étrangères (2)	(nb)	
FP Oiselay (70)	300	1995	terres agricoles	1000	S, H, C, R	x		0	Sudètes, Hokkaido
FM La Courtine (23)	800	1995	forêt	1667	S, H, C, R, CB	x	x	5	Ruda, Hokkaido
FP Brenod (01)	950	1995	pâturage	1667	S, H, C, R, CB	x	x	5	Ruda, Hokkaido
FEP Arleuf (58)	750	1996	forêt	1667	S, H, C, R, CB	x	x	3	Hokkaido
FC Maïche (25)	800	1996	forêt	1667	S, H, R	x	x	3	Hokkaido
FP Guiscriff (29)	170	2001	terres agricoles	1 100	S, H	x	x	6	aucun
FP Guiscriff (29)	170	2001	terres agricoles		S, H	x	x	5	aucun
FP Champoly (42)	900	2001	forêt	950	S, H	x	x	5	aucun
FD Consulat-Foix (09)	850-900	2002	forêt	1 100	aucun	x			Sudètes
Fdép Avenas (69)	500	1999	forêt	1 100	H	x			Sudètes
FS Medeyrolles (63)	1 050	1996	forêt	1 250	H	x			Sudètes
FS Paulhac (48)	1 350	1999	forêt	1 000	H	x			Sudètes
FS Oradour (15)	900	1999	Forêt et partie de terres agricoles	1 100	H	x		1	Sudètes
FS Vabres (15)	1 000	1999	forêt	1 100	H	x			Sudètes
FD Bougès-Mende (48)	1 100	1991	forêt	1 100	H			2	RP08, Sudètes

(1) S : survie ; H : hauteur, C : circonférence ; R : rectitude du tronc ; CB : courbure basale du tronc
 (2) noms complets : FH201-Lavercantière-PF (hybride) et Sudètes-Le Theil-VG (Europe)

Principales caractéristiques des dispositifs d'évaluation pour le mélèze

campagnes de mesures, de compléter et éventuellement de réorienter cette analyse en tenant compte des mesures de forme réalisées sur une hauteur objectif de bille qui reste à déterminer pour chaque essence.

L'ONF et le Cemagref poursuivront ainsi leur collaboration dans les prochaines années avec des mesures sur l'accroissement en hauteur, en diamètre ainsi que sur la qualité de la bille de pied au travers de la branchaison et de la fourchaison. L'analyse de ces campagnes fournira une information plus complète, combinant les trois critères durée de saison de végétation, vigueur et forme, et que de futurs expliciteront par essence à l'issue des campagnes de mesures prévues : 2006 (douglas), 2007 (épicéa) et 2009 (pin laricio).

Ariane ANGELIER

ONF DT Auvergne-Limousin

Bernard HEOIS

Gwenaël PHILIPPE

Patrick BALDET

Cemagref Nogent-sur-Vernisson

Guillaume PLAS

ONF DT Auvergne-Limousin

Stéphane MATZ

Cemagref Nogent-sur-Vernisson

Remerciements

Nous remercions particulièrement Alain Valadon pour sa relecture très approfondie de l'article, ainsi que les collègues (services de recherche et services de gestion) des Directions Territoriales de l'Office National des Forêts (Rhône-Alpes, Lorraine, Méditerranée, Centre-Ouest, Sud-Ouest et Bourgogne - Champagne-Ardennes) qui ont participé au suivi des essais situés dans leur région, et le personnel de la pépinière expérimentale de Peyrat le Château et de la pépinière des Milles.

Bibliographie

Angelier A., Bailly A., Romand J.L., Courdier J.M., Vautier F., Jacquemin B., Couty A., Gautry J.Y., 2004. Mise au point de scénarios de régénération naturelle du douglas pour le Massif Central. *Rendez-vous techniques*, n° 6, pp. 64-68

BILGER I., MARIETTE S., HEOIS B., 2004. Peuplements porte-graines sélectionnés. *Rendez-vous techniques*, hors-série n° 1 « Diversité génétique des arbres forestiers : un enjeu de gestion ordinaire », pp 51-63

Héois B., Girard S., 2004. Performances des deux variétés françaises de Douglas. *Premiers résultats. Forêt-entreprise*, n° 158, pp 38-41

LEGAY M., 2004. Gestion des ressources génétiques. *Rendez-vous techniques*, hors-série n° 1 « Diversité génétique des arbres forestiers : un enjeu de gestion ordinaire », pp. 80-88

PÂQUES L., 2004. Les variétés issues de vergers à graines. *Rendez-vous techniques*, hors-série n° 1 « Diversité génétique des arbres forestiers : un enjeu de gestion ordinaire », pp. 43-50

PHILIPPE G., MATZ S., CURNEL Y., JACQUES D., LEE S., 2006. Premiers enseignements d'un réseau européen de plantations comparatives de variétés de mélèze hybride. *Ingénieries*, n°45, pp. 73-86

PICHOT C., 2004. De la graine à l'arbre. *Rendez-vous techniques*, hors-série n°1 « Diversité génétique des arbres forestiers : un enjeu de gestion ordinaire », pp. 89-96

Rousselet C., Bilger I., Héois B., Ginisty C., 2003. *Conseils d'utilisation des matériels forestiers de reproduction : régions de provenance, variétés améliorées*. Paris : Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales. 174 p.

Stoehr M., Webber J., Woods J., 2004. Protocol for rating seed orchard seedlots in British Columbia : quantifying gain and diversity. *Forestry*, vol. 77, n° 4, pp. 297-303

STOEHR M., O'NEILL G., HOLLE-FREUND C., YANCHUK A., 2005. Within and among family variation of orchard and wild-stand progeny of interior spruce in British Columbia. *Tree Genetics and Genomes*, vol. 1, n°2, pp. 64-68

Observations phénologiques des arbres forestiers : concepts, intérêts et problématiques actuelles

Tous les forestiers font spontanément des observations phénologiques... sans forcément savoir ce qu'est la phénologie ! Voici un aperçu qui en montre l'importance, ne serait-ce que pour appréhender les mécanismes de réaction aux variations climatiques et se préparer aux changements attendus.

La phénologie : élément clé de l'autécologie des essences

La phénologie étudie les variations des phénomènes périodiques du développement animal et végétal et leurs relations avec les facteurs climatiques. Pour les plantes, le développement correspond à toute modification qualitative des caractères morphologiques externes. Le champ d'étude de la phénologie consiste donc à enregistrer, dans le temps, le retour des étapes de leur croissance et de leur développe-

ment et à étudier les facteurs qui l'influencent. En tant que marqueur du climat, la phénologie est donc un élément clé de l'autécologie des essences car elle permet de mieux appréhender leur adaptation au contexte écologique et climatique local de développement (Figure 1).

Historiquement, c'est pour les essences d'arboriculture et forestières que cette adaptation a fait l'objet des études les plus nombreuses dans le cadre des programmes d'amélioration génétique ou de travaux prenant en considération la variabilité génétique de

l'espèce. De nombreux travaux ont montré que les populations naturelles sont étroitement adaptées à leur situation climatique locale afin de minimiser les risques de dégâts occasionnés, par exemple, par les gelées précoces ou tardives sur la survie, le succès reproducteur ou plus simplement la croissance. Ainsi, dans le domaine forestier, la connaissance précise de ces cycles permet de choisir les espèces et les provenances les mieux adaptées en vue de leur utilisation en reboisement dans des contextes différents de ceux d'origine.

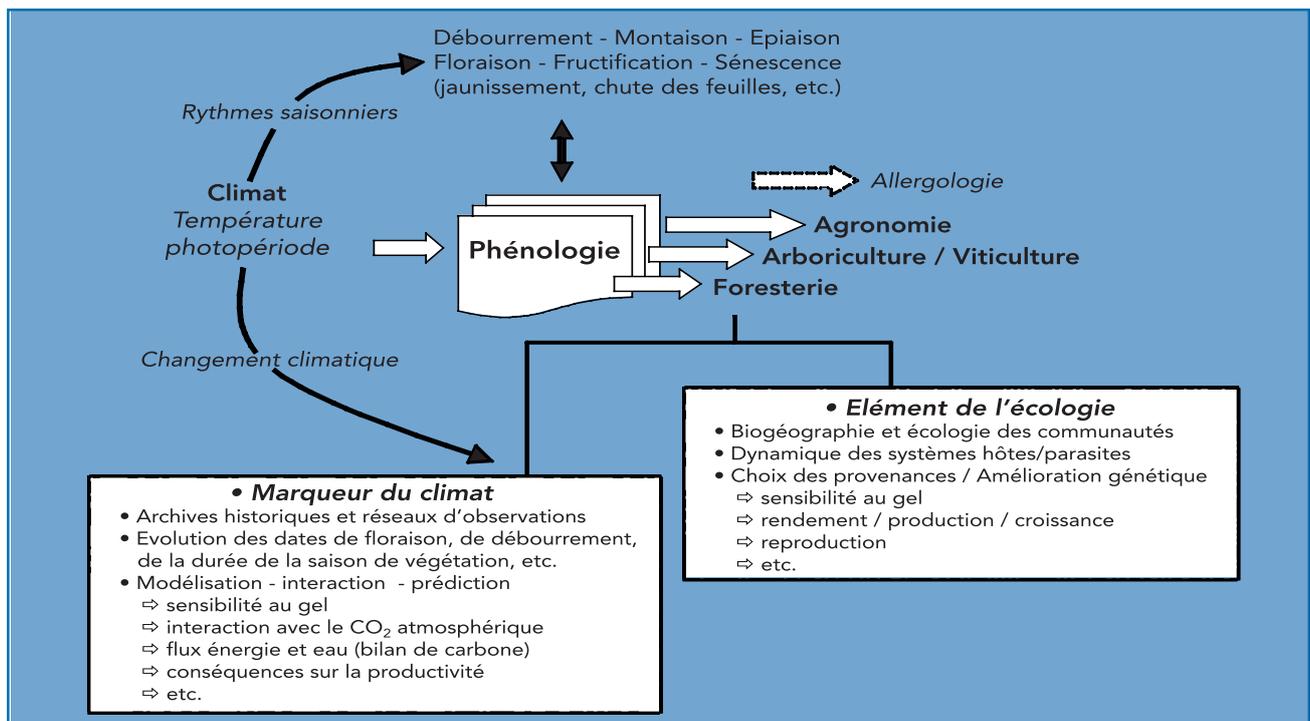


Fig. 1 : la phénologie : élément de l'autécologie et marqueur des changements environnementaux

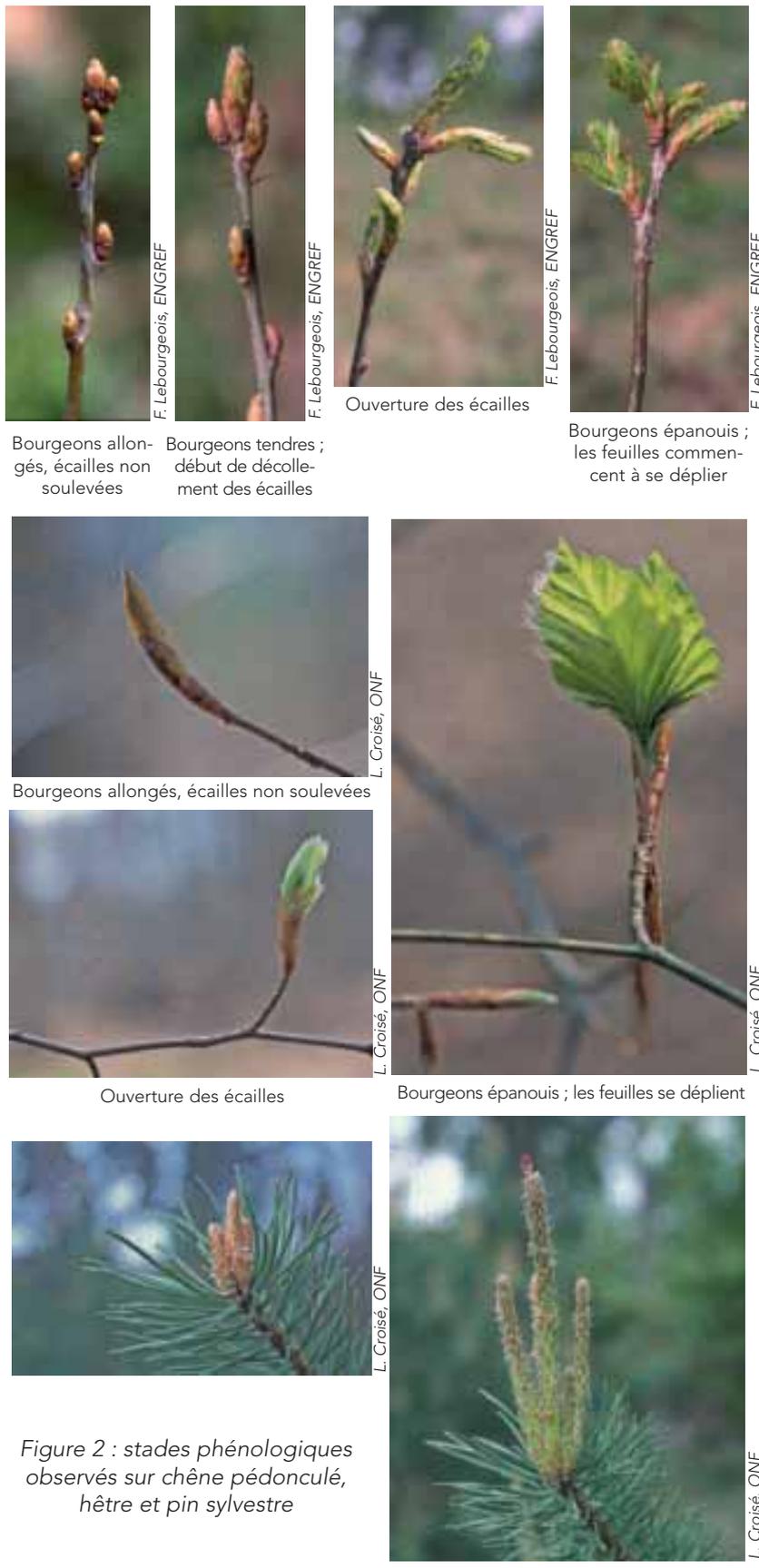


Figure 2 : stades phénologiques observés sur chêne pédonculé, hêtre et pin sylvestre

Pour les arbres, les évènements phénologiques majeurs (ou phénophases) sont le débourrement, la floraison, la maturation des fruits et la sénescence (coloration des feuilles ou chute). (Figure 2). Pour les arbres forestiers, le débourrement est le paramètre le plus largement observé suivi de la sénescence. Très peu de données existent quant à la floraison et la maturation des fruits. La mise en place des feuilles, leur développement et leur chute déterminent la période de végétation pendant laquelle les arbres à feuilles caduques sont photosynthétiquement actifs. Le développement foliaire est donc un facteur clé dans l'étude des différents flux d'eau et de carbone échangés avec l'atmosphère et donc de la productivité primaire des écosystèmes forestiers. C'est ainsi un composant majeur des modèles globaux de fonctionnement de la végétation associés aux modèles de circulation générale atmosphérique.

La phénologie : un outil pour l'étude des changements climatiques

Depuis ces dernières années, l'étude du cycle de développement a pris une importance croissante dans le cadre des études sur les répercussions possibles du réchauffement climatique sur la dynamique des écosystèmes forestiers. Les cycles de développement étant essentiellement sous déterminisme climatique (température et durée d'insolation ou photopériode), les variations du climat déjà observées dans de nombreuses régions du globe et en France (environ +1 °C sur la température moyenne depuis les 50 dernières années) pourraient avoir d'importantes répercussions sur la durée de la saison de végétation des espèces herbacées et des arbres, c'est-à-dire, à terme, sur le bilan de carbone des écosystèmes forestiers.

Les séries d'observations anciennes donnent de précieuses indications

Dans le monde, il existe quelques séries d'observations phénologiques remarquables soit par leur longueur, soit par leur qualité. Ces séries peu-

vent être l'œuvre de l'histoire et de la culture d'un pays comme, par exemple, la série des dates de vendange de Bourgogne (1370 à l'actuel) ou la série des dates de floraison du prunus à Kyoto au Japon (9^e siècle à l'actuel). Elles peuvent également provenir d'observations de naturalistes des 18^e et 19^e siècles telle la série de Thomas Mikesell en Ohio (1883-1912) ou la série de la famille Marsham en Angleterre (1736-1925). Mais il existe beaucoup d'autres séries d'observation qui ont été à l'initiative d'organismes nationaux, en général les instituts météorologiques ou les instituts agronomiques. L'Allemagne à elle seule possède 6 423 stations d'observations phénologiques gérées depuis 1951 par l'institut météorologique allemand. C'est d'ailleurs sous l'impulsion des Allemands Schnelle et Volkert, que le réseau « International Phenological Gardens » a été mis en place dans les années 1960. Ce réseau fonde ses observations sur un certain nombre d'essences forestières ; dans chaque pays participant les mêmes clones ont été utilisés afin de dresser des cartes de stades phénologiques en fonction des dates et des différences météorologiques entre grandes régions. C'est à partir de ces sources de données anciennes et de ces réseaux que les premières observations d'évolution à long terme ont été publiées au début des années 2000. Ainsi, la majorité des études menées sur les espèces anima-

les ou végétales (herbacées, arbustives ou arborées) ont montré des tendances fortes sur différents événements printaniers comme la floraison, la sortie des feuilles, les dates de migration, etc. Concernant les espèces végétales, les tendances sur les événements d'automne (maturation des fruits, jaunissement, chute des feuilles, etc.) sont plus variables et généralement moins importantes (Tableau 1).

Allongement de la saison de végétation depuis 1950

Globalement, il apparaît que, depuis les années 1950, les dates des événements printaniers ont avancé de 2 à 4 jours par décennie et que celles des phases automnales ont reculé de 1 à 3 jours. Ainsi, depuis 50 ans, la durée de la période d'activité photosynthétique a augmenté de 10 à 15 jours. Ces observations sont cohérentes avec les données satellitaires disponibles depuis le début des années 1980 qui montrent que la saison de végétation débute actuellement en moyenne 8 (± 3) jours plus tôt et se termine en moyenne 4 (± 2) jours plus tard. Ces données satellitaires sont elles-mêmes cohérentes avec l'augmentation de 20 %, observée depuis les années 1970, de l'amplitude du cycle saisonnier du CO₂ atmosphérique et de la précocité de 7 jours constatée pour la diminution de la teneur en CO₂¹ au printemps et en début d'été.

Conséquences probables sur la sensibilité au gel et le bilan de carbone

Il existe encore de très nombreuses interrogations sur les conséquences à long terme des changements déjà observés. Parmi les questions actuelles, celle de la modification de la sensibilité aux gelées est une préoccupation majeure. Les processus de résistance au froid et de débourrement sont étroitement sous la dépendance de la température. Ainsi, une modification du rythme d'accumulation des températures « froides » en hiver et « chaudes » en fin d'hiver et au printemps pourrait se traduire par un ajustement moins efficace et un débourrement plus précoce et donc par une augmentation du risque de dommage dû au gel. Des dates de débourrement et des sensibilités au gel différentes pourraient entraîner, à terme, une modification notable des conditions de croissance et de concurrence entre arbre et entre les espèces. Ces modifications pourraient avoir des conséquences importantes sur la capacité de réponse à la compétition surtout dans le cas de peuplements mélangés. Différentes études estiment que les bilans de carbone pourraient être également fortement affectés notamment à travers les modifications des équilibres photosynthèse (gains) et respiration (pertes). Enfin, l'interaction avec le CO₂ atmosphérique reste encore à l'heure actuelle largement inconnue. Cependant, quelques études menées

Régions	Phénophase	Nb	Δ	Période	Référence
Europe	phases print.	14	-2,0	1959-1993	(Menzel et Fabian 1999)
Europe, Am. du Nord Asie	phases print.	33	-3,9	1950-2000	(Root et al. 2003)
Allemagne	jaunissement	3	+0,7	1951-1996	(Menzel et al. 2001)
Allemagne	débourrement	5	-3,2	1951-1996	(Menzel et al. 2001)
Estonie	débourrement	2	-2,3	1948-1996	(Ahas et al. 2000)
Europe, Am. du Nord	débourrement	9	-3,5	1950-2000	(Root et al. 2003)
Espagne	floraison	38	-4,2	1952-2000	(Penuelas et al. 2002)
Am. du Nord	floraison	14	-3,0	1970-1999	(Abu-Asab et al. 2001)
Estonie	floraison	3	-2,5	1948-1996	(Ahas et al. 2000)
Europe, Am. du Nord	floraison	12	-3,6	1950-2000	(Root et al. 2003)
Espagne	fructification	17	-8,0	1974-2000	(Penuelas et al. 2002)
Europe	phases autom.	14	+1,6	1959-1993	(Menzel et Fabian 1999)

Tab. 1 : changement des phénophases au cours des dernières décennies pour les espèces ligneuses

Δ = précocité (signe -) ou retardement (signe +) de l'événement en jours par décennie. Nb = nombre d'espèces ; print. = printanières.

¹ due à l'activité de photosynthèse

Espèces	Régions	Période	Δ	Référence
<i>Quercus robur</i>	U. K.	1950-1996	-4,3 à -5,8	Cannell et al. 1999
<i>Quercus robur</i>	Allemagne	1951-1996	-3,1	Menzel et al. 2001
<i>Quercus robur</i>	Estonie	1948-1996	-1,7	Ahas et al. 2000
<i>Betula pendula</i>	Allemagne	1951-1996	-3,7	Menzel et al. 2001
<i>Betula pendula</i>	Estonie	1948-1996	-2,9	Ahas et al. 2000
<i>Betula pendula</i>	Europe du Nord	1951-1998	-2,7	Ahas et al. 2002
<i>Fagus sylvatica</i>	Allemagne	1951-1996	-2,3	Menzel et al. 2001
<i>Picea abies</i>	Allemagne	1951-1996	-3,1	Menzel et al. 2001
<i>Populus tremuloides</i>	Canada	1900-1997	-2,6	Beaubien & Freeland 2000

Tab. 2 : changement des dates de débourrement pour quelques essences arborées forestières

Δ = précocité (signe -) de l'événement en jours par décennie.

sur des jeunes plants (sur épicéa notamment) en conditions contrôlées, ont montré que les besoins en températures « chaudes » étaient plus importants lorsque la concentration de CO₂ était le double de celle d'aujourd'hui ce qui se traduisait par un débourrement plus tardif de quelques jours. Le doublement du CO₂ se traduit également par un repos du bourgeon plus précoce en automne et donc par une saison de végétation réduite de plus de 20 jours. Ainsi, en augmentant la somme des températures chaudes nécessaire au débourrement, l'augmentation de la teneur en CO₂ atmosphérique pourrait diminuer les risques de gelées mais modifier fortement le bilan de carbone à travers une période d'assimilation réduite et/ou une augmentation de la respiration.

Le système d'information phénologique français pour l'étude et la gestion des changements climatiques (SIP-GECC)

La France n'a malheureusement pas participé au réseau européen mis en place dans les années 1960, mais elle dispose cependant d'un grand nombre d'observations d'origines diverses. Météo-France a réalisé des observations dans tous les départements jusqu'en 1950. Seuls quelques départements les ont poursuivies jusque dans les années 1970, et un seul département les a poursuivies jusqu'à

aujourd'hui. Parallèlement à ces observations, l'administration forestière a également réalisé les mêmes observations sur des placettes forestières entre 1880 et 1932. À la même époque d'autres observations étaient réalisées dans des jardins botaniques, le jardin de St Maur (1875 à 1947), les jardins de Versailles ou dans des arboretums, tel l'arboretum des Barres. D'autres organismes ont également réalisé ce genre d'observations dans les dernières décennies (1970 à nos jours) mais de façon indépendante et pour différentes applications. C'est le cas de l'INRA, qui a réalisé des observations sur les arbres fruitiers et autres espèces forestières cultivées dans des unités expérimentales ou des tests de provenances ou de descendance à des fins de sélection. Des observations ont été reprises également dans certains jardins botaniques comme le Jardin des Plantes de Paris depuis 2000 (PhénoFlore). Au niveau des peuplements forestiers adultes en conditions naturelles, ce sont les observations réalisées depuis 1997 dans le cadre du réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers (RENECOFOR) qui constituent actuellement la base forestière la plus « complète » en terme de diversité d'essences (10 espèces), de répartition géographique (90 peuplements répartis sur la France entière) et du nombre d'années (1997-2003). Les résultats des analyses effectuées dans le réseau RENECOFOR sont présentés dans l'article suivant.

Afin de constituer une base de données des observations phénologiques disponibles en France depuis 1880 et de poursuivre les observations, un groupement de recherche a été créé à la fin de l'année 2005 (GDR 2968 – SIP-GECC ; site web et base de données en cours de création). Ce GDR regroupe divers organismes de recherches, de développement, d'instituts techniques, etc. À terme, l'analyse des données devrait permettre, entre autres, de détecter des changements de comportements phénologiques et d'identifier les composantes climatiques locales, régionales et globales responsables de ces évolutions.

Conclusions

La phénologie est un élément clé de l'adaptation des êtres vivants aux variations climatiques et constitue ainsi un marqueur du climat de première importance. En affectant les flux d'eau et de carbone échangés avec l'atmosphère, le cycle phénologique est une composante majeure des modèles globaux de fonctionnement de la végétation associés aux modèles de circulation générale atmosphérique. Dans le contexte actuel du réchauffement, ce caractère adaptatif revêt donc une importance croissante dans de nombreux domaines de recherche fondamentale et appliquée.

François Lebourgeois
Janis Differt

LERFOB-INRA-ENGREF Nancy,
lebourgeois@engref.fr

Isabelle Chuine

CEFE-CNRS Montpellier, France
isabelle.chuine@cefe.cnrs.fr

Erwin Ulrich,
Sébastien Cecchini
Marc Lanier

ONF Département Recherches
Fontainebleau

Bibliographie

La bibliographie complète est disponible auprès des auteurs

Phénologie des peuplements du réseau RENECOFOR : Variabilité entre espèces et dans l'espace, et déterminisme climatique

Après la présentation générale de la phénologie, passons aux « travaux pratiques » réalisés sur les observations du réseau RENECOFOR : une ressource précieuse, donnant des résultats intéressants.

La phénologie des essences forestières a été jusqu'à présent très peu étudiée. Le réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers (RENECOFOR) constitue actuellement la base forestière la plus complète en terme de diversité d'essences (10 espèces), de répartition géographique (peuplements adultes en conditions naturelles répartis sur l'ensemble du territoire) et du nombre d'années (observations depuis 1997). En 2005, une étude a été entreprise afin de dresser un bilan de la variabilité interspécifique et spatiale des cycles de feuillaison des peuplements du réseau et d'élaborer des modèles liant les différentes phases (débourrement et jaunissement) aux données géographiques, stationnelles et météorologiques disponibles. Cet article présente les principaux résultats de ce travail.

Parmi les 102 peuplements constituant le réseau, seuls les 89 sites (47 feuillus et 42 résineux) ayant fait l'objet d'au moins 3 années d'observation sur la période 1997-2003 ont été pris en compte (547 observations au total) (Figure 1). Près de 90 % des peuplements disposent d'au moins 5 années d'observation et 51 % d'une série complète de 7 ans. Les différents modèles ont été calculés sur les 79 peuplements disposant de données climatiques proches des sites : altitudes comparables et données thermique et/ou d'insolation homogènes et continues sur la période (sources : réseau Météo-France ou RENECOFOR).

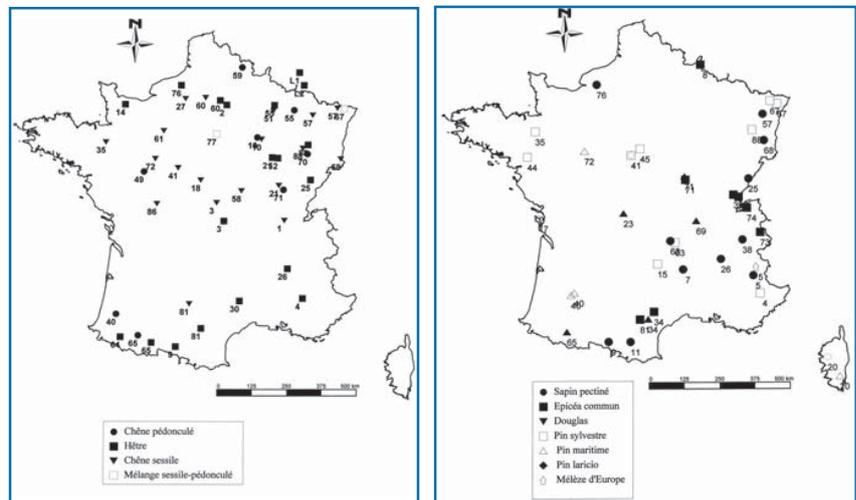


Fig. 1 : localisation géographique des peuplements du réseau RENECOFOR

Le chiffre indique le numéro de département

Sur chaque peuplement et pour chaque année, les observations ont été réalisées hebdomadairement, de mars à juin pour le débourrement et de septembre à novembre pour le jaunissement. Plus de 70 % des observations ont été faites à l'aide de jumelles. Les notations se rapportent aux dates de l'année (exprimées en jour julien, c'est-à-dire en nombre de jours à partir du 1^{er} janvier) pour lesquelles une proportion donnée des 36 arbres « observation » de chaque peuplement a atteint un stade de développement précis.

Pour chaque événement du cycle, deux dates sont considérées :

■ Au printemps (pour toutes les espèces), la première date (dd1) correspond à la date à laquelle 10 % des

arbres présentent sur au moins 20 % du houppier des bourgeons ouverts avec l'apparition des premières petites feuilles ou aiguilles. La seconde (dd9) correspond au jour julien auquel 90 % des arbres présentent ces caractéristiques.

■ A l'automne, la première notation (jj1) correspond à la date à laquelle 10 % des arbres présentent un début de jaunissement sur au moins 20 % du houppier. A la seconde date (jj9), 90 % des arbres présentent ces caractéristiques. À partir de ces 4 dates, 4 durées (longueurs) de la saison de végétation (lsv) ont été définies. Pour les modèles, ce sont les valeurs moyennes calculées sur les 7 années qui ont été prises en compte.

Saison de végétation : différences géographiques et entre espèces

Sur la période 1997-2003, la saison de végétation débute en plaine entre la première et la troisième semaine d'avril. En contexte montagnard, elle

débute plus tardivement dans les 15 premiers jours de mai. La fin de la saison correspond à la troisième semaine d'octobre (jaunissement 90 %) et la saison de végétation dure généralement entre 180 et 200 jours (feuillus uniquement). Elle est plus longue dans le Sud et l'Ouest que dans l'Est et le

Nord (décalage de plus d'un mois pour certaines années). Il apparaît également un effet espèce très fort dans les cycles phénologiques. (Figures 2 et 3 et Tableau 1) Ainsi, le débournement des chênes est plus précoce d'environ 15 jours par rapport à celui du hêtre : fin de la première semaine d'avril pour les chê-

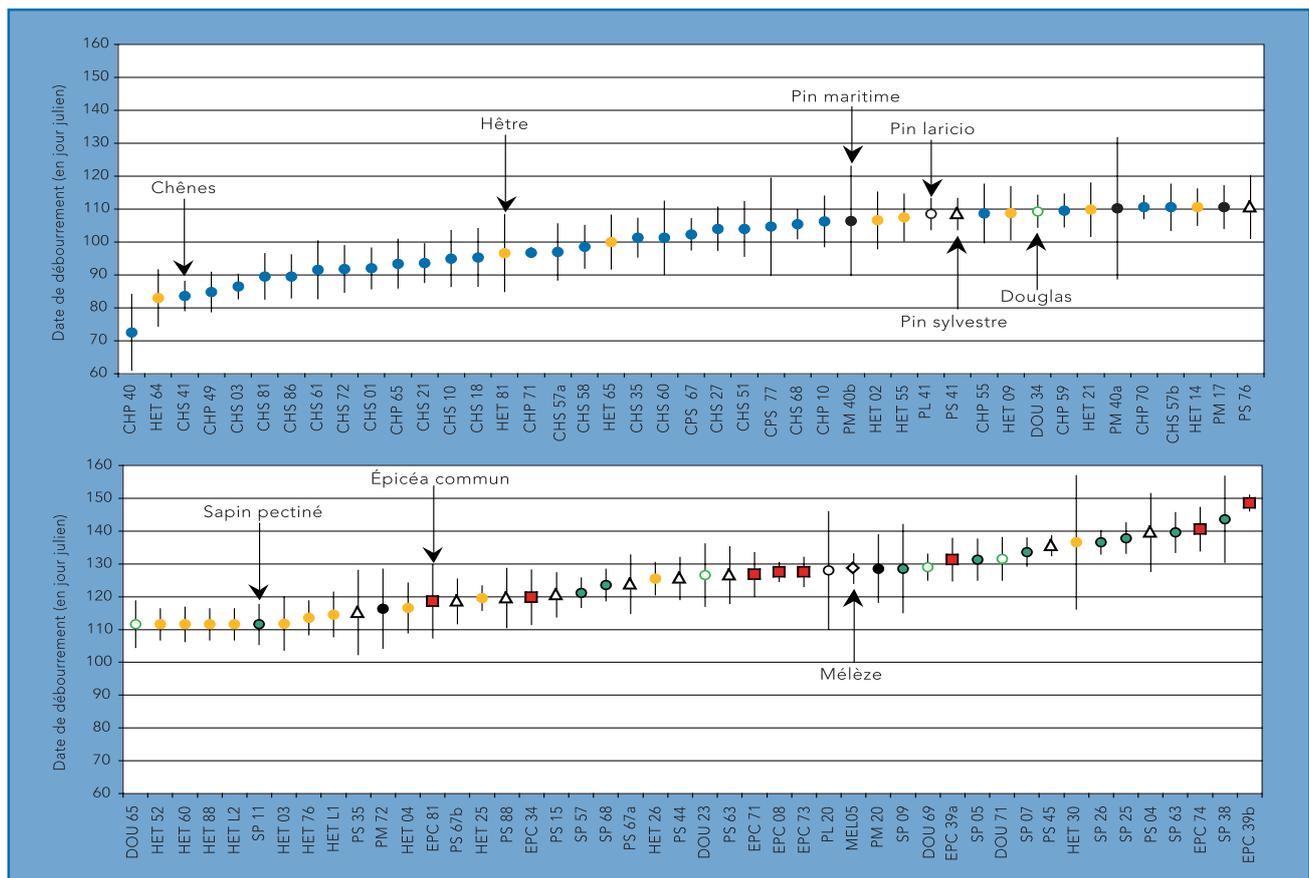


Fig. 2 : classement par ordre croissant des 89 peuplements selon la date moyenne de débournement (stade 10 %) La barre verticale représente l'écart-type (période 1997-2003)

Espèce	Nb peupl.	Nb. Obs.	Débournement stade 10 %	Jaunissement stade 90 %	Durée (jours) Saison vég.
Chêne sessile *	20	110	6 avril (10)	24 octobre (10)	201 (16)
Chêne pédonculé	8	47	8 avril (15)	25 octobre (13)	201 (25)
Hêtre	19	120	21 avril (13)	17 octobre (16)	179 (23)
Pin maritime	5	29	25 avril (15)		
Pin laricio de Corse	2	10	30 avril (17)		
Douglas	5	32	2 mai (11)		
Pin sylvestre	11	70	3 mai (12)		
Mélèze d'Europe	1	7	9 mai (5)	10 octobre (5)	158 (8)
Épicéa commun	8	53	10 mai (12)		
Sapin pectiné	10	63	12 mai (11)		

* y compris les deux peuplements mélangés CHS/CHP

Tab. 1 : dates moyennes des événements phénologiques par espèce (période 1997-2003). Les valeurs entre parenthèses correspondent aux écarts moyens en jours

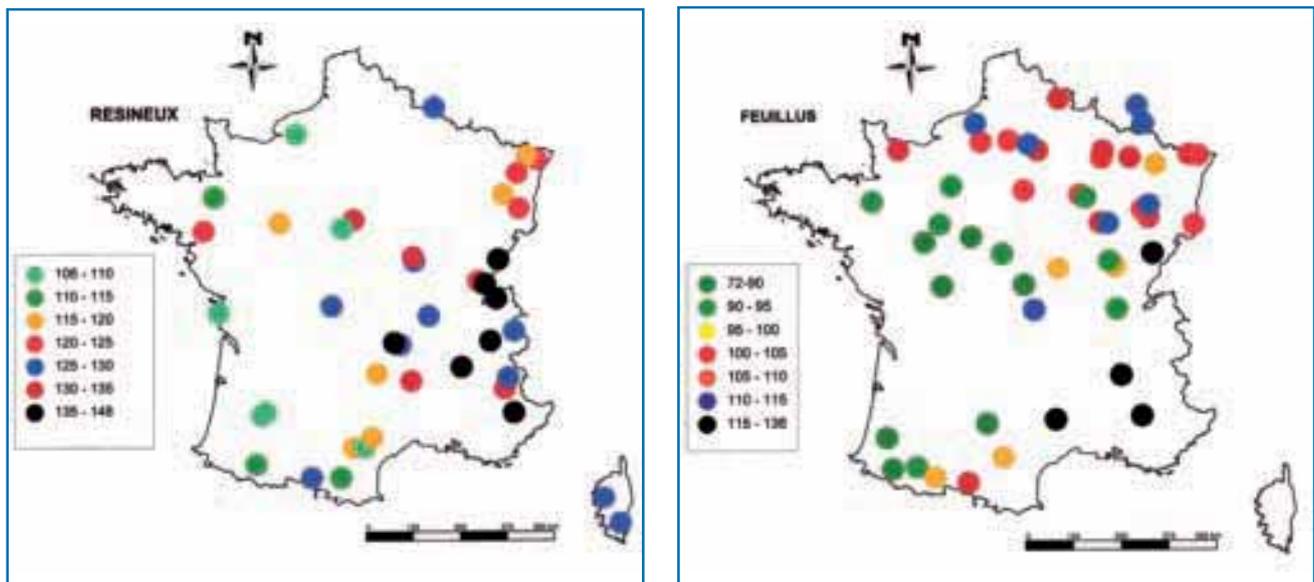


Fig. 3 : dates moyennes du débourrement (stade 10 % exprimé en jour julien ; période 1997-2003) pour les résineux (carte de gauche) et les feuillus (carte de droite)

nes contre troisième semaine pour le hêtre. Le jaunissement des chênes étant plus tardif que celui du hêtre, la durée de la saison est plus longue de près de 20 jours pour les chênes. Le débourrement des résineux apparaît globalement plus tardif mais comme la majorité des peuplements est localisée en contexte de montagne l'effet altitude joue certainement un rôle majeur. Pour l'épicéa et le sapin (altitude moyenne des peuplements = 1 000 m), le débourrement a lieu en moyenne vers le 10 mai.

Les données du réseau ont permis de construire des modèles liant la phénologie aux variables environnementales

En étudiant statistiquement le lien entre variables environnementales et stades phénologiques, nous avons constaté qu'il est plus facile de prédire la date de débourrement que celle du jaunissement. Pour le débourrement, la date correspondant au stade 10 % a été plus facile à modéliser que celle du stade 90 %. Pour le jaunissement, c'est le stade 90 % qui a permis d'obtenir les meilleurs modèles. Concernant la longueur de la saison de végétation, c'est la durée comprenant ces deux stades qui a été une des mieux prédites.

Pour les peuplements étudiés, une augmentation de 100 m d'altitude se traduit par un retard de débourrement de 2 jours (gamme 15 à 1 850 m) et une réduction de 3 jours de la longueur de la saison de végétation (Figure 4). Une augmentation de 1 °C de la température (printanière ou annuelle) se traduit par une précocité de 6 jours du débourrement et une augmentation de 10 jours de la saison de végétation (Figure 4). Le jaunissement est retardé d'environ 5 jours par degré d'augmentation de température automnale.

Concernant les modèles plus complexes, la date de débourrement et la durée de la saison de végétation peuvent être prédites avec une assez grande précision (entre 5 et 7 jours) avec quelques paramètres facilement accessibles : l'altitude, la latitude, l'essence (feuillus ou résineux) et la température de mars. Le meilleur modèle global fait intervenir ces 4 paramètres et explique plus de 80 % de la variabilité de la date de débourrement avec une erreur de l'ordre de 7 jours (Figure 5). Les modèles interspécifiques font également ressortir le rôle central de ces trois paramètres, notamment pour le hêtre dont la date peut être prédite à trois jours près. La pho-

topériode semble également jouer un certain rôle (bien que secondaire) car le rayonnement global et/ou la durée d'insolation apparaissent significatifs dans certains cas. Par exemple, pour le sapin, la date moyenne de débourrement est prédite à moins de 3 jours près en associant la latitude et la durée d'insolation de janvier-février.

Conclusions

Ces sept années d'observation ont permis, pour la première fois au niveau national, de préciser la variabilité interspécifique et régionale de la phénologie des principales essences forestières. Les résultats très intéressants déjà obtenus mettent clairement en évidence la nécessité de maintien de telles observations dans les peuplements forestiers : de longues séries d'observations sont indispensables pour bien cerner les mécanismes qui gouvernent actuellement les différentes phases phénologiques des arbres. Elles le sont plus encore pour comprendre et « prédire », dans la mesure du possible, la réaction des écosystèmes forestiers aux variations du climat déjà observées et prévues pour l'avenir.

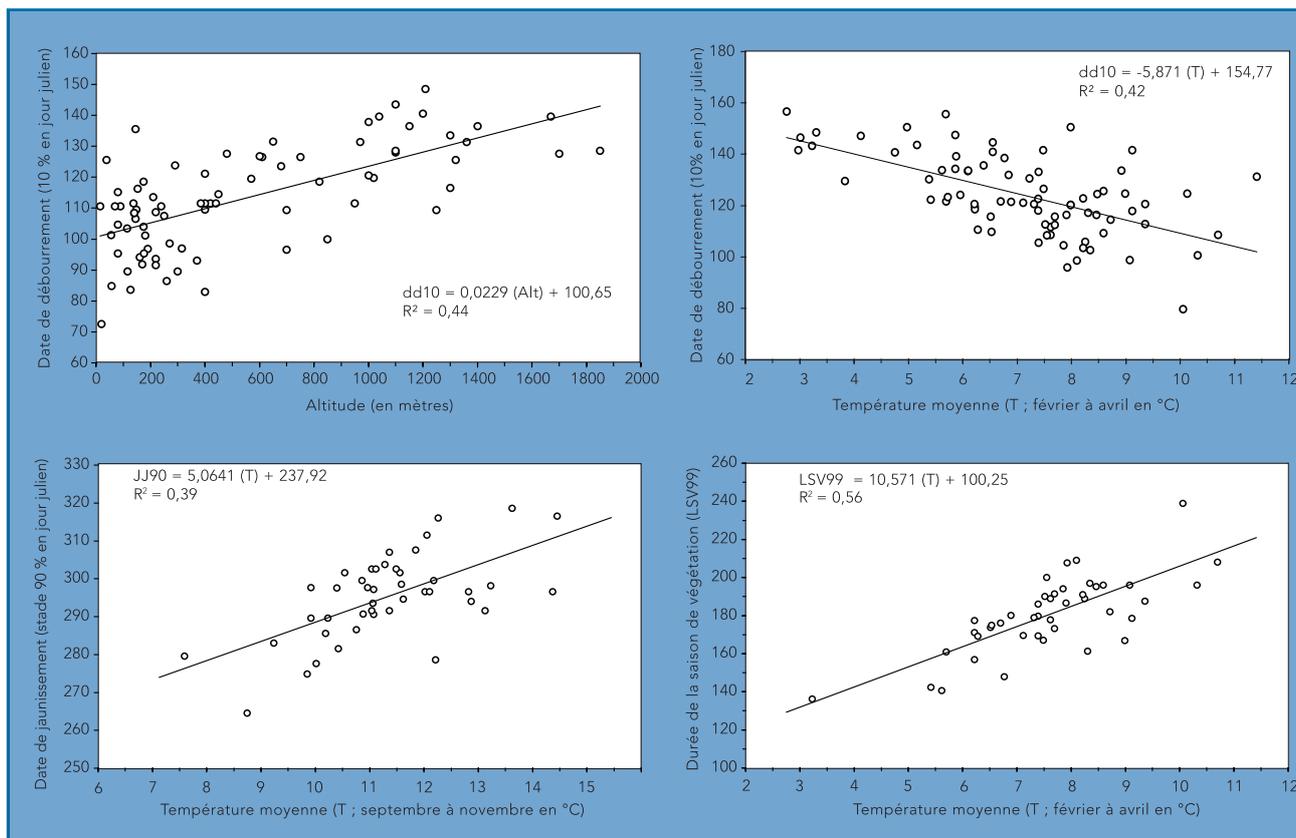


Fig. 4 : relations directes entre les cycles phénologiques et les variables altitudinale et thermique
Le jaunissement et la longueur de la saison de végétation ne concernent que les feuillus. Chaque point est la moyenne sur la période 1997-2003 du stade phénologique considéré pour un peuplement.

François Lebourgeois,
Jean-Claude Pierrat,
Philippe Godfroy
LERFOB-INRA-ENGREF Nancy,
lebourgeois@engref.fr

Erwin Ulrich.,
Sébastien Cecchini,
Marc Lanier
ONF Département Recherches
Fontainebleau

Bibliographie

La bibliographie complète est disponible auprès des auteurs

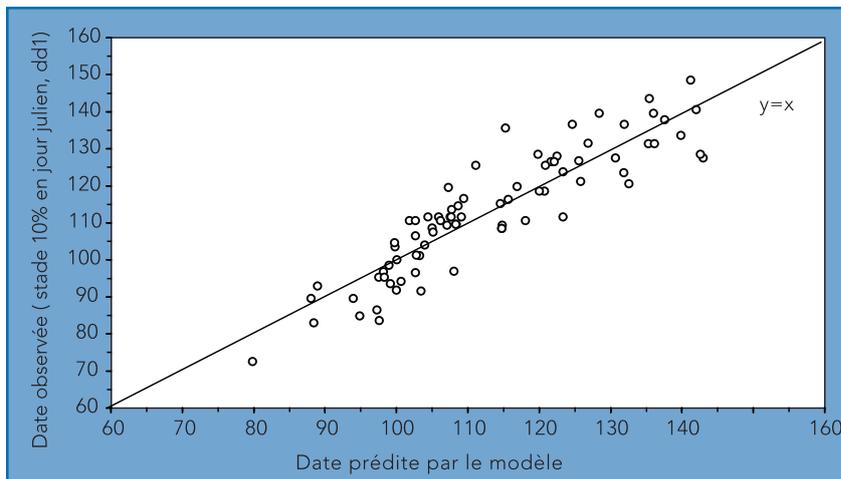


Fig. 5 : relation entre les dates observées et les dates prédites par le modèle pour l'ensemble des 79 sites

La distribution est assez proche de l'idéal que représente la droite $y = x$; l'équation réelle est :

Date prédite = $-9,9764 + 16,1006$ (espèce) + $0,0201$ (altitude) + $2,524$ (Latitude) - $1,7158$ (Tmoy mars)

Avec : espèce = 0 pour les feuillus et 1 pour les résineux ; altitude en m, latitude en degrés, température moyenne en °C.

Dossier



Desserte forestière : conception, exemples de réalisations

Le réseau routier forestier est un patrimoine indispensable aussi bien à la gestion multifonctionnelle et durable de la forêt qu'à la mobilisation des bois. La conception et la réalisation des projets, activités fondamentales en gestion patrimoniale et en matière conventionnelle, relèvent d'une véritable spécialité technique qui ne peut correctement s'exercer que dans le cadre de schémas de desserte mûrement réfléchis. Ce dossier donne un éclairage pratique, illustré par des exemples, sur les principaux points et étapes clés à prendre en compte pour bien intégrer le projet dans son contexte local ; il s'appuie essentiellement sur l'expérience et le savoir-faire des praticiens de l'ONF.

- p. 28 Conception d'un schéma de desserte - par Murièle Millot
 - p. 32 La conception de la desserte d'un massif dans le cadre de l'aménagement forestier - par Didier Grandjean
- p. 37 Analyse des risques et contraintes liés à l'eau - par Franck Compagnon
 - p. 42 Analyse des facteurs environnementaux lors de la conception de la desserte forestière. Voirie forestière et intégration paysagère - par Peter Breman
- p. 49 Gestion d'un réseau routier : intégration des préoccupations d'entretien lors de la conception, évaluation de l'état du réseau, planification des travaux d'entretien - par Robert de Garidel
 - p. 53 Etat du réseau routier en forêt domaniale - par Julien Bouillie
- p. 56 Desserte forestière et circulation publique - par Jacques Liagre
 - p. 59 Route forestière de montagne : un travail de longue haleine aux multiples facettes Exemple de la rouge sylvo-pastorale de Lehaltzarte en forêt syndicale de Baïgorry - par Pierre Sallaberry
- p. 63 Conception et réalisation des routes et des pistes forestières en Guyane - par Julien Demenois, Olivier Brunaux, Jérôme Feith, et Hervé Quezel
 - p. 69 Voirie forestière à la Réunion, un contexte particulier - par Paul Feucht
- p. 74 Le traitement des chaussées au liant hydraulique : performance technique et environnementale - par Pierre Geldreich

Conception d'un schéma de desserte

Dans les massifs boisés composés de propriétés multiples et concernant de nombreux usagers, le problème et les enjeux de la desserte dépassent forcément l'initiative individuelle de gestion. Concevoir une desserte pertinente suppose une approche collective d'aménagement du territoire : le schéma de desserte forestière. Présentation de la démarche.

La commercialisation des bois est encore actuellement le moteur premier de la gestion forestière même si la prise de conscience croissante de la valeur environnementale, paysagère et récréative de la forêt est à l'origine d'une mutation progressive de la conception de l'aménagement forestier. Cependant, la conception d'un réseau de desserte n'a de sens aujourd'hui que si elle se décline comme une approche d'aménagement du territoire, considérant un milieu et les acteurs agissant sur ce milieu. Cela implique de passer à une vision plus large de la forêt : au-delà d'une source de bois, elle est un lieu de vie et de passage.

Le schéma de desserte aborde la mobilisation des bois en se basant sur la voirie existante mais il doit nécessairement envisager tous les modes d'exploitation s'appuyant sur cette voirie, notamment les câbles (DE MEERLER, 1995). Il doit se centrer sur des accès structurants soit des routes ou pistes desservant plusieurs parcelles.

La majorité des schémas de desserte réalisés à ce jour ont pour but d'optimiser la récolte de bois. En dehors de quelques initiatives prises par de parcs naturels régionaux, ce sont des gestionnaires publics ou privés qui en sont à l'origine.

L'impulsion financière a été donnée principalement dans le cadre de contrats de plan État/Région ou de programmes concertés de mobilisation des bois. Les financements proviennent essentiellement de l'État, dans 52 %

Qu'est-ce qu'un schéma de desserte ?

C'est d'abord une démarche d'aménagement du territoire pour un massif forestier

■ ayant comme objectifs :

- principal : la mobilisation optimale des bois,
- complémentaires : la valorisation des alpages, l'accueil du public, etc.

■ prenant en compte :

- des contraintes fortes, qu'elles soient réglementaires, physiques ou foncières,
- les sensibilités du milieu ;

■ élaborant une planification d'équipement en voirie forestière,

■ en concertation avec les acteurs agissant sur ce territoire.

A l'issue de cette démarche, c'est un document qui se compose de :

- une carte (au $\approx 1/25\ 000$) définissant le réseau de routes et de pistes nécessaire avec des zooms au $1/10\ 000$ ou $1/5\ 000$ dans les zones à enjeux multiples
- des caractéristiques chiffrées
- un échéancier sur une dizaine d'années

des démarches, de l'Union européenne, pour 51 %, et des régions, pour 42 %. Ces maîtres d'ouvrage n'ont en général pas imposé de cahier des charges. La maîtrise d'œuvre se répartissait en 1997, pour la grande majorité, entre le CRPF (32 %), l'ONF (26 %) et les DDAF pour 15 % (MILLOT M., 1997).

Principe général : passer par des étapes essentielles

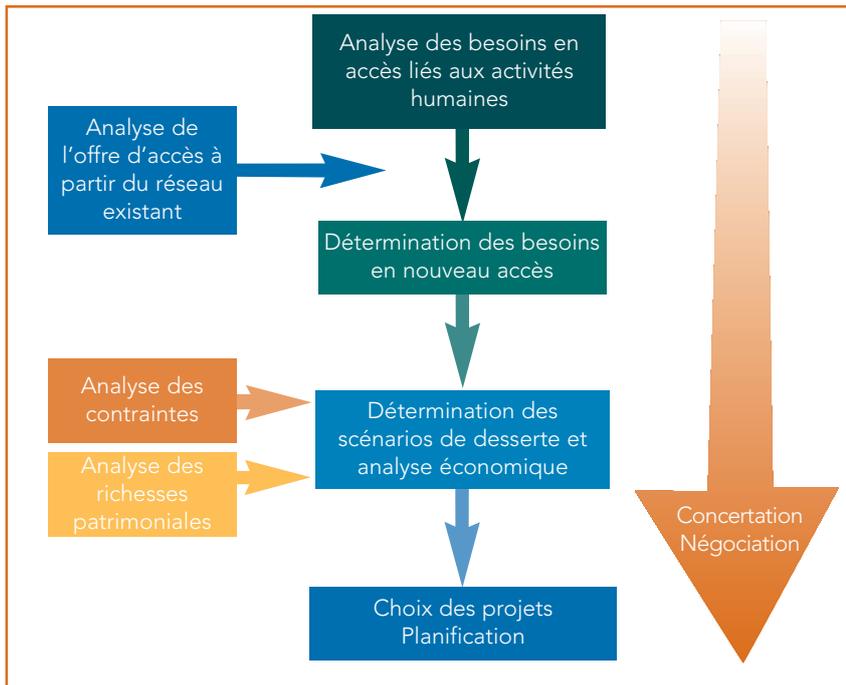
La réalisation d'un schéma passe par une indispensable phase d'analyse des problèmes existants et de cadrage de l'étude. L'intégration des connaissances et la détermination des projets de desserte se font ensuite en quelques étapes simples (MILLOT M., 2001). Mais le tout doit être réalisé en donnant une large place à la concertation.

Le besoin en accès est totalement lié à l'usage que font les acteurs locaux d'un espace donné. Cet usage est étroitement lié aux fonctions attribuées à ce territoire.

La multifonctionnalité n'est donc pas déclinée directement à partir des trois rôles de la forêt : production, accueil et protection, mais selon ce que ces fonctions induisent comme comportement.

Les activités humaines et les usagers de l'espace

De nombreux usagers peuvent être amenés à emprunter régulièrement la voirie forestière. Cette utilisation peut être professionnelle, pour la gestion de la forêt ou pour le transit des troupeaux ou des engins agricoles. Elle peut être également sportive ou ludique pour la chasse, la randonnée ou la cueillette. Les besoins en accès liés à toutes ces activités peuvent être circonscrits en répondant à trois questions : qui exprime les besoins en voirie, quels sont ces besoins (pourquoi faut-il faire des routes et des pistes) et quand la desserte doit-elle être disponible ?



Qui exprime les besoins ?

Quelle que soit l'activité, trois catégories d'acteurs peuvent exprimer ces besoins :

- les propriétaires et les locataires des terrains,
- les gestionnaires comme l'ONF, les conseillers comme le CRPF, les chambres d'agriculture et les experts privés, ou les administrations et les élus, etc.
- les usagers, tels que les entrepreneurs de travaux forestiers, les associations de randonneurs, les chasseurs, etc.

Ce sont rarement les propriétaires, les exploitants agricoles ou forestiers et les « touristes » qui expriment leurs besoins. Ceux-ci sont souvent relayés, anticipés, voire imaginés par les intermédiaires que sont par exemple les gestionnaires forestiers, les conseillers agricoles. Cela explique les difficultés d'application d'un schéma de desserte. Il reste encore beaucoup d'acteurs locaux à motiver et à convaincre.

Quels sont les besoins ?

Les besoins liés à la gestion forestière doivent être bien analysés car ils sont au cœur de la démarche. Il ne faut cependant pas oublier l'activité agricole ou touristique en fonction du contexte local.

En matière forestière, sont censés être connus (via les plans de gestion) les tra-

voux et les coupes à réaliser ainsi que les volumes à récolter par qualité de bois et type d'essence, sur l'ensemble du territoire d'étude. Or, dans la pratique c'est rarement le cas, surtout pour des schémas intercommunaux mélangeant forêts publiques et privées. Il faut donc souvent mener une double approche entre les forêts « publiques » et quelques forêts privées où les besoins sont précis et exprimés, et la multitude de petites propriétés forestières privées. Pour ces dernières, il faut alors émettre des hypothèses sur la gestion souhaitable. Schématiquement, il s'agit de repérer les peuplements de valeur, avec un retour d'investissement routier supposé rapide. Le calcul des volumes récoltables sera affiné au moment des avant-projets sommaires. Ceux-ci relèvent de la phase ultérieure de réalisation de la voirie. Il faut également identifier les jeunes peuplements qui ont besoin d'être entretenus pendant la durée du schéma soit par des élagages, soit par un passage en première ou deuxième éclaircie.

Par ailleurs, la forêt peut avoir un rôle de protection des biens et des personnes contre les aléas naturels, particulièrement en zone de montagne, ce qui impose une approche très particulière du problème de la desserte.

Pour l'agriculture, seules seront prises en compte dans le cadre des schémas de desserte les activités agricoles en forêt ou nécessitant un transit par la forêt. Par exemple, le pastoralisme est étudié soit sous l'angle du sylvopastoralisme, soit sous l'angle de l'alpagisme.

Sous la rubrique « loisirs et autres usages locaux » seront analysées des activités aussi diverses que le tourisme, diffus ou organisé, la chasse et la cueillette. Elles seront décomposées en deux types :

- les activités nécessitant des accès comme la chasse, la cueillette, le delta-plane et parapente, l'accueil en alpages ou en refuges, les points de vue, etc.
- les activités utilisant la voirie, comme les parcours VTT et circuits équestres, les pistes de ski de fonds, etc.

Quand la desserte doit-elle être disponible ?

Il faut distinguer deux notions de temps : l'année où l'accès doit être réalisé et la période de l'année où l'accessibilité est nécessaire. La première permet de planifier les travaux d'équipement, la seconde permet de gérer la coexistence de plusieurs activités sur un même espace ou un même tronçon de voirie.

À l'issue de cette analyse en trois temps, les besoins en accès sont repérés par activité, saison et urgence. C'est un premier travail de hiérarchisation ; il permet d'identifier un certain nombre d'opérations bien repérées dans l'espace et dans le temps. Il faut ensuite établir si la voirie existante répond à ces besoins. Pour cela, il faut étudier non seulement sa localisation, mais aussi sa qualité, pour savoir par quel type de véhicule, donc pour quelle activité, elle est utilisable.

Le milieu et ses contraintes : physiques, réglementaires, foncières

Les contraintes physiques sont généralement d'origine géographique ou géologique. Celles à prendre en compte sont tous les obstacles à la création de voirie. Ce peut être des accidents du relief comme des falaises, des torrents, des ravins ou des marais et autres zones très mouilleuses. Il est également important de repérer les

zones soumises à des aléas naturels, comme les avalanches les chutes de blocs ou des glissements de terrain.

Les contraintes réglementaires considérées ici sont les mesures qui peuvent réellement interdire la réalisation de voirie ou qui font peser sur celle-ci des contraintes très fortes.

La maîtrise du foncier est indispensable pour la réalisation de voirie. Informer, écouter et convaincre les propriétaires nécessite un investissement en temps important pour le maître d'ouvrage, ou le maître d'œuvre selon les cas, des routes ou pistes. La multiplication des propriétés peut faire du moindre projet un véritable parcours d'obstacles, pour essayer de concilier les intérêts de chacun. Il est donc tout à fait légitime de parler de contraintes foncières et d'en faire une classification. Parfois, le ou les opposants à un projet sont déjà connus, il est alors possible de les localiser géographiquement et de tenter d'éviter leur territoire. Plus souvent, la difficulté vient de la densité de propriétaires inconnus concernés par un projet de desserte. Pour une surface donnée, les contraintes décroissent donc en fonction du type de propriétaire, bien identifié ou non, et du morcellement de la propriété.

En application de l'article L. 247-1 du code forestier, les propriétaires forestiers privés ont la possibilité de se regrouper en associations syndicales de gestion forestière. Suite à la loi d'orientation sur la forêt du 9 juillet 2001, il ne peut désormais s'agir que d'associations syndicales libres c'est-à-dire formées par consentement unanime des propriétaires intéressés. Les associations syndicales autorisées, bien qu'administrativement lourdes à mettre en place, permettraient cependant de contraindre quelques propriétaires réticents pour un enjeu collectif. Cet outil n'existant plus, le maître d'ouvrage, ou le maître d'œuvre selon les cas, voit son travail de prospection préalable à la réalisation des travaux étendu.

Les niveaux de contraintes peuvent être répartis en deux catégories : les interdictions strictes et les réalisations sous conditions plus ou moins contraignantes.

Contraintes réglementaires

L'inventaire des contraintes réglementaires regroupera :

- les périmètres de protection des captages (loi sur l'Eau 03/01/92) : périmètres de protection immédiate, rapproché, éloigné ;
- les réglementations des POS notamment les espaces boisés classés et les zones ND ;
- les PPR (Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles) car ils peuvent interdire les pistes ou encadrer strictement la création de voirie ;
- la loi montagne : interdiction de toute route nouvelle à moins de 300 m de la rive des plans d'eau et au-dessus de la limite forestière sauf exception.

La deuxième peut être subdivisée en sous catégories, en fonction de la nature des restrictions et de leurs conséquences sur le coût de l'équipement. Obtenir un accord préalable, du RTM ou de nombreux propriétaires, sur des travaux est sans commune mesure avec la nécessité d'enrocher des mètres de talus.

Le milieu, ses richesses patrimoniales

Les richesses patrimoniales sont analysées sous deux angles, les milieux naturels remarquables d'une part et les paysages sensibles et le patrimoine humain d'autre part.

La création de voirie a nécessairement un impact sur les milieux. La capacité à supporter cet impact peut être évaluée et quantifiée par un « niveau de sensibilité » déterminé en concertation avec les personnes compétentes en matière d'environnement. Cette échelle des sensibilités permettra de choisir, parmi les différents scénarios testés, ceux qui seront les moins pénalisants pour la nature.

Afin d'éviter le blocage de l'exploitation des bois, aucune solution ne devra être écartée, y compris des alternatives comme l'interdiction ou la limitation temporaire de circulation pendant les périodes critiques de la vie d'une espèce.

L'approche du paysage doit rester globale tant que l'on ne veut pas définir des projets précis. Au 1/25 000, seule une perception extérieure au massif oriente

la décision d'implanter ou non une route ou une piste. L'impact local, perçu principalement par le promeneur, est lié à la localisation précise et à la phase ultérieure de réalisation des travaux, comme la taille des déblais-remblais. C'est à ce stade, à une échelle au moins de 1/10 000, qu'il faudra les étudier. Pour les sites remarquables, une étude paysagère est conseillée.

L'implication des acteurs et la prise de décision

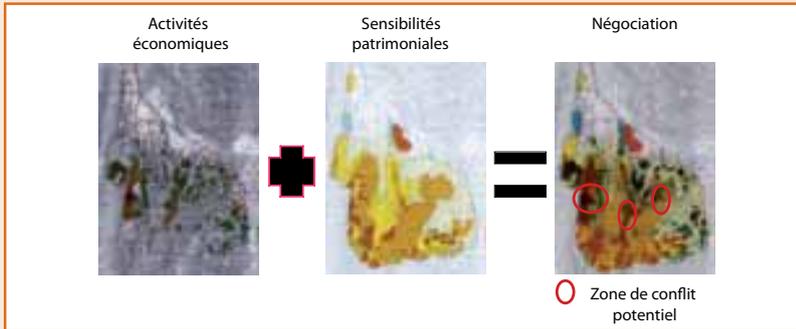
Les motivations qui poussent à réaliser un schéma sont déjà multiples, mais les enjeux d'une telle étude concernent souvent un panel d'individus beaucoup plus large que les seuls instigateurs du projet. Il importe donc de créer une structure d'animation pour associer tous les partenaires et donner la plus large information possible sur les objectifs et le contenu de la démarche.

Que le projet soit une approche globale au niveau régional ou un schéma de desserte local, il est souhaitable que le maître d'ouvrage choisi pour la réalisation du schéma crée un comité de pilotage censé représenter l'ensemble des acteurs et désigne un animateur indépendant par rapport aux enjeux écono-

Impacts sur le milieu : les alternatives à la voirie ne sont pas toujours indolores

Certes, la création de voirie peut avoir des effets négatifs directs ou indirects sur les espaces sensibles, mais l'utilisation de techniques d'exploitation alternative peut, elle aussi, engendrer des perturbations sur le milieu. Ainsi, l'utilisation du câble permet aux forestiers d'aller exploiter des zones où les espèces présentes étaient protégées du dérangement par l'absence d'accès (CHOISY J.P. 1995). L'exploitation par hélicoptère est très perturbatrice pour certains animaux principalement les oiseaux. La principale conséquence du survol par des aéronefs est l'absence de nidification, comme cela a été constaté pour le gypaète barbu (*Gypaetus barbatus*) et l'aigle de Bonelli (*Aquila chrysaetos*) (SEROT J., BLANCHON J.J., 1996).

Des choix raisonnés de projets de desserte



Les propositions d'équipement sont faites secteurs d'équipement par secteurs d'équipement. Elles doivent remplir les objectifs suivants : desservir le maximum de surfaces, éviter les zones de contraintes, minimiser les impacts sur les zones de grande richesse patrimoniale, soigner les équipements dans les paysages de grande sensibilité et amortir au mieux l'investissement.

La mise en relation cartographique entre les enjeux économiques à desservir et les zones de hautes sensibilités patrimoniales fait ainsi apparaître les zones de conflit potentiel plus ou moins fort où le maître d'œuvre du schéma devra affiner son diagnostic. Un travail à une échelle plus fine, le 10/10 000 voire le 1/5 000 est alors nécessaire ainsi qu'une concertation forte avec les représentants des associations de protection du patrimoine naturel ou culturel.

Ne pas confondre information et concertation

Pour qu'un réel dialogue puisse s'installer, il faut instaurer quelques règles du jeu préalables (MERMET L. 1992). Tous les acteurs ne sont pas à égalité dans la prise de décision finale, les plus faibles doivent bénéficier de certaines garanties.

Il y a quatre règles de base :

- l'indépendance de l'animateur par rapport aux enjeux économiques, politiques et environnementaux,
- la **compréhension** et la **reconnaissance** par chacun des besoins et des impératifs des autres. Il faut s'assurer que la personne amenée à s'exprimer sur un domaine donné a une légitimité sur le sujet reconnue de tous,
- la prise en charge commune du problème par les parties. Il faut vérifier que chaque partie est motivée et décidée à aboutir.

Bibliographie

CHOISY J.P., 1995. Voirie forestière en montagne et biodiversité. Paris : France nature environnement : 86 p., ann.

DE MEERLEER P., 1995. Mobilisation des bois dans un massif de montagne, schémas de desserte intégrée du Massif de Melles (Haute-Garonne). Revue forestière française, vol. 47, n°5, pp. 531-545.

MERMET L., 1992. Stratégie pour la gestion de l'environnement. Paris : L'Harmattan. 225 p.

MILLOT M., 1997. Propositions pour une nouvelle approche des schémas de desserte forestière. Saint-Martin-d'Hères : Cemagref. 32 p., ann.

MILLOT M., 2001. Conception de schémas de desserte forestière. Saint-Martin-d'Hères : Cemagref éditions. 75 p.

SÉROT J., BLANCHON J.J., 1996. Étude relative à l'impact sur l'avifaune du survol des réserves naturelles de montagne par des aéronefs. Rochefort : Ligue pour la protection des oiseaux / Paris : Direction de la nature et du paysage. 46 p., ann.

miques, politiques et environnementaux. Il ne suffit pas de créer et de réunir un comité de pilotage pour que la négociation soit acquise. Trop souvent dans les schémas, la démarche dite de « concertation » se résume à une démarche d'information, voire de séduction, pour convaincre les non forestiers de la validité des choix réalisés. Cette attitude, si elle a l'avantage de réduire le nombre des contacts et de réunions pendant l'étude, peut cependant engendrer des blocages tenaces sur l'exécution des projets routiers. Il faut être bien conscient des limites de la négociation au niveau d'un schéma de desserte.

L'implication des acteurs se déroule en deux temps :

- définir l'ensemble des acteurs agissant sur le territoire d'étude et donc les partenaires qui seront associés, dans le cadre du comité de pilotage ou au cas par cas à la réflexion ; c'est le préalable indispensable à toute phase de concertation. Si l'espace est exploité pour la production de biens ou de services, il est préservé pour l'ensemble de la société, il faut donc aboutir à un compromis.
- faire un bon cadrage de la phase de concertation pour rapporter chaque problème à sa juste dimension Les

points de désaccord entre les différents acteurs d'un territoire sont souvent ponctuels ou dépassent largement le cadre du schéma de desserte.

Conclusion

Le schéma de desserte est la trace écrite d'une médiation entre différentes attentes sociales. C'est un document fédérateur qui peut avoir valeur d'engagement dans une action d'aménagement global de l'espace. Ce peut être alors un levier puissant pour dynamiser un espace forestier privé très morcelé ou pour créer, voire recréer un dialogue entre des acteurs utilisant le même milieu.

Faire un schéma de desserte, c'est accepter de prendre le temps de réfléchir à la manière dont un patrimoine commun va être géré dans les dix à quinze prochaines années. C'est une démarche longue, souvent coûteuse, mais cet investissement a des retombées favorables qui dépassent largement le simple domaine de la voirie forestière.

Murièle MILLOT

MAP - bureau de la forêt et des territoires

Muriele.millot@agriculture.gouv.fr

La conception de la desserte d'un massif dans le cadre de l'aménagement forestier

Même lorsqu'un « schéma de desserte » préalable n'est pas (ou plus) nécessaire, un projet de création ou gros entretien doit toujours s'inscrire dans le plan de desserte de la forêt, dûment révisé avec l'aménagement pour être cohérent avec ses objectifs. « Niveau de service » et indicateur de suivi sont les atouts de cette conception.

La conception d'un plan de desserte pertinent dans le cadre de l'aménagement forestier est un préalable indispensable à toute réalisation technique si on veut optimiser la qualité de cette desserte, l'adapter aux objectifs locaux et prendre en compte toutes les contraintes du milieu. Cette étape fait l'objet de plusieurs phases d'études et de réflexions auxquelles tous les acteurs forestiers doivent participer. Cet article « guide » établit une liste non exhaustive des différents points à analyser.

Un éventail de techniques routières

Depuis fort longtemps, l'homme a éprouvé le besoin de construire des routes pour communiquer et se dépla-

cer : des traces en sont encore souvent visibles en forêt. Déjà à l'époque gauloise, on trouve quelques traitements à base de chaux dans des passages difficiles (traitement au liant hydraulique, déjà !). Puis, à l'époque romaine, c'est la naissance des routes pavées. Vers 1775, ce sont les premiers principes de construction de routes empierrées qui voient le jour, avec la création de la fonction de cantonnier pour l'entretien des routes. À partir de 1840, on assiste à l'industrialisation de la technique routière avec la mise au point du premier enduit superficiel. Dès 1920, c'est la naissance des premiers revêtements agglomérés à base de bitume. Enfin, les premières chaussées en béton de ciment ont été réalisées à partir de 1935.

Les techniques routières ne cessent d'évoluer et de s'améliorer et nous offrent la possibilité, aujourd'hui, de

faire des choix adaptés à nos besoins :

- des structures de chaussées, fortes ou légères, etc. ;

- des granulats employés, pour la résistance, pour la couleur, la finition, chimiquement inerte, etc. ;

- des liants, hydrauliques ou hydrocarbonés, etc. ;

- des revêtements en finition, colorés, fin, granuleux, etc.

Un spécialiste des opérations de génie civil pourra répondre à la plupart des attentes des gestionnaires.

Le niveau de service

La construction d'une route forestière est une opération fort onéreuse et dépendante de facteurs incontournables comme la portance des sols support, le trafic à écouler, son intégration dans un site naturel, etc. L'investissement engagé est calculé pour assurer un niveau de service en fonction des intérêts socio-économiques locaux et des enjeux de conservation, dans un souci de gestion durable. Le **niveau de service** qualifie l'aptitude de la route à satisfaire les besoins exprimés : il dépend de la qualité des éléments qui constituent la route, c'est-à-dire la structure de la chaussée, les équipements, la signalisation etc.

Désormais, toute phase de construction ou de réfection généralisée doit être accompagnée par la mise en place d'**indicateurs de suivi** (par exemple l'évolution des dégradations par auscultations visuelles) afin de pouvoir quantifier le niveau de service

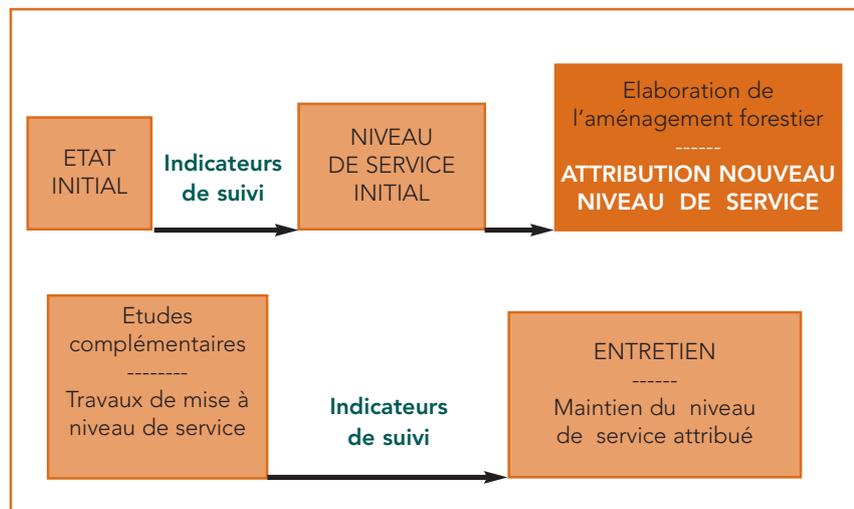


Fig. 1 : Schéma explicatif du suivi d'un réseau de desserte

et le maintenir comme il a été fixé par le maître d'ouvrage. L'évolution des indicateurs et la volonté de maintien des niveaux de service aboutissent à la **programmation de l'entretien** du réseau routier.

La conception de la desserte d'un massif consiste essentiellement à définir les différents « niveaux de service » des divers tronçons du réseau routier existant ou à compléter.

En termes traditionnels d'aménagement forestier, la qualité de « route forestière » (= voie accessible aux grumiers toute l'année) ouverte ou non au public définit implicitement un niveau de service souhaitable, qui ne correspond pas toujours à la réalité du « niveau de service initial » constaté à la révision d'aménagement : dégradation par manque d'entretien, conception d'origine inadaptée aux nouveaux types de circulation (charge des grumiers, etc.), inadéquation par rapport à l'évolution dendrométrique du massif (déplacement géographique des besoins, etc.)

Les grandes étapes d'études

Les études préalables

Les études préalables concernent pour la plupart l'élaboration de l'aménagement forestier du massif ; deux objectifs déterminants engagent systématiquement le besoin d'un réseau de desserte pertinent, avec des niveaux de service distincts :

- la production de bois d'œuvre (particulièrement dans les surfaces à renouveler pendant l'aménagement) qui réclame un réseau à structures de chaussées importantes pouvant supporter les charges lourdes et répétitives sur une période relativement courte (< 10 ans en règle générale pour les régénérations à engager) ;
- l'accueil du public pour lequel un réseau à structures de chaussées légères suffit avec, en complément, des équipements assurant la sécurité et le confort des usagers (revêtements en stabilisé renforcé ou en enduit superficiel, signalisation, etc.).

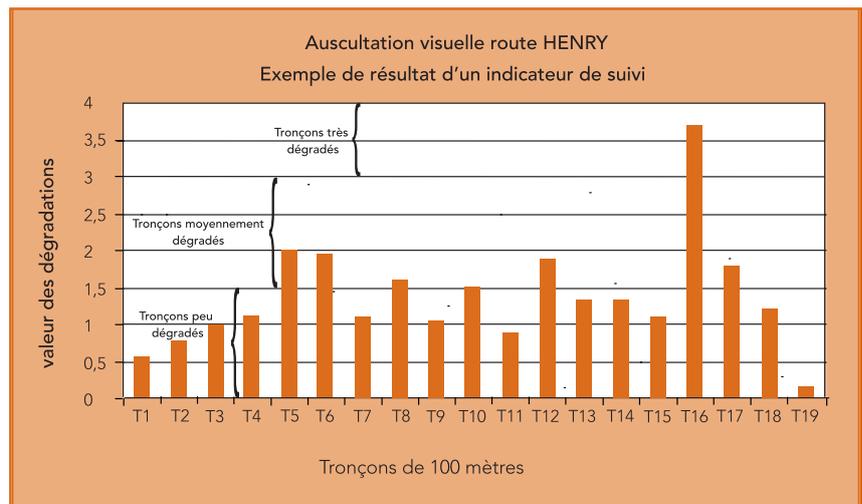


Fig. 2 : exemple de restitution d'un indicateur de suivi

■ **La situation foncière** : c'est la première grande phase de recherche. En effet, il est très important de faire l'inventaire des chemins ou routes qui sillonnent le massif forestier, et aussi de poser un deuxième regard aux alentours de celui-ci. La consultation du cadastre, l'étude des documents administratifs ou notariés de vente ou d'échange, les Hypothèques, le Tableau Général des Propriétés de l'État (TGPE) pour les forêts domaniales, les procès-verbaux de bornage, etc. sont autant de pièces à consulter pour établir l'inventaire, qui sert aussi à préciser le statut des voies : si on prévoit d'intégrer des voies communales à la desserte d'une forêt domaniale, il faudra s'assurer des accords préalables et des financements appropriés.

■ **La desserte extérieure au massif et la possibilité d'emprunt** : le réseau routier doit être continu afin de pouvoir assurer l'acheminement des produits vers les usines de transformation. La deuxième grande étape est l'étude des textes et arrêtés locaux portant réglementation à propos de la circulation des Poids Lourds, et notamment ceux relatifs au transport des bois ronds. Dans chaque département, il existe une liste de routes et chemins, arrêtée par le Préfet (après consultation de la DRIRE, du Président du Conseil Général, de la SNCF, de RFF, des sociétés d'autoroutes, des Maires

concernés etc.) qui mentionne les itinéraires autorisés et les itinéraires de rabattement (voies communales situées dans un faisceau donné de part et d'autre des itinéraires structurants, sous réserve d'une autorisation des maires). L'étude sur la possibilité de défructement d'un massif forestier doit dépasser largement le cadre de ce massif ; elle peut conduire à reconsidérer la desserte interne pour pouvoir « sortir » sur la voirie publique autorisée.

■ **L'inventaire du réseau routier existant** : il est indispensable d'effectuer la reconnaissance du réseau routier existant, et d'aboutir à un diagnostic en élaborant une classification en fonction de la composition structurante du réseau et de l'état général des différentes catégories (voir encadré).

Cette première approche du réseau routier est l'amorce de la mise en place des indicateurs de suivi. Elle est réactualisée et figure dans l'aménagement lors de sa révision, pour tout ce qui est nature de chemin.

Dans un premier temps, cette classification nous permettra d'affecter une valeur initiale de niveau de service à chaque unité étudiée.

À la fin des études préalables, lorsque l'intégralité des besoins sera identifiée, il suffira, dans un deuxième temps, d'attribuer à chaque unité les nouveaux niveaux de service requis pour la période à venir.

Éléments de classification (diagnostic)

Composition structurante du réseau :

- nature des chemins et routes recensés (en terrain naturel, empierrés ou revêtu) et des places de dépôts aménagées ;
- nature de la chaussée (structure forte, légère, épaisseur des granulats) ;
- nature des revêtements (béton de ciment, enduits superficiels, etc.) ;
- linéaire pour chaque catégorie décrite.

Appréciation de l'état général des différentes catégories :

- déformations transversales et longitudinales de la chaussée ;
- dégradations de surface (nids de poule, pelage, orniérage etc.).

La comparaison de la classification et des niveaux de service prévus constatera éventuellement leur cohérence ou mettra en évidence les besoins de créations complémentaires, renforcements de structure ou mise à niveau (des routes ouvertes au public). Il peut arriver aussi que la comparaison mette en évidence un « suréquipement » manifeste, générant des coûts d'entretien excessifs et occasionnant des nuisances. Le cas très particulier de la réduction de desserte (conception, technique, « acceptabilité » sociale) n'est pas traité ici.

■ Les inventaires **des peuplements forestiers, états d'assiette** des coupes et **répartition géographique des volumes** à exploiter : le but est de cibler les parcelles qui produiront le plus de bois pendant une période donnée (en général égale à la durée de l'aménagement avec de solides hypothèses pour la période d'aménagement suivante), afin de pouvoir choisir des itinéraires clés qui nécessitent des structures routières solides. Sauf cas d'usage mixte, leur niveau de service (ou objectif) sera l'exploitation forestière ; l'élément principal sera la structure forte de la chaussée ; la qualité de l'élément sera l'obligation de supporter un trafic lourd.

■ La liste des **milieux naturels sensi-**

bles et leur **localisation** : cette reconnaissance devra guider le choix des tracés (contournement, franchissement) et des granulats (le calcaire actif, par exemple, pouvant dénaturer certains habitats). L'effet le plus connu des apports de granulats non adaptés est l'inversion de flore, certes limitée dans l'espace mais irréversible : nous avons l'exemple d'apparition d'orchidées (splendides, mais inopportunes) au bord de routes forestières empierrées en calcaire sur un sol support sableux acide.

■ L'analyse des **facteurs environnementaux et des paysages** : il s'agira d'adapter les techniques routières en conséquence et notamment dans le choix des tracés (limitation des déblais-remblais, sinuosité, contournement, respect des lignes directrices du paysage, etc.) et des couleurs de revêtements (utilisation des granulats locaux, enrobés coulés à froid colorés, etc.). Un grand projet se fonde plus difficilement dans un paysage, ce qui invite à organiser les circulations pour réduire les emprises.

■ L'analyse des **richesses culturelles et historiques** : en complément de ce qui concerne la desserte forestière stricto sensu, le recensement et la localisation du patrimoine historique et culturel sont aussi très importants pour l'articulation éventuelle avec le dispositif d'accueil, dont la conception est par ailleurs très dépendante des politiques locales et des financements correspondants. Ce patrimoine comprend tout ce qui est en liaison avec l'histoire, mais aussi les arbres remarquables, les ouvrages d'art, certaines constructions typiques, etc. D'une part, il convient de le protéger en évitant toute dégradation. D'autre part, il peut être intéressant de le mettre en valeur notamment par la création d'itinéraires de découverte (pistes cyclables par exemple).

Les études complémentaires

Les études complémentaires sont celles qui sortent du contexte de l'aménagement forestier. Elles servent à préciser les choix techniques relatifs à la conception de la chaussée.

■ L'étude du trafic et de la circulation : la classification du trafic permet de hiérarchiser les voies du réseau de desserte. Le trafic pris en compte est celui des poids lourds, les classes s'échelonnant de T0 à T5. Les routes forestières, dont l'objectif est la vidange des bois, sont généralement classées en T5, ce qui correspond à un trafic faible de l'ordre de 1 à 25 poids lourds par jour et par sens de circulation.

Le trafic, le sens de circulation, la possibilité de croisement et la topographie déterminent les caractéristiques géométriques de la chaussée et notamment les structures de chaussées, les largeurs, les pentes et l'implantation des virages. Une largeur de 3,5 m est suffisante pour un seul sens de circulation, il est préférable de prévoir 5 m en cas de possibilité de croisement (sur des trajets limités, places de croisement éventuellement).

■ L'étude des sols ; la portance : cette étude¹ est primordiale pour calculer le dimensionnement des structures de chaussées. La portance d'un sol support, c'est sa faculté à supporter les charges. Moins le sol support est porteur, plus la structure de chaussée sera importante.

■ L'étude du contexte hydrologique et hydraulique : la gestion de l'eau dans sa globalité doit aussi être considérée. L'étude hydrologique calculera le dimensionnement des ouvrages hydrauliques pour le passage des écoulements concentrés. La partie hydraulique nous servira à gérer les problèmes d'écoulements de surface,, prévenir l'érosion à l'origine de dégradations et prévenir les dégâts d'infiltrations dans le corps de chaussée susceptibles d'en altérer la tenue (arrachements de surface, perte de portance) par mise au point de structures réservoirs, etc.).

Le dimensionnement des projets Les coûts d'installation et d'entretien

Le dimensionnement d'un projet particulier résulte de la synthèse de toutes

¹ A confier à un laboratoire externe spécialisé

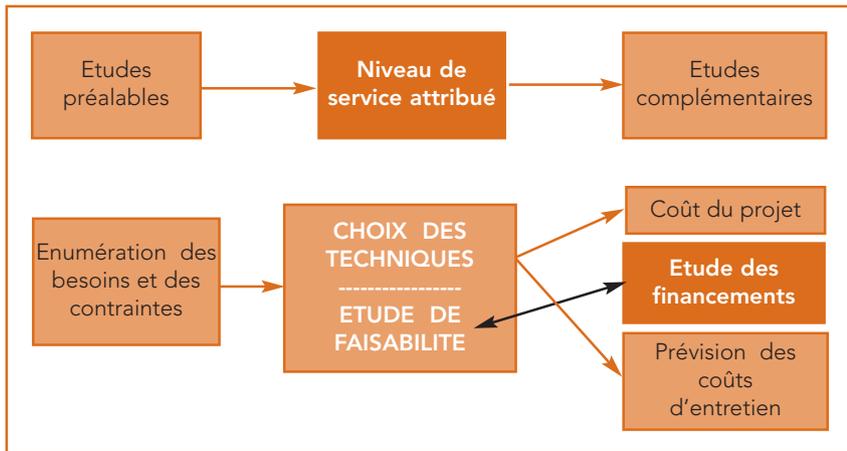


Fig. 3 : schéma des démarches préalables à la réalisation d'un projet

les études énumérées ci-dessus (la liste n'est pas exhaustive) et doit répondre au(x) niveau(x) de service retenu(s). C'est aussi une étape très importante car les choix qui sont faits génèrent des obligations en financements. Tous les travaux de création, renforcement ou réhabilitation engendrent communément des coûts importants. Les calculs et les choix doivent être convenablement et judicieusement estimés. Dans un projet de génie civil, il est nécessaire de prendre en compte les coûts d'installation mais aussi les dépenses d'entretien (qui sont loin d'être négligeables), car entretenir, c'est maintenir dans le même état et faire durer. Des indicateurs de suivi nous y aideront. Si on n'a pas correctement anticipé l'entretien, le niveau de service ne peut pas être maintenu.

Les financements pour la forêt domaniale

Pour les réalisations relatives à l'exploitation forestière et la vidange ou stockage des bois, les financements sont principalement internes à notre établissement. Les prévisions de récoltes à plus ou moins long terme nous permettent d'anticiper et de budgétiser un bon nombre de projets. (voir situation n° 1) Par contre, le financement des parties du réseau de desserte ouvert à la circulation du public exige des démarches supplémentaires auprès des collectivités locales ou territoriales. Selon les besoins locaux, les pressions politiques pour

l'ouverture des routes forestières à la circulation publique, certaines portions du réseau routier se doivent d'assurer des fonctions multiples : niveau de service élevé, équipements obligatoires, etc. (voir situation n° 2). Compte tenu des coûts, des financements extérieurs sont indispensables, la gestion de cette situa-

Situation n° 1 :

Forêt domaniale d'Orléans, empièchement d'une route en terrain naturel et création d'une place de retournement.

Portance du sol faible ; le niveau de service, c'est la vidange des bois : Structure de chaussée forte et finition simple. Financement interne ; entretien limité



Julien Ribière, ONF



Didier Grandjean, ONF

Situation n° 2 :

Forêt domaniale d'Orléans : Route forestière de la Pervenche

Niveau de service de la route : vidange des bois, accueil du public et route de transit (1500 véh./jour). Structure moyenne. Entretien important et régulier. Equipements : revêtement par un enduit superficiel d'usure de type bicouche, ralentisseurs par rétrécissement de chaussée, signalisation. Financements : R é f e c t i o n généralisée, 70 % ONF, 30 % Conseil Général. Entretien, 100 % Conseil Général (programme pluriannuel)



Didier Grandjean, ONF

tion est réglée par convention. L'ONF garde la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre. Pour information, l'ouverture de routes forestières à la circulation publique doit faire l'objet d'un arrêté préfectoral portant réglementation sur lesdites routes.

Les financements pour les autres forêts publiques

Les principes sont différents ; les collectivités n'ont souvent pas les moyens d'assurer un autofinancement complet des réalisations à effectuer découlant de l'état des lieux établi lors de la révision d'un aménagement ; elles sont très fortement tributaires des financements de l'État dont il s'agira de s'assurer au préalable qu'il existe avant d'engager toute étude de réalisation.

Combien d'acteurs concernés pour un projet ?

Déjà, tous les forestiers de terrain sont acteurs puisque ce sont eux qui récol-

tent les données et qui participent activement à l'élaboration du document d'aménagement. Ensuite, les spécialistes, les responsables d'opérations, les personnes à qui on confie les études. L'(les) aménagiste(s), l'ensemble des personnes qui font les choix. N'oublions pas les financeurs, car sans eux, une quantité non négligeable de projets serait impossible à construire. La conception d'un réseau de desserte, c'est l'affaire de tous, et c'est un des leviers de la valorisation de la commercialisation des bois par la plus-value apportée : « une forêt bien gérée est déjà une forêt bien desservie ! »

Il reste à parfaire les protocoles des indicateurs de suivi, à former les gens de terrain, et à rattraper notre retard en matière de gestion de notre patrimoine routier.

Didier GRANDJEAN

assistant développement technique
agence départementale
ONF du Loiret
didier.grandjean@onf.fr

Bibliographie

OFFICE NATIONAL DES FORETS (Collectif sous la direction de R. DE GARIDEL), 2000. Routes forestières : recommandations techniques. Paris : Office national des forêts. 140 p.

SERVICE TECHNIQUE DES ROUTES ET AUTOROUTES, 1996. L'entretien courant des chaussées : guide pratique. Bagnex : SETRA. 115 p.

SAUTEREY R., JEUFRROY G., 1991. Cours de routes, dimensionnement des chaussées. 2ème édition. Paris : Presse de l'École nationale des ponts et chaussées. 248 p.

CIMbéton, 2003. Voiries et aménagements urbains en béton, revêtements et structures réservoirs.

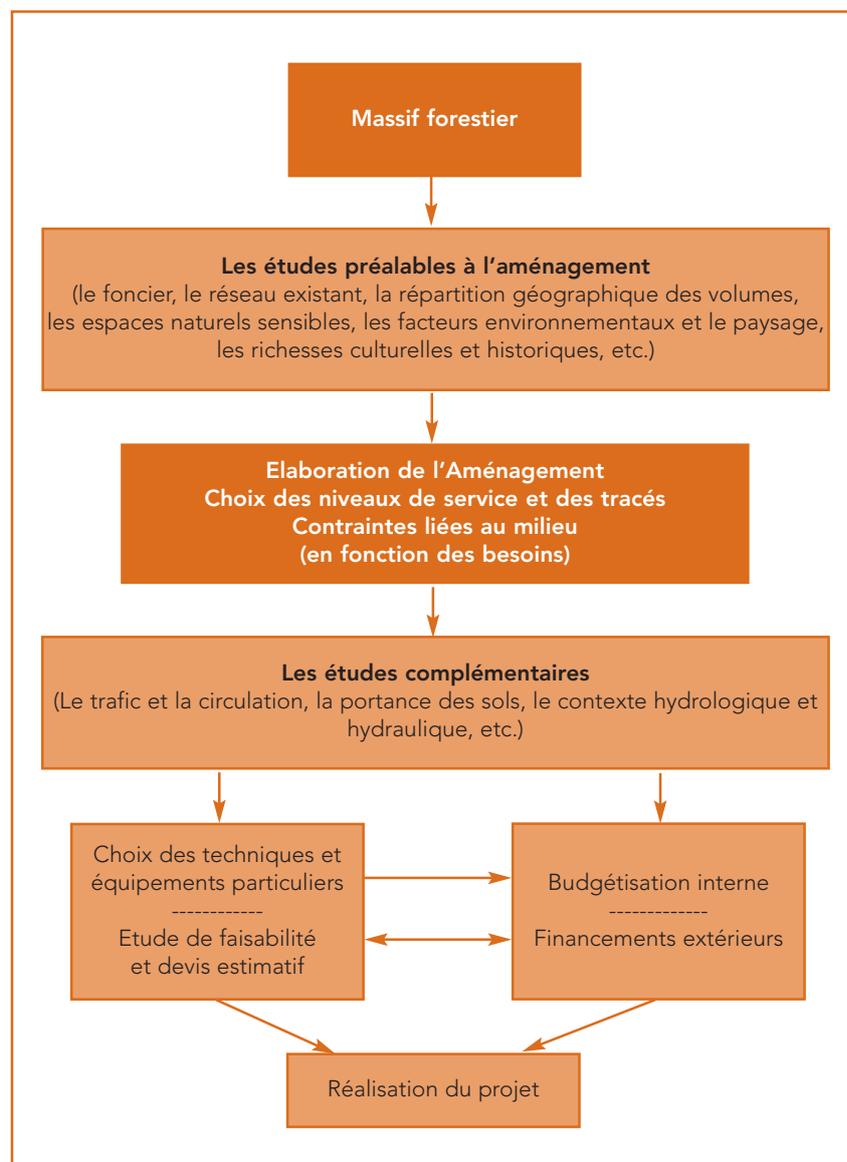


Fig. 4 : schéma explicatif général

CIMbéton, 2003. Retraitement en place des anciennes chaussées aux liants hydrauliques.

LENCASTRE A., 2002. Hydraulique générale. Paris : Eyrolles. 633 p.

Et presque tous les guides techniques du SETRA.

Analyse des risques et des contraintes liés à l'eau

Les dessertes, éléments essentiels de l'infrastructure forestière, sont des ouvrages d'art complexes qui peuvent poser de nombreux problèmes sous l'angle des risques naturels. L'aménagement de ces accès peut en effet conduire à un processus accéléré d'érosion du sol ayant beaucoup d'incidence, à la fois sur la stabilité des versants, sur la qualité des cours d'eau et des lacs, ainsi que sur les routes forestières elles-mêmes et les zones d'exploitation. Ils ont également un rôle important sur le libre écoulement des eaux lors des crues, ainsi que sur le régime des cours d'eau en augmentant le débit de pointe lors des phénomènes de ruissellement. Les désordres observés ou les dysfonctionnements sont souvent issus de vices de conception, de construction ou encore d'un mauvais entretien. Il est donc impératif de prendre en compte ces problématiques dès la base du projet afin d'atténuer les impacts de l'érosion et des effets des écoulements.

Cet article se propose d'analyser les impacts physiques de la voirie forestière, et de sensibiliser les intervenants sur l'importance du choix du tracé, sur l'utilisation de techniques de rétablissement des écoulements et du drainage naturels et sur l'application de règles de bonnes pratiques lors des opérations d'entretien.

L'importance du tracé

Avant d'engager l'aménagement d'un itinéraire de desserte forestière, il est important d'établir un diagnostic et un plan localisant le meilleur tracé. Les critères à prendre en compte pour le choix du tracé, outre les besoins des autres utilisateurs et l'impact paysager, doivent tenir compte des conséquences environnementales qui peuvent survenir en cours de construction de l'ouvrage mais aussi pendant sa vie et celle de ses annexes.

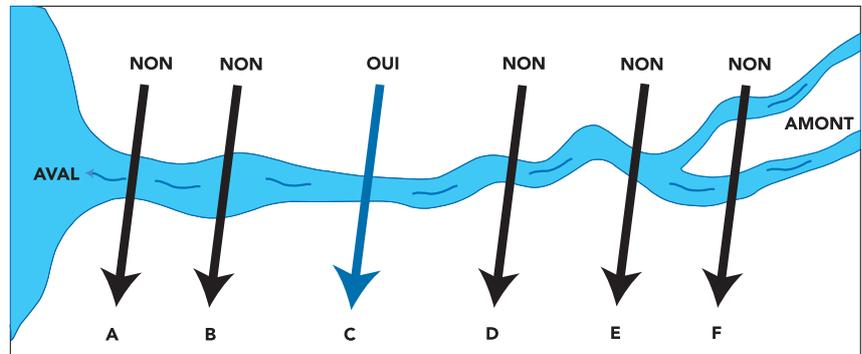


Fig. 1 : où franchir un cours d'eau ?
(d'après illustration de la Sté de la faune et des Parcs du Québec).

- A : la proximité d'un cône de déjection augmente le risque d'engravement lié au phénomène de divagation torrentielle.
- B : les secteurs trop larges nécessitent des ouvrages importants avec pilier dans le lit ;
- C : zone propice à l'installation d'un ouvrage de franchissement ;
- D : les zones sinueuses sont propices aux phénomènes d'érosion de berge
- E : les confluences nécessitent une analyse du fonctionnement hydraulique
- F : dans la zone amont, les cours d'eau sont plus étroits et le débit plus faible mais cela impose la réalisation de plusieurs ouvrages.

Stabilité et géotechnique

L'analyse doit ainsi apprécier la stabilité générale du site, le contexte hydrogéologique dans les zones d'assises du futur remblai et donner un premier avis sur les conditions de terrassements. Elle portera sur les points essentiels suivants :

- cadre géotechnique du site : risque de glissement s'inscrivant dans un système plus large, analyse des pentes en travers, géologie, hydrogéologie...
- zone d'influence géotechnique, c'est-à-dire le secteur géographique sur lequel la réalisation d'un ouvrage aura un impact,
- qualité des matériaux in situ pour réemploi,
- définition, si nécessaire, d'une mission de reconnaissance de sol complémentaire (sondage par exemple) ;
- les conditions de mise en œuvre des remblais.

Hydrologie

Parallèlement à cette étude, le choix du tracé doit tenir compte des facteurs hydrologiques et de la nécessité de traversées des cours d'eau (figure 1).

L'implantation des ouvrages de franchissement doit respecter quelques règles simples dont les principales sont de limiter le nombre de ces traversées et de les implanter dans les parties les plus rectilignes possibles des cours d'eau. L'aménagement des aires de stationnement, d'entretien ou de stockage sera quant à lui réalisé en dehors des zones soumises aux phénomènes de crue ou au-dessus de la zone des plus hautes eaux connues. En cas d'impossibilité, des précautions particulières seront prévues pour empêcher le transport des grumes par la crue.

Un contrôle sur le terrain est indispensable afin de s'assurer des caractéristiques et du comportement du cours d'eau. Le choix du type d'ouvrage et de sa structure dépendra de la morphologie du site, de la section et de la composition du lit et des berges, de la ligne des plus hautes eaux.

La pente du cours d'eau doit également être prise en compte dans cette analyse. L'étude du profil en long permet de déceler d'éventuels problèmes. Ainsi, une pente forte va se tra-

duire par des vitesses d'écoulement élevées et pourra provoquer localement des phénomènes d'affouillement et d'érosion. Par contre, si l'ouvrage est aménagé dans un secteur où la pente est faible, les écoulements seront plus lents et des problèmes de sédimentation pourront apparaître.

Typologie des désordres : identifier et anticiper les dysfonctionnements hydrauliques

Les informations recueillies lors de la phase de choix du tracé déterminent les caractéristiques physiques du bassin-versant dont il faudra tenir compte dans les choix d'aménagement de la voirie forestière. L'analyse de la dynamique des écoulements sur les ouvrages mais aussi l'impact de ces aménagements dans le milieu naturel permet d'anticiper les désordres qu'ils pourront subir ainsi que leur environnement immédiat et les éventuels enjeux en amont et en aval.

Effets des écoulements sur les aménagements

Les types de dégradations ou de désordres subis par les ouvrages en période de crue sont de cinq ordres :

■ **Affouillements par des vitesses d'écoulement excessives** : lorsque la vitesse de l'eau atteint ou dépasse la vitesse maximale permise pour prévenir l'érosion, des fosses d'affouillement ou l'enfoncement du lit au droit d'un ouvrage ou à son aval immédiat peuvent apparaître et conduire à sa ruine si les fondations sont insuffisantes (figure

2a). Souvent ces phénomènes s'accompagnent d'anses d'érosion sur les berges en amont et à quelques mètres en aval de l'aménagement (figure 2b).

■ **Obstruction des ouvrages** : elle peut résulter de plusieurs phénomènes ; le principal est celui d'embâcle, qui correspond à une accumulation de matériaux flottants (branches, bois, troncs, bidons,...) en entrée d'ouvrage.

■ **Érosion des ouvrages par chocs mécaniques ou abrasion et altération physico-chimique**. Le charriage de blocs rocheux et de pierres, souvent important en zone de montagne, façonne le lit du cours d'eau et sollicite mécaniquement les ouvrages de génie civil réalisés dans le lit. La qualité physico-chimique de l'eau intervient dans le choix de la nature des matériaux constituant les aménagements. Ainsi une eau riche en sulfates issue de la dissolution de gypse, de pyrite ou de l'altération de cargneules corrodera fortement les bétons alors qu'une eau riche en chlorure, du fait par exemple d'influences marines ou du salage des routes, produira plutôt une oxydation des aciers. L'utilisation de ciments spécifiques (ciments à laitier de hauts fourneaux, ciments pour « eaux sulfatées ou « prise mer » permettent de lutter contre ces eaux agressives).

■ **Tenue à la surverse** : le débordement de l'eau au-dessus de la voie forestière, en cas d'obstruction ou de dimensionnement insuffisant de l'ouvrage, conduit généralement à l'érosion voire la rupture de la plate-forme si celle-ci est entièrement construite en remblai ou en déblais meubles (matériaux non rocheux).

■ **Effets des écoulements internes** : l'infiltration de l'eau à travers la plate-forme ou le talus de remblai résulte généralement d'une mauvaise compaction du remblai, d'une protection insuffisante au niveau des ouvrages de franchissement, d'une déformation des éléments de busage ou de l'ouverture des joints de raccordement. L'infiltration de l'eau entraîne le départ des éléments fins des matériaux du remblai. Le vide créé se répercute progressivement vers la surface et provoque l'affaissement de la chaussée.

Effet des aménagements sur la dynamique des écoulements

Les aménagements routiers eux-mêmes peuvent avoir trois conséquences majeures :

■ **Augmentation du débit de pointe** : les routes et les pistes construites sur un terrain en pente interceptent l'eau du drainage naturel et constituent donc autant de canaux qui dirigent l'eau vers le réseau hydrographique. L'augmentation et la concentration du ruissellement provoquent, dans les émissaires des petits bassins versants, des débits de pointe parfois supérieurs aux capacités du réseau hydraulique et compromettent ainsi la sécurité des zones situées à l'aval.

■ **Engrèvement régressif** : l'engrèvement d'un ouvrage, trop souvent négligé, peut se produire si le charriage d'éléments solides est important, ce qui se rencontre fréquemment en zone de montagne et sur les pentes fortes.

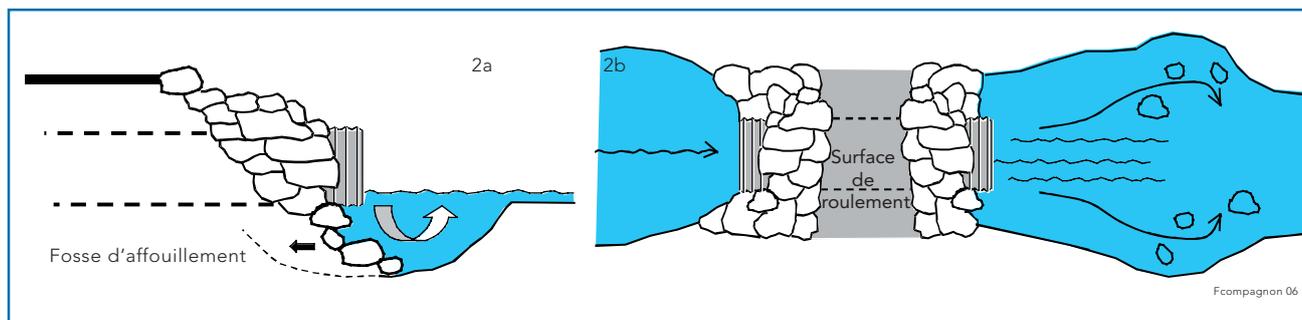


Fig. 2 : érosion verticale (2a) et latérale (2b) liée à une vitesse excessive en sortie de busage

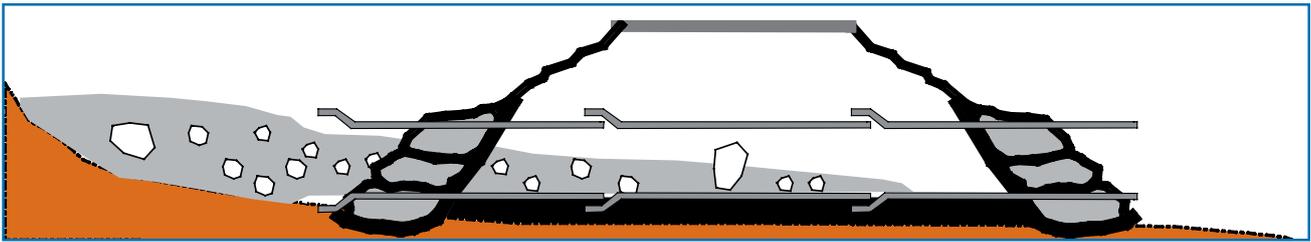


Fig. 3 : coupe présentant un phénomène d'engravement régressif
La pente insuffisante dans l'ouvrage provoque la sédimentation des matériaux et l'obstruction se poursuit vers l'amont.

Ce processus intervient lorsque la pente de l'ouvrage est inférieure à celle du lit : le changement de pente induit un ralentissement des écoulements et la sédimentation des matériaux transportés. L'engravement est régressif et va se poursuivre vers l'amont, parfois jusqu'à l'obstruction totale du pont, à la différence du phénomène progressif qui se produit sur les cônes de déjection.

■ **Accélération des vitesses d'écoulement** : le rétrécissement de la section d'écoulement en raison de la mise en place d'un aménagement sur une ou les deux berges (réduction de la portée d'un pont) provoque une accélération des écoulements. Cette perturbation, nous l'avons vu, se traduit inévitablement par des phénomènes d'érosion et d'enfoncement du lit à l'aval de l'ouvrage.

L'aménagement de la voirie

S'assurer de sa stabilité sur le versant
Dans la mesure où le choix du tracé aura permis de s'affranchir des problèmes de glissement de versants, la principale préoccupation réside dans l'exécution des terrassements, et notamment la stabilité des matériaux mis en remblai.

La stabilité propre des remblais dépend des conditions de mise en œuvre et des critères de réception (compaction, granulométrie) ; il convient pour éviter tout problème d'instabilité de l'assise des remblais de concevoir une assise horizontale en redans ce qui nécessite une purge des formations superficielles dans l'emprise du projet (figure 4).

Contrôler l'érosion par les eaux de ruissellement

Afin de limiter d'une part, l'érosion des remblais et de la plate-forme de roulement et, d'autre part, de minimiser le débit de pointe des cours d'eau, il convient de détourner régulièrement les eaux ruisselant sur la surface des voiries et dessertes vers des fossés, puis des fossés vers la végétation. L'objectif est bien de réduire la quantité d'eau qui sera dirigée directement vers les cours d'eau et réduire les effets du ravinement.

En effet, il faut être attentif aux portions de voiries conduisant les eaux de ruissellement d'un lacet vers l'autre (impossibilité de réaliser toutes les cunettes, mauvais d'entretien des voies d'eau), le cas extrême est celui du transit après débordement de petits cours d'eaux vers des parties de route situées sur un autre bassin-versant. La stabilité du cours d'eau ainsi que ses ouvrages hydrauliques peuvent s'avérer insuffisants pour absorber ces débits surdimensionnés. Pour cela, il est recommandé de construire une chaussée bombée en zone de plaine, et plutôt avec un dévers amont si la pente en travers est

forte. Les fossés latéraux recueillent les eaux ainsi drainées et sont détournés régulièrement, environ tous les 150 à 200 mètres linéaires, dans des bassins de décantations, dans la mesure du possible, afin de ralentir la vitesse d'écoulement et d'éviter la formation de ravines. Cette distance peut varier en fonction de la pente et du régime hydrologique local. Il est important d'éviter un rejet direct dans un cours d'eau pour maintenir une qualité des eaux faiblement turbide et diminuer le débit de pointe.

Sur les terrains fortement érodables, la réalisation d'une chaussette drainante empêche l'approfondissement du fossé et l'éroulement du talus amont.

L'aménagement des ouvrages hydrauliques de franchissement

Les cours d'eau situés à l'intérieur d'un bassin-versant forment un réseau qui doit rester connecté, qu'il s'agisse de ravins intermittents ou d'écoulements permanents. Le franchissement de chacun d'eux doit faire l'objet d'une analyse, voire d'une étude détaillée si la superficie drainée est importante ;

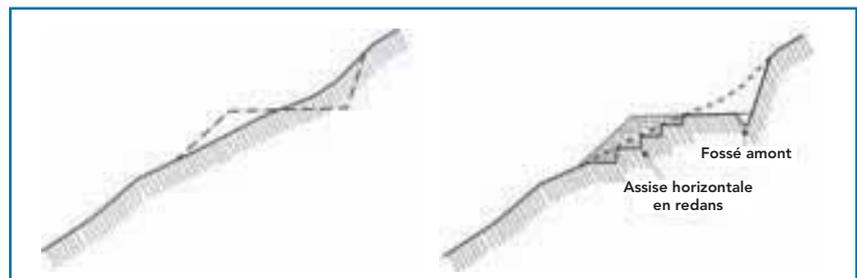


Fig. 4 : coupe schématique d'un terrassement en déblai - remblai
Dans les zones sensibles ou à forte pente en travers, des terrassements avec une assise horizontale en redans sont indispensables.

l'évaluation des effets du passage de la voie forestière, réalisée à l'aide de méthodes empiriques ou de calculs spécifiques, permet de déterminer le dimensionnement des ouvrages de franchissement pour maintenir les conditions initiales et assurer ainsi une transparence totale de la voirie face aux écoulements.

Quelques règles simples

La conception de ce type d'ouvrage met en relation plusieurs disciplines : l'hydrologie, l'hydraulique, la mécanique des sols et le génie routier ; sans entrer ici dans le détail des règles de l'art, l'attention de l'aménageur est attirée par quelques précautions à prendre en compte dans son projet avant d'en entreprendre le dimensionnement.

■ Conception : pont, buse ou radier ?

Les ouvrages hydrauliques (buse, cadre,...), doivent toujours être dimensionnés pour une très forte crue afin de garantir une influence nulle ou minimale de la voie créée. Au-delà du seul débit hydraulique, les phénomènes de charriage, ou pire de lave torrentielle en montagne, doivent être intégrés dans la définition de la géométrie de l'ouvrage de franchissement ; le concepteur doit se poser la question de l'incidence de la crue sur la stabilité du lit (creusement, engrèvement). Si pour des raisons techniques la crue de référence ne peut pas transiter sous l'ouvrage, celui-ci doit permettre la submersion et résister à la surverse (radier submersible). Au droit du lit, les plates-formes seront réalisées en forme de berceau, dirigeant ainsi les débordements sans qu'ils n'empruntent la route ; le talus aval sera renforcé. Ces précautions permettent ainsi de garantir la sécurité des riverains en amont (augmentation de la ligne d'eau si embâcle) et en aval de l'aménagement (si débâcle).

■ **Choix de la forme des ouvrages de franchissement.** Les ouvrages de forme circulaire (buses et ovoïdes), les plus fréquents, sont faciles à installer et relativement économiques ; la section rectangulaire permet la construction de pont



Pont cadre avec route en forme de berceau permettant le débordement en cas de dépassement de la crue de projet (FD RTM de Berre les Alpes - 06)

Photo F. Compagnon, RTM 06

avec un tirant d'air plus réduit ; l'arche est utilisée lorsque la hauteur de remblais est limitée, mais ses conditions de mise en œuvre sont plus délicates.

■ Protection du talus ou des berges.

À proximité de l'ouvrage, les talus des routes forestières doivent être protégés de l'action de l'eau et de l'érosion soit par une protection biologique résistante aux vitesses d'écoulements attendues, soit par une couche d'enrochement, un mur en ciment ou en gabions. La circulation de l'eau peut provoquer le lessivage des matériaux fins mis en place pour la pose du busage, créant des vides dans le corps de l'ouvrage. La poursuite de ce phénomène peut conduire à sa déstructuration (apparition de contre-pente, de phénomènes de poinçonnement ou d'écrasement), voire à la formation de renard hydraulique, puis à sa ruine. La

mise en place d'un masque intermédiaire (couche de granulométrie différente, ou plus facilement un géotextile) entre le remblai et la protection superficielle empêche ces désordres,

■ **Les enrochements** : technique souvent utilisée pour recouvrir le lit et les talus, ils doivent présenter une surface uniforme, et épouser le profil longitudinal du cours d'eau ; l'utilisation de pierres angulaires (pierres de carrière) déposées sur une membrane géotextile est recommandée ; la stabilisation du lit en amont et en aval de l'ouvrage s'effectue sur des distances de l'ordre d'une à deux fois le diamètre de la conduite en raison des remous générés par l'accélération de l'eau. Le calibre des blocs rocheux et l'épaisseur de l'enrochement sont déterminés en fonction de la vitesse de l'eau qui doit se situer entre 0,75 m/s afin de faciliter l'auto-curage des ouvrages et 4 m/s pour éviter des contraintes trop fortes.

■ **Les pièges à flottants** : contribuant à la gestion des embâcles, ils peuvent selon leur disposition recentrer l'écoulement pour un meilleur franchissement de l'ouvrage (Figure 5a) et limiter l'action érosive sur les berges (5b).

Dimensionnement

Cette partie explique brièvement les critères à prendre en compte dans le dimensionnement d'un ouvrage



Ponceau désaxé par rapport au vallon, suite à un glissement de la berge en rive gauche. Le rétrécissement provoque l'accélération des écoulements et les fondations de l'ouvrage sont visibles. En amont (au premier plan), une anse d'érosion latérale se développe. (FD RTM de

Photo F. Compagnon, RTM 06

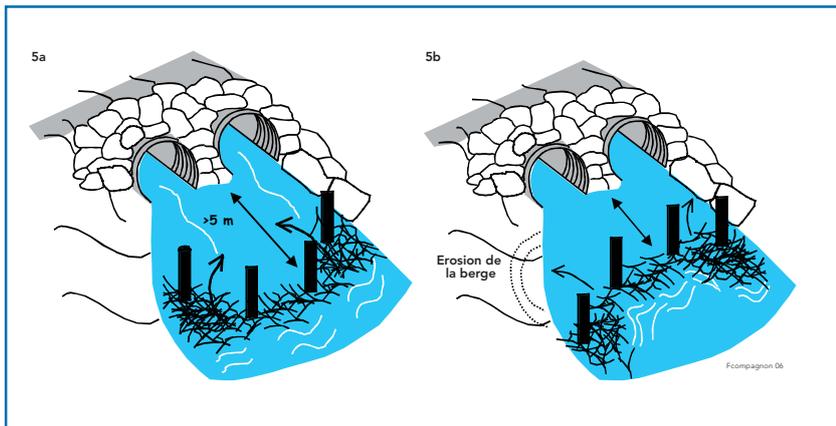


Fig. 5 : effet des pièges à flottants sur les berges selon différentes formes d'implantation.

Aucune norme technique définit la hauteur et l'espacement entre les pieux verticaux. Cet espacement sera fonction de la taille des éléments filtrés (troncs, bois, branches).

hydraulique de franchissement mais ne présente pas de méthode de calculs pour déterminer le diamètre nécessaire à l'évacuation de la crue de projet. En effet, même si ce type d'ouvrage présente une structure hydraulique simple, le calcul des conditions d'écoulement peut devenir complexe au regard des différentes conditions d'écoulement possibles.

La conception des ouvrages hydrauliques doit s'effectuer en considérant que l'écoulement se fait à surface libre, c'est-à-dire sans charge dans l'ouvrage pour la crue de référence.

Les caractéristiques hydrologiques (débits de référence) et les contraintes locales telles que les hauteurs d'eau admissibles, les vitesses d'écoulement, le profil de la route et le niveau du cours d'eau sont supposés connus.

Lors du choix des dimensions de l'ouvrage de franchissement, il convient de s'assurer à l'entrée et à la sortie des conditions de hauteurs d'eau. Pour faciliter les calculs et prendre en compte la possibilité de transport solide, permettre le passage de flottants, les conditions d'entrée sont supposées non submergées avec un ouvrage partiellement plein.

Des abaques sont généralement utilisés pour déterminer la valeur des débits pouvant transiter en fonction de la pente, des différentes sections, et de

la nature des matériaux composants l'ouvrage. L'aménagement, lorsque cela est possible, de l'amont et de l'entonnement des ouvrages de franchissement par un dispositif de mise en vitesse adapté permet d'améliorer fortement le rendement hydraulique et d'optimiser le diamètre de l'ouvrage.

Le dimensionnement des buses doit être adapté aux arrivées d'eaux rencontrées, sans toutefois être inférieur à un diamètre de 200 mm pour faciliter l'entretien.

Prévention et entretien

La surveillance des ouvrages concernera pour l'essentiel le contrôle du bon écoulement des eaux, débouchant sur des opérations de curage, et la prévention des embâcles.

Le meilleur moyen d'éviter la formation de ces dernières consiste à effectuer une visite régulière attentive de l'ensemble du bassin-versant pour identifier les secteurs à risque et de procéder au nettoyage du cours d'eau et de ses rives. Les travaux associés à ces visites sont le billonnage en faible longueur des bois morts ou vifs présents dans le lit. La gestion de la ripisylve favorisera les bois de faible diamètre et le recépage régulier des feuillus.

Il est important de rappeler qu'une gestion appropriée de la forêt à proxi-

mité des cours d'eau, particulièrement à l'intérieur de la limite normale des hautes eaux et sur les pentes abruptes, minimise l'érosion et prévient la formation d'embâcles.

Conclusion

Le rôle premier de la voirie forestière est de permettre un accès au plus près des différentes zones de la forêt. Après la réalisation d'un aménagement, on observe parfois qu'il y a érosion des berges, des remblais des chemins, de la plate-forme de roulement, des ouvrages de franchissement. Ces problèmes trouvent souvent leur origine dans des conditions de mise en œuvre ou des dispositions constructives mal adaptées.

Cet aménagement, dans le cadre d'une bonne gestion des milieux, doit tenir compte des conséquences environnementales dès sa conception. Un ouvrage mal adapté aux aléas naturels sera systématiquement remis en question ; au-delà des seules considérations économiques, c'est son intégration durable dans son environnement qui serait mis en défaut.

Franck COMPAGNON,
service RTM des Alpes Maritimes,

Remerciements

à Antoine HURAND, délégation nationale RTM, et Didier WASZAK, service RTM de Savoie, pour leur relecture.

Bibliographie

Ministère des ressources naturelles du Québec, 1997. L'aménagement des ponts et des ponceaux dans le milieu forestier. Charlesbourg, Québec : Ministère des ressources naturelles. 146 p.

OFFICE NATIONAL DES FORETS (Collectif sous la direction de R. DE GARIDEL), 2000. Routes forestières : recommandations techniques. Paris : Office national des forêts. 140 p.

Analyse des facteurs environnementaux lors de la conception de la desserte forestière Voirie forestière et intégration paysagère

Parmi les tous les enjeux à concilier dans un projet de desserte forestière, l'environnement et le paysage sont souvent perçus comme des « contraintes » difficiles à appréhender. L'article présente principalement les règles d'intégration paysagère ; la question des sensibilités environnementales, illustrée au fil des sujets de ce dossier, y est abordée sous l'angle résolument pratique de la procédure d'analyse d'impact en vigueur dans les services ONF de la DT Rhône-Alpes.

Le présent article fait référence au guide de bonnes pratiques « Routes forestières – recommandations techniques » réalisé en 2000 par la Direction Technique de l'ONF¹, et notamment à son chapitre IV – Intégration paysagère des routes forestières.

Sans abuser des rappels, certaines notions, certains concepts sont repris ici, en développant des idées qui complètent le document de référence.

Quelques brefs rappels sur la perception et l'appréciation des paysages

Lorsqu'on analyse les facteurs paysagers par rapport à la desserte forestière, on doit analyser en réalité trois champs : le champ fonctionnel (la desserte utile), le champ écologique (la desserte compatible avec les enjeux de conservation de la biodiversité et de protection contre les risques naturels) et le champ visuel (le paysage, héritage culturel, perçu de près ou de loin).

Le présent article met l'accent sur ce dernier champ sans négliger pour autant les deux autres.

Prise en compte du paysage : le cadre réglementaire se fait de plus en plus précis

Depuis la parution du guide de référence, de nouveaux textes renforçant l'obligation de la prise en compte du paysage lors des actions du forestier ont vu le jour :

- Ratification par la France de la Convention européenne du paysage (www.coe.int/conventioneuropennedupaysage) du 13 octobre 2005, entrée en vigueur le 1^{er} février 2006.
- Note de Service 06-G-1268 du 3 mars 2006 sur la politique environnementale de l'ONF, ISO 14001 et PEFC : dans le cadre de la certification ISO 14001, le paysage constitue désormais un des quatre axes majeurs pour atteindre un double objectif ambitieux de préservation et de valorisation de la qualité des milieux.
- Instruction INS-06-G-91 : elle a pour objectif de « diffuser les règles permettant de constituer un état des lieux de l'application de la réglementation au sein de tous les services, afin d'améliorer les performances de l'ONF en la matière ».

Si le cadre de la prise en compte du paysage est donc de plus en plus codifié, la prise en compte du paysage elle-même est et restera du sur-mesure au cas par cas.

Il est bien connu que la perception d'un élément dans le paysage engendre – consciemment ou pas – une appréciation de l'observateur, qui se fait simultanément à trois niveaux (BRE-MAN 1993).

Elle se forge d'abord à travers un **regard sélectif, mais individuel** : la compréhension du paysage dépend du niveau d'instruction, de l'activité professionnelle, de l'humeur du

moment, des centres d'intérêt, de la culture de l'époque... Elle se réfère implicitement aux **préférences communément partagées** par le plus grand nombre dans notre société et se fait enfin par rapport à la « **normalité collective** » issue du principe de la bonne continuité, décrit en 1923 par le psychanalyste et père spirituel de la théorie des formes, Max Wertheimer.

¹ guide diffusé par Note de Service 00-T-184 du 28 novembre 2000

Ces trois niveaux jouent un rôle fondamental dans l'appréciation de l'existant et aussi dans celle des projets non réalisés mais soumis, par exemple, à consultation publique. C'est ici que l'expérience acquise détermine souvent les réactions à chaud : un observateur qui a déjà été choqué par des exemples de mauvaise intégration d'équipements – et pas exclusivement des routes – manifeste très fréquemment un a priori négatif avant même de connaître la totalité d'un projet de création, ou de transformation d'un équipement linéaire.

C'est en ce sens qu'il est bon pour le concepteur, voire pour le gestionnaire, de disposer d'un argumentaire permettant de mieux aborder la concertation.

L'influence du regard sur la conception et les choix techniques

Le confort visuel — c'est-à-dire la facilité avec laquelle un observateur peut comprendre l'organisation du paysage — constitue un facteur fondamental de l'appréciation : la végétation proche des routes influe très fortement sur le degré d'intégration de ces infrastructures linéaires et, d'autre part, une route forestière constituée, au même titre que d'autres équipements, un élément structurant du paysage. En tant que tel, elle doit répondre à certains critères pour être considérée comme « intégrée ».

La création ou la modification d'une simple route ou d'un réseau de desserte plus complexe peut avoir un impact visuel sur le paysage. Cet impact, qui peut être plus ou moins fort, sera accentué ou au contraire atténué par trois facteurs principaux : la distance de perception, la position de l'observateur et sa vitesse de déplacement. Ces trois facteurs peuvent agir séparément ou de manière combinée voire cumulée sur l'impact visuel et donc sur la sensibilité visuelle du paysage. On peut considérer que cette sensibilité visuelle est d'autant plus forte que la fréquence de vision (c'est-à-dire le nombre de regards portés sur le paysage) est grande.

La notion d'intégration

Il convient de donner un sens clair et sans équivoque à la notion d'"intégration" paysagère que l'on cherche à optimiser par le choix d'un tracé et la conception des travaux.

Dans le domaine de l'aménagement de l'espace, on donne communément à ce terme trois significations, qui peuvent être parfaitement contradictoires : l'affirmation, l'insertion ou l'absorption.

La notion d'**affirmation** se retrouve surtout dans des travaux d'"embellissement" dans le but délibéré de se distinguer et de marquer son territoire. Il convient, notamment en milieu boisé, d'être très vigilant et d'éviter ces manifestations qui tendent à monopoliser le regard aussi bien de près que de loin. La notion d'**insertion** est employée lorsque l'on cherche à rendre la route le plus compatible possible avec l'utilisation et avec la nature du milieu. Le souci de discrétion visuelle est a priori absent dans cette approche.

La notion d'**absorption** est utilisée lorsque l'on cherche à rendre la route la plus discrète possible dans le paysage, tout en garantissant la desserte des peuplements.

En fonction de la sensibilité visuelle des paysages un choix sera parfois à faire entre les options « insertion » et « absorption » tant il est vrai que les deux sont parfois difficiles à obtenir simultanément.

Cependant, lors de la détermination d'un tracé, l'objectif doit être clairement affiché : il n'est pas recommandé d'adopter des options très différentes pour des tronçons de route situés dans un même champ visuel.

Les recommandations paysagères pour la conception générale des tracés

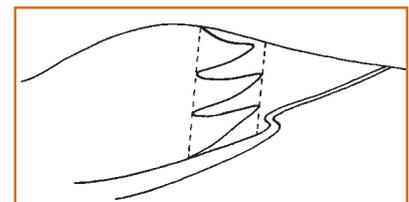
Les recommandations concernent essentiellement, et en première approche, le respect du relief et des lignes structurantes du paysage. Ensuite sont considérés les peuplements proches des voies de desserte et les lisières.

Le relief

Le passage des tracés par des sommets est à éviter dans tous les cas de figure. Il en est de même des tracés qui empruntent une ligne de crête, notamment lorsque celle-ci constitue une ligne de séparation de parcelles ou de peuplements forestiers d'âge ou de nature très différents. Les tracés qui empruntent les cols se fondent bien plus facilement dans le paysage puisque les cols sont les lieux traditionnels de passage pour des raisons évidentes de facilité. Ces notions sont déjà abondamment évoquées dans d'autres publications de l'ONF.

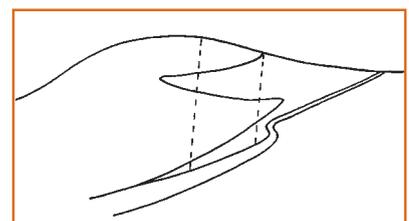
Lorsque les tracés empruntent les versants, quelques précautions élémentaires peuvent être préconisées :

- Dans les zones fortement exposées aux regards, l'augmentation de la longueur d'une route peut parfois très sensiblement diminuer l'impact visuel du tracé. En effet, lorsqu'un tracé comporte un grand nombre de lacets rapprochés (souvent pour des raisons foncières), alors que la pente du versant est homogène (sans talwegs qui pourraient faire obstacle au passage d'une route), il attire inmanquablement les regards.



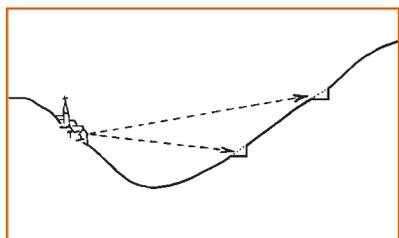
J. Montagne, ONF

- Le "débordement" de la zone à desservir permet non seulement de diminuer le nombre de lacets, mais aussi de faciliter la desserte de peuplements voisins tout en garantissant une meilleure intégration dans le paysage.



J. Montagne, ONF

■ Afin de diminuer l'impact visuel d'une route située sur un versant, il est recommandé d'implanter le tracé dans la mesure du possible à une altitude supérieure à l'altitude du ou des principaux points de vision privilégiés afin de limiter la partie visible de l'ouvrage.



J. Montagne, ONF

Les lignes structurantes du paysage

Les lignes structurantes du paysage sont surtout perceptibles à distance, mais elles peuvent également l'être de près en l'absence d'obstacles visuels tels qu'une végétation haute et dense.

En perception éloignée, une voie de desserte dont le tracé est ou paraît (sous l'influence de l'action déformatrice de la vision du relief) trop régulier, par rapport aux lignes qui caractérisent le paysage, monopolise le regard. Il y a alors une concurrence visuelle qui perturbe la perception.



P. Breman, ONF

La route monopolise le regard

Un observateur qui se trouve sur une telle voie au profil en long trop régulier, et qui perçoit en outre une portion importante du tracé, ressent une exagération des distances à parcourir. En plus, il n'y a pas de découverte progressive du paysage : si tout est visible depuis le départ, l'effet de surprise est affecté au même titre que l'intérêt « touristique ».

Ce n'est pas le cas d'un tracé souple, qui « colle » au terrain : non seulement il ne monopolise pas le regard mais, en perception éloignée, il guide le regard sans occasionner de concurrence visuelle.



P. Breman, ONF

La route guide le regard

En perception rapprochée l'irrégularité du profil en long permet la découverte progressive du paysage maintient l'intérêt de l'observateur, même à faible vitesse de déplacement.

Les peuplements

Un tracé de route qui coïncide avec les limites de parcelles ou de peuplements peut se voir mis en évidence à l'occasion d'une intervention sylvicole. Si la desserte attire alors le regard, il faut souligner que c'est surtout l'effet de contraste entre peuplements qui est en cause, et généralement pas la route elle-même. Cet effet de contraste est d'autant plus fort que la route est de création récente.



P. Breman, ONF

Ne pas confondre route et effet de contraste

Les lisières

Lors du choix d'un tracé, on respectera autant que faire se peut les lisières, qu'il s'agisse des **lisières extérieures** de la forêt ou des **lisières de clairières internes** aux massifs boisés.

L'implantation d'une route en bordure d'une forêt dont la lisière est très festonnée n'est pas recommandée si le choix du tracé provoque une « rectification » et modifie l'aspect de cette lisière. En effet, celle-ci constitue non seulement une zone de protection des peuplements mais elle reflète aussi l'image de la forêt. Sa modification peut avoir des conséquences non seulement visuelles, mais aussi écologiques et économiques.

Pour prévenir ce risque, il est recommandé de choisir un tracé à l'intérieur des peuplements.

Recommandations environnementales pour la conception de détail

L'intégration paysagère n'est pas garantie par le seul choix d'un tracé. Des « détails » de conception, de réalisation, définition et de gestion sont à juste titre perçus comme essentiels par le public. En effet, l'observateur n'est pas toujours dans une position où il peut avoir une vision globale de la route. Il voit, notamment lorsqu'il se déplace sur

la route, un enchaînement de séquences qui suscitent des impressions et pas forcément des appréciations exprimées. Ces impressions sont fortement influencées par les détails rencontrés, d'ordres très divers.

C'est une particularité humaine qu'il ne faut pas sous estimer : le regard remarque surtout les détails qui ne sont pas dans la « normalité », cela veut dire qu'il attache de l'importance aux choses qu'il considère comme exceptionnelles (une vue momentanée sur un monument naturel ou construit...) ou, au contraire, comme négatives, perturbant l'idée qu'il se fait du naturel, du normal (un nid-de-poule dans la route, une glissière de sécurité abîmée non remplacée, un arbre mutilé en bordure de route...). Souvent il s'agit d'impressions momentanées... mais qui peuvent rester longtemps en mémoire.

Autant dire que les détails peuvent prendre des proportions importantes dans la perception et que concepteur, maître d'œuvre et gestionnaire doivent les anticiper dans la mesure du possible en phase de projet et y être particulièrement attentifs lors de la réalisation.

Le dimensionnement de la route

Si le choix des caractéristiques géométriques d'une voie (largeur, rayon des lacets) doit découler surtout de sa fonction, on constate parfois encore une tendance au surdimensionnement. Les conséquences sur l'impact visuel des terrassements sont alors importantes. Il faut aussi noter que le choix des caractéristiques géométriques a lui-même des conséquences sur le choix du tracé : il faut donc s'interroger dès la phase de conception sur les besoins réels et de bannir cette tendance coûteuse et dommageable sur les plans écologique et paysager. Le surdimensionnement « tolère » l'installation de désordres (visuels) provoqués par des affaissements, des chutes de blocs, des ravinements... qui

donnent à l'observateur une impression d'abandon particulièrement préjudiciable.



P. Breman, ONF

Un dimensionnement raisonnable se traduit ici par un impact visuel faible. La route de réalisation récente n'en est pas moins fonctionnelle

Les remblais-débais

Là où la sensibilité paysagère est importante, on pourra recourir à l'évacuation totale des déblais sur certains secteurs : point de vision important, forte pente en travers du terrain naturel... Pour des raisons de coût comme de volume des matériaux à évacuer, cette solution ne peut s'envisager que sur des zones très localisées, où les enjeux le justifient.

Symétriquement, un passage exclusivement en remblai pour éviter de terrasser le terrain naturel à l'amont peut également s'envisager sur des zones très localisées, à condition de veiller à la conception - technique comme esthétique - du soutènement, même sommaire, de ce remblai.

Le franchissement d'une barre rocheuse en tranchée, donc entièrement en déblai avec transport longitudinal limité, permet à la fois de respecter l'environnement aval et de contribuer à atténuer la vue sur le talus amont.



P. Breman, ONF

Franchissement d'une barre rocheuse en tranchée

Le même principe peut être appliqué pour limiter l'impact visuel d'un lacet : décaler son centre vers l'amont par rapport au tracé qui optimiserait l'équilibre déblai-remblai, peut permettre de conserver une butte centrale, ce qui est particulièrement intéressant lorsque l'axe de vision le plus fréquent se situe à un niveau inférieur.

Il est utile de veiller à la forme précise à donner aux talus de déblai ; en terrain meuble, il est bon d'arrondir le pied et surtout le sommet du talus. Cela présente l'avantage de limiter l'érosion régressive, d'éviter le risque de sous-cavage² au sommet et l'arrivée de dépôts en pied de talus, et de faciliter la colonisation par la végétation à partir de la crête et du pied.

En terrain dur, il peut être souhaitable de ne pas avoir un profil trop régulier et de créer au contraire des irrégularités faisant ressembler le front de taille à un talus rocheux naturel.

Les points particuliers de la route

Par points particuliers, il faut entendre les endroits servant de repères pour les observateurs, que la route soit perçue de loin ou de près.

Vus de loin, et alors qu'apparaît le tracé de la route globalement, les points particuliers sont des éléments contrastants tels les terrassements les plus importants, les changements de direction du tracé, les ouvrages d'art, les points où le tracé disparaît de la vue de l'observateur, les ruptures de pente, ou les portions de route apparaissant clairement lorsque le tracé se situe essentiellement en forêt...

Vus de près, alors que l'observateur n'a souvent qu'une vision restreinte, ces points particuliers se présentent comme lieux de découverte du paysage environnant : un lieu de contact entre peuplements de nature ou de densité différente, un

² creusement par en-dessous (caver = creuser, miner)



J. Montagne, ONF

Les ruptures de pente constituent très généralement des points privilégiés pour découvrir le paysage

point de vue panoramique, une vue focalisée sur un paysage ou sur un élément particulier construit ou naturel tel un virage, une clairière, une végétation particulière, un arbre qui se démarque de son environnement, un ouvrage d'art...

Ces points particuliers ont en commun un important pouvoir focalisateur du regard, aussi bien dans un sens positif que négatif. À ce titre, le concepteur d'une voie de desserte, mais aussi le maître d'œuvre puis le gestionnaire doivent repérer ces points et les traiter en fonction des enjeux, en conservant l'esprit de la conception : en effet, un projet peut facilement être dénaturé (au point de devenir un point noir paysager !) si la mise en œuvre et/ou la gestion dans le temps ne respectent pas l'idée de départ.

Sur des routes forestières des régions à fort intérêt touristique, la mise en scène des points les plus marquants peut être envisagée afin de faciliter l'acceptation même de la route.

Cette mise en scène doit cependant être suffisamment discrète vue de l'extérieur pour ne pas créer des points d'appel qui monopolisent le regard ou qui provoquent une concurrence visuelle (notion de pré-cocité visuelle).

L'importance des lisières créées par l'ouverture d'une route

Même si l'on peut considérer que les lisières des peuplements traversés ne font pas partie à proprement parler du tracé de la route, il est évident qu'une route doit s'inscrire au mieux dans son environnement, vu de loin comme de près.

Par conséquent, ces lisières ainsi que le cas des arbres particulièrement proches du tracé sont communément (et doivent être) considérés comme faisant partie intégrante du projet. Seuls les principes de l'intégration, et pas les détails techniques, sont traités dans ce qui suit.

La « préparation » des lisières : pour ce sujet technique important, le lecteur se reportera à l'ouvrage de référence cité en début de l'article.

L'éclaircie des peuplements proches de la voie est très utile, pendant ou immédiatement après la réalisation de l'emprise, si l'opération de « préparation » n'a pas pu être faite quelques années auparavant. Le but recherché est double :

- permettre au peuplement de bordure de se conforter et (à plus long terme) de s'enrichir, afin de protéger efficacement l'arrière contre les effets néfastes d'une ouverture somme toute assez brutale. Cet effet recherché a un caractère durable ;

- éviter l'effet de mur végétal, que ce soit en vision rapprochée ou en vision éloignée, en créant une certaine transparence et une diversité perceptible. L'effet visuel obtenu peut avoir un caractère provisoire puisque la lisière peut se refermer. Le gestionnaire prendra alors les mesures adéquates en fonction du niveau de sensibilité paysagère affiché sur la « carte des paysages remarquables et des sensibilités paysagères ».

Quelques principes pour ces lisières routières.

Un peuplement dense traversé par une route de création récente provoque chez l'utilisateur un effet de couloir peu engageant et dont il cherchera à sortir rapidement : au-delà du désagrément, c'est potentiellement un danger sur route ouverte à la circulation du public (pour les usagers eux-mêmes, mais aussi pour les animaux).

Cet effet de couloir est d'autant plus sensible que le rapport entre hauteur du peuplement et largeur de l'emprise penche en faveur de la hauteur.

Une éclaircie du peuplement, avec élargissement irrégulier de l'emprise ou pas, peut améliorer sensiblement la perception - et l'acceptation - de la route.

Le caractère rectiligne d'une route, notamment dans des forêts anciennement aménagées pour la chasse, n'est pas a priori à considérer comme un inconvénient sur le plan paysager. Créer une nouvelle route selon le même principe est donc parfaitement bien acceptable dans un tel contexte. Par contre, il faut éviter de placer l'utilisateur de la route dans la position d'arbitre : d'un côté un peuplement adulte, de l'autre une coupe/jeune peuplement. Les réactions du public sont alors prévisibles !

Concernant l'exploitation d'un peuplement bordant une route créée spécialement à cette fin, il est recommandé de créer la route suffisamment de temps avant le début

L'analyse d'impact préalable aux travaux de terrassement : procédure de la direction territoriale ONF Rhône-Alpes

En région Rhône-Alpes, à partir du 1^{er} janvier de l'année 2005, nous avons rendu obligatoire une procédure appelée « analyse d'impact ONF » pour tous les travaux de terrassement.

Cette procédure consiste à réaliser l'équivalent d'une notice d'impact simplifiée, tout en conservant l'esprit, avant les travaux de terrassement : principalement les routes et les pistes forestières, les places de dépôt, mais aussi par exemple pour les sentiers pour lesquels une restauration nécessite l'emploi d'une mini-pelle.

L'objectif de cette démarche est de permettre plus aisément le respect des réglementations en vigueur (espaces et espèces protégés, périmètres de captage de sources...) lors de la réalisation de travaux de terrassement. Cette démarche permet une mise en application pratique de nos engagements ISO14001.

Cette procédure est le plus souvent mise en œuvre par des agents patrimoniaux, correspondants environnement des Unités Territoriales, préalablement formés.

Le site internet des informations communales de la DIREN Rhône-Alpes, accessible par tous les agents patrimoniaux informatisés, permet très rapidement de savoir si le projet étudié est inclus dans un espace protégé (Natura 2000 par exemple) et ou dans un espace inventorié (ZNIEFF, ZICO...).

Les rubriques « espèces protégées faune, flore » sont complétées grâce aux éventuelles connaissances internes de l'ONF, mais aussi par une consultation automatique de l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage pour la faune et des conservatoires botaniques nationaux (Gap Charance et Massif Central) pour la flore. Enfin les directeurs des parcs naturels régionaux et des parcs nationaux sont informés des projets concernant leur territoire, en même temps qu'ils sont consultés pour leurs éventuelles connaissances naturalistes sur le territoire du projet.

Enfin les rubriques, eau, paysage, risques naturels, habitats européens sont également renseignées.

Les différents outils pour mettre en œuvre cette procédure, sont accessibles sur le site intraforêt de l'ONF, ils peuvent être utilisés aussi pour les études, l'élaboration des aménagements forestiers, la préparation des martelages.

Cette procédure nécessite une reconnaissance sur le terrain, après piquetage du projet, ainsi que la rédaction d'un mini-rapport dont le plan type est informatisé.

Pour les projets les plus courants, une journée de travail (terrain et bureau) suffit pour rédiger une analyse d'impact.

Dans la mesure du possible, nous essayons que les maîtres d'ouvrage prennent financièrement en charge cette analyse d'impact, notamment lors de projets subventionnés.

Après une année de fonctionnement, on peut affirmer que cette procédure, volontairement simplifiée, a été mise en œuvre facilement par les agents patrimoniaux : plus de 30 analyses d'impact ont été réalisées, pour le seul département de la Savoie, en 2005.

Cette procédure ne répond pas à la nécessité d'élaborer des projets de desserte intégrés dans une cohérence territoriale, par exemple dans le cadre de schéma de desserte, phase qui doit être effectuée au préalable.

Enfin, cette démarche a fait l'objet d'une communication auprès de nos principaux partenaires externes, au niveau régional et au niveau départemental.

Lise Wlérick

responsable environnement territorial Rhône-Alpes

des travaux d'exploitation pour permettre une bonne amorce de la cicatrization des abords immédiats.

Les précautions à prendre pour les arbres particuliers de bord de route

Les arbres les plus proches de l'emprise sont à gérer en tant qu'arbres plutôt qu'en peuplement : il convient de désigner ceux qu'on veut maintenir à terme et déterminer le cas échéant non seulement les moyens à mettre en œuvre pour pouvoir les conserver, mais aussi le montant ou la nature des pénalités à appliquer à l'entreprise en cas de non-respect des obligations. Il est bien évident qu'un cahier des charges et/ou un cahier des clauses techniques particulières doit être très soigneusement préparé, suivi et appliqué.

Ainsi la coupure des racines, la mutilation des troncs et la casse de branches pourront être limitées, sinon évitées.



P. Breman, ONF

La nature semble résister à beaucoup d'agressions, mais ce n'est pas une raison...

Conclusion

Le réseau de desserte constitue, qu'on le veuille ou pas, un élément fort et structurant du paysage. Lors de sa conception, sa création ou son

réaménagement il convient d'en être conscient. Cela permettra d'éviter que l'on mette involontairement la route, ou seulement une portion, fortement en évidence avec toutes les critiques que cela peut engendrer. Cela concerne donc en premier lieu le tracé, et tout autant le profil en long et la largeur de la voie.

Mais il n'y a pas que cela qui importe : la qualité d'exécution des travaux et sa gestion dans le temps sont aussi déterminantes ; elles contribuent à optimiser l'intégration.

Enfin, l'adaptation des limites des unités d'intervention sylvicoles à la voie existante ou, le cas échéant, l'adaptation du nouveau tracé aux limites des peuplements en place est tout aussi fondamentale pour un type d'intégration choisi.

« Bien faire » dès le départ coûte nettement moins cher que refaire après coup, la mauvaise image en moins...

Peter BREMAN

ONF - DEDD

Mission paysages et société

Bibliographie

BREMAN P., 1986. Intégration des lignes électriques à haute et très haute tension dans le paysage forestier. Nogent sur Vernisson : Cemagref . 144 p.

BREMAN P., 2004. Les lisières forestières : le pourquoi et le comment des interventions en faveur du paysage. Rendez-vous techniques, n° 4, pp. 57-64

BREMAN P., MOIGNEU T., 2006. Entrer en forêt... par la grande porte : la conception des entrées en forêt : l'exemple de la forêt domaniale de Sénart (Essonne). Rendez-vous techniques, n° 12, ONF, pp. 37-40

DELVINGT W., DOUCET J.L., JEANMART P., 1998. Vers une meilleure gestion des lisières forestières. Jambes, Belgique : Ministère de la région wallonne. Direction générale des ressources naturelles et de l'environnement. 28 p.

DEMIRDJIAN J.M., 1994. Intégration paysagère par vieillissement artificiel des roches. Arborescences, n° 50, pp. 18-19

MOIGNEU T., 2005. Gérer les forêts périurbaines. Paris : Office national des forêts. 417 p.

OFFICE FEDERAL DES FORETS ET DE LA PROTECTION DU PAYSAGE, 1987. Protection de la nature et du paysage dans les projets forestiers : Directives et recommandations. Berne, Suisse : OFFPP. 71 p.

OFFICE NATIONAL DES FORETS, 1995. Création d'une route forestière : FD de Sauvas (Fiche n° 91-05-01). In : Guide des traitements des paysages. Paris : Office national des forêts. 4 p.

OFFICE NATIONAL DES FORETS (Collectif sous la direction de R. DE GARIDEL), 2000. Routes forestières : recommandations techniques. Paris : Office national des forêts. 140 p.

Gestion d'un réseau routier : intégration des préoccupations d'entretien lors de la conception, évaluation de l'état du réseau, planification des travaux d'entretien

En matière de desserte, comme dans tout projet d'équipement, la préoccupation de la charge ultérieure d'entretien doit s'affirmer, connaissant les mécanismes de dégradation, dès le schéma initial et à toutes les étapes de conception. Pour le réseau existant, l'entretien peut désormais faire l'objet d'une planification rationnelle s'appuyant sur une méthode pratique de diagnostic et d'évaluation. Robert de Garidel fait le point.

Pour l'ONF, gestionnaire des routes forestières domaniales, comme pour de nombreux propriétaires forestiers, la préoccupation essentielle est désormais le maintien en bon état à moindre coût des routes existantes, plus que la création de nouvelles dessertes.

Ainsi, en forêts domaniales hors départements d'outre-mer, les besoins correspondant à un entretien optimal de l'infrastructure, y compris les ouvrages hydrauliques annexes et les pistes DFCl, s'élèvent à 17 M€/an ; les constructions de nouvelles routes, avec l'amélioration du réseau par empierrement de routes en terrain naturel, ont représenté en moyenne 2,5 M€/an ces dernières années : l'investissement proprement dit ne représente donc qu'environ 15 % des dépenses optimales d'entretien.

L'enjeu est donc bien la gestion optimale de l'entretien du réseau existant : recherche de l'affectation la plus efficace possible des moyens dans l'espace (où intervenir une année donnée pour un budget donné) et dans le temps (programmation des interventions).

Cette préoccupation, et l'analyse des besoins correspondants, est également valable pour l'ensemble du réseau d'une collectivité locale, qu'il s'agisse ou non de routes forestières.

Causes des dégradations des chaussées

Comme tout ouvrage, une route laissée à elle-même se dégrade avec le temps.

Les principales causes de dégradation sont le trafic et les conditions climatiques.

Le trafic

Même bien conçue au départ, la chaussée s'endommage au fur et à mesure du passage des véhicules. Cet effet dépend essentiellement du poids des essieux : ainsi il faut plus de 11 000 passages d'essieux de 2 tonnes pour causer un endommagement équivalent à celui d'un seul essieu de 13 tonnes (limite actuelle autorisée pour un essieu simple). Ceci se traduit par un ornierage progressif de la chaussée, c'est-à-dire un affaissement longitudinal suivant les bandes de roulement.

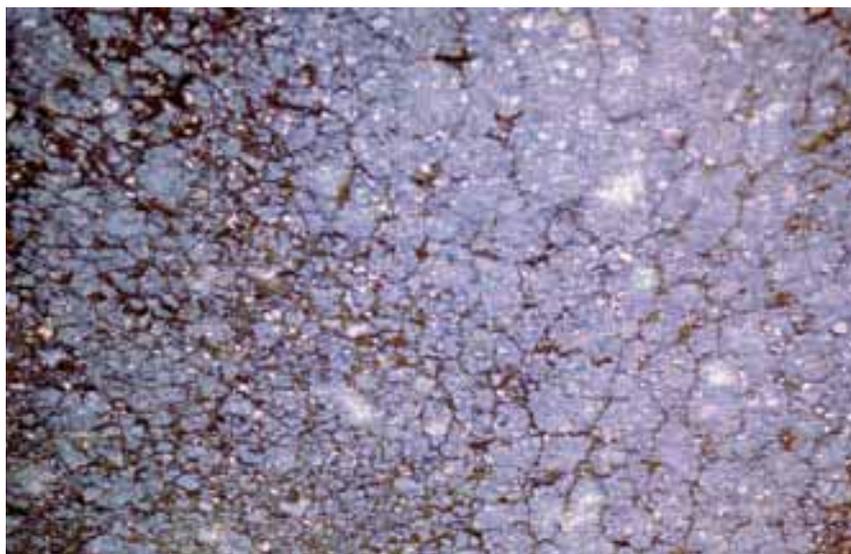
Par ailleurs, tous les véhicules exercent des efforts horizontaux sur la surface de la chaussée : ceux-ci peuvent entraîner une désagrégation et un départ de matériaux par endroits, causant progressivement l'apparition d'un trou (nid-de-poule). Ceux-ci se développent en général d'autant plus que la route est plate (profil en long avec une pente faible).



E. Kiefer

1 - Nid-de-poule

Dans le cas de routes revêtues (couche de surface imperméable en général bitumineuse) des dégradations spécifiques peuvent survenir : arrachement progressif du revêtement, apparition de fissures (longitudinales, puis évolution vers un faïençage).



E. Kiefer

2 - Faïençage

Les conditions climatiques : eau, gel-dégel essentiellement

L'eau joue un rôle néfaste à un double titre :

- par infiltration (à travers la chaussée et par les accotements), elle amoindrit les propriétés mécaniques des matériaux de chaussée et surtout du sol sous-jacent : un sol humide entraîne une déformation beaucoup plus importante au passage d'un véhicule qu'un sol sec ;

- par ruissellement sur la surface de la chaussée, elle entraîne les matériaux et provoque un ravinement progressif ; ceci peut être accentué en cas d'orniérage.

La présence d'eau sur la chaussée accélère également l'évolution des nids de poules.

En période de gel, lorsque celui-ci atteint le sol sous-jacent, certains types de sols voient leur teneur en eau augmenter fortement : au moment du dégel, cet excès d'eau fait chuter considérablement la portance du sol rendant la chaussée particulièrement fragile en cas de passage de charges lourdes. Pour des routes forestières, la seule possibilité de se prémunir contre ce risque est d'interdire tout trafic lourd en période de dégel ; sinon en effet il faudrait construire une chaussée beaucoup plus épaisse, avec des matériaux non gélifs, ce qui n'est pas viable économiquement.

Conception des routes neuves : intégration des préoccupations relatives à l'entretien ultérieur

D'abord un dimensionnement correct de la chaussée est indispensable, de manière à assurer une bonne prise en compte du trafic et une bonne maîtrise de l'eau lors de la conception des ouvrages hydrauliques annexes : faute de quoi des dégradations vont apparaître beaucoup plus rapidement et le coût d'entretien augmentera.

Quelques exemples : une épaisseur insuffisante de chaussée, une mauvaise qualité des matériaux, une absence de couche anticontaminante (géotextile) lorsqu'il y a risque de pollution de la

chaussée par le sol sous-jacent...

La réflexion sur le profil en travers de la chaussée, qui doit être conçu pour assurer l'écoulement de l'eau, est essentielle vis-à-vis du vieillissement plus ou moins rapide d'une route forestière.

Quant au profil en long, en cas de forte pente, il faut notamment veiller à l'implantation de renvois d'eau suffisamment rapprochés.

Il ne faut pas hésiter à dimensionner largement les passages busés compte tenu de l'éventuelle incertitude sur les débits à évacuer ; en cas d'écoulements temporaires avec des précipitations à caractère orageux, le radier est une solution intéressante vis-à-vis de l'entretien ultérieur (facilité de nettoyage, pas de risque d'obstruction entraînant des écoulements d'eau le long de la chaussée).

Pour plus de détails sur tous ces points, on pourra se reporter à l'ouvrage "Routes forestières : recommandations techniques" (diffusé par note de service 00-T-184 du 28/11/00).

Pour le choix du type de route (empierrement, revêtue, voire route en béton) il faut comparer les coûts globaux (construction puis entretiens ultérieurs). Cela ne peut être fait que cas par cas, compte tenu du contexte de trafic, de climat et de pente, ainsi que du scénario type d'interventions d'entretien. Il faut aussi prendre en considération des critères techniques, comme le confort de roulement, les contraintes dues à la poussière, au déneigement... (cf. note de service 00-T-184).

Des exemples de telles évaluations avaient été donnés dans le n° 18 d' "Arborescences" (1988). Cependant on peut dire qu'en règle générale une route revêtue est préférable sur forte pente, et de même une route empierrement en cas de faible trafic (route fermée au public) et de faible pente.

Le critère d'ouverture ou de fermeture des routes au public, du fait de l'agressivité du trafic correspondant pour la couche de roulement, est important vis-à-vis des besoins en entretien : la minimisation du coût d'entretien passe par la fermeture d'un maximum de rou-



E. Kiefer

3 - Ornière

tes et l'établissement de plans de circulation, après concertation approfondie avec toutes les parties intéressées.

Évaluation de l'état du réseau

L'objectif de ces méthodes d'évaluation est de disposer d'une vision synthétique et objective de l'état du réseau, permettant de caractériser sa situation actuelle puis son évolution dans le temps.

Elle est basée sur une auscultation visuelle, qui constitue une appréciation physique et mesurable des dégradations, indépendante des moyens financiers d'entretien consacrés à ces ouvrages.

Les photos 1 à 3 illustrent quelques dégradations types : ornière, nid-de-poule, faïençage.

Cet état des lieux à un instant donné du réseau permet de **hiérarchiser les urgences** en concentrant l'affectation des moyens disponibles sur les tronçons les plus dégradés ; il permet également d'**établir un diagnostic** en comparant l'état constaté et celui qui résulterait d'une usure "normale" (voir bilan patrimonial, article suivant). Il est aussi possible, suite à cette évaluation, d'établir un diagnostic plus précis au niveau d'une ou de plusieurs routes forestières données comportant de nombreux tronçons dégradés : il s'agit alors de procéder à une investigation complémentaire des causes possibles des dégradations (défaut de conception, déficiences des ouvrages hydrauliques annexes...), puis d'établir un projet de réfection généralisée.

Enfin, la répétition dans le temps de telles évaluations permettra d'avoir une vision dynamique de l'évolution de l'état du réseau ; il sera ainsi possible d'apprécier objectivement la vitesse de dégradation de tel ou tel type de chaussée en fonction de paramètres comme le trafic (ouverture des routes au public notamment), la pente, le climat... **Cela ouvrira la voie à l'établissement de normes d'entretien routier fondées sur des données fiables.**

Indice de dégradation : méthodologie ⁽¹⁾

Le principe consiste à définir des catégories de dégradations selon le type de route (revêtues/empierreées) ; un catalogue de dégradations-types de routes forestières a été établi⁽²⁾. L'auscultation visuelle de ces défauts se fait en mesurant d'une part son étendue (en général pourcentage de la longueur du tronçon affecté par la présence du défaut, noté selon une classe d'étendue), d'autre part sa gravité (souvent profondeur maximale du défaut, notée selon une classe de gravité).

Le produit de la classe d'étendue par la classe de gravité d'une dégradation donnée définit l'indice de dégradation relatif à ce défaut. Un "indice global de dégradation" D est ensuite calculé par pondération des différents indices de dégradation particuliers : il varie de 0 (très bon état) à 5 (très dégradé).

Ex : cas des routes empierreées

$$D = 5/12 (D_{\text{ornière}} + D_{\text{trous}})$$

Type de dégradations	principes de mesure de l'étendue	principes de mesure de la gravité
ornières	3 classes : < 10 %, de 10 à 50 % et > 50 %	2 classes : profondeur de 4 à 8 cm, ou > 8 cm
trous (nids de poule)	3 classes: moins de 5,5 à 15, plus de 15	2 classes : profondeur de 4 à 8 cm, ou > 8 cm

(1) Elle a été exposée dans la note de service 97-D-193 du 5/06/97

(2) Annexe note de service 97-D-193

Planification des interventions d'entretien

On peut distinguer les tâches d'entretien courant, qui se renouvellent tous les ans, voire plusieurs fois par an, et celles relevant d'un entretien périodique, plus espacé dans le temps.

L'entretien courant

Au titre de l'entretien courant, on peut citer le fauchage des accotements, des parois des fossés, le curage localisé des fossés (glissement ponctuel de talus, dépôts perturbant l'écoulement des eaux), le dégagement des extrémités des passages busés en cas d'obstruction (voire le nettoyage des buses), le nettoyage des renvois d'eau.

Il s'agit là d'interventions simples, mais qu'il est essentiel de faire à temps sur tous ces ouvrages de maîtrise des eaux de ruissellement : faute de quoi, le ruissellement de l'eau le long de la route risque de survenir, avec pour conséquences des dégradations par ravinement qui peuvent être à la fois rapides et très importantes (cf. photo 4).

L'entretien périodique

L'entretien périodique, pour une **route empierreée**, consiste à scarifier, niveler et compacter la chaussée de manière à rétablir un profil en travers convenable, et, le cas échéant, rapporter un empierrement complémentaire constitué de matériaux bien calibrés et mélangés correspondant à une épaisseur de l'ordre de 10 cm, de manière à compenser le départ des matériaux et rétablir également le profil en long : ceci permet d'éliminer les orniérages, ravinements et nids de poule, de restaurer la structure de la chaussée et d'assurer de nouveau un bon écoulement des eaux superficielles en rappelant que le profil en travers (bombement ou dévers unique) est essentiel.

La périodicité de ces interventions peut être très variable selon la vitesse effective d'évolution des dégradations : elle peut aller de 5 à 20 ans.

Pour une **route revêtue**, l'entretien consistera à refaire le revêtement (en général un enduit superficiel) : là aussi, la périodicité varie au cas par cas et peut aller de 7 à 15 ans.



R. de Garidel, ONF

4 - Ravinement

En dehors de ces entretiens généralisés, on peut être amené à réaliser **des interventions ponctuelles sur des défauts localisés**, à condition que ceux-ci restent peu nombreux :

- bouchage des nids de poule : intervention acceptable, mais dès que le nombre de nids de poule est important sur une faible distance il est préférable de « reprendre » le corps de la chaussée par une intervention généralisée : scarification, apport de matériaux...

- pour les routes revêtues, scellement des zones faïencées par un enduit superficiel localisé (« emploi partiel à l'émulsion »).

Les équipements annexes des chaussées peuvent aussi faire l'objet d'entretiens périodiques : dérasement de l'acrottement (intervention à coordonner avec l'entretien périodique de la chaussée), curage généralisé des fossés.

Choisir le moment opportun

Le choix du moment opportun pour l'intervention en entretien est primordial ; l'allure de l'évolution des dégradations d'une route avec le temps est en général celle de la figure 1.

Il est préférable de pratiquer un **entretien préventif, plutôt que curatif** (lorsque d'importantes dégradations sont déjà apparues) : une intervention

à la date t_2 au lieu de t_1 entraînera des dépenses de remise à niveau nettement plus élevées (souvent le double, voire davantage).

Conclusion

La gestion optimale d'un réseau routier passe par une bonne connaissance de son état (évaluation à intervalles pas trop éloignés), et une planification des interventions d'entretien au moment opportun, ce qui suppose de disposer des moyens appropriés.

Ces deux démarches sont liées : l'évaluation régulière permettra de préciser au fur et à mesure les courbes du type

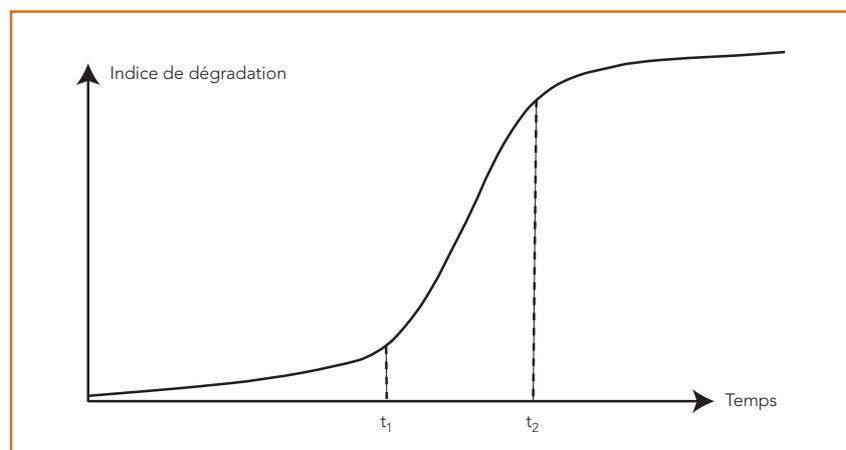


Fig. 1 : évolution de l'indice de dégradation avec le temps
Après une période d'usure modérée, la dégradation s'accélère (t_1 - t_2) et atteint rapidement le niveau maximal

de la figure 1 et donc d'établir des normes d'entretien routier : périodicité et nature des travaux.

Lors de la création de nouveaux équipements de desserte, il est nécessaire d'intégrer les besoins liés à leur entretien ultérieur.

Enfin, il ne faut pas négliger les petites interventions d'entretien courant dont le report peut avoir de graves conséquences.

Robert DE GARIDEL

retraité,

ONF – direction technique
département forêts

État du réseau routier en forêt domaniale

L'un des trente indicateurs du bilan patrimonial des forêts domaniales métropolitaines est consacré au réseau routier. Il étudie la longueur et l'état des différents types de routes, avec pour vocation de dresser un état des lieux objectif et neutre de la situation. Cet article en donne les principaux éléments de restitution, notamment les résultats sur l'état des routes revêtues et empierrées issus de l'application de la méthodologie exposée dans l'article précédent.

Les conclusions de ces inventaires constituent des outils pour répondre à la nécessité d'une gestion optimale des moyens affectés à l'entretien du réseau existant.

Rappelons tout d'abord que les routes forestières sont par définition les voies accessibles toute l'année aux grumiers : ne sont donc pas prises en compte comme « routes en terrain naturel » les voies forestières utilisables seulement de façon périodique. Ne sont pas comptabilisés non plus les routes nationales, départementales, communales, et les chemins ruraux qui desservent les forêts domaniales.

Longueur du réseau routier forestier : une légère augmentation, avec des situations géographiques contrastées

Les données, de source ONF, ont été mobilisées de façon exhaustive sur l'ensemble des forêts domaniales, en référence à deux périodes espacées de 7 ans : 1999 et 2005. Trois types de routes sont considérés :

- les **routes en terrain naturel** sont assises sur le terrain en place sans apport de matériaux ;
- les **routes empierrées** sont constituées par un corps de chaussée mis en place au-dessus du terrain naturel ;
- les **routes revêtues** comportent en plus du type précédent une couche de surface en matériaux bitumineux qui

en assure l'imperméabilité. Le cas particulier des routes en béton est rattaché à cette catégorie.

Sur l'ensemble de l'hexagone, la longueur des routes en forêt domaniale a légèrement augmenté entre 1999 et 2005, dans une proportion de 4,3 % sur la période ou encore selon un rythme moyen annuel de 0,6 %.

L'évolution est plus particulièrement marquée dans les directions territoriales Sud-Ouest (+44 %) et Méditerranée (+13 %), ce qui traduit l'effort d'équipement des massifs montagneux.

Par ailleurs, c'est en Alsace que le réseau est le plus dense (3,5 km pour 100 ha de

forêt domaniale), et en Rhône-Alpes, Bourgogne – Champagne-Ardenne et Centre-Ouest qu'il l'est le moins (de 1,0 à 1,5 km pour 100 ha de forêt domaniale).

État du réseau routier : un niveau global assez dégradé pour les routes revêtues, et moyen pour les routes empierrées

Méthodologie

L'inventaire n'a concerné que les routes revêtues et empierrées. Il a été réalisé selon la méthode préconisée dans la note de service ONF n° 97-D-193,

	1999	2005
Longueur totale (tous types de routes)	28 920 km	30 160 km
dont % routes revêtues	14 %	16 %
dont % routes empierrées	42 %	43 %
dont % routes en terrain naturel	44 %	41 %
Densité (tous types de routes)	1,7 km pour 100 ha	1,8 km pour 100 ha

Longueur de routes en forêt domaniale entre 1999 et 2005
Ensemble de l'hexagone

qui propose pour les différents types de dégradations des mesures quantitatives répétées par tronçon élémentaire de 100 mètres. Les relevés obtenus ont permis de calculer (voir article précédent) un indice global de dégradation **D**, dont la valeur est comprise entre 0 (très bon état) et 5 (très dégradé).

Les données ont été recueillies par les personnels de l'ONF, selon un échantillon constitué de façon à couvrir 10 % de la surface totale des forêts domaniales, à l'échelle de l'hexagone comme à celle des directions territoriales. Un échantillonnage à deux niveaux a été mis en place : le premier niveau est constitué d'agences et de départements couvrant le tiers de la surface des forêts domaniales de chaque direction territoriale ; le second niveau consiste à effectuer un sondage de tout ou partie des forêts domaniales au sein du premier échantillon, selon une méthode systématique destinée à ne pas engendrer de biais.

Ainsi, 2 180 kilomètres de routes ont été auscultés par tronçons de 100 mètres. De chaleureux remerciements doivent à ce titre être adressés à celles et ceux qui ont participé à la mobilisation des données, **permettant de disposer pour la première fois d'une vision globale et fiable de l'état des routes en forêt domaniale.**

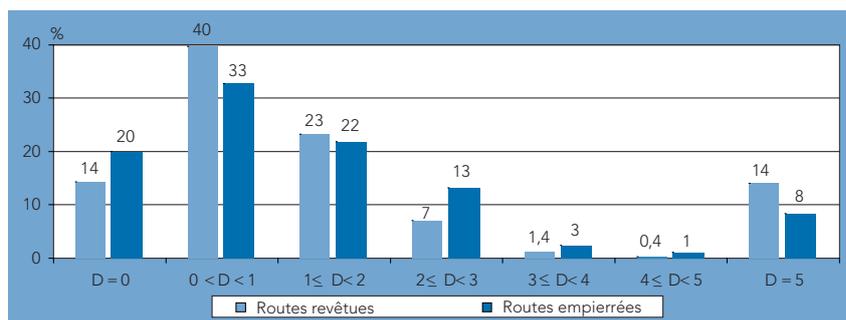


P. Mourin/ONF

Relevé de la gravité d'une dégradation de rive sur route revêtue.

Résultats

Dans le cas des routes revêtues, si la proportion de routes revêtues avec $D \geq 2$ est convenable (23 %), la part



Répartition (en %) de la longueur échantillonnée de routes revêtues et empierrées par classe de valeurs de l'indice global de dégradation **D** Forêt domaniale pour l'ensemble de l'hexagone (année 2005)

des voies très dégradées où $D = 5$ est très importante (14 % alors qu'elle devrait être de 9 %). Cela signifie qu'on a laissé se dégrader des sections ayant atteint le niveau requis pour un entretien. Les routes empierrées sont quant à elles dans un état globalement meilleur, la proportion de la longueur avec $D = 5$ étant de 8,4 % (elle devrait être de 6,5 %) et celle avec $D \geq 2$ de 25 % (elle devrait être de 26 %).

Interprétation de l'indice global de dégradation

Les valeurs de **D** sont analysées à partir de l'expertise acquise sur les durées de vie des routes (11 ans pour les routes revêtues et 15,5 ans pour les routes empierrées en moyenne sur l'hexagone) et sur les vitesses de dégradation (**D** atteint la valeur 2 à partir de la 9^e année pour les routes revêtues, et à partir de la 11^e année pour les routes empierrées). Ensuite, la dégradation s'accélère fortement, comme l'expose la figure 1 de l'article précédent.

Les résultats déclinés par ensembles climatiques et topographiques relativement homogènes mettent en évidence que les zones de plaine à climat peu rigoureux (phénomènes de gel-dégel peu marqués) et les zones de montagne présentent un réseau plutôt en bon état. Au contraire, l'état des routes revêtues et empierrées des zones de plaine à climat rigoureux est sensiblement plus dégradé qu'ailleurs.

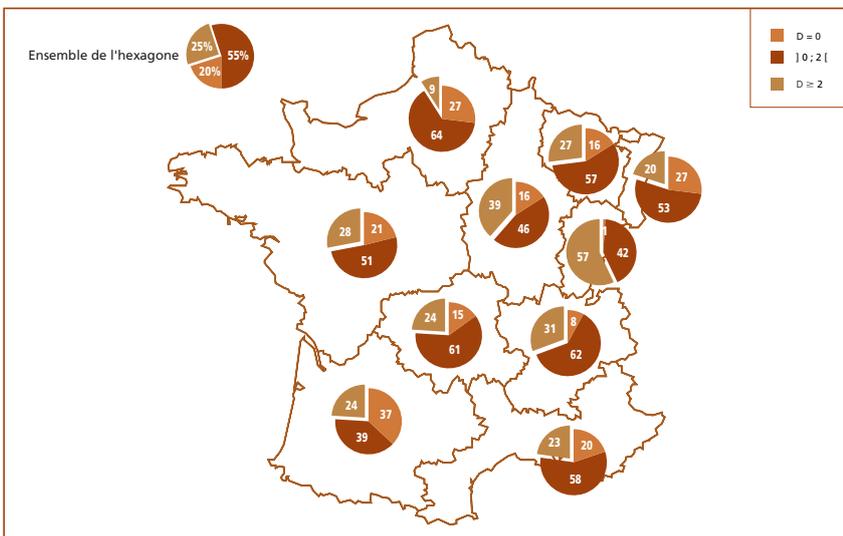
La répartition par direction territoriale présente des contrastes importants (voir cartes).

Les routes revêtues des forêts domaniales de la direction territoriale Sud-Ouest sont dans le meilleur état. À l'opposé, elles atteignent les plus forts niveaux de dégradation en Alsace, Auvergne - Limousin et Lorraine. Pour les routes empierrées, les meilleurs résultats sont enregistrés pour la direction territoriale Ile-de-France - Nord-Ouest, et les moins bons en Franche-Comté et en Bourgogne - Champagne-Ardenne (notamment $D = 5$ pour 18 % de la longueur en Bourgogne - Champagne-Ardenne). Cette forte variabilité géographique se retrouve également au sein des directions territoriales.

Axes de valorisation des résultats

Les données sur la longueur des routes caractérisent l'ampleur du patrimoine existant et contribuent à définir l'accessibilité des forêts. Les résultats obtenus sur la densité du réseau routier sont également à comparer aux différentes échelles géographiques, en tenant compte de leurs caractéristiques et enjeux de gestion propres.

D'autre part, l'appréciation « normalisée » de l'état du réseau est une donnée nouvelle, qui permet de dresser un état des lieux synthétique et objectif de la situation actuelle. Son suivi permet de qualifier l'entretien de ce patrimoine, en vue de le maintenir apte à remplir son rôle. À ce titre, les résultats obtenus peuvent être exploités assez directement : l'objectif premier est



Répartition (en %) de la longueur échantillonnée de routes revêtues (en haut) et empierrées (en bas) par classe de valeurs de l'indice global de dégradation D

Forêt domaniale, pour chaque direction territoriale de l'ONF (année 2005)

De l'indicateur aux actions concrètes

L'indicateur « routes » du bilan patrimonial a permis d'établir objectivement l'état du réseau routier et de mettre en évidence un état global moyennement à assez dégradé, nettement en deçà de l'optimum qui permettrait à la fois de minimiser les coûts d'entretien et d'avoir un service correct. Dans le cadre de la préparation de la programmation 2006-2011, cette évaluation collective « normalisée » a permis à l'ONF de hiérarchiser les travaux routiers à effectuer. C'est ainsi que sont distingués des travaux d'entretien normal et des travaux de rattrapage permettant de repositionner le niveau de qualité du réseau à l'optimum.

Par ailleurs, l'ONF a initié en 2006 un programme d'investissement routier destiné à améliorer la mobilisation des bois. C'est ainsi que 168 opérations seront mises en œuvre en 2006 :

- création de 74 km de pistes de débardage
- création de 259 places de dépôt
- création de 26 km de routes en terrain naturel
- construction de 66 km de routes empierrées
- empièrrement ou réfection généralisée de 371 km de routes

Bernard HEOIS

ONF – direction technique
Département forêts

bien de hiérarchiser les priorités d'intervention dans l'espace et dans le temps, le contexte actuel soulevant avec acuité la nécessaire optimisation des moyens d'entretien.

Des évaluations complémentaires sur les tronçons les plus dégradés peuvent également être envisagées, prenant en compte les ouvrages annexes (passages busés, renvois d'eau, fossés) et les travaux d'entretien, afin de déterminer plus précisément les causes de dégradation.

Enfin, le renouvellement de l'inventaire dans le cadre du second bilan patrimonial

dans 5 ans offrira une vision dynamique de l'état du réseau routier. Au regard des moyens investis, il permettra d'améliorer nos connaissances sur les vitesses de dégradation des routes, et par conséquent de mieux définir nos besoins et itinéraires d'intervention pour entretenir le réseau routier.

Julien BOUILLIE

ONF – direction technique
chef de projet Bilan Patrimonial

DESSERTE FORESTIÈRE ET CIRCULATION – NOTE JURIDIQUE

Il y aurait bien trop à dire pour faire le tour des problèmes juridiques soulevés par la desserte forestière. Contentons-nous ici d'examiner la question de l'ouverture ou non des routes forestières à la circulation motorisée du public, qui interfère fortement avec la conception technique de la voirie.

Si le vocable de route forestière nous est d'un usage courant, il ne relève pas d'une terminologie juridique. Il nous faut donc, pour savoir quelles règles appliquer à nos chemins forestiers, parvenir d'abord à identifier leur statut, ou plutôt leurs statuts vu la diversité des situations pouvant exister sur le terrain.

Les différents statuts des voies forestières

Normalement, le chemin forestier a été créé par le propriétaire pour les besoins de la gestion et de l'exploitation de sa forêt. La voie n'a alors d'autre objet qu'un usage privé pour ses intérêts personnels ; dans cette logique, c'est une voie privée régie par le droit privé. Ceci est tout aussi vrai pour les forêts privées que « publiques » (domaine privé forestier de l'État et des collectivités).

Ces voies privées forestières peuvent être des chemins intérieurs ne desservant qu'une seule propriété forestière, ou bien des chemins d'exploitation (art L 162.1 et suivants du code rural) lorsqu'elles desservent plusieurs fonds ruraux agricoles et forestiers.

Ces voies sont librement utilisables par les propriétaires des terrains desservis ainsi que par leurs ayants-droit (acheteurs de coupes, éleveurs loca-

taires de pâturages, locataires du droit de chasse, etc.), dans la limite des éventuelles clauses de circulation figurant dans leurs contrats (itinéraire autorisé etc.).

Le propriétaire d'un chemin intérieur peut, sur la base du droit de propriété (art 544 du code civil), en modifier le tracé voire le supprimer. En revanche, la loi ne permet la suppression d'un chemin d'exploitation que du consentement unanime des propriétaires intéressés ; elle donne à ce chemin un caractère perpétuel. Même délaissé depuis des décennies, tout propriétaire peut exiger son rétablissement dès lors qu'il démontre que ce chemin a existé dans le passé et qu'il n'a jamais fait l'objet de décision unanime de suppression.

Parfois, on qualifie abusivement de « chemins forestiers » des chemins appartenant à des communes et qui ont été créés (et sont entretenus) pour un but de circulation générale, étant affectés à la desserte de hameaux, à la liaison entre villages, la desserte forestière étant accessoire. Ce sont en réalité des chemins ruraux (art L 161.1 et suivants du code rural), dont nous n'évoquerons pas plus avant le statut particulier, qui mérite à lui seul de plus amples développements. Tenons-nous en aux chemins privés forestiers.

Conditions de circulation du public sur les chemins privés forestiers

Les problèmes liés à l'ouverture des voies privées à la circulation se posent surtout à propos des véhicules motorisés. Raisonons de manière neutre, c'est-à-dire non pas par type de véhicules motorisés (moto, quad, 4X4), ce qui serait discriminatoire, mais par type de voies : ouvertes ou fermées aux véhicules. Si elles sont fermées aux véhicules motorisés, il importe peu qu'il s'agisse d'un 4X4, d'une moto ou d'un quad, les règles sont les mêmes.

L'exercice du droit de propriété

Qu'il s'agisse de chemins intérieurs ou de chemins d'exploitation, la décision de les ouvrir ou de les fermer à la circulation est **une décision du propriétaire** dans le cadre de l'exercice de son droit de propriété (art 544 c civil) qui l'autorise notamment à se clore librement (art 647 c civil). Pour les chemins d'exploitation, l'article L 162.1 du code rural dit même clairement dans sa dernière phrase que « *l'usage de ces chemins peut être interdit au public* ».

Le fait que la voie privée appartienne à une personne publique ne change rien à cette circonstance. Ainsi, s'agissant d'une mesure de fermeture prise sur le seul fondement du

droit de propriété, comme le ferait n'importe quel propriétaire, sans l'exercice d'aucune prérogative de puissance publique, le juge administratif est incompétent pour en connaître (T Conflits 24 octobre 1994 SCI La Rochette et Duperray rec p 606).

Ainsi la décision d'un maire de fermer une voie privée communale à la circulation n'est pas susceptible de recours devant le juge administratif (CE 27 mai 1991 Époux Campagne rec p 212). Seul le juge judiciaire peut être saisi pour des litiges inhérents à des rapports fonciers (servitude de passage, désenclavement...).

Une décision parfois délicate

Si en droit il est théoriquement aisé de décider de fermer une voie privée jusque-là ouverte à la circulation, en revanche, politiquement, surtout pour une personne publique (forêt domaniale ou forêt communale), la décision de fermeture doit faire l'objet de précautions accrues en terme de communication et d'information dès lors que la voie constituait une véritable voie de transit utilisée habituellement par un grand nombre de riverains.

Les interdictions édictées par les pouvoirs publics

La situation est différente si la décision de fermeture d'une voie privée (quel qu'en soit le propriétaire) est prise dans le cadre de la police municipale ou préfectorale : c'est alors une mesure réglementaire d'interdiction de circuler susceptible de recours en annulation devant le juge administratif de la part de n'importe quel administré. Ces interdictions réglementaires peuvent trouver leur fondement dans :

■ les articles L 2213.4 et L 2215.3 du code général des collectivités territoriales, issus de la loi n° 91.2 du 3 janvier 1991 relative à la circulation des véhicules terrestres dans les espaces naturels. Il s'agit de mesures

destinées à la protection des milieux naturels et à la tranquillité des randonneurs,

■ le 5° de l'article L 2212.2 et l'article L 2215.1 du code général des collectivités territoriales en cas de péril particulier (risque d'éboulement, avalanche...),

■ le 4° de l'article R 322.1 du code forestier en cas de risque exceptionnel d'incendie de forêt.

Mais comment savoir si une voie forestière est ouverte ou fermée ?

Si les interdictions édictées par les pouvoirs publics sont claires, une difficulté surgit pour les mesures d'interdiction de circuler inhérentes à l'exercice du droit de propriété.

Problèmes de physionomie

Les forêts, comme d'ailleurs les terres agricoles ou pastorales, sont dotées d'un réseau de sentiers, de pistes et de chemins utiles à la deserte et à l'exploitation des parcelles. Il peut s'agir de :

■ « routes forestières » **revêtues**, empierrées ou bitumées, accessibles à des engins de fort tonnage (tracteurs forestiers ou agricoles, engins de chantiers, grumiers, etc.),

■ **chemins sommaires en terrain naturel**, propices à la randonnée pédestre ou destinés aux véhicules légers de service (patrouilles de surveillance par exemple),

■ **tracés éphémères**, comme les chemins de débardage ouverts et utilisés par les tracteurs pour la seule durée d'exploitation d'une coupe de bois, aux seules fins de tirer les bois exploités hors des parcelles jusqu'à un lieu de stockage où ils seront chargés sur camion. De tels tracés disparaîtront ultérieurement, refermés par la végétation.

S'ajoutent à cela des emprises non boisées, lignes séparatives de parcelles forestières, lignes de cloisonnement ou emprises d'ouvrages souterrains (canalisations, lignes électriques enterrées). Souvent parfaitement rectilignes, elles ont l'aspect

d'un sentier en terrain naturel alors qu'il n'en est rien.

Enfin se pose le problème des itinéraires clandestins ouverts à travers les parcelles par des adeptes de randonnée moto, VTT, quad, etc. qui, à force de passages répétés, créent au sol une emprise de piste alors que le propriétaire n'a jamais eu l'intention de créer un tel chemin.

On peut donc trouver dans les espaces naturels une multitude de « chemins » qui ne sauraient tous répondre aux mêmes règles de droit pour en apprécier la nature de voies ouvertes ou fermées à la circulation publique. C'est pourquoi « *la notion d'ouverture à la circulation publique est laissée à l'appréciation souveraine des juges du fond qui se prononcent au vu des éléments qui leur sont soumis ou des mesures d'instructions qu'ils ont ordonnées* » (Avocat Général près la Cour de Cassation ORTOLLAND – conclusions sous l'arrêt plénier du 5 février 1988 Bulletin d'information du 15 mars 1988 p 1 et s).

Les cas de présomption ou non d'ouverture à la circulation

Il y a présomption d'ouverture à la circulation si les voies sont « circulables » pour tous véhicules ordinaires : voies revêtues, empierrées, voire en terrain naturel mais présentant des caractéristiques de bon entretien permettant aisément un passage régulier de véhicules de tourisme. Si le propriétaire veut les fermer à la circulation, la présomption d'ouverture doit être combattue par la pose de panneaux, barrières etc. qui manifestent clairement à l'attention du public le caractère non ouvert de la voie à la circulation générale.

Il ne peut pas y avoir présomption d'ouverture si le chemin présente des caractéristiques telles qu'il n'est manifestement pas apte à une circulation générale et ne peut être emprunté que par des véhicules spécialement adaptés (tracteurs, 4X4,

moto tout-terrain). Selon une jurisprudence déjà ancienne, l'étroitesse du chemin, les ornières profondes, les très fortes pentes que seul un puissant tracteur peut franchir, la présence d'une forte végétation non fauchée qui en masque les éventuelles dangers sont autant de critères qui permettent aisément de concevoir qu'on n'est pas en présence d'une voie ouverte à la circulation générale.

Conséquences pratiques

En d'autres termes, en matière de voie privée dans les espaces ruraux,

Quelle signalisation ?

Si on veut **limiter la circulation** à un public de promeneurs (voitures de tourisme) et exclure la circulation de transport de marchandises, utiliser le panneau *interdit aux véhicules utilitaires sauf ayants-droit*. Il traduit une discrimination parfaitement justifiée par rapport à la destination de l'ouvrage (desserte de la forêt) : la voie forestière est destinée aux promeneurs et à nos ayants-droit (acheteurs de coupes, entreprises participant à l'équipement et l'entretien des forêts).

■ Surtout **ne pas mettre un panneau de limitation de tonnage** car on crée alors une discrimination artificielle, selon un critère étranger à notre préoccupation. Le problème n'est pas un problème de tonnage (la chaussée résiste parfaitement au passage de grumiers) mais de nature d'utilisateurs.

Si on veut **interdire la circulation**, utiliser le B0, à cercle rouge sur fond blanc (= interdit à tout véhicule) et préciser les éventuelles dérogations (sauf cycliste et cavalier).

■ Surtout **ne pas utiliser le sens interdit** qui donne à penser qu'il y a circulation dans le sens inverse, donc absence d'obstacle et de péril rendant la circulation impossible.

agricoles, pastoraux, forestiers, il existe deux hypothèses :

■ Ou bien la voie privée est carrossable, entretenue, accessible à des véhicules de tourisme et il y a présomption d'ouverture, que seuls peuvent faire tomber des obstacles physiques ou une signalisation interdisant l'accès ;

Quels obstacles ?

■ Si on installe des chaînes : prévoir dispositif de couleur rouge et blanc et réflecteurs.

■ Si on pose des barrières : prévoir des couleurs vives et des réflecteurs. En cas de barrières non coulissantes donc fonctionnant par système de levage avec contrepoids, attention aux risques de doigts écrasés, voire sectionnés.

■ Si on pose des plots attention à leur visibilité et à leur écartement. ⇒ Jamais de câbles, de fils de fer et moins encore de barbelés : obstacles insidieux, invisibles pour un motard roulant vite et excessivement dangereux.

■ Ou bien la voie privée présente **naturellement** un aspect non carrossable, non entretenu, et par sa nature elle est non ouverte même en l'absence de panneaux et barrières. Ceci pour la bonne raison qu'un propriétaire ne pourrait pas raisonnablement implanter sur toutes les pistes, sommières, tous les layons, emprises de canalisation, etc. non entretenus et visiblement non destinés à la circulation générale une signalisation et des dispositifs formalisant de manière expresse l'interdiction de circuler.

Ce principe a été clairement confirmé par la Cour d'appel de Chambéry à propos d'un convoi de véhicules tout terrain 4X4 engagé sur une piste accessible seulement aux tracteurs forestiers pour les seuls besoins de l'exploitation de la forêt. La Cour a considéré « qu'on ne saurait en effet imposer au propriétaire

du moindre sentier de matérialiser l'évidence par une interdiction formelle » (C A Chambéry Ch. Correctionnelle 29 mars 1995 - Annales de la Voirie n° 28 Avril-mai 1996 p. 4 note D. Guihal Juge auprès du Premier Président de la Cour d'appel de Grenoble).

Plus récemment la chambre criminelle de la Cour de Cassation a censuré une Cour d'appel qui avait refusé de sanctionner le conducteur d'un 4X4 circulant sur un sentier forestier non doté de panneaux et barrières interdisant l'accès. La Haute Assemblée a considéré que le juge d'appel ne pouvait émettre une telle exigence « *alors que ni l'article R 331.3 du code forestier, applicable aux forêts, ni l'article L 362.1 du code de l'environnement applicable à l'ensemble des espaces naturels n'exigent que l'interdiction de circulation sur les voies non ouvertes à la circulation publique soit matérialisée* » (Cass crim 18 février 2003 bull crim 2003 n° 40 p 151). Bien entendu cette décision doit se comprendre au regard des principes qui précèdent et ne peut pas concerner une route forestière bitumée ou empierrée donnant toutes les apparences d'une voie ouverte à tous.

Jacques Liagre

ONF, département juridique

Route forestière de montagne : un travail de longue haleine aux multiples facettes. Exemple de la route sylvo-pastorale de Lehaltzarté en forêt syndicale de Baïgorry (64)

Route de montagne : l'enfance de l'art ?

L'ouverture d'une route forestière, surtout en montagne, impacte fortement le milieu, bien plus, très souvent, que nos opérations sylvicoles habituelles. Créer 4 km de route et autant de pistes en forêt syndicale de Baïgorry a été un chantier majeur pour notre équipe de gestionnaires de terrain : près de 5 ans entre conception et réalisation, faite d'une collaboration de tous les instants avec le propriétaire et ponctuée par l'obtention des financements.

Au bout du compte, ce délai qui peut paraître très long nous a permis de faire progresser et améliorer notre réflexion initiale et d'affiner notre projet.

Un préambule à garder néanmoins à l'esprit : la desserte forestière dans les montagnes du Pays Basque et du Béarn, où les propriétés sont avant tout communales et les mentalités tournées vers le pastoralisme, doit être sylvo-pastorale pour être acceptée.

Évaluer l'économie du projet et se concerter

En matière de foresterie, l'enjeu de création d'une route se résume bien souvent aux opérations sylvicoles : coupes, travaux.

Une distance de débardage supérieure à 1 km apparaît rapidement prohibitive pour la vente des bois dans les conditions économiques actuelles,



P. Sallaberry, ONF

La route forestière de Lehaltzarté depuis le versant opposé
L'intégration paysagère d'une route est toujours délicate.

d'autant que les cours du hêtre ont été divisés localement par 2 depuis la tempête de 1999. De même, le coût des travaux sylvicoles augmente significativement dès que l'on s'éloigne d'une voie carrossable, diminuant d'autant leur intérêt économique à terme.

Cependant, cet enjeu, essentiel en matière de production forestière, s'efface rapidement dans la montagne pyrénéenne, devant d'autres dimensions plus importantes pour les autres acteurs et utilisateurs du territoire :

■ l'impact paysager qui est, aux yeux des promeneurs, primordial ;

■ la préservation environnementale, essentielle sur des flancs escarpés de vallée étroite où les risques de perturbation liés au confinement sont importants ;

■ les coûts d'installation et l'entretien futur des ouvrages à minimiser selon les volontés financières du propriétaire malgré un contexte géomorphologique et pluviométrique souvent défavorable ;

■ des intérêts multiples pour les autres usagers et propriétaires : bergers, chasseurs, pêcheurs, propriétaires d'enclaves privées, agriculteurs, riverains dont le fonds est traversé.

La liste n'est pas exhaustive : bien des enjeux qui auraient pu nous échapper se révèlent au fur et à mesure de l'élaboration du projet, qui peuvent être autant d'obstacles à sa bonne réalisation.

Au final, il est essentiel de ne rien négliger, ni personne. Le délai de réflexion permet au moins de tenir compte d'un maximum de facteurs. Cependant, la modestie nous impose de remarquer qu'il est rarement possible de tout prévoir.



P. Sallaberry, ONF

Le cayolar

Cabane de berger traditionnelle



P. Sallaberry, ONF

L'enclos de contention

situé en bordure de route pour permettre l'accès de camions de transport du bétail.

Être pragmatique et rigoureux

On l'aura compris, cerner les enjeux multiples constitue l'essentiel de l'avant-projet.

La partie technique classique du tracé — ou des tracés — possible(s) nous est

Le cayolar

C'est la cabane de berger telle qu'elle existe en Pays Basque. Le cayolar est une propriété privée indivise regroupant plusieurs bergers qui se relaient tout au long de l'été.

Au cayolar, est associé le droit de pâturage sur les landes environnantes appelé « parcours ».

La forêt fait partie du parcours qui ne peut être entravé qu'avec l'accord des bergers, pour permettre par exemple la régénération.

La création d'une route sylvo-pastorale permet de redynamiser l'activité pastorale : la rénovation et la mise aux normes sanitaires (adduction d'eau, électricité photovoltaïque, construction de local à fromages) sont facilitées par la desserte routière. Il est indispensable donc que forestiers et bergers œuvrent de concert pour la création des routes et pistes.

De plus, dans le cas qui nous intéresse, la commission syndicale de la vallée de Baïgorry, regroupant 8 communes, est propriétaire des territoires sur lesquels sont imbriqués forêt de Hayra et pâturage. La vocation ancestrale de cette commission syndicale est le pastoralisme ; la forêt est considérée comme un élément du pastoralisme ; elle permet en outre de procurer des revenus qui profitent, dans notre cas et en priorité, aux aménagements pastoraux.

Tout au long de la chaîne des Pyrénées existent d'autres variantes du cayolar : le cuyala en Béarn, le courtaou en Bigorre...

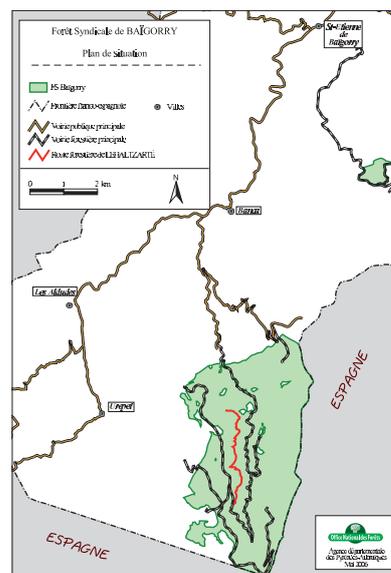
plus familière surtout si elle ne nécessite pas de techniques inhabituelles pour nous (dans ces cas-là, il faut savoir reconnaître nos limites et mieux vaut s'adresser à des services spécialisés, comme le RTM¹ bien sûr).

Le tracé retenu, en accord avec nos partenaires multiples, suit à peu près un sentier de parcours pastoral ce qui a l'avantage de nous indiquer les « passages obligés » des ravins, crêtes ou autres endroits délicats.

Le levé (et correction afin de rendre accessible la pente en long des voies aux différents types d'engins qui les emprunteront) du cheminement se fait par équipe de 3 personnes généralement avec comme outils : la boussole, le clinomètre pour pentes en long et en travers, le topofil pour mesure des distances et des piquets numérotés pour piquetage qui n'est pas forcément équidistant.

Sont notés aussi : la proportion estimée de rocher², le positionnement d'éléments techniques particuliers

(dont places de dépôts, pistes annexes, crêtes, ravins, nécessité de passages busés, radiers, etc.). Autre élément important à relever dans notre cas, la possibilité de prélever du matériau d'empierrement et d'enrochement favorable à la construction de l'ouvrage, le long ou à proximité immédiate de l'emprise, c'est-à-dire dans le cadre des terrassements indispensa-



¹ Service de restauration des terrains en montagne

² ceci permettra d'évaluer quelles sont les quantités selon les différentes techniques de travaux à mettre en œuvre par la suite

bles du chantier, réduisant ainsi quasiment à néant l'apport extérieur de matériau de carrière et les coûts futurs de chantier. La nature géologique de la zone faite de quartzite et schistes durs nous était favorable.

Un logiciel de cubature nous aidera ensuite pour estimer les volumes de terrassement, dont le coût peut être important par rapport à l'ensemble du projet, notamment dans le cas de fortes pentes en travers, 60 % en moyenne ici.



P. Sallaberry, ONF

Située au confluent de plusieurs pistes, sur un replat, notre zone d'extraction de matériau servira de place de dépôt et retournement

Être précis et astucieux

C'est à ce stade que se constitue le dossier de demande de financement auprès des services de l'État, ainsi que les demandes d'autorisations ou de déclarations vis-à-vis de la loi sur l'eau ou pêche. La nature des ouvrages à réaliser ayant un impact sur le réseau hydrographique décide du type de dossier à constituer auprès de l'administration. Parallèlement les bois d'emprise seront martelés, l'exploitation se fera au fur et à mesure des travaux.

Vient ensuite, lorsque les subventions et autorisations sont obtenues, la partie plus administrative de notre travail avec l'élément essentiel de la consultation d'entreprises : le CCTP (cahier des clauses techniques particulières). C'est le descriptif aussi précis que possible des techniques et résultats que l'on demandera à l'entreprise retenue.

Le but de cet article n'est pas de recopier le CCTP tel qu'il a été rédigé ; cependant, nous retiendrons quelques éléments forts ou particularités de notre projet. Outre l'énumération des tâches élémentaires seront donc imposés :

- un délai de 3 mois entre l'ouverture de la route et l'empierrement pour permettre la stabilisation de l'assise ;
- l'interdiction de minage : le coût autrefois prohibitif du brise-roche est devenu concurrentiel ; beaucoup d'entreprises possèdent désormais en montagne ce type d'équipement monté sur pelle hydraulique ; cette technique est à privilégier car elle est simple d'utilisation (une seule pelle hydraulique puissante et un « bon » chauffeur suffisent pour faire l'ensemble du chantier d'ouverture), « douce » pour l'environnement (moins de bruits soudains), peu contraignante (pas d'autorisations ni de certificats de capacité nécessaires) et surtout elle permet de réaliser un travail beaucoup plus fin ;
- la possibilité d'emploi de matériaux « indigènes » pour empierrement et enrochement, à condition qu'ils s'avèrent acceptables, avec broyage superficiel si nécessaire de l'empierrement.



P. Sallaberry, ONF

Enrochement et passage busé

On remarquera que la couleur du matériau d'enrochement s'intègre parfaitement.

La connaissance de la géologie locale, l'observation de terrain et la comparaison avec les matériaux de carrières du secteur permettent de juger de la bonne qualité du matériau indigène.

Ceci nous a permis de réduire les coûts quasiment de moitié, en limitant le transport long et onéreux sur des routes d'accès pas forcément capables de supporter un tel trafic. De plus, l'emploi de ces matériaux favorise aussi l'intégration paysagère des murs de soutènement par exemple.

D'autres « éléments facilitants » autorisent aussi une certaine latitude pour s'adapter à des contraintes techniques non prévues :

- des fournitures complémentaires figurent en option, au cas où : géotextile, location pelle mécanique ou bouteur pour travaux imprévus, enrochement, confection de cunettes, radiers...
- Pour le terrassement, le piquetage de contrôle est mis en place par l'entrepreneur. L'élément de contrôle du Maître d'œuvre (l'ONF) est le seul descriptif fourni selon le levé topographique, point par point, avec profil en long retenu : ceci évite toute contesta-

tion à propos de piquets mal implantés ou déplacés.

■ De même, le volume déblai-remblai n'est pas indiqué sur le devis, car facilement contestable. Le mètre linéaire de travaux exécutés est l'unité retenue.

■ Le devis est l'élément de base du CCTP : il doit être suffisamment détaillé pour davantage de commodité, le descriptif des tâches élémentaires dans le CCTP n'est consulté qu'en cas de litige important, c'est le complément du devis.

En résumé, devis et descriptif linéaire sont les éléments de base du CCTP. Ils sont complétés par un plan de situation des ouvrages.

L'enfance de l'art !

Grandement facilité par tout ce qui précède, dont aussi le choix de l'entreprise, le suivi du chantier nécessite :

■ une continuité par des visites impromptues, mais suffisamment fréquentes ;

■ des réunions de chantier, étapes formalisées avec convocation de l'entrepreneur ou de son représentant.

Les réunions de chantier sont obligatoires en cas de « dérapage », de nécessité nouvellement apparue, de point sur les travaux pour facturation mensuelle. Elles font l'objet d'un compte rendu écrit, contresigné par les parties en présence, et communiqué au maître d'ouvrage pour agrément.

La fréquence des visites ou réunions de chantier reste à la diligence du maître d'œuvre. S'il n'est pas imposé par la convention de maîtrise d'œuvre, le dialogue entrepreneur - maître d'œuvre - maître d'ouvrage doit rester permanent.

En conclusion, la réalisation de ce chantier de création de route me suggère quelques remarques de bon sens :

■ La partie d'étude préliminaire est déterminante pour la réussite de



P. Sallaberry, ONF

Radier béton

chantiers qui ont un impact important dans une forêt.

■ Elle ne doit pas être bâclée : les délais nécessaires ne sauraient être restreints malgré la tendance actuelle à vouloir toujours « aller plus vite ».

■ Les entrepreneurs sont des gens du métier, contrairement à nous, personnels de l'Office, sauf spécialisation particulière : certaines difficultés qui nous paraissent insurmontables sont parfois résolues grâce à leur expérience et ingéniosité. Cela ne nous dispense pas toutefois de rester vigilants sur les solutions proposées.

■ Le devis de maîtrise d'œuvre, élaboré maintenant « au réel » est souvent contrarié par le temps effectif passé aux différentes tâches. Seuls le suivi TPF³ et l'expérience peuvent nous permettre d'affiner nos coûts de maîtrise d'œuvre. La mutualisation de notre expérience semble aussi nécessaire à ce point de vue.

■ L'utilisation future des voies ouvertes dans la forêt (et les pâturages) peut aussi créer des soucis au propriétaire. La fréquentation anarchique par tous types de véhicules est

bien sûr en cause, avec toutes les nuisances occasionnées.

■ Plus que certaines mesures « radicales » comme la pose de barrières cadenassées, qui coûtent cher et sont souvent vandalisées, il semble que rendre moins confortable l'utilisation pour les non-professionnels est au moins aussi efficace : cunettes béton, radiers, revers d'eau, bourrelets d'empierrement, levées de terre obstruant les pistes sont autant d'astuces qui ont le mérite de limiter et ralentir la circulation, et lutter contre l'érosion du ruisellement, avec un entretien sommaire.

Pierre SALLABERRY,

ONF, Agence de Pau

UT de Mauléon

Saint-Jean-Pied-de-Port

Remerciements

L'auteur tient à remercier Mme Christine Besse, technicienne spécialisée à Bayonne et M. François Ryser, chef du triage de Baïgorry, ainsi que MM. Alain Daniel et Jean-Jacques Chabat de l'UT Mauléon - Saint-Jean-Pied-de-Port, sans qui ce projet n'aurait pas pu arriver à son terme.

³ comptabilité analytique des temps de personnel

Conception et réalisation des routes et des pistes forestières en Guyane

La Guyane (84 000 km²) est un espace principalement forestier (95 % de sa superficie). La forêt y est encore bien préservée, et cette situation unique au monde lui confère une très haute valeur patrimoniale. La forêt fait quasi exclusivement partie du domaine privé de l'État (99 % de la surface). Sa gestion est confiée à l'Office National des Forêts (ONF).

Particularités du contexte biologique et socio-économique pour la desserte de la forêt Guyanaise

Située entre 2°10 N et 5°40 N, la forêt guyanaise est une forêt sempervirente de type tropicale humide. Le climat de la Guyane est équatorial. On distingue quatre saisons qui vont influencer directement la réalisation des routes et pistes forestières, tant dans leur planification dans le temps que dans leurs caractéristiques techniques : la grande saison des pluies



Route forestière en Guyane



Localisation des forêts aménagées et des principales dessertes publiques de Guyane

(avril/mai à août) ; la grande saison sèche (août à novembre) ; la petite saison des pluies (novembre/décembre à janvier/février) ; la petite saison sèche (février/mars). La pluviométrie peut varier sensiblement autour d'une moyenne de 2 700 mm/an (de 1 500 à plus de 5 000 mm/an).

D'un point de vue socio-économique, la Guyane, à bien des égards, s'apparente à un pays en voie de développement. Les retards en infrastructures de

base sont patents et la croissance démographique de cette région de France d'environ 200 000 habitants est la plus importante d'Amérique du Sud (environ 5 % par an). Par ailleurs, la Guyane est riche de populations diverses (amérindiennes, bushinengués,...) à forte tradition d'agriculture sur abattis-brûlis et de chasse.

Ces paramètres sociaux et culturels ont un impact sur la gestion courante des routes et pistes forestières, mais aussi sur leur planification. En effet, en

absence de toute infrastructure pénétrant l'intérieur du territoire, les dessertes forestières apparaissent pour certains comme une opportunité de désenclavement et de libre circulation des biens et des personnes. Pour d'autres, ces pénétrantes sont autant d'opportunités d'accéder à un espace de forêt pour y réaliser une agriculture sur abattis-brûlis ou bien encore exercer des activités de chasse.

Parallèlement, cette forêt s'inscrit dans une économie locale. Elle est exploitée pour ses bois d'œuvre dans la bande côtière, la seule partie du département accessible par la route. Les quelque soixante-dix mille mètres cubes de bois d'œuvre récoltés chaque année permettent d'approvisionner les dix scieries du département. L'ONF, en tant que gestionnaire de cette forêt, est amené à planifier, concevoir et réaliser annuellement environ 45 km de pistes forestières dans un objectif d'approvisionnement de la filière bois, tout en ayant une forte préoccupation en matière de prise en compte des impacts environnementaux liés à leur création, mais aussi de limitation des coûts, la vente des bois et les subventions obtenues par l'ONF n'équilibrant pas les coûts d'investissements et de gestion pour la production de bois.



ONF

Chargement d'un grumier sur une place de dépôt

Les conséquences directes de la création des pistes sont, de façon non exhaustive :

- la suppression, même limitée, de la couverture boisée induisant une interruption du continuum forestier du sol à la canopée et la création d'une barrière difficilement franchis-

sable pour certaines espèces, notamment certains primates ;

- une instabilité des sols favorisant leur érosion dans un contexte pluviométrique parfois extrême (jusqu'à 150 mm en quelques heures) dans certains massifs ;

- les glissements de terrain et une sédimentation excessive des cours d'eau ;

- parfois, une modification ou l'obstruction de l'écoulement naturel des eaux de surface.

Toutefois, les risques essentiels liés à la création des pistes tiennent à ce qu'elles rendent accessibles les secteurs desservis à des activités potentiellement à fort impact : orpaillage clandestin, abattis sauvage, chasse abusive (cette activité est pratiquement non réglementée)... Pour mémoire, elles permettent aussi bien entendu l'exploitation des forêts, mais le mode de sylviculture et d'exploitation (sylviculture naturelle et faibles prélèvements) permettent d'y maintenir un haut niveau de biodiversité.

Aussi, la question centrale à laquelle cet article tente d'apporter des éléments de réponses à travers les pratiques techniques mises en œuvre par l'ONF en Guyane est la suivante : comment répondre, depuis l'aménagement forestier jusqu'à la réalisation des pistes forestières, à ces besoins sociaux, culturels et économiques tout en préservant les milieux et les espèces, dans le cadre d'un contexte économique et institutionnel spécifique ?

Aménagement forestier et définition du réseau de desserte

L'ONF poursuit en Guyane depuis près de 15 ans un programme à long terme de mise en valeur des forêts naturelles pour la production de bois d'œuvre, dans un cadre de gestion durable. Ce programme est développé sur une bande sublittorale d'environ 70 km de profondeur. Cet ensemble forestier dénommé

« forêts aménagées » concerne actuellement 1,3 million d'hectares. Ce vaste ensemble est subdivisé en « forêts » (unités d'analyse et de planification), progressivement aménagées.

Dispositif de programmation régionale

L'originalité de la démarche réside dans une programmation des diverses prestations (élaboration des aménagements, réalisation des diagnostics d'aménagement, inventaires parcellaires avant vente, étude et réalisation des pistes de desserte) réalisée pour l'ensemble des forêts au niveau régional : il s'agit du Programme Régional de Mise en Valeur forestière (PRMV) établi par période de 5 ans et actualisé chaque année.

L'unicité de propriété et de gestion des forêts de Guyane constitue un atout et permet une programmation de niveau régional à moyen terme permettant :

- de préciser les objectifs et les résultats attendus, de planifier les actions et de quantifier les moyens, notamment financiers, à mettre en œuvre ;

- de disposer d'une perspective à moyen terme en matière de possibilités d'approvisionnement en bois local dont dépend largement l'activité des entreprises et leur politique d'investissement ;

- de disposer d'une prospective en matière de développement économique (programme d'investissement en matière d'infrastructure routière et développement de la filière forêt-bois) demandée par l'État et les collectivités locales (en premier lieu la Région) ;

- de connaître le volume financier à mobiliser sur plusieurs années au titre de la mise en valeur forestière pour les partenaires financiers de l'ONF (Union Européenne, État).

Analyses de l'aménagement forestier

En absence de routes publiques pénétrant ces forêts, la mise en valeur des forêts pour la production de bois impose leur équipement

préalable en voies de desserte nécessaires au transport des billes de bois jusqu'aux scieries.

Chaque aménagement forestier définit donc un réseau de dessertes à réaliser.

Comme en métropole, l'aménagement forestier procède par analyses préalables, enquêtes et diagnostics permettant de définir les objectifs à long terme et les interventions à réaliser.

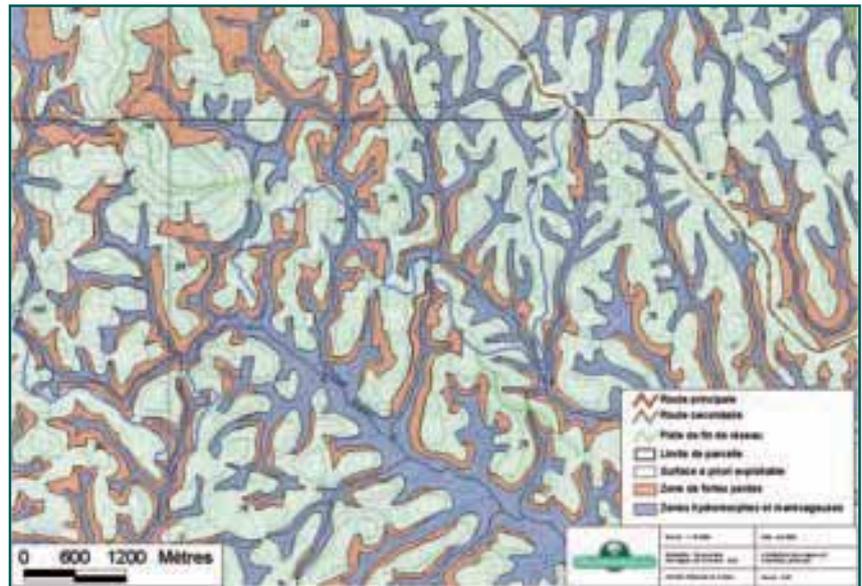
L'analyse de la morphologie du massif va permettre dans un premier temps de délimiter les zones à fortes contraintes topographiques vis-à-vis de l'exploitation forestière telles que reliefs accentués, fortes pentes, zones inondables... Dans un second temps, elle va définir des unités géomorphologiques¹ correspondant à des faciès similaires de milieu qui serviront à raisonner la conservation des milieux et des espèces dans leur diversité régionale et locale. Ces espaces constitueront les séries d'intérêt écologique.

Au niveau de chaque forêt une carte des contraintes d'exploitation est réalisée délimitant les espaces qui ne peuvent (impossibilité technique) ou ne doivent (mise en protection) pas être desservis par le futur réseau de desserte.

Au final, deux types de zones sont mis en évidence :

- les zones non exploitables à cause de fortes contraintes topographiques : inondables, inaccessibles par route forestière, fortes pentes sensibles à l'érosion, fortes pentes inexploitable supérieures à 40 %, zone de saprolite ou cuirasse latéritique portant un peuplement forestier pauvre ;

- les zones non exploitées volontairement : zone d'intérêt écologique à protéger (ZNIEFF de type I, habitats patrimoniaux, connaissance d'une faune ou flore remarquables...), zone d'usages traditionnels par les popu-



Exemple de schéma de desserte

après identification des zones non exploitables (dans cet exemple, pas de zones non exploitées volontairement)

lations locales, zone d'accueil du public, zone a priori exploitable mais mise en protection au titre du principe de précaution appliquée à la conservation de la biodiversité, continuité des séries d'intérêt écologique et séries de protection générale des milieux et paysages entre forêts aménagées.

Au regard de ces premières analyses, un schéma théorique de desserte est réalisé qui permet de diviser en unités de desserte² la série de production de chaque forêt. Les unités de desserte sont elles-mêmes divisées en parcelles, unités de gestion d'une surface moyenne de 300 ha. Afin de faciliter le maintien de l'intégrité de la forêt (gestion d'un domaine forestier permanent de plusieurs centaines de milliers d'hectares) et de limiter les perturbations humaines (chasse, abattis...) le réseau de desserte est conçu de façon à limiter les boucles.

Des diagnostics de terrain permettent ensuite de valider le zonage en séries proposé, d'identifier les parcelles

exploitables qui devront faire l'objet d'un inventaire parcellaire et de proposer un schéma de desserte définitif.

De l'étendue de la zone à desservir ainsi que du volume présumé réalisable, calculé par l'application d'un volume moyen récoltable à l'hectare à la surface a priori exploitable, dépendra le type de desserte à réaliser.

Schéma de desserte hiérarchisé

Trois niveaux de desserte forestière sont mis en œuvre en Guyane.

Niveau 1 : les routes principales

Les massifs forestiers (plus de 100 000 ha chacun) ouverts à l'exploitation forestière en Guyane sont chacun pénétrés par une route forestière principale devant répondre aux besoins suivants :

- la permanence de l'ouvrage ;
- la période de service de la chaussée doit être de cinq ans (à refaire périodiquement, donc) ;
- la structure doit supporter jusqu'à 70 tonnes sur des véhicules 5 essieux : la portance doit donc être importante en saison sèche.

¹ En effet, on sait que la diversité biologique est liée à la diversité des habitats. Ainsi en intégrant dans une série de protection générale des milieux et des paysages, tout ou partie de chaque type d'unité géomorphologique, on tend à conserver une représentation de la diversité des habitats donc un maximum de biodiversité.

² Territoires autonomes quant à leur desserte délimités par des criques ou des reliefs difficilement franchissables lors de l'exploitation ; c'est sur ces unités que s'appuieront les futurs contrats d'approvisionnement proposés à la 1ère transformation

Les routes principales sont multi-usages, mais réservées à l'usage des ayants-droit (exploitants forestiers, opérateurs miniers, opérateurs touristiques, scientifiques), la circulation du public (promeneurs, chasseurs essentiellement) y étant tolérée à leurs propres risques.

Niveau 2 : les routes secondaires

Les routes secondaires permettent d'accéder aux différentes unités de desserte (plusieurs milliers d'hectares) permettant de desservir un ensemble cohérent de parcelles. La durée de service de ces routes est de l'ordre de 10 ans. Elles sont destinées à être condamnées après exploitation complète de l'ensemble des parcelles pour des raisons écologiques (limitation des perturbations dans le temps) et pour des raisons d'entretien et de sécurité. La durée d'exploitation d'une parcelle est généralement de 2 saisons sèches et le temps de rotation entre deux exploitations est actuellement fixé à 65 ans.

Niveau 3 : les pistes de fin de réseau

Ces pistes desservent un ensemble de parcelles limité en fin de réseau dont l'échéance d'exploitation est connue et planifiée (1 à 3 parcelles maximum soit environ un millier d'hectares). Ces pistes ont donc une durée d'usage courte (une à deux saisons sèches maximum) et réservées à une utilisation en saison sèche.

Un effort important

L'investissement consenti chaque année par l'ONF est de l'ordre de 1,6 million d'euros subventionnés à 80 % par l'Europe et l'État. Le budget d'entretien est par ailleurs de 250 000 euros par an intégralement financé par l'ONF.

Aujourd'hui le réseau constitué par l'ONF atteint plus de 1 000 km de desserte forestière (dont 500 km de routes principales) soit autant que l'ensemble de toute la voirie publique de Guyane.

L'ONF assure la gestion technique et administrative de l'étude et de la

réalisation des travaux d'investissement et d'entretien pour l'ensemble des dessertes forestières³. Elle aboutit à la réalisation d'un cahier des clauses techniques intégrant les études de tracés et les études technico-économiques relatives aux nouvelles dessertes à réaliser. Les travaux d'équipement en pistes forestières sont ensuite confiés à des entreprises (marchés attribués par appel d'offres).

Après cette phase de définition du réseau de desserte au niveau de l'aménagement et de la programmation dans le cadre du PRMV, une phase ultime de validation terrain est mise en œuvre.

Caractéristiques techniques des routes et pistes d'exploitation forestière en Guyane

L'activité forestière s'opère pour l'essentiel dans l'arrière-pays côtier, sur un vaste socle ancien constitué de roches ayant subi une altération importante et presque partout recouvertes de latérites, formations complexes argilo-ferrugineuse plus ou moins indurées.

Fortes contraintes

Un profil latéritique complet comprend en général trois niveaux, de la base vers le sommet :

- la saprolite : altération de la roche d'origine dont la plupart des minéraux ont été remplacés par une phase argileuse (kaolinite dominante) peu propice à l'utilisation en géotechnique routière ;
- les argiles tachetées : formées aux dépens de la saprolite, ce sont des argiles très gonflantes, difficilement compactables ;
- la cuirasse : issue de l'accumulation d'oxyde de fer avec à la base un faciès massif induré, se désagrégant progressivement vers la surface, en boules puis en nodules recouverts d'argile

résiduelle. Ces formations de grave latéritique sont bien formées sur les sommets à faible pente des grands massifs et sont très recherchées pour leur qualité routière. Compactées dans de bonnes conditions hydrométriques, elles deviennent imperméables et très portantes et offrent une couche de revêtement durable et résistante aux efforts des pneumatiques.

La géomorphologie de la Guyane est guidée par la nature du substratum. On distingue des collines arrondies peu élevées de nature granitique alternant avec des reliefs très accidentés à forte pente correspondant aux formations métamorphiques redressées, d'une altitude de 200 à 500 mètres. La ressource forestière accessible se situe principalement sur les plateaux sommi-



ONF



ONF

Effondrement d'une route forestière construite en zone d'argiles tachetées et de saprolite

³ Pour mémoire dans le cadre de la mise en place de contrats d'approvisionnement de 4-5 ans les exploitants forestiers sont davantage responsabilisés par rapport à la gestion et l'entretien du réseau de desserte de leur contrat.

Facteurs déterminants liés aux besoins

- la densité du réseau doit répondre à l'importance du volume à mobiliser pour le secteur concerné et à un « juste compromis » entre ce potentiel (volume de bois d'œuvre) et les enjeux environnementaux de la zone ;
- la distance de débardage/débusquage et l'optimisation des moyens d'exploitation ;
- le tonnage transporté ;
- l'utilisation : permanente (route forestière)/limitée dans le temps et de façon prévisible (piste de desserte, piste de fin de réseau), nombre d'utilisateurs (multifonctionnalité et multi-usages),
- la période de service de la chaussée, dépendant des matériaux utilisés.

Les caractéristiques du milieu

- la saisonnalité des activités en forêt : la période optimum des travaux est la grande saison sèche (août à novembre), il est impossible de travailler pendant la grande saison des pluies (avril à juillet) ;
- l'éloignement géographique des chantiers forestiers de toute implantation humaine et des centres d'activité économique (logistique) ;
- le réseau hydrographique dense ;
- la topographie difficile ;
- une pluviométrie importante et des reliefs marqués induisant des risques importants d'érosion : effondrements, sédimentation et surcharge des cours d'eau et des ouvrages d'art.

taux et leurs bordures, parfois sur les colluvionnements en bas de pente. L'accès aux sommets nécessite donc souvent de terrasser dans des pentes en travers importantes, dans les profils de saprolite ou d'argiles tachetées, matériaux peu stables et peu porteurs, particulièrement en saison des pluies lorsque les argiles se réimprègnent. La conception et la réalisation du réseau routier forestier guyanais intègre donc un certain nombre de contraintes, de portée générale ou plus spécifiques au territoire concerné.

Prescriptions techniques adaptées

Des mesures simples ont été intégrées dès la conception et dans le cahier des charges des travaux pour limiter leurs impacts directs :

- les tracés empruntent, de façon idéale et dans la mesure du possible, les plateaux et les crêtes afin de limiter les mouvements de terre, de profiter des matériaux de meilleure qualité (grave latéritique), d'utiliser les exutoires naturels pour évacuer les eaux de ruissellement et de diminuer ainsi les coûts de construction et d'entretien ;
- l'emprise déforestée (25 mètres maximum) garantit un ensoleillement suffisant pour le réessuyage après pluies et ne crée pas une barrière infranchissable aux mammifères terrestres. Dans la mesure du possible, et selon leur état sanitaire, les très gros arbres de l'emprise sont maintenus. Par ailleurs, les andains sont régulièrement ouverts, en fonction de la topographie, pour faciliter le passage des

animaux. La largeur maximale de 25 mètres est diminuée en fonction de l'orientation de la piste : dans l'axe est-ouest, elle est portée à 20 mètres. Ces largeurs réduites ne permettent pas de se prémunir des risques de chablis qui obstruent régulièrement les routes et les rendent dangereuses à la circulation ;

■ la plate-forme est systématiquement compactée pendant les travaux de terrassement pour limiter les dépôts sédimentaires. Elle est ensuite recouverte d'un revêtement de grave latéritique pour imperméabiliser le fond de forme (sur plateau où la grave latéritique est présente, elle est simplement mise en forme et compactée) ;



KLR

Pont en bois de 16 m de portée sur la crique Portal

■ des passages busés permettent d'évacuer les eaux de ruissellement. Ils sont rapprochés pour limiter les risques d'affouillement dans les matériaux tendres. Une attention particulière est prise pour utiliser les andains comme filtre en amont des cours d'eau ;

■ des ponts en bois, conçus et fabriqués sur site avec les matériaux issus de l'emprise de déforestation, permet-

Les principales caractéristiques techniques des routes et pistes forestières sont les suivantes :

	Route principale	Route secondaire	Piste de fin de réseau
Service	permanent	5 à 10 ans	2 ans
Pente en long	5 à 10 %, ponctuellement 12 %	5 à 10 %, ponctuellement 12 %	5 à 10 %, ponctuellement 12 %
Largeur de l'emprise	25 m (maximum)	25 m (maximum)	10 à 15 m
Largeur de la plate-forme	8 à 10 m	6 m	5 à 6 m
Largeur de chaussée	6 m	4 m	4 m
Épaisseur compactée du latéritage	20 cm ou plus	20 cm ou plus	Latéritage ponctuel

tent le franchissement des cours d'eau permanents. Très peu de ruisseaux sont « busés » ce qui permet d'élargir les sections et se prémunir des crues et de maintenir un bon niveau de diversité biologique dans les cours d'eau.

Le réseau actuel est constitué d'un chevelu de routes principales et de routes secondaires, et de pistes de fin de réseau. La densité, les caractéristiques et les modes exécutaires des routes et pistes ont beaucoup évolué dans les vingt dernières années en Guyane, héritage des politiques et des enjeux socio-économiques chaotiques d'un pays en voie de construction. La structure actuelle du réseau se stabilise grâce à la notion — maintenant acceptée — d'aménagement forestier, de planification et de contractualisation.

Conclusion

La conception et la réalisation des routes et pistes forestières en Guyane participent, au même titre que l'aménagement forestier, à l'aménagement du territoire guyanais. De fait, certaines pénétrantes à vocation initialement forestière apparaissent aujourd'hui dans les documents de planification de la collectivité régionale (Schéma d'Aménagement Régional, Schéma Régional des Transports) comme futures voies de désenclavement des communes de l'intérieur (Saül, Maripasoula). Si cette volonté politique de multifonctionnalité des dessertes forestières existe aujourd'hui, force est de reconnaître qu'elle ne s'est pas accompagnée à ce jour d'une implication forte des collectivités locales en matière de financements et de réflexions techniques nécessaires à un tel objectif.

Les investissements conséquents réalisés chaque année par l'ONF afin d'assurer un approvisionnement fiable des scieries de Guyane dépendent très largement des financements mobilisables au niveau de l'Europe et de l'État dans le cadre des programmes européens et des CPER (actuels et futurs). Les 700 emplois que représente la filière forêt-bois guyanaise en dépendent directe-



ment. L'équilibre économique global de cette filière n'est aujourd'hui pas atteint, en particulier du fait des lourds investissements en matière de desserte forestière dont l'amortissement ne peut s'envisager qu'à l'échéance d'une rotation, soit 65 ans. La politique forestière de diversification (bois blancs, bois-énergie) et d'intensification des prélèvements (6,5 m³/ha actuellement) va dans le sens d'un meilleur amortissement de ces investissements publics.

Olivier Brunaux

ONF, DR Guyane
 responsable aménagement forestier
 olivier.brunaux@onf.fr

Julien Demenois

ONF, DR Guyane
 chargé de missions
 julien.demenois@onf.fr

Hervé Quezel

ONF, DR Guyane
 Unité Territoriale de Cayenne
 spécialiste route
 herve.quezel@onf.fr

Jérôme Feith

ONF, DR Guyane
 Unité Territoriale de Saint Laurent
 du Maroni,
 spécialiste route
 jerome.feith@onf.fr

Voirie forestière à La Réunion : un contexte particulier

Cet article présente les conditions de réalisation des travaux d'investissement réalisés sur les routes forestières du département de La Réunion. Après une courte présentation générale, il présentera les intervenants et la procédure mise en place et détaillera quelques aspects techniques spécifiques.

Une île jeune, encore en formation.

L'île de la Réunion est une île volcanique située dans l'Océan Indien, par 55° 30' de longitude Est et 21° et 05' de latitude Sud. C'est la partie émergée d'un énorme volcan bouclier de 7 000 mètres de hauteur, dont le point le plus haut, le Piton des Neiges, culmine à 3 070 mètres, les 4 000 mètres restant étant immergés dans l'Océan Indien. La partie émergée représente 3 % du volume total de l'ensemble de ce gigantesque édifice.

Considérée comme une île jeune (3 000 000 années), gardant encore les traces de sa formation, son relief est très accidenté, issu de phénomènes d'érosion intenses et d'effondrements qui ont créé les cirques*, les remparts*, les encaissements des rivières (carte 1) et des ravines*.

La formation de l'île, née d'une activité volcanique intense, a engendré certains types de sols, issus de cendres, aux qualités physiques et mécaniques particulières, caractérisés, notamment pour ce qui concerne la réalisation de la voirie, par une portance très faible.

Des spécificités locales : le climat, le relief, l'organisation administrative du territoire.

Située dans l'Océan Indien, le climat de l'île est soumis aux phénomènes de « moussons » et de cyclones. Les effets (pluies et vents) de ces météores sont encore accentués par le relief. Ils se caractérisent par des vents violents à très violents (pouvant atteindre 300 km/h – cyclone DINA Janvier 2002) et d'intensités de pluies exceptionnelles 2 937 mm en trois jours à Grand Îlet (dépression tropicale DIWA – Mars 2006). La Réunion détient plusieurs records mondiaux de pluviométrie sur les courtes périodes.

L'île est caractérisée par la présence de reliefs jeunes, très escarpés, caractéristiques des pitons et des trois cirques qui occupent le centre de l'île, espace d'intervention privilégié de l'établissement, notamment en matière de voirie forestière. Le réseau hydrographique est un réseau radial très dense composé de ravines prenant naissance autour des sommets.

Ces particularités influent, comme nous le verrons ci-dessous, sur la réalisation de la voirie forestière.

Concernant son organisation administrative, la Réunion est à la fois une région et un département. Le département est né de la loi de départementalisation de 1946. Celle-ci a défini le statut juridique des propriétés de l'État issues de l'ancienne colonie. Ainsi, les forêts ont hérité d'un statut original dit « départe-

mentalo-domanial », spécifique aux DOM, dans lequel le département est propriétaire et l'État jouit de l'usage illimité des fonds, en lieu et place du propriétaire. Enfin, à la création de la région Réunion, les compétences ont été réparties entre les deux collectivités territoriales (Département et Région). La Région s'est vu attribuer la compétence « Routes nationales », à laquelle s'est rattachée la compétence « Routes forestières » (confirmée lors de la répartition des compétences issue de l'application de la dernière loi de décentralisation).

L'ONF se trouve donc dans la situation originale de faire financer les travaux routiers forestiers d'investissement par une collectivité (la Région) au bénéfice d'une autre collectivité (le Département), le financeur, maître d'ouvrage, n'étant pas le propriétaire du fond. L'Union Européenne intervient également dans le cofinancement des programmes routiers forestiers à travers le FEOGA ou le FEDER (généralement à hauteur de 60 %). Des contrôles, au niveau de l'Europe ou au niveau local, sont régulièrement effectués (sur pièces et sur le terrain). Ils donnent lieu à l'établissement d'un rapport de contrôle sur le déroulement de l'opération, adressé au maître d'ouvrage.

L'établissement gère environ 100 000 hectares de terrains sous statuts divers (départementalo-domanial pour la plus grande partie, mais aussi domaniaux, régionaux ou appartenant à des établissements publics comme le Conservatoire du littoral), cette superficie représen-

tant plus du tiers de la surface du département.

Des projets ambitieux

Compte tenu des techniques mises en œuvre, le montant moyen des programmes annuels d'investissement routier forestier est de l'ordre de 2 500 000 €. Cependant, certaines opérations spécifiques, dont l'intérêt pour le développement du tourisme dans les Hauts de l'île est primordial, s'ajoutent aux programmes annuels. Ces opérations sont généralement importantes : route forestière du volcan : 3 000 000 € pour 15 kilomètres de chantier, route du Haut Mafate : 2 600 000 € pour 7,6 km.

L'activité de l'établissement est très diversifiée. La partie « Production de bois » n'en représente qu'une faible proportion, 5 000 m³/grumes environ étant exploitées par an en moyenne. En revanche, les activités liées à l'équipement des espaces forestiers sont importantes : elles consistent en la création et l'entretien de sentiers de randonnées, la création d'aires d'accueil du public en forêts, la création d'aires de jeux, la création ou le confortement de routes forestières, la construction de passerelles, etc.

Ces équipements ont pour objectif direct l'accueil du public mais aussi de participer au développement d'activités marchandes à vocation touristique. En effet, le développement des aires d'accueil, des sentiers attirent un nombre extrêmement important de touristes ou de résidents qui participent aux circuits économiques locaux : restaurants, tables d'hôtes, activités de plein air, etc.

Les accès à ces équipements ou aux sites grandioses de l'île (le volcan du Piton de La Fournaise, le Maïdo, le Cirque de Mafate, etc.) sont possibles grâce à la voirie routière forestière (450 kilomètres). L'Office a, en ce domaine, un rôle de participation à l'aménagement du territoire très fort.

Un cadre d'intervention particulier

Les projets présentés par l'établissement auprès de la Région se sont faits, jusqu'en 2002 dans le cadre d'une convention de concours permanent passée entre l'établissement et cette collectivité territoriale, la rémunération de l'établissement (mission d'ingénierie publique) se faisant par application des taux de rémunération fixés par les différents

arrêtés ministériels. Le Code Général des Collectivités territoriales spécifiait que la maîtrise d'œuvre de tels travaux était assurée par les services de l'État, l'ONF y étant assimilé. Cette méthode donnait à l'établissement la certitude de réaliser les missions de maîtrise d'œuvre pour les routes forestières, mais avec un taux de rémunération relativement faible, fonction du coût total de l'opération. À partir de 2002 (à la suppression de l'ingénierie publique), la RÉGION RÉUNION, souhaitant se faire financer par l'Union Européenne le coût des missions de maîtrise d'œuvre, décide de procéder à une mise en concurrence (via un appel public à la concurrence publié dans les JAL locaux) pour la réalisation de ces dernières. L'Office se retrouve donc en concurrence directe avec des bureaux d'études privés et répond aux appels d'offres comme un prestataire privé. Cette méthode présente le risque pour l'établissement de ne pas être retenu (si son offre n'est pas considérée comme la « mieux disante ») pour la réalisation des missions de maîtrise d'œuvre pour la voirie forestière dans le domaine qu'il gère, mais assure une rémunération largement supérieure (plus du double dans la plupart des cas – mais avec des exigences plus grandes du maître d'ouvrage).



Route forestière n° 5 du volcan en rouge

Le relief très accidenté correspond à la Rivière des Remparts (une des trois caldeiras du volcan du Piton de la Fournaise).



Atelier de mise en œuvre d'enrobés sur la route forestière du volcan (environ 300 000 véhicules/an)

P. Feucht, ONF

La maîtrise d'œuvre comprend plusieurs phases de réalisation en conformité avec la loi n° 85-704 du 12 Juillet 1985, dite loi MOP et le décret n° 93-1268 du 29 Novembre 1993, chaque phase étant validée par le maître d'ouvrage.

La première phase comprend :

- les études préliminaires pour la réalisation des travaux neufs (création de routes),
- les études de diagnostic pour les travaux à réaliser sur des voiries déjà existantes (mise en œuvre d'un revêtement par exemple),
- les études environnementales (faune, flore, paysage, impact du projet sur le milieu),
- les études paysagères spécifiques le cas échéant (impact visuel sur le « grand paysage » notamment en raison du relief – vision à grande distance des sites)
- le diagnostic de l'état des ouvrages hydrauliques (inspection visuelle – fiche descriptive de l'ouvrage)
- une note sur le coût du projet (première estimation),
- une note de synthèse sur les contraintes : physiques, environnementales

Cette phase inclut également les propositions de prestations complémentaires : mission de topographie, mission de reconnaissance de sol, mission de coordination de sécurité et de protection de la santé. Les dossiers de consultations des prestataires font partie, contractuellement, de la mission du maître d'œuvre.

Ces études sont présentées en commission spécialisée du Conseil Régional. C'est la phase « politique » du dossier. Celle-ci valide les études et les projets qui lui sont présentés.

Après validation, les phases suivantes, uniquement techniques, feront l'objet d'une validation par les services ad hoc de cette collectivité : avant-projet, projet, dossier de consultation des entreprises.

L'Office réalise alors l'ensemble des missions dévolues à la maîtrise d'œuvre : analyse des offres, rapport de présentation du marché, établissement des dossiers de marché, suivi technique (notamment des contrôles de laboratoires portant sur la qualité des bétons frais et durci, sur la granulométrie des graves non traitées, sur le compactage des matériaux, etc.), administratif et financier du déroulement du marché, assistance à la réception des travaux, etc.

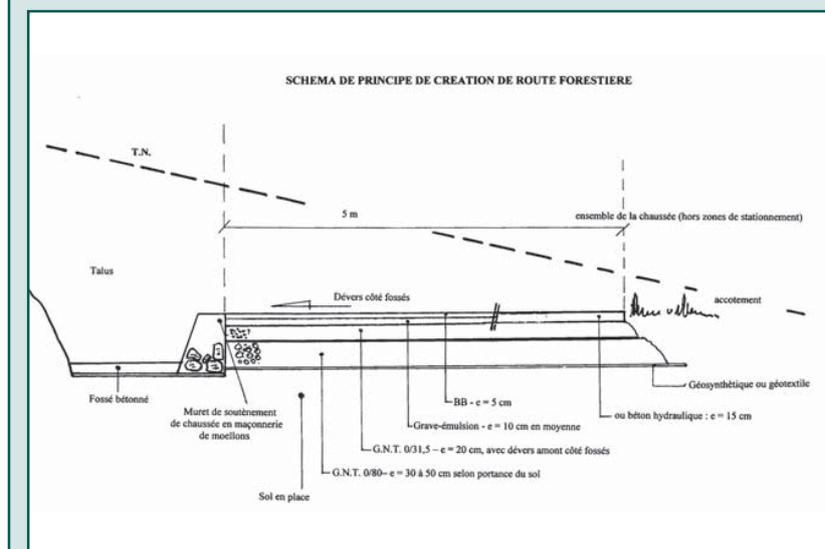
Des domaines de compétence variés

Sur le plan technique, les projets routiers doivent prendre en compte de nombreuses contraintes liées :

- à une topographie très accidentée : pentes en travers très fortes (routes tracées dans des remparts

comme la route forestière du Haut Mafate (7 200 mètres linéaires – 800 mètres de dénivelé)), nombreux passages de ravines*, temps de concentration des eaux de ruissellement très courts (petits bassins versants à pente très forte), débits solides importants lors des fortes pluies, ■ à une pluviométrie extrêmement élevée, généralement supérieure à 2 500 mm par an, mais avec des écarts très importants d'un côté à l'autre de l'île (Côte au vent = forte pluviométrie, Côte sous le vent = pluviométrie plus faible). Les projets doivent prendre en compte des épisodes pluvieux dits de « fortes pluies » ainsi que les pluies liées aux cyclones, dont les intensités peuvent être supérieures à 1 000 mm en 24 heures. Les impacts sur le plan technique sont importants : traitement des eaux de ruissellement sur

Principe de construction d'une route forestière



Après les terrassements de la plate-forme, le géosynthétique est mis en place (avec fonction de filtration et d'anti-contaminant – pour empêcher les remontées de fines dans les graves non traitées), puis une couche de fondation en GNT 0/80, puis une couche de base en GNT 0/31,5 et enfin le revêtement (béton hydraulique ou grave-émulsion + enrobés). Le fossé est toujours ouvert côté amont, dans le terrain en place en principe plus solide que le terrain remanié du talus aval : il recueille les eaux dévalant de la pente et évite leur ruissellement sur la chaussée donc l'emport des matériaux et les risques de fluage du talus. La construction de murets de soutènement de chaussée, côté amont également, est systématique s'il y a une mise en œuvre d'un revêtement ; le muret sert également d'épaulement aux couches de grave. Le bétonnage des fonds de fossés est, dans ce cas, systématique également (lutte contre les affouillements).

chaussée, dimensionnement des ouvrages hydrauliques sur les ravines, constitution du corps de chaussée (graves non traitées) et nature des revêtements. Les coûts des projets sont généralement élevés (plusieurs centaines de milliers d'euros à plusieurs millions d'euros),

■ à une nature des sols particulière. En effet, les routes forestières sont dans la plupart des cas implantées sur des andosols*, dont les principales caractéristiques sont d'être très peu portants (très forte déflexion mesurée à la poutre de Benkelman* (photo 3)), très fins (passage de 80 à 100 % au tamis de 80 µm lors de la granulométrie) et à très fort pouvoir de rétention en eau (la teneur en eau pouvant atteindre 300 % - masse sèche de 30 % soit équivalente à la masse sèche d'une vase). Ceci implique des techniques de construction et de dimensionnement de chaussée particulières : mise en place de géosynthétiques de drainage et anti-contaminant, couches de fondation

et de base en graves non traitées, revêtement de chaussée en béton hydraulique (généralement du B25) ou grave émulsion + béton bitumineux (voir encadré).

■ à des phénomènes de mouvements ou glissements de terrain (photo 2) favorisés par les pentes très fortes et la pluviométrie très élevée et la structure géologique des terrains en place.

Ces contraintes, qui doivent absolument être prises en compte sous peine de faible durée de vie de l'ouvrage réalisé, nécessitent des études préliminaires de topographie, de reconnaissance de sols (géologique par le BRGM et géotechnique par les laboratoires compétents), de dimensionnement d'ouvrages pour des pluviométries cinquantenales*, des mises en œuvre de techniques développées dans d'autres articles (de ce même volume) telles que les techniques de RTM (raidissement de talus

par gabionnage (photo 5) – rectification et stabilisation de lits de ravines par mises en place de seuils – fascina-ges de talus et reverdissement, protection des chaussées contre les chutes de blocs par mise en œuvre de grillage plaqué, de déflecteurs haubanés (photo 4), etc.).

En conclusion

L'activité « voirie forestière » se déroule, à La Réunion, dans un contexte particulier, à de nombreux égards. Les projets, essentiellement orientés vers le développement des activités touristiques et d'accueil du public, présentent à la fois une technicité élevée et une forte valorisation du patrimoine forestier réunionnais.

Paul FEUCHT

ONF, DR Réunion

US Travaux – Tourisme – Assistance aux collectivités
paul.feucht@onf.fr



P. Feucht, ONF

Glissement de terrain sur la route forestière n° 13 du Haut Mafate (Cirque de Salazie) – Février 2006



P. Feucht, ONF

Mesure de déflexion à la poutre de Benkelman – Route forestière de La Plaine d'Affouches



P. Feucht, ONF

Sécurisation de paroi après éboulement

Par pose de grillage plaqué et déflecteurs haubanés – Route forestière n° 13 du Haut Mafate – Février 2004



P. Feucht, ONF

Mur en gabions pour confortement de talus et remise en état de la route forestière

Lexique

Andosol : sol formé à partir de cendres volcaniques.

Cinquentennale : dont l'occurrence est de 50 ans environ (qui statistiquement se produit tous les 50 ans).

Cirque : Immense cuvette due aux effondrements et à l'érosion. 3 cirques (Cilaos, Mafate et Salazie) situés autour du Piton des Neiges constituent le centre de l'île.

Poutre de Benkelman : appareil permettant de mesurer in situ la déflexion d'un sol, afin de dimensionner le corps de chaussée.

Ravine : nom donné localement aux nombreux cours d'eau non pérennes qui entaillent le relief de l'île

Rempart : nom donné à toute paroi quasi verticale qui forme le relief si caractéristique des cirques et des vallées

Bibliographie

DIREN Réunion 2002. Atlas de l'environnement : Île de la Réunion.

RAUNET M., 1991. Le milieu physique et les sols de l'île de la Réunion : conséquences pour la mise en valeur agricole. CIRAD-Réunion. 438 p.

Le traitement des chaussées au liant hydraulique : performance technique et environnementale

Avec plus de 10 ans de recul sur la réhabilitation de la route forestière de la Rohrlach par traitement au liant hydraulique, et après plusieurs autres chantiers, P. Geldreich dresse un bilan très positif de cette technique encore mal connue, semble-t-il, des forestiers.

Généralités sur la technique

La technique du traitement des chaussées au liant hydraulique en vue de les rigidifier a été utilisée dès la fin des années 60, notamment pour les sols sensibles à l'eau. Son développement est resté faible au départ à cause des difficultés à obtenir des épandages de liant et des malaxages homogènes.

Intérêt

Le retraitement de chaussées en place cumule trois actions :

- l'exploitation de l'ancienne chaussée, avec éventuellement une correction granulométrique, ou une correction des profils en long ou en travers ;
- la fabrication du matériau traité : la machine de traitement est une centrale de malaxage mobile qui œuvre sur le chantier même ;
- la mise en œuvre homogène en largeur, longueur et profondeur.

La technique est a priori intéressante pour les nombreuses raisons suivantes :

- économie de granulats : la production prévue des carrières est en baisse, des pénuries futures sont probables ;
- recyclage des anciens matériaux de la chaussée en place ;
- moindre dégradation du réseau existant d'accès au chantier par absence de transport de matériaux ;
- réduction de la sensibilité des sols argileux à l'eau (assèchement et neutralisation des fines nocives) ;
- réduction de la sensibilité au gel et au retrait du support argileux ;

- amélioration de la portance des couches de forme ;
- économie financière.

Contraintes

Un certain nombre d'études sont nécessaires en accompagnement d'un chantier :

- le diagnostic préalable de la route à traiter : dégradations et défauts actuels, portance de la chaussée et du sol support par mesure des **déflexions**, constitution du corps de chaussée à partir de sondages (1 par 200 m par exemple) pour élaborer un profil type du « gisement » et connaître les caractéristiques des matériaux à traiter (homogénéité et granularité, teneur en eau et en fines nocives) ;
- la faisabilité technico-économique et la définition précise de la technique : caractéristiques et dosage des liants à utiliser, calcul du renforcement objectif en termes de profondeur et de dosage de liant ;
- le contrôle du dimensionnement et des résultats obtenus : vérification de l'at-

teinte des objectifs fixés et de l'homogénéité des résultats.

Un exemple : le traitement de la route de la Rohrlach en forêt indivise de Haguenau, en 1992

(voir bulletin technique de l'ONF n° 30 en 1994)

La route et ses défauts :

La route forestière de la Rohrlach traverse sur une longueur totale de 3,7 km une très belle chênaie au cœur de la forêt indivise de Haguenau (13 472 ha). Elle repose sur des sols à pseudo-gley formés de couches sablo-limoneuses peu épaisses surplombant un substrat de marnes de l'oligocène. Cette route dont la chaussée a été revêtue 1965 sur une largeur constante de 3,20 m est fermée à la circulation publique, et reste ainsi essentiellement fréquentée par des grumiers et des tracteurs forestiers. Elle connaît donc les problèmes forestiers classiques d'une circulation réduite mais très agressive.

Les désordres observés avant la réfection étaient de deux ordres :

- des affaissements longitudinaux plus ou moins importants de 2 à 15 cm de profondeur localisés essentiellement dans les voies de roulement ;
- des fissures rectilignes longitudinales d'ouverture inférieure à 2 mm au droit de la cassure axe — voie de roulement.

Ces dégradations, notamment les profonds affaissements, trahissaient a priori :

La déflexion :

elle rend compte de la déformabilité (en 1/100^e de mm) du corps de chaussée et du sol naturel au passage d'un essieu standard de 13 tonnes. En chaussée traditionnelle non traitée, elle diminue lorsque l'épaisseur du corps de chaussée augmente mais varie aussi suivant les qualités respectives des différentes couches qui le composent ainsi que celles du substrat.



P. Geldreich, ONF

La route forestière de la Rohrlach traverse une chênaie de la forêt indivise de Haguenau

- soit une fatigue de la chaussée par suite d'une structure insuffisante ou sous dimensionnée,
- soit une portance insuffisante du sol, soit des défauts de construction de la chaussée.

Un diagnostic précis a été réalisé par deux approches :

- la mesure des déflexions avec le résultat suivant (26 mesures à 150 m d'intervalle en alternance des 2 côtés) : moyenne 204 centièmes de mm, écart type 92, minimum 94, maximum 50 ;
- l'auscultation de la chaussée, réalisée par sondages au tracto-pelle (6) répartis sur le tracé dans les zones affaissées, qui a donné le profil moyen suivant : tout venant de rivière bien gradué 0/60 sur 20 à 40 cm, puis concassé de St Nabor 5/50 sur 6 à 12 cm, puis béton bitumineux 4 cm.

La qualité des matériaux n'étant pas en cause, les désordres sont liés aux phénomènes suivants :

- le sous-dimensionnement des couches inférieures de la chaussée conçues à une époque de trafic moins lourd ;
- le vieillissement de la chaussée sous l'influence conjuguée de l'eau (les sols

supports sont très hydromorphes) et de l'action du gel dégel importante sous le climat alsacien ;

- les accotements non stabilisés qui ne permettent pas un calage de la chaussée, la rendant ainsi plus sensible aux déformations.

Les travaux

Les désordres observés sur la route forestière de la Rohrlach étant d'origine structurelle (et non simplement superficiels), seul un renforcement de la chaussée était de nature à remédier durablement aux problèmes posés. Une réparation à l'enrobé aurait été inutile, car elle n'aurait été que superficielle, sans intervention de fond sur le corps de chaussée.

Le choix a été fait d'un renforcement par traitement des matériaux en place et incorporation d'un liant. L'effet escompté du liant était double : la création de liaisons entre grains solides pour rigidifier l'ensemble et l'agglomération et la neutralisation des fines pour réduire la sensibilité à l'eau. Les éléments techniques du traitement (profondeur de travail — type de liant) ont été arrêtés par le laboratoire de l'entreprise titulaire du marché.

Les opérations mises en œuvre ont été les suivantes :

- délimitation des accotements,
- rechargement en concassé 0/20 des zones très affaissées (30 tonnes au total sur 1 180 m²),
- traitement de la chaussée au liant LIGEX (85 % laitier moulu, 8 % chaux vive, 7 % gypse) à 5 % sur une épaisseur de 30 cm et 35 cm sur les zones les plus déformées. Incorporation du liant, nivelage, compactage,
- cloutage avant enduit superficiel (8 l/m² de gravillon 10/16),
- pose d'enduit superficiel monocouche 1,7 kg d'émulsion de bitume à 65 % avec 12 l de gravillon 8/12.

Les résultats

La portance de la chaussée a été sensiblement améliorée ; la nouvelle mesure des déflexions après réalisation des travaux l'atteste avec les résultats suivants : moyenne 28 centièmes de mm, écart type 12, maximum 50, minimum 10.

Le coût des travaux de retraitement était en retrait de 25 % par rapport à la technique traditionnelle du rechargement (l'appel d'offres a confronté les deux méthodes pour une finition de couche de roulement identique : 34 F/m² pour le retraitement, 46 F/m² pour le rechargement).

Tenue dans le temps : état de la route de la Rohrlach 13 ans après (2005)

La route de la Rohrlach constitue l'axe central d'un canton forestier de 630 ha qu'elle dessert jusqu'aux routes publiques départementales de Woerth et Wissembourg. Elle permet ainsi la vidange annuelle d'environ 4 500 m³ de bois, grumes de chêne notamment. Le secteur en question, constitué essentiellement de chênaies adultes, n'a pas, contrairement aux zones Est et Sud de la forêt de Haguenau, beaucoup souffert de la tempête « Lothar » de 1999. Il a en revanche produit en 13 ans quelque 60 000 m³ de bois qui ont tous transité sur la route de la Rohrlach.



Stockage de grumes le long de la route forestière de la Rohrlach

Sauf sur un tronçon localisé (1 030 m) réutilisé en piste cyclable, la route n'a subi aucune intervention ni entretien depuis les travaux de 1992.

La couche de roulement (gravillonnage monocouche à l'émulsion de bitume) se trouve localement pelée (arrachement par plaques de la couche de surface), souvent plumée (départ de gravillons de l'enduit superficiel), parfois recouverte dans l'axe de la chaussée par un bourrelet herbeux. Les accotements mériteraient également un nouveau délimitation pour permettre une meilleure évacuation des eaux de surface. Les défauts de surface (pelade et plumage) ne sont pas anormaux ; ils sont à relier à la durabilité moyenne d'un enduit superficiel dont on préconise la réfection au terme de 10 ans.

Sous les surfaces pelées, on distingue la dalle issue du traitement au liant hydraulique. Trois fissures transversales témoignent également du retrait dans l'assise traitée.

En ce qui concerne la tenue du corps de chaussée, pour appréhender l'efficacité du traitement de 1992, il a été entrepris une auscultation visuelle par tronçons de 100 m (sur 3 500 m) basée sur l'observation et le relevé des

déformations (affaissements et ornières) et des fissures longitudinales. Les résultats globaux en sont les suivants :

- affaissements et ornières : 336 ml (10 %) dont 177 ml (5 %) de profondeur dépassant 5 cm (maxi 8 cm) ;
- fissures longitudinales : 404 ml (12 %) dont 33 ml (1 %) avec un écartement dépassant 2 cm (maxi 4 cm).

À titre de comparaison, la description selon une méthode identique d'une

route revêtue parallèle située 170 m plus au nord (la route de Grundel) dans des conditions stationnelles et de peuplement analogues, a produit les données suivantes (pour une longueur équivalente de 3 500 m) :

- affaissements et ornières : 1 260 ml (33 %) dont 860 ml (25 %) de profondeur dépassant 5 cm (maxi 15 cm) ;
- fissures longitudinales : 2 030 ml (58 %) dont 1 280 ml (36 %) avec un écartement dépassant 2 cm (maxi 10 cm).

Cette route a également été rechargée en 2004 sur 1 000 m à l'enrobé dans ses tronçons les plus dégradés. L'opération s'est révélée inefficace, puisque la chaussée se trouve actuellement ruinée sur l'essentiel de sa longueur, y compris sa partie rénovée. Fissures et flaches sont rapidement réapparues après les travaux, confirmant que le rechargement à l'enrobé n'a aucun effet structurel.

Ainsi il est possible de conclure à l'efficacité du traitement de la route de la Rohrlach, presque 15 années après sa réalisation. **La structure de cette chaussée, qui était proche de la rupture en 1992, a résisté au passage de nombreux grumiers sur 95 % de sa longueur.** La couche de roulement mériterait toutefois d'être reprise dans



En 2005, sous la couche de roulement pelée, on distingue le corps de chaussée traité en 1992

des délais brefs pour éviter l'amplification progressive des dégradations.

Conclusions

La technique du traitement de routes au liant hydraulique s'applique idéalement aux chaussées anciennes à déficit structurel (fatigue ou augmentation des charges). Elle peut aussi être utilisée pour des réseaux touristiques ou cyclables.

Dans les deux cas, d'après l'expérience de la forêt indivise de Haguenau, elle offre de bons résultats en termes de performances à la fois techniques et économiques.

Le traitement de chaussées ou sols devrait progresser pour des raisons de préservation de l'environnement : **C'est une « solution verte » de la technique routière** (recyclage sur place, transports limités...) qui répond aux nouvelles données socio-économiques et aux contraintes d'environnement auxquelles seront soumis les travaux de génie civil.

La technique est à présent bien codifiée ; la filière des travaux publics a publié en partenariat avec l'Administration un guide sur l'état de l'art qui est accessible à tous les prescripteurs de travaux. Pour autant, le recours aux études de laboratoire reste incontournable. **Les maîtres d'œuvre forestiers ne doivent pas craindre cette étape** ; elle permet des décisions en connaissance de cause et son coût est souvent largement amorti par les économies réalisées sur les travaux.

Les matériels de traitement sont à présent performants et permettent des malaxages homogènes et efficaces. Les procédures de contrôle elles-mêmes ont évolué, autorisant une bonne maîtrise de la technique et de son évolution. Si les progrès ainsi réalisés ne se retrouvent pas forcément en terme de progression du nombre de chantiers, c'est aussi que le traitement va à l'encontre des intérêts des fournisseurs de granulats et des gérants de centrale.

Un autre exemple : la piste cyclable « Haguenau-Walbourg »



Le traitement de sol a également été mis en œuvre deux années plus tard (en 1994) sur un chantier de piste cyclable réalisé sous maîtrise d'œuvre ONF pour le compte du Département du Bas-Rhin. Cette piste traverse la forêt indivise de Haguenau du sud au nord sur 5 670 ml et croise d'ailleurs la route forestière de la Rohrlach. Sa construction a utilisé trois techniques différentes selon le sol support et l'utilisation prévue de la chaussée :

1 — piste cyclable exclusive sur terrain naturel sableux : décaissement de la couche organique sur 15 cm, correction granulométrique au concassé 15/30 sur 10 cm, traitement du rechargement et du sol support sur 30 cm, cloutage et enduit monocouche de protection de la stabilisation hydraulique, couche de roulement en béton bitumineux 0/10 rouge 90 kg/m² sur 4 cm, réglage des bords ;

2 — piste cyclable exclusive sur terrain naturel argileux : décaissement de la couche organique sur 30 cm, rechargement en grave 0/80 sur 40 cm, couche de base au concassé 0/20 sur 10 cm, couche de roulement en béton bitumineux 0/10 rouge 90 kg/m² sur 4 cm, réglage des bords (pas de traitement)

3 — piste cyclable sur route forestière empierrée (reposant sur du terrain argileux) : rechargement avec 15 cm de tout venant, retraitement du rechargement et de la chaussée en place sur 30 cm de profondeur, enduit monocouche de protection de la stabilisation hydraulique, couche de roulement au béton bitumineux 0/10 noir à 132 kg/m² sur 6 cm

La piste cyclable sur sol sableux présente une excellente tenue dans le temps.

Néanmoins de plus en plus de gestionnaires de réseaux sont intéressés par les avantages environnementaux du traitement. Les forestiers travaillant en milieu naturel devraient être particulièrement sensibles à cet argument.

Pierre Geldreich

ONF Direction Territoriale Alsace
Service d'Appui Technique
Pierre.geldreich@onf.fr

Bibliographie

GELDREICH P., 1994. Un exemple de retraitement de chaussée en place aux liants hydrauliques : la réfection de la route forestière de la Rohrlach en forêt indivise de HAGUENAU. Bulletin technique de l'ONF, n° 30, pp. 65-72

DE GARIDEL R., 1994. Conception des chaussées à faible trafic : spécificités, nouveautés. Arborecences, n° 50, pp. 10-11

La fertilisation azotée : un outil parmi d'autres pour remédier à la pénurie de glands

L'irrégularité notoire des « glandées » induit des pénuries chroniques de semences pour le renouvellement des chênaies, sérieux problème pour les forestiers et marchands grainiers français. Or la floraison est plutôt régulière. Le propos est donc ici cerner les causes de ce hiatus et de faire le point sur les travaux entrepris pour tenter d'y remédier ; la fertilisation azotée est une piste réaliste.

En raison de son extension géographique, de sa valeur économique et paysagère et de son caractère symbolique, le chêne constitue un élément dominant de nos forêts de plaine et de moyenne montagne. Il est bien sûr important que nos belles chênaies puissent se perpétuer quand elles sont bien adaptées au milieu. Et le forestier se doit d'y contribuer. Hors accident climatique, environ 20 000 ha sont susceptibles d'être régénérés chaque année. Par ailleurs, il convient d'ajouter à cette surface la part des peuplements restant à reconstituer consécutivement aux tempêtes de 1999.

Glandées irrégulières, pénurie de glands pour le renouvellement des chênaies

Que le gestionnaire privilégie la régénération naturelle ou la plantation, ces renouvellements impliquent l'occurrence de bonnes fructifications. Or, les glandées sont irrégulières. Pour le chêne sessile, leur fréquence est particulièrement faible dans le quart nord-est de la France (tous les 4-5 ans) où, précisément, les besoins sont les plus importants. Dans cette zone, la dernière grosse fructification remonte à l'année 2000 et, depuis la glandée partielle de 2003, la production est demeurée extrêmement faible. Les

fructifications du chêne pédonculé s'espacent aussi dans le temps (fréquence de 3-4 ans) mais ce phénomène n'est pas une spécificité du nord-est.

D'après les estimations de la Direction Technique de l'ONF, les plantations de chêne sessile du nord-est de la France devraient consommer en moyenne 50 000 litres de glands/an durant les trois prochaines années. Considérées dans leur ensemble, les données des récoltes 2000-2005 n'apparaissent pas catastrophiques au regard des besoins (tableau 1). Mais cette analyse globale est trompeuse car elle ne tient pas compte de la disparité des ressources dans les différentes régions de provenance (RP). Ainsi, la RP QPE 203, qui est la plus demandée, est très largement déficitaire et fait cruellement défaut. D'autre part, les glands ne se conservent pas au-delà de deux hivers. Des récoltes abondantes mais trop espacées ne permettent donc pas d'alimenter le marché en continu et compliquent la gestion des structures de production (semenciers, pépiniéristes, reboiseurs). Des mesures prises par les marchands grainiers – mise en conservation des glands en cas de forte fructification – et par les pépiniéristes – éducation des plants sur un à trois ans – permettent un relatif ajustement de l'offre à la demande. Mais une

absence de récolte prolongée entraîne fatalement une rupture dans l'approvisionnement des utilisateurs. C'est le cas des RP QPE 203 et 205 pour lesquelles les stocks de plants sont quasiment épuisés.

Il est donc vital que les peuplements porte-graines soient capables de produire les quantités de glands nécessaires aux plantations et que leurs fructifications soient suffisamment régulières pour faire face aux contraintes des reboiseurs. Au besoin en envisageant des interventions culturales et/ou sylvicoles si la Nature n'est pas assez généreuse.

Un problème récurrent : comment accroître et régulariser la fructification des peuplements porte-graines ?

Ce constat n'est pas nouveau : il y a vingt ans déjà, l'ONF et les Ets Vilmorin s'inquiétaient du déficit chronique de semences pour diverses essences feuillues et sollicitaient le Cemagref pour rechercher dans la littérature des modèles de gestion fructifère utilisables en forêt. L'étude bibliographique réalisée à cette époque a notamment montré que la fertilisation était susceptible d'intensifier la production de glands et de faïnes et, dans

Année	QPE 203	QPE 204	QPE 205	QPE 212	Total
2000	70 977	37 170	3 800	8 200	120 147
2001	0	20 395	0	21 190	41 585
2002	3 880	0	970	4 000	8 850
2003	5 575	29 336	7 280	29 594	71 785
2004	0	0	0	0	0
2005	50	11 815	0	0	11 865

Tab. 1 : quantités de glands récoltés (en litres) de 2000 à 2005 dans le nord-est de la France pour le chêne sessile

(Alsace, Bourgogne et Champagne-Ardenne, Franche-Comté, Lorraine)

NB - 1 litre de glands fournit en moyenne 50 plants commercialisables.

certains cas, d'améliorer la qualité des semences. Une série d'essais de fertilisation, fruit d'une collaboration ONF — Vilmorin — Cemagref, a donc été installée en 1986 et 1987 dans des peuplements de différentes espèces dont le chêne sessile, le chêne pédonculé et le hêtre. Le problème étant toujours d'actualité, nous avons ressenti le besoin de dresser un bilan

de ces expérimentations qui ont, pour certaines, fourni des résultats intéressants.

Après avoir décrit les principales étapes du cycle reproducteur des chênes blancs et analysé les causes d'échec de la fructification, nous présenterons les caractéristiques et les résultats de nos essais.

Comment se forment les glands ?

Nous renvoyons le lecteur à l'encadré sur la biologie florale des chênes qui résume la chronologie des événements marquants du cycle de reproduction des chênes blancs, groupe auquel appartiennent les chênes sessile et pédonculé. Au total, le cycle des chênes blancs s'étend sur une période d'environ 16 mois, depuis l'initiation florale jusqu'à la chute des glands.

Comment expliquer les fortes variations annuelles de la fructification ?

La floraison des chênes blancs est incontestablement plus régulière que leur fructification puisque la grande majorité des arbres porte des fleurs chaque année. Toutefois, la nature des bourgeons et, de ce fait, le nombre de fleurs produites varient selon les années. Ainsi, Bonnet-Masimbert (1984) a montré qu'une bonne année de fructification se différencie d'une mauvaise année par une plus forte proportion de bourgeons mâles et hermaphrodites et par l'absence de bour-



G. Philippe, Cemagref



G. Philippe, Cemagref

2 - Fleurs femelles de chêne pédonculé en pleine période de réceptivité

1 - Fleurs mâles de chêne pédonculé en fin de pollinisation (à gauche)

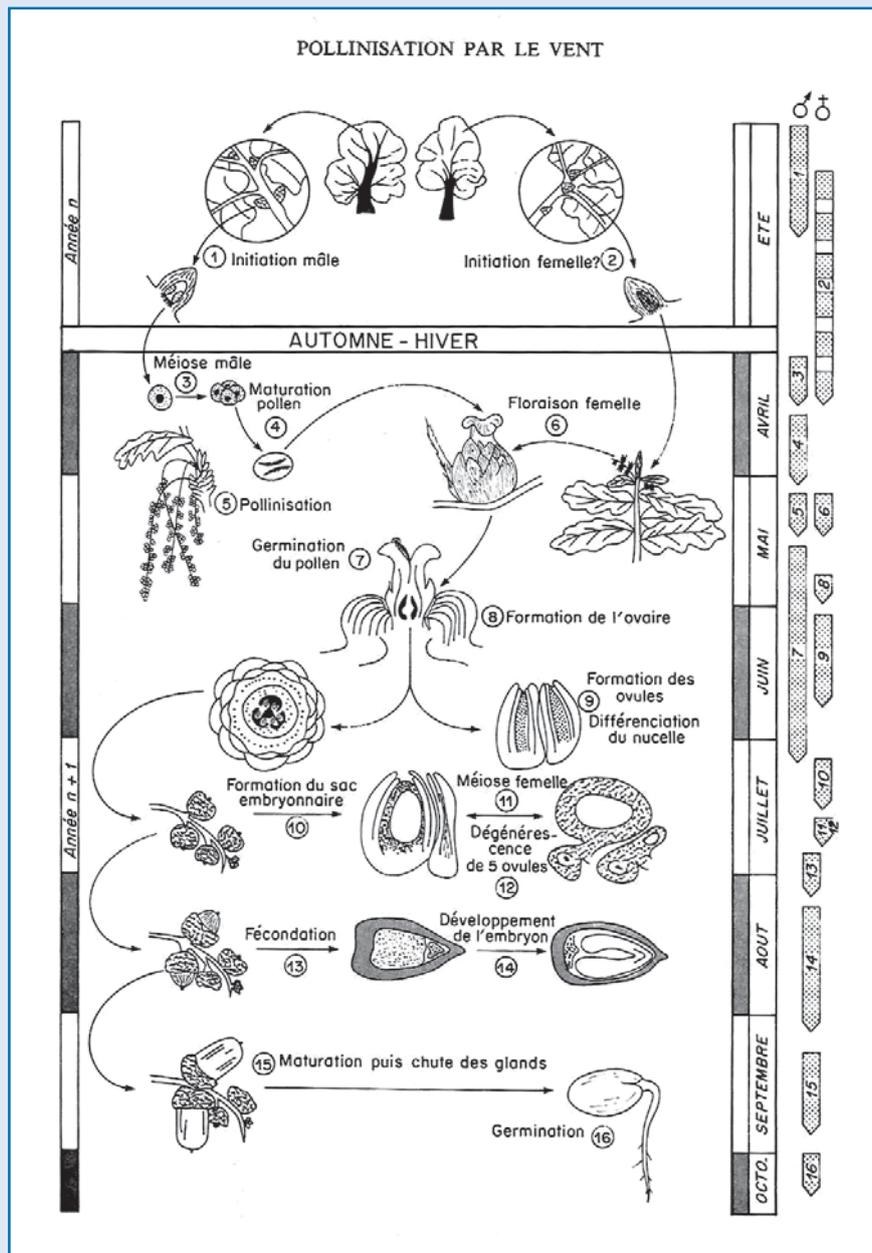
Rappels sur la biologie florale des chênes

Six types de bourgeons

Les bourgeons des chênes peuvent être classés dans six catégories. Deux d'entre elles correspondent à des bourgeons à vocation purement végétative : les bourgeons latents qui ne se développent qu'occasionnellement, par exemple pour reconstituer une feuillaison en cas d'accident, et les bourgeons strictement végétatifs. Trois autres types de bourgeons allient des fonctions végétative et sexuée. Les pousses qui en sont issues portent donc des feuilles et des inflorescences qui peuvent être toutes mâles (bourgeon mâle), toutes femelles (bourgeon femelle) ou des deux sexes (bourgeon hermaphrodite). Enfin, un sixième type de bourgeon, ne donnant naissance qu'à des fleurs mâles, peut être observé les années de forte floraison.

Le cycle de reproduction

Les inflorescences sont initiées l'année précédant la floraison. Les ébauches mâles sont observables dès le printemps (mai-juin) tandis que les femelles ne peuvent être identifiées que durant l'été (juillet-août). Les fleurs des deux sexes émergent au printemps suivant lorsque les bourgeons éclatent. Les chatons mâles, situés généralement dans la partie basale des nouvelles pousses, libèrent leur pollen début mai (photo 1). La pollinisation du chêne est anémophile, ce qui signifie que la capture du pollen, son transport et son dépôt sur le stigmate des fleurs femelles sont assurés par le vent. Les fleurs femelles sont localisées à l'extrémité des jeunes pousses ; de couleur rougeâtre, elles présentent un périanthe discret entourant un style terminé par trois stigmates (photo 2). Après pollinisation, pendant que les tubes polliniques progressent à l'intérieur du stigmate et du style, la fleur femelle creuse une cavité ovarienne dans laquelle se forment 4 à 6 ovules ; un seul achèvera son développement. La fécondation intervient fin juillet, soit deux mois après la pollinisation. L'ovaire donne naissance au gland et l'ovule se transforme en embryon. Les glands grossissent rapidement durant le développement embryonnaire, ils virent du vert au brun et tombent au sol en octobre.



Le cycle de reproduction du chêne pédonculé.
Schéma de M. Bonnet-Masimbert tiré de l'ouvrage
« pollinisation et productions végétales » (Inra éditions, 1984)

geons strictement végétatifs et latents. En outre, les bourgeons sexués produisent sensiblement plus d'inflorescences.

Ces résultats montrent à l'évidence un lien fort entre l'abondance de la fructification et l'initiation florale. Ce processus, qui marque le passage à l'état sexué d'un tissu indifférencié, est régi par les stimuli que le bourgeon en développement reçoit de l'arbre et de l'environnement. Il est probable que, comme dans le cas des résineux, la différenciation des fleurs soit influencée par des facteurs génétiques (aptitude naturelle de l'individu à fleurir) (Healy *et al.*, 1999), climatiques (température, lumière, sécheresse) et édaphiques (fertilité, pouvoir de rétention en eau).

Une question d'importance reste néanmoins à élucider : pourquoi les glandées sont-elles si rares alors que les arbres fleurissent chaque année ? Sans doute parce qu'une bonne fructification est l'aboutissement d'un long parcours semé d'embûches. A l'initiation florale, succède une période de plusieurs mois durant laquelle le potentiel en semences se réduira sous l'action conjuguée d'agents climatiques, édaphiques et biotiques.

■ **Agents climatiques** - Les gels de printemps sont susceptibles d'endommager, voire de détruire, les inflorescences. Ensuite, la pollinisation anémophile peut être perturbée par une trop forte humidité atmosphérique. À cet égard, rappelons que la pollinisation anémophile entraîne d'énormes pertes de pollen : si l'on considère la faible part de l'espace occupé par les fleurs femelles, la filtration du pollen réalisée par la végétation et les aléas climatiques, il est évident que seule une infime proportion du pollen émis atteint sa cible. Son efficacité nécessite donc une très forte production de pollen. D'autre part, des fleurs pollinisées peuvent ne pas être fécondées. C'est d'ailleurs entre ces deux stades, pollinisation et fécondation, qu'on observe les avortements les plus importants. Les causes sont mal connues mais la viabilité du pollen et les subtils mécanismes de reconnaissance pollen-pistil peuvent être incriminés.

■ **Agents édaphiques** — Une fructification abondante consomme des quantités considérables d'éléments nutritifs. Chez le hêtre par exemple, la biomasse d'une faînée peut dépasser celle du feuillage ; la situation ne doit pas être différente pour le chêne. Les fortes fructifications se traduisent souvent par une réduction de la masse foliaire, de la longueur des pousses et de la largeur du cerne de l'année, et parfois même de ceux formés les années suivantes. Cet appauvrissement des ressources de l'arbre et du sol explique en partie l'espacement des fructifications. Il se peut donc que les chutes de glands prématurées constituent un mécanisme de défense de l'arbre qui ajusterait ainsi sa production aux ressources disponibles.

■ **Prédation** - Enfin, il ne faut pas sous-estimer l'action des nombreuses espèces d'insectes, d'acariens, de champignons qui contribuent à la réduction du potentiel fructifère, et ceci durant toute la durée du cycle de reproduction (Balleux, 2006).

L'initiation florale est évidemment un stade clé puisque de son succès dépend le potentiel fructifère de l'année suivante. Mais on voit bien que l'irrégularité des glandées ne se limite pas à un problème de floraison et que le maintien de ce potentiel représente un enjeu important pour le forestier.

Existe-t-il des techniques susceptibles d'accroître la production de glands ?

État de l'art : des connaissances lacunaires

L'essor des programmes d'amélioration génétique et des vergers à graines a suscité des recherches poussées sur la biologie florale, la stimulation de la floraison et le développement des graines chez les résineux ; un ouvrage de synthèse récemment publié rend compte des avancées dans ces domaines (Philippe *et al.*, 2006). De nombreux travaux visant à optimiser la production de fruits ont aussi été entrepris chez certaines espèces feuillues (Sedgley et Griffin, 1989). Malheureusement, la plupart d'entre

eux se sont limités aux arbres fruitiers et aux espèces horticoles. Pour les essences forestières feuillues, il faut bien reconnaître que nos connaissances restent bien maigres. Divers traitements – annélation d'écorce, chaleur, stress hydrique, application de d'inhibiteurs de croissance — se sont révélés efficaces chez certaines espèces (Philipson, 1990 ; Meilan, 1997) mais ils sont inapplicables en forêt. En peuplement, les pistes les plus intéressantes semblent être l'éclaircie, qui a un impact sur la température, la lumière, les ressources en eau et en éléments nutritifs, la vigueur des arbres et la fertilisation, qui pourrait influencer à la fois sur l'initiation florale et sur l'avortement des fruits.

En particulier, des applications d'engrais ont permis d'accroître la fructification du hêtre. En forêt de Fougères et Darney, des fertilisations NP et NPKCa ont triplé la production de faînes et augmenté la proportion de faînes viables (Le Tacon et Oswald, 1977). Sur chêne, les résultats sont moins spectaculaires mais Garbaye et Leroy (1974) font tout de même état de gains de l'ordre de 50 % à la suite de fertilisations complètes (NPKCaMg). Les arbres fertilisés avaient une production accrue de 22 % et 45 % l'année suivant l'épandage à Bercé et de 62 % deux ans après à Boulogne. En revanche, les auteurs n'observent pas d'amélioration de la qualité de la glandée (poids et composition chimique des glands, faculté germinative). Pour intéressants qu'ils soient, ces essais sont néanmoins trop peu nombreux pour que l'on puisse fournir des recommandations définitives aux gestionnaires forestiers. D'ailleurs, des essais complémentaires mis en place par l'ONF en FD de Beaumont (hêtre) et de Rumilly (chêne pédonculé) n'ont pas permis de conclure à l'efficacité de la fertilisation (Demolis, comm. pers.).

Signalons enfin l'efficacité de traitements visant à limiter les avortements de glands liés à des agents pathogènes. En Hongrie, des applications d'insecticides, fongicides et acaricides ont contribué à accroître et à régulariser

les glandées (Ducouso, comm. pers.), ce qui dénote, s'il en était besoin, l'importance des événements post-floraison. Malheureusement, tout le protocole opératoire ne nous est pas accessible et il est impossible d'évaluer la technique dans nos conditions. Et quand bien même ce serait le cas, il n'est pas certain qu'elle soit socialement acceptable.

Une série d'essais mise en place en 1986-87 à l'initiative du Cemagref et de l'ONF

Au total, deux essais ont été installés pour chaque espèce, dans des peuplements sélectionnés. Nous ne détaillons ici que ceux conduits en peuplements de chênes sessile et pédonculé, essences pour lesquelles les besoins en semences sont les plus criants. Leurs caractéristiques sont résumées dans le tableau 2.

■ **600 kg d'ammonitrate/ha** - On considère généralement que l'efficacité de la fertilisation est due à l'azote (Philippe *et al.*, 2006). Cet élément était apporté sous forme de nitrate d'ammoniaque, à raison de 200 unités/ha (soit 600 kg d'ammonitrate/ha). Cependant, il nous a semblé pertinent de corriger les éventuelles carences mises en évidence par les analyses de sol en joignant à l'azote le ou les éléments faisant défaut. Les engrais ont été épandus en mai, dans la perspective d'agir sur le processus d'initiation florale. Dans la plupart des essais, les applications étaient réalisées en surface, après avoir éliminé la couverture herbacée par un traitement chimique. Les engrais étaient alors épandus manuellement à l'intérieur d'un cercle (R = 12-15 m) centré sur le tronc. Toutefois, en FD de Loches, une partie des blocs a été fertilisée à l'aide d'un localisateur d'engrais qui déverse les fertilisants à environ 20 cm de profondeur, le long de raies de sous-solage croisées (quadrillage à 7 m x 7 m). Sur les blocs restants, les engrais ont été épandus manuellement, en plein.

■ **Des glands récoltés sur filets, flottés, dénombrés et analysés** — L'efficacité de la fertilisation a été estimée d'après les quantités de glands

Espèce	Site	Âge densité	Nb arbres/moda-lité	Fertilisants (unités/ha)	Date de fertilisation
chêne sessile	FD Loches (37)	200 ans 50/ha	120	N (200) P (300) K (200)	29-30 mai 1986
	FD Rajeuses (89)	130 ans 90/ha	37	N (200) P (90) Mg (70)	5-6 mai 1987
chêne pédonculé	FD Lisle (55)	130 ans 100/ha	170	N (200)	27 mai 1986
	FD Purlans (71)	220 ans 120/ha	36	N (200) P (100) K (100)	25-26 mai 1987

Tab. 2 : caractéristiques des essais de fertilisation conduits sur chêne en 1986 et 1987

récoltés sur des filets couvrant partiellement la surface de projection des houppiers (photo 3). Ces filets, orientés au sud, étaient tous de mêmes dimensions (12 à 20 m²) sur un site donné. Pour chaque arbre, la récolte était suivie d'une flottation dans un bac d'eau pour estimer les proportions de glands sains (non flottants) et de mauvaise qualité (flottants). Par la suite, une étude qualitative a été conduite au Cemagref, sur des échantillons prélevés dans les récoltes des arbres témoins et fertilisés. Ont été notamment déterminés les poids et volume des glands sains et vains, leur teneur en eau et leur faculté germinative. Ces opérations devaient être répétées pendant les trois années suivant la fertilisation mais ce programme n'a pu être respecté à cause de fréquentes absences de glandée.

■ **Des résultats variables mais globalement positifs** - La fertilisation a abouti à une augmentation de la fructification des chênes sessile et pédonculé dans trois sites d'expérimentation situés dans le secteur ligérien, en Bourgogne et dans la région nord est. En revanche, l'effet du traitement n'est pas statistiquement significatif à Purlans (tableau 3). En moyenne, la production des arbres fertilisés a été plus que doublée par rapport aux témoins. L'action des engrais se manifeste essentiellement par un accroissement du nombre d'arbres fructifères. Ces résultats ont été obtenus l'année suivant la fertilisation (Rajeuses, Lisle) ou deux ans après (Loches), lors d'années de fructification faible (Rajeuses, Loches) ou convenable

(Lisle) et aussi bien avec une simple application d'azote qu'avec une fertilisation complète. Par ailleurs, l'essai de Loches indique que la fertilisation en plein est plus efficace que l'application en profondeur.

Il nous est impossible d'étudier précisément la rémanence des effets de la fertilisation car nous ne disposons que de peu d'essais et, de surcroît, nos données sont incomplètes du fait de la rareté des glandées dans certains sites. Néanmoins, des premiers enseignements peuvent être tirés des essais de Loches et de Lisle qui ont été suivis pendant deux et trois ans respectivement. Ils font apparaître des résultats à première vue contradictoires, ce qui tend à indiquer que la question est assez complexe. L'essai de Loches montre en effet que les engrais sont capables d'agir sur la fructification deux ans après leur application. A Lisle au contraire, les arbres fertilisés présentent une chute de production, certes inférieure au gain enregistré la première année, mais bien réelle. Cette différence de comportement s'explique peut-être par le fait que, l'année suivant l'apport d'engrais, la fructification était nulle à Loches alors que les arbres de Lisle avaient déjà eu à puiser dans leurs réserves pour assurer le développement d'une forte quantité de glands. Cette hypothèse reste à vérifier sur un plus grand nombre d'essais.

■ **Peu d'effets sur la qualité des semences** - On observe des différences significatives entre modalités témoin et fertilisation dans deux récol-



G. Philippe, Cemagref

3 - Récolte expérimentale de glands sur filets

tes mais il est impossible de dégager une quelconque tendance car les sens de variation sont opposés. Ainsi, à Loches, l'intensification de la production s'est accompagnée d'une augmentation du poids et du volume des glands (Philippe, 1989) tandis qu'à Lisle (1987), les glands étaient plus petits et plus légers. D'autre part, la fructification accroît à peu près dans les mêmes proportions la production de glands flottants et non flottants. On n'observe donc pas de différence entre les populations fertilisées et témoins pour le pourcentage de glands sains (fraction non flottante). Enfin, la fertilisation améliore parfois la faculté germinative des glands ; c'est notamment le cas en forêts de Loches et de Rajeuses.

Trois nouveaux essais en 2006

L'approvisionnement en semences de chêne a toujours été un enjeu important pour les marchands grainiers. Aujourd'hui, il l'est d'autant plus que, dans certaines régions de provenance, les stocks sont insuffisants pour subvenir aux besoins générés par les tempêtes de 1999 et les opérations courantes de reboisement. L'ONF a donc décidé d'installer de nouveaux essais, en s'appuyant sur l'expertise du Cemagref de Nogent-sur-Vernisson, dans une optique de pré-développement. Ils visent à affiner nos connaissances sur l'efficacité de la fertilisation et à mieux cerner son intérêt économique.

Les trois peuplements sélectionnés retenus – FC de Vauvillers (70), FD de

Bezange-la-grande (54) et FD de Longchamp (21) – appartiennent aux deux régions de provenance de chêne sessile qui font le plus défaut (QPE 203 et 205). Les dispositifs, constitués de bandes fertilisées alternant avec des bandes témoins, couvrent 5-6 ha dans chaque site. Les zones fertilisées ont reçu 600 kg/ha d'ammonitrate (soit 200 unités d'azote/ha) en mai 2006. Elles sont suffisamment grandes pour permettre la mécanisation de l'épandage et donc une estimation fiable des coûts du traitement en conditions opérationnelles. Les essais de 1986-87 ayant montré que les engrais n'agissent pas l'année du traitement, les premières récoltes ne sont prévues qu'à l'automne 2007. Les lecteurs de RVT seront tenus informés des résultats.

La fertilisation azotée : une technique utile pour la production de matériels de reboisement mais aussi pour la régénération naturelle

On ne peut espérer aboutir qu'à une maîtrise très partielle de la fructification en peuplement de chêne. D'une part parce que nous connaissons mal les multiples facteurs impliqués dans l'initiation florale, la pollinisation et le développement des glands et, d'autre part, parce qu'il est impossible de les contrôler efficacement en forêt. C'est justement pour s'affranchir des contraintes liées au climat, à la nature du sol, aux cycles des divers prédateurs des fleurs

Site	Nb années après la fertilisation	Abondance de la fructification des témoins	Modalité (1)	Nb glands total/m ² de filet	Nb glands sains/m ² de filet (2)	% arbres fructifères (3)
Loches	1 (1987)	0		Fructification nulle		
	2 (1988)	150 kg/ha	T F	26 53*	9 18*	39,6 4*
Rajeuses	1 (1988)	25 kg/ha	T	2,2	1,3	28
			F	5,7*	3,7*	58*
Lisle	1 (1987)	550 kg/ha	T	14	12	28
			F	34*	30*	73*
	2 (1988)	450 kg/ha	T	12*	10*	
			F	9	7	
3 (1989)	700 kg/ha	T		17	80	
		F		23 NS	92 *	
Pourlans	1 (1988)	170 kg/ha	T	5	4	64
			F	8 NS	6 NS	67 NS

* : différence significative au seuil de 5 % ; NS : différence non significative
 (1) T : témoin ; F : fertilisation (2) glands sains : glands non flottants
 (3) arbres ayant produit plus d'1 litre de glands à Lisle en 1987

Tab. 3 : influence de la fertilisation sur la quantité de glands récoltée

et semences que des vergers à graines, de plein champ et parfois sous serre, ont vu le jour dans certains pays.

Néanmoins, la littérature nous indique que certaines pratiques culturales et sylvicoles sont susceptibles d'intensifier la fructification. Souvent citée, la fertilisation azotée a effectivement fait la preuve de son efficacité dans nos essais. Dans trois des quatre sites d'expérimentation, les arbres fertilisés ont produit deux à trois fois plus de glands que leurs homologues témoins. Les essais sont bien sûr trop peu nombreux pour que l'on se risque à calculer un pourcentage de réussite mais la réponse des arbres semble indépendante de la région géographique, de l'intensité de la fructification naturelle et de l'espèce de chêne. Cette technique, qui permet d'accroître la fréquence des récoltes et les quantités de glands mobilisées à chaque récolte, pourrait donc être utilisée avec profit par le gestionnaire soucieux de produire des semences pour les marchands grainiers. Notons cependant que, même après fertilisation, certaines glandées pourront tout de même être insuffisantes pour justifier une récolte commerciale. Par ailleurs, la fertilisation peut aussi être utile au forestier désireux de favoriser la régénération naturelle, sous réserve de contrôler l'extension de la végétation adventice qui ne manquera pas de proliférer si les conditions de nutrition sont améliorées.

Les engrais agissent-ils essentiellement en stimulant la floraison ? Ou bien réduisent-ils l'avortement des glands via une meilleure nutrition des semenciers ? Nos essais ne permettent pas de répondre à ces questions fondamentales. En revanche, ils montrent que l'effet de la fertilisation s'explique principalement par une augmentation du pourcentage d'arbres fructifères et que le traitement influe peu sur la production moyenne des arbres fructifères. Cela constitue un atout pour la régénération naturelle puisque la glandée sera mieux répartie sur la parcelle. Au contraire, ce mode d'action peut être perçu comme un handicap par les marchands grainiers car le prix de revient du kilo de glands est moindre lorsque la production se trouve

Et pour le hêtre ?

En forêt de Crécy (80), une fertilisation NKMg, réalisée fin mai 1986 à l'aide d'un localisateur d'engrais, a abouti à une augmentation significative (+52%) du nombre de faînes saines récoltées en 1987. Bien qu'un peu plus lourdes, les faînes provenant des arbres fertilisés avaient la même faculté germinative que celles issues des arbres témoins. Dans le deuxième essai, installé en forêt de Ligny (55), les arbres ayant reçu un simple apport d'ammonitrate (200 unités/ha apportées manuellement autour du tronc) ont produit 5,7 fois plus de faînes l'année suivante. Il convient toutefois de relativiser la portée de ce résultat car la fructification était très faible et les faînes presque toutes vaines. Par ailleurs, l'effet des engrais n'était plus perceptible deux ans après la fertilisation.

concentrée sous un petit nombre de semenciers. Cependant, la nécessité de « morceler » la récolte présente l'avantage d'améliorer la diversité génétique et la représentativité du matériel utilisé en reboisement.

Enfin, la fertilisation sera d'autant plus rentable que les effets des engrais se manifesteront pendant une longue période. Nos données sont malheureusement trop limitées pour déterminer leur rémanence ; les nouveaux essais installés en 2006 permettront peut-être de nous éclairer sur ce point.

Gwenaël PHILIPPE

Cemagref Nogent-sur-Vernisson, UR
Écosystèmes forestiers
gwenael.philippe@cemagref.fr

Joël CONCHE

ONF, Service graines et plants,
Champagnole
sgp@onf.fr

Bibliographie

BALLEUX P., 2006. La régénération naturelle des chênes indigènes. Sylviculture, fiche technique n°14. Silva Belgica, vol. 113, n° 2, pp. 1-12

BONNET-MASIMBERT M., 1984. Biologie florale et cycle de reproduction de quelques arbres forestiers : douglas, pin sylvestre, chêne. In : Pollinisation et productions végétales, P. Pesson et J. Louveaux, Paris : INRA, pp. 219-243

GARBAYE J., LEROY P., 1974. Influence de la fertilisation sur la production de glands en forêt de Bercé et forêt de

Boulogne. Revue forestière française, vol. 26, n° 3, pp. 223-227

HEALY W.M., LEWIS A.M., BOOSE E.F., 1999. Variation in red oak acorn production. Forest Ecology and Management, vol. 116, n° 1-3, pp. 1-11

LE TACON F., OSWALD H., 1977. Influence de la fertilisation minérale sur la fructification du hêtre (*Fagus sylvatica*). Annales des sciences forestières, vol. 34, n° 2, pp. 89-109

MEILAN R., 1997. Floral induction in woody angiosperms. New Forests, vol. 14, pp. 179-202

PHILIPPE G., 1989. Intensification de la production de glands sur chêne sessile deux ans après une fertilisation complète – FD Loches (37). In : Annales Département Forêt Cemagref, Cemagref éditions. Etudes forêt, n°5, pp. 141-149

PHILIPPE G., BALDET P., HEOIS B., GINISTY C., 2006. Reproduction sexuée des conifères et production de semences en vergers à graines. Paris : Edition Quae. 570 p.

PHILIPSON J.J., 1990. Prospects for enhancing flowering of conifers and broadleaves of potential silvicultural importance in Britain. Forestry, vol. 63, n° 3, pp. 223-240

SEDGLEY M., GRIFFIN A.R., 1989. Sexual reproduction of tree crops. Academic press. Harcourt Brace Jovanovich Publishers. 378 p.

Suivi d'un massif forestier très sensible à la sécheresse : l'observatoire de la Harth, historique et perspectives

Une sensibilité particulière à la sécheresse

Située au sud de la plaine d'Alsace, la forêt domaniale de la Harth est un ancien taillis-sous-futaie de chênes, de charme et de tilleul qui couvre plus de 13 000 hectares et qui s'étend sur près de 30 km du nord au sud. Ce massif occupe une position géographique particulière qui amplifie les effets de conditions climatiques difficiles sur les peuplements forestiers.

La barrière montagneuse vosgienne à l'ouest et, dans une moindre mesure, celle du Jura alsacien au sud, crée un effet dit d'ombre climatique sur la plaine qui connaît un climat continental marqué (forte amplitude thermique annuelle) avec des gelées tardives fréquentes et surtout une pluviométrie très faible. Les précipitations atteignent un niveau particulièrement critique au nord du massif qui reçoit seulement en moyenne 580 mm/an contre 780 mm/an au sud. La « poche de sécheresse de Colmar », la zone la plus sèche de France avec une pluviométrie moyenne de 520 mm/an, n'est qu'à une vingtaine de kilomètres plus au nord.

Le manque de précipitations n'est pas le seul handicap de la forêt de la Harth qui présente des facteurs naturels pouvant aggraver les effets d'une sécheresse :

- un sol à faible réserve en eau (épaisse couche filtrante de galets alluviaux rhénans),
- une absence de réseau hydrographique naturel,
- une nappe phréatique à 10 à 15 m de profondeur hors d'atteinte des végétaux.

Un fort dépérissement au début des années 1990

Dès 1989, des dépérissements de pins sylvestres mettent en alerte le Département de la Santé des Forêts nouvellement créé. L'année suivante, les chênes et le charme commencent à présenter des signes de dépérissement notamment dans la partie nord de la forêt.

Mais, c'est principalement en 1991 que l'inquiétude s'installe chez les forestiers. Cette année-là, au cours d'un été particulièrement sec et chaud, après deux années de sécheresse déjà marquée, les charmes et dans une moindre mesure les chênes voient leurs feuilles flétrir précocement puis roussir et tomber dès le mois d'août. Au cours de l'automne, de très nombreux suintements sur les chênes sont causés par des attaques massives d'insectes sous-corticaux, des agriles (coléoptères, buprestidés).

Des mortalités très importantes de charmes, de chênes mais aussi d'autres essences se manifestent au cours de l'hiver, contraignant le gestionnaire à prendre des mesures drastiques pour limiter l'impact économique du phénomène : arrêt de l'aménagement en cours, martelage sanitaire sur l'ensemble de la forêt, exploitation rapide des bois infestés d'insectes sous-corticaux...

Le suivi des volumes récoltés de bois secs ou dépérissants (fig. 1) situe le pic de récolte pour raison phytosanitaire en 1994 avec environ 14 000 m³ en volume commercial, soit sans doute 2 à 3 fois plus en volume biologique. Sur la période 1992-1999, près de 40 000 m³ de feuillus, essentiellement des chênes, sont récoltés. En moyenne, la mortalité de chênes représente 10 % de sa surface terrière.

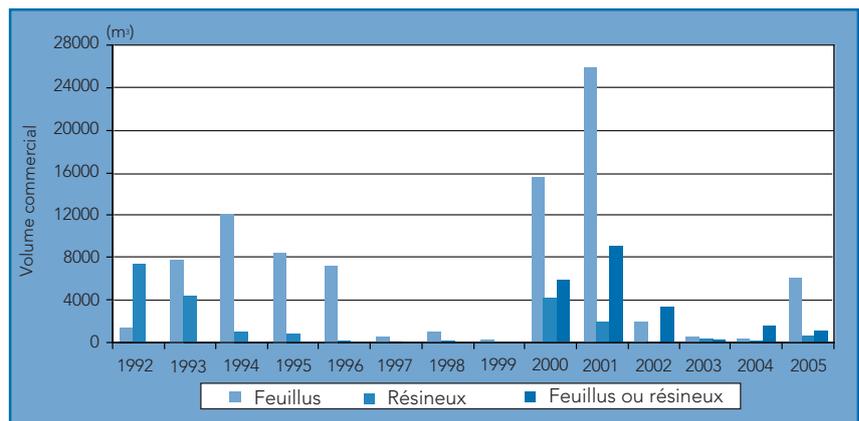


Fig. 1 : récolte de bois secs et dépérissants entre 1992 et 2005 (volume commercialisé)

Nota : Les chiffres 2000-2002 représentent quasi exclusivement des chablis de la tempête de 1999. Les volumes 2003-2005 de feuillus (chêne essentiellement) sont largement sous-évalués par rapport à la réalité du dépérissement car ils ne tiennent pas compte : des nombreux charmes secs non commercialisés, estimés à au moins 30 000 m³, des tiges dépérissantes, à des degrés divers, prélevés lors des martelages classiques, des parcelles qui ne sont pas encore passées en coupe. Des parcelles exploitées l'hiver 2004-2005 comportent de nouveaux dépérissants.

Un observatoire pour suivre et comprendre ce dépérissement

À l'époque, l'inquiétude est grande, face à un phénomène qui semble menacer par endroits l'état boisé : le couvert plus clair favorise l'explosion de graminées, donnant une allure steppique à la forêt. Ce dépérissement plurispécifique ne correspond pas au schéma classique de dépérissement du chêne, toutes sortes d'hypothèses sont alors annoncées : pluies acides, baisse du niveau de la nappe phréatique, largage de kérosène par les avions de l'aéroport de Bâle-Mulhouse...

Aussi s'avère-t-il nécessaire d'étudier ce dépérissement pour en suivre l'évolution et tenter d'en comprendre les causes. C'est pourquoi, l'Office National des Forêts décide en 1994 de créer un service spécialisé, l'Observatoire Écologique de la Harth, avec deux missions :

- mettre en place un réseau de placettes permanentes pour suivre le phénomène et acquérir un maximum d'informations pour mieux comprendre et anticiper les conséquences d'un prochain événement similaire,



Harth 2003 : lisière marquée par le brunissement des houppiers

- coordonner des recherches pluridisciplinaires pour tester les différentes hypothèses.

À l'horizon 2000, l'Observatoire doit apporter des connaissances nouvelles, voire des solutions sylvicoles, qui seront prises en compte lors de la révision de l'aménagement forestier afin de prévenir de nouveaux épisodes de dépérissement.



Harth 2003 : chêne avec sous-étage de charme complètement défolié

À partir de 1995, un réseau de placettes permanentes pour suivre le phénomène

Dès 1995, un réseau de placettes permanentes est installé à une densité kilométrique, selon le protocole du réseau européen systématique. Chacune des 103 placettes de 20 arbres (toutes essences présentes) est notée régulièrement jusqu'en 2000.

Les notations consistent en :

- un passage au printemps selon le protocole DSF DEFOLIA (DSF, 1999) visant à évaluer les événements annuels, principalement les défolia-

tions par les chenilles et les dégâts de gel,

- un passage estival ou hivernal selon le protocole DSF DEPEFEU (Nageleisen, 1993, 1995, 2005) de suivi de l'aspect des houppiers afin de suivre l'évolution générale de l'état sanitaire du massif.

En 2000, alors que la situation sanitaire s'est améliorée et que les principaux travaux de recherche sont terminés, l'avenir de l'Observatoire est remis en question. Le DSF et l'INRA soutiennent la poursuite d'un suivi du réseau de placettes : la notation des arbres jusqu'au prochain accident climatique permettrait de suivre le devenir d'individus repérés, dont l'histoire récente est très bien documentée.



Harth 2003 : défoliation dans le chêne

L'ONF décide alors de conserver le réseau mais d'alléger son suivi, en ne notant annuellement, jusqu'en 2002, qu'une partie des placettes.

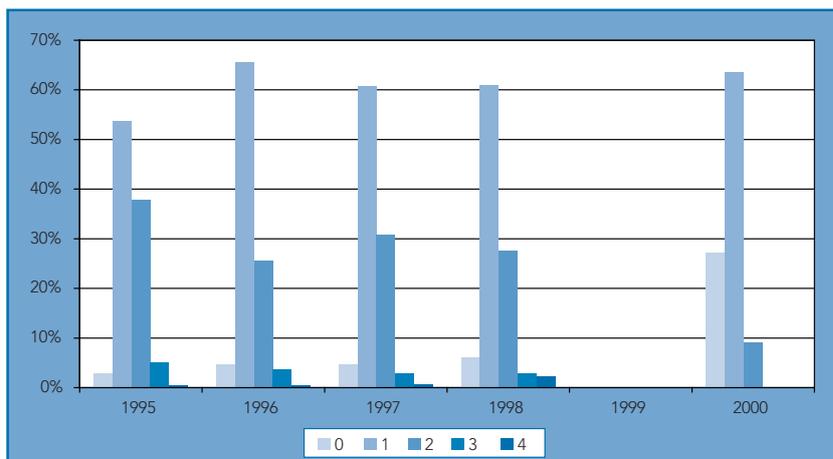


Fig. 2 : évolution des notations de l'aspect du houppier des chênes (protocole DSF DEPEFEU) : % de chênes par classe croissante de dépérissement : classe 0 = arbre sain, classe 4 = arbre mort.

Nota : La notation, qui devait devenir hivernale à partir de 1999, n'a pas eu lieu cette année-là en raison des dégâts de la tempête

Ce dispositif a permis de constater la stabilisation des dépérissements de 1994 à 2000 (fig. 2), confirmé par l'arrêt des récoltes de bois dépérissant à partir de 1997 (fig. 1).

La photo-interprétation de la couverture photographique aérienne, réalisée après les grosses récoltes de bois sec (mission d'août 1994) a montré que l'ensemble du massif avait été touché de façon plus ou moins diffuse (Rederstorff, 1996).

De 1996 à 2000, un programme de recherches pluridisciplinaires pour comprendre

Financées par le programme européen INTERREG II « Dépérissement forestier en vallée du Rhin », les recherches menées de 1996 à 2000 se sont intéressées à l'ensemble des facteurs pouvant avoir une action possible dans le dépérissement :

- les conditions stationnelles (Oberti, 1997),
- l'alimentation hydrique et minérale,
- l'hydrologie et notamment l'évolution historique de la nappe phréatique (Würtz et al., 1996, Augelmann, 2000),
- la qualité de l'air,
- les composantes du climat (Lienard, 1999),
- l'histoire des peuplements (dendrochronologie, historique de la gestion...),
- leur composition actuelle (taxonomie des chênes, variabilité génétique et spécifique des essences, adaptation aux conditions locales),
- les ravageurs et pathogènes : insectes sous-corticaux (Saintonge et Nageleisen, 2001), insectes défoliateurs, pourridiés racinaires...

De nombreux rapports détaillent l'ensemble des résultats obtenus par les différents organismes ayant participé à ces recherches : ONF, Centre de Recherche Forestière de Fribourg (FVA), INRA, DSF, Cemagref, Badische Luftbildmessung, écoles et universités.

La conclusion essentielle de ces études est que le facteur déclenchant du dépérissement est la sécheresse de 1989 (la plus intense des 30 dernières années) suivie par 3 années sèches (1990-1992) (Bréda et Peiffer, 1999). En

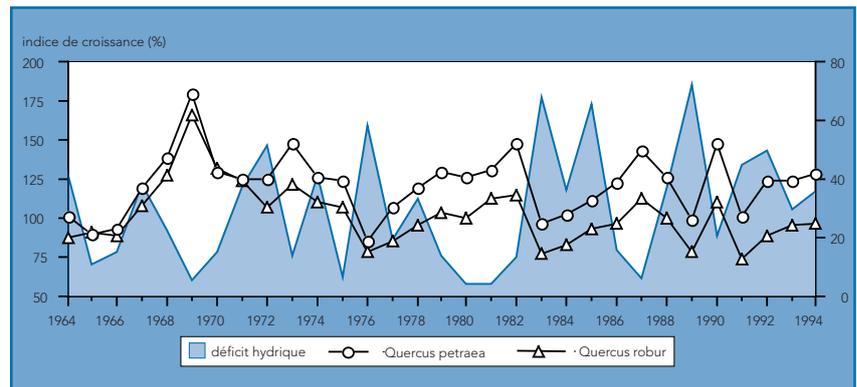


Fig. 3 : Variations interannuelles des indices de croissance radiale des chênes sessiles (n = 415 individus) et pédonculés (n = 262 individus) mesurés rétrospectivement par dendrochronologie sur les chênes de l'Observatoire écologique de la Harth (d'après Bréda et al., 1999) et intensité des déficits hydriques calculés à partir du climat local, des propriétés du sol et des caractéristiques des peuplements (voir Bréda et Peiffer, 1998).

revanche, l'abaissement de la nappe phréatique qui, à cet endroit de la plaine d'Alsace, a toujours été inaccessible aux arbres (Augelmann, 2001) ou la pollution atmosphérique ne sont pas impliqués dans le processus.

L'étude dendrochronologique a révélé que la croissance radiale du chêne pédonculé est significativement réduite par rapport à celle du chêne sessile ou pubescent (très peu présent sur le massif) depuis la sécheresse de 1972 (fig. 3).

Le dépérissement des années 1991-1994 apparaît donc comme le résultat d'une succession de déficits hydriques au cours du 20^e siècle, affectant de plus en plus les arbres les moins résistants pour des raisons physiologiques (espèce, affaiblissement par cumul de stress) et sylvicoles (compétition, statut social, développement des houppiers).

L'abandon des coupes de taillis dans les peuplements non convertis, en particulier dans le nord du massif, (lié à la régression des débouchés pour ces produits notamment depuis la fermeture des mines de potasse) augmente la compétition entre les chênes et les essences secondaires (charme, tilleul) qui sont passées dans l'étage dominant. Si l'analyse des données climatiques passées montre que le début et

le milieu du 20^e siècle ont été ponctuellement encore plus arides sans pour autant avoir provoqué d'importants dépérissements, ce changement de physionomie des peuplements aurait fait basculer l'équilibre sanitaire des peuplements, devenus trop fermés pour les potentialités d'alimentation en eau de la Harth.

Parmi les facteurs biotiques en cause, les insectes sous-corticaux (agriles) (Lienard et Fillbrandt, 2001) sont typiquement des parasites de faiblesse, alors que les chenilles défoliatrices peuvent avoir un impact direct important sur la physiologie des arbres en cas de défoliations totales répétées. Cette menace réapparue en 2004 se cumule aux contraintes climatiques.

Une nécessaire adaptation de la gestion forestière

Au moment de la crise et au cours des quelques années qui ont suivi, la gestion s'efforce de limiter les pertes économiques en extrayant rapidement les produits forestiers de qualité. Le dépérissement provoque une désorganisation du plan de gestion et une révision anticipée de l'aménagement. Un aménagement expérimental est donc rédigé pour la période transitoire 1996-2000, en attendant que la révision suivante puisse être enrichie par les recherches menées dans le cadre de

l'Observatoire. Pour la première fois en France, l'Office National des Forêts (1995) rédige à cette période un guide de sylviculture des forêts dépérissantes en plaine d'Alsace. Ce guide mériterait sans doute une plus large diffusion, auprès d'autres gestionnaires devant gérer des situations de dépérissements feuillus.

Les études dendroécologiques et éco-physiologiques de l'INRA montrent qu'une bonne gestion de la réserve en eau dans les conditions édaphiques telles que celles de la Harth passe par une réduction de la consommation en eau des peuplements, techniquement possible par une baisse de l'indice foliaire, autrement dit par le retour à des futaies claires, comme celles décrites dans les très anciens aménagements de ce massif (peuplements très ouverts).

Si le forestier ne peut agir sur le climat ou la réserve utile des sols, il peut jouer :

- sur la densité des peuplements en intervenant dans le sous-étage, afin qu'il reste dans l'étage inférieur, et en diminuant le nombre de brins par cèpée. Ceci nécessite la prospection de nouveaux marchés pour écouler ces petits bois de faible valeur, sous forme de plaquettes par exemple dans un contexte bois-énergie porteur en Alsace.

- sur leur composition en favorisant le chêne sessile au détriment du chêne pédonculé, plus sensible au stress hydrique et donc mal adapté dans ce massif. Ceci peut nécessiter un martelage en feuilles, afin de faciliter l'identification des pédonculés à éliminer. Très peu de chênes pubescents sont actuellement présents sur le massif domanial : seuls quelques individus, peu caractéristiques, ont été identifiés à l'extrême nord et à l'extrême sud. Ils ne présentent dans ces conditions aucune différence de croissance ni d'état sanitaire avec le chêne sessile. Notons que ces deux conseils sont mis en application dans cette forêt depuis maintenant plusieurs années.

L'alerte canicule 2003 relance l'intérêt d'un observatoire

Au courant de l'été 2003, les premiers symptômes visibles de la sécheresse et

Chute des feuilles et brunissement

Ces premiers effets directs de la réaction des arbres sont de deux ordres : (1) les chutes prématurées de feuilles concernent des individus dont l'état de contrainte hydrique dépasse ce que le système conducteur de la sève peut supporter. Il se produit un phénomène de cavitation puis d'embolie dans les pétioles, voire les rameaux de 1 an. Les feuilles n'étant plus alimentées en eau tombent. (2) Les brunissements de feuilles restées sur l'arbre sont des symptômes liés à la chaleur. L'épisode caniculaire intervient alors que les stomates des arbres sont déjà fermés en raison du dessèchement avancé du sol. La transpiration est alors bloquée et les feuilles ne sont plus refroidies. Les températures atteintes par les feuilles sont supérieures à celles de l'air et sont létales pour les tissus.

de la canicule sont à nouveau spectaculaires et mobilisent les médias locaux. De façon plus ou moins généralisée, on constate des chutes prématurées de feuilles, des rougissements ou des brunissements de feuillages, voire des mortalités d'arbres précédemment fragilisés.

De plus, les travaux récents de dendroécologie montrent clairement que de tels accidents climatiques ont des effets différés pendant plusieurs

années. L'évaluation des conséquences d'un tel accident climatique sera donc à appréhender sur plusieurs années. Rappelons ici la leçon du dernier dépérissement : le pic de récolte de bois sec ou très dépérissant s'est produit en 1994, soit 5 ans après la sécheresse de 1989.

C'est dans ce contexte et sous les incitations fortes de l'INRA et du DSF que l'ONF réactive le réseau de placettes en 2004. Les placettes sont remises en

Canicule 2003, l'INRA documente les premiers symptômes

Devant l'intérêt de suivre en direct l'enclenchement d'un possible nouveau dépérissement, l'état visuel des chênes étudiés lors du précédent dépérissement est décrit début septembre 2003 par l'INRA selon trois critères : la chute prématurée de feuilles (en pourcentage), la quantité de feuilles brunes à l'aspect brûlé (en classe), en place sur l'arbre et la proportion de branches mortes. Ces observations montrent que les chênes pédonculés ont significativement perdu prématurément davantage de feuilles que les chênes sessiles (50 % contre 23 %), et que le nord du massif est en moyenne plus marqué par ce phénomène (39 % contre 27 % pour le sud) (fig. 4a). Le symptôme « feuilles brûlées » est aussi significativement plus fréquent chez le pédonculé que chez le sessile (fig. 4b).

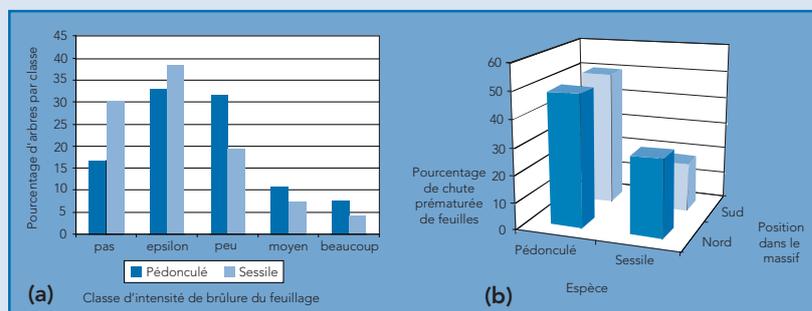


Fig. 4a : pourcentage de feuilles tombées prématurément en 2003 selon la position géographique dans le massif et l'espèce des chênes de l'Observatoire (notations INRA)

Fig. 4b : répartition des chênes de l'Observatoire en fonction de l'espèce et de l'intensité du symptôme « feuilles brûlées » fin 2003 (notations INRA)

état et notées au cours de la saison de végétation selon le protocole du réseau européen systématique. Trois critères sont évalués au niveau de la partie du houppier ayant accès à la lumière : mortalité de branches et de rameaux, déficit foliaire, coloration anormale. Regrettons que la désactivation de l'Observatoire en 2003 n'ait pas permis (1) de connaître l'état des houppiers de l'ensemble des arbres du réseau juste avant l'épisode canicule – sécheresse et (2) de noter individuellement les dommages visibles l'année même de ces stress. La réaction de l'INRA à l'événement a suppléé partiellement à cette carence.

Les notations 2004 et 2005 montrent qu'un nouveau cycle de dépérissement est amorcé, comme les connaissances acquises sur les seuils de risque pour les chênes de ce massif le laissaient prévoir.

En effet, la sécheresse et la canicule de 2003, suivies par de fortes attaques de chenilles défoliatrices au printemps 2004, ont fortement dégradé l'aspect visuel des peuplements :

- 2/3 des arbres présentent en 2004 un déficit foliaire sévère (> 30 %), le déficit foliaire moyen étant de près de 40 % (fig. 6),
- 90 % des arbres présentent des mortalités de branches ou de rameaux dans le houppier ayant accès à la lumière, dont 20 % de façon sévère,
- même les bois de petit diamètre et le charme qui étaient en bonne santé en 2001 sont sérieusement affaiblis.
- en 2005 la mortalité de branches progresse en particulier pour le charme et le chêne pédonculé (fig. 5).

Partant déjà d'un état historiquement toujours plus dégradé, le nord du massif a plus souffert des conditions climatiques de l'année 2003, quelle que soit l'essence considérée (fig. 6) :

- soit parce que les peuplements étaient plus fragilisés avant la sécheresse.
- soit parce que la sécheresse y a été plus forte : en année normale, les précipitations sont déjà à un seuil critique d'environ 580 mm/an contre

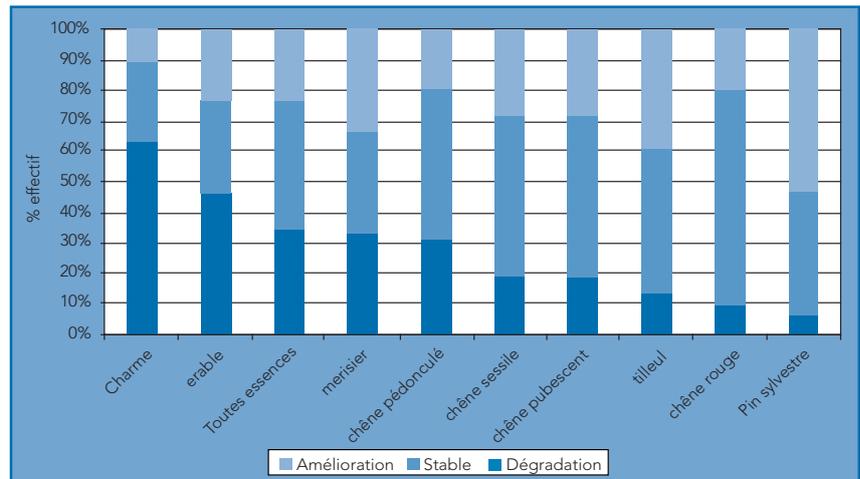


Fig. 5 : Évolution de la quantité de branches mortes¹ entre 2004 et 2005 pour diverses essences de l'Observatoire Écologique de la Harth

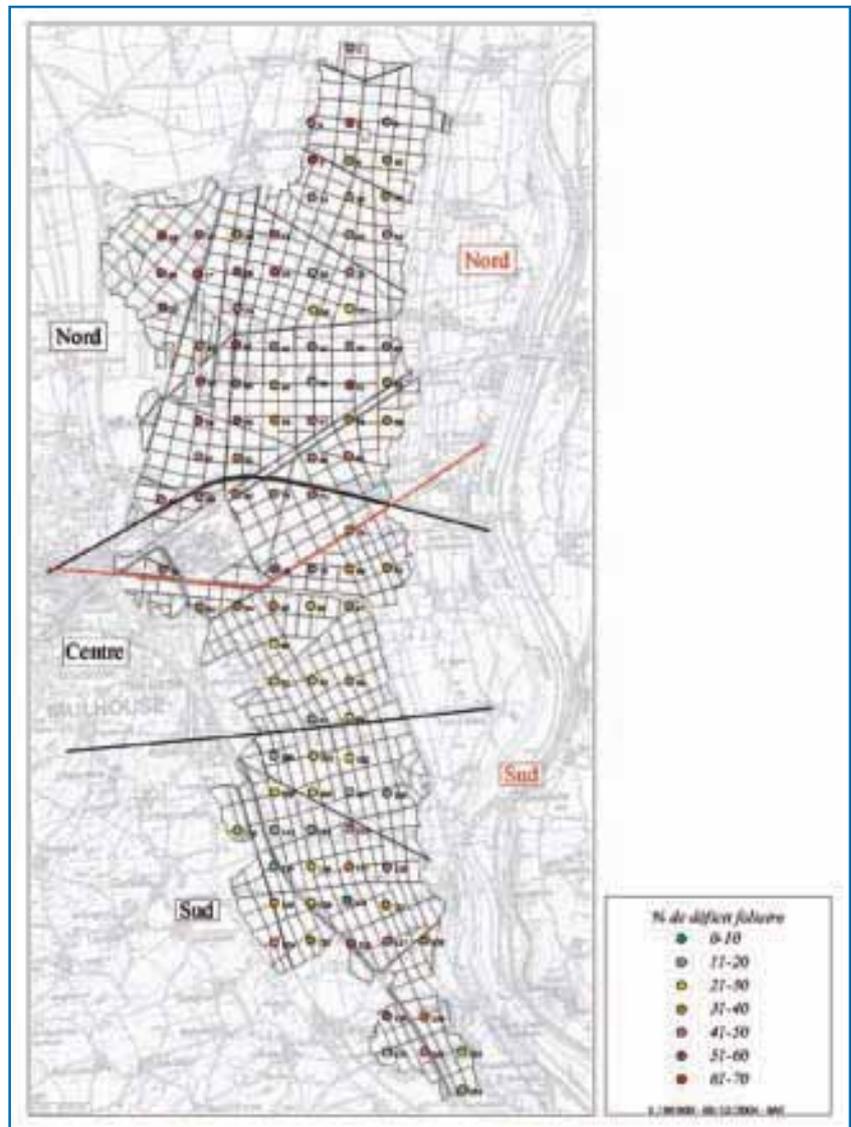


Fig. 6 : carte du déficit foliaire au printemps 2004

¹ Le pourcentage de branches mortes (rameaux, petites ou grosses branches) peut s'améliorer lorsque les éléments secs tombent et/ou que l'arbre réagit par de nouvelles pousses

780 mm/an au sud ; les sols sont aussi plus superficiels avec une réserve en eau plus faible. Par ailleurs, le centre du massif aurait pu bénéficier au cours de l'été 2003 d'un orage qui a permis une réhydratation partielle et un rafraîchissement du microclimat. L'absence de poste météorologique en forêt ne permet pas de quantifier cet effet, mais plusieurs agents de l'ONF ont rapporté cette hypothèse.

La proportion en chêne pédonculé y est aussi étonnamment plus forte (79 % contre 28 % dans le sud) malgré des conditions stationnelles plus défavorables. Cette présence est sans doute liée au caractère pionnier du pédonculé qui, malgré sa plus grande vulnérabilité au déficit hydrique du sol, se réinstalle après chaque épisode de dépérissement provoquant des ouvertures des couverts. C'est pourquoi, au niveau de la forêt, le chêne pédonculé apparaît en moyenne plus dégradé que le chêne sessile. Cependant, en comparant les deux espèces au sein de la Harth Nord ou de la Harth Sud, ces espèces de chênes sont actuellement dans un état sanitaire équivalent.

Les connaissances acquises par l'INRA au cours du dernier cycle de dépérissement permettent aujourd'hui d'estimer le risque induit par la sécheresse de 2003. Les calculs de bilan hydrique montrent que le déficit hydrique de 2003 est encore supérieur à celui de 1989 (fig. 7), qui avait provoqué des mortalités anormales de chênes et de cèpées de charme. Cette intensité est bien supérieure à celle qui induit une différenciation forte de la croissance entre les deux espèces de chênes (sessile vs. pédonculé). Il est donc fortement probable que de nouvelles mortalités apparaissent dans les années à venir. Le gestionnaire doit s'y préparer et anticiper les récoltes des individus dont l'aspect est le plus inquiétant. Les observations montrent également la présence d'agriles sur ces chênes qui pourraient également aggraver le dépérissement en causant la mort d'arbres affaiblis.

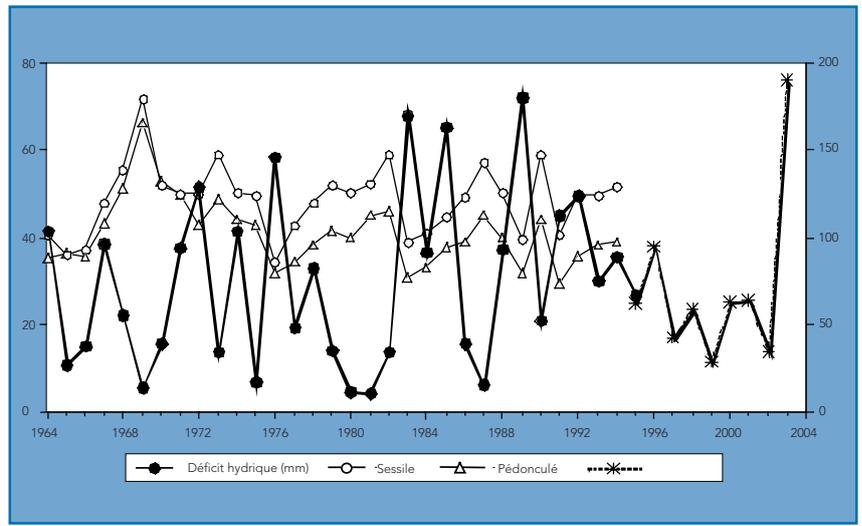


Fig. 7 : variations interannuelles de l'intensité du déficit hydrique jusqu'en 1995, date de l'étude dendrochronologique en forêt de la Harth (axe de gauche). L'intensité du déficit hydrique a été calculée de 1995 à 2003 à partir des données climatiques complémentaires, afin de caractériser et comparer l'évènement 2003. La sécheresse 2003 apparaît ici plus sévère que celle de 1989 qui a induit le dernier dépérissement de chêne et de charme dans ce massif. Données climatiques : station Météo France de Bâle, RU = 100 mm. Les courbes à symboles ouverts sont les indices de croissance radiale (axe de droite) des chênes de l'Observatoire repris de la fig. 3.

Prédire les risques de mortalité à l'aide de l'amidon des chênes

Le laboratoire d'écophysiologie de l'INRA a initié des recherches sur le taux de réserves glucidiques de chênes du réseau afin d'évaluer leur capacité à surmonter le stress de 2003. On sait que l'impact des sécheresses affecte la croissance des chênes pendant plusieurs années. De plus, les chênes ont souffert de fortes défoliations par les chenilles (géométrides et tordeuses) aux printemps 2004 et 2005. Ce cumul de contraintes réduisant l'assimilation du carbone et mobilisant une forte quantité de réserves carbonées pour reproduire de nouvelles feuilles risque d'affaiblir les arbres. Le dosage de ces réserves pourrait permettre d'identifier les sous-populations de chênes les plus vulnérables. Les premiers résultats montrent que les chênes ayant le plus mal débouffé et présentant le plus de branches mortes au printemps 2004 présentaient des teneurs en amidon significativement plus faibles que les autres individus. De plus, un début de mortalité a été noté courant 2005 : les chênes morts (1,5 % des chênes suivis par l'INRA sur 70 placettes de l'observatoire) présentaient fin 2003 des taux d'amidon et de glucides totaux significativement plus faibles que les individus survivants (fig. 8).

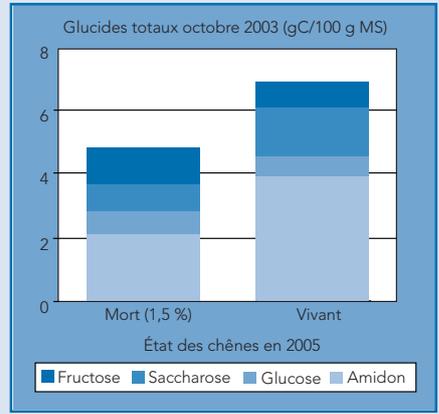


Fig. 8 : Comparaison des teneurs glucidiques (amidon et sucres solubles) à la base du tronc chez les chênes morts ou vivants en 2005

La Harth, un exemple dont il faut tirer tous les enseignements

Sous l'effet des inquiétudes croissantes concernant le changement climatique, beaucoup de dépérissements sont soupçonnés, à tort ou à raison, d'en être les premiers signaux. La mise en place de dispositifs d'observation comparables à celui de la Harth est alors souvent envisagée, parfois avec l'appui des collectivités locales. Cette volonté d'agir est louable dans son principe, mais la mise en place d'un dispositif doit être réfléchie, en prenant de la distance par rapport au phénomène :

Cet événement est-il vraiment nouveau ou exceptionnel par ses caractéristiques ou son ampleur ? Un retour attentif sur les archives et la bibliographie pourra permettre d'en juger (même les forestiers ont parfois la mémoire un peu courte).

Combien de temps l'effort d'observation pourra-t-il être poursuivi ? S'agit-il d'une étude ponctuelle d'analyse des facteurs, ou d'un suivi de l'évolution du phénomène ? L'article de C. Dubois-Coli et coll. montre bien qu'un tel dispositif doit s'inscrire dans la durée pour livrer des informations, une durée qui dépasse souvent celle des appuis financiers recueillis dans l'émotion des débuts. (L'idéal étant, comme le suggèrent les auteurs, une durée supérieure au temps de retour probable de l'évènement déclenchant).

Le traitement des données recueillies doit être prévu dès la mise en place du dispositif : la disponibilité des moyens, méthodes et compétences doit être garantie.

Les objectifs et les enjeux doivent être clarifiés : s'agit-il d'éclairer des décisions de gestion (caractériser, expliquer le phénomène, évaluer son étendue et sa cinétique) ? L'étude des causes du phénomène ne relève pas nécessairement de la Recherche, qui ne pourra être mobilisée que pour les cas a priori sans précédent par leurs caractéristiques.

Les correspondants-observateurs du Département de la santé des forêts sont à la disposition des gestionnaires pour décrire, évaluer, commencer les premières analyses avec l'appui de l'échelon interrégional. Un suivi méthodique des récoltes de bois morts ou dépérissants, dont l'article montre tout l'intérêt, doit être rapidement instauré. Il convient également d'informer systématiquement le Département Recherche de l'ONF, qui a aussi un rôle d'appui méthodologique, et de mutualisation des expériences.

Myriam Legay

Interface INRA/ONF « changement climatique »
Unité écologie écophysio-forestière
Centre INRA de Nancy

l'évènement en direct, mieux l'appréhender et donc mieux le gérer. Les évènements biotiques et climatiques des prochaines années seront en effet déterminants pour l'avenir des peuplements.

Une forêt qui pourrait préfigurer les conséquences des changements climatiques

Forêt très exposée à la sécheresse, située dans l'une des régions forestières les moins arrosées de France et sur des sols à faible capacité de rétention, la forêt de la Harth préfigure en quelque sorte ce qui pourrait arriver dans d'autres massifs si le changement climatique s'accompagne comme annoncé d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des évènements de sécheresse extrême. L'expérience démontre ici toute la richesse du suivi à long terme d'un dispositif de surveillance pour la compréhension et l'anticipation des impacts de tels accidents climatiques, ainsi que l'interaction continue et complémentaire des gestionnaires, de la recherche et des spécialistes de la Santé des forêts.

Cécile Dubois-Coli

ONF direction territoriale Alsace
Service d'appui technique

Louis Michel Nageleisen

DSF antenne spécialisée
Centre INRA de Nancy

Nathalie Bréda

INRA-Nancy
UMR INRA UHP écologie et écophysio-forestière

À l'heure actuelle, les martelages se limitent souvent à un prélèvement sanitaire des tiges les plus dépérissantes. Les chiffres de récolte des bois secs et dépérissants depuis 2004 (fig. 1) sont sans doute largement sous-estimés, beaucoup de chênes dépérissants récoltés à l'occasion de martelages programmés

n'étant pas comptabilisés et les très nombreux charmes secs sur pied n'étant souvent pas coupés car sans valeur marchande (communication personnelle A. Da Gai).

Aussi l'Observatoire et son réseau de placettes permanentes gardent toute leur raison d'être pour suivre²

2 A l'heure actuelle, le suivi n'est pas pérennisé même si une implication des agents ONF correspondants-observateurs du DSF, l'appui du DSF et un financement du Serfob Alsace permet de garantir le suivi en 2005-2006. La recherche de financement complémentaire dans le cadre d'un projet sur les changements climatiques est envisagée.

Bibliographie

AUGELMANN A., 2000. Évolution hydrographique et hydrologique en plaine de la Harth et en plaine de l'III. Coll. Les dossiers forestiers, n° 8. Paris : Office national des forêts. 146 p.

BRÉDA N., 1998. Dépérissement forestier en vallée du Rhin : analyse rétrospective de la croissance radiale des chênes de la forêt domaniale de la Harth (Haut-Rhin). Programme INTERREG II. Rapport final convention ONF-INRA. 50 p.

BRÉDA N., DUPOUEY J.L., PEIFFER M., 1998. Dépérissement forestier en vallée du Rhin : Etude taxonomique des chênes de la forêt domaniale de la Harth (Haut-Rhin). Programme INTERREG II. Rapport final convention ONF-INRA. 49 p.

BRÉDA N., GRANIER A., AUSSENAC G., 2004. La sécheresse de 2003 dans le contexte climatique des 54 dernières années : analyse écophysiological et influence sur les arbres forestiers. Revue forestière française, vol. 56, n°2, pp. 109-131

BRÉDA N., PEIFFER M., 1999. Dépérissement forestier en vallée du Rhin : étude du bilan hydrique des chênaies de la forêt domaniale de la Harth (Haut-Rhin) et impact des épisodes de sécheresse sur la croissance radiale des chênes. Programme INTERREG II, Rapport final convention ONF-INRA. 60 p.

BRÉDA N., PEIFFER M., DUPOUEY J.L., GEREMIA F., SCHIFFER R., KIEFFER C., 1999. Le rôle clé des déficits hydriques dans le dépérissement de chênaies en forêt de la Harth (Alsace du sud) établi par une analyse dendroécologique et écophysiological. In : La santé des Forêts [France] en 1998. Les Cahiers du DSF, n° 1. Paris : Ministère de l'agriculture et de la pêche. pp. 92-94

DEPARTEMENT DE LA SANTE DES FORETS, 1999. Manuel du correspondant-observateur. Paris : Ministère de

l'agriculture et de la pêche. Direction de l'espace rural et de la forêt. document interne. 200 p.

DUBOIS-COLI C., 2005. Forêt domaniale de la Harth : conséquences de la sécheresse et de la canicule sur l'état sanitaire des feuillus : état en 2004. Strasbourg : Office national des forêts. Direction territoriale Alsace.

LIÉNARD B., 1999. Dépérissement forestier en vallée du Rhin : analyse d'un siècle de données climatiques autour de la forêt domaniale de la Harth. Programme INTERREG II. 66 p.

LIÉNARD B., 2003. Aménagement de la forêt domaniale de la Harth (2003-2022). Strasbourg : Office national des forêts. Direction territoriale Alsace

LIÉNARD B., FILLBRANDT T., 2000. Dépérissement forestier en vallée du Rhin. Programme INTERREG II. Rapport final (bilan technique). Strasbourg : Office national des forêts, Fribourg : Centre de recherches forestières de Fribourg

LIÉNARD B., FILLBRANDT T., 2001. Dépérissement forestier en vallée du Rhin : le rôle des insectes sous-corticaux dans le dépérissement des chênes. Programme INTERREG II. 64 p.

NAGELEISEN L.M., 1993. Les dépérissements d'essences feuillues en France. Revue forestière française, vol. 45, n°6, pp. 605-620

NAGELEISEN L.M., 1995. Méthode d'évaluation de l'aspect du houppier. Paris : Département de la santé des forêts. 11 p.

NAGELEISEN L.M., 2005. Observatoire de la Harth. Département de la santé des forêts, Echelon Nord-Est. Informations techniques, n°42 : bilan de la santé des forêts en 2004.

NAGELEISEN L.M., 2005. Dépérissement du hêtre : présentation d'une méthode symptomatologique de suivi. Revue forestière française, vol. 57, n° 2, pp. 255-262

OBERTI D., 1997. Catalogue des types de stations forestières de la terrasse wurmienne de la Harth (67-68). Cellule d'application en écologie, CRPF Lorraine Alsace, ONF Alsace. 346 p.

OFFICE NATIONAL DES FORETS, 1995. Guides de sylviculture : forêts dépérissantes en plaine d'Alsace. Strasbourg : ONF. Direction régionale Alsace. 30 p.

REDERSTORFF D., 1996. Dépérissement forestier en vallée du Rhin : photo interprétation du dépérissement. Mission de photographie aérienne du 9 août 1994. Programme INTERREG II. 25 p., ann.

SAINTONGE F.X., NAGELEISEN L.M., 2001. Le rôle des agriles dans le dépérissement des chênes : observations récentes en Alsace. In : Rapport programme Interreg « dépérissement forestier en vallée du Rhin » : le rôle des insectes sous-corticaux dans le dépérissement des chênes. Strasbourg : ONF, Freiburg : FVA Baden-Wurtemberg. pp. 33-42

WÜRTZ M., DE MONTGOLFIER J., BRIDI B., 1996. Dépérissement forestier en vallée du Rhin : influence et évolution de la nappe phréatique en forêt de la Harth. Programme INTERREG II. 39 p., ann.