

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

n° 4 - printemps 2004



Dossier
p.17

Incendies de forêts

Les lisières forestières



p. 57

patrimoine
sylviculture
progrès

connaissances

économie

forêts et société

environnement

biodiversité

gestion durable

Rendez-Vous techniques

Directeur de la publication

Bernard Rey

Rédactrice en chef

Dominique de Villebonne

Comité éditorial

Yves Birot, Peter Breman, Jean-Marc Brézard, Xavier Gauquelin, Patrice Mengin-Lecreux, Rémy Metz, Pierre-Jean Morel, Frédéric Mortier, Jérôme Piat, Bernard Rey, Jean-Louis Roque, Dominique de Villebonne

Maquette, impression et routage

Imprimerie ONF - Fontainebleau

Conception graphique

NAP (Nature Art Planète)

Crédit photographique

page de couverture

1 - Été 2003 : des feux d'une intensité peu commune, comme à Vidauban le 17 juillet - Y. Duché, ONF

2 - P. Breman, ONF

Périodicité

4 numéros par an, et un hors série

Rendez-vous techniques est disponible au numéro ou par abonnement auprès de la cellule de documentation technique, boulevard de Constance, 77300 Fontainebleau dtrd.documentation@onf.fr ou par fax 01 64 22 49 73

prix au numéro : 10 euros

abonnement : 45 euros (tarif 2004) durée 1 an (4 numéros et un hors série)

Dépôt légal : mai 2004

Toutes les contributions proposées à la rédaction sont soumises à l'examen d'un comité de lecture choisi chaque fois en fonction du thème abordé.

sommaire

n° 4 - printemps 2004

- 3 en bref
- 4 zoom
Modes de désignation des coupes - par Julien Bouillie
- 5 connaissances
Biodiversité et archéologie - par Thomas Vigneau
- 10 méthodes
Montage de projet - par Olivier Ferry
- 15 pratiques
Ma régénération naturelle est-elle réussie ? - par Thierry Sardin
- 17** dossier thématique
Incendies de forêts
- 53 pratiques
Franchissement des cours d'eau - par Hervé Daviau et Jean-Yves Simon
- 57 pratiques
Les lisières forestières et le public - par Peter Breman

éditorial

L'année 2003 restera gravée dans les mémoires du fait de l'exceptionnelle gravité des incendies qui ont ravagé le Sud de l'Europe. Outre les drames humains qu'ils ont engendrés, le tribut payé par la forêt est lourd : plus de 60 000 ha ravagés dans la seule région méditerranéenne en France, et le bilan est bien pire chez nos voisins immédiats, Portugal et Espagne en particulier.

Certes, le contexte climatique a joué un rôle majeur, avec la conjonction d'une sécheresse précoce et intense qui a favorisé le nombre des éclosions de feux et augmenté la combustibilité de la végétation, puis d'une période de canicule au cours de laquelle se sont multipliés les orages secs et les feux de foudre. Mais d'autres circonstances, dont le développement a parfois été insidieux, sont également intervenues qui ont conduit à une aggravation des risques d'incendies.

La vigilance pour 2004 est de rigueur, et l'actualité malheureusement dès ce printemps dans le Var ne dément pas cette nécessité. Car la prévention reste l'incontournable dispositif qui nous permet d'espérer maîtriser la gravité de ces phénomènes. Et il a prouvé son efficacité.

Le dossier « incendies de forêts » que vous trouverez dans ce numéro s'attache à apporter un éclairage sur bien des points qui sont actuellement en réflexion : quels sont les avancées de la recherche dans le domaine de la prévention et de la prise en compte du risque ? Quelles analyses et quels enseignements retenir de cette année 2003, pour améliorer les dispositifs de prévention et de lutte ? Enfin, quelles mesures prendre immédiatement après incendies pour limiter les risques naturels induits ?

L'expérience et le savoir-faire des forestiers publics sont largement mis à contribution et reconnus. Ce dossier est une illustration de la forte implication de l'ONF dans le dispositif de prévention et de lutte contre l'une des causes de rupture brutale dans la vie des peuplements forestiers : l'incendie.

Le directeur général



Pierre-Olivier Drège

Séminaire « Forêts hétérogènes »

Réunion finale du programme du GIP ÉCOFOR consacré aux forêts hétérogènes. ENGREF-Nancy, mardi 22 juin – jeudi 24 juin 2004.

Les forêts naturelles sont généralement mélangées en espèces ou hétérogènes en âge ou en structure. La plupart des forêts gérées européennes sont semi-naturelles : la sylviculture utilise traditionnellement la dynamique naturelle des peuplements pour les orienter vers la satisfaction des besoins économiques, écologiques et sociaux. À l'heure actuelle, les outils quantitatifs d'aide à la décision (tables de production, modèles de croissance, évaluation des ressources) ainsi que les modèles plus cognitifs prenant en compte les structures des peuplements et leurs invariants (loi de Eichhorn, loi d'auto-éclaircie, etc.) sont disponibles principalement pour les peuplements réguliers, et il existe un fort besoin pour la construction d'outils d'aide à la décision pour la gestion des peuplements hétérogènes. Il existe depuis une trentaine d'année des familles de modèles pour lesquels le lien avec l'aide à la décision reste à construire.

Dans ce contexte, le GIP ÉCOFOR a consacré un programme aux « forêts hétérogènes », qui touche à sa fin cette année. Le moment est opportun pour réaliser un bilan détaillé des actions de recherches menées pendant ces dernières années, de discuter les principaux acquis avec des gestionnaires forestiers, et de proposer des pistes de recherches nouvelles pour l'avenir.

Ce séminaire s'adresse aux chercheurs et aux gestionnaires intéressés par la thématique des forêts mélangées et hétérogènes. L'objectif est de rassembler les communautés d'écophysiologistes, dendrométriciens, modélisateurs, écologues, généticiens, et gestionnaires pour mieux faire connaître la diversité et la réalité des approches entre ces différents groupes, et relier le

savoir des gestionnaires et les savoirs scientifiques.

Programme détaillé consultable sur intraforêt, brèves de la direction technique.

Voir aussi : <http://www.gip-ecofor.org/>

Coordination des participations ONF :

Myriam LEGAY, ONF, direction technique, département recherche et développement

Cavités souterraines et chauves-souris : intérêt de leur protection

Les chauves-souris sont des mammifères exclusivement insectivores, dont les rythmes biologiques dépendent étroitement de la disponibilité en proies. À l'automne, chaque animal constitue des graisses brunes, réserves énergétiques qui seront utilisées pour survivre pendant l'hiver. En effet, face à l'absence d'insectes en hiver, les chauves-souris entrent en léthargie, parfois pour plusieurs mois consécutifs. Elles recherchent alors des sites d'hibernation dont les conditions thermiques sont stables pendant tout l'hiver (même si proches de 0°C dans certains cas), et suffisamment humides pour éviter le dessèchement de l'animal. Dans la plupart des cas, elles affectionnent des cavités souterraines, qu'elles soient naturelles ou d'origine anthropiques. Certains de ces sites, suffisamment chauds en été, sont également utilisés par des colonies de reproduction (parfois de plusieurs milliers d'individus). Ces cavités revêtent alors une importance majeure en Europe pour la conservation des populations de chiroptères.

En France, la Société française pour l'étude et la protection des mammifères (SFPEM) ainsi que de nombreuses associations régionales étudiant les chiroptères mettent en place depuis des années un suivi des populations afin de surveiller l'évolution des chiroptères présents dans

ces sites. Depuis 40 à 50 ans, les scientifiques observent une chute globale des effectifs, qui peut s'expliquer par différents facteurs : modifications profondes des paysages (principalement agricoles), contamination des chaînes trophiques, régression des espèces proies, raréfaction des gîtes de reproduction, destruction directe... Le dérangement dans les cavités n'est pas non plus anodin et peut obliger un animal à sortir de sa léthargie en brûlant 30 % de ses réserves de graisses brunes en quelques minutes. Ce phénomène bien connu, et malheureusement courant, peut ainsi causer la mort de l'animal, si ce dernier ne peut pas reconstituer ses réserves dans les nuits suivantes (en cas de pluie ou de grand froid).

Face au déclin général des populations, toutes les espèces de chauves-souris sont protégées (33 au total en France) et 12 sont inscrites à l'annexe II de la directive Habitats-Faune-Flore. Leur survie dépend de la conservation des terrains de chasse, mais aussi de la préservation des sites d'hibernation et de reproduction. De nombreuses cavités naturelles ou artificielles (tunnels, anciennes mines, ponts, etc.) existent en forêt gérée par l'ONF. Ces sites peuvent faire l'objet de sollicitations diverses (visites spéléologiques, raid-aventure, fêtes, mise en sécurité, etc.). Bien souvent, des solutions adaptées de protection (périmètre grillagé, grilles, etc.) existent pour empêcher un dérangement incontrôlable de la cavité, sans pour autant fermer définitivement l'accès aux chauves-souris. D'autres sites peu attrayants (ou attractifs), en l'état, peuvent le devenir moyennant quelques aménagements minimes (ou modiques) (création d'accès, réfection de ponts en créant de nouveaux interstices, etc.). Pensez y !

Laurent TILLON, réseau national mammifères non ongulés de l'ONF, laurent.tillon@onf.fr

SFPEM - Groupe chiroptères sfpepm@wanadoo.fr

L'évolution des modes de désignation des coupes

Réduire la pénibilité de la désignation des coupes, tout en maintenant voire améliorant son efficacité, est une question récurrente. Elle se pose avec d'autant plus d'acuité que l'on promeut une sylviculture dynamique et que la charge individuelle liée au marquage des arbres s'intensifie. De plus, compte tenu des écarts de volume d'un arbre à l'autre et des variations de valeur du volume unitaire, le martelage d'une tige représente un enjeu économique variant de un à plusieurs milliers, alors que son coût est relativement constant. Enfin, l'évolution des modes de désignation se comprend assez naturellement dans le prolongement de la modernisation de nos structures et de nos procédures.

Un programme R&D est engagé depuis fin 2003, portant sur

- l'amélioration du marteau forestier,
 - l'amélioration du marquage à la peinture et
 - l'évolution des pratiques de marquage dans certaines situations sylvicoles.
- Il est suivi par un groupe de travail (de l'inspection générale à des unités territoriales), qui prend en compte les différents aspects juridique, technique, hygiène et sécurité, terrain.

Grâce notamment à l'élaboration antérieure de plusieurs prototypes de marteaux, nous disposons d'un réservoir d'initiatives qui ont été regroupées pour en retenir les principales voies d'amélioration. Les travaux sur l'amélioration du marteau et du marquage à la peinture sont également menés en relation avec des organismes spécialisés dans l'innovation, l'ergonomie et la biomécanique.

Le remplacement du marteau forestier

Le développement d'autres outils de marquage innovants fait l'objet

d'une veille technologique, par exemple sur l'implantation d'une marque ou capteur électronique via un système à ressort ou à air comprimé. Toutefois, des réserves importantes subsistent : elles concernent le mode de recharge qui doit se faire sans énergie extérieure et avec peu d'efforts, le besoin de développer un outil qui remplace non seulement la fonction de l'empreinte du marteau mais aussi celle du flachis (visibilité de la marque), le coût de fonctionnement qui doit être faible et le poids qui doit être modéré.

L'amélioration du marteau

Trois principaux axes de travail ont été identifiés.

- S'adapter à la diversité des pratiques. Cela passe par l'abandon d'un marteau universel au profit d'un marteau personnalisé, à l'égard des utilisateurs en jouant sur le manche, et à l'égard des types d'écorce en jouant sur le fer. Le principe central de cette personnalisation repose sur la dissociation du manche avec le fer et du fer avec l'empreinte, et il conduit à aboutir à une panoplie de marteaux, avec une gamme de plusieurs manches et plusieurs fers.

- Diminuer la valeur des efforts les plus intenses au cours du martelage. En pratique, cela passe par optimiser la longueur et le poids de l'outil, et par améliorer le tranchant du fer (matériau, courbure, orientation).

- Réduire le transfert des vibrations de l'outil vers l'utilisateur, par l'insertion d'un dispositif d'amortissement et par des matériaux adaptés.

Les évolutions retenues aboutiront à la fabrication d'une présérie de marteaux destinée à être testée à l'automne 2004.



Prototype avec dissociation de l'empreinte du reste du fer et insertion d'un dispositif de compensation d'angles

L'amélioration du marquage à la peinture

Après avoir dressé un état des lieux des produits disponibles sur le marché, nous cherchons à développer un système de marquage qui soit adapté aux critères d'innocuité (santé humaine et environnement), d'exposition minimale de l'utilisateur au produit, de visibilité de la marque pendant au moins trois ans, d'emploi possible par temps de pluie et par température basse, d'utilisation non salissante.

Pour être en mesure de remplacer les fonctions de flachis et d'empreinte du marteau et de se substituer à lui dans un plus grand nombre de situations, le système retenu cherche à permettre la réalisation d'une marque à la fois visible et difficilement reproductible.

Julien BOUILLIE

ONF, département recherche et développement
direction technique
julien.bouillie@onf.fr

Biodiversité et archéologie : un projet d'études interdisciplinaires en forêt de Rambouillet (Yvelines)

Les forêts actuelles sont des systèmes fortement marqués par l'activité humaine, dont l'évolution, au niveau local, a rarement été linéaire dans le temps, certains sites montrant une succession de phases d'occupation puis d'abandon par l'homme. Ces occupations ont entraîné des modifications des sols et de la végétation, donc de la biodiversité en général, dont l'interprétation présente une utilité directe pour le gestionnaire. Les travaux scientifiques menés sur ce thème restent à compléter par la confrontation des acquis archéologiques avec divers éléments constitutifs du milieu « naturel » actuel et de la biodiversité.

L'expression « milieu naturel » est à bien des égards inadaptée aux forêts actuelles de l'ensemble de l'Europe occidentale. Depuis le Néolithique — c'est-à-dire depuis l'avènement, vers 5000 avant J.-C., d'une économie fondée sur la production et non plus sur la prédation — l'homme a considérablement accru son emprise sur les territoires qu'il exploite et organise, en agissant notamment sur son environnement végétal. Les défrichements successifs nécessaires à la constitution des espaces cultivés, le développement du pâturage et l'exploitation des ressources forestières ont introduit une rupture sur le plan du fonctionnement naturel des écosystèmes dont la structure et la dynamique ont durablement été modifiées (Bertrand, 1975). Ces facteurs ont d'autre part joué un rôle déterminant dans l'évolution des surfaces forestières au sein des paysages.

Les forêts : des milieux profondément modifiés par l'homme

Les historiens, qui ont depuis longtemps étudié le phénomène des grands défrichements médiévaux, ont souvent souligné que la mutation agricole du Moyen Âge a constitué, entre le XI^e et le XIII^e siècle, un épisode capital concernant l'anthropisation des milieux dans l'ensemble de l'Europe de l'Ouest. L'extension des champs permanents aux dépens des forêts et des friches, que rendait nécessaire un contexte de forte croissance économique et démographique, a en effet conduit à une importante dilatation des espaces cultivés, provoquant ainsi des évolutions écologiques irréversibles. Néanmoins, sans mésestimer l'impact des défrichements médiévaux, il convient de rappeler que, dès la fin du Néolithique, l'environnement végétal des sociétés rurales a été modifié de manière significative du

fait du développement des activités agropastorales.

Beaucoup de travaux, et notamment de nombreuses études paléoécologiques, montrent par ailleurs que la prise de possession du sol par les sociétés humaines ne s'est pas effectuée au gré d'une déforestation continue dont les grands défrichements médiévaux seraient le point d'orgue. Ces études, qui témoignent de l'alternance de phases d'emprise et de déprise agraire, démontrent l'absence de linéarité des processus d'anthropisation. À cet égard, analyses polliniques et prospections archéologiques, parfois étayées par l'étude des sources écrites et des toponymes, révèlent que certains massifs forestiers réputés anciens occupent des espaces dont les modes d'occupation et de mise en valeur ont été soumis à d'importantes variations au cours du temps.

Profondément modifiés par l'exploitation anthropique des milieux, les

espaces forestiers ont vu leur pérennité menacée dès le Moyen Âge. Dès le XIII^e siècle, la question de leur protection s'est posée, en France comme dans la plupart des pays européens. Pourtant, malgré l'instauration de mesures visant à protéger les forêts et à réglementer leur exploitation, les surfaces occupées par la forêt française n'ont cessé de diminuer jusqu'à la fin du XVIII^e siècle. Il faut en effet attendre le deuxième quart du XIX^e siècle et l'instauration du code forestier (1827) pour qu'une inversion de tendance se dessine. On estime ainsi que les surfaces forestières ont doublé depuis deux siècles dans notre pays.

Dans le même temps, les fonctions socio-économiques des milieux forestiers ont subi d'importantes modifications. Espaces de pluri-activité surtout exploités de manière extensive jusqu'à la fin de l'Ancien Régime, les forêts ont progressivement devenues des espaces principalement voués à la production sylvicole. Le développement et l'intensification de la sylviculture ont ainsi contribué à transformer une végétation forestière déjà largement anthropisée depuis de nombreux siècles. La mise en œuvre de divers modes culturels et la sélection de quelques essences de production ont en effet modelé les formations forestières tout en entraînant d'importantes modifications de leur composition floristique.

L'anthropisation des milieux : des effets perceptibles à très long terme sur les écosystèmes forestiers

En Europe occidentale, les espaces forestiers contemporains constituent pour la plupart des systèmes secondaires où s'expriment, sous des formes variées, de nombreux effets d'origine anthropique. Or, certains processus écologiques peuvent être liés à des modifications très anciennes du milieu. Ainsi que le montre une étude réalisée en forêt d'Orléans, l'exploitation antique des ressources forestières afin

de produire du charbon de bois a contribué à la formation de podzols sur les périmètres intensément déboisés au cours de l'époque romaine. Favorisé par la perméabilité du substrat, le processus de podzolisation a entraîné des modifications écologiques irréversibles, maintenant une végétation dominée par le bouleau, le pin, la bruyère et la callune au détriment de la forêt caducifoliée (Poupet, 1999). Des phénomènes similaires ont été observés en forêt d'Alstrup Krat (Danemark), où la distribution spatiale des podzols est corrélée à la répartition des terres exploitées de manière intensive au cours de l'Âge du Fer, puis abandonnées à la suite de l'épuisement des sols (Kristiansen, 2001).

Lorsque des espaces actuellement occupés par la végétation forestière ont subi une pression anthropique importante, et notamment lorsqu'ils ont succédé à des zones d'habitat associées à des espaces cultivés, les modifications apportées aux propriétés physiques et chimiques des sols peuvent influencer durablement le fonctionnement de l'écosystème. L'exploitation à des fins agricoles de sols postérieurement occupés par la végétation forestière peut ainsi se traduire par le développement d'espèces rudérales en lien avec l'amendement des sols. Des recherches récemment menées en forêt de Thuilley-aux-Groseilles (Meurthe-et-Moselle) révèlent ainsi que des zones anciennement cultivées à l'époque gallo-romaine sont aujourd'hui significativement associées à des espèces caractéristiques de sols riches en éléments nutritifs (azote et phosphore notamment), et ce alors que le site a été abandonné au milieu du III^e siècle après J.-C. (Dupouey *et al.*, 2002 a).

L'ancienneté du couvert forestier : un indicateur de valeur patrimoniale

Bien que profondément influencé par les interventions humaines, le fonctionnement des écosystèmes forestiers conserve malgré tout des

mécanismes biologiques et écologiques qui lui sont propres. Des travaux récents montrent que la continuité de l'occupation forestière pendant plusieurs siècles — au moins 200 ans — joue un rôle important dans la structuration des communautés végétales (Honny *et al.*, 1998 ; Dupouey *et al.*, 2002 b). L'ancienneté du couvert forestier favorise en effet le maintien d'une flore caractérisée par des espèces dont le mode de dispersion est généralement peu efficace et ayant une faible capacité de colonisation. À l'inverse, dans les zones forestières ayant plus ou moins récemment succédé à des espaces agricoles, l'amendement des sols favorise le développement d'espèces plus compétitives, et limite par contrecoup l'installation des espèces inféodées à des habitats forestiers plus anciens. D'où des différences floristiques persistantes entre forêts anciennes — entendons par cette expression des espaces continuellement occupés par la végétation forestière pendant au moins deux siècles — et forêts plus récentes.

La continuité de la végétation forestière sur de longues périodes historiques favorise le maintien d'une flore particulière. Peu développée dans les espaces récemment boisés, elle est très sensible aux perturbations d'origine anthropique. En conséquence, l'ancienneté de la couverture forestière constitue un indicateur pertinent de valeur patrimoniale (Dupouey *et al.*, 2002 b).

L'approfondissement des connaissances concernant la dynamique des espaces forestiers constitue donc un enjeu majeur pour l'évaluation de la biodiversité, et nécessite le développement d'études consacrées à l'évolution des modes d'occupation du sol. L'analyse des plans cadastraux de la première moitié du XIX^e siècle et des documents cartographiques de l'Ancien Régime constitue une première approche. Pour les périodes antérieures au XVIII^e siècle, la raréfaction des documents exploitables rend plus difficile l'étude

régressive des surfaces occupées par les forêts françaises. La prise en compte des occupations archéologiques attestées dans les espaces forestiers permet de compléter cette démarche : l'analyse des sols et de la flore forestière dans une perspective archéologique peut en effet livrer un faisceau d'informations permettant de mieux comprendre l'anthropisation des milieux et la dynamique forestière.

La forêt de Rambouillet : une forêt ancienne, un fort potentiel archéologique

C'est dans cet objectif qu'en 2003 le Muséum national d'histoire naturelle a élaboré, en partenariat avec l'Office national des forêts, un programme de recherches de trois ans visant à mettre en place un ensemble de méthodes permettant d'évaluer la biodiversité des forêts caducifoliées du Bassin Parisien. L'originalité de ce projet, intitulé « Ancienneté et pérennité des espaces forestiers », est d'associer aux axes de recherche dévolus à l'écologie forestière une approche historique et archéologique au travers de recherches portant sur l'anthropisation des milieux. Parmi les forêts qui seront étudiées dans le cadre de ce projet entre 2004 et 2006, le massif forestier de Rambouillet (Yvelines), mentionné dès le VIII^e siècle par les sources écrites, et caractérisé par l'abondance de structures archéologiques antiques, offre de nombreuses perspectives d'études.

Fragmenté en plusieurs ensembles, le massif de Rambouillet s'étend sur environ 22 000 ha, dont 14 550 ha de forêt domaniale. Il occupe des plateaux dont le soubassement formé par des sables et grès de Fontainebleau est surmonté par des argiles à meulière. Sur ces plateaux, la lithologie conditionne nettement les modes d'occupation du sol. Les cultures occupent significativement les secteurs où l'on retrouve des dépôts limoneux superficiels, souvent peu étendus et peu profonds,



T. Vigneau, MNHN

*La villa de la Mare aux Buis est l'un des sites gallo-romains les plus étendus et les plus riches en mobilier de la forêt de Rambouillet. Présentant des vestiges de fondations particulièrement bien conservés, il se caractérise par l'abondance de *Mercurialis perennis* (mercuriale vivace) dont le développement est vraisemblablement lié à la présence de moellons calcaires et de résidus de mortier à base de chaux*

alors que la végétation forestière recouvre préférentiellement des sols formés sur des matériaux à dominante argileuse ou sableuse. En définitive, la forêt occupe des sols n'offrant pour la plupart que de faibles potentialités agricoles : acides et mal drainés, ces derniers sont d'autre part

caractérisés par une importante charge caillouteuse en surface ou à faible profondeur.

Sur la base de ce constat, de nombreux historiens ont estimé que la nature des sols formés sur les plateaux a constitué un facteur limitant



T. Vigneau, MNHN

Caractéristique de sols riches en bases et en azote, Arum maculatum est très fréquemment attesté sur les sites d'habitat de la forêt de Rambouillet

à l'extension des terroirs cultivés, notamment au cours de la période médiévale. Certains auteurs admettent d'ailleurs que le massif de Rambouillet, dont la première mention écrite est datée de 768, correspond aux reliques d'une ancienne forêt primitive dont de larges portions auraient échappé au processus de déforestation en raison de la médiocrité des sols qu'elles recouvrent.

La présence en contexte sylvaïque de nombreux sites archéologiques gallo-romains, et notamment de plusieurs sites d'habitat, traditionnellement interprétés comme des *villae*, conduit à penser qu'au cours de l'Antiquité les espaces forestiers correspondant actuellement au massif de Rambouillet étaient vraisemblablement plus fragmentés qu'aujourd'hui. Outre le fait qu'ils présentent des vestiges mobiliers caractéristiques (tuiles, briques, vaisselle en céramique notamment), ces sites ont également pour point commun la présence notable d'espèces indicatrices de sols riches en base et en éléments nutritifs, se distinguant net-

tement des espèces acidiphiles et acidiclinales caractéristiques du milieu environnant. Sur les sites d'habitat, les vestiges immobiliers (murs, talus), souvent bien conservés, sont en effet associés à des espèces neutro-nitroclinales et neutro-nitrophiles comme l'ortie dioïque (*Urtica dioica*), le gouet tacheté (*Arum maculatum*), l'herbe du roi Robert (*Geranium robertianum*) et la renoncule à tête d'or (*Ranunculus auricomus*).

Les facteurs à l'origine de cette flore atypique suscitent de nombreuses interrogations. Si la présence de plantes indiquant des sols riches en azote et en phosphore semble liée aux zones anciennement habitées, on peut aussi se demander si leur développement ne constitue pas un indice d'antécédent agricole. Une autre interrogation tient aux éventuels impacts écologiques liés à la réoccupation tardive de sites abandonnés de longue date. Cette question se pose avec d'autant plus d'acuité en forêt de Rambouillet que certains sites abandonnés vers le III^e siècle de notre ère ont vraisemblablement été réoccupés au cours du Moyen Âge.

À Rambouillet, le trait le plus marquant de la documentation archéologique est la présence de nombreuses enceintes quadrangulaires (plus d'une trentaine au total) constituées par un talus bordé par un fossé extérieur. Quelques unes de ces structures ont été occupées au cours de l'époque romaine, certains indices suggérant parfois une occupation dès le 1^{er} siècle avant J.-C. Successivement interprétées comme des fortifications militaires, puis comme des sites à caractère cultuel, certaines de ces enceintes correspondent vraisemblablement à des sites d'habitat associés à des fonctions artisanales ou agropastorales. Néanmoins, il n'est pas certain que ces sites forment un corpus homogène, tant sur le plan chronologique que

Une démarche associant archéologie et écologie

Afin d'effectuer des comparaisons pertinentes, on s'attachera à étudier des sites archéologiques s'inscrivant dans des conditions topographiques et stationnelles comparables.

Les sites d'étude, au nombre d'une dizaine, feront l'objet de relevés floristiques. Des prélèvements seront réalisés dans les horizons superficiels du sol en vue d'effectuer des analyses biogéochimiques. Des analyses porteront également sur la méso- et la micro-faune du sol. Enfin, relevés d'humus et profils pédologiques compléteront le dispositif de données.

Pour étayer l'étude des processus écologiques observés, on procédera, d'une part, à des études cartographiques visant à restituer la dynamique récente de l'occupation du sol sur les zones étudiées. D'autre part, les données relatives à l'environnement des sites archéologiques seront étudiées de manière comparative avec celles de plusieurs stations de référence. Enfin, en complément des études phytoécologiques et pédobiologiques, des sondages archéologiques seront effectués dans un second temps afin de préciser la chronologie et la nature des occupations archéologiques.



T. Vigneau, MNHN

Le Parc aux Anglais, qui figure sur un plan de la forêt de Rambouillet dressé en 1708, désigne une enceinte quadrangulaire de plus d'un hectare constituée par un puissant talus d'une hauteur maximale de près de 3,50 m. Vraisemblablement occupé dès la fin de l'indépendance gauloise (I^{er} siècle avant J.-C.), le site a abrité un habitat gallo-romain

fonctionnel. Il est d'ailleurs probable que ces enceintes aient fait l'objet de plusieurs occupations successives entrecoupées par des phases d'abandon. Du reste, on peut penser que certaines enceintes aient pu répondre à des fonctions différentes selon les périodes d'occupation.

Un programme d'études interdisciplinaires

L'abondance des structures archéologiques en forêt de Rambouillet fournit l'occasion d'évaluer les effets liés à l'anthropisation ancienne du milieu sur le fonctionnement de l'écosystème forestier. La présence de sites de nature différente offre d'autre part l'opportunité d'étudier de manière comparative leur « signature » écologique.

Perspectives et conclusion

Au moyen de ces études, on cherchera à déterminer les groupes fonctionnels caractéristiques de la présence des structures archéologiques, dont on cherchera à préciser le rôle dans la structuration des communautés étudiées. On tentera d'évaluer les réponses de l'écosystème en fonction de la nature du site, de sa chronologie, de la durée de son

occupation et de la date de son abandon. Inversement, on cherchera à déterminer des bio-indicateurs d'anthropisation susceptibles de contribuer, en complément des sondages archéologiques, à l'interprétation des sites étudiés.

On s'interrogera aussi sur le comportement des espèces de forêts anciennes dans l'environnement des sites archéologiques. Dans quelles mesures la présence des sites limite-t-elle le développement des espèces de forêts anciennes ? L'abandon des sites a-t-il conduit à la constitution d'une végétation forestière présentant des caractères d'ancienneté ? Existe-t-il, à cet égard, des réponses différenciées suivant la date d'abandon des sites et la durée de leur occupation ? Certains sites archéologiques sont-ils associés à des ensembles d'espèces présentant un important intérêt patrimonial ? On peut espérer qu'à travers ces approches un nouvel éclairage puisse être apporté sur l'écologie des espèces inféodées aux habitats forestiers anciens.

Thomas VIGNEAU

Muséum national d'histoire naturelle
Brunoy
thomas.vigneau@noos.fr

Bibliographie

BERTRAND G., 1975. Pour une histoire écologique de la France rurale. In : Histoire de la France rurale I. Des origines à 1340. Paris : Seuil, pp. 37-118

DUPOUEY J.L., DAMBRINE E., LAFFITE J.D., MORAES C., 2002 (a). Irreversible impact of past land use on forest soils and biodiversity. Ecology, vol. 83, n°11, pp. 2978-2984

DUPOUEY J.L., SCIAMA D., KOERNER W., DAMBRINE E., RAMEAU J.C., 2002 (b). La végétation des forêts anciennes. Revue Forestière Française, vol. 54, n°6, pp. 521-532

HONNAY O., DEGROOTE B., HERMY M., 1998. Ancient-forest plant species in Western Belgium : a species list and possible ecological mechanisms. Belgium Journal of Botany, vol. 130, n°2, pp. 139-154

KRISTIANSEN S.M., 2001. Present-day soil distribution explained by prehistoric land-use : Podzol-Arenosol variation in an ancient woodland in Denmark. Geoderma, vol. 103, n°3-4, pp. 273-289

POUPET P., 1999. La pédologie. In : La géologie : les sciences de la Terre. Paris : Errance. Coll. « Archéologiques », pp. 93-138

Le montage de projet : un métier au service du développement local

« À l'analyse, il existe beaucoup d'endroits où il est possible de parler de la forêt [...]. Si la forêt n'est pas prise en compte à la hauteur de ses enjeux, c'est essentiellement par manque de porteurs de projets, politiques ou professionnels. »

Ainsi s'exprime Jean-Claude Monin, président délégué des communes forestières dans son rapport de février 2003, remis au Premier ministre, et intitulé « Décentralisation et politique forestière ».

La France en général et la forêt française en particulier, sont de culture administrative et jacobine, à l'opposé de l'action par projet qui consiste à déléguer des moyens à des acteurs locaux, à leur initiative, sur des objectifs précis qu'ils auront contribué à définir. Dans ce contexte, le handicap forestier souligné par J.-C. Monin est en phase avec le manque de savoir-faire général de la France à bénéficier des crédits européens liés aux appels à projets. Toutefois, l'exemple du domaine de l'eau, beaucoup plus dynamique grâce aux outils de contractualisation locale mis en place (SAGE [schéma d'aménagement et de gestion des eaux], contrats de rivières...) montre que cette situation n'est en rien une fatalité.

En optant résolument pour inscrire leur action dans le cadre du développement local (ou développement territorial, comme on voudra), les forestiers essaient de combler ce retard. Les chartes forestières de territoire notamment, ont pour vocation explicite de générer des projets permettant d'inscrire dans les territoires, des actions et des financements portant sur tous les enjeux de la gestion forestière. De l'approvisionnement d'une chaufferie au bois jusqu'à la protection de captages d'eau potable, ce sont bien ces projets nouveaux qui dessinent l'avenir de la forêt française.

Toute la difficulté, précisément, est de travailler sur des projets innovants qui, pour la plupart, ne correspondent pas (encore) à des politiques publiques structurées : quand l'ONF propose, par exemple, de travailler, dans le cadre de contrats de rivières, sur la prise en compte de la protection exercée par la forêt sur le bassin-versant, il n'a actuellement pas d'autre voie que de monter des projets « prototypes » pour faire évoluer les contrats de rivières qui, le plus souvent, ne s'écartent guère du lit majeur. En d'autres termes, il n'y a pas de marché existant pour les nouvelles problématiques forestières à faire prendre en compte et donc pas de place pour un ONF prestataire, qui « se contenterait » de répondre à des appels d'offres. Par contre il y a des attentes, des besoins et une place pour un ONF capable de générer des projets innovants dans une relation partenariale avec, le plus souvent, des collectivités locales. C'est l'objet de cet article que de décrire quelques éléments fondamentaux de cette approche partenariale de montage de projets.

Cet article, dont la difficulté principale consiste à cibler l'essentiel, propose une première approche de la question centrée sur les quatre points suivants :

- Qu'est ce qu'un projet ? Quels sont les éléments clés du fonctionnement par projet ?
- Comment cette activité peut-elle se développer à l'ONF ?
- Qui a besoin de l'ONF pour monter des projets ? Quelles sont ces attentes auxquelles nous pourrions répondre ?
- Comment fait-on ? Comment devient-on « monteur de projet » ?

De quels projets parle-t-on ?

Cet article se réfère au contexte du montage de projets européens du type LIFE (projets à finalité environnementale) ou INTERREG (projets mobilisant des partenaires de différents pays européens) mais les méthodes et les logiques qui sont décrites s'appliquent, a priori, à tous types de projets. De façon générale, il s'agit de projets complexes qui sont « multi-thèmes » (et qui mobilisent donc une grande diversité de compétences internes et externes), qui sont « multi-financeurs » (et donc « multi-clients » avec des exigences parfois contradictoires), qui ont une emprise géographique souvent vaste (d'où mobilisation inter-agences voire inter-DT) et dont la réalisation s'étend sur plusieurs années.

Les quatre points cardinaux du fonctionnement par projet

Un projet est une concentration de moyens humains et budgétaires, dans un temps donné, pour atteindre des objectifs précis (1). Un projet peut être vu comme un système qui capte (momentanément) des ressources, de façon à restituer des produits. Pour qu'il fonctionne bien, il est absolument nécessaire que ceux qui concèdent les ressources soient intéressés par l'élaboration des produits. Les responsables de ce « système-projet » (le monteur de projet puis l'équipe projet chargée de sa réalisation) doivent donc avoir en tête en permanence, cette dialectique fonda-

(1) Dans le cas des projets européens, ces différents éléments sont écrits dans le « document de projet » qui est approuvé par l'autorité européenne compétente. Ce document de projet constitue donc le contrat de référence, à ne pas confondre avec les conventions de mise en œuvre qui viennent s'ajouter, notamment pour les relations avec les co-financeurs français.

mentale du « donné-rendu », sur les ressources budgétaires et humaines. C'est ce qu'illustre le schéma ci-contre.

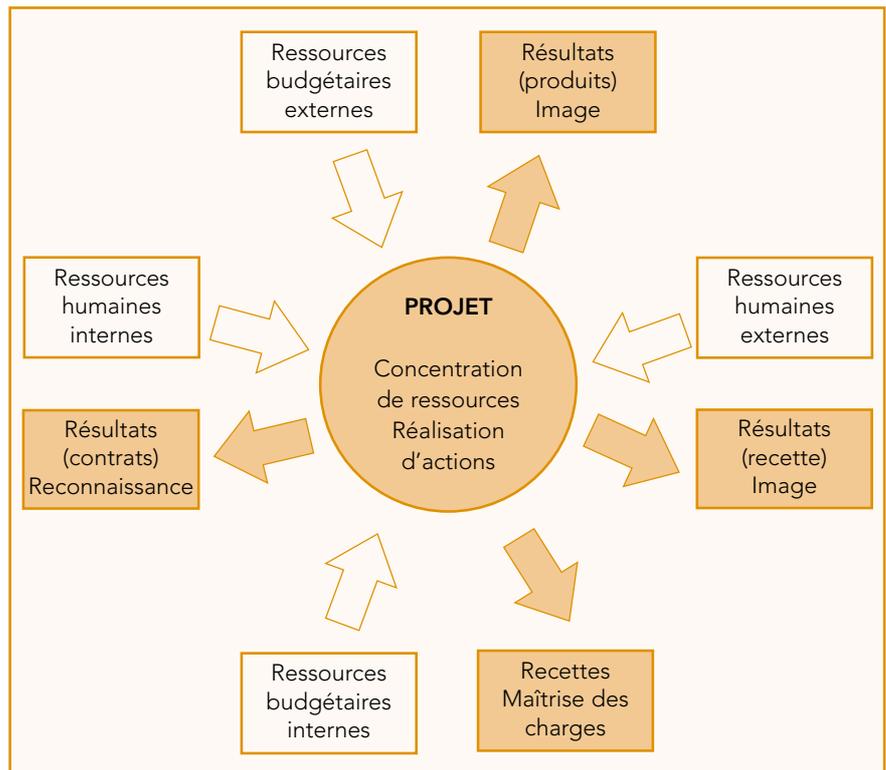
Ainsi, dans ses relations avec les partenaires budgétaires, le monteur de projet s'attache à comprendre leurs attentes : celles-ci concerneront principalement les résultats concrets du projet mais elles pourront aussi intégrer une forte préoccupation de « retour d'image ». C'est le cas, par exemple, de l'Union européenne, très soucieuse de la communication autour de ses projets LIFE.

De la même façon, lors de la constitution de l'équipe projet, le responsable devra s'attacher à connaître les retours attendus de ses collègues. Il peut s'agir d'une reconnaissance de compétences professionnelles, éventuellement en lien avec un positionnement dans une structure spécialisée. Il peut aussi s'agir, pour la hiérarchie, d'un retour de résultats visibles dans les comptes du service. Un projet qui permet d'organiser une activité spécialisée sur plusieurs années est souvent un vecteur d'amélioration des compétences professionnelles.

Une activité à structurer à tous les niveaux : la « filière projet »

Cette constitution de l'équipe projet est une question évidemment fondamentale... et qui mérite d'être posée ! En effet les habitudes de travail à l'ONF veulent qu'un projet soit l'affaire d'une personne qui l'assumera de bout en bout. Le travail d'équipe d'un chef de projet avec des spécialistes commence heureusement à entrer dans les mœurs, notamment pour la réalisation des aménagements forestiers. Mais combien de cadres se sont épuisés à monter et gérer seuls, y compris sur le plan administratif, des projets européens extrêmement lourds, avec pour conclusion finale un malheureux « plus jamais ça » ? À l'opposé, combien de DT n'ont aujourd'hui aucun grand projet en cours, faute de compétences pour les monter ?

Dans les deux cas il y a un déficit d'identification et de formation des compétences

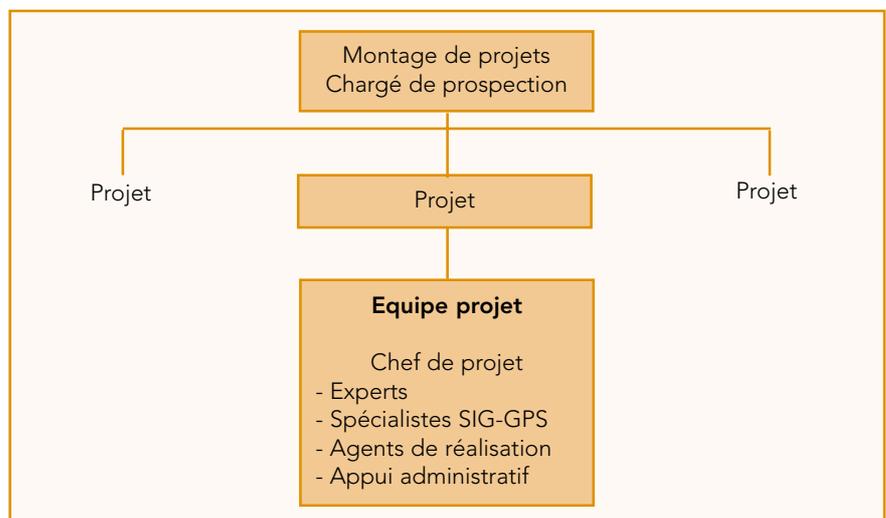


Fonctionnement du projet

essentielles dont seule la complémentarité assurera la réussite, la sérénité et la solidité nécessaires pour que vive sur le long terme une activité de gestion de projets.

Les deux schémas ci-après rendent compte de l'organisation qu'il serait souhaitable de mettre en place pour le montage et la réalisation de projets. Toutes les US ne pouvant pas rassembler toutes les compétences, il est bien évident qu'il s'agit de lire ces schémas avec

la perspective de mutualiser certaines compétences spécialisées. Dans la pratique, le niveau de la DT semble pertinent pour mettre en place, de façon autonome un tel schéma. Cela ne doit pas empêcher, au contraire, de mutualiser et renforcer les compétences les plus spécialisées au niveau national, par un fonctionnement en réseau qui pourrait notamment réunir les « têtes de filières » que sont les spécialistes en prospection et montage de projets.



Filière projet

RÉPARTITION DES FONCTIONS

	Responsable montage de projets	Chef de projet	Spécialistes	Responsable administratif
Prospection budgétaire Montage du dossier	○			
Animation Interface avec clients	○	○		
Coordination des moyens Responsabilité des résultats		○		
Conduite et réalisation des études et travaux		○	○	
Suivi administratif				○

Pour une relation « gagnant-gagnant » : le positionnement partenarial

À l'heure de la décentralisation et du développement des territoires, ce sont les collectivités locales qui ont le plus besoin d'opérateurs capables de les aider à traduire leurs volontés de développement en projets. Les fameux « pays », en cours d'émergence, sont d'ailleurs définis comme une « intercommunalité de projets ». Dans ce contexte, l'opérateur idéal, attendu par les collectivités, dispose :

- de temps et de compétence pour instruire le projet et pour en assurer le suivi (ou au moins un minimum de « service après vente ») ;
 - de la connaissance du terrain et des problèmes à traiter dans le projet ;
 - d'une forte légitimité pour mobiliser les participants au projet et, notamment, de la confiance relationnelle avec la collectivité leader du projet ; cette confiance est à entretenir et mériter tout au long du projet et ouvre la possibilité d'ajuster en continu la méthode d'action voire les objectifs mêmes du projet (dans les limites posées par le document de projet).
- Ces qualités et compétences idéales sont nécessairement le produit d'une histoire. L'ONF peut se rapprocher de ce profil type et, à la base du montage d'un projet, se retrouvera souvent (pour ne pas dire toujours) un partenariat ancien et fort entre une collectivité et

un agent de l'ONF, que ce soit l'agent patrimonial local ou le spécialiste du domaine abordé.

Un projet qui émerge est le résultat d'une subtile alchimie. C'est une idée (avancée par l'ONF, dans le cas de figure de cet article) qui sait aller à la rencontre d'une attente (celle de la collectivité). À partir de là, un partenariat se noue qui permet de préciser ensemble des objectifs, des actions et des moyens. Une part de la crédibilité de l'ONF se joue alors sur cette question des moyens. Un monteur de projets doit être capable de bâtir des hypothèses de plan de financement et d'agir efficacement pour participer à l'obtention de ces financements. C'est typiquement le cas lorsque l'ONF maîtrise la procédure d'instruction d'un programme européen, par exemple LIFE, et qu'il est ainsi capable de mobiliser 50 % de cofinancement au profit du projet. Pour les autres 50 % (ou tout autre pourcentage) de contrepartie nationale, l'avancement de la discussion nécessite tout d'abord que le projet ne tombe pas « comme un cheveu dans la soupe ».

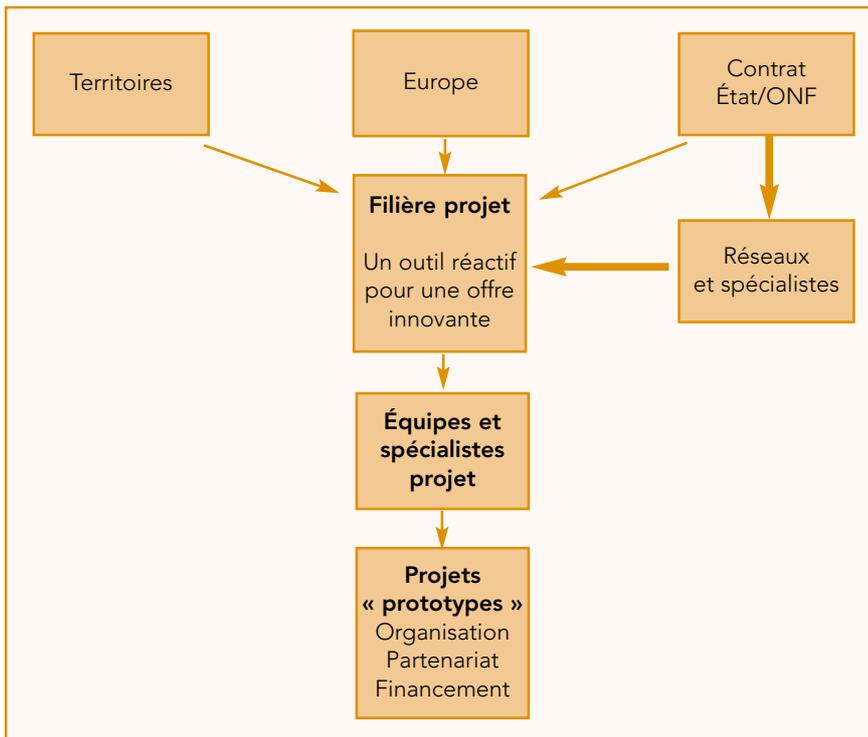
Un projet « prototype » qui prétend aborder, de façon exemplaire et novatrice, des problématiques importantes doit en effet se rattacher à un « cadre d'action » qui permettra d'intéresser les collectivités de niveau départemental, régional et national. Ce cadre d'action peut exister : par exemple dans le domaine de l'eau un projet territorial doit nécessairement se relier à un SAGE ou un contrat de rivière. Ce cadre d'action peut aussi être

en cours d'élaboration : c'est le cas actuellement avec l'émergence des chartes forestières de territoire.

Si on reprend les idées émises précédemment, se dessine alors une « filière projet » qui organise des équipes ONF pour générer des projets innovants (nouvelles techniques, nouvelle organisation, nouveaux financements...) répondant aux attentes des collectivités et trouvant leur ancrage dans des politiques publiques de tout niveau. Le schéma ci-après illustre ces idées.

Ce positionnement de partenaire a des conséquences pratiques extrêmement importantes au regard des règles européennes. Le programme LIFE, par exemple, qui est géré directement par la Commission européenne, distingue soigneusement ce statut de partenaire. Contribuant au montage et à la réalisation d'un projet, un partenaire précise dans le document de projet ce qu'il va faire et à quel coût. C'est alors la phase de sélection des projets par l'Union européenne qui vaut appel d'offre et le document de projet est en quelque sorte un « devis programme » pour les partenaires qui ne sont pas soumis, en phase d'exécution, aux appels d'offre réservés aux prestataires.

Les coûts sont évidemment contrôlés pour que ce système ne génère pas de bénéfices (marge nette) au profit des partenaires mais le retour en construction de partenariat, en image et en



La filière projet

rémunération d'activité (contribution à la marge) est souvent considérable. Tout cela est cohérent avec le classement de ces projets en missions d'intérêt général ainsi que cela est précisé dans la note de la DG n°03-G-1126 du 15 juillet 2003. Certains s'étonnent de cette dérogation apparente au principe de mise en concurrence tous azimuts, attribué à l'Union européenne, mais cette logique européenne se comprend bien. La garantie offerte sur la participation ultérieure au projet est, de fait, le seul moyen réaliste pour qu'un opérateur investisse (lourdement ; voir ci-après) dans la phase de montage du projet.

La encore tout le monde est gagnant :

- les opérateurs partenaires investissent dans un montage en ayant de bonnes garanties de participer à la réalisation ;
- les collectivités partenaires (y compris l'Europe), sécurisent l'exécution du projet en ayant une équipe d'opérateurs impliqués dès le départ et sélectionnés en fonction de leurs compétences et de leurs coûts ;
- les prestataires ne sont aucunement lésés puisque la mise en œuvre du projet crée des opportunités de prestation - un marché - qui, autrement, ne serait jamais apparu.

Le montage de projets : un métier

Des responsabilités

La responsabilité d'un monteur de projet peut être résumée en quatre points :

- il apporte des idées qui répondent à une attente : il mobilise une ou plusieurs collectivités qui porteront le projet ;
- il apporte des hypothèses de plan de financement et des capacités de mobilisation de tout ou partie de ces financements ; à ce titre la valeur ajoutée de financements européens est de plus en plus décisive dans nos domaines d'actions (pensons par exemple à Natura 2000) ;
- il finalise dans les délais, un document de projet comprenant le plan de financement ;
- il assure le suivi de l'instruction du projet par les autorités budgétaires (par exemple l'Europe) jusqu'au bon démarrage des actions, ce qui veut dire notamment qu'il fait le lien avec l'équipe projet chargée de la réalisation.

Des compétences

Les compétences d'un monteur de projet sont donc multiples :

- techniques : appréhender les bonnes idées, formater des actions...

Le facteur temps

Ainsi que cela a été précisé, cet article se réfère au contexte du montage de projets européens tout en s'appliquant, a priori, à tous types de projets. Toutefois ce contexte a son importance, notamment au regard de la problématique d'émergence de relations de partenariat. En effet, le calendrier d'élaboration puis de mise en œuvre de ces projets européens est particulièrement adapté à l'émergence de cette dynamique partenariale :

- en règle générale il faut 6 mois d'instruction pour élaborer un projet : c'est le temps nécessaire pour définir les actions à mener et réunir les engagements nécessaires (notamment budgétaires). On ne construit pas ce type de partenariat lorsqu'on ne dispose que d'un mois pour répondre à un appel d'offres...
- en phase d'exécution ces projets durent couramment entre 2 et 4 ans. C'est une durée qui permet un travail en profondeur pour l'organisation des relations de travail en interne comme en externe. Lorsque l'on travaille sur quelques mois, la loi de l'urgence s'impose en permanence. Il faut donc avoir en tête l'importance de ce « facteur temps » pour juger des possibilités de transposition de ce qui est décrit dans cet article, qu'il s'agisse de l'organisation de la « filière projet » ou de la construction de liens partenariaux.

Le savoir-faire consiste à travailler en bonne coopération avec les collègues et partenaires les plus pointus dans le domaine abordé ;

- budgétaires : connaître les principaux financements (notamment européens) et savoir s'adapter à la diversité des procédures d'instruction ;
- relationnelles : établir et maintenir des relations confiantes et constructives avec les partenaires comme avec les membres de l'équipe projet à constituer (à commencer par les futurs chefs de projet et leur hiérarchie).

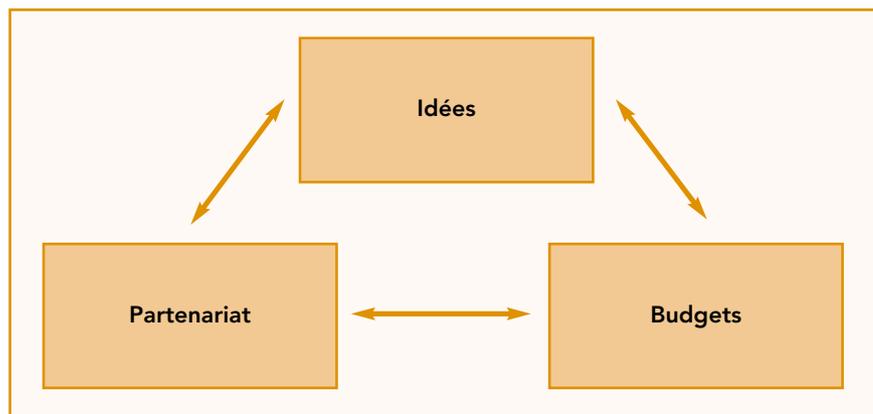
Une dynamique en triptyque

Des outils et des formations sur les méthodes concrètes de montage de projet sont en usage ou en cours d'éla-

boration. L'essentiel, dans le cadre de cette présentation sommaire, est d'avoir à l'esprit que le montage de projet est une dynamique qui ne peut pas avancer sans l'un des trois pôles ci-après :

- les idées : elles doivent être pertinentes et « accrocheuses » ; qui aurait envie de s'investir sur un projet sans intérêt ?
- le partenariat : l'ONF ne travaille pas « pour lui » et certainement pas tout seul ; les collectivités locales sont les partenaires naturels d'un ONF monteur de projet ;
- les budgets : sans accès aux ressources budgétaires, pas de projet...

Le schéma ci-dessus offre l'image de ce triptyque incontournable.



Conclusion

Après une décennie de montage de projets européens et après confrontation avec l'expérience convergente de partenaires étrangers, des ordres de grandeur peuvent être avancés de façon assez fiable sur les enjeux budgétaires internes de l'activité de montage de projet :

- L'instruction d'un projet européen (exemple type du projet complexe chronophage) mobilise un spécialiste du montage de projet sur une durée de 50 jours s'étalant couramment sur une période de 6 mois. Le coût d'une telle instruction est donc de l'ordre de 30 k€. Une fois reconnu le savoir-faire de montage de projets, ce coût est susceptible d'être partagé, pour un montage ultérieur, par nos partenaires.

- La part de mise en œuvre confiée à l'ONF dans ce type de projet, dont l'ordre de grandeur est très couramment supérieur au million d'€, apporte une contribution à la marge (donc du financement de PEF) de plusieurs centaines de k€ accompagnée le plus souvent d'un volume conséquent de travaux, contribuant ainsi à l'emploi de la main d'œuvre ouvrière.

- Dans une région comme l'Alsace, certainement la plus anciennement investie dans cette activité, la part des missions d'intérêt général relevant de ces projets devient, dans le contrat d'objectifs en cours, comparable à la part de l'activité client P pour la contribution à la marge, et représente 28 équivalents temps pleins.

Le principe du gagnant-gagnant s'applique donc jusque dans la réalisation des

objectifs du contrat État-ONF. Celui-ci évoque clairement les projets européens (pour reprendre cet exemple) dans son chapitre III consacré aux missions d'intérêt général. Ce principe du gagnant-gagnant est évident pour tous ceux qui se sont déjà investis dans ce type de projet et qui ont constaté la richesse des liens partenariaux établis à tous niveaux et notamment avec les collectivités locales.

Enfin la satisfaction de travailler sur des sujets intéressants (les bonnes idées !) explique que la constitution des équipes projets et la mobilisation d'un nombre croissant de personnels dans la « filière projet » se poursuive malgré tous les aléas de cette activité.

Pour conclure, je rappellerai la définition du projet donnée par le Petit Robert car son énoncé lapidaire ouvre, à juste titre, des perspectives très larges : « *Projet : tout ce par quoi l'homme tend à modifier le monde ou lui-même dans un sens donné* ». Enfin, pour alléger le propos, parfois un peu technocratique, de cet article, le mot de la fin sera laissé à Beaumarchais, qui évoque avec humour la part d'inconnu inhérente à cette activité ; d'autres diront inhérente à la vie... : « *On travaille, on projette, on arrange d'un côté ; la fortune accomplit de l'autre* ».

Olivier FERRY

ONF, chef du service
développement et territoires
DT Rhône-Alpes
olivier.ferry@onf.fr

Un exemple de montage de projet : LIFE Eau et forêt

L'administration forestière suédoise, déjà habituée au partenariat avec l'ONF sur d'autres projets, a sollicité l'ONF en 2002 pour instruire un projet LIFE visant à montrer que les forestiers pouvaient utilement participer à la mise en application de la directive cadre sur l'eau. La DT Rhône-Alpes a monté ce projet en partenariat avec des collectivités pilotes de contrats de rivières intégrant les problématiques du projet : restauration de forêts alluviales, rôle protecteur des forêts de montagne par rapport à l'érosion et aux risques naturels, etc. En s'insérant dans la politique régionale de l'eau, la composante française a mobilisé les crédits d'appui aux contrats de rivière. Il en résulte un projet franco-suédois-britannique de trois ans et demi (2003-2007) mobilisant les compétences de l'ONF pour un montant de près de 500 k€.

L'alchimie du montage de ce projet tient à l'intérêt soulevé par la participation de la forêt à la bonne gestion de l'eau, à la confiance établie (de longue date) entre l'ONF et les collectivités locales porteuses des actions et à l'engagement des partenaires financiers régionaux dans le cadre des contrats de rivières.

Ma régénération naturelle est-elle réussie ?

REGENAT : un outil de diagnostic des régénérations

La décision de programmer une coupe (secondaire ou définitive) ou des travaux de plantations (complément) dans une régénération naturelle, se fait, entre autres, en fonction de l'état de la régénération : le forestier se pose alors deux questions principales :

- Ai-je suffisamment de semis ?
- Sont-ils bien répartis ?

(L'avenir de la régénération, lié à la dynamique, se pose également, mais en d'autres termes : cf. l'encadré *Et l'avenir de la régénération ?*).

Dans les cas bien tranchés, présence d'une brosse de semis ou, à l'opposé, absence quasi totale de semis, le diagnostic se fait à l'œil, en parcourant la parcelle. Mais il y a de nombreux cas où la décision n'est pas aisée. Le jugement à l'œil est alors très approximatif et souvent variable selon l'opérateur. En règle générale, les régénérations naturelles jeunes sont sous-estimées. C'est là que doit intervenir le diagnostic *REGENAT* ! Outre le fait de caractériser la régénération, ce comptage peut aider à déceler les situations de blocage dans la dynamique de renouvellement des peuplements, blocages sinon souvent décelés tardivement.

REGENAT est un outil d'aide à la décision. Il ne prescrit pas les opérations à entreprendre (coupes, travaux) mais fournit à l'opérateur les éléments qui lui permettent de le faire en se référant aux guides de gestion (guide de sylviculture, itinéraires techniques de travaux sylvicoles).

La mise en œuvre de *REGENAT* fournit deux éléments au forestier :

- le nombre moyen de semis à l'hectare sur l'unité inventoriée
- la proportion de vides jugés « anormaux ».

Ces deux variables sont données dans des bornes dans lesquelles la réalité a



Parcelle en régénération (FD Orléans)

D. Grandjean, ONF

9 chances sur 10 de se trouver (densité minimale de semis et fourchette de proportion de vide).

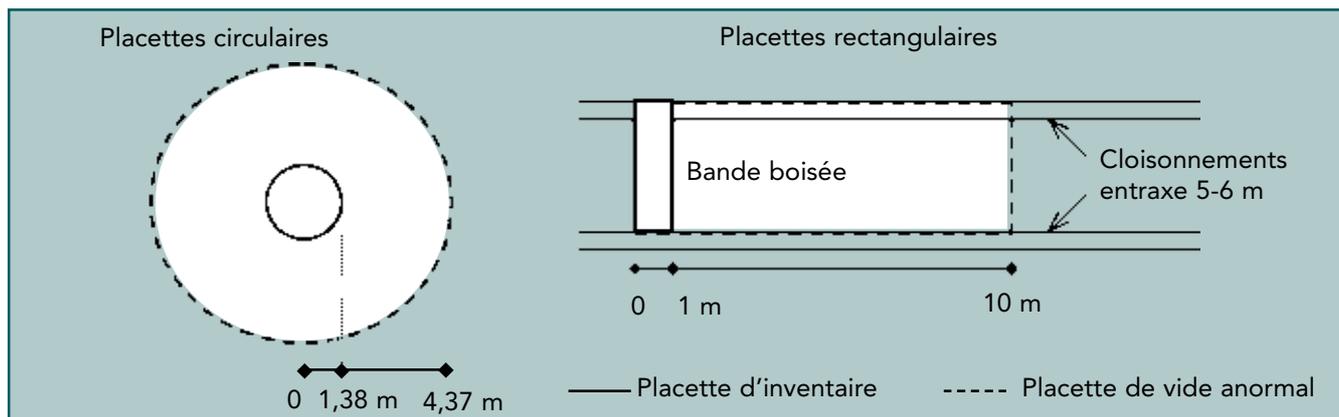
Pour ce qui est du **nombre de semis**, plusieurs catégories peuvent être inventoriées séparément, pour distinguer les essences (y compris d'accompagnement), la hauteur des semis... La décision ne sera pas la même en présence d'un nombre donné de semis de hêtre si ceux-ci font moins de 20 cm (risque de mortalité encore élevé) ou plus de 50 cm, ou bien s'ils sont seuls ou en mélange avec des essences d'accompagnement ! Les guides de sylviculture doivent progressivement fixer les densités moyennes optimales selon les situations pour aider à cette décision.

Pour savoir si **les semis** comptés sont **bien répartis**, le forestier s'intéresse à **la proportion de vide**. Pour cela, il doit fixer la densité de semis en dessous de laquelle il considère être en présence d'un « vide anormal ». En effet, ne disposer par exemple que de

200 semis/ha ou zéro sur une zone donnée ne change rien à la réussite de la régénération. Ce seuil de densité en dessous duquel on considère être dans un « vide anormal » est compris entre zéro et la densité moyenne recherchée de semis. L'opérateur sera d'autant plus exigeant que le seuil s'approche de la densité moyenne recherchée.

Je considère que ma régénération est acquise si j'ai en moyenne 2500 semis de hêtre de hauteur supérieure à 30 cm ; je considère comme « vide anormal » toute zone où la densité de semis est inférieure à 1000 semis/ha. Si j'avais choisis un seuil à 1500 semis/ha, j'aurais été plus exigeant et aurais obtenu une proportion de « vide anormal » supérieure.

REGENAT repose sur une démarche d'inventaire très simplifiée, qui permet un diagnostic opérationnel et rapide.



Placettes d'inventaire et de vide anormal

① Les semis sont inventoriés sur de petites surfaces (environ 6 m²) et dès que leur nombre dépasse 10 par catégorie, on note 10 sans tous les comptabiliser (sur 6 m² cela correspond à une densité de 16 667 semis/ha). Cela permet :

- de limiter le travail sur le terrain
- de limiter l'impact des hétérogénéités

de densités sur le résultat global.

② Les « vides anormaux » sont diagnostiqués sur de plus grandes placettes (environ 60 m²), considérant qu'une absence de semis sur 6 m² seulement n'a aucune importance.

La réalisation du diagnostic nécessite une visite complète de la parcelle soit

une demi à une journée de travail pour une personne par unité d'inventaire de 2 à 10 ha.

Le protocole (cf. l'encadré *Où se procurer REGENAT ?*), précise clairement comment utiliser REGENAT. Tous les détails nécessaires à sa mise en œuvre sur le terrain comme au traitement des résultats sont donnés.

Où se procurer REGENAT ?

L'outil REGENAT est mis à disposition sur intraforêt, direction technique, recherche et développement, outils de diagnostic. Trois fichiers doivent être téléchargés :

- le protocole (.doc ; 88 Ko)
- la feuille de terrain (.xls ; 29 Ko)
- la feuille de saisie et de calcul (.xls ; 153 Ko)

Une application a été développée sur le Workabout pour permettre la saisie des données sur le terrain : contacter dominique.drogue@onf.fr au département informatique.

Et l'avenir de la régénération observée ?

REGENAT est un outil opérationnel et rapide destiné à quantifier la régénération en place. Reste ensuite au forestier à interpréter ces résultats ; or ces chiffres ne suffisent pas à s'assurer de l'avenir de la régénération. Il est important de réfléchir aux perspectives d'évolution de la situation observée. Pour cela la prise en compte de facteurs dynamiques, fonctions de la station, est indispensable : développement de la végétation concurrente, présence ou non d'essences d'accompagnement, pression des cervidés...

Les actions entreprises après le diagnostic devront prendre en compte tous ces éléments. Pour l'y aider, le forestier s'appuie sur les guides de sylvicultures. Ceux-ci devront progressivement inclure tous les éléments nécessaires à la prise de décision (connaissance des dynamiques des régénérations naturelles en fonction des situations).

Localisation

La méthodologie proposée par REGENAT ne permet pas d'établir une véritable carte de la régénération ni des éventuelles observations complémentaires. Mais en spatialisant les points de sondage sur un schéma, les interventions jugées nécessaires peuvent être mieux ciblées.

C'est dans ce but qu'à la direction territoriale Lorraine l'outil a été enrichi en permettant d'inscrire plusieurs champs complémentaires ainsi que les coordonnées des points de sondage.

Pour plus d'information vous pouvez contacter regis.bindner@onf.fr.

Thierry SARDIN
ONF, service gestion durable
DT Sud-Ouest
thierry.sardin@onf.fr

Dossier

Incendies de forêts

Alors que le bilan des incendies de forêt 2003 est particulièrement lourd en France comme dans le Sud de l'Europe, la prévention demeure un volet majeur de la lutte, et la recherche a tout sa place dans ce domaine. Trois points clés sont développés : les outils de télédétection, en constante évolution, permettront-ils de mieux caractériser les risques d'incendies dans l'espace et dans le temps ? Comment la connaissance des mécanismes physiques extrêmement complexes de la propagation des feux permet-elle de mieux concevoir les différents traitements préventifs de la végétation ? En quoi consiste le brûlage dirigé, que la France, comme le Portugal, pratiquent dans le cadre de la gestion des incendies de forêt ? Mais la maîtrise des incendies de forêts requiert un examen approfondi de l'exceptionnelle campagne 2003 : c'est tout l'intérêt des retours d'expérience auxquels participe l'ONF.

Après l'incendie, pour assurer la sécurité publique, la prévention des risques naturels nécessite un diagnostic et des interventions rapides : les services RTM ont fait la synthèse de leurs expériences dans ce domaine.

- p. 18 Premier bilan des feux de forêt en 2003 (France/Europe), par Jean-Michel Gilbert
 - p. 23 Prévention des incendies de forêts au Portugal, par Francisco Rego
- p. 25 Évaluation spatio-temporelle du risque feux de forêt, par Michel Deshayes et al.
 - p. 30 Comportement du feu, par Jean-Luc Dupuy et Dominique Morvan
- p. 36 Équipement du territoire : le brûlage dirigé, par Yvon Duché et Éric Rigolot
 - p. 41 Quels enseignements tirer des incendies de forêts de l'été 2003 ?
par Jean-Hugues Bartet
- p. 42 Le retour d'expérience de l'ONF sur les feux 2003, par Denis Laurens
 - p. 44 Risques naturels et passage de l'incendie, par Sylvie Demirdjian
- p. 49 Var 2003 : une expertise post-incendie immédiate, par Michel Hauuy

Premier bilan des feux de forêt en 2003 (France/Europe)

L'année 2003, en France, restera dans les mémoires comme l'une des plus dramatiques sur le plan des incendies de forêt. Le bilan humain est en effet très lourd : 10 morts, dont 4 pompiers, plusieurs centaines de pompiers blessés, de nombreuses constructions et installations détruites. Au total, plus de 73 000 ha de formations forestières

et sub-forestières ont été parcourues par le feu en France métropolitaine, dont près de 62 000 ha pour la seule zone méditerranéenne.

Le bilan national est voisin de celui des plus mauvaises années (1976, 1989 et 1990). Pour la zone méditerranéenne, c'est le plus catastrophique depuis 1973, date depuis laquelle les statis-

tiques feux de forêt sont enregistrées dans la base de données Prométhée (voir encadré). Ces incendies se sont produits principalement durant la période estivale (de mi-juin à fin août), en lien avec une sécheresse précoce et intense, exceptionnelle sur le plan climatique (voir encadré), qui a particulièrement touché l'arc méditerranéen, du littoral aux zones de montagne.

Les bases de données feux de forêt

La France dispose d'un système de collecte des données relatives aux incendies de forêt qui se produisent sur le territoire métropolitain. Ces données sont destinées au suivi, à l'évaluation et à l'orientation des politiques publiques et des actions de prévention et de lutte contre les incendies de forêt.

Deux bases de données informatisées sont régulièrement alimentées dans ce but :

- la base de données Prométhée, pour la zone méditerranéenne (départements des régions Corse, Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur ainsi que Drôme et Ardèche en région Rhône-Alpes, soit au total 15 départements) ;
- la base de données du Service central des études et enquêtes statistiques (SCEES) du ministère chargé de l'agriculture, pour les autres départements concernés (notamment ceux des régions Aquitaine, Midi-Pyrénées et Poitou-Charentes qui sont les plus sensibles au risque d'incendie).

La base Prométhée existe depuis 1973 ; elle répertorie annuellement de 2500 à 3000 feux de forêt, décrits par une trentaine de variables ; elle est administrée par la Délégation à la protection de la forêt méditerranéenne et gérée par le conseil général des Bouches-du-Rhône. La base du SCEES existe depuis 1992 ; elle répertorie annuellement de 2000 à 3000 feux de forêt, décrits par une vingtaine de variables ; elle est gérée directement par le SCEES, service du ministère chargé de l'agriculture. L'ensemble de ces données est propriété de l'État qui est le maître d'ouvrage des opérations.

Sur le terrain, les données sont prélevées par un réseau d'opérateurs appartenant à différents services dont les principaux sont les services départementaux d'incendie et de secours (SDIS), les directions départementales de l'agriculture et de la forêt (DDAF), l'Office national des forêts pour les forêts soumises au régime forestier (ONF), la gendarmerie nationale, et les services de police.

La base Prométhée est consultable et interrogeable sur le site www.promethee.com.

Depuis 1994, les données prélevées par la France permettent de répondre aux exigences de la Commission européenne, sur la base d'un « socle commun » minimum de données.

En complément des données du socle commun, la base Prométhée recense des données détaillées sur les causes des feux de forêt, des données météorologiques et, depuis l'année 2003, des données géoréférencées sur les contours des grands feux.

La base du SCEES comprend aussi, pour les feux de plus de 10 ha, la répartition de la surface brûlée par type de propriété et par type de formation végétale.

Le règlement européen Forest focus, du 17 novembre 2003, concernant la surveillance des forêts et des interactions environnementales dans la Communauté organise la collecte des données à l'échelle de l'Union et l'information des États membres sur le niveau de risque.

Situation météorologique de l'été 2003 dans la zone méditerranéenne et conséquences sur les incendies de forêt

Les conditions météorologiques de l'été 2003 qui ont régné sur l'ensemble de la zone méditerranéenne, y compris la montagne, sont atypiques et exceptionnelles :

- une séquence de 60 à 100 jours sans pluie de fin mai à fin juillet, générant un déficit pluviométrique très fort, voire record dans le Var et en Corse ;
- de fortes températures, fréquemment supérieures aux normales, en juin, juillet et août (seuil de 35 voire 40°C souvent dépassé) ;
- un air très sec (15 à 25 % d'humidité relative l'après-midi) ;
- des perturbations orageuses avec de nombreux impacts de foudre en montagne.

Le risque d'éclosion de feu de forêt est ainsi resté très fort, de mi-juin à fin août, avec une période très difficile de fin juillet à mi-août, malgré des vents qui sont restés modérés du fait de la prédominance d'une situation anticyclonique.

L'aggravation de l'intensité des feux déclarés, des vitesses de propagation impressionnantes (allant jusqu'à 4 voire 6 km/h) et de nombreuses sautes de feu importantes, résultent de cette situation particulière ; les feux ont été très difficiles à éteindre, même par vent faible.

D'après une communication de Mme Jacqueline BIDEZ (Météo-France), lors de la réunion du Conseil supérieur de la météorologie – Commission sécurité civile du 17 novembre 2003.

Si les surfaces brûlées dépassent largement les moyennes des dernières années, le nombre de départs de feu enregistré est resté globalement plus stable : environ 6000 éclosions répertoriées au total, dont près de 3500 en zone méditerranéenne, soit tout de même dans ce dernier cas 20 % de plus qu'en moyenne et deux fois plus qu'en 2002.

En zone méditerranéenne

Bien que la surface forestière brûlée en 2003 constitue un record pour la zone méditerranéenne, ce constat doit être modulé en regard de la situation de chacun des 15 départements qui la constituent (voir tableau en fin d'article).

Les départements de loin les plus touchés, sont la Haute-Corse (20 908 ha) et le Var (18 820 ha) en grande partie dans les massifs des Maures et de l'Estérel. Ils cumulent à eux deux près de 65 % de la surface totale.

Dans d'autres départements, les surfaces parcourues par le feu ont été importantes (Corse-du-Sud, Lozère, Alpes-Maritimes, Bouches-du-Rhône,

Ardèche et Hérault). Ainsi, 95 % des surfaces parcourues par les incendies en zone méditerranéenne sont concentrés sur seulement huit départements.

Par ailleurs, la comparaison des surfaces brûlées en 2003 avec les valeurs observées durant la décennie 1993-2002 montre que parmi les départements où les surfaces brûlées sont généralement limitées, la forêt n'a guère plus brûlé que d'habitude (Aude, Gard, et Pyrénées-Orientales) alors que les Hautes-Alpes, la Drôme, et le Vaucluse, qui sont habituellement les moins affectés, affichent en 2003 un bilan nettement aggravé.

Sur les 3499 feux enregistrés en 2003 dans la base de données Prométhée, seulement 58 ont atteint ou dépassé 100 ha, et sont classés dans la catégorie « grands feux ». Ils représentent à eux seuls 54 768 ha, soit 89 % de la surface brûlée.

L'Office national des forêts, direction territoriale Méditerranée, a réalisé, à l'aide d'un système d'information géographique, une évaluation patri-

moniale des dommages causés aux forêts qui ont brûlé en 2003. Les contours de 49 des « grands feux » ont été croisés avec des données relatives à la propriété foncière, à la pente, aux peuplements forestiers et aux statuts de protection des espèces. Les principaux résultats de cette étude sont les suivants :

- la grande majorité des surfaces brûlées (81 %) est privée. Le reste de la surface concerne des forêts domaniales et des forêts communales.
- 50 % des terrains sont en situation de pente forte (30 à 60 %) ou très forte (plus de 60 %).
- 1/3 des surfaces concerne des formations subforestières (landes), 1/3 des garrigues ou du maquis boisé et 1/3 des peuplements forestiers de production. En Corse, les landes représentent 56 % de la surface brûlée.
- Les parcs nationaux des Écrins (Hautes-Alpes) et des Cévennes (Lozère) ont été touchés. Il en est de même des parcs naturels régionaux de Corse, du Verdon (Alpes-de-Haute-Provence) et du Lubéron (Vaucluse).
- 48 % des surfaces brûlées sont en zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF) de type 2 et 16 % en ZNIEFF de type 1.
- 10 % des surfaces sont en site Natura 2000 et 2 % en site classé.



E. Demichelis, ONF diapotheque 04

La prévision du risque feu de forêt

Plusieurs organismes concourent à la prévision du risque feu de forêt en zone méditerranéenne :

- Météo-France, qui a découpé chaque département en zones homogènes sur le plan climatique, utilise son réseau de mesures météorologiques pour prévoir le risque à l'intérieur de chacune de ces zones, et ce chaque jour durant la période estivale. La prévision est faite à partir du calcul de divers indices, dont l'indice forêt météo (IFM).
- L'Office national des forêts avec le concours de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) effectuée en période estivale, une ou deux fois par semaine selon l'intensité du risque, des mesures de teneur en eau des végétaux, à partir d'un réseau de 30 placettes réparties sur l'ensemble des 15 départements.
- Le Centre de recherche en environnement (CEREN) de l'Entente interdépartementale calcule, chaque semaine en période estivale, un indice d'inflammabilité du chêne kermès et du romarin.

Dans une autre étude dont les résultats sont comparables, l'Inventaire forestier national estime à 526 000 m³ le volume de bois endommagé ou détruit par le feu dans le Var, la moitié en chêne liège et le reste en résineux et feuillus divers.

Ce premier bilan montre l'importance des dommages causés au patrimoine naturel, et notamment aux formations boisées, nécessitant un programme de reconstitution adapté.

Hors zone méditerranéenne

Les chiffres qui sont donnés ici sont provisoires, les bilans définitifs n'étant pas encore arrêtés.

En dehors de la zone méditerranéenne, les incendies de forêt sont heureusement restés d'une ampleur beaucoup plus limitée.

La région Poitou-Charentes est peu touchée mais les régions Aquitaine et Midi-Pyrénées sont, comme souvent, les plus affectées, avec des surfaces brûlées un peu supérieures à la moyenne décennale. La Gironde, les Landes et l'Aveyron ont subi les dommages les plus importants, nettement supérieurs à la moyenne. Dans le massif des landes de Gascogne, les incendies se sont déclarés à deux périodes, au printemps et durant l'été.

Par ailleurs, dans des régions généralement peu affectées (Bretagne, Île-de-France), des feux de forêt ont été enregistrés, lors d'une période de sécheresse printanière, dans plusieurs forêts domaniales.

En dehors des régions précitées, les statistiques en cours de finalisation ne permettent pas une analyse détaillée.

Principales actions de prévention et de protection menées à la suite des incendies de l'été 2003 en zone méditerranéenne

Durant l'été, les massifs forestiers les plus sensibles ont été fermés au public par arrêté préfectoral. Le ministère chargé de l'agriculture a renforcé, aux côtés du ministère chargé de l'intérieur, les patrouilles d'alerte et de surveillance jusqu'à la fin de la période à risques.

Après les incendies, les premières interventions d'urgence ont consisté à sécuriser les abords des voies de communication et à évaluer, par l'expertise des services de restauration des terrains en montagne, du Cemagref et du Bureau de recherches géologiques et minières, les risques de mouvements de ter-

rain susceptibles de se produire après de fortes pluies d'automne sur un sol mis à nu par le feu. Les préfets des départements ont pris les arrêtés nécessaires à la réalisation, par l'Office national des forêts, des travaux d'abattage des arbres dangereux en zones forestières. Plusieurs communes ont réalisé des travaux de curage et de confortement des cours d'eau, destinés à réguler l'écoulement des eaux vers les zones urbaines. Ces opérations ont bénéficié du soutien financier des collectivités territoriales et de l'État.

Les préfets ont été invités à établir un état des lieux devant servir de base à un retour d'expérience. Les pouvoirs publics ont mobilisé leurs capacités d'expertise afin d'analyser la situation, d'identifier les axes de progrès en matière de prévention et de lutte contre les incendies de forêt et de hiérarchiser les priorités d'action.

Des plans de prévention des risques d'incendies de forêt ont été prescrits dans le Var dans les zones urbanisées les plus sensibles (ils sont au nombre de 17 au 15 janvier 2004) et seront

Situation des feux de forêt en Europe en 2003

Les surfaces forestières parcourues par le feu sont également très importantes dans d'autres pays du Sud de l'Europe : 283 000 ha au Portugal*, 130 000 ha en Espagne, 37 000 ha en Italie et 3 000 ha en Grèce. Le bilan cumulé au niveau de l'Europe se rapproche de la surface annuelle maximum brûlée dans la Communauté, dans la période 1961 à 1998, qui est voisine de 800 000 ha.

* Le Portugal a bénéficié, face à cette situation catastrophique, de 48,5 M€ d'aide du Fonds de solidarité de l'Union européenne. Les dommages ont concerné 9 % du territoire boisé et représentent plus d'un milliard d'€ de pertes économiques.

financés par le ministère chargé de l'environnement. Ils ont pour objectif de définir les prescriptions d'interdiction ou de condition de construction, les mesures concernant l'existant, les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques ou les particuliers dans les zones exposées aux incendies de forêt. Ils sont particulièrement adaptés au traitement des interfaces forêt/habitat.

Les organismes gestionnaires de la forêt se sont activement mobilisés pour évaluer les dégâts aux peuplements forestiers et aux milieux naturels et proposer des programmes de reconstitution.

L'effort conjugué des pouvoirs publics, des élus et des différents acteurs concourant à l'aménagement du territoire va se poursuivre afin de conforter les résultats déjà obtenus, faire en sorte que les enseignements de cette crise soient mis à profit et que les espaces forestiers touchés puissent peu à peu cicatriser.

Premiers enseignements

La politique de prévention des incendies de forêt repose largement sur le constat qu'un feu arrêté dans les premières minutes suivant son éclosion a toutes les chances de rester très limité en surface. La stratégie d'intervention rapide sur les feux naissants n'est pas à remettre en cause. En témoigne le fait que sur 3 499 feux recensés en 2003 en zone méditerranéenne, seuls 198 feux (5,6 % du total) ont atteint ou dépassé 10 ha. Près de 95 % des feux ont pu être contenus dans des limites inférieures et 78 % n'ont pas dépassé 1 ha.

Par contre, l'impact des grands feux sur les personnes et les biens est souvent considérable et justifie les efforts pour les prévenir et pour prévenir leurs effets, en particulier au niveau des interfaces forêt/habitat ou dans les zones naturelles à forts enjeux patrimoniaux.



Y. Duché, ONF

Grâce au débroussaillage, l'impact du feu sur les habitations a été limité

À la lueur des événements de l'été 2003, les inspections générales de l'intérieur, de l'agriculture, de l'équipement et de l'environnement, ont évalué la politique gouvernementale en matière de prévention et de lutte. Le rapport final, remis début janvier 2004, ne préconise pas de nouvelles réglementations ou de nouveaux instruments, mais propose des améliorations, dont une mise en œuvre coordonnée des législations concernant la forêt, l'environnement et l'urbanisme. Le rapport souligne ainsi la nécessité de mettre en œuvre un ensemble de mesures ayant trait :

- à la prévision du risque,
- à l'aménagement du territoire,
- au confortement des dispositifs de prévention et de lutte contre les incendies de forêt,
- au développement de l'activité agricole et sylvicole,
- à la coordination de l'ensemble des acteurs impliqués, dans l'espoir de réduire, ou au moins limiter les dommages liés aux incendies de forêt.

Par ailleurs, une évaluation de la politique de prévention des incendies de forêt mise en œuvre par le ministère chargé de l'agriculture dans les régions méridionales a été engagée en 2002 et rendra ses conclusions dans quelques mois. Elle

analyse notamment l'efficacité des grands types d'actions menées au cours des 15 dernières années et devrait déboucher sur des références détaillées, et des avis circonstanciés, utilisables pour préciser les contours de l'action future de l'État et des collectivités.

Jean-Michel GILBERT
MAAPAR, DGFAR

sous-direction de la forêt et du bois
bureau de la forêt et des territoires
jean-michel.gilbert@agriculture.gouv.fr

Bibliographie

Inspection générale de l'administration, Conseil général du génie rural des eaux et des forêts, Inspection générale de l'environnement, Conseil général des ponts et chaussées, 2003. Rapport relatif à la protection contre les incendies de forêt après les feux de l'été 2003. Tome 1 : rapport général, Tome 2 : annexes. 84 p. + ann.

Inventaire forestier national, 2003. 2003, année marquée par les incendies. L'if n° 1, 8 p.

Tableau 1 : surfaces de formations forestières et subforestières parcourues par le feu en 2003 et durant les dix années précédentes, dans les départements à haut risque (en ha). Sources : Prométhée, SCEES, DRAF et DDAF

Départements	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	Moy 1993 2002	2003/ Moy
04-Alpes-de-Haute-Provence	879	993	358	251	259	1055	397	113	155	158	330	407	2,2
05-Hautes-Alpes	388	34	14	16	21	10	9	33	17	13	324	49	7,9
06-Alpes-Maritimes	2744	1564	686	634	1091	1277	1104	199	804	1066	351	878	3,1
07-Ardèche	2284	369	541	1244	566	594	410	254	943	444	418	578	3,9
11-Aude	477	251	1841	103	137	490	160	59	645	455	17	416	1,1
13-Bouches-du-Rhône	2308	303	2284	1375	2824	899	4508	47	1737	361	288	1463	1,6
26-Drôme	326	99	13	44	19	68	103	85	39	44	82	60	5,5
30-Gard	334	97	170	165	588	590	463	97	460	250	282	316	1,1
34-Hérault	1321	689	1221	452	694	576	331	58	200	479	330	503	2,6
48-Lozère	3507	146	18	54	289	146	276	132	235	371	325	199	17,6
66-Pyrénées-Orientales	566	83	457	569	76	274	375	214	1606	785	180	462	1,2
83-Var	18820	173	3598	587	713	247	487	356	484	405	951	800	23,5
84-Vaucluse	232	16	21	245	103	89	159	11	28	106	23	80	2,9
2A-Corse-du-Sud	6451	694	1101	1661	1333	363	909	529	170	13636	1615	2201	2,9
2B-Haute-Corse	20908	789	5647	11459	4070	4564	2539	933	2407	3128	6226	4176	5,0
ZONE MÉDITERRANÉENNE	61545	6300	17970	18859	12783	11242	12230	3120	9930	21701	11742	12588	4,9
24-Dordogne	355	232	178	81	54	258	336	249	529	42	199	216	1,6
33-Gironde	2057	2374	231	355	225	329	1242	297	1239	248	516	706	2,9
40-Landes	1283	297	217	165	91	123	634	261	1028	125	158	310	4,1
47-Lot-et-Garonne	57	31	10	33	22	20	24	31	48	23	7	25	2,3
64-Pyrénées-Atlantiques	26	10755	354	425	1442	1785	420	1135	944	351	465	1808	0,0
AQUITAINE	3778	13689	990	1059	1834	2515	2656	1973	3788	789	1345	3064	1,2
9-Ariège	977	5298	730	1031	129	2035	1602	642	1635	991	1825	1592	0,6
12-Aveyron	1153	184	65	84	128	202	153	212	95	234	193	155	7,4
31-Haute-Garonne	631	1307	195	83	119	327	427	54	207	151	6	288	2,2
32-Gers	17	4	0	0	3	2	27	25	59	42	6	17	1,0
46-Lot	352	70	25	54	48	412	133	47	232	110	90	122	2,9
65-Hautes-Pyrénées	597	2624	155	1468	328	744	851	614	0	0	2	679	0,9
81-Tarn	422	21	12	1	7	10	33	27	43	70	48	27	15,5
82-Tarn-et-Garonne	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0
MIDI-PYRÉNÉES	4149	9513	1182	2721	762	3732	3226	1621	2271	1598	2170	2880	1,4
16-Charente	85	2	8	36	4	62	82	83	241	45	43	61	1,4
17-Charente-Maritime	134	81	22	38	23	11	87	29	54	10	1	36	3,8
79-Deux-Sèvres	0	1	0	0	0	3	20	45	45	25	5	14	0,0
86-Vienne	100	8	26	91	28	69	170	349	418	100	51	131	0,8
POITOU-CHARENTES	319	92	56	165	55	145	359	506	758	180	100	242	1,3

Prévention des incendies de forêts au Portugal : les leçons après la catastrophe

Comment, après la catastrophe de l'été 2003, traiter de la prévention des incendies de forêt au Portugal sans donner une vision trop négative de la situation ?

En effet, cette année, pratiquement tous les facteurs ont contribué à la dimension extraordinaire des surfaces brûlées qui sont passées d'une valeur moyenne de 100 000 hectares par an (ce qui était déjà trop) à plus de 400 000 hectares en 2003 ! Et, ce qui est encore plus grave, vingt morts, des dizaines d'habitations détruites et une sensation d'impuissance générale.

Des réflexions approfondies s'imposaient pour identifier les causes structurelles et conjoncturelles responsables de cette situation. Plusieurs débats publics ont été organisés, et beaucoup d'articles de presse sont parus : fréquemment, les visions étaient différentes, parfois contradictoires, souvent troublées d'une passion difficile à éviter, mais toutes importantes face à la calamité nationale.

Dans toutes les discussions, les problèmes de coordination du combat ont été soulevés mais les questions de prévention ont été aussi toujours présentes.

Le rôle fondamental de la prévention

Apparemment, le pays a finalement compris l'importance de la prévention des incendies de forêt ; et même les pouvoirs publics, qui avaient, l'année précédente, annulé les travaux de coordination de la prévention de la Commission nationale de feux de forêts, ont répondu au désastre avec la création d'un

Secrétariat d'État des forêts, avec une Agence pour la prévention, un Conseil national pour le reboisement et un Fonds financier pour les forêts.

Beaucoup d'organismes et d'intentions, mais la véritable prévention des incendies se fait en réalité avec des programmes spécifiques qui doivent avoir un effet sur le nombre d'incendies et leur extension.

Et il est important de souligner que si le nombre d'incendies en 2003 a diminué par rapport à la moyenne des dix années précédentes, les plus de vingt mille occurrences de feu sont encore beaucoup trop nombreuses. Pour arriver à réduire ce chiffre, il serait important notamment de rétablir les programmes d'éducation environnementale avec les écoles, interrompus depuis deux ans.

Le programme national des sapeurs pompiers : une politique cohérente, mais avec des limites dans l'application

Mais le grand problème actuel est celui des grandes surfaces brûlées qui détruisent vies humaines et patrimoine forestier. Comme les facteurs météorologiques qui s'aggravent avec l'échauffement climatique global (sécheresse, canicule) ne peuvent pas facilement être contrôlés, la seule alternative pratique est d'intervenir sur les combustibles forestiers.

Ainsi, en application de la loi de base de la politique forestière, approuvée à l'unanimité au Parlement le 17 août 1996, le gouvernement a décidé en 1998 de créer le programme national des sapeurs pompiers.



Image des feux au Portugal pendant l'été 2003

Ce programme avait pour but, sur une durée de 5 ans, de constituer dans tout le territoire du Portugal continental, 500 équipes de sapeurs pompiers dans les régions les plus problématiques. Ces équipes devaient être constituées d'un minimum de cinq éléments assurant des fonctions de sylviculture de prévention, et notamment de réduction des combustibles dans les peuplements forestiers. Pendant l'été, ces équipes peuvent aussi contribuer à la surveillance et aider les pompiers dans les phases initiale et finale des incendies.

Le programme a démarré de façon moins rapide qu'espéré, en partie à

cause des problèmes de financement, mais aussi de la difficulté de trouver dans les régions les plus dépeuplées de l'intérieur du pays des organisations suffisamment solides et capables d'être responsables des équipes de sapeurs, et même, dans certains cas, de trouver des candidats sapeurs forestiers avec un salaire modéré en dépit d'un financement de l'État à 7 %.

Malgré ces difficultés initiales, deux types d'entités se sont fortement intéressées au programme des sapeurs forestiers : les organisations des « baldios » (pour les forêts des communes locales) et les associations forestières (pour les forêts privées). Et l'expérience commença avec un rythme de 25 équipes formées par an par la Direction générale des forêts en collaboration avec l'École nationale des pompiers.

La nouveauté du mouvement associatif forestier au Portugal et la faible priorité donnée depuis longtemps à l'organisation du secteur forestier ont été à l'origine d'une certaine difficulté de démarrage alors que le projet avait besoin d'un climat d'« entente cordiale » entre les services publics et les organisations de la société civile.

Malgré tout, le programme continue avec plusieurs exemples locaux de succès, quelques échecs, et une grande volonté générale de trouver les moyens de rendre toujours les travaux plus efficaces.

L'efficacité des travaux des équipes de sapeurs pompiers en ce qui concerne la réduction du combustible en forêt pourra être développée en deux sens :

- la planification des lieux les plus stratégiques pour couper la propagation de l'incendie, et
- l'utilisation des techniques de débroussaillage les plus intéressantes.

Les situations où la planification du travail des sapeurs pompiers est meilleure se trouvent dans les « baldios » qui permettent de profiter de grandes surfaces continues de forêts communautaires, ainsi que dans le cas où les associations forestières interviennent dans le cadre

des commissions municipales de feux de forêts : cela leur permet de débroussailler le long des chemins ou dans les endroits plus stratégiques proches des villages ou des points d'eau.

Le développement des coupures de combustible et la ré-appropriation du brûlage dirigé

De toute façon, il est très important d'augmenter les surfaces de réduction de combustible. Quelques rapports publics indiquent qu'une équipe de sapeurs pompiers débroussaillera par an une surface de 50 à 100 hectares, en utilisant des équipements de débroussaillage manuels et individuels. Il serait important d'évaluer la possibilité d'introduire de nouvelles alternatives mécaniques. Ou bien le feu contrôlé...

La « nouveauté » du feu contrôlé gagne du terrain. Décrit au Portugal au XIX^e siècle dans les pinèdes de Leiria, ré-utilisé depuis plus de vingt ans dans la région du Minho, au nord-ouest du Portugal, grâce à l'initiative courageuse et lucide de José Moreira da Silva (maintenant en retraite), fortement étudié par l'université à Villa Real (UTAD), le feu contrôlé a passé ses examens et il est maintenant pratiqué par quelques excellents experts dans plusieurs régions du pays.

La formation des techniciens des associations forestières sur les aspects théoriques et pratiques de l'utilisation du feu contrôlé se fait maintenant dans le cadre de la coopération entre l'université (UTAD) et FORESTIS (Fédération des associations forestières du Portugal). Cela permet de prévoir, dans un futur proche, une utilisation courante de cette technique, qui a beaucoup profité des contacts avec d'autres pays, notamment les États-Unis, le Canada, l'Australie, la France. Il faudra quand même dépasser encore quelques résistances de la bureaucratie nationale. Mais dans quelques rapports des équipes de sapeurs pom-

piers, il y a déjà la référence aux premières expériences de feu contrôlé faites dans ce cadre, avec l'indication de surfaces brûlées de l'ordre de 5 à 10 hectares par jour.

En conséquence, on peut facilement envisager la possibilité de rapidement doubler les surfaces débroussaillées, jusqu'à 200 hectares par an, ce qui ferait, avec 500 équipes au niveau national, près de 100 000 hectares par an : cela correspond à la surface moyenne brûlée par les incendies chaque année (sans compter 2003). Il s'agit alors de remplacer la réduction brutale de combustible faite par les incendies d'été avec des risques énormes, par une réduction planifiée du combustible du même ordre de grandeur.

Le programme national des sapeurs pompiers est en marche. Il va continuer à être, pour beaucoup de forestiers, la base de l'espoir que les incendies de forêts n'atteignent plus les proportions catastrophiques qu'ils ont eues en 2003. C'est encore tôt pour évaluer complètement les effets de l'activité des sapeurs forestiers. Et l'année 2003 ne nous permet pas de tirer beaucoup de leçons à ce sujet, car les incendies ont parcouru surtout des régions du Centre - Sud où les équipes de sapeurs sont encore en nombre réduit (coïncidence ou caprices météorologiques ?).

Mais pour tout cela, je crois que l'on peut espérer que 2004 puisse profiter des leçons de 2003. Et que le programme des sapeurs forestiers puisse être encore plus encouragé pour redoubler d'efficacité avec l'utilisation professionnelle du feu contrôlé par des techniciens bien formés.

Ce sont mes vœux forestiers pour 2004...

Francisco Castro REGO

Centro de Ecologia Aplicada

Prof. Baeta Neves

Instituto Superior de Agronomia

Lisboa - Portugal

frago@isa.utl.pt

Évaluation spatio-temporelle du risque feux de forêt : de nouvelles données de télédétection prometteuses

Le domaine des données d'origine spatiale est en évolution rapide. Parmi les récents développements, on peut citer l'accessibilité aux données de localisation de type GPS ou la disponibilité récente d'une imagerie spatiale à résolution métrique ou même sub-métrique. Ces données satellitaires, auxquelles on peut ajouter les données aériennes numériques, peuvent aider à estimer et à cartographier certains des paramètres du risque d'incendies de forêt.

Le risque d'incendie varie dans l'espace et dans le temps et la prévention contre ce risque nécessite de savoir où et quand les feux risquent de se produire. Les différents paramètres jouant un rôle dans l'estimation du risque d'incendies peuvent être classés en quatre facteurs : facteur végétation, facteur météorologique, facteur humain et facteur topographique. Certains de ces paramètres varient à court terme (par exemple les conditions météorologiques ou l'humidité de la végétation), et certains sont plus structurels, et varient donc sur un plus long terme, de l'ordre de l'année ou au-delà, tels que la localisation et l'organisation spatiale de l'habitat, ou la composition et la structure de la végétation. Dans la suite de cet article, nous nous intéresserons à l'apport de la télédétection pour évaluer trois de ces paramètres : la nature des interfaces habitat/forêt, la structure de la végétation ainsi que son humidité.

Les interfaces habitat/forêt : des contacts à haut risque

L'évaluation spatiale du risque propose un zonage du territoire en différents niveaux de risque. La cartographie

constitue un outil d'aide à la décision pour le choix des sites à équiper ou à réaménager en priorité pour faciliter la prévention et la lutte ainsi que pour la gestion de l'espace : traitement des zones d'interface, prise en compte de la contrainte incendie dans les règlements d'urbanisme.

Des zones en progression

Les espaces forestiers, agricoles et urbains qui constituent le paysage méditerranéen sont soumis à des évolutions dont on peut souligner deux tendances complémentaires : avec la déprise agricole, les surfaces forestières ont tendance à augmenter (+11 % ces dix dernières années en région méditerranéenne), tandis que parallèlement, la pression d'urbanisation se développe. En conséquence, les zones de contact entre espaces naturels et activités humaines sont donc plus nombreuses.

Ces espaces agricoles, forestiers et urbains s'interpénètrent et forment des territoires plus ou moins complexes, induisant un risque d'incendie plus élevé que ce soit en termes de départs de feu ou en termes de vulnérabilité. En effet, d'une part, les mises à feu sont potentiellement de plus en plus importantes,

du fait des différentes activités humaines sources d'allumage (barbecue, mégots...) au contact d'une végétation inflammable et combustible. La base de données Prométhée indique que 96 % des causes connues de départs de feu sont liés aux activités humaines dans les Bouches-du-Rhône. D'autre part, les habitations présentes au sein d'un massif forestier constituent des enjeux prioritaires de défense en cas d'incendie. Ceci entraîne une concentration des moyens de lutte dans ces espaces, au détriment parfois de la protection de la forêt.

Une méthode de cartographie

Un des axes de recherche en cours au Cemagref d'Aix-en-Provence concerne le traitement des images satellitaires pour décrire les interfaces habitat/forêt. La cartographie de ces zones particulièrement sensibles au risque d'incendie permettrait de mettre en place des mesures de prévention et d'information adaptées à chaque type d'interface.

Avec les nouveaux satellites tels que SPOT5 ou Quickbird, des données de très haute résolution spatiale sont maintenant disponibles : des objets de 2,50 m, voire 70 cm peuvent être détectés (figure 1).



Fig. 1 De gauche à droite, la même zone d'habitat vue par Spot5, Quickbird fusion et Quickbird multispectral (résolutions respectives au sol : 2,50 m, 0,70 m et 2,80 m)

Ainsi, toutes les traces des activités humaines sont visibles : toits des maisons, chemins, pistes... On peut donc penser qu'un traitement informatique approprié de ces images permettra de cartographier ces impacts humains, en particulier l'habitat en forêt. Ces données présentent de plus l'avantage d'être homogènes sur de grandes étendues (une scène SPOT mesure 60 km par 60 km) et peuvent donc servir à l'échelle d'une communauté d'agglomération.

Les traitements se font en deux grandes étapes :

- le traitement de l'image brute, qui aboutit à une classification. Chaque pixel de l'image est affecté à la classe, route, forêt, bâti..., à laquelle il ressemble le plus par sa couleur (classification dite supervisée),

- ensuite, on utilise des indices d'organisation spatiale, élaborés à l'origine dans le domaine de l'écologie du paysage et calculés sur des voisinages carrés que l'on fait glisser sur toute l'image (encore appelés fenêtres de balayage), pour estimer des données telles que la densité de l'habitat en forêt, ou celle de la forêt en zone urbanisée.

Des résultats prometteurs

Les premiers résultats obtenus en travaillant à partir de ces images montrent qu'il n'est pas possible de distinguer automatiquement toutes les habitations : il existe des confusions de couleur entre certains toits rouges et les champs ou les sols nus de même couleur. En revanche, il est possible de décrire et de cartographier un agencement de l'espace entre différents types d'occupation du sol, et de distinguer en particulier différents types d'habitat en forêt. Des problèmes méthodologiques doivent cependant être encore résolus.

Des applications sont envisageables pour cibler au mieux les zones prioritaires en matière de débroussaillage obligatoire. Par ailleurs, la cartographie des interfaces est nécessaire à grande échelle pour déterminer les zones vulnérables, ainsi que les zones d'aggravation des risques dans le cadre de la mise en place des plans de prévention des risques incendie de forêt.

Typologie et cartographie de la végétation : le LIDAR, une technique de télédétection prometteuse

La connaissance de la répartition spatiale des types de combustible est primordiale pour prédire le comportement d'un feu. La détermination du type de combustible s'appuie sur des caractéristiques telles que le taux de couvert, la hauteur des arbres, la hauteur de la base du houppier, la masse volumique du houppier et la nature du sous-bois. Cette dernière constitue parfois la seule différence entre deux types.

La cartographie des types de combustible est traditionnellement réalisée à partir de photographies aériennes et de relevés de terrain. L'imagerie numérique optique satellitaire ou aérienne permet une caractérisation rapide et répétitive du couvert forestier (taux et hauteur de couvert, biomasse des arbres), mais pas du sous-bois, ce qui limite son intérêt dans une problématique de cartographie des combustibles.

En revanche, les informations acquises par technologie LiDAR (voir encadré page suivante) apparaissent particuliè-

rement prometteuses pour cartographier les propriétés de combustibilité de la végétation à un niveau régional. De nombreuses études ont confirmé l'intérêt du LiDAR pour la réalisation d'inventaires forestiers avec, par exemple, de bonnes performances lors de l'estimation de paramètres tels que la hauteur totale (mesurée avec une précision inférieure au mètre), le taux de couvert, la biomasse aérienne, la densité d'un peuplement... La réalisation d'un inventaire à partir de données LiDAR, en limitant les relevés de terrain, coûterait deux fois moins cher qu'un inventaire traditionnel et prendrait de trois à quatre fois moins de temps. L'offre en données LiDAR aéroportés ainsi que les techniques de traitement sont en plein développement et les coûts sont amenés à diminuer encore. Ainsi certains pays envisagent d'utiliser à court terme la technologie LiDAR pour réaliser leurs inventaires forestiers.

La détermination de critères plus spécifiques à l'évaluation du risque d'incendie, comme par exemple la densité apparente de la couronne, a fait l'objet de moins de travaux de recherche mais des résultats intéressants ont été publiés récemment.

La technologie LiDAR produit donc une information spatialisée sur la structure en 3D de la végétation utilisable pour la cartographie des combustibles, et apparaît compétitive par rapport aux techniques traditionnelles. Le potentiel des données LiDAR pour décrire la morphologie du terrain sous un couvert forestier permet en outre d'envisager leur utilisation pour définir l'implantation de pistes ou de coupe-feu.

Fonctionnement des systèmes LiDAR (Light detection and ranging)

Le LiDAR est une technique de télédétection active qui utilise une source lumineuse de type laser. Le principe de fonctionnement de la plupart des systèmes laser aéroportés consiste à émettre un rayon laser à très haute fréquence (10 à 83 KHz) et à mesurer le temps de retour de l'impulsion pour en déduire la distance entre le capteur et le terrain. La gamme de longueurs d'onde généralement utilisée est celle du proche infra-rouge (de 1 à 1,5 μ m). Le système émetteur-récepteur est localisé et orienté grâce à la présence d'un récepteur GPS et d'une centrale inertielle à bord de l'avion.

Un système de balayage permet aux lasers scanneurs actuels de produire des informations sur une bande de part et d'autre de l'axe de vol. La combinaison des paramètres techniques de l'instrument (fréquence des impulsions, divergence du faisceau laser, technique de balayage) et des conditions de mise en œuvre (altitude de vol, vitesse) va déterminer la répartition et la taille des empreintes du faisceau laser au sol (figure 2).

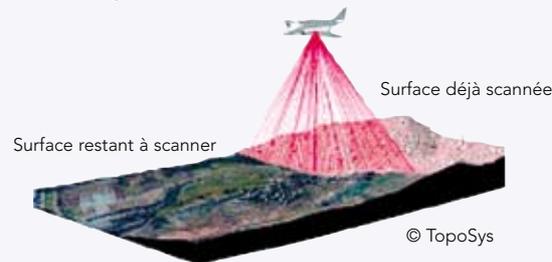


Fig. 2 Principe d'acquisition de données par LiDAR aéroporté par combinaison du déplacement de l'avion et d'un balayage transversal obtenu ici par un faisceau de fibre qui distribue les impulsions laser sur une ligne perpendiculaire à l'axe de vol

Une des principales caractéristiques du rayonnement laser est la séparabilité du faisceau : une partie du faisceau est réfléchi par un objet (bâtiment, végétation) alors que l'autre continue son chemin en direction du sol (cf. figure 3). En milieu forestier, le rayonnement laser réfléchi à différents niveaux de la canopée permet d'obtenir des informations sur l'ensemble des strates végétales.

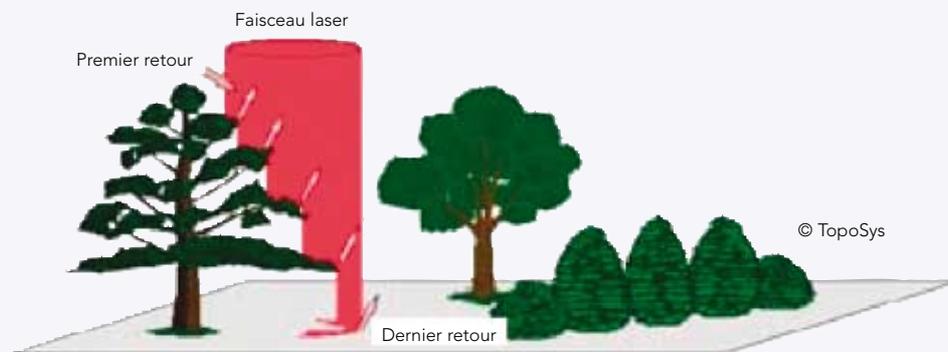


Fig. 3 À chaque fois qu'une partie du faisceau LiDAR rencontre un obstacle un signal retour, encore appelé écho, est renvoyé en direction du capteur

Selon les systèmes, pour chaque impulsion émise, un seul, plusieurs ou la totalité des retours (ou échos) sont enregistrés. Certains LiDAR enregistrent aussi la réflectance (% du rayonnement réfléchi) qui apporte des informations supplémentaires sur la nature des obstacles rencontrés.

De façon schématique, les configurations utilisées pour étudier la forêt comprennent

- les systèmes caractérisés par une large empreinte au sol (d'une dizaine à quelques dizaines de mètres) qui enregistrent la totalité du signal de retour pour une faible densité de points (par exemple 0,004 points/m²) et
- les systèmes qui ont une faible divergence du faisceau (de l'ordre de 0,5 mrad soit un diamètre d'empreinte d'une dizaine de cm à 1000 m d'altitude). Ces derniers enregistrent au maximum cinq échos (souvent seulement un ou deux) pour un nombre élevé de points (jusqu'à une 10^e de points par m²). La précision affichée par ces systèmes est de l'ordre du mètre en planimétrie et de la vingtaine de centimètres en altimétrie.

Contrairement aux Lidar à large empreinte de faisceau au sol, principalement utilisés en recherche, l'offre commerciale en données issues de Lidar à empreinte réduite ne cesse d'augmenter.

Cartographie de l'humidité de la végétation

Une difficulté à suivre l'évolution spatio-temporelle

L'ensemble des recherches et études conduites sur le risque feux de forêts depuis une trentaine d'années tant en France qu'à l'étranger ont permis de préciser le rôle de la composante hydrique du combustible sans toutefois déboucher sur sa prise en compte satisfaisante dans la détermination opérationnelle du niveau de risque. L'évolution temporelle du risque de feu de forêt est actuellement suivie de manière opérationnelle par deux méthodes différentes :

- l'utilisation d'indices météorologiques spatialisés par sous-régions d'environ 1 000 km², intégrant un état de la végétation simulé par un calcul de bilan hydrique (producteur Météo-France),

- la mesure de l'humidité de certains végétaux sur des placettes de l'ordre de la dizaine de m² (réseau Humidité, comprenant une 30^e de placettes pour toute la zone méditerranéenne, responsabilité ONF, direction territoriale méditerranéenne).

Des études méthodologiques toujours en cours

Les données satellitaires à haute fréquence de revisite pourraient aider à une connaissance spatiale plus fine de l'humidité de la végétation. Les études ont commencé au début des années 90, en utilisant les images du capteur météorologique américain NOAA-AVHRR, d'une résolution au sol supérieure au km². Elles ont consisté à comparer les mesures de terrain avec des indices dérivés des données satellitaires. Des résultats, globalement satisfaisants, ont été obtenus avec par exemple des corrélations

aux deux tiers significatives. Cependant ces résultats présentent une variabilité inexplicée : certains sites présentent des corrélations plus basses et selon les pays, le type d'indice le plus efficace est variable. Deux raisons majeures ont été évoquées : une représentativité insuffisante des mesures de terrain (trop grande différence d'échelle entre la taille des pixels satellitaires - km² - et celle des placeaux de mesure terrain environ 10 m²), et la non correction de certains effets (par exemple de l'atmosphère) affectant la qualité des données de télédétection.

Des études méthodologiques et de nouveaux capteurs basse résolution (VEGETATION, MODIS, MERIS) ont ouvert depuis la fin des années 1990 de nouvelles perspectives, mais n'ont cependant pas permis jusqu'à présent une mise en œuvre opérationnelle. Certaines de ces études

COMPARAISON DE DIFFÉRENTES CARACTÉRISTIQUES DES IMAGERIES AÉRIENNES ET SATELLITAIRES

Nature de l'imagerie	Taille d'images	Nombre de bandes spectrales	Altitude de prise de vues	Variation de l'angle de visée dans une image
Photo aérienne	de 4x4 à 10x10 km ²	1 (film N&B) ou 3 (film couleurs)	3-5 km	de ±20° à ±45°
Image satellite	de 11x11 à 180x180 km ²	de 4 à 6	600-800 km	de ±0,5° à ±6,5°

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES SATELLITES D'OBSERVATION DE LA TERRE EXISTANT

Ex. de satellite / Capteur	Panchro	Nombre de bandes spectrales			Répétitivité	Résolution Panchro	Résolution multi-spectrale	Taille d'une image (Km ²)
		Visible	Proche IR	Moyen IR				
<i>Satellites Basse Résolution</i>								
SPOT 5 / Vegetation Terra / MODIS	-	2 à 12	1 à 6	1 à 2	1 jour	-	250m à 1km	env. 2200x2200
<i>Satellites Haute Résolution</i>								
SPOT-5/ HRG, Landsat-7/ ETM+	1	2 à 3	1	1 à 2	3 à 16 j	2,5 à 15m	10 à 30m	60x60 à 180x180
<i>Satellites Très Haute Résolution</i>								
Ikonos, QuickBird-2	1	3	1	-	3 à 5j	0,7 à 1 m	2,8 à 4m	11x11 à 22x22

Variabilité spatiale de l'humidité des végétaux

Une variabilité spatiale importante a été mise en évidence dans certaines formations, par exemple sur caousse (ex. garrigue à chêne kermes). Dans ces formations, la variation spatiale locale sur quelques ha un jour d'été donné peut être aussi grande que la variation de l'humidité moyenne sur tout l'été. De plus, la variation ne présente pas de structure spatiale : il n'y a pas de zone plus sèche ou plus humide et un pied très sec peut se trouver à côté d'un pied très humide. La conséquence en est qu'il faut mesurer l'humidité en mélangeant des prélèvements faits sur un nombre important de pieds (minimum une dizaine, idéalement une trentaine).

ont apporté des éléments supplémentaires pour mieux connaître la variabilité spatiale de l'humidité de la végétation (voir encadré) et sa traduction spectroradiométrique, et grâce à la modélisation, de mieux comprendre les possibilités et limites de la télédétection.

Une détermination indirecte par spectroradiométrie

L'analyse spectroradiométrique consiste à examiner la réponse radiométrique d'un végétal au niveau feuille. Des résultats récents portant sur plusieurs espèces méditerranéenne ont montré la possibilité d'estimer la teneur en eau en utilisant plusieurs longueurs d'onde, dont notamment le moyen infrarouge (autour de 2 microns). Ces bonnes prédictions sont possibles avec du matériel frais (à son humidité de cueillette) mais aussi — et c'est plus surprenant — avec du matériel séché en étuve. Ceci tendrait à montrer que la variation de la teneur en eau s'accompagne de la variation d'autres composants biochimiques non encore identifiés.

La modélisation pour anticiper les performances de la télédétection

La modélisation du comportement radiométrique d'un couvert végétal permet de faire des milliers de simulations en faisant varier certains (ou tous les) paramètres selon des lois statistiques adaptées et de mesurer ensuite l'influence relative de ces paramètres. Les résultats obtenus ont permis de confirmer l'intérêt du moyen infrarouge, qui est le domaine spectral le plus sensible aux variations de teneur en eau. Les études avec les données satellitaires réelles n'ont cependant pas encore démontré leur caractère opérationnel.

■ Une première raison importante en est que le signal a dû traverser l'atmosphère pour être recueilli au niveau du satellite et a interagi avec certaines de ses composantes (aérosols, ozone...). La possibilité de corriger ces effets nécessite de connaître la répartition spatiale de ces composantes, tâche difficile lorsque celles-ci sont variables dans l'espace (d'un point à un autre) et dans le temps (d'un jour à l'autre).

■ La seconde est liée à une contrainte technique. Un satellite ne peut à la fois visiter quotidiennement chaque point du globe, et en même temps examiner chacun de ces points en visée verticale et avec une haute résolution. Pour acquérir une information quotidienne, on doit se satisfaire d'une résolution au sol assez grossière (de l'ordre du km²) accompagnée d'une grande largeur d'empreinte au sol (environ 2 500 km) et d'une localisation différente chaque jour dans cette empreinte. Or ces compromis ont des conséquences : la basse résolution va se traduire par des pixels au sol pouvant mélanger plusieurs types de formation présentant des intervalles différents de variation d'humidité et chaque point sera observé selon un angle de visée différent (pouvant aller de - 40° à + 40°).

Pour corriger ces effets perturbateurs, des progrès importants ont été accomplis ces dernières années, mais les corrections ne sont pas encore parfaites. Cela veut dire que des variations faibles d'humidité pourront être non détectées, à cause de leur confusion avec le bruit résiduel de correction, ce qui pourrait empêcher le suivi fiable de certaines formations. Les recherches doivent conduire à améliorer les méthodes de correction des effets perturbateurs et à déterminer les formations méditerranéennes pour lesquelles l'humidité pourra être évaluée avec une fiabilité suffisante.

Conclusion

Des études méthodologiques récentes ont confirmé l'intérêt potentiel de nouvelles données satellitaires ou aériennes pour l'étude de différents paramètres intervenant dans le risque d'incendies de forêt. Parmi celles-ci, des résultats prometteurs ont déjà été obtenus dans la cartographie des interfaces habitats-forêt en utilisant l'imagerie numérique à très haute résolution, et dans la cartographie des types de combustible à l'aide de données LiDAR.

Michel DESHAYES
Sylvie DURRIEU

Cemagref, Maison de la
Télédétection
Montpellier
deshayes@teledetection.fr
durrieu@teledetection.fr

Marielle JAPPIOT

Cemagref, Aix en Provence
marielle.jappiot@aix.cemagref.fr

Une bibliographie détaillée de référence peut être obtenue auprès des auteurs.

Comportement du feu : la modélisation de la propagation

La modélisation des incendies de forêt est restée longtemps fondée sur l'empirisme. Les modèles simples issus de cette approche ont répondu à certaines questions des pompiers ou des forestiers et demeurent utiles. Depuis quelques années, une modélisation physique de plus en plus complète du phénomène s'est développée, en même temps que la puissance des ordinateurs a augmenté. Elle produit aujourd'hui des simulations numériques permettant de visualiser le comportement d'un feu de forêt et, par exemple, de tester différents traitements préventifs de la végétation pratiqués sur les coupures de combustible.

Un volet important de la politique de prévention des incendies de forêt est l'aménagement et l'entretien des espaces naturels et forestiers. En effet, les mesures préventives qui visent à limiter la puissance des incendies reposent sur la réduction de la biomasse végétale, en particulier celle des strates arbustives, sur les coupures de combustible (voir encadré). Les surfaces concernées par ces mesures sont croissantes à cause du développement important de l'interface forêt-habitat dans les pays du Sud de l'Europe.

La modélisation : répondre à des questions scientifiques et opérationnelles

Les coupures de combustible ne sont pas destinées à arrêter le feu de manière passive, même si l'arrêt passif du feu sur ces coupures a déjà été observé, mais elles sont destinées à accueillir les forces de lutte dans des conditions de sécurité suffisantes. Les pompiers et les gestionnaires de la forêt méditerranéenne ont donc besoin d'outils pour évaluer l'efficacité de ces ouvrages. Ces outils doivent permettre de répondre à des questions telles que :

■ À partir de quel niveau d'embroussaillage faut-il intervenir sur les strates arbustives ?

■ Peut-on laisser des îlots de végétation arbustive ?

■ Faut-il enlever des arbres et combien ?

■ Quelle largeur la coupure doit-elle avoir ?

Si ces questions visent essentiellement la conception et l'entretien des coupures de combustible, une demande d'une autre nature concerne « l'auto-protection » des peuplements : intervenir plus légèrement sur de grandes surfaces (réduction de biomasse arbustive par des brûlages dirigés) avec l'objectif qu'un incendie ne détruise qu'une proportion acceptable des arbres.

Ces questions, posées tant par les pompiers que par les forestiers, peuvent être reformulées dans un contexte scientifique.

■ Quelles seront la vitesse du feu, la puissance du feu, ou encore la hauteur des flammes ?

■ Quelles strates de végétation vont effectivement brûler ?

Ces caractéristiques moyennes du feu, qui en décrivent le comportement, sont des indicateurs utiles pour évaluer la difficulté à lutter et donc l'efficacité d'un aménagement. Si on souhaite être plus précis, on cherchera à répondre à des questions du type :

■ Quelle quantité de chaleur sera

Les coupures de combustible

Une coupure de combustible est un ouvrage sur lequel la végétation a été traitée pour réduire la puissance d'un feu abordant puis parcourant cet ouvrage. On distingue les grandes coupures stratégiques situées en plein massif, dont l'objectif est la limitation des surfaces parcourues par les grands incendies, des bandes débroussaillées de sécurité situées en bordure des voies de circulation ou encore des zones de protection situées à l'interface forêt-habitat, dont l'objectif est de réduire les effets du passage de grands feux sur les enjeux qu'elle protège (routes, lignes électriques, voies ferrées, maisons et leurs habitants, campings...). De la végétation demeure présente sur les coupures de combustible, y compris des arbres : une coupure de combustible n'est pas un pare-feu. Le but d'une coupure de combustible n'est pas d'arrêter le feu de manière passive, mais de permettre aux pompiers de lutter contre un feu de puissance réduite et présentant un danger plus faible que l'incendie se propageant hors de la coupure.

reçue par une personne, ou encore par une maison, à une distance donnée du foyer ?

■ Quel danger représenteront les fumées à cette même distance ?

Il ne s'agit plus seulement de fournir des indicateurs moyens, mais des abaques ou des cartes dont l'interprétation permettra par exemple d'estimer une distance de sécurité. Les modèles de propagation du feu ont pour finalité de répondre à au moins certaines de ces questions.

Les modèles empiriques : une première réponse opérationnelle

Les modèles de propagation peuvent être classés en deux grandes catégories : les modèles empiriques et les modèles physiques. Les modèles empiriques sont la synthèse statistique d'observations de feux expérimentaux de laboratoire ou de terrain, ou encore d'incendies. Ils relient des variables décrivant le comportement du feu, essentiellement sa vitesse de propagation, aux variables décrivant les conditions de cette propagation : la pente du terrain, le vent ambiant et certaines caractéristiques de la végétation. Ces relations sont établies statistiquement sur les feux observés.

Des modèles utilisés dans le monde entier

Le modèle empirique le plus simple est sans doute « la règle des 3 % », connue des pompiers du Sud de la France, qui stipule que la vitesse du feu est égale à 3 % de la vitesse du vent. Cette règle résulte en fait de l'observation de la propagation d'incendies dans les garrigues à chêne kermès des Bouches-du-Rhône, par temps de mistral.

Les modèles empiriques sont aussi les outils utilisés en Australie et au Canada pour prédire l'avancée du feu sur des territoires de dimensions bien plus grandes que les nôtres. La végétation est classée en types, et pour un type de végétation, une loi simple donne la vitesse du feu en fonction de la vitesse du vent et éventuellement d'un petit nombre de paramètres permettant de mieux caractériser la structure de la végétation et sa teneur en eau. Au Canada, les services forestiers ont réalisé

une classification systématique de la végétation, et ont conduit des expérimentations en forêt pour compléter les observations d'incendies. Ils ont réuni les lois donnant la vitesse de propagation dans chaque type au sein d'un système de prédiction opérationnel. Aux États-Unis, les services forestiers (USDA Forest Service) ont, dans les années 70, élaboré un modèle sur la base de quelques principes physiques et surtout d'une série de feux expérimentaux conduits dans un laboratoire spécialisé (« tunnel du feu » de Missoula, Montana). Ce modèle empirique est employé dans le système de prédiction opérationnel Behave.

Une grande simplicité d'utilisation

Les principaux atouts des modèles empiriques sont leur simplicité d'utilisation et leurs temps de calculs insignifiants qui en font des modèles opérationnels dès lors que la végétation a été décrite et classée en types. Leurs prédictions sont en revanche limitées, puisqu'ils fournissent seulement une valeur de la vitesse de propagation pour des types de végétation pré-définis. Leur domaine de validité est assez restreint, puisqu'il dépend du jeu de données expérimentales utilisé pour les élaborer. En particulier, ces modèles supposent toujours une végétation « suffisamment » continue et homogène, alors que les traitements préventifs de la végétation visent à créer des discontinuités dans une végétation déjà le plus souvent hétérogène.

Des réponses insuffisantes dans le cadre de l'aménagement préventif

Les modèles empiriques, par nature, répondent donc mal aux questions posées par l'aménagement préventif pratiqué en France. Dans les pays où les modèles empiriques ont été développés, Australie, Canada et États-Unis, les mesures de prévention passant par des aménagements tels que les coupures de combustible sont peu développées. La prévention s'appuie davantage sur l'utilisation du brûlage dirigé comme outil d'entretien à grande échelle des espaces naturels. Après les incendies catastrophes récents de Sydney et Canberra, en Australie, après les feux de

Californie, avec la multiplication des incendies en zone péri-urbaine dans les états de plus en plus peuplés du Sud-Est des États-Unis, les questions soulevées par l'aménagement préventif des interfaces forêt-habitat semblent cependant émerger dans ces pays.

La modélisation physique : une prise en compte complète des mécanismes de base du feu

La modélisation physique de la propagation des feux de forêt repose sur la compréhension des mécanismes physiques et chimiques qui régissent le phénomène et leur quantification. Ce type de modélisation s'est longtemps heurté à la multiplicité des mécanismes en jeu, à la complexité de certains d'entre eux et en définitive au fait que cette approche nécessite de réaliser des calculs très lourds. C'est pourquoi les nombreux modèles physiques qui ont été construits jusque dans les années 90, simplifiaient radicalement la description physique du feu. Le plus souvent sans grand intérêt pour des applications, ils étaient utiles aux chercheurs pour essayer de mieux comprendre certains aspects du phénomène. Un autre frein au développement de la modélisation physique des feux de forêt est dû à l'originalité du milieu physique qu'est la végétation (voir encadré). Dans d'autres domaines de la combustion (combustion des moteurs, feux de nappes, incendies de bâtiment), le combustible est plus simple et mieux connu.

L'accroissement de la puissance des ordinateurs permet, aujourd'hui, une modélisation physique complète du phénomène. Le qualificatif « complet » fait référence au fait que tous les mécanismes de base du feu sont pris en compte (voir encadré), mais il ne préjuge pas de la qualité finale du modèle. Ces mécanismes de base n'agissent pas au hasard et indépendamment les uns des autres. Ils agissent de manière couplée, avec la contrainte de respecter les principes de conservation de la physique (conservation de la masse, de l'énergie et des quantités de mouvement). La formulation mathématique de ces principes aboutit à des équations qui n'ont

La végétation vue comme combustible

D'un point de vue physique, la végétation est un ensemble de particules solides macroscopiques (feuilles, aiguilles, segments de rameaux), réparties dans l'air ambiant. Ces particules peuvent être classées au sein de familles présentant des propriétés physiques et chimiques similaires (forme et dimensions de la particule, densité du matériau, teneur en eau...), donc un comportement au feu similaire. La taille caractéristique de la particule permet en particulier d'estimer la surface qu'elle expose à l'air ambiant par unité de son volume. Plus une particule est d'épaisseur ou de diamètre faible, plus cette surface exposée par unité de volume de matière est élevée. Ce paramètre, appelé rapport surface-volume de la particule, est essentiel puisque la vitesse des échanges de matière et d'énergie entre les particules de végétation et leur environnement lui sont proportionnels. En pratique, on attache donc beaucoup d'importance aux particules les plus fines (moins de 5 mm de diamètre). Une fois les familles de particules constituées, il faut décrire la répartition de la biomasse qu'elles représentent à l'échelle du couvert végétal. Cette procédure permet in fine de générer une végétation « numérique » (un fichier contient cette donnée spatialisée et constitue une des entrées du modèle physique de propagation du feu). Des recherches sont en cours pour intégrer à cette procédure les apports des modèles de croissance des arbres et des modèles architecturaux des plantes.

pas de solution « immédiate ». Elles ne peuvent être résolues que par des calculs sur ordinateur (simulation numérique). La méthode de résolution consiste en gros à découper l'espace en petits volumes et le temps en petits pas de temps, et partant de conditions initiales (conditions avant le feu et conditions d'allumage), à calculer progressivement comment évolue le phénomène dans l'espace et dans le temps. En résumé, la modélisation complètement physique des feux de forêt consiste à :

- identifier l'ensemble des processus en jeu et choisir pour chacun une loi de description,

- relier ces lois entre elles sur la base des principes de conservation de la physique, ce qui conduit à un système d'équations,

- trouver les solutions numériques de ce système et les faire calculer par un ordinateur.

Les simulations numériques sont calculées aujourd'hui dans un plan vertical défini par la direction de propagation du feu et la verticale (modèle 2D) ; elles correspondent donc à une « coupe » de front de feu. Dans ce plan vertical, on peut représenter toutes les variables qui décrivent le milieu physique et leur évolution dans le temps.

Quelques résultats de simulations numériques

Feux de garrigue

Le premier exemple d'utilisation du modèle est la simulation numérique de feux se propageant à travers une garrigue méditerranéenne composée de chêne kermès et de brachypode rameux, qui permet de mieux comprendre comment le feu progresse, tout en faisant varier différents paramètres. La figure 1 montre les images instantanées du champ de température (phase gazeuse) et du champ de vitesse de l'écoulement des gaz de combustion et de l'air ambiant pour

Les mécanismes de base de la propagation du feu

Pour décrire les mécanismes de base, on suit l'évolution d'un petit volume de végétation lorsqu'un feu s'approche, puis « traverse » ce volume et enfin s'en éloigne.

- Loin en avant du foyer, le combustible reçoit de l'énergie au moins par rayonnement, il s'échauffe.
- Parvenu à une température de 100°C, l'eau (libre) s'est complètement évaporée.
- Au voisinage du front de feu, le combustible reçoit de l'énergie par rayonnement et aussi par des phénomènes convectifs complexes : des gaz chauds issus du foyer. Sa température croît alors brutalement et lorsqu'elle dépasse environ 300°C, une dégradation très rapide du matériau solide a lieu : c'est la pyrolyse, qui libère des gaz combustibles.
- Ces gaz combustibles, en contact avec l'oxygène, sont alors enflammés et libèrent de l'énergie en quantité considérable qui permet d'entretenir l'ensemble du processus de propagation.
- La pyrolyse se poursuit au sein du foyer, une partie du matériau solide reste à l'état solide : ce sont les résidus charbonneux.
- En arrière du front, là où l'oxygène est suffisamment présent, la combustion de ces résidus charbonneux a lieu (braises).
- Enfin, le matériau restant évolue vers l'état de cendres.

L'énergie libérée par la combustion des produits de pyrolyse provoque un échauffement considérable du mélange gazeux dans le foyer (plus de 1000°C juste au-dessus du foyer). Ces gaz se dilatent donc considérablement et leur densité étant très inférieure à la densité de l'air ambiant, ils sont mis en mouvement. Au cours d'un feu, les mouvements de gaz et d'air ambiant se produisent donc forcément, même en l'absence d'un vent ambiant imposé. Lorsqu'un tel vent existe (ce qui est le cas le jour de grands incendies), il modifie les écoulements naturellement engendrés par la combustion. Il participe évidemment à l'apport d'air frais au foyer, donc d'oxygène. Mais surtout il change l'orientation des écoulements de gaz. En particulier, si le vent est dans la direction de propagation du feu, les gaz chauds pourront s'écouler vers l'avant du front de feu. Ceci amplifie le transport de chaleur en direction de la végétation encore imbrûlée, accélérant son échauffement.

des feux correspondant à différentes vitesses de vent (de 1 m/s à 10 m/s), et met en évidence l'action du front de flamme sur l'écoulement d'air ambiant.

Par vent faible la flamme est quasiment verticale et aspire l'air ambiant de part et d'autre du foyer. Lorsque le vent s'intensifie, la trajectoire des flammes est fortement déviée, les gaz chauds entrent en contact avec la végétation située en amont du front de flammes, ce qui constitue alors le facteur essentiel de la propagation du feu. Ces comportements sont conformes au comportement qualitativement attendu selon la force du vent (voir encadré).

Sur un plan plus opérationnel, cette étude numérique a été l'occasion de constater que par vent fort, le rapport de la vitesse du feu à la vitesse du vent est proche de 3 %, ce qui est conforme à la « règle des 3 % » citée plus haut. En revanche, par vent faible ou modéré, la vitesse de propagation peut représenter une fraction importante de la vitesse de vent (jusqu'à 15 %).

Des simulations complémentaires ont été réalisées dans des strates de chêne kermès de hauteurs différentes (25, 75 et 100 cm), correspondant à des charges de combustible (en t/ha) différentes. La puissance du foyer augmente alors avec la hauteur de végétation. Pour synthétiser les résultats, la figure 2 montre le rapport de la vitesse du feu à celle du vent en fonction du nombre de Froude (il est constitué par le rapport de la force du vent à la force du foyer). Si la force du vent est plus grande que celle du foyer (nombre de Froude supérieur à 1), la règle des 3 % peut donner un ordre de grandeur satisfaisant de la vitesse du feu. En revanche, quand le nombre de Froude est petit, la règle des 3 % conduit à sous-estimer considérablement la vitesse du feu.

La hauteur de flamme est une caractéristique du feu souvent utilisée pour établir la difficulté à lutter contre le feu. Nous avons estimé la hauteur moyenne des flammes à partir du champ de température du gaz, pour chaque feu simulé (voir fig. 3).

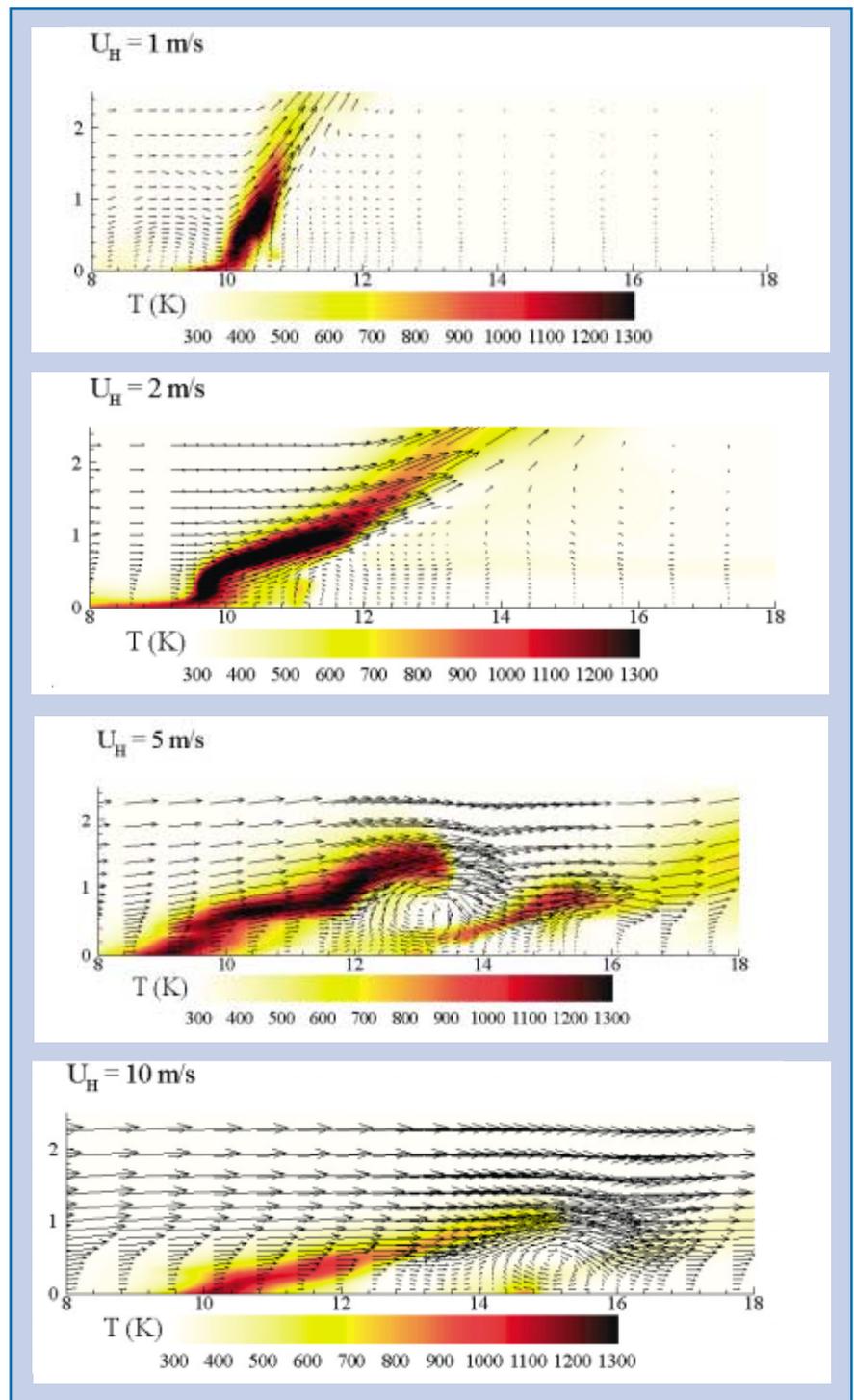


Fig. 1 Champs de température et de vitesse de l'écoulement des gaz de combustion et de l'air ambiant calculés au cours de la propagation d'un feu à travers une garrigue de chêne kermès pour différentes vitesses de vent (U_H). Les axes (x, z) du plan vertical sont gradués en mètres. La température est exprimée en Kelvin (T en $K = T$ en $^{\circ}\text{Celsius} + 273,15$). La température ambiante est ici de 300 K. Le feu progresse de gauche à droite. La vitesse du vent est imposée à une hauteur de 2 m sur la partie de terrain découverte située en limite gauche de la strate de végétation. La hauteur de la végétation (chêne kermès) est ici fixée à 50 cm.

Dans une garrigue à chêne kermès, la hauteur de flamme décroît linéairement avec la vitesse du vent et est comprise entre une fois et demi et trois fois la hauteur de végétation. On pourrait construire d'autres indicateurs géométriques, en particulier l'angle et la longueur de flamme.

Feu abordant une coupure de combustible

Plus récemment, nous avons réalisé des simulations de feux dans des peuplements de pin d'Alep avec du chêne kermès en sous-bois, afin de tester l'efficacité de différents traitements de végétation effectués sur une coupure de combustible. Ces tests seront systématisés dans le cadre du programme FIRESTAR (1) dont l'objet est d'élaborer un outil d'aide à la décision pour l'évaluation du risque et la gestion du combustible sur l'interface forêt-habitat.

La figure 4 (page suivante) montre le champ de température obtenu à différents instants de la propagation du feu abordant la coupure. En amont de la coupure (a en haut), le champ de température est caractéristique d'un feu de cimes actif. L'ensemble de la végétation depuis le sol jusqu'à la canopée brûle et la hauteur des flammes dépasse 20 m. En arrivant en limite de coupure (b au milieu), l'intensité du feu de surface est fortement réduite (effet du débroussaillage) et n'est plus suffisante pour entretenir la propagation du feu en cime. À un peu plus de 20 m de la limite de la coupure (c en bas), le feu « retombe » au sol et se propage avec une puissance faible. On peut conclure que ce traitement de végétation est efficace puisque les pompiers devront lutter contre un feu courant au sol. Un autre test a montré que si les arbres ne sont pas élagués, la propagation en cimes se poursuit sur la coupure.

En conclusion

La modélisation physique complète de la propagation des feux de forêt est un outil nouveau. Elle permet de construire des modèles explicatifs, dont le domaine de validité est vaste, qui auto-

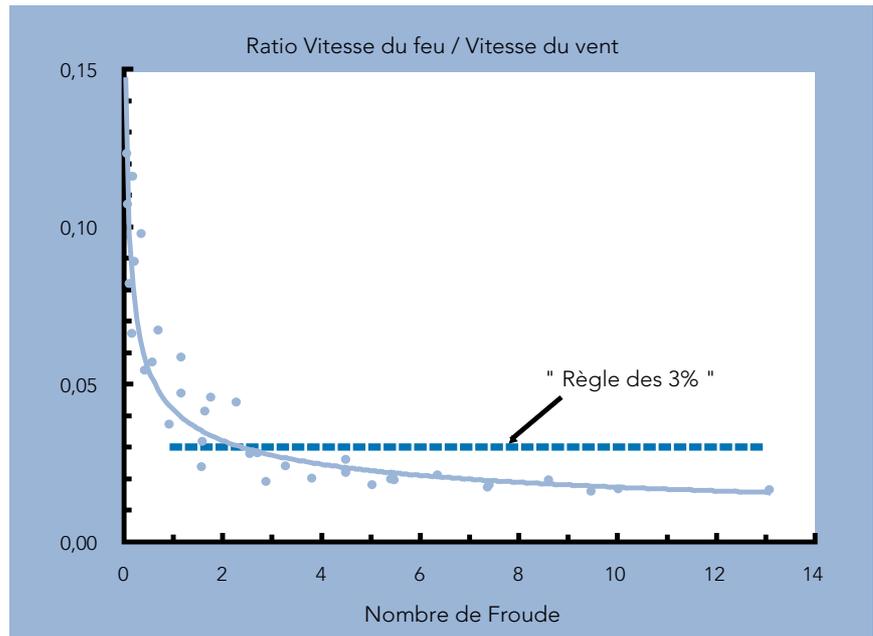


Fig. 2 Vitesse du feu rapportée à la vitesse du vent en fonction du nombre de Froude. Le nombre de Froude exprime le rapport de la force du vent à la force du feu (colonne de convection des gaz chauds).

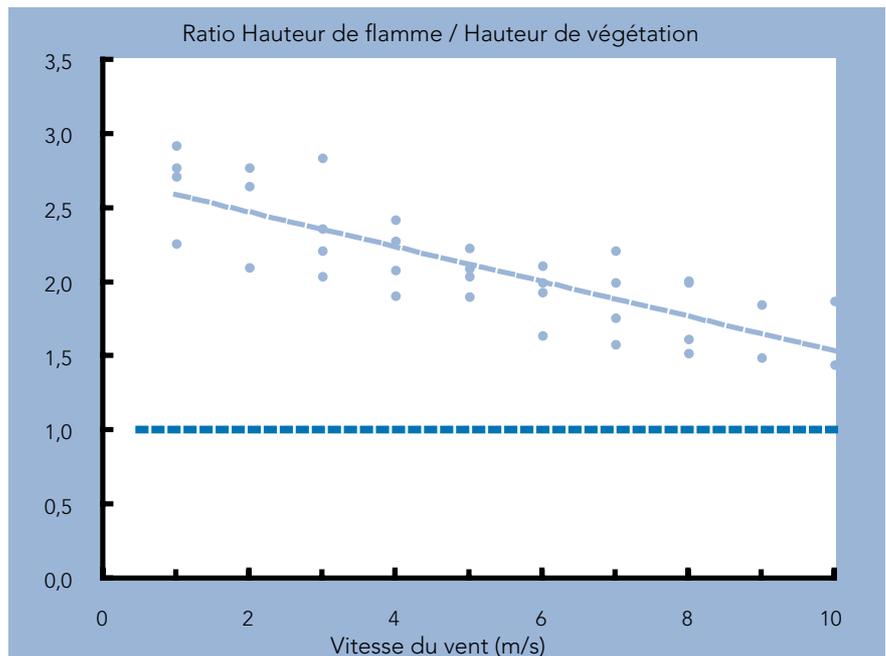


Fig. 3 Hauteur de flamme rapportée à la hauteur de végétation en fonction de la vitesse du vent.

risent des simulations beaucoup plus souples, variées et nombreuses que les modèles empiriques : ce sont ces « jeux » de simulation qui permettront d'aider à la compréhension du déroulement d'un feu en conditions réelles. L'outil permet aujourd'hui des calculs bi-dimensionnels adaptés à la stratifi-

cation verticale de la végétation. Nous sommes encore loin d'avoir exploité toutes ses possibilités, dont nous avons montré quelques exemples seulement.

Nous ne devons pas oublier que la validité du modèle employé doit être établie avant une utilisation vraiment opé-

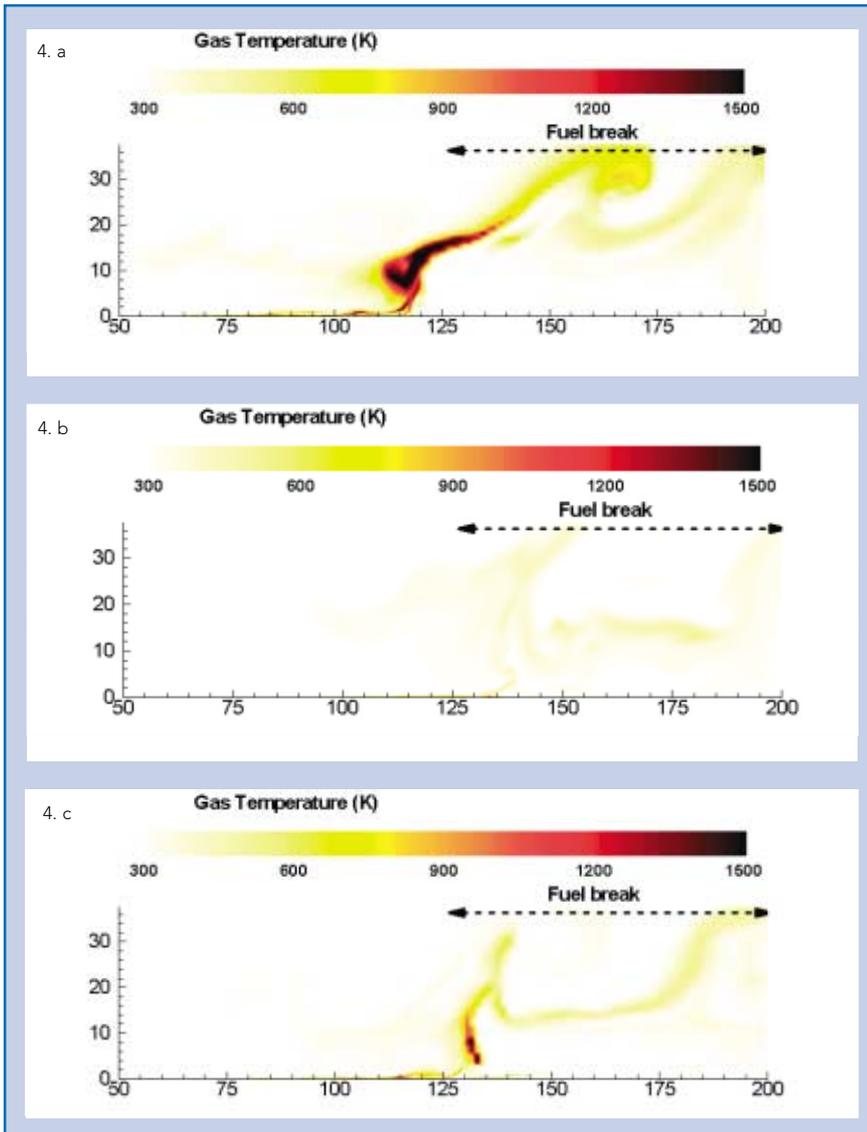


Fig. 4 Évolution du champ de température des gaz au cours de la propagation d'un feu à travers un peuplement de pins d'Alep à chêne kermès, abordant une coupure de combustible (Fuel break). Les axes (x,z) du plan vertical sont gradués en mètres. La température est exprimée en Kelvin : $T \text{ en } K = T \text{ en } ^\circ\text{Celsius} + 273,15$. La température ambiante est ici de 300 K. La végétation initiale (située avant la cote 125) est composée de chêne kermès (hauteur 1 m), de brachypode rameux (hauteur 25 cm), et de pins d'Alep (élagués à 2 m, hauteur 12 m). Dans la coupure de combustible (zone située au-delà de la cote 125) les arbres sont élagués à une hauteur de 4 m et la végétation au sol est réduite jusqu'à une épaisseur de 25 cm.

rationnelle de l'outil. L'intérêt de l'approche physique est de ne pas dépendre exclusivement ou presque d'un jeu de données expérimentales, données difficiles à acquérir dans le domaine des feux de forêt. Néanmoins, des comparaisons des prédictions du modèle avec des expérimentations de laboratoire et aussi en forêt sont indispensables pour le vali-

der et éventuellement l'améliorer. Ce travail de validation et d'amélioration est en cours. Avec l'accroissement de la puissance des ordinateurs, les études que nous menons actuellement en deux dimensions d'espace pourraient dans un avenir proche être étendues à des simulations tri-dimensionnelles pour représenter de manière plus réaliste l'hété-

rogénéité de la végétation et l'écoulement des gaz. Cela permettrait de simuler le feu dans toutes les structures de végétation.

Jean-Luc DUPUY
INRA, unité de recherches forestières méditerranéennes
équipe de prévention des incendies de forêt
dupuy@avignon.inra.fr

Dominique MORVAN
université de La Méditerranée, UNIMECA
morvan@unimeca.univ-mrs.fr

(1) FIRESTAR : un système d'aide à la décision pour la gestion du combustible et la réduction du risque à l'interface forêt-habitat. Programme du 5e PCRD de l'Union Européenne, 2002-2004.
Site Web : <http://www.eufirestar.org>

Bibliographie

DUPUY J.L., 1997. Mieux comprendre et prédire la propagation des feux de forêt : expérimentation, test et proposition de modèles. Thèse de doctorat de l'Université Claude Bernard (Lyon I), 272 p.

DUPUY J.L., 2000. Les apports possibles de la physique du feu à la conception et à l'entretien des coupures de combustible. Forêt Méditerranéenne, tome 21, n° 4, pp. 497-510.

MORVAN D., DUPUY J.L. 2001. Modeling of fire spread through a forest fuel bed using a multiphase formulation. Combustion and Flame Vol.127, n° 1-2, pp.1981-1994.

MORVAN D., DUPUY J.L. 2004. Modeling the propagation of a wildfire through a Mediterranean shrub using a multiphase formulation. Combustion & Flame, in press.

RIGOLOT E. (Ed.), COSTA M. (Ed), 2000. Conception des coupures de combustible. Coll. « Réseau Coupures de Combustible » n° 4. Morières : La Cardère. 154 p.

Équipement du territoire : le brûlage dirigé, bases scientifiques et réalisations

Le feu comme outil de prévention pour limiter le risque d'incendie de forêt ! Bien que l'idée fût quelque peu dérangeante à l'origine, elle a fait son chemin au cours des dernières décennies pour s'imposer aujourd'hui tant au niveau de la pratique, de son assise institutionnelle que de la connaissance des effets induits sur le milieu : le point sur cet outil dans le sud de la France.

Cette idée n'est pourtant pas récente puisque la première loi d'aménagement des forêts contre l'incendie, des 6 juillet et 3 août 1870, relative aux mesures à prendre contre les incendies dans la région des Maures et de l'Esterel, stipulait en particulier « *qu'en dehors des périodes d'interdiction (fixées par le Préfet), l'emploi du petit feu pour le nettoyage des bois, forêts et landes peuplées de morts-bois, qui sont séparées par des tranchées de protection est autorisé sous la réserve, en cas d'incendie produit par ledit feu, des peines portées au Code Pénal* ».

La loi ne faisait que concrétiser l'usage traditionnel du feu par les forestiers et les éleveurs pour réduire à faible coût la végétation sur pied ou coupée. Mais le texte, par les réserves émises immédiatement après l'autorisation, mettait aussi en évidence que cette technique, encore qualifiée d'écobuage, pouvait aussi dégénérer en incendie de forêt si son auteur manquait de pratique ou si les



E. Rogolot, INRA

Brûlage dirigé sous pinède à Bages (Aude)

conditions climatiques variaient brusquement en cours de journée. De ce fait, cette disposition n'a pas été reprise par les textes postérieurs, et l'emploi du feu a été réservé aux propriétaires de terrains et leurs ayants-droit.

Dans le même temps, la déprise agricole et l'exode rural ont conduit notamment à une modification de la pratique du feu, et à un embroussaillage des terres cultivées et des pâturages. L'embroussaillage a pour conséquences immédiates un appauvrissement de la diversité biologique des milieux ouverts, mais aussi, en région méditerranéenne, une augmentation des risques d'incendies de forêt. Ces risques sont d'autant plus marqués que le savoir-faire des populations rurales dans l'emploi du feu a fortement régressé, transformant une pratique organisée et généralement collective en un acte individuel le plus souvent dissimulé.

Le brûlage dirigé est une opération planifiée et ordonnée, qui consiste à conduire le feu avec un objectif clairement défini, sur tout ou partie d'une surface prédéfinie, et en toute sécurité pour les espaces limitrophes. Le décret du 29 avril 2002 indique qu'il est entendu par brûlage dirigé « *la destruction par le feu des herbes, broussailles, litières, rémanents de coupe, branchages, bois morts, sujets d'essence forestière ou autres lorsqu'ils présentent de façon durable un caractère dominé et dépérissant, dont le maintien est de nature à favoriser la propagation des incendies* » ; il précise que « *cette opération est conduite de façon planifiée et contrôlée sur un périmètre prédéfini, avec obligation de mise en sécurité vis-à-vis des personnes, des biens, des peuplements forestiers et des terrains limitrophes, conformément aux dispositions du cahier des charges approuvé par chaque Préfet de département* ».

Fig. 1a - Feu à la recule ou descendant

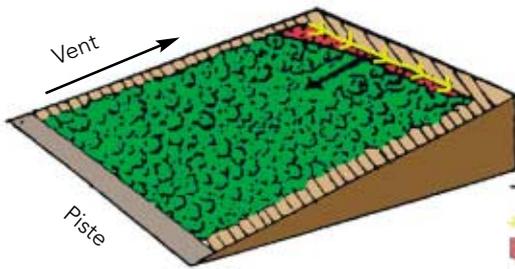


Fig. 1b - Feu par courbes de niveau successives

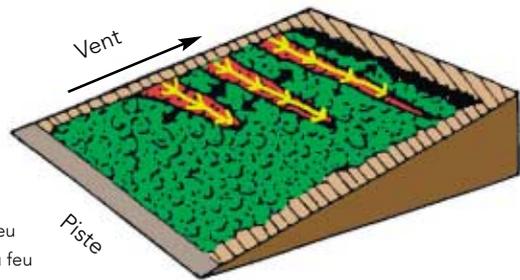


Fig. 1c - Feu au vent montant

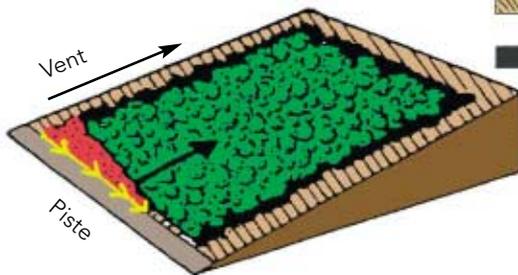
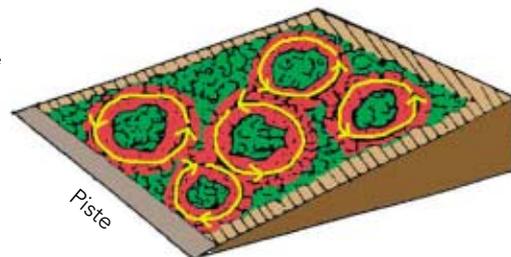


Fig. 1d - Feu par bosquets ou tâches



- Progression du feu
- Sens de la mise à feu
- Développement du feu
- Végétation initiale
- Zone de sécurité débroussaillée
- Zone de sécurité brûlée à la recule

Fig. 1 Les principaux modes de conduite du feu (adapté de Clopez 2003)

Ainsi, dans les années 1980, les autorités publiques ont cherché à développer des techniques pour diminuer la quantité de combustible végétal, en particulier par l'emploi du feu comme outil d'entretien de l'espace sous une forme moderne qualifiée « de brûlage dirigé ». Sa faisabilité en milieu méditerranéen a été testée par l'INRA d'Avignon, puis des gestionnaires des espaces naturels méditerranéens et montagnards l'ont mis en pratique. Des équipes spécialisées dans le brûlage dirigé se sont multipliées au début des années 1990. Aujourd'hui, les 15 départements méditerranéens disposent tous d'une ou plusieurs équipes de composition variée : forestiers, pastoralistes, pompiers. Ces équipes se sont formées progressivement grâce à la pratique sur des chantiers de plus en plus complexes mais aussi grâce aux échanges d'expériences au sein d'un « réseau des équipes de brûlage dirigé » animé par l'INRA d'Avignon. Les réflexions menées au sein de ce réseau ont notamment permis de susciter une évolution des textes réglementaires encadrant cette pratique.

Modes opératoires : contrôler le feu et ses effets

Les modes opératoires permettent de

contrôler la puissance du feu et de maîtriser ses effets sur les composantes de l'écosystème à préserver (sol, étage arboré). Cette maîtrise dépend :

- des conditions météorologiques avant et pendant le brûlage,
- de la structure et de l'état physiologique de la végétation (particulièrement sa teneur en eau), et surtout
- de la technique de conduite du feu.

Pour conduire le feu, on utilise les effets du vent, de la pente, ou leurs effets combinés. Les deux techniques les plus employées sont :

- le feu à contrevent descendant (Fig. 1a)

L'allumage se fait au point le plus haut, à contrevent, appuyé sur une zone débroussaillée ; le feu se développe à la recule très lentement (5 à 30 m/h), il est de faible puissance, donc recommandé dans les massifs très combustibles (par exemple, dans les milieux boisés à chêne pubescent, ou des landes hautes à genêt). Sur terrain plat, le feu est mené seulement à contrevent.

- le feu par courbes de niveau successives (Fig. 1b)

L'allumage se fait selon les courbes de niveau, le feu se développe en montant, plus rapidement. Cette

technique est utilisable dans des zones où une plus forte puissance est possible (landes et maquis bas). Il faut disposer de limites sûres ou les créer (premier brûlage supérieur à la recule).

D'autres modes de conduite peuvent être utilisés, mais leur emploi est moins fréquent, car il répond à des situations particulières :

- le feu au vent montant (Fig. 1c)

L'allumage se fait en bas de pente ou au vent, et le feu peut être très rapide et puissant. Il faut disposer d'une large bande de sécurité sur la lisière de réception du feu.

- le feu par bosquets ou tâches (Fig. 1d)

Cette technique est le plus souvent utilisée pour traiter des bosquets épars, ou des tâches de végétation élevée, situés au milieu de zones incombustibles (par exemple, bosquets de végétation ligneuse au milieu d'un pâturage, ou d'une coupure de combustible). L'allumage se fait en suivant le périmètre des bosquets à traiter, et permet de réaliser un brûlage alvéolaire. Ce mode de conduite permet d'obtenir une mosaïque de terrains brûlés et non brûlés, particulièrement favorable au maintien de la biodiversité du milieu concerné.

Le brûlage dirigé : des usages et des objectifs variés

Le brûlage dirigé est utilisé dans de nombreux domaines pour remplir des objectifs qui se sont diversifiés. Il peut être avantageusement associé, dans le temps et dans l'espace, à d'autres techniques d'intervention afin de parfaire les effets attendus sur le milieu (Valette et al. 1994). Le brûlage pastoral est l'exemple classique d'une telle association combinant les effets du feu et ceux de la dent du bétail. De manière moins connue, les résidus du broyage mécanique peuvent être incinérés afin d'augmenter l'efficacité des coupures de combustible ainsi entretenues.

La prévention des incendies

Le brûlage dirigé contribue à décroître l'intensité potentielle de l'incendie : il réduit la charge en combustible, notamment les éléments les plus fins, dans les strates qui contribuent à la propagation du feu, et il rompt la continuité horizontale et verticale du complexe de combustible. Il est ainsi utilisé pour la création et l'entretien d'ouvrages de prévention des incendies de forêts, par réduction du combustible, ou pour la mise en auto protection de parcelles à forte valeur patrimoniale (voir photo). D'autres travaux de brûlage ont pour objectif de réduire le nombre d'incendies : brûlages à vocation pastorale, pour réduire le nombre d'incendies dus à des écobuages non maîtrisés ou brûlage autour de sites à fort risque d'éclosion d'incendies : décharges...

Au service du pastoralisme

Le brûlage dirigé s'inscrit dans l'accompagnement de la pratique traditionnelle du feu pastoral dont la mise en œuvre est de plus en plus délicate compte tenu de la déprise rurale. Il se traduit soit par un appui technique aux éleveurs qui souhaitent participer aux brûlages, soit par l'intervention d'une cellule de brûlage dirigé, mandatée par une collectivité publique, qui réalise le brûlage à la place des éleveurs. L'opération a pour objectif d'ouvrir des pâturages embroussaillés, ou d'assurer leur entretien par élimination des végétaux ligneux non consommés par le bétail.

Repères

Le nouveau contexte réglementaire

La loi d'orientation forestière du 9 juillet 2001 a ouvert la possibilité à l'État, aux collectivités territoriales et à leurs groupements, ou leurs mandataires, tels l'ONF, les services départementaux d'incendie et de secours (ou des entreprises) de réaliser notamment des brûlages dirigés au titre des travaux de prévention des incendies de forêts (uniquement).

Ces dispositions concernent les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur, Languedoc-Roussillon, Corse, Midi-Pyrénées, Aquitaine, Poitou-Charentes, ainsi que les départements de l'Ardèche et de la Drôme ; elles ne sont applicables que dans les zones situées à moins de 200 m des terrains en nature de bois, forêt, landes, garrigues et maquis.

Accord et information des propriétaires concernés

Les travaux de prévention des incendies comprenant des brûlages dirigés ne peuvent être réalisés qu'avec l'accord écrit, ou tacite, des propriétaires de terrains concernés (selon les modalités fixées au R 321-38 du code forestier).

Formation

La personne responsable des travaux doit avoir participé à une formation au brûlage dirigé, dans un établissement figurant sur une liste arrêtée conjointement par les ministres de l'agriculture et de l'intérieur.

Cet arrêté, en cours de signature, devrait dans un premier temps retenir le centre interrégional de formation de la sécurité civile de Gardanne (Bouches-du-Rhône), et le centre de formation professionnelle et de promotion agricole de Bazas (Gironde).

Autres travaux de brûlage dirigé

Les brûlages dirigés réalisés en dehors des zones visées par le code forestier, dans un objectif autre que la prévention des incendies (pastoral, environnemental, cynégétique, sylvicole...) ou par des maîtres d'ouvrage autres que l'État et les collectivités territoriales, ne sont pas visés par les nouvelles dispositions. Ils ne peuvent donc être réalisés qu'en tant qu'ayant droit d'un propriétaire autorisé à apporter du feu à moins de 200 m des forêts.

Au service de la sylviculture

Le brûlage dirigé est couramment utilisé en Amérique du Nord et en Australie pour la préparation du sol à la régénération naturelle, la destruction de rémanents de coupe, voire l'éclaircie. Les brûlages répondant à cet objectif ne sont pas encore pratiqués en France. Néanmoins, des opérations expérimentales d'« élagage » et de dépressage thermiques ont été menées récemment avec un certain succès dans le massif des Maures dans des régénérations denses de pin maritime (Binggeli, 1997).

Au service de l'environnement

On enregistre de plus en plus de demandes « environnementales », dont l'objectif est de limiter la fermeture du milieu, pour maintenir une plus grande diversité floristique et

faunistique. Ainsi, entre autres exemples, une équipe de l'Office national des forêts et d'auxiliaires de protection de la forêt méditerranéenne réalise des brûlages pour améliorer l'habitat de l'aigle de Bonelli dont l'un des derniers couples niche dans les falaises du parc naturel régional du Lubéron. De manière générale, le brûlage dans les landes de l'arrière pays, pratiqué par taches, représente actuellement une des techniques, qui garantit à moindre frais, leur richesse zoologique, botanique et paysagère.

Quelles conséquences sur le milieu ?

Des suivis sur le long terme

Comme toute intervention sur le milieu naturel, le brûlage dirigé a des effets

directs et indirects et son bon usage nécessite d'en connaître les conséquences sur les différents compartiments des écosystèmes concernés. De nombreuses études ont été menées sur les effets des brûlages dirigés durant les deux dernières décades et se poursuivent actuellement. Les effets sur le milieu ne doivent pas seulement être appréhendés à l'issue d'une intervention unique et sur le court terme. Les recherches s'orientent actuellement vers des suivis sur le long terme des effets des séquences techniques dans lesquelles le brûlage dirigé est plus ou moins prépondérant. Quand le brûlage dirigé est l'intervention clé de la séquence technique, différentes modalités de régimes de feu peuvent être étudiées et comparées. La saison, la dimension du chantier, la fréquence d'intervention, la puissance du feu sont autant de paramètres qui définissent le régime du feu et qui régissent les conséquences à moyen et long terme sur le milieu.

Effets sur la végétation

D'une manière générale, le brûlage dirigé modifie peu la composition spécifique tant les écosystèmes méditerranéens et montagnards concernés ont souvent été soumis aux perturbations anthropiques et notamment au feu. Ainsi la régénération par rejet est une réponse des peuplements à chênes sclérophylles (chêne vert et chêne liège) d'autant plus marquée que la perturbation (feu, coupes, pâturage) est répétée. Cette stratégie démographique de résistance aux perturbations a permis l'installation dans ces écosystèmes d'autres espèces sclérophylles comme le térébinthe, la filaire ou l'arbousier.

En revanche la dominance entre espèces peut changer après brûlage dirigé, au moins temporairement, ou plus durablement selon les régimes de feu et la sensibilité des milieux (landes d'altitude). L'ouverture du milieu par le brûlage favorise temporairement les espèces colonisatrices ce qui peut induire un pic de la diversité floristique pendant quelques années, comme on le note aussi après incendie. Les espèces se régénérant par graines comme certains cistes peuvent être favorisées lorsque l'échauffement lève

Le brûlage dirigé, combien ça coûte ?

Les surfaces annuellement traitées représentent 6 000 à 8 000 ha pour l'ensemble des départements du Réseau des équipes de brûlage dirigé. Les coûts dépendent des objectifs assignés au brûlage, du type de milieu, et de la superficie de chaque parcelle traitée.

Les coûts moyens sont les suivants :

- 50 à 100 €/ha (HT) pour les zones non arborées, et des chantiers d'assez grandes surfaces. Dans ces mêmes conditions, un entretien mécanique aurait un coût d'environ 500 €/ha.

- 100 à 200 €/ha, pour les zones non ou peu arborées, et pour les petits chantiers, en fonction de l'accessibilité, des prescriptions particulières à respecter, en particulier le brûlage par petites taches. Dans ces mêmes conditions, le débroussaillage mécanique n'est pas possible partout, et d'un coût relativement élevé, d'au moins 800 à 1 000 €/ha.

- 200 à 1 000 €/ha pour les zones arborées (les rendements sont plus faibles car le feu est plus lent pour ménager les arbres, avec plus de travaux préparatoires et de précautions particulières au bénéfice de certaines espèces) ; les coûts sont aussi plus élevés pour des chantiers linéaires et étroits (entretien de bords de routes).

Dans ces conditions, le débroussaillage manuel est le plus fréquent, avec un coût d'autant plus élevé que les prescriptions techniques sont importantes, variant de 2 000 à 4 000 €/ha.

Dans tous les cas, le respect des nouvelles dispositions réglementaires, en particulier concernant le recueil des autorisations des propriétaires et leur information, a un coût non négligeable, qui selon la complexité du foncier peut même être élevé.

la dormance des graines accumulées dans les couches superficielles du sol. La puissance du feu est alors un facteur prépondérant dans la dynamique de reconstitution post-traitement.

Des conséquences très dépendantes de la puissance du feu

De manière générale parmi les composantes du régime de feu, la puissance du brûlage est un paramètre fondamental pour en évaluer les conséquences sur le milieu. Ainsi Gillon (1990) montre que lors de brûlages d'entretien, l'élévation de température dans le sol est très faible, bien que les températures de surface soient d'environ 400 à 500°C. Lors de certains brûlages d'ouverture, dans des milieux où la phytomasse arbustive est beaucoup plus élevée (10 à 20 t/ha), les températures de surface peuvent atteindre 900°C et l'onde de température à 5 cm de profondeur dans le sol est de l'ordre de 100°C. D'autres études montrent l'importance de ne pas totalement détruire la couche de litière fragmentée ou l'humus : le brûlage doit être réalisé lorsque ces horizons sont humides afin de préserver les couches

superficielles du sol. Quoiqu'il en soit, les impacts de l'échauffement sur les composantes physiques, chimiques et biologiques du sol ne doivent pas être négligés et les délais de cicatrisation sont d'autant plus longs que le feu est puissant.

Effets sur le moyen terme

En Provence calcaire le plus vieux dispositif en Europe de suivi des effets de brûlages dirigés périodiques avec sept interventions depuis 1984 montre l'innocuité des traitements sur la strate arborée en pin d'Alep et la sensibilité des espèces à écorce fine comme le chêne vert. Quant à la rémanence du traitement sur les strates basses dominées par le chêne kermès et le brachypode rameux, les dispositifs dans ce type de milieu ont montré que le brûlage dirigé permettait de contenir l'embroussaillage en deçà du seuil de 2 500 m³/ha pendant 3 à 4 ans, démontrant ainsi une efficacité sensiblement moindre que le broyage mécanique. Dans ce type de milieu, on préférera néanmoins le brûlage dirigé deux fois moins coûteux que le broyage mécanique pour autant qu'une

Dans les zones pastorales de moyenne altitude de l'arrière pays méditerranéen, de nombreuses études ont été menées ces dernières années pour mieux comprendre les effets environnementaux de brûlages dirigés périodiques combinés au pâturage. Ces études visaient aussi à comparer l'impact de cette séquence technique à celui de l'incendie et de la non intervention avec l'abandon des espaces délaissés par l'agriculture. Les traitements ont été comparés au moyen d'indicateurs caractérisant le risque d'incendie (recouvrement du genêt purgatif), la diversité floristique, la qualité pastorale du milieu et la protection des sols contre l'érosion (pourcentage de sol nu) (voir figures ci-dessous). Le niveau des indicateurs suivis oppose nettement la perturbation incendie à la séquence d'interventions techniques proposées : la combinaison de brûlages dirigés périodiques au pâturage diminue significativement le risque d'incendie sans exposer le sol aux risques d'érosion, et améliore le fond pastoral ainsi que la diversité floristique (Rigolot et al, 1998).

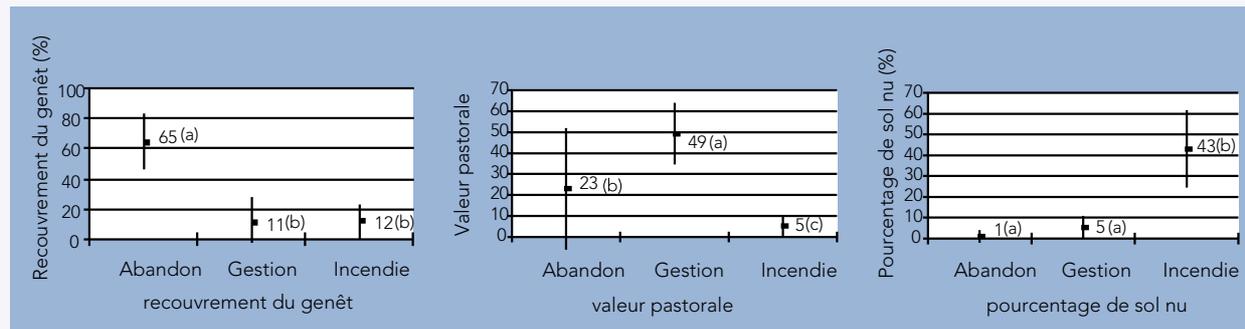


Fig. 2 Moyennes et intervalles de confiance de différents indicateurs. Le dispositif expérimental est constitué de trois parcelles : incendie en été 1994 ; gestion (brûlage pastoral non contrôlé en 1980 + trois brûlages dirigés (1990, 1995 et 1996), + pâturage ovin régulier) ; abandon (pas d'intervention depuis 1950). Les valeurs moyennes regroupées avec la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

équipe spécialisée soit disponible sur le secteur.

Des études associées (voir encadré ci-dessus) prennent en compte l'impact de ces séquences techniques sur les communautés animales et notamment sur les oiseaux dont la composition en espèces et la densité évoluent en fonction des changements de la végétation qui les abrite (Pons, 1999). Ces travaux débouchent sur des recommandations de gestion associant brûlages périodiques et pâturage pour maintenir et créer des espaces ouverts, qui abritent de nombreuses espèces rares ou menacées en France.

Conclusion

Pour constituer une technique d'intervention efficace, le brûlage dirigé doit avoir des effets significatifs en fonction des objectifs recherchés tout en minimisant les conséquences indésirables. Les relations entre modes opératoires, conditions stationnelles et conditions micro-climatiques qui précèdent et accompagnent l'opération permettent de se rapprocher au mieux des effets attendus à court et moyen terme. La phase préalable

d'analyse, de concertation avec les partenaires et de prescription est fondamentale afin de bien préciser les objectifs et les contraintes liés à chaque opération. Ainsi la mortalité des arbres peut être indésirable sur certains chantiers et au contraire recherchée sur d'autres. Dans les deux cas comme on l'a vu, les modes opératoires adaptés peuvent être définis. Le caractère programmé de l'opération de brûlage dirigé et la finesse de l'outil quand il est bien maîtrisé font que le débat se pose davantage en termes d'objectifs et de contraintes qu'en termes d'effets positifs ou négatifs. Quoiqu'il en soit, des recherches sont encore nécessaires pour déterminer les régimes de feu qui satisfassent à la fois aux exigences sociales et écologiques.

Yvon DUCHÉ

ONF, direction territoriale méditerranée
yvon.duche@onf.fr

Éric RIGOLOT

INRA, unité de recherches forestières méditerranéennes
Avignon
rigolot@avignon.inra.fr

Bibliographie

BINGGELI F. 1997. Élagage et éclaircie thermique en DFCL : Mécanismes, indications, modes d'emploi, incidences. Forêt Méditerranéenne XVIII(4), pp. 318-326.

GILLON D. 1990. Les effets des feux sur la richesse en éléments minéraux et sur l'activité biologique des sols. Revue Forestière Française n° spécial « Espaces forestiers et incendies » pp. 295-302.

PONS P. 1999. Brûlage dirigé et incendie sauvage : Ont-t-ils l'un et l'autre le même impact sur l'avifaune ? Forêt Méditerranéenne XX(2) pp. 103-114.

RIGOLOTT, E., ETIENNE, M., LAMBERT, M. 1998. Different fire regime effects on a *Cystisus purgans* community. In Fire Management and Landscape Ecology. Ed. Traubad : 137-146.

VALETTE J.C., RIGOLOTT E., ETIENNE M. 1994. Combinaison des techniques de débroussaillage pour l'aménagement de défense de la forêt contre les incendies. ONF – Bulletin Technique n°26, pp. 21-29.

Quels enseignements tirer des incendies de forêts de l'été 2003 ?

Rapport de la mission interministérielle

Après les incendies de forêts de l'été 2003, les quatre ministres directement concernés (Agriculture, Intérieur, Environnement et Equipement) ont confié à leurs corps respectifs une mission sur la protection contre les incendies de forêt, en zone méditerranéenne. Au-delà de l'effet cumulé de la canicule et de la sécheresse, la mission a dégagé des enseignements autour de quatre axes. Elle a constaté globalement que les textes législatifs et réglementaires existaient. Plutôt que d'en proposer d'autres, il faut chercher comment mieux les appliquer.

1^{er} enseignement : pour agir plus efficacement, il est nécessaire de connaître les causes

La prévention avait, jusqu'ici, beaucoup travaillé sur le comportement du feu. Cela reste important et il faut encourager les retours d'expérience partagés sur les incendies. Mais il faut aussi investir sur le comportement des imprudents et sur l'analyse des causes de départ de feux. Certains départements le font et obtiennent des résultats positifs.

2^{ème} enseignement : nous avons vécu le raçon du succès

Succès, car le trépied : équipements de terrain, surveillance et guet armé, attaque des feux naissants, a bien fonctionné pendant dix ans. Mais raçon, car ce succès a laissé s'installer une usure du dispositif : les financements de l'État pour la prévention et l'entretien des équipements ont baissé. Il faut les redynamiser, en coordination avec ceux des collectivités locales, et mieux les cibler. D'autre part, les pompiers ont perdu en expérience des grands feux. Il faut donc redéfinir les dispositifs de formation.

Pour ne pas payer trop cher la prochaine raçon, nous devons aussi nous préparer à une meilleure réactivité : comment être capables de mobiliser des moyens

exceptionnels lors de la prochaine année exceptionnelle, pour faire plus de patrouilles dissuasives, comme pour faire venir en renfort des moyens aériens ?

3^{ème} enseignement : quand les différents services concernés ont l'habitude de travailler ensemble depuis longtemps, la forêt brûle plutôt moins

Il faut donc systématiser le travail commun entre les services de l'État, mais aussi avec les conseils généraux, les régions et les communes. Ce travail commun s'organisera prioritairement pour concevoir et entretenir les équipements en forêt ; pour faire, ensemble, des manœuvres et des brûlages dirigés sur ces équipements ; pour développer le débroussaillage.

Ainsi, par exemple, les pompiers et les préfets ont particulièrement apprécié, l'été dernier, une prestation fournie sur convention par les forestiers dans certains départements.

Sur chaque grand incendie déclaré, une équipe composée d'un opérateur SIG et d'un responsable forestier (ONF ou DDAF) arrive au PC avec un véhicule équipé d'un poste de travail SIG muni d'une imprimante. Il se met à disposition du commandant des opérations pour lui fournir toutes les 1 ou 2 heures un contour du feu en temps réel, sur le fond de carte commun aux pompiers et aux forestiers mais enrichi d'informations sur la végétation et l'état des accès. Pour cela, cette équipe dirige les forestiers locaux qui vont en reconnaissance sur les limites du feu, dans un terrain qu'ils connaissent bien.

Les pompiers peuvent ainsi se consacrer à leur manœuvre, en s'appuyant sur des informations précises.

4^{ème} enseignement : les solutions techniques évoquées ici doivent s'appuyer sur une réflexion politique

Quel rôle doivent jouer les espaces ruraux et la nature dans la vie des méditerranéens ?

Un rôle d'activité agricole et sylvicole qu'il faut réaffermir, en y adaptant des « contrats d'agriculture durable » et des « contrats de sylviculture durable » cofinancés par les bénéficiaires indirects de la forêt.

Un rôle, aussi, de « milieu de vie », avec la question de l'urbanisation : l'habitat diffus en forêt a posé des problèmes dramatiques aux pompiers et mobilisé beaucoup de leurs moyens au détriment de la forêt.

La mission propose que les élus responsables appliquent un moratoire aux constructions diffuses en zone boisée, pour se concentrer sur des habitats groupés. L'État pourra les y inciter à partir de l'affichage des risques et éventuellement avec les plans de prévention des risques incendies de forêt. Les mesures d'autoprotection des constructions doivent aussi être encouragées.

Devant ces constats, la mission pense qu'il est temps de recommander une initiative interministérielle pour inviter les collectivités territoriales et les partenaires concernés à un grand débat stratégique ; un débat sur la place de la forêt et des espaces ruraux dans l'aménagement des territoires méditerranéens. La dernière grande réflexion stratégique sur les incendies de forêt date, en effet, de 1986.

Cela pourra fournir un élan nouveau et partagé pour les efforts de prévention des incendies de forêt dont l'Office est une cheville ouvrière reconnue à la fois comme motivée, compétente et efficace.

Jean-Hugues BARTET
ONF, inspection générale
jean-hugues.bartet@onf.fr

Le retour d'expérience de l'ONF sur les feux 2003

Le dispositif traditionnel de prévention et de lutte contre les incendies de forêts a fait preuve de son efficacité au cours des 15 dernières années, puisque le bilan des feux de forêts a été, jusqu'à l'été 2003, relativement bien maîtrisé : 95 % des feux sont éteints avant d'avoir atteint le seuil de 1 ha.

Cette maîtrise a été obtenue en dépit d'un accroissement régulier du risque : en effet, forêt et urbanisme progressent en surface au détriment des zones agricoles, chacun de 1 % par an, ce qui a pour conséquence d'augmenter les problèmes d'interfaces entre habitat et espaces combustibles.

La campagne feux de forêts 2003, par son caractère tout à fait exceptionnel, a permis de tester ce dispositif « aux limites » ; la sécheresse 2003, par sa précocité, son intensité, sa durée, et son caractère généralisé a en effet conduit à des situations opérationnelles « hors normes » : un accroissement de 20 % des éclosions de feux, avec notamment un nombre de feux de foudre particulièrement élevé, des vitesses de propagation supérieures à 4 km/h... D'où l'intérêt d'un retour d'expérience sur une telle saison. L'examen interne auquel s'est livré l'ONF a conduit aux constats suivants.

Constat n° 1 : une information rapide et fiable est le nerf de la guerre

Cette information constitue en effet la « matière première » dont se nourrissent les processus d'aide à la décision d'une part, de communication publique d'autre part. L'efficacité dans ce domaine repose alors sur trois facteurs :

■ **un partage d'informations rapide** entre services, dans le cadre d'un réseau permanent de correspondants qui se connaissent et ont pris l'habitue

de de travailler ensemble tout au long de l'année ; seul ce type de dispositif permet en effet de bâtir des protocoles d'alerte et de remontées d'informations connus, acceptés et appliqués avec diligence ;

■ **une capacité d'observation « en direct » et « sur zone » des sinistres majeurs** : il importe ainsi que la mission zonale DFCl, qui n'a pas vocation à être directement engagée dans les opérations de secours, puisse observer avec le recul nécessaire le déroulement des événements, le comportement au feu des équipements... afin de capitaliser les enseignements techniques et opérationnels à retirer d'un « test » en vraie grandeur ;

■ **des outils performants de mobilisation, de traitement et de restitution de l'information** : l'apport récent des SIG est capital dans ce domaine, tant en phase opérationnelle au PC feux comme serveur de données, qu'en analyse post-feux pour l'élaboration des bilans, des évaluations et l'aide à la décision pour les priorités d'actions de reconstitution. L'outil SIG est toutefois « exigeant » tant en matière de bases de données disponibles, que de compétences d'opérateurs ; or ces deux domaines sont longs et coûteux à développer de manière généralisée.

Constat n° 2 : faire de la prévention, c'est avant tout garantir la présence d'un dispositif de surveillance adapté, évolutif et réactif

■ **L'adaptation du dispositif** doit se réfléchir en amont de la saison estivale, en fonction de la situation météorologique de l'année, des disponibilités en personnels, des enjeux particuliers à surveiller ; cette analyse préalable conduit au « calibrage » du dispositif de surveillance prévisionnel ainsi qu'à



Dans les Alpes-de-Haute-Provence, l'équipe de levés et de report en mission de cartographie opérationnelle auprès d'un poste de commandement sur feu de forêt (juillet 2003)

la mise en place éventuelle de « renforts structurels ».

■ L'évolution du dispositif concerne sa montée en puissance en situation de crise grave avérée : on doit pouvoir faire alors appel à des « renforts occasionnels » en agents patrouilleurs, cadres de renforts ou spécialistes SIG.

■ **La réactivité** correspond à l'ajustement, en saison, de la longueur de la période de mobilisation du dispositif en fonction de l'évolution météo et opérationnelle de l'été ; des compléments de dotation « journées de patrouilles » peuvent alors être demandés à l'État, pour peu qu'on dispose d'un système de suivi fin (par quinzaine) de l'activité patrouilles.

Constat n° 3 : la DFCl opérationnelle est une affaire de professionnels compétents

Le problème des incendies concerne tout le monde (administrations, élus, acteurs socio-économiques et citoyens de base) ; il ne peut être maîtrisé sans la contribution de tous. En revanche, dès lors qu'on s'intéresse au domaine plus opérationnel, la prise en compte du risque exige un professionnalisme sans faille.

■ **De ce point vue, l'existence de personnels spécialisés en prévention** comme les OFRAN (ouvriers forestiers rapatriés d'Afrique du Nord), les APFM (auxiliaires de protection de la forêt méditerranéenne) ou les forestiers sapeurs qui font jouer la synergie entre connaissance du terrain grâce aux travaux d'équipements du terrain l'hiver et capacités de surveillance et d'intervention sur feux naissants l'été est un acquis à préserver impérativement.

■ **De la même façon, l'expérience des agents impliqués dans les patrouilles estivales** doit être régulièrement soutenue par des actions de FOP ainsi que par la mise en place de « viviers » de renforts préalablement sélectionnés et formés.

■ **Par ailleurs dans le domaine de l'expertise risque (PIDAF, PPRIF)**, l'ONF dispose d'un savoir faire reconnu concentré entre les mains de quelques spécialistes qu'il convient de conforter par un niveau de « commandes » suffisant de la part de l'État ou des collectivités sur ces sujets ; en effet dans ce domaine l'expérience ne s'acquiert que par une pratique régulière.

■ **Enfin la communication en matière d'incendie nécessite également une approche très professionnelle ;** le sujet est en effet dramatique et sensible, très prisé des médias du fait de son caractère spectaculaire, et les responsabilités des acteurs sont fortement impliquées, qu'il s'agisse de l'État, des maires ou des intervenants opérationnels. L'idéal est donc de disposer d'une stratégie claire de communication concertée avec l'État autour du responsable territorial de communication, d'un réseau de correspondants presse et de personnes ressources dans les services aptes à s'exprimer, d'une série de fiches techniques préparatoires aux différents types de sollicitation possibles.

Constat n° 4 : la réussite passe par une approche territoriale intégrée

Cette approche territoriale comporte plusieurs volets.

Une analyse critique des équipements DFCI et de leur comportement au feu

De ce point de vue, la campagne 2003 a permis de confirmer ou d'infirmer certaines hypothèses : en cas de sinistres majeurs, compte tenu des difficultés et du danger d'accès au cœur des massifs, du fait des importants dégagements de chaleur et de fumée, les équipements de plein massif, concernés par le front de flamme principal sont pas ou peu utilisés ; seules les zones d'appui à la lutte le long des axes majeurs de circulation et en interface avec les zones urbaines sont réellement prises en compte.

En outre, en conditions extrêmes, la lutte au sol ou aérienne se fait par les flancs (resserrement du feu en tenaille), le positionnement dans l'axe du feu étant la plupart du temps intenable. Les grandes coupures, dans l'axe du feu, ont un effet de protection passive (notamment du fait de sautes) moindre que celles en position latérale qui peuvent parfois canaliser le feu (sous réserve toutefois d'un entretien parfait).

Les comportements des grandes coupures ont été très variés et méritent donc une analyse fine qui est en cours via le réseau « coupures combustibles » animé par l'INRA ; ce qui est en revanche évident, c'est que dans bien des cas, le niveau très imparfait de l'entretien a pesé lourd dans la défaillance des équipements ; ce constat repose le problème lancinant du financement de l'entretien des équipements DFCI par des crédits publics, question qui n'a jamais été correctement réglée.

En matière de reconstitution après feux une approche intégrée prenant en compte

■ les potentialités écologiques des milieux naturels au regard notamment de leurs capacités de cicatrization et régénération naturelles ; la priorité est en effet donnée aux mécanismes de reconstitution naturelle accompagnée le cas échéant par le gestionnaire forestier (recépage, nettoyage, fascinages) ;

■ la place de l'agriculture dans l'occupation du territoire et notamment des

activités susceptibles de compartimenter efficacement l'espace ; ceci suppose toutefois qu'au delà de la pratique agricole de base, des actions d'entretien des fossés et bordures de parcelles soient entreprises, sinon le feu emprunte ces couloirs de moindre résistance. En outre, en matière agricole, la priorité doit aller au maintien des exploitants encore en place, plus facile à réaliser que la réinstallation de nouveaux exploitants ;

■ enfin la question de l'urbanisme et de la prise en compte du risque DFCI est centrale : son traitement efficace suppose une capacité d'affichage du risque de la part de l'État (ce qui renvoie à la problématique des expertises PPRIF) ainsi qu'une sensibilisation des maires et des services en charge de l'urbanisme pour une adaptation des documents d'urbanisme.

C'est également dans ce cadre que la mise en œuvre de la réglementation sur le débroussaillage obligatoire mérite d'être relancée ; cette action a en effet largement démontré son efficacité, cet été, en matière d'auto-protection des bâtiments menacés par le feu ; la sensibilisation des populations et des élus complétée par des actions de police « pédagogiques » sont la clef du succès de cette politique de développement du débroussaillage obligatoire.

Constat n° 5 : la capitalisation des expériences sur les mesures d'accompagnement est essentielle

Les opérations de reconstitution après incendie ont amené l'ONF à explorer pour le compte de l'État les procédures de mise en œuvre de travaux d'urgence ; à cette occasion des questions d'ordre juridique, financier ou administratif ont été soulevées et des réponses ont été apportées souvent dans l'urgence ; un travail est donc en cours pour capitaliser cet acquis.

Denis LAURENS

ONF, directeur territorial méditerranée
denis.laurens@onf.fr

Risques naturels et passage de l'incendie : l'expérience de la RTM

Les actions de restauration des terrains en montagne s'efforcent depuis un siècle et demi de contrôler et d'atténuer les phénomènes naturels en montagne (crues, érosion, avalanches, mouvements de terrain). Que nous livre cette expérience lorsque ces actions de prévention et de protection sont confrontées au passage de l'incendie ?

La manifestation d'un phénomène naturel n'engendre un risque que lorsque des enjeux (personnes, biens, activités) sont susceptibles d'être affectés. L'une des principales conséquences d'un incendie est la destruction de la couverture végétale et en particulier de sa partie boisée. Elle s'accompagne de la formation d'un « lit » de cendres facilement mobilisables.

Quelles conséquences des incendies sur les phénomènes naturels ?

L'influence du couvert forestier sur l'hydrologie des bassins versants a été précisée par A. Hurand et V. Andréassian dans un précédent numéro :

- un effet marginal pour les crues extrêmes, mais une réduction des crues moyennes et un contrôle de l'érosion,
- une forte réduction des transports solides,
- une diminution de l'écoulement annuel issu des bassins versants,
- une réduction des débits d'étiage.

Des crues amplifiées

La profondeur du sol et la végétation, qu'elle soit forestière ou non, jouent un rôle bénéfique pour les crues. Après disparition de la végétation suite à un incendie, on peut s'attendre à une augmentation des débits liquides et de fait, solides.

Les enseignements des bassins versants expérimentaux permettent de mieux appréhender l'évolution des phénomènes. Ainsi, suite à un incendie en 1990, la disparition du couvert végétal du petit bassin versant du Rimbaud (Var, sous-bassin du Réal Collobrier) observé par le Cemagref depuis 1967 a permis d'observer jusqu'à un triplement des pics de crue et de 30 à 40 % d'augmentation des volumes de crues. Le débit de crue décennal (avant incendie) a ainsi été dépassé plusieurs fois dans les mois qui ont suivi l'incendie. Cependant, en quelques années de reprise de la végétation après l'incendie, cet effet avait disparu.

Érosion et transport solide aggravés

Du fait de la disponibilité de nombreux arbres morts ou souches, voire de blocs rocheux autrefois retenus par la végétation ou le sol, les risques d'embâcles augmentent, et les ouvrages de franchissement peuvent alors devenir de véritables obstacles à l'écoulement de l'eau.

Après le feu, le sol est recouvert de cendres et de charbons de bois, la partie superficielle est « cuite » et a perdu sa cohésion. Ces matériaux fins et abondants sont très favorables à la formation de laves torrentielles. Les cendres, susceptibles de jouer le rôle de lubrifiant, amplifient ainsi l'entraînement des matériaux. Une augmentation du ravinement des formations superficielles peut s'observer ; le sol

n'étant plus protégé, les précipitations sont beaucoup plus agressives.

Le lit peut être dépavé par ces crues plus importantes. Une reprise d'érosion se produit alors, linéaire dans le lit avec risque d'affouillement des berges, en nappe dans les versants, augmentant de la sorte le volume de matériaux mobilisés.

Ainsi, le 6 juillet 1982, un incendie parcourait 2000 ha dans le massif de Chamatte (Alpes-de-Haute-Provence) dont 900 ha de forêt domaniale RTM ayant un rôle de protection marqué. Quelques jours plus tard, le 18 juillet, un orage banal mais violent provoqua une crue des petits ravins traversant le village d'Angle, recouvrant la place et certaines routes de 50 cm de boue. Ces ravins étaient pourtant considérés comme éteints !

Mouvements de terrain : risque d'accentuation des chutes de blocs

L'effet d'un incendie sur les mouvements de terrains concerne surtout les chutes de blocs (voir encadrés). Les ravinements, l'absence de végétation, la déstructuration des sols, provoquent la mise en mouvement de blocs dispersés sur les versants. Dans quelques cas, le fort contraste thermique a entraîné l'écaillage en surface de la roche. Ainsi lors des incendies de Restonica et Vivario en 2000 (Corse), la desquamation de boules granitiques dans les zones les plus carbonisées a donné



Angles (04), crue du 18 juillet 1982. Les matériaux emportés par les eaux sont arrivés jusqu'au village. Le nettoyage effectué au pied du mur donne une idée de la hauteur du recouvrement

En février 2002, un incendie a par exemple détruit une grande partie de la forêt domaniale RTM de Peyresourde (Hautes-Pyrénées), créée pour protéger la route du col contre les avalanches ; on n'a heureusement pas constaté depuis d'apparition de coulées, peut-être en raison de l'effet d'encrage des troncs calcinés maintenus en place.

Effets sur les ouvrages de protection

La forêt constitue la partie du dispositif de protection qui est souvent réduite à néant lors d'un incendie. Cependant, certains ouvrages sont parfois concernés : destruction d'ouvrages en bois, contraste thermique sur les ouvrages en béton ou métal-

B. Faure, ONF-RTM

des écailles de quelques centaines de grammes, mais sans formation de roches « éclatées ». D'après les géologues, ce phénomène n'intervient que pour des roches à forte teneur en eau, et à condition qu'elles soient chauffées assez longtemps ou fortement.

Les largages des avions bombardiers d'eau sont aussi susceptibles de provoquer le départ de quelques éléments sur fortes pentes.

Avalanche : risques accrus de coulées de neige

La végétation arbustive et surtout arborée joue un rôle important dans la fixation du manteau neigeux, en particulier par l'ancrage dû aux troncs et l'interception par les branches. La disparition du couvert forestier entraîne également une modification de la métamorphose de la neige et des propriétés mécaniques du manteau neigeux, donc de sa stabilité. On peut s'attendre alors à des coulées de neige, selon l'importance de la disparition de la végétation.



Bonneveaux (74), août 2003. Après disparition de la végétation, blocs et pierres sont facilement mobilisables

J. Liévois, ONF-RTM

Incendie du Mont Barret à Pont-en-Royans - Isère août 2003

Le quartier de Villeneuve, sur la commune de Pont-en-Royans (Isère), est exposé aux risques de chutes de blocs de quelques m³ à quelques dizaines de m³, provenant du versant qui le domine (Mont Barret). Une étude menée en 1993 a confirmé ce risque et a préconisé des travaux de protection, qui ont été réalisés en 1997, en amont immédiat des enjeux à protéger (RD 531 et maisons d'habitations) : grillage plaqué ou pendu, écrans pare-blocs.

C'est la foudre qui a mis le feu au Mont Barret, puis l'incendie a parcouru le 12 août 2003 le versant surplombant Villeneuve. La destruction de la végétation a eu pour conséquence la libération de multiples petits blocs et pierres (taille maxi 20 litres) qui ont soit été piégés par les ouvrages restés fonctionnels, soit dévalé au pied du versant jusqu'aux maisons et à la route. Les habitations avaient été préalablement évacuées en raison de leur exposition au risque d'incendie. Le service RTM a préconisé, après le passage de l'incendie, le maintien des évacuations ainsi que la fermeture complète de la RD, compte tenu du risque de chutes de pierres. Ce risque s'est concrétisé par la chute, le 13 août et les jours suivants, de pierres et blocs qui se sont arrêtés sur la RD et au niveau des habitations (altitude 230 m).



Les supports en bois des filet pare-pierre ont été détruits

Une expertise générale du versant a été menée le 18 août 2003. La réouverture de la route départementale, de même que la réintégration par les occupants des maisons évacuées ont été conditionnées par la remise en état de tous les ouvrages de protection pare-pierres.

Un suivi plus fréquent du niveau du remplissage des ouvrages pare-pierres a été préconisé, afin de rapprocher leur vidange si, comme cela est prévisible, on assiste à une accentuation des chutes de pierres et blocs.

La disparition de la végétation permet aujourd'hui de mieux apprécier les aléas (dimensions, situation et condition d'équilibre des blocs potentiellement mobilisables) et de vérifier, en ayant éventuellement recours à des simulations de trajectoires, la bonne adéquation des ouvrages aux risques. C'est pourquoi une étude de risques à été lancée, destinée à actualiser celle de 1993.

Charles BOSSHARDT
ONF, service RTM de l'Isère

liques, problèmes d'ancrage et de résistance des matériaux aux fortes températures, déstabilisation de murets en pierres sèches...

L'incendie de Barcelonnette (Alpes-de-Haute-Provence) en avril 2002 a endommagé une partie du dispositif d'assainissement, de drainage et de suivi du glissement de La Valette. Quelques tuyaux PVC des réseaux de drainage et d'assainissement ont fondu en raison de la chaleur ; des mires de visée topographique ont été détruites.

Après le passage de l'incendie

Le diagnostic par un spécialiste : déterminer les actions et choisir les priorités

Très rapidement après incendie, les phénomènes naturels ainsi que les enjeux doivent être identifiés et localisés pour aboutir à une évaluation du risque, et proposer des solutions. La contribution de spécialistes permet d'orienter les décisions, de cibler les moyens et d'éviter des actions désordonnées qui seraient entreprises dans l'urgence.

Le diagnostic est réalisé en deux phases ; tout d'abord définir les mesures de sauvegarde à prendre en urgence comme l'évacuation de maisons soumises à un risque de chutes de pierres, la fermeture de routes publiques... ; ensuite, une réflexion plus approfondie permet de proposer les interventions à réaliser immédiatement, à moyen terme et à long terme.

Des considérations autres que les seuls risques naturels devront être prises en compte pour définir les opérations de reconstitution après incendie : paysagères, sociales, écologiques, économiques...

Mesures de prévention

Un certain nombre d'actions ont pour but d'informer la population et les gestionnaires d'ouvrages de risques potentiellement accrus ou nouveaux. Il peut aussi s'agir de renforcer la signali-

sation routière et/ou les patrouilles de surveillance, de vérifier plus souvent le fonctionnement des ouvrages de protection existants.

Suite aux incendies de l'été 2003 en Lozère, certaines aires de stationnement ont été provisoirement supprimées, les patrouilles de surveillance du réseau départemental renforcées ; il a été proposé de prévenir les responsables de captages et de baignades du risque d'augmentation de matières en suspension dans le Gardon du Mialet.

La réalisation d'un plan d'alerte s'avère indispensable dans certains cas, notamment quand des vies humaines sont en jeu. À plus long terme, l'État peut prescrire un plan de prévention des risques naturels prévisibles (PPRP). Il concernera essentiellement les zones urbanisées ou urbanisables, précisera les aléas, les enjeux, déterminera un zonage et les mesures à prendre. Dans certaines conditions, le risque incendie devra alors être pris en compte dans la

qualification des aléas de crue, de mouvements de terrain... Parfois, on s'orientera même vers un PPR « multi-risques », intégrant incendie de forêt et autres risques.

Reconstitution des zones incendiées

Lorsque la reconstitution de la zone incendiée a été décidée afin de limiter le niveau de risque, des travaux de génie civil ou biologique peuvent être entrepris. Les ouvrages peuvent être actifs si leur but est d'empêcher le phénomène de se produire, ou passifs s'il s'agit de les empêcher de nuire aux enjeux.

Les différentes techniques de reconstitution des terrains en montagne peuvent alors être utilisées en association, selon la configuration du terrain, les phénomènes à traiter, la disponibilité foncière et les enjeux, et en fonction du diagnostic.

À l'Argentière (Hautes-Alpes) et à Barcelonnette (Alpes-de-Haute-Provence), la mise en fascines des

arbres calcinés a été choisie afin de bloquer les fines et les blocs, d'empêcher ainsi la formation de coulées de boues trop importantes et de limiter le départ de blocs vers l'aval. Dans ces zones fortement touristiques, cela éliminait aussi les squelettes des arbres calcinés dans le paysage et rassurait la population par la vision d'actions concrètes. Cependant, ces fascines dites « mortes » n'ont qu'une durée de vie limitée (12 ans environ pour le pin noir d'Autriche). Elles devront souvent être complétées par une végétalisation, naturelle ou artificielle. À Saint-André les Alpes (Alpes-de-Haute-Provence), trente ans après, les fascines mortes ont disparu, les fascines vivantes réalisées en cytise ont pris le relais ; malgré quelques orages très violents, aucun désordre n'a été constaté.

Les branches peuvent aussi être étalées sur le sol : c'est le garnissage. Lorsque l'on ne dispose que de peu

Commune de l'Argentière la Bessée (05) - Incendie du Bois de France de juillet 2003

La surface totale parcourue par le feu le 7 juillet représente environ 213 ha répartis sur trois communes dont la majeure partie se situe sur L'Argentière-la-Bessée (186 ha). L'incendie s'est développé sur le versant Ouest des Aiguillons et a parcouru la partie médiane des bassins versants des torrents du Riou Sec et du ravin des Rouyes qui sont connus pour former des laves torrentielles. Les terrains mis à nu sont particulièrement sensibles à l'érosion. Ce versant est également soumis à des chutes de blocs. Le quartier de La Bessée comprenant une cinquantaine d'habitations et la RN 94, axe transfrontalier, constituent les principaux enjeux à l'aval.

Le risque principal était une augmentation des distances d'arrêt des blocs par disparition du rôle de protection de la forêt, ainsi qu'un accroissement des volumes de lave lors des événements futurs par un apport supplémentaire de matériaux, de blocs et de bois brûlés issus des versants incendiés.

À noter que la forêt arrêtait également des coulées de matériaux, voire des petites laves qui se développaient dans les ravines secondaires (par « effet de peigne »). Ces coulées pourront maintenant rejoindre plus facilement les ravins principaux et venir ainsi gonfler les volumes de laves.

La première préoccupation a été de réparer le détecteur de laves torrentielles (DLT) existant sur le torrent du Riou Sec qui permet de couper la circulation sur la RN 94 en cas de formation d'une lave.

Des travaux d'abattage-fascinage ont par ailleurs été entrepris en urgence dès le 20 juillet sur les bassins versants des deux torrents, afin de réduire l'érosion des sols. Compte tenu de la faible densité du matériau ligneux restant, on a privilégié la réalisation de petites fascines courtes et resserrées, implantées en quinconce en suivant les lignes de niveau. Le tassement manuel des fascines étant quasiment impossible, il faut soigner l'ébranchage des brins coupés et le façonnage de la première rangée de « gros » bois placés contre les supports étêtés. C'est en fait le soin apporté au rangement des produits de coupe, des plus grossiers aux plus fins, qui garantira une plus grande efficacité aux fascines. Elles se tasseront ensuite sous le poids des matériaux qu'elles retiendront. On observe d'ailleurs que les fascines retiennent d'abord des matériaux grossiers, notamment des pierres, puis elles se colmatent progressivement par des éléments plus fins.

Les travaux de fascinage, réalisés manuellement par les équipes de l'ONF ont été particulièrement difficiles et pénibles du fait des fortes pentes (pouvant atteindre 70 %) et de la période de réalisation pendant la canicule de l'été 2003. Le coût de ces travaux s'est élevé à 6 500 € HT/ha.

Yann QUEFFELEAN

ONF, service RTM des Hautes-Alpes

de gros bois et que le relief n'est pas trop pentu, cette solution apporte une protection du sol mais aussi des graines et jeunes plants contre les prédateurs (rongeurs, oiseaux, insectes). Elle permet aussi de garder une humidité relative au sol. Cependant, les terrains ainsi traités sont de fait très sensibles au feu, et l'utilisation de cette technique doit être mûrement réfléchie !

Les risques encourus nécessitent parfois la réalisation d'ouvrages de protection comme la pose de filets pare-pierres ou de râteliers pare-avalanche.

Les travaux de génie civil se heurteront souvent à un problème d'accès à la zone à traiter et nécessiteront parfois la réalisation d'ouvrages d'infrastructure et/ou un transport alternatif (hélicoptère, câble, cheval...).

La végétalisation a pour objectif un effet à plus long terme. Les moyens utilisés habituellement vont de l'engazonnement à la reforestation en passant par l'embroussaillage. Il faut cependant veiller à ne pas générer un nouveau risque d'incendie ! La réflexion va porter sur le choix des essences et sur la manière de les mettre en place. Elle s'attachera à favoriser la régénération naturelle ou à recéper les espèces qui ont le pouvoir de rejeter de souche.

Le financement des travaux de reconstitution, souvent particulièrement onéreux, s'avère décisif. Il faudra d'abord trouver, en fonction de la nature foncière des terrains, un maître d'ouvrage : le plus souvent ce sera l'ONF en forêt domaniale, la commune (ou communauté de communes) sur les terrains communaux ou privés lorsque l'intérêt général le justifie, ou le propriétaire des ouvrages d'infrastructures (conseil général, État par DDE, SNCF...).

Le maître d'ouvrage sollicitera ensuite les différents financeurs potentiels. Certaines collectivités territoriales (régions, départements) ont défini leurs politiques d'intervention

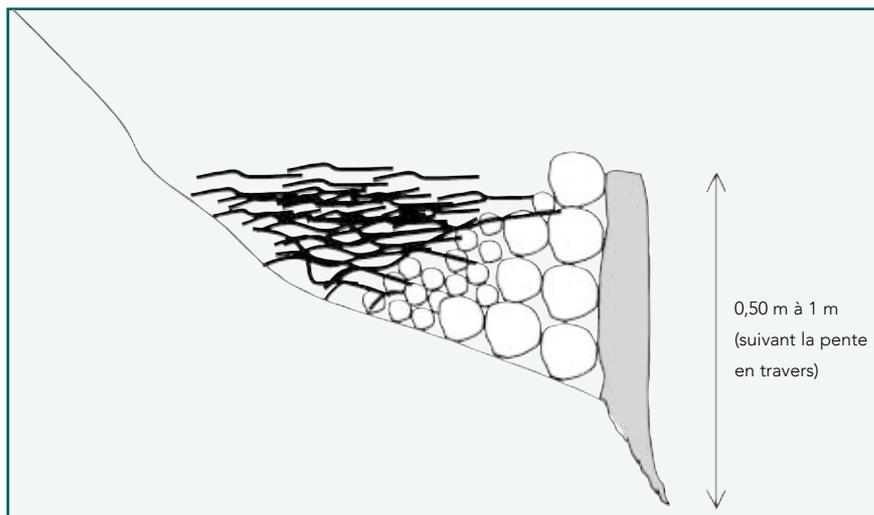


schéma S. Rumébe - ONF Alpes-de-Haute-Provence

Fascine type

en matière forestière et de risques naturels. La région PACA a, par exemple, voté différentes aides, qui font l'objet de fiches descriptives et d'éligibilité à la disposition des maîtres d'ouvrages potentiels. Il faudra veiller à prendre en compte les possibilités d'auto-financement du maître d'ouvrage, car le plafond d'aides publiques s'appliquera dans presque tous les cas.

En forêt domaniale, selon les départements et la nature de la forêt touchée, il pourra être fait usage de moyens RTM (État : crédits d'entretien 35-92 ou d'investissement 51-92) ou du budget de l'ONF (DTE, DTI, DTR) éventuellement subventionné.

Pour conclure

La perte de la couverture végétale après le passage de l'incendie conduit à un moins bon contrôle des phénomènes naturels. Devant la diversité des situations, il convient de rappeler qu'après incendie, un bon diagnostic est indispensable avant toute intervention. Il précisera les différents types de phénomènes naturels qui peuvent être rencontrés (inondations, mouvements de terrains, avalanches), leur intensité, mais aussi et surtout les enjeux. C'est lui qui conditionnera la réussite des actions et réalisations futures,

qu'elles doivent être réalisées dans l'urgence ou à plus long terme.

Sylvie DEMIRDJIAN
ONF, service RTM
des Alpes-de-Haute-Provence
sylvie.demirdjian@onf.fr

Bibliographie

BESSION L., 1996. Les risques naturels en Montagne : traitement, prévention, surveillance. Grenoble : Artès - Publialp, 438 p.

HURAND A., ANDREASSIAN V., 2003. Le couvert forestier et l'hydrologie des bassins versants. Rendez-vous techniques de l'ONF, n°2, pp. 37-41

Revue Forestière Française, 1982, n°5 spécial RTM, 239 p.

Revue Forestière Française, 1990, n° spécial, Espaces forestiers et incendies, 379 p.

Cet article a bénéficié d'une relecture attentive d'A. Hurand et de contributions de tous les services RTM ; les rapports d'expertises établis sur la plupart des exemples cités sont disponibles dans ces services. Une version complète du travail de synthèse est disponible auprès de l'auteur.

Var 2003 : une expertise post-incendie immédiate pour prévenir des risques naturels

Les terrains parcourus par les incendies du Var en 2003 correspondent en grande partie aux massifs des Maures et de l'Estérel, dont la configuration expose les zones vulnérables de l'aval à des risques naturels en provenance du massif forestier situé à l'arrière-plan. Le propos qui suit illustre le travail mené par le service RTM des Alpes-Maritimes et l'agence du Var dès la fin de l'été 2003, depuis l'expertise jusqu'aux travaux réalisés concrètement.

Avant même de prendre en compte les conséquences des incendies de forêts, le niveau d'exposition aux risques naturels « inondation torrentielle et mouvement de terrain » dans les Maures et dans l'Estérel reste assez voire très important, et il tend à s'aggraver au fil du temps.

Des risques pré-existants

L'urbanisation effrénée de la Côte d'Azur pendant les trois ou quatre dernières décennies a colonisé la plupart des espaces disponibles, même dans les zones à risques qui auraient dû être préservées.

■ Les estuaires et autres zones inondables (prairies, zones agricoles mais aussi milieux humides naturels), assez facilement constructibles car moins escarpés que les collines voisines, autrefois inoccupés, ont attiré dans un premier temps des installations légères comme les campings-caravanings ou les dépôts d'entrepreneurs puis l'habitat individuel ou les zones d'activités. Un continuum s'observe ensuite : les zones anciennement favorables à la rétention des eaux et à l'épandage des crues disparaissent progressivement...

■ ... corrélativement, les lits mineurs des cours d'eau se réduisent comme peau de chagrin par des remblais colonisateurs quand ils ne sont pas canalisés linéairement voire busés pour dégager des sur-

faces supplémentaires...

■ ... ces vallons deviennent lieu de prédilection pour des apports exogènes indésirables (remblais, monstres, épaves, déchets divers)...

■ ... leurs berges ne sont plus entretenues et deviennent des facteurs aggravants d'incendies (effet de mèche au cœur de l'urbanisation) et de crues (multiplication des phénomènes d'embâcles-débâcles)...

■ ... parallèlement, les constructions et les infrastructures se développent aux alentours entraînant une imperméabilisation des sols et des débits de crue plus importants.

■ L'urbanisation gagne aussi des secteurs soumis aux éboulements rocheux, sous des dérochoirs ou des falaises autrefois désertés par l'homme. Le retard de l'avènement des plans de prévention des risques naturels favorise cette situation.

Ainsi l'aléa a été modifié par l'action humaine récente

Pour les inondations, les temps de concentration se sont réduits, les débits ont augmenté et les effets d'embâcles-débâcles conjugués au charriage torrentiel accroissent la fréquence et l'intensité des phénomènes. Pour les mouvements de terrain, cette augmentation est liée à l'abandon des terrains aménagés en terrasses cultivées et à la régression de la forêt méditerranéenne,

qui contribuaient à la stabilité des versants.

Et la vulnérabilité augmente avec l'urbanisation galopante

Le développement des constructions et des infrastructures induit une augmentation des enjeux tant sur le plan quantitatif que sur le plan qualitatif ; la valeur économique des biens récemment exposés s'avère souvent très élevée (équipements publics, voiries, entreprises, villas...).

L'expertise post-incendie

Après les incendies varois de grande ampleur de l'été 2003 (environ 20 000 ha parcourus), élus et administrations ont rapidement appréhendé la menace qui pesait à court terme sur les enjeux vulnérables situés à l'aval de la forêt. En effet, la configuration des sites et l'expérience vécue suite aux feux similaires des années 1980 faisaient craindre le pire d'autant que des circonstances aggravantes nouvelles, d'origine anthropique, étaient venues influencer sur l'aléa et sur la vulnérabilité préexistants (cf. ci-avant).

Début août, le département vient de subir une première vague d'incendies catastrophiques (voir tableau et carte ci-après). Après avoir consulté les services et les collectivités concernés,

Mêmes causes, mêmes effets

Dans le Var, l'**Estérel** (30 000 ha, point culminant Mont Vinaigre 616 m) et les **Maures** (180 000 ha, point culminant La Sauvette 779 m) génèrent des risques naturels semblables : deux grands massifs forestiers encore relativement préservés, deux reliefs majeurs du littoral azuréen, mais aussi deux théâtres habituels d'incendies catastrophes. Et les similitudes ne s'arrêtent pas là ; on pourrait encore citer des faciès physiques -roches cristallines par exemple- et humains assez proches mais intéressons-nous particulièrement aux risques naturels « inondation torrentielle et mouvements de terrain » très ressemblants dans les deux sites.

Les couples aléas-enjeux y sont comparables parce que la configuration spatiale y est analogue : les massifs forestiers situés sur les reliefs constituent l'essentiel des bassins versants. Pentus, avec des temps de réponse courts dus à un sous-sol peu perméable, ils peuvent générer des débits de crue importants surtout en réponse à des régimes pluviométriques méditerranéens caractérisés par des précipitations concentrées dans le temps. De plus, les sols forestiers, souvent pauvres, voire squelettiques, génèrent des matériaux d'altération facilement exportables lorsque le manteau végétal ne les protège plus ; on peut alors observer des phénomènes de charriages solides, voire de laves torrentielles qui se concentrent vers les fonds de vallons et conduisent à la formation d'alluvions pouvant dépasser le mètre d'épaisseur. Par ailleurs, les pentes regorgent de dérochoirs ou de blocs dispersés plus ou moins bien stabilisés ; ils menacent d'éboulement surtout si les sols se ravinent suite à l'incendie. Quant aux basses vallées (fleuves côtiers et estuaires), généralement courtes et qui convergent vers la mer, elles sont occupées par une urbanisation souvent récente, très vulnérable aux risques de crues, de coulées boueuses ou de chutes de blocs.

Après l'incendie qui anéantit la forêt protectrice, le risque torrentiel augmente et le risque éboulement (ré)apparaît.

l'État (préfet/DDAF) confie à l'agence ONF du Var une mission d'expertise sur l'aggravation des risques naturels « inondation torrentielle et mouvements de terrain ». La commande, soustraite au service RTM des Alpes-Maritimes, porte sur une analyse de la situation et sur la définition technique et financière de mesures d'urgence à prendre rapidement pour mitiger les risques naturels sur les biens et les personnes. Parallèlement, l'agence se charge d'une expertise des risques de chutes d'arbres calcinés sur les voies de communication. La restitution de l'ex-

pertise est faite sous un mois (le 2 septembre 2003) pour une mise en œuvre des mesures d'urgence avant les orages

d'automne traditionnellement violents dans cette région. Le 31 août, un nouvel incendie dit « du Cannet-des-Maures » parcourt 2726 ha et fait l'objet d'une deuxième mission d'expertise menée sur les mêmes bases que la première.

La prestation s'est poursuivie au cours de l'automne 2003, le service RTM des Alpes-Maritimes apportant son concours à l'agence du Var pour assister ses conducteurs d'opérations chargés de la mise en œuvre des travaux préconisés au profit des collectivités concernées.

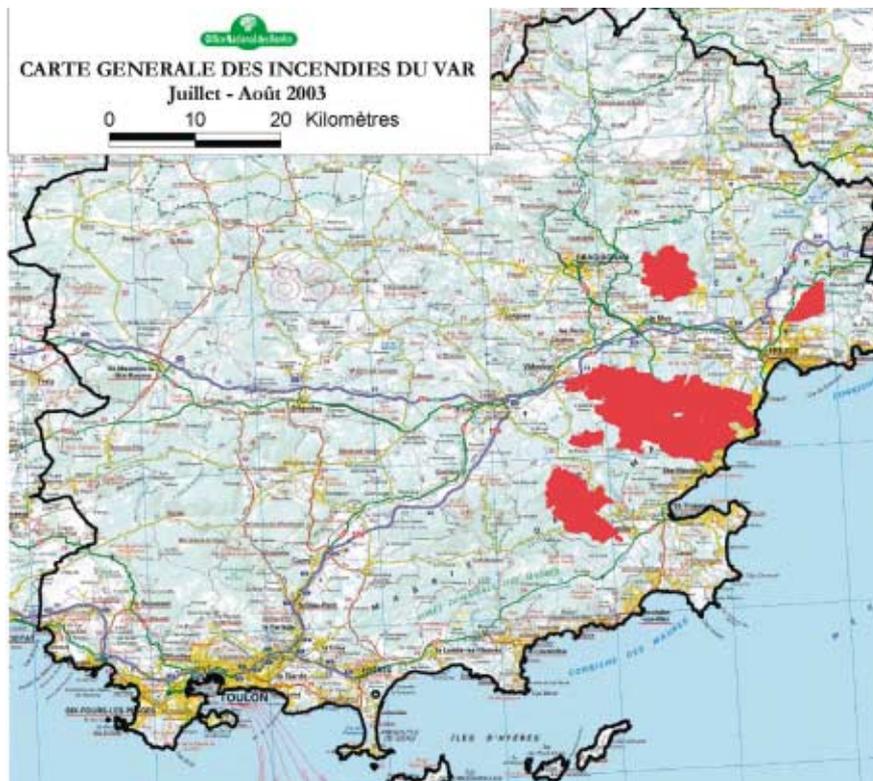
Les mesures édictées dans l'urgence

Il s'agissait de se prémunir des risques naturels induits par les incendies (voir l'article précédent pour comprendre les mécanismes naturels que l'on peut observer après incendie). Afin de programmer au mieux la mobilisation des moyens matériels, humains et financiers, trois niveaux d'urgence d'intervention ont été définis.

■ **Urgence 1 et 2 : l'extrême urgence**

Il s'agit de travaux ou d'actions de type préventif ou temporaire destinés à protéger de manière directe les personnes et

BILAN DES FEUX DE L'ÉTÉ 2003 DANS LE VAR		
	Localisation	Surface (ha)
juillet 2003	Vidauban1	6 744
	Vidauban2	5 646
	Estérel	924
	La Motte	1 960
	Puget-sur-Argens	111
	Total	15 385
août 2003	La Garde Freinet 1 et 2	3 104
	La Môle	386
	Total	3 490



Situation des zones incendiées dans le Var en 2003

les biens exposés à un aléa identifié. Ils sont édictés par les autorités (maires ou préfet) en application des articles L.2212 et suivants du code général des collectivités territoriales. Trois types d'action ont été préconisés : aménagement de plages de dépôts pour limiter l'engravement des zones côtières vulnérables, mise en place de plans de prévention (surveillance, alerte et secours) et amélioration du transit hydraulique (par déforestation et nettoyage des lits mineurs et éventuellement curage).

■ Urgence 3

Il s'agit d'actions et travaux de court et moyen terme à entreprendre sur des zones qui peuvent indirectement affecter uniquement des enjeux matériels, ou qui correspondent à des surfaces à traiter plus vastes (extensives), ou nécessitant des délais de mise en œuvre incompatibles avec les notions juridiques « d'extrême urgence » et de « péril ».

Créer des pièges à sédiments

Ces dispositifs de protection passive sont préconisés soit sur des sites où la morphologie des terrains est favorable (sur largeur des lits avec une pente faible en amont de busage pour faciliter les atterrissements ou limiter la formation d'embâcles), soit sur des ouvrages préexistants qu'il convient d'aménager (curage de



R. Baudin, ONF-RTM

Plage de dépôt sur la Cabre (massif de l'Estérel)

retenues collinaires). Les sites identifiés sont très souvent au plus près des enjeux pour réduire au maximum l'impact potentiel d'intempéries qui pourraient se produire à brève échéance.

Planifier la prévention

Les plans de surveillance et de désembâclement des points singuliers (ponts, busages, ancrages d'encombrants...)

doivent notamment prévoir :

- la définition du maître d'ouvrage, la localisation des ouvrages, l'entreprise ou la personne à contacter, l'organisation du chantier, la signalisation et l'évacuation éventuelle de la population située à l'aval
- la mise en place de plans d'alerte et d'évacuation, accompagnés d'une information du public concerné ;
- l'inspection des vallons principaux après chaque épisode pluvieux ;
- l'information des populations situées en limite amont des zones urbanisées et en bordure des secteurs incendiés sur le risque d'apparition d'écoulements plus ou moins chargés en boue et en cendres même en dehors des thalwegs.

Améliorer les écoulements

L'amélioration de l'écoulement hydraulique dans les vallons s'obtient par :

- déforestation des lits mineurs remplis de végétation calcinée,
- évacuation des dépôts divers (monstres, épaves...),
- rectification par terrassement de quelques passages rétrécis,
- correction torrentielle par construction de seuils.

Autres actions moins urgentes

Il s'agit des actions de restauration des terrains et de lutte contre les phéno-



M. Haury, ONF-RTM

Busage du vallon de la Garonnette sous la RD 8. Les travaux de nettoyage du vallon ont déjà commencé



Construction d'un seuil sur un affluent de la Cabre (massif de l'Estérel)

mènes érosifs sur l'ensemble des versants : fascinage des bois brûlés lorsque cela est possible, clayonnage ou recépage des feuillus. Participant activement à la lutte contre les risques naturels induits par les incendies, ces travaux, dont l'efficacité se mesure sur du long terme, nécessitent une mise en œuvre à moyen terme (moins de 1 an).

Il convient aussi d'engager des expertises complémentaires. Elles dépassent bien souvent le cadre géographique restreint correspondant à chaque site pour s'intéresser à une zone d'étendue plus importante.

Enfin, il est recommandé à l'ensemble des acteurs locaux d'analyser la manière d'intégrer les risques naturels aux documents d'urbanisme afin d'adapter les objectifs de développement local. Cette réflexion devra concerner à la fois les hauts bassins versants (plan intercommunal de débroussaillage et d'aménagement de la forêt - PIDAF, plan de prévention des risques PPR incendies de forêt) et les zones urbanisées (PPR mouvements de terrain et inondations). Elle devrait également prendre en compte la gestion des ressources en eau que constituent les nappes des plaines côtières alimentées par les hauts bassins versants touchés par l'incendie.

Aspects réglementaires

Au regard de l'ampleur des dégâts, de leur caractère intercommunal et de l'urgence à sécuriser les sites, le préfet du Var a pris deux arrêtés portant constat d'urgence (= arrêtés de péril) sur la base de l'article L2215-1 du code général des collectivités territoriales. Rendus exécutoires pour une période respective de 60 et 90 jours, ils autorisent les collectivités, leurs maîtres d'œuvre et les entreprises mandatées à réaliser tous les travaux préconisés quelle que soit la nature foncière des terrains concernés. Cet outil juridique a constitué le point d'appui pour la réalisation des travaux : non seulement il légitimait l'action entreprise mais aussi, il a fédéré les différents intervenants.

Les communes qui s'étaient toutes déclarées maîtres d'ouvrage ont approuvé le programme d'action préconisé par l'ONF et ont décidé de réaliser les travaux de première et deuxième urgence. La grande majorité ont retenu l'agence du Var pour les assister techniquement.

Si les travaux de nettoyage et de correction des versants et des vallons ont bien été acceptés par les propriétaires riverains, les projets de plage de dépôts se sont heurtés à des réticences, voire à des oppositions foncières, particulièrement lors d'implantations en zone périurbaine (parfois constructible).

Le conseil général du Var et le conseil régional PACA ont rapidement annoncé qu'ils finançaient à part égales et à hauteur de 100 % les travaux d'urgence 1 et 2 pour une enveloppe globale ne dépassant pas en moyenne 100 000 € HT par commune. Cette aide exceptionnelle a permis de réaliser tous les travaux prévus y compris l'abattage d'arbres dangereux, s'élevant à :

- 860 325 € HT suite à première expertise (11 communes concernées)
- 486 790 € HT suite à deuxième expertise (6 communes concernées).

Tous les travaux préconisés sur des terrains appartenant à l'État ou aux collectivités ont rapidement vu le jour : forestage dans les brûlis, terrassement des plages de dépôts, construction de seuils, nettoyage de vallons. Ailleurs, ils ont été acceptés un peu par la contrainte (arrêté de péril) et beaucoup par la persuasion (rôle des maîtres d'ouvrage et d'œuvre).

Conclusion

Il est encore prématuré de tirer des conclusions sur l'efficacité des travaux réalisés par les collectivités avec l'assistance et les conseils de l'office (agence et service RTM). D'une part, quelques préconisations n'ont pas été concrétisées, et d'autre part aucun orage significatif n'a été enregistré sur les zones concernées. Il faut souligner que cette mission était guidée par le caractère urgent de l'intervention à mettre en œuvre au regard de l'aggravation des risques suite à l'incendie. Elle n'avait pas vocation à chercher à résoudre les problèmes récurrents et antérieurs à l'incendie, ni à se préoccuper des problèmes de gestion forestière sur le moyen et long terme. Aussi, il conviendra, en complément de cette opération d'urgence, de mettre en œuvre des travaux de réhabilitation des forêts incendiées dont seule la pérennité sur le long terme pourra garantir un effet bénéfique sur la protection contre les risques de mouvement de terrain et les risques d'inondation torrentielle.

Michel HAUUY

ONF, service RTM des Alpes-Maritimes
michel.hauuy@onf.fr

Le franchissement des cours d'eau. Un plan d'exploitabilité orienté eau. Expérience de l'Orne

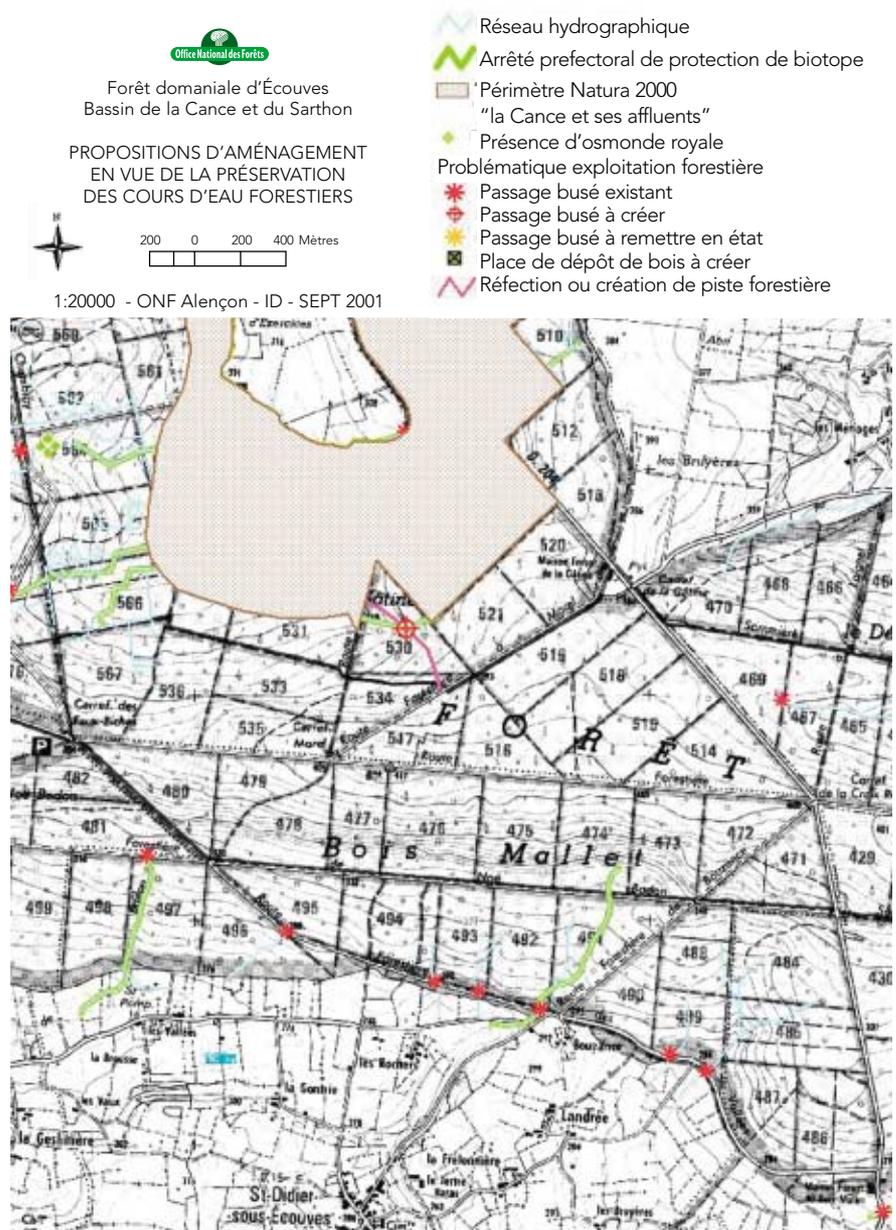
Grâce à une large concertation de tous les partenaires, les exploitants forestiers des secteurs d'Écouves et Andaines disposent d'un outil destiné à permettre le franchissement des cours d'eau dans le respect de la réglementation, et de l'environnement.

Les célèbres forêts domaniales d'Écouves (8161 ha) et des Andaines (5480 ha) comportent, respectivement 129 et 86 km de cours d'eau. À cette impressionnante quantité, s'ajoute une qualité patrimoniale exceptionnelle qui a entraîné la prise de cinq arrêtés préfectoraux de protection de biotopes (APPB) entre 1991 et 1995. Les sites Natura 2000 qui couvrent en partie ces forêts sont significativement liés à l'eau et portent les noms de « Cance et affluents » et de « Bassin de l'Andainette ».

Ce réseau hydrographique et les sources qui l'alimentent approvisionnent en eau de qualité de nombreux habitants de l'Orne. Écouves et Andaines sont aussi réputées pour leur production de bois de haute qualité, leur productivité ; par conséquent, des volumes de bois très importants y sont exploités chaque année. Le franchissement des cours d'eau par les diverses machines d'exploitation ne pouvait que créer des problèmes de plus en plus aigus alors que les pollutions mécaniques entraînaient vigilance et... sanctions. Mieux valait prévenir que constater trop tard. Entre autres solutions, nous faisons utiliser par les entreprises de travaux forestiers des passages busés en polyéthylène haute densité (PEHD) ; c'est de cet outil dont nous allons surtout parler après un an et demi d'utilisation.

L'eau : tout le monde est concerné

La loi sur l'eau du 3 janvier 1992, qu'on retrouve aujourd'hui pour l'essentiel



Propositions de méthodes d'exploitation forestière respectueuses des cours d'eau

Repères

Sur un plan technique, le Comité scientifique du Conseil supérieur de la pêche a proposé une définition d'un cours d'eau, qui peut se résumer ainsi : *un cours d'eau est un écoulement pérenne ou temporaire qui suit un talweg en empruntant toujours le même lit ; le lit d'un cours d'eau est un habitat qui, même en période d'assec, présente une humidité rémanente favorisant la présence de communautés floristiques et faunistiques spécifiques. Les canaux ainsi que les rigoles et fossés creusés par l'homme en dehors du talweg ne sont pas pris en compte dans cette définition.* »

En droit, les textes ne font que distinguer entre cours d'eau domaniaux et non domaniaux, sans définir ce qu'est un cours d'eau. Pour pallier ce vide, doctrine et jurisprudence considèrent que l'existence d'un cours d'eau se déduit de la permanence d'un lit, du caractère naturel de son existence ou de son affectation à l'écoulement normal des eaux et, enfin, d'un débit (volume et puissance) suffisant pour ne pas constituer un simple filet d'eau (Cass. Civ. 11 février 1903 DP 1904. 1. 13 ; CA Nancy 20 octobre 1954 D 1956 somm 16), ce dernier critère relevant de l'appréciation souveraine du juge.

Toute intervention susceptible d'avoir un impact dans un cours d'eau doit donner lieu à autorisation préalable.

Les activités forestières de débardage impliquant le franchissement d'un cours d'eau doivent faire l'objet d'une demande préalable d'autorisation administrative :

- soit au titre de l'article L 432.3 du code de l'environnement en cas de traversée du lit du cours d'eau par les tracteurs forestiers, vu le risque d'atteinte à l'habitat de la faune piscicole ;

- soit au titre des articles L 214.1 et suivants du même code en cas de réalisation d'ouvrages de franchissement d'un cours d'eau. En effet ces textes instituent un régime de déclaration ou d'autorisation préalable à l'installation de certains ouvrages pouvant avoir un impact sur le « milieu eau ». Les décrets n° 93.742 et 93.743 du 29 mars 1993 décrivent les procédures à suivre et précisent la nomenclature des opérations concernées.

Notamment tout ouvrage dans le lit mineur d'un cours d'eau pouvant constituer « un obstacle à l'écoulement des crues » (§ 2.5.3 de la nomenclature fixée par le décret n° 93.743) implique une autorisation qui doit être sollicitée auprès de la mission inter-services de l'eau (MISE).

De fortes sanctions pénales (délit) sont prévues :

- en cas de chantiers réalisés sans autorisation préalable (voir art. L 432.3 et, pour le non respect des articles L 214.1 et suivants, l'art. L 216.8)

- en cas de pollutions des eaux causées par des opérations non autorisées ou dans des conditions non conformes aux prescriptions de l'autorisation (art. L 216.6).

Jacques LIAGRE

ONF, chef du département juridique

dans le livre II du code de l'environnement, encadre la problématique générale : « l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation ; sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource utilisable dans le res-

pect des équilibres naturels sont d'intérêt général » (art. L 210. 1 C. Environnement).

Les clauses particulières de tous contrats (vente de bois, chantiers d'ex-

ploitation forestière, travaux routiers, etc.) dont l'exécution peut avoir un impact sur le milieu aquatique riverain, doivent signaler l'existence des cours d'eau notamment du fait que l'article L 432.3 du code de l'environnement prévoit que « l'installation ou l'aménagement d'ouvrages ainsi que l'exécution de travaux dans le lit d'un cours d'eau sont soumis à autorisation chaque fois qu'ils risquent de détruire les frayères, zones de croissance ou d'alimentation etc. de la faune piscicole » (voir encadré Repères).

Vers 1996, préparant leur certification ISO 14001 et constatant l'importance des sanctions financières en cas de dégâts, des sociétés d'approvisionnement de papeteries se sont tournées vers l'AFOCEL pour trouver une solution technique. Le centre de recherche canadien FERIC avait eu l'idée, en guise de passage busé provisoire, de poser un jeu de tuyaux en polyéthylène haute densité (PEHD) sur lesquels les engins circulaient. L'AFOCEL a présenté les résultats d'essais menés sur chantiers dans la fiche Information-Forêt (FIF) n° 556. Cette fiche fut reprise dans le n° 74 d'Arborescences pour que tous les personnels de l'ONF puissent en « prendre de la graine ». Depuis, l'AFOCEL a édité une nouvelle FIF (n° 644) sur le sujet. Très naturellement, lors de notre projet, l'AFOCEL nous a servi de conseiller technique.

Mis en œuvre par l'ONF, le projet a exigé de nombreux partenaires, tous concernés par la double problématique exploitation forestière/qualité de l'eau : les exploitants forestiers, les entrepreneurs de travaux forestiers, la DIREN, la DRAF, les agences de l'eau, le Conseil supérieur de la pêche, la fédération départementale de pêche, le conseil général, le parc naturel régional Normandie-Maine.

Des inventaires des habitats des cours d'eau et une étude de l'exploitabilité des massifs

Outre les « simples » pollutions mécaniques, les exploitations forestières

pouvaient, en modifiant les régimes des cours d'eau, remettre en cause la présence d'espèces rares (annexe II de la directive habitat-faune-flore de 1992) présentes dans les forêts citées : l'écrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*), le chabot (*Cortus gobio*) ou la lamproie de Planer (*Lampretra planeri*). Une analyse de terrain a permis de recenser tous les cours d'eau de chaque massif, les ouvrages de franchissement déjà en place, les embâcles existants, les frayères connues ou potentielles. Une cartographie de tous ces éléments a été établie.

S'y est superposée une analyse précise des circuits d'évacuation des produits forestiers vers les aires de stockage (existantes ou à prévoir). Un véritable plan d'exploitabilité des forêts que l'on peut qualifier « d'orienté eau », a donc été établi à cette occasion. Nous nous sommes rendu compte qu'il serait très utile dans les aménagements des forêts où cette problématique eau est forte.

Ces études ont conduit à des propositions d'actions pour réhabiliter ou aménager des places de dépôts ou des pistes, pour créer de nouveaux ouvrages d'art fixes ou en reprendre certains pour les mettre aux normes d'efficacité que nous souhaitons et même créer un petit bassin de décantation. Parmi ces actions, la mise à la disposition, par l'ONF, auprès des débardeurs de dispositifs de franchissement légers et mobiles à l'aide de tuyaux PEHD est développée ci-après.

Les équipements légers mobiles en tubes PEHD

Le PEHD résiste à la pression des débusqueurs et autres porteurs (10 à 30 t) et présente une excellente résistance aux chocs. Nous avons choisi, entre autres formules possibles mais ici bien adaptée aux dimensions des ruisseaux, un « kit » unitaire composé de tubes de 6 m de long :

- 1 tube de 630 mm de Ø
- 2 tubes de 400 mm de Ø
- 3 tubes de 225 mm de Ø.



H. Daviau, ONF

Dépôt d'un billon à l'aide d'un grappin de porteur sur les tuyaux PEHD

Avec des tubes épais, de qualité maximum, un kit ainsi constitué coûte cher, environ 7 500 € HT. Mais il existe d'autres tuyaux en PEHD bien moins chers - 2 000 € HT pour un kit similaire à conseiller.

L'achat des kits peut bénéficier de financements de la DIREN, Natura 2000, des agences de l'eau, couvrant jusqu'à 100 % de la dépense. Dans le cas présent, ils appartiennent à l'ONF mais d'autres formules sont possibles : associations d'entrepreneurs de travaux forestiers comme en Limousin où l'ALEF loue très peu cher à ses adhérents les kits qu'elle a acquis, ou associations de propriétaires forestiers...

Les tuyaux sont posés à même le fond du lit. Une nappe de géotextile est disposée au fond s'il n'est pas portant. En cas de fort courant, les tuyaux sont reliés par un filin. Il ne faut pas les recouvrir par de la terre, cela pouvant conduire à salir le ruisseau à chaque passage. Un lit de rondins est posé dessus, facilitant la progression des engins, préservant le kit, et stabilisant l'ensemble (pour les versions avec des tubes moins épais, une alternance tuyaux-billons de bois est nécessaire pour obtenir la même résistance). Enfin, un « tapis »

de rémanents d'exploitation pourra être disposé de part et d'autre du kit sur quelques mètres ou dizaines de mètres afin de limiter l'orniérage aux abords de l'équipement et donc du cours d'eau.

Cette pose doit, très souvent, être accompagnée d'un petit aménagement (petit terrassement, radier de rondins assez long de part et d'autre) qui va permettre une approche douce de l'ouvrage. Sinon, à son niveau, un orniérage aura lieu entraînant des matières en suspension.

L'usage et un bilan après un an et demi d'utilisation

Il a paru évident que la meilleure solution était que les exploitants puissent librement disposer de l'équipement mis à leur disposition sur chacun des deux massifs. Les kits - 3 pour Écouves, 2 pour Andaines - sont disponibles chez des agents patrimoniaux en début de saison d'exploitation. Puis, au fur et à mesure des besoins, ils peuvent passer d'une coupe à l'autre. Les clauses particulières des articles qui nécessitent ces ouvrages le signalent.

Pour qu'aucune des actions à mener lors des différentes phases des coupes (de leur assiette à leur réception) ne soit oubliée, une check-list a été établie et est

systématiquement adressée aux agents patrimoniaux (voir tableau ci-contre).

Pour la première pose, un grumier vient chercher le kit. Quand les tubes passent d'une coupe à l'autre, un porteur est commode. De toute façon, il faut une grue pour manipuler le tout. En moyenne, la phase de transport dure une heure. La pose, y compris l'aménagement des abords immédiats pour permettre une descente ou une remontée sans érosion (donc la pose d'un radier de bois) dure deux heures. La dépose, avec une remise en forme soignée du site parfois nécessaire, peut durer trois heures. Le kit est alors disponible pour un autre transport.

Conclusion

La « solution PEHD » n'est que l'une de celles mises en œuvre en forêts domaniales d'Écouves et des Andaines. Les objectifs de toutes sont d'améliorer la gestion qualitative des cours d'eau en présence d'une exploitation forestière assez intensive et de donner aux acteurs les outils nécessaires à la mise en œuvre d'exploitations respectueuses de l'environnement. Grâce à l'apport de chacun de nos partenaires, nous avons pu créer un véritable « plan d'exploitabilité orienté eau » des deux massifs. Ils auraient pu s'intégrer complètement

dans les aménagements car il ne faut pas régler ce type de problème au coup par coup tant dans l'espace que dans le temps mais il faut bien avoir une vue complète des problèmes pour, suivant les cas, adopter avec précision un outil dans une palette variée. Dans celle-ci, peuvent figurer le câble téléphérique débardeur qui n'a pas besoin de passer dans les lits des cours d'eau ou une organisation des coupes qui minimisera les passages au travers des cours d'eau.



H. Daviau, ONF

Le porteur n'a aucun impact sur l'écoulement de l'eau

LISTE DES ACTIONS À MENER

Préparation de l'état d'assiette	<ul style="list-style-type: none"> ■ quelles difficultés prévisibles ? ■ quels travaux à prévoir pour limiter l'impact : piste, passage busé, dépôt...
Préparation du martelage	<ul style="list-style-type: none"> ■ définition de consignes spécifiques : /cloisonnements, /couvert, /ruisseau
Martelage et rédaction de la fiche article	<ul style="list-style-type: none"> ■ clause « ruisseau » ■ signalisation APPB... ■ utilisation du kit
Entente préalable et ouverture de coupe	<ul style="list-style-type: none"> ■ rappel écrit et signature ■ organisation de chantier à discuter ■ mise à disposition du kit
Suivi de coupe	<ul style="list-style-type: none"> ■ vigilance /intempéries, /ornierage, /cours d'eau, /rémanents...
Réception de coupe	<ul style="list-style-type: none"> ■ vigilance /ornières, /rémanents

Outre les zones citées, dans le Morvan, le massif vosgien, la Franche-Comté et sans doute ailleurs, pour répondre aux obligations légales et aux critères de la certification PEFC, la technique du franchissement utilisant les tubes PEHD s'étend rapidement selon diverses formules de mises à disposition et d'aides à l'acquisition. Dans le Jura, sur les 500 km de cours d'eau très riches sur le plan patrimonial de la forêt domaniale de Chaux, un projet LIFE va aider le gestionnaire à mieux assurer leur protection.

Hervé DAVIAU
Jean-Yves SIMON
 ONF, agence régionale Basse-Normandie
 herve.daviau@onf.fr

Remerciements à Emmanuel Cacot (AFOCEL) qui a bien voulu participer à la mise au point finale de ce texte, et à Michel Bartoli, direction technique (mission sylviculture-exploitation) pour son aide.

Bibliographie

CACOT E., 2002. Le franchissement temporaire des cours d'eau. AFOCEL, Fiche Informations-Forêt, n° 644, 6 p.

Les lisières forestières. Le pourquoi et le comment des interventions en faveur du paysage

La perception de la forêt par le public se traduit essentiellement en termes de paysage et de nature. Parmi les éléments perçus en premier figurent notamment les lisières de peuplements, véritables cartes de visite de la forêt. Dans le présent article, l'auteur fait la synthèse des études qui se sont intéressées à l'appréciation visuelle des lisières et à la manière dont le public réagit à leur diversité. Ces enseignements permettront aux gestionnaires de mieux évaluer les enjeux et par conséquent de mettre en œuvre différents traitements – qui pour beaucoup d'entre eux n'engendrent pas de surcoût – pour répondre à une attente sociale réelle mais souvent peu formalisée.

Les études quantitatives et qualitatives visant à comprendre les relations du public avec la forêt ne concernaient pas ou très rarement les lisières en tant que telles. Or, ce sont des zones d'une importance majeure dans la mesure où elles constituent la première zone de contact visuel ou physique.

La lisière : un composant du paysage peu connu

C'est à la demande persistante des gestionnaires que des travaux ont été menés pour mieux comprendre la demande sociale relative à la forêt. En effet, on peut affirmer aujourd'hui que l'on sait beaucoup moins de cette demande sociale que l'on croyait il y a encore peu de temps.

Puisque les réponses spontanément apportées par les gestionnaires forestiers ne correspondaient pas suffisamment aux attentes des publics, le Cemagref de Nogent sur Vernisson en liaison avec l'ONF a commencé, et ce à partir des années

1970, à s'intéresser au comportement des visiteurs en forêt tout particulièrement pour comprendre comment et selon quels critères un visiteur faisait ses choix pour entrer en

L'observation du comportement

Les études menées sont d'un point de vue purement scientifique incomplètes dans la mesure où les protocoles étaient simplifiés et limités à la simple observation, selon un nombre réduit de critères sur les déplacements en forêt, d'échantillons de la population probablement pas représentatifs sur le plan national. Les observations étaient espacées dans le temps (1973-76, 1992-94) et leur nombre était limité (environ 250). Les périodes d'observation se situaient entre les mois de mai et octobre. Les lieux d'observation étaient répartis entre les forêts domaniales de Montbard, de Fontainebleau, de Saint Avold, d'Orléans, d'Abreschwiler et de Meudon.

forêt, pour découvrir la forêt. Les études quantitatives et qualitatives menées par les sociologues ne permettaient pas d'y répondre. Une autre approche était nécessaire pour comprendre ce que le discours ne permettait pas d'exprimer. C'est ainsi que la recherche s'est orientée vers l'éthologie humaine.

À l'issue de l'examen de ces observations, un ensemble de constantes dans le comportement lors des déplacements dans des forêts très diverses a été mis en évidence en rapport très étroit avec la nature, l'aspect et le (micro) tracé des lisières.

Lisières externes et internes : des traitements différenciés

Dans un massif forestier, deux grandes catégories de lisières doivent être distinguées : les lisières externes et les lisières internes. Leurs rôles sont à la fois différents et complémentaires.

Selon la place et l'importance de la forêt publique, notamment dans des régions à démographie forte, la présence de la lisière est une marque de limite foncière. Sa matérialisation peut s'envisager, en fonction des contraintes locales, selon deux approches qui impliquent des choix différents pour le traitement de ces limites extérieures : la transition progressive entre le milieu forestier et le milieu environnant ou au contraire, la transition brutale, nette entre ces deux milieux.

Pour les forêts publiques proches, voire très proches des lieux d'habitation ou des infrastructures de transport les plus importantes, la deuxième approche est habituellement retenue, à savoir la transition nette. La raison essentielle à cela est que, notamment en Île-de-France, l'ONF souhaite marquer clairement le contraste entre milieu forestier et, par exemple, milieu urbain. Cette position est surtout importante en l'absence de relief, où la découverte de la forêt ne se fait qu'au « dernier moment » : on passe d'un univers dans un autre avec un faible temps d'accoutumance. Ce choix limite également des tentatives d'appropriation abusives, notamment par des riverains.

En cas de transition douce, ce passage n'est pas clair et le fait d'être en forêt ne ressort pas suffisamment : c'est comme si l'on entrait dans un espace vert dont la conception et le rôle sont très différents. Il y a donc une volonté affichée très nette de marquer la différence entre espace vert et forêt car le monde forestier répond à d'autres critères, complémentaires, plus proches de la nature et de ce que cela représente sur le plan émotionnel.

Cette position n'implique nullement que ces lisières doivent avoir un caractère de mur vert. Au contraire, la lisière doit avoir un aspect aussi diversifié que possible, mais avoir un caractère « forestier », où l'accès à la



P. Breman, ONF

L'effet de couloir détourne le regard de la forêt et se focalise sur la route et son point de fuite

forêt à proprement parler ne se fait pas d'une manière diffuse. Les entrées en forêt font l'objet d'une identification claire : on entre dans le monde de la forêt.

Les lisières des axes routiers les plus importants, c'est à dire les plus fréquentés et sur lesquels la vitesse des usagers peut être importante, sont le plus généralement assimilées aux lisières externes, car elles accompagnent de véritables coupures de la forêt, aussi bien sur le plan écologique que sur le plan visuel.

La diversification de ces lisières peut et doit également contribuer à l'augmentation de la sécurité routière : une lisière diversifiée dans sa forme et son aspect n'incite pas un automobiliste à accélérer comme le font fréquemment les lisières monotones sur de grandes distances : tout le monde connaît l'effet de tunnel... et, au bout d'un moment, l'envie de voir autre chose... et inconsciemment on accélère augmentant des risques d'incidents, et pas en dernier lieu avec des animaux sauvages...

Le lien « lisières internes-comportement »

Avant d'aborder plus en détail les lisières à l'intérieur de la forêt, il est

utile de faire part d'un certain nombre de types de comportement que l'on a observé dans les forêts pourtant très dissemblables (cf. encadré l'observation du comportement).

Ces observations ont toujours été faites en période de feuillaison, le rôle des lisières en hiver étant moins prépondérant du fait de la plus grande pénétrabilité visuelle des peuplements.

Plusieurs groupes de comportement ont été notés, liés à des situations fréquemment rencontrées. Il s'agit ici de promeneurs sur des itinéraires non goudronnés et fermés au trafic motorisé (lors des premières observations entre 1973 et 1976, la présence de VTT n'a pas été prise en compte du fait de la quasi-absence de ce mode de déplacement).

Choix d'itinéraire

S'il y a le choix entre plusieurs chemins ou routes forestières, le plus lumineux est choisi le plus souvent. Il peut s'agir d'un puits de lumière « au bout du chemin », de lisières claires et lumineuses ou d'emprises de chemins plus larges (et pas de chemins plus larges !).



P. Breman, ONF

Une emprise large procure un confort visuel et permet d'enregistrer consciemment ou inconsciemment (selon la vitesse de l'observateur) une ambiance forestière

Les itinéraires à emprise étroite bordés d'une végétation haute et dense (peuplements jeunes) et ne formant pas une voûte végétale font rarement l'objet d'un choix préférentiel, au contraire, ils ont un effet « répulsif » certain.

Des itinéraires bordés de peuplements semblables des deux côtés sont nettement préférés aux itinéraires bordés de peuplements très différents de chaque côté (nature, classe d'âge ou densité).

Choix du tracé de promenade sur un itinéraire donné

On observe couramment sur un itinéraire que les promeneurs sont plus près de la lisière la plus ouverte, probablement par méfiance inconsciente de ce qui pourrait se cacher dans la partie la plus sombre. Cette observation vaut notamment pour des itinéraires droits dont le sol est homogène sur toute sa largeur. Autrement c'est le confort physique et l'économie d'énergie qui l'emportent.

Arrêts pour regarder le paysage

S'il y a arrêts, ils se font de façon préférentielle là où le paysage environnant se dévoile à l'observateur. Sur des itinéraires où le choix se présente, l'arrêt se fait plus volontiers là où il y a des arbres en premier plan pro-

curant un confort visuel (premier plan de référence) en même temps qu'un sentiment de sécurité.

On s'arrête plus volontiers sur des itinéraires qui permettent de découvrir un paysage situé en aval qu'en amont de l'observateur (toujours cette notion de sécurité).

Variation de vitesse d'avancement

Plus difficile à constater et à mesurer sont les variations dans la vitesse d'avancement en fonction de l'envi-

ronnement. Pourtant, dans les portions sombres et étroites d'itinéraires peu fréquentés, on observe souvent une augmentation relative de la vitesse de déplacement. Elle redevient normale, voire diminue jusqu'à l'arrêt à la sortie du « tunnel ».

Nous avons noté ici que les couples avec des enfants jeunes mais autonomes s'y regroupaient pour reprendre les distances après le passage « dangereux ». Cependant, sur ce dernier point nous n'avons pas suffisamment d'observations concordantes pour en tirer quelque conclusion que se soit.

Par contre, ce « regroupement familial » s'observe plus fréquemment à l'approche de personnes bruyantes ou au comportement inhabituel.

Comportements typiques

Dans les comportements typiques, il faut classer tout ce qui a trait à la curiosité humaine : on aime découvrir, mais de préférence dans de bonnes conditions y compris de sécurité. Et ce sont précisément les lisières qui créent ces bonnes conditions.

Un autre comportement typique (aussi comportement mimétique) s'observe lorsque l'on gare sa voiture en lisière de forêt. En très peu de temps un ou plusieurs autres véhi-



P. Breman, ONF

L'effet de voûte, les puits de lumière et les différents degrés de transparence des lisières incitent à la découverte du paysage forestier



P. Breman, ONF

La diversité perceptible des lisières et des peuplements est un atout pour mieux comprendre le paysage forestier

cules suivent l'exemple. Et ils le suivent d'autant plus facilement que la lisière est « ouverte » permettant d'une part de stationner en sécurité (vol à la roulotte) et d'autre part de pouvoir garder un œil sur sa voiture ! On constate ce comportement mimétique même s'il ne semble pas toujours rationnel.

Le traitement des lisières : quels principes ?

En matière de diversification des lisières extérieures, qu'elles soient visibles de près ou de loin, l'échelle de mise en œuvre par le gestionnaire est fonction notamment de la vitesse habituelle des observateurs.

Une forte diversité est recherchée lorsque les observateurs se déplacent à faible vitesse (à pied, en vélo) ou ne se déplacent pas (habitat). Une diversité par séquences homogènes plus espacées sera recommandée lorsque la vitesse des observateurs est élevée (autoroute, voie ferrée...) car à grande vitesse un observateur a un champ visuel plus étroit et il ne perçoit pas (ou peu) de détails qui n'ont pas un rapport direct avec sa route. Il faut alors laisser un temps

plus long au cerveau pour enregistrer les différentes séquences.

Le temps de l'observation

L'alternance des éléments de diversification des lisières s'inspire d'un constat lié à la perception et à l'enregistrement de messages visuels par le cerveau. En effet, notre cerveau a besoin d'environ 7 secondes pour identifier et enregistrer une situation (hors réactions de crise). Si le calcul du linéaire d'alternance perceptible en fonction de la vitesse de déplacement des observateurs est donc simple dans son principe, on ne peut pas l'appliquer de manière systématique, car cela risque de donner précisément un caractère artificiel aux opérations où l'on cherche à conserver un aspect naturel. Il convient en effet d'ajouter un facteur d'irrégularisation pour maintenir en éveil l'intérêt d'un observateur, quelle que soit sa vitesse de déplacement et sa distance par rapport à la lisière.

D'une manière générale, mais cela vaut aussi pour les lisières qui constituent un premier plan devant certaines opérations sylvicoles (pas d'écrans cache-misère !), le principe

de donner à deviner ou à découvrir progressivement est ressenti comme bien plus motivant par la grande majorité des usagers que donner à voir complètement et d'un seul coup d'œil, sans parler de donner à voir et à revoir, qui engendre rapidement un sentiment de lassitude, voire de rejet.

Pour des lisières qui sont perçues simultanément par des observateurs qui se déplacent à des vitesses très différentes, le traitement est plus complexe. La priorité sera généralement donnée à la vitesse de déplacement du plus grand nombre. À l'occasion de travaux spécifiques, des sentiers pour les plus « lents » peuvent être créés en lisière mais à l'intérieur des peuplements, aussi pour des raisons de sécurité.

La diversification des lisières peut et doit également contribuer à l'augmentation de la sécurité routière y compris pour des routes de moindre importance où les vitesses restent théoriquement faibles : des lisières diversifiées dans leur forme et leur aspect n'incitent pas un automobiliste à accélérer comme le font fréquemment les lisières monotones notamment sur de grandes distances.

Le lien « comportement-action du gestionnaire »

L'observation des comportements a permis de mieux comprendre à quelles questions élémentaires, mais très généralement non formalisées, correspondaient ces comportements. Cette approche complète celle des sociologues. Ensuite cela a permis de traduire ces questions en termes de principes d'actions en faveur du paysage, dont la lisière fait partie intégrante, pour répondre de façon optimale aux attentes des publics à court, moyen et long terme. Il est cependant clair que l'on ne pourra jamais répondre simultanément à toutes les attentes de tous les publics. Cela ne peut d'ailleurs pas être un but à rechercher.

P. Breman, ONF



Les arbres bien individualisés du peuplement peuvent constituer des éléments remarquables en soi

Des principes d'actions fondés sur cinq objectifs complémentaires

- créer une diversité visuelle perceptible par des observateurs qui ne sont pas initiés en matière de biodiversité : cela concerne l'aspect (densité, répartition des essences et des classes d'âge) et la forme (en profondeur et en longueur) de la lisière ;

- créer des séquences de parcours qui permettent de percevoir, quelle que soit la vitesse de l'observateur, l'ensemble des actions du forestier tout en conservant un caractère propre aux lisières : cela concerne la répartition et le rythme des variations visuelles ;



P. Breman, ONF

Le peuplement en lisière se démarque du reste du peuplement par une différence nette de densité et de composition (peuplement et sous-étage contrastant)



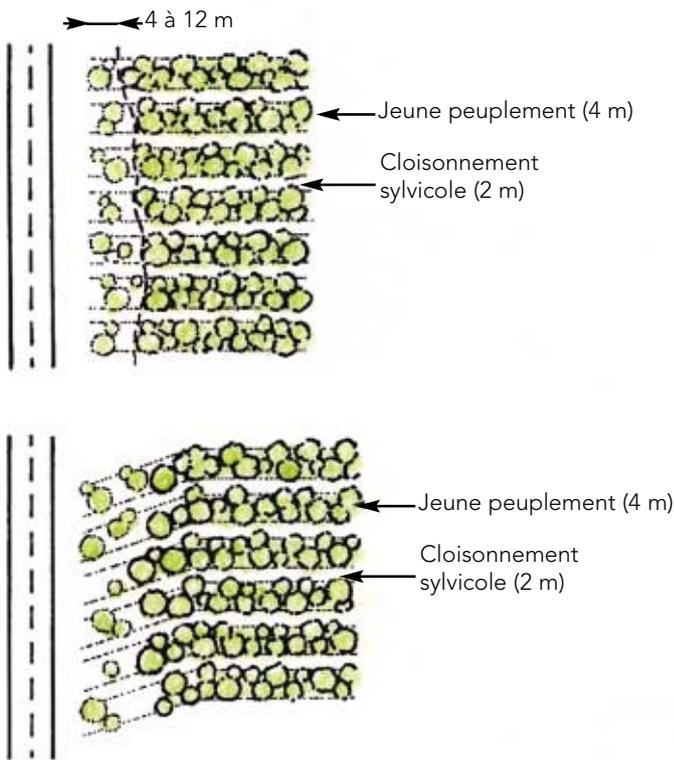
P. Breman, ONF

La très faible densité du peuplement en lisière favorise le développement d'arbres moins hauts et plus branchus, bien identifiables comme arbres en contraste avec le peuplement

- mettre en valeur, voire en scène, des éléments remarquables en forêt (et proches de la forêt) où la lisière constitue un guide visuel et un écran ;

- garantir dans le temps que la lisière fasse partie intégrante du peuplement et ne soit pas un écran visuel opaque ou d'une composition sans rapport avec le peuplement en place rendant difficile, voire impossible, une bonne perception (lire aussi bonne acceptation) du paysage forestier ;

- conserver une distance suffisante entre la limite du peuplement et la limite foncière/légale afin d'éviter l'obligation d'élagages portant atteinte à l'existence même de



Le dépressage très énergique en lisière diminue non seulement l'effet de mur végétal opaque, mais contribue aussi à estomper l'effet de contraste entre régénération et cloisonnement

lisières diversifiées : cela ne concerne pas que les plantations mais aussi les régénérations naturelles.

... pas de recettes, mais des exemples...

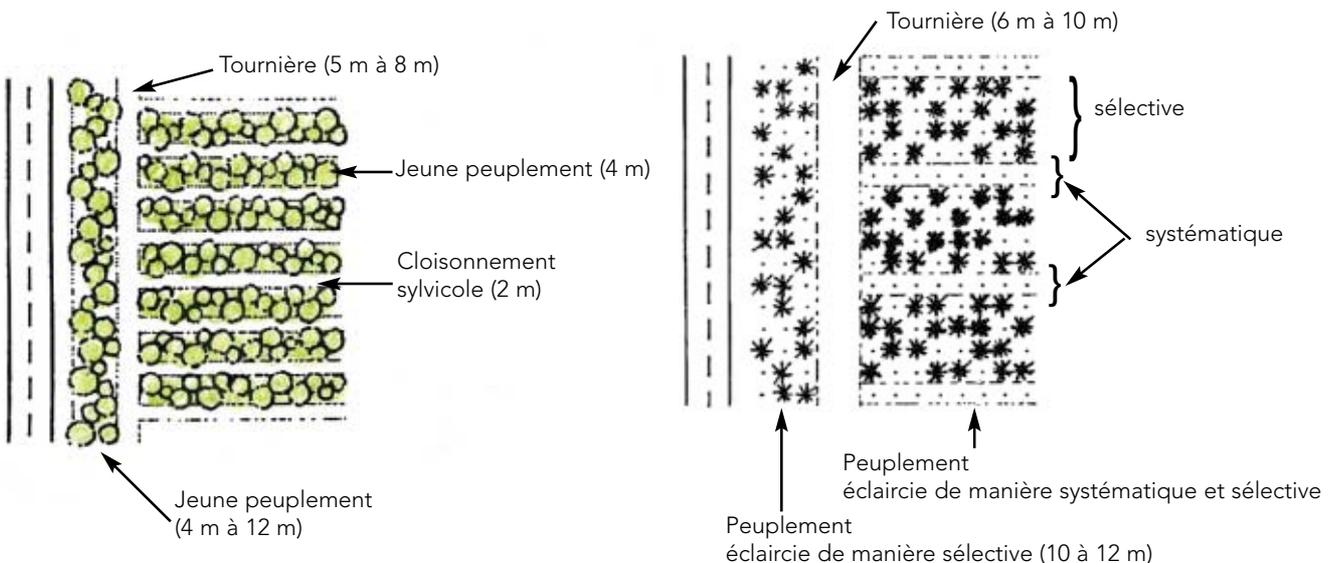
Ces principes ne seront jamais traduits en termes de « recettes » : cela n'existe pas dans le domaine du paysage. C'est pourquoi on se contentera simplement de citer et surtout d'illustrer quelques exemples d'application, parmi bien d'autres :

- dans un fourré : dépresser plus énergiquement en lisière qu'à l'intérieur du peuplement sur une profondeur allant de quelques mètres à environ 12 m ;

- à l'occasion d'une plantation : planter en lisière à une densité de 25 à 50 % de la densité normale appliquée par ailleurs ;

- à l'occasion des premières interventions dans une jeune régénération : installer une tournière (piste servant aux engins forestiers pour manœuvrer) parallèle à une route et y faire aboutir les cloisonnements. Entre cette tournière et la route, pro-

J. Montagne, ONF



La présence d'une tournière a des avantages visuels indéniables aussi bien dans des régénérations naturelles qu'artificielles à la condition d'intervenir de manière exclusivement sélective dans les peuplements situés entre la route et la tournière

J. Montagne, ONF



P. Breman, ONF

L'éclaircie est nettement plus forte en lisière qu'à l'intérieur du peuplement ; cette transition entre forêt et milieu urbanisé peut aussi servir de point de départ à la mise en régénération d'un peuplement. Dans le cas présent cette éclaircie n'altère en rien le caractère forestier des lieux à condition d'en limiter la profondeur



P. Breman, ONF

Parfois l'abattage est à préférer à certains modes d'élagage. Ceci est encore plus vrai si les arbres forestiers sont trop près des limites autorisées, où l'élagage conduirait à des déséquilibres irrémédiables



P. Breman, ONF

La distance suffisante de plantation par rapport au chemin évitera l'obligation d'élagages de mise au gabarit

céder exclusivement à des éclaircies sélectives (et donc pas systématiques) ;

■ à l'occasion des premières interventions dans une jeune régénération où il n'est pas possible d'installer une tournière, diminuer fortement l'effet de contraste visuel créé par

l'implantation des cloisonnements débouchant sur une route ou un chemin fréquenté dans une régénération dense, en dépressant celle-ci de manière drastique sur les premier 4 à 12 m ;

■ à l'occasion d'une éclaircie : diminuer la densité des peuplements

plus fortement en lisière qu'à l'intérieur ;

■ à l'occasion de travaux visant la mise au gabarit des routes, préférer dans certains cas des abattages aux élagages ;

■ à l'occasion d'une coupe rase suivie de plantation, maintenir certains éléments formant premier plan perméable à la vue (couplé à d'autres mesures visant à limiter les impacts visuels) en lisière (mais pas nécessairement en bordure directe) et, au besoin, mettre en évidence les plantations, notamment en lisière ;

■ à l'occasion d'une coupe définitive, conserver certains semenciers proches du périmètre individuellement, en bouquet(s) ou en parquet(s) : la régénération s'y développera différemment permettant à terme (et après exploitation de ces derniers semenciers) la constitution d'une lisière moins homogène. Ces arbres maintenus peuvent avoir un rôle important en matière d'accompagnement visuel d'une route ;



P. Breman, ONF

Des semenciers conservés à proximité d'une route constituent d'abord un premier plan pour l'exploration par le regard. En même temps leur présence influe sur le développement de la régénération naturelle. Lorsque les semenciers seront exploités à terme, la lisière aura pris une forme irrégulière, aussi bien en hauteur qu'en profondeur



P. Breman, ONF

Les arbres maintenus en bordure de route après exploitation d'un peuplement jouent un rôle de guide pour les usagers de la route en même temps qu'ils constituent un premier plan de référence pour la découverte du paysage

■ dans le cas de lisières le long d'une route traversant la forêt, favoriser une certaine homogénéité des lisières des deux côtés de la route afin d'éviter des effets de contraste visuel accentuant l'artificialité des interventions humaines ;

■ dans tous les cas, conserver un aspect forestier aux lisières.

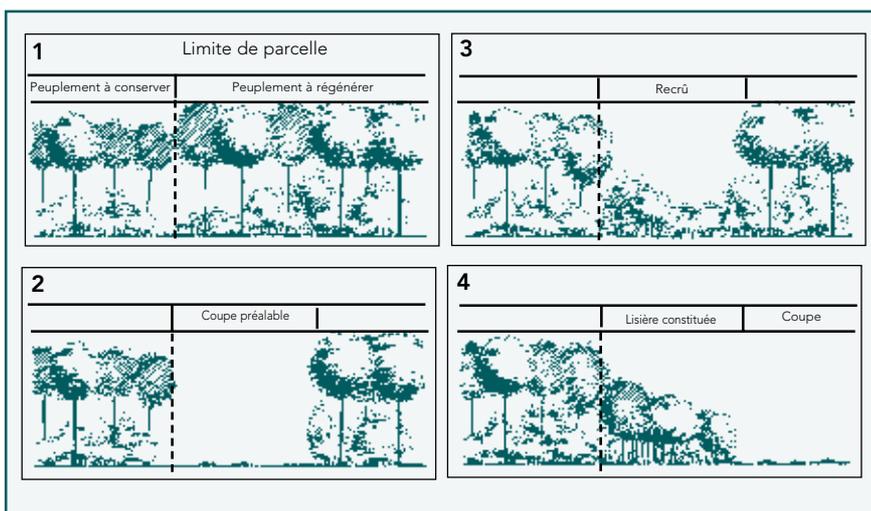
En guise de conclusion

Les conclusions, pour certaines d'entre elles encore provisoires, de l'ensemble des observations du comportement des usagers faites jusqu'à présent, se dégagent de manière globalement concordante.

C'est à l'occasion des interventions sylvicoles en forêt, notamment dans des

zones où l'enjeu est le plus grand (figurant sur la carte des paysages remarquables et des sensibilités paysagères), que chaque gestionnaire peut adapter et mettre en œuvre ces techniques sylvo-paysagères de manière intégrée : la lisière n'est pas traitée indépendamment des autres lieux d'intervention.

Dans le domaine de l'appréciation de la forêt et en particulier de ce que l'on en voit en premier lieu, c'est-à-dire les lisières en tant que zones de contact direct, il convient de ne pas oublier que le public ne perçoit pas la forêt et ses diversités de la même façon que le professionnel. Si ce dernier voit avant tout la forêt – sa forêt – et sa diversité biologique, le public voit surtout un paysage – son paysage -. La diversité des uns n'est par conséquent pas toujours la diversité des autres !



J. Montagne, ONF

Lorsque l'exploitation d'un peuplement fera apparaître une lisière au caractère jugé localement comme trop artificiel, le gestionnaire peut procéder à une « préparation du terrain » : une ou plusieurs années avant l'exploitation, une bande le long de la future lisière sera exploitée. Une végétation naturelle (éventuellement assistée) s'y développera. Dès que l'on juge que sa hauteur est suffisante, on peut procéder à l'exploitation prévue du peuplement

Peter BREMAN

ONF, département aménagement, sylvicultures, espaces naturels, mission paysages direction technique peter.breman@onf.fr

Une bibliographie détaillée de référence peut être obtenue auprès de l'auteur.

à suivre

n° 5 – été 2004

Prochain dossier : les statuts de protection dans la gestion forestière

parution : août 2004

De nombreux statuts sont susceptibles d'intéresser les territoires forestiers. Le dossier montrera leur diversité, les situera dans un cadre réglementaire, et donnera un certain nombre d'éléments pratiques dont les gestionnaires ont besoin pour une prise en compte appropriée des statuts de protection dans l'aménagement et la gestion.

Retrouvez *RenDez-Vous techniques* sur *intraforêt*

Tous les textes de ce numéro sont accessibles au format PDF dans la rubrique qui lui est désormais consacrée dans le portail de la direction technique (Recherche et développement/Documentation technique). Accès direct à partir du sommaire

Pour rechercher un article particulier, utilisez le moteur de recherche de la base documentaire

Nouveau

En complément du dossier de ce numéro, retrouvez une analyse bibliographique complète dans le portail des ressources documentaires



Si vous désirez nous soumettre des articles, prenez contact avec nous :

ONF - Département recherche et développement
Dominique de Villebonne
Tél. : 02 38 65 02 86
Mail : dominique.de-villebonne@onf.fr

Pour se procurer RDV techniques :

ONF - Documentation technique
Boulevard de Constance
77300 Fontainebleau
Tél. : 01 60 74 92 24 - Fax 01 64 22 49 73

