

## Actualités de la recherche

# Forêts, vents et risques : le programme français de recherche « post-tempêtes »

## Premier bilan d'un programme de recherche en cours

Yves Birot

Biologie forestière, INRA, Département Forêts et Milieux naturels, 5 allée Canto Cigalo, 30400 Villeneuve-lez-Avignon, France

Par leur ampleur et leur intensité, les tempêtes de la fin décembre 1999 ont infligé aux forêts françaises des dégâts énormes et sans précédents, frappant de manière durable l'ensemble du secteur forestier au plan environnemental, mais surtout économique et social. Cette catastrophe, vue aujourd'hui avec un recul de quatre ans, comporte nombre d'aspects touchant à la nature, la science et la société. En effet, elle est liée tout d'abord à un risque naturel – sans méconnaître une augmentation possible de la « tempétuosité » en lien avec les changements climatiques d'origine anthropique – affectant des écosystèmes proches de l'état naturel. Ensuite, la compréhension des phénomènes observés, ainsi que l'analyse rigoureuse du risque de tempête sur les forêts, prérequis à la fondation d'une politique de prévention et de réduction du risque, suppose une démarche scientifique de fond : comprendre pour gérer. Enfin, la dimension environnementale, sociale et économique de la crise engendrée concerne non seulement les acteurs économiques directement impliqués, mais aussi une large fraction de la société, sans oublier le monde politique. La présente note illustre un aspect de la contribution de la recherche scientifique à ce problème, à travers les programmes de recherche lancés en France à la suite des tempêtes de la fin 1999. Elle en décrit la genèse et la conception en termes de questionnement à la recherche, et présente quelques résultats.

### Pourquoi des programmes de recherche ?

Aux premiers jours de l'an 2000, l'Inra a pris l'initiative d'organiser, en liaison avec le ministère de

Auteur correspondant : yves.birot@free.fr

l'Agriculture, une expertise scientifique et technique collective, visant à répondre à deux grandes questions : 1) Comment expliquer l'ampleur des dégâts observés et quels ont été les facteurs aggravants ? 2) Sur quelles bases technico-scientifiques peut-on envisager les opérations de reconstitution des forêts endommagées ? Cette expertise, à laquelle s'est associé le Cemagref, et dont la coordination a été confiée au Groupement d'intérêt public de recherche sur les écosystèmes forestiers (GIP ECOFOR), a mobilisé une cinquantaine de personnes : des scientifiques et des ingénieurs praticiens. Conduite en quelques mois, elle a permis de dresser un état de l'art sur les relations forêts-tempêtes et de proposer des bases scientifiques pour leur reconstitution. Cette analyse a servi de fondement à l'organisation d'une consultation nationale de l'ensemble des « parties prenantes » forestières, en préalable aux mesures politiques d'aide à la reconstitution. Bien évidemment, cette expertise a aussi permis d'identifier des lacunes dans les connaissances, en termes d'analyse et de gestion du risque, lacunes qu'un programme de recherche bien ciblé pouvait contribuer à combler. Au cours de l'année 2000, il a été décidé de lancer un programme de recherche dont la coordination a été confiée au GIP ECOFOR<sup>1</sup>.

Ce programme a comporté deux phases. La première, financée par le ministère de l'Agriculture (budget de 0,47 M€), visait à monter dans l'urgence des projets de recherche courts (deux ans : 2000-2002), principalement fondés sur l'observation des dégâts immédiats. Il s'agissait essentiellement d'observer les arbres abattus

<sup>1</sup> L'auteur de ce compte rendu est le coordonnateur de ce programme.

ou brisés avant qu'ils ne soient exploités, afin de mieux connaître les facteurs influant sur leur stabilité et d'anticiper sur les questions liées aux travaux de reconstitution (aspects socio-économiques, sylvicoles et de planification forestière). La deuxième, baptisée programme « Forêts, vents et risques », financée par les ministères de l'Agriculture et de l'Environnement, l'Inra et le Cemagref (budget : environ 1 M€), avait comme objectif une réflexion approfondie sur le contenu d'un programme de recherche à « moyen terme », la rédaction d'un appel d'offres détaillé et la mise en place d'actions de recherche pour la période 2001-2004. Les aspects socio-économiques de ce programme de recherche ont fait l'objet d'une articulation forte avec le GIS Économie forestière en termes de financement et d'évaluation scientifique. Le groupe d'expertise collective a fourni le cadre conceptuel pour la mise en œuvre de la première phase ; il a ensuite été relayé par les conseils scientifiques du GIP ECOFOR, puis par un comité de pilotage et un comité scientifique propres au programme « Forêts, vents, risques », la liaison avec le GIS Économie forestière étant constamment maintenue.

## Forêts et tempêtes : les questionnements scientifiques

Le programme, avec ses deux phases, a porté essentiellement sur deux axes majeurs : l'évaluation de la vulnérabilité forestière et la gestion du risque. On notera que ces deux axes se répondent : c'est à partir de l'analyse du risque et de l'évaluation de la vulnérabilité qu'il devient possible de formuler une stratégie de gestion du risque ; et c'est une gestion du risque adaptée qui conduit à abaisser la vulnérabilité.

Le volet consacré à l'évaluation de la vulnérabilité s'intéresse dans un premier temps aux dégâts, indépendamment de leur quantification économique, et cherche à évaluer les facteurs impliqués dans l'apparition des dommages sur les arbres et les peuplements. Il s'agit de préciser les effets directs du vent, du sol, des arbres et des peuplements, ainsi que les interactions entre ces trois facteurs dans la tenue au vent, en intégrant les caractéristiques liées à l'espèce ou aux facteurs génétiques intra-spécifiques, ainsi que celles liées à la croissance de l'arbre ; les échelles étudiées vont de l'arbre au paysage. Les approches utilisées combinent des observations, des mesures in situ, des expérimentations en soufflerie et de la modélisation numérique ; elles font appel, au-delà des sciences forestières traditionnelles, à des spécialistes de biomécanique, micro-météorologie, aérologie et dynamique des fluides. L'analyse historique et géographique des tempêtes et des dommages qu'elles occasionnent aux forêts a également été prise en compte.

Dans un second temps, il s'agit de « passer des dégâts aux pertes », en essayant de caractériser les pertes directes et indirectes en rapport avec les principaux objectifs assignés à la forêt. L'appel d'offres a mis l'accent sur les bilans environnementaux des tempêtes, en particulier pour les cycles du carbone et de l'eau. On s'est également intéressé aux incidences sur la biodiversité des dynamiques post-tempêtes, y compris en ce qui concerne la diversité génétique des peuplements forestiers issus des processus naturels de régénération. L'impact des tempêtes sur la qualité des paysages et sur leur évolution future a aussi été mentionné dans l'appel d'offres, mais n'a fait l'objet d'aucune réponse. La vulnérabilité des forêts, définie comme « le niveau d'affectation potentiel des enjeux », dépend de facteurs de résistance et de résilience : physique, écologique, économique, sociale. Son appréhension est rendue plus complexe par le fait que les enjeux associés à la forêt varient spatialement et temporellement ; c'est ainsi qu'au cours de la dernière décennie, un accent plus fort a été mis sur les fonctions environnementales et sociales de la forêt. Le programme a notamment pris en compte les questions suivantes : 1) Les dégâts des tempêtes modifient-ils les « valeurs » attribuées à la forêt par le public et, si oui, sous quel angle (par exemple à travers leurs incidences sur le paysage) ? 2) Quels sont les facteurs régionaux liés ou non à la filière, à son organisation et à son niveau d'intégration, qui influent sur le niveau économique des pertes ? 3) Les résiliences écologique et économique vont-elles de pair ? Quel est le comportement des gestionnaires/propriétaires face aux traumatismes et au risque (assurance) ?

Le volet « gestion du risque », quant à lui, s'intéresse aux outils d'analyse à mettre en œuvre en cas de tempêtes ayant causé des dommages massifs aux forêts, pour : 1) évaluer les dégâts sur les peuplements (en particulier, à ce sujet, intérêt et limites de l'outil satellitaire) ; 2) assurer le *monitoring* phytosanitaire et la dynamique des populations d'ongulés ; 3) évaluer la résilience (diagnostic du potentiel de régénération naturelle). Un autre élément important est la prévention du risque par des mesures de gestion forestière appropriées aux différentes échelles spatiales ; elles consistent en l'évitement (essai de zonage et de cartographie du risque) ou la réduction du risque par amélioration de la stabilité et optimisation du calendrier de récolte (notamment longueur des rotations). Cette démarche soulève, bien entendu, la question des coûts/avantages de différents scénarios sylvicoles. L'intérêt de la modélisation, et en particulier du couplage de modèles de croissance, de modèles spécifiques de casse au vent (*cf.* le modèle anglais *ForestGales*) et de modèles économiques, est souligné. Par ailleurs, la question du partage du risque, notamment par le système assurantiel et d'autres systèmes complémentaires, est centrale ; la recherche peut aider à identifier les éléments qui

permettraient une meilleure couverture du risque. Enfin, elle peut contribuer à la définition de stratégies adéquates de gestion de crise : l'analyse comparée des crises semblables intervenues en France et dans les pays voisins, et de leur gestion en termes politiques et techniques, peut être tout à fait éclairante.

## Des résultats déjà très riches

La diversité thématique des projets de recherche engagés et leur caractère multidisciplinaire se sont traduits par l'implication de nombreuses équipes universitaires et d'organismes de recherche principalement de France, mais aussi étrangers (Australie, Royaume-Uni). Les éléments présentés ci-dessous proviennent pour la plupart de la première phase du programme, aujourd'hui achevée.

En ce qui concerne l'analyse du risque, peu a été fait autour de la question de l'aléa. La seule tentative de modélisation de la vitesse du vent à un niveau infra-régional, en Lorraine, a échoué. De nombreux résultats ont par contre été obtenus sur l'exposition des arbres et forêts à l'aléa. On a pu montrer le rôle de la géologie, de la topographie, des caractéristiques du sol et de la station dans l'explication de la stabilité des arbres et des peuplements, en relation avec les espèces et notamment le chêne et le hêtre. Ceci ouvre de nombreuses perspectives pour la gestion. Les approches se sont toutefois limitées au niveau de l'arbre individu et de la parcelle. L'échelle du paysage n'a été que peu abordée : c'est évidemment plus difficile. La sensibilité au vent des arbres et peuplements a été approchée par l'analyse du triplet : essence, station, sylviculture. Les résultats font apparaître : des différences de comportement entre espèces (chêne, hêtre) en relation avec le système racinaire et les caractéristiques physico-chimiques du sol ; une forte anisotropie de l'ancrage liée au développement asymétrique des racines chez le pin maritime ; l'importance des caractéristiques dendrométriques (hauteur, longueur relative du houppier, élancement) avec des comportements différents selon résineux et feuillus ; une sensibilité temporaire post-éclaircie variable selon les essences. Ils montrent aussi, contrairement aux idées reçues, l'absence d'effet de la structure des peuplements : ce sont surtout les caractéristiques spatiales et individuelles des arbres qui sont en jeu. Il n'est pas encore possible de tirer de véritables lois d'endommagement (relation vitesse du vent avec les dégâts). Mais quelques seuils apparaissent : les dégâts augmentent considérablement au-dessus de 120 km/h et lorsque la hauteur dominante des peuplements atteint la classe 20-25 m.

D'autres résultats portant sur l'impact environnemental des tempêtes ont concerné : l'évaluation pour les hêtraies du dioxyde de carbone émis par minéralisation de la biomasse aérienne et souterraine des arbres laissés sur les parcelles ; la dynamique post-tempête des populations de chevreuils qui fait apparaître surtout une forte croissance des faons, liée probablement à l'amélioration de la qualité des habitats – le projet ouvre d'intéressantes perspectives sur l'analyse comparée de ces populations, en liaison avec l'évolution dans le temps des successions végétales.

Les projets menés dans le cadre de la première phase n'étaient pas axés sur la gestion du risque, et notamment sur son évitement ou sa réduction. Cependant, nombre de résultats obtenus dans le cadre de l'évaluation du risque trouvent des applications en termes de gestion du risque (choix des espèces, des stations, des modalités de la conduite des peuplements). Par ailleurs, un projet « Comparaison sur le plan économique de différentes méthodes de lutte contre le risque de tempête » a permis, dans le cas de plantation de douglas, des avancées intéressantes sur des scénarios sylvicoles et des options d'assurance. L'évaluation des dommages post-tempêtes, au début de l'année 2000, avait rencontré des difficultés méthodologiques réelles liées à la lenteur de l'approche classique par photo aérienne et de son interprétation, et à la difficulté de l'utilisation des outils satellitaires (images optiques et radar), en particulier en zone de relief, en condition hivernale (neige, défeuillaison) et dans le cas de peuplements complexes. Les résultats obtenus montrent des progrès réels avec la télédétection : images SPOT prises en été seulement, ouvrant sur des applications opérationnelles.

Concernant la reconstitution des forêts, des résultats remarquables ont été obtenus pour la cartographie automatique des stations forestières du massif vosgien ; leurs perspectives d'utilisation sont d'ailleurs beaucoup plus larges que la seule reconstitution des forêts. L'étude de l'utilisation des processus naturels (successions) pour la reconstitution des forêts endommagées a montré, à partir des événements passés (tempêtes d'Auvergne en 1982 et de Bretagne en 1987), que la « reconquête » par les essences forestières pionnières ou non intervient presque toujours facilement, mais un accompagnement sylvicole intensif de ces successions végétales est nécessaire pour parvenir à un peuplement forestier de qualité. Par ailleurs, des résultats ont été acquis par le suivi de communautés floristiques et animales dans quatre régions françaises et six massifs forestiers, en relation avec le niveau d'intervention humaine sur les parcelles sinistrées.

Enfin, une analyse intéressante a porté sur des aspects sociétaux liés à la communication en temps de crise, à travers une analyse comparative de la couverture par les médias du phénomène tempête.

## Conclusion : se préparer à la prochaine tempête

Le programme de recherche « post-tempêtes » a déjà permis, à travers la première phase, des progrès significatifs dans les connaissances<sup>2</sup> ; la deuxième phase, « Forêts, vents, risques », de nature plus « cognitive », les enrichira

encore. Le défi est de bien utiliser ces connaissances pour être mieux préparé à la prochaine tempête, malheureusement inéluctable. À cet égard, il apparaît capital que ces connaissances soient structurées et facilement accessibles dans des systèmes d'information, périodiquement mis à jour.

---

<sup>2</sup> Pour en savoir plus sur les travaux évoqués, le lecteur peut se reporter à : Bergonzini, J.C., Laroussinie, O. (Eds.), 2000. *Les écosystèmes forestiers dans les tempêtes*, GIP ECOFOR ; Birot, Y., Gollier, C., 2001. *Risk Assessment, Management and Sharing in Forestry, with Special Emphasis on Windstorms, Proceedings of the 14th Convocation of the International Council of Academies of Engineering and Technological Sciences*, Espoo-Finland ; Birot, Y., 2002. Tempêtes et forêts : perturbations, catastrophes ou opportunités ?, *Annales des Mines*, août, 96-102 ; Drouineau, S., Laroussinie, O., Birot, Y., et al. 2000. Expertise collective sur les tempêtes, la sensibilité des forêts et leur reconstitution, *Les Dossiers de l'environnement*, Inra ; Drouineau, S., Laroussinie, O., Birot, Y., et al. 2001. *Joint Evaluation of Storms, Forests Vulnerability and their Restoration*, European Forest Institute, Discussion paper n° 9.