Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
DE L'ALIMENTATION
DE LA PÊCHE
ET DES AFFAIRES RURALES

MINISTÈRE DE
L'ÉCOLOGIE ET DU
DÉVELOPPEMENT DURABLE

Cemagref

INRA
Institut National de la Recherche Agronomique

Forêt, Vent et Risques

Séminaire de programme

5 et 6 décembre 2002

Compte-rendu

ECOFOR
ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS

GIP Ecosystèmes Forestiers

GIS Economie Forestière

Séminaire Forêt, Vent et Risques
5 et 6 décembre 2002
Avant-propos

Contexte

À la suite des deux tempêtes qui ont fortement touché la forêt française en décembre 1999, un certain nombre de recherches ont été lancées pour répondre aux nombreuses interrogations soulevées : quels sont les facteurs de vulnérabilité au vent, quels ont été les impacts des tempêtes (pour les écosystèmes, mais également pour les propriétaires, pour la filière bois), peut-on limiter les risques liés aux chablis, quelles techniques sylvicoles mettre en œuvre pour la reconstitution…

En particulier, le MAAPAR a mobilisé des financements dès avril 2000 pour un premier appel d'offre visant à faciliter les travaux d'observation des dégâts.

En 2001, un second appel d'offres de plus grande envergure, intitulé "Forêt, Vent et Risques" a été soutenu par le MAAPAR, l'INRA, le Cemagref et le MEDD.

Le GIP ECOFOR assure la gestion et la coordination de ces deux appels d'offres.

Objectifs du séminaire

Il s'agissait de présenter les résultats des projets financés dans le cadre de l'appel d'offre lancé en 2000. Les projets retenus s'organisent autour de deux grands axes, qui seront le fil conducteur de chacune des deux journées :

- observer les dégâts,
- anticiper les questions liées à la reconstitution.

Par ailleurs, ce séminaire a été également l'occasion de présenter les projets financés dans le cadre du second appel d'offre, lancé en 2001, concernant des projets de plus longue haleine axés sur l'évaluation de la vulnérabilité et la gestion du risque, ainsi que quelques autres projets, extérieurs à l'appel d'offre.

Ce document présente un compte-rendu des débats de ces deux jours de travaux ; un CD-Rom contenant les supports de présentation des différents intervenants et les posters présentés lors du séminaire est disponible sur demande.

Bonne lecture !

Rappel du programme
Sommaire

5 décembre : Observation des dégâts

(Sous la présidence de Patrice Mengin-Lecreulx, ONF)

10h00-10h15 : Introduction du séminaire, rappel des objectifs du programme.
(*Christine Mevel*) *p. 3*

10h15-11h00 : Analyse des systèmes racinaires d'essences feuillues et résineuses dans différentes situations sylvicoles et stationnelles : application à l'évaluation de la stabilité et aux bilans carbonés.
(*F. Colin*, *C. Drenou*, *C. Nys*, *F. Lebourgeois*, *Y. Lefebvre*) *p. 5*

11h00-11h45 : Echelle arbre : architecture, mécanique et stabilité du pin maritime.
(*T. Fourcaud*) *p. 8*

11h45-12h30 : Sylviculture et résistance au vent des peuplements de pin maritime.
(*M. Najar*, *V. Cucchi*, *D. Bert*, *P. Trichet*) *p. 10*

12h30-14h30 : Repas

14h30-15h15 : Sensibilité des peuplements forestiers à base de chêne au vent : impacts de la structure et de la composition du peuplement et de la date de la dernière coupe.
(*F. Gosselin*) *p. 13*

15h15-16h00 : Evaluation des conséquences immédiates des tempêtes sur l'état des plantes ligneuses, ainsi que sur l'utilisation de l'espace et la dynamique des populations de chevreuils en forêt caducifoliée de plaine.
(*P. Duncan*) *p. 15*

16h00-16h30 : Pause Café

16h30-17h15 : Effet des caractéristiques dendrométriques des hêtraies du quart Nord-Est sur le niveau des dégâts.
(*I. Vinkler*) *p. 18*

17h15-18h00 : Analyse du traitement de la tempête par les médias.
(*P. Arnould*) *p. 21*

6 décembre : Anticipation des questions liées à la reconstitution

(Sous la présidence de Yves Lesgourgues, CRPF Aquitaine)

9h00-9h45 : Evaluation des dégâts de tempête par télédétection satellitale : aspects méthodologiques et opérationnels.
(*N. Stach*) *p. 23*

9h45-10h30 : Cartographie automatique des stations forestières du massif vosgien.
(*C. Piedallu*) *p. 25*

10h30-11h30 : Pause café - discussion autour des posters de présentation des projets du programme Forêt, vent et risques.

11h30-12h15 : Colonisation de terrains forestiers affectés par une tempête.
(*C. Gauberville*) *p. 27*

12h15-13h45 : Repas

13h45-14h30 : Evaluation de l'impact de la tempête des 26 et 27 décembre 1999 sur la biodiversité forestière.
(*J.M. Brézard et A. Lalanne*) *p. 29*

14h30-15h00 : Conclusion du séminaire.
(*Y. Birot*) *p. 31*

Introduction

Christine Mevel
DERF

Avant de laisser place aux exposés et aux débats scientifiques, Christine Mevel, au nom des pouvoirs publics et plus particulièrement du ministère en charge de l'agriculture et de la forêt, rappelle le contexte de ces travaux.

Tout d'abord, un bref rappel historique. Voilà maintenant bientôt trois ans que deux tempêtes exceptionnelles ont traversé la France d'Ouest en Est, laissant derrière elles de nombreuses victimes et des dégâts considérables. La forêt française a pour sa part payé un lourd tribut : 500 000 ha touchés, 140 millions de m^3 de bois abattus ou cassés, soit environ l'équivalent de trois années de production biologique.

Cette catastrophe naturelle a provoqué un réel choc, économique et psychologique, en détruisant le capital forestier et en déstabilisant brutalement les marchés du bois. Les dommages directs au patrimoine forestier ont ainsi été évalués à 6 milliards d'Euros.

À événement exceptionnel, mesures exceptionnelles, mises en œuvre grâce à la très forte mobilisation de l'ensemble des acteurs, de la filière bois, de l'administration et de la communauté scientifique.

Un plan gouvernemental a été mis en place très rapidement :

- la première phase, qui touche à sa fin, axée sur une valorisation maximale des chablis (aides à l'exploitation, au transport et au stockage des bois…)
- la seconde, plus étalée dans le temps, axée sur le renouvellement de la ressource forestière et la dynamique de développement de la filière ("phase de reconstitution").

Les milieux scientifiques et techniques, fortement mobilisés dès le départ, ont joué un rôle tout particulier dans la gestion de la crise.

Dans les tout premiers jours qui ont suivi les tempêtes, de nombreux journalistes, experts et organismes ont pris position sur la part de responsabilité de la sylviculture et des orientations de la politique forestière dans l'importance des dommages causés aux forêts.

Dès la mi-janvier 2000, en plein accord avec le ministère en charge de l'agriculture et de la forêt, les présidents de l'INRA et du Cemagref ont souhaité apporter une importante contribution scientifique aux débats en dressant un état des connaissances internationales dans les domaines de la stabilité des peuplements forestiers et de la reconstitution des forêts sinistrées.

Un groupe de travail rassemblant scientifiques et gestionnaires a ainsi été mis en place pour apporter des réponses et des avis sur les différentes questions posées afin de contribuer aux prises de décisions des responsables de la politique forestière et notamment des pouvoirs publics. Avec le soutien du ministère en charge de l'agriculture et de la forêt, le GIP ECOFOR a organisé les travaux de ce groupe qui ont donné lieu, en juin 2000, à la remise d'un rapport constituant "l'expertise collective sur les causes aggravant les dégâts de tempêtes aux forêts et sur les recommandations à faire pour la reconstitution".

À ce sujet, il faut remercier à nouveau l'ensemble des personnalités et organismes qui ont su, dans l'urgence, se mobiliser et apporter à la collectivité leur concours précieux, un éclairage qui a permis de guider les pouvoirs publics dans leurs actions et leurs choix.

En pleine crise, tirer les enseignements du passé, gérer au mieux le présent avec les connaissances acquises étaient bien sûr les deux priorités. Mais préparer l'avenir devait également être une préoccupation majeure, à la fois pour bien appréhender la phase de reconstitution mais aussi, en se projetant un peu plus loin dans le temps, pour essayer de tirer de cette catastrophe le maximum d'enseignements afin d'être mieux préparés dans l'éventualité d'une nouvelle tempête.

C'est ainsi que le Ministère de l'agriculture, aux côtés du Ministère de l'écologie et du développement durable, de l'INRA et du Cemagref, a lancé et soutenu une série de programmes de recherche et d'expérimentation articulée en deux volets, le premier centré sur des études à court terme et le second sur des études à plus long terme :

* un programme à court terme, lancé dans l'urgence dès 2000, ayant pour objectif de recueillir à la fois des informations scientifiques et techniques permettant d'enrichir instantanément les débats et un maximum d'observations dans les mois suivants la catastrophe pour enrichir les connaissances et permettre d'améliorer la gestion d'une éventuelle future tempête.

Ce programme à court terme présente trois volets :

- l'un porte sur les exploitations forestières et le stockage de bois,

- un autre, coordonnée par le Département Santé des forêts, sur la gestion des risques sanitaires consécutifs aux tempêtes,

- et un troisième, qui nous rassemble aujourd'hui, porte sur l'observation des dégâts et les questions liés à la reconstitution.

- un programme à moyen et long terme mis en place en 2001 avec le GIP ECOFOR et soutenu financièrement par le MAAPAR, le MEDD, l'INRA et le Cemagref. Ce programme, baptisé "Forêt, Vent et Risques", se veut plus ambitieux. Il a vocation à soutenir des travaux de plus longue haleine, centrés autour de la problématique des risques liés au vent, les activités qui y sont liées, les fonctions qui en sont attendues. Ce programme s'articule autour de deux volets : l'évaluation de la vulnérabilité et la gestion du risque.

Ces deux journées de séminaire sont l'occasion d'un rendu des projets retenus lors de l'appel d'offres lancé dans l'urgence en 2000 et d'une présentation des projets lancés lors du second appel d'offre en 2001, sous forme de posters. Trois exposés supplémentaires viendront enrichir les débats :

- un travail ayant fait l'objet d'une commande du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable à l'ONF concernant l'impact des tempêtes sur la biodiversité ;

- un travail méthodologique réalisé par l'IFN, le Cemagref et le CNRS sur la cartographie des dégâts par télédétection (programme Forêt, Vent et Risque) ;

- et enfin un exposé concernant le traitement de la tempête par les médias, pour nous rappeler que les chercheurs et les acteurs de terrain peuvent avoir des approches différentes dont il faudra tenir compte en termes d'application des connaissances.

Il serait souhaitable qu'au terme des différents projets lancés suite aux tempêtes les résultats puissent faire l'objet d'une synthèse et d'une publication, afin de servir de base à la réflexion pour les gestionnaires.

Analyse des systèmes racinaires d'essences feuillues et résineuses dans différentes situations sylvicoles et stationnelles : application à l'évaluation de la stabilité et aux bilans carbonés.

Francis Colin, Christophe Drenou, Claude Nys, François Lebourgeois, Yves Lefèvre

I. Exposés

→ *Présentation PowerPoint*

1°) Sensibilité aux chablis des chênaies et chênaies-hêtraies du plateau lorrain

L'objectif était ici d'identifier les facteurs de sensibilité, grâce au retour sur des placettes échantillonnées avant la tempête. L'étude concerne des chênaies et des chênaies-hêtraies du plateau lorrain, sur quatre massifs tous situés dans une zone de vent très fort (plus de 120 km/h). 2013 arbres ont été échantillonnés, essentiellement des chênes, pédonculés et sessiles.

Les premières analyses montrent une augmentation régulière du taux de dégât avec la hauteur à parti d'un seuil de 16 m (en dessous, pas ou peu de dégâts). La nature du sol a également une influence : les massifs situés sur des alluvions sont plus touchés que ceux situés sur des marnes. Pour une texture donnée, une hydromorphie superficielle et un rapport C/N élevés sont également des facteurs défavorables.

Le hêtre est de façon générale plus sensible que le chêne sessile, qui l'est plus que le chêne pédonculé. Le type de gestion (TSF/FR) n'entre en ligne de compte qu'une fois tous ces facteurs intégrés.

2°) Autécologie des hêtres et des chênes

La tempête a fourni, grâce aux galettes des chablis, l'occasion d'affiner les connaissances sur l'autécologie des essences. Trois forêts ont été étudiées dans la région de Nancy, dont l'une à structure irrégulière.

La taille des galettes ("complexe sol-racines") augmente avec celle de l'arbre. Lorsqu'une contrainte est présente au niveau du sol, le système racinaire du hêtre est plus modifié que celui du chêne. Plus cette contrainte est forte, plus le système racinaire devient traçant.

3°) Architecture racinaire

L'objectif était de classer les essences forestières selon l'architecture de leur système racinaire adulte, grâce à une mise à nu des racines sur les chablis et à une revue bibliographique. Cinq espèces ont été directement étudiées par mise à nu des systèmes racinaires : l'épicéa, le pin maritime, le pin sylvestre, le Douglas et le hêtre.

Le croisement de l'architecture en surface avec l'architecture en profondeur aboutit à la définition de douze types théoriques de systèmes racinaires. Les essences étudiées ainsi que celles décrites dans la littérature peuvent être classées selon ces types.

4°) Relations allométriques

L'objectif est d'obtenir de nouvelles données sur les relations entre partie aérienne et complexe sol-racine, grâce à la mesure des plaques racinaires (description par le protocole de F. Lebourgeois et al.).

Plusieurs relations, notamment entre le diamètre à 1,30 m et la surface (ou le volume) de la motte racinaire, ont pu être établies. Ces relations pourraient être utilisées pour évaluer la croissance possible du tronc en fonction du volume prospectable par les racines.

Des différences entre espèces peuvent être mises en évidence ; ainsi le hêtre présente une motte plus volumineuse que le chêne.

5°) Biomasses et minéralomasses

L'objectif était d'obtenir des données nouvelles sur les biomasses et les minéralomasses racinaires du hêtre. Les mesures ont été faites (i) sur le site-atelier de Fougères (Bretagne), pour une évaluation de l'effet âge grâce à la chronoséquence de peuplements, et (ii) dans deux sites du réseau Renecofor, pour une évaluation de l'effet station.

Les modèles établis ne sont pas encore tous satisfaisants, mais on peut souligner :

- un effet âge notoire : les relations entre biomasse racinaire et C130 varient selon l'âge. Le taux de carbone varie également selon l'âge (plus faible dans les jeunes peuplements).

- la station joue également un rôle important : les relations sont différentes entre les sites acides (Fougères) et les sites saturés (sites Renecofor).

6°) Conclusions

De nouvelles informations ont pu être recueillies au cours de ce projet. Une synthèse des résultats est cependant nécessaire car on note une certaine hétérogénéité des résultats.

En termes de perspectives, ces études devraient permettre d'identifier les situations stationnelles à risque, de mieux connaître le comportement des essences et donc d'éclairer les choix sylvicoles en termes de mélange et d'essences de reboisement.

II. Débat

1°) À propos de l'échantillonnage

* Il faut bien garder en tête que l'échantillonnage de l'étude sur les racines ne prend en compte (et pour cause) que les arbres tombés, et donc il y a forcément un biais. (P. Duplat)

* Dans le même esprit, l'étude a porté sur les galettes, et non sur la totalité du système racinaire. (M. Buffet)

Cependant, on a une idée de la relation qui peut exister entre ces deux données (*C. Drenou*) et, sur l'un des sites, on a bien cherché à étudier la totalité du système racinaire (*C. Nys*).

* Pourquoi avoir choisit d'échantillonner dans des mélanges ? (A. Stokes)

On a des différences notables entre le chêne et le hêtre, on peut donc chercher à mieux structurer en mélangeant (dans la mesure où le hêtre, moins stable, est l'objectif de production). (*F. Colin*)

* L'approche mise en œuvre concerne l'échelle arbre, mais a-t-on une idée de la répartition spatiale ? (*J.C. Bergonzini*)

Non, à deux exceptions près on n'a pas l'information spatiale. Pour les sites où l'on a l'information, et de façon intuitive pour le reste, rien ne semble se dégager a priori.

2°) À propos des résultats

* Observe-t-on une augmentation de la vulnérabilité des peuplements avec le rapport C/N ? (*G. Landmann*)

Oui, via le niveau de fertilité de la station (*Y. Lefèvre*, *C. Nys*).

* A-t-on éliminé l'influence des facteurs topographiques ? (*M. Buffet*)

Non, ils contribuent à la part non expliquée. Par ailleurs, on a cherché à avoir des données météo plus précises, mais cela s'est révélé impossible.

3°) À propos des perspectives

* Sans oublier le fait qu'il y avait des différences entre les méthodes d'analyses, est-il possible de faire des recommandations pour l'avenir ? (*M. Bonnet-Masimbert*)

Il y avait déjà un pot commun basé sur la méthode d'étude des systèmes racinaires de F. Lebourgeois. Les différences ont plutôt porté sur l'échantillonnage. Il serait possible de faire une base de données à partir des données recueillies selon le protocole commun.

* Il serait sans doute judicieux de recouper cette approche sol-racines avec l'approche dendrométrique mise en œuvre par la STIR nord-est (*cf. présentation d'I. Vinkler*). (*P. Mengin-Lecreulx*).

Échelle arbre : architecture, mécanique et stabilité du Pin maritime.

Thierry Fourcaud, Frédéric Danjon
LRBB, INRA

I. Exposés

→ *Présentation PowerPoint*

1°) Présentation de la zone d'étude

La tempête a représenté une opportunité d'étude sur le système racinaire du Pin maritime.

La zone d'étude est située au sud du bassin d'Arcachon. Il s'agit d'une chronoséquence de peuplements qui était suivie avant tempête. Les caractéristiques stationnelles (présence d'un alios et d'une nappe) limitent la profondeur d'enracinement du pin.

24 arbres ont été étudiés, 12 arbres restés debout et 12 chablis, dans des peuplements de 50 ans. La proportion globale de chablis sur cette zone était de 10 %.

2°) Premiers résultats morphologiques

Les mesures ont porté aussi bien sur l'architecture racinaire que sur l'architecture aérienne. Lors de l'arrachage des arbres, une sorte de souris électronique permet d'enregistrer numériquement. Le logiciel Amapmod permet de traiter les données recueillies sur le terrain.

Les premiers résultats, exprimés dans le journal Le Monde juste après le début des travaux, semblaient monter une différence de conformation des systèmes racinaires entre arbres couchés et arbres intacts. Cependant la suite des travaux a amené à revoir cette position. En fait, il ne semble pas y avoir de différence statistique marquée entre les arbres couchés et les arbres restés debout.

La présence d'un alios se traduit par une fusion des racines et la formation d'un bouclier. Il est difficile d'interpréter l'hétérogénéité spatiale du réseau racinaire. De façon empirique, on note l'apparition d'un trépied sous le vent, aussi bien sur les arbres couchés que sur les arbres debout : l'analyse en composantes principales réalisée sur ces modèles numériques ne montre pas de différence déterminante entre les deux groupes de l'échantillon.

3°) Résultats sur les simulations mécaniques

Les aspects mécaniques entrant en jeu dans la stabilité d'un arbre ont également été abordés. Les facteurs principaux qui jouent sur la stabilité sont :

* le vent : sa direction et sa vitesse déterminent la force de pression exercée sur l'arbre ;

* la structure aérienne : elle transmet les efforts au système racinaire ;

* le sol (structure, matériaux, zones de contact…) qui influe sur le comportement de la partie souterraine (déplacement, déformation).

Ici, on s'est focalisé sur les effets de la structure du système racinaire : la description numérisée réalisée a servi de base à cette étude.

Un logiciel permet alors d'établir une relation entre une force qu'on applique et la déformation du système racinaire (en termes physiques on parle de déplacement). Certaines hypothèses permettent de simplifier le système étudié : on bloque l'extrémité des racines, on impose les déplacements de la souche (pas de bras de levier), on injecte un modèle de rupture racinaire.

Les résultats à l'issue de ces simulations indiquent que :

* les arbres semblent plus résistants côté ouest (la ramification du système racinaire est plus dense de ce côté) ;

* la biomasse est répartie soit selon un axe nord-sud, soit selon un axe est-ouest, ce qui n'est pas encore expliqué.

Le modèle est, bien entendu, à perfectionner et surtout à valider (ce qui est difficile), en particulier parce qu'il ne prend en compte que la partie racinaire et non le sol ou la partie aérienne.

II. Débat

* La nappe phréatique a-t-elle joué un rôle lors de la tempête ? que sait-on de sa position à l'époque ? (*P. Arnould*)

L'information que l'on a sur les sols au moment de la tempête n'est pas très précise, on sait surtout que les sols étaient gorgés d'eau, ce qui a sans aucun doute joué un rôle déterminant.

* Y a-t-il eu des différences de topologie entre les racines autour du tronc ? (*A. Stokes*)

Non, on n'a pas observé de différences de cet ordre.

* Y a-t-il eu beaucoup de racines cassées ?

On a surtout mesuré des racines non cassées au niveau du tronc, peu de cas de grosses racines brisées ont été observés.

* Pour la continuation de l'étude, il serait intéressant de constituer des groupes d'arbres semblables du point de vue du système racinaire. Il y aurait alors dans chaque groupe des arbres couchés et des arbres debout et on pourrait ensuite s'appuyer là-dessus pour faire le lien avec la partie aérienne. (*J.C. Bergonzini*)

Sylviculture et résistance au vent des peuplements de Pin maritime.

Mohamed Najar, Véronique Cucchi, Didier Bert, Pierre Trichet
AFOCEL, INRA

I. Exposés

→ *Présentation PowerPoint*

À la suite de la tempête de décembre 1999, le massif landais a été très touché, surtout dans sa partie nord et dans l'intérieur des terres (les zones dunaires sont nettement moins touchées). Afin d'analyser l'influence des principaux facteurs sylvicoles sur la résistance au vent des peuplements de pin maritime, les organismes de recherche et de développement présents sur le massif ont mis en commun leurs dispositifs expérimentaux endommagés.

Le projet comprend trois grandes parties :

- l'impact de la densité et des éclaircies (à partir des données du GIS coopérative de données et de deux essais INRA)

- l'impact de la méthode d'installation (semis ou plantation) et du type de conteneurs utilisé dans le cas de plantations (à partir d'essais AFOCEL et CPFA).

- l'impact de la fertilisation et de l'intensification sylviculturale (à partir d'essais INRA, CPFA et AFOCEL)

1°) Influence de l'éclaircie

1ère étude

Méthodologie :

Dans les parcelles étudiées, l'état de chaque arbre a été noté selon l'échelle suivante : 1 (arbre debout), 2 (arbre peu penché : angle inférieur à 20°), 3 (arbre penché : angle supérieur à 20°), 4 (chablis), 5 (volis). La circonférence a été également relevée. L'histoire sylvicole des parcelles était connue.

Résultats :

Deux classes d'éclaircies ont été constituées, forte et faible.

La principale conclusion est que l'éclaircie fragilise les peuplements si elle est forte et récente. Dans les autres cas, on ne note pas de différence significative entre les modalités sylvicoles.

2ième étude

Méthodologie :

Les deux dispositifs étudiés sont situés en zone moyenne de dégâts (de 50 à 80 %), proche l'un de l'autre géographiquement. Le protocole utilisé est le même que précédemment

avec en plus une estimation du volume du système racinaire et des mesures supplémentaires sur la partie aérienne (longueur totale et hauteur de la première branche verte).

Deux échelles d'analyses ont été retenues pour l'identification de facteurs favorables à la résistance au vent : l'échelle peuplement (comparaison du taux de dégâts entre les différents scénarios sylvicoles) et l'échelle arbre (comparaison entre arbres intacts et chablis).

Résultats à l'échelle du peuplement :

Les arbres penchés sont plus nombreux dans les peuplements denses et non améliorés alors que les chablis sont plus nombreux dans les peuplements clairs et améliorés.

Pour les peuplements dits de production (densité comprise entre 200 et 300 tiges à l'hectare), la fertilisation diminue le taux de chablis.

L'effet d'amortissement par contact joue un rôle important, de même que le déséquilibre entre partie aérienne et partie souterraine. Lorsque la hauteur dominante du peuplement est homogène, le taux de chablis diminue. On peut poser l'hypothèse que les turbulences du vent sont plus fortes dans un couvert hétérogène, ce qui augmente les dégâts.

Résultats à l'échelle de l'arbre :

Les arbres chablis ont un diamètre plus faible, un houppier plus court et sont plus élancés que les arbres restés debout. La caractéristique "trapu" est un facteur favorable pour l'individu.

Cette étude met en évidence l'importance de l'effet peuplement. Elle est prolongée au travers du projet Cap Forêt (*Cf. Poster A. Stokes*).

2°) Influence du mode d'installation et du mode d'élevage

La régénération par semis est une méthode récente sur le massif. Les peuplements étudiés sont donc jeunes, entre 8 et 20 ans, ce qui correspond aux peuplements les moins touchés lors de la tempête (même si les degrés de dégâts sont très variables). Les premiers résultats ne montrent pas de différence marquée en termes de dégâts entre les peuplements installés par plantation ou par semis.

L'influence du type de conteneur dont étaient issus les plants a également été étudiée (ici également les essais sont jeunes). Sur 5 essais sur 6 il n'y a pas de différence significative en termes de dégâts, seulement en termes de vitesse de colonisation racinaire (l'effet s'estompe après trois ans).

3°) Influence de la fertilisation

Plusieurs dispositifs ont été étudiés, âgés de 2 à 23 ans. La méthode la plus courante dans le massif est la fertilisation à l'installation ; sur un essai, une fertilisation annuelle a été testée.

Même sur les très jeunes peuplements, on a observé un impact de la tempête avec une forte penchaison des plants (mais pas toujours significativement plus forte que la penchaison naturelle du pin).

Les parcelles les plus touchées sont les parcelles les plus fertilisées (en particulier à l'azote). L'effet de la fertilisation est donc net, en négatif. Il faut cependant souligner que les

taux de fertilisation couramment pratiqués dans le massif landais ne remettent pas en cause l'avenir des peuplements.

II. Débat

* Y a-t-il eu une influence des chablis sur l'alios ? (*P. Arnould*)

Non dans la majorité des cas car les racines ne pénètrent pas l'alios.

* On note une différence de taux de dégât entre les zones dunaires et les autres. Peut-on relier cette différence aux différents statuts des forêts (la forêt dunaire est domaniale, le reste est privé) et aux différences de gestion qui en découlent ? (*P. Arnould*)

Pas directement. D'une part il y a également des forêts privées en zone dunaire qui n'ont pas été plus touchées. L'effet principal reste sans doute l'effet station (pas d'alios en zone dunaire donc meilleur enracinement). (*M. Najar*)

* Les résultats présentés ici sont assez étonnants : les peuplements denses sont moins sensibles au vent, les arbres dominés (H/D faible) sont plus sensibles. Ceci aboutirait à recommander des éclaircies par le bas, ce qui est assez contraire à ce que l'on peut voir et entendre ailleurs. (*Y. Bastien*)

Ceci peut peut-être s'expliquer en partie par le fait que dans les Landes l'alios limite fortement l'enracinement. Par ailleurs, l'effet négatif des éclaircies sur la stabilité du peuplement est de courte durée. (*V. Cucchi*)

* La longueur du houppier semble être un facteur favorable à la stabilité individuelle. Dans les parcs et jardins, on conseille au contraire de réduire cette longueur. Dans quelle mesure peut-on extrapoler les résultats présentés ici ? (*C. Drenou*)

Il n'est pas du tout possible d'extrapoler tels quels ces résultats à des essences complètement différentes et des contextes de gestion différents ! (*D. Bert*)

* L'effet négatif de la fertilisation sur la résistance au vent semble avéré, même si les fertilisations couramment pratiquées ne compromettent pas l'avenir des peuplements. Un autre aspect mériterait d'être abordé : celui de l'effet de cette fertilisation sur la qualité du bois ? (*G. Nepveu*)

Sensibilité des peuplements forestiers à base de chêne au vent : impacts de la structure et de la composition du peuplement et de la date de la dernière coupe.

Frédéric Gosselin
Cemagref

I. Exposé

→ *Présentation PowerPoint*

1°) Présentation de l'étude

Après la tempête, les débats ont très vite été lancés sur l'influence des pratiques sylvicoles sur le taux de dégâts. Cependant, il n'est pas facile de confirmer ou d'infirmer les hypothèses à ce sujet compte tenu du caractère irrégulier des dégâts. Le projet présenté ici avait pour objet d'établir des bases méthodologiques solides pour reformuler et tester les questions liées à la sylviculture comme facteur explicatif des dégâts.

Il y a eu deux questions successives. Tout d'abord, aux niveaux peuplement et arbre, peut-on observer des différences de dégâts suivant les gradients sylvicoles étudiés ? Ensuite, au niveau arbre, une fois prises en compte les caractéristiques individuelles de l'arbre (essence, classe de diamètre), observe-t-on des différences de dégâts suivant les différents gradients étudiés ?

2°) Méthodologie

Deux points de méthodologie sont importants à souligner dans l'analyse des dégâts : (i) il faut bien distinguer les types de dégâts (volis et chablis) et (ii) il faut bien prendre en compte la structure spatiale du plan d'échantillonnage et des dégâts.

Deux dispositifs expérimentaux ont été analysés, l'un dans la Brie et l'autre en forêt de Montargis. Sur ces deux dispositifs, il est possible dans l'échantillonnage de faire varier la sylviculture sans faire varier la station. On dispose de données avant la tempête sur des placettes référencées, avec pour chacune la surface terrière de référence (G Réf) ventilée par essence, classe de diamètre et par point de relevé. De nouvelles mesures ont été faites après la tempête, qui permettent de disposer de la surface terrière des chablis et volis, ventilée par essence, classe de diamètre et point de relevé.

3°) Résultats

L'analyse des données s'est faite à partir de modèles non linéaires à effet mixte (pour prendre en compte les effets fixes aussi bien que les effets aléatoires).

Les premiers résultats portent sur le dispositif expérimental de Brie, uniquement sur les chablis. Les effets spatiaux et les variables individuelles de l'arbre sont ici les principaux éléments explicatifs des variations du taux de dégâts ; les effets "collectifs" du peuplement ne

semblaient pas significatifs. On peut noter en particulier que l'effet diamètre semble être différent selon les essences considérées et pas toujours facilement explicable (en particulier dans le cas du chêne).

4°) Conclusions et perspectives

- une fois prises en compte les caractéristiques individuelles des arbres, on ne trouve plus d'effet collectif (pour la partie prédictible, c'est-à-dire non spatiale du modèle).

- des problèmes persistent sur le modèle : les résidus ne suivent pas la loi normale, le modèle reste donc à retravailler.

II. Débat

* Comment réagissent les autres responsables de projet face à cette conclusion selon laquelle les caractéristiques individuelles des arbres priment sur le collectif, notamment le mélange et la structure) ? (*P. Mengin-Lecreulx*)

* Comment sont pris en compte les "effets aléatoires spatiaux" ? (*P. Duplat*)

Il s'agit de permettre au modèle d'attribuer un taux de dégât variable par niveau de la hiérarchie spatiale, une fois prises en compte les variables explicatives (effets fixes). Ce qu'on estime c'est une variance correspondant aux variations aléatoires aux différents niveaux hiérarchiques (massif, placette, sous-placette). A certains niveaux, cette variance peut être en fait corrélée à des facteurs non modélisés (par exemple, variations fines stationnelles au niveau placette ou sous-placette).

* Que peut-on dire de l'effet hauteur sur le taux de dégâts ? (*P. Riou-Nivert*)

Cette variable n'a pas été prise en compte car il n'existait pas de données avant la tempête.

Effet des tempêtes sur la dynamique des populations de chevreuils et impact des grands herbivores sur la succession végétale et la biodiversité.

Patrick Duncan

Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, CNRS UPR 1934

I. Exposé

→ *Présentation PowerPoint*

1°) Les bases du projet

Après la tempête s'est engagé un débat au sujet des conséquences sur la grande faune et des mesures à prendre.

Pour appuyer les réflexions, le programme présenté ici s'appuie sur les données issues des sites de Trois-Fontaines et Chizé, qui étaient déjà suivis avant la tempête de 1999.

Trois hypothèses sont testées :

- hypothèse 1 : la tempête a eu un impact faible sur la mortalité du chevreuil ;

- hypothèse 2 : elle pourrait avoir un effet positif sur la croissance des jeunes faons

2 A : pour les cohortes post-tempête

2 B : dans les zones fortement ouvertes par la tempête ;

- hypothèse 3 : la tempête augmenterait les disponibilités alimentaires pour les animaux, ce qui se traduirait par :

3 A : pas de déplacement des animaux

3 B : une utilisation préférentielle des zones sévèrement touchées

3 C : de petites ouvertures sur-sélectionnées par le chevreuil.

Les enjeux sont ici de comprendre les mécanismes de variations des différents taux représentant la population afin de pouvoir prédire les évolutions futures.

Ces hypothèses sont testées avec pour cadre scientifique la dynamique des populations et l'écologie des ressources. L'état des connaissances avant l'étude était relativement important.

Le programme repose sur la méthode de capture-marquage-recapture, dans le cadre d'un programme à long terme ONCFS-CNRS mené par D. Delorme et G. Van Laere, responsable scientifique JM. Gaillard.

Les partenaires du programme sont :

- CNRS Chizé, UPR 1934 : P. Duncan (DR), Sonia Saïd-Delcros (Postdoc), Noël Guillon (T) et Nadine Guillon (AJT)

- CNRS/Univ. Lyon, UMR 5558, Biométrie-Génétique et Biologie des Populations : J.M. Gaillard (DR) et N. Pettorelli (Doctorante)

- ONCFS, Direction de la Recherche et du Développement, Centre National de Recherche Appliquée Cervidés-Sangliers : B.Boisaubert (IR), F. Klein (IR), D. Delorme (TS), O. Widmer (T), G. Van Laere (T), D. Maillard (IR)

- Cemagref Nogent, Unité de recherches "Écosystèmes forestiers et Paysages" : Ph. Ballon (IR), P. Normant (IR)

- ONF, Direction Régionale Poitou-Charentes, S. Vilarubias (IR), B. de la Chapelle (T), P. Jarret (IR), P.J. Morel (IR)

2°) La survie des chevreuils dans les populations

Des études précédentes montrent que les femelles sont plus résistantes que les mâles aux perturbations, ce qui aboutit à un développement différent pour chaque sexe.

Pour les femelles, l'effet âge est très important (les adultes sont plus résistantes que les jeunes de l'année ou les vieilles de plus de 7 ans), ainsi que la sévérité de l'hiver.

Pour les mâles, l'effet âge est également un facteur important.

Pour expliquer la variance d'abondance des populations de chevreuils au cours du temps, le facteur important est la survie des faons au cours de la première année de leur vie principalemet le premier été. Il est donc important d'en avoir une bonne idée lorsqu'on veut évaluer l'impact d'une perturbation.

Le projet a montré ici, et c'est la réponse à l'hypothèse 1, que la tempête n'a pas eu d'influence significative sur le taux de survie, ni des adultes (mâles et femelles), ni des jeunes.

3°) La croissance des faons

Comme nous l'avons vu précédemment, la tempête n'a pas eu d'effet sur la survie des faons. En revanche elle semble avoir eu un effet immédiat et positif sur la croissance des jeunes faons (appréciée au travers de la masse corporelle). Ceci est important car on sait par ailleurs que l'effet de la première année de vie se fait sentir tout au long de la vie de l'animal.

4°) Les ressources alimentaires

Les données antérieures à la tempête sur l'alimentation de s chevreuils indiquaient que les ressources-clés en hiver sont le lierre et la ronce.

Le programme a permis de réaliser une étude spatialisée de l'impact de la tempête sur la disponibilité des ressources alimentaires pour le chevreuil, sur le site de Chizé par S. Saïd-Delcros en collaboration avec l'ONF Poitou-Charentes et sur le site de Trois-Fontaines par P. Normand en collaboration avec l'ONF Champagne-Ardennes.

La quantité de ressources a augmenté suite à la tempête (ouverture des peuplements), ce qui a eu pour effet de réduire le domaine vital des individus suivis et de le recentrer sur la futaie régulière aux dépens du taillis sous futaie. Là encore, l'effet a été immédiat.

Ces résultats vont à l'encontre de ceux issus d'une étude similaire menée dans les Everglades.

5°) Conclusions et perspectives

L'effet "booster" de la tempête sur les populations risque d' être limité dans le temps (fermeture progressive du couvert). Les populations de chevreuil risquent donc de connaître une baisse d'ici quelques années, ce qui pose des questions en termes de gestion des populations.

6°) Formation et production scientifique

Ce programme a permis de former 10 étudiants (Thèse, DEA, ingénieur, maîtrise et Licence).

- N. Pettorelli 2002 Variabilité individuelle et dynamique de population : importance de la composante spatiale. Thèse de doctorat, Univ. Lyon 1.

- Pettorelli N, Gaillard J.M., Duncan P., Ouellet J.P. & Van Laere G. 2001. Population density and small-scale variation in habitat quality affect phenotypic quality in roe deer. Oecologia. 128 (3): 400-405

- Pettorelli N., Gaillard J.M., Van Laere G., Duncan P., Kjellander P., Liberg O., Delorme D. & Maillard D. 2002. Variations in adult body mass in roe deer: the effects of population density at birth and of habitat quality. Proc. Roy. Soc. (Lond.) Ser. B 269, 747-753

En révision:

- Gaillard J.M., Duncan P., Delorme D., Van Laere G., Pettorelli N., Maillard D., Renaud G. Extreme climatic events and ungulate population dynamics: effects of hurricane Lothar on European roe deer.

- Pettorelli N., Gaillard J.M., Duncan P., Maillard D., Van Laere G., Delorme D. Age and density modify the effects of habitat quality on survival and movements of roe deer.

- Widmer O., Said-Delcros S., Miroir J., Turcat P., Klein F., Duncan P. Exceptional climatic events and ungulate habitat use: the effects of hurricane Lothar on roe deer.

En préparation :

- Saïd S., Gaillard J.M., Duncan P., Guillon N., Guillon N., Lefeuvre K., Pellerin M., Servanty S., Martin C. Ecological correlates of home range use by European roe deer in a deciduous woodland

- Saïd S., and Servanty S. Space use by European roe deer in a fragmented landscape after a hurricane in a deciduous forest

- Une synthèse pour Forêt Entreprise sera préparée en 2003.

II. Débat

* Les résultats présentés sont très importants pour le gestionnaire car ils fournissent une base pour l'établissement des plans de chasse. Cependant, la situation semble explosive avec un crash probable d'ici quelques années. Les gestionnaires ont donc plus que jamais besoin de conseils pour gérer ces populations. (*P. Mengin-Lecreulx*)

* Ces études ont été menées sur des populations en enclos. Dans quelle mesure ces résultats sont-ils extrapolables dans d'autres situations, où les animaux peuvent circuler librement ? (*Y. Lefèvre*)

Effectivement, il s'agit ici de populations vivant dans des espaces clos d'une taille représentant environ 100 fois le domaine vital d'un animal. Le milieu est uniquement forestier, et donc non représentatif des zones mixtes. Les populations ne sont pas chassées et la vitesse est limitée sur les routes traversant le site d'étude, ce qui ramène la mortalité à peu près à la mortalité naturelle. Il serait bien sûr intéressant de mener des études similaires en milieu ouvert et sur des populations chassées.

* Quelle est la valeur de ces prédictions ? Les évolutions seront-elles aussi rapides ? (*G. Landmann*)

La vitesse d'évolution des populations est conditionnée par la vitesse des successions végétales, qui est très forte dans les forêts feuillues de plaine.

* Quelle est l'influence éventuelle des autres paramètres climatiques, qui ont également eu une influence sur la végétation ?

Les analyses réalisées portent à la fois sur des zones touchées par la tempête et sur des zones intactes, elles intègrent donc ces effets.

* A-t-on une idée de l'influence du mode d'exploitation des chablis ?

Ce serait une étude à mener, mais il est difficile de faire coïncider l'échelle de la parcelle, à laquelle est réalisée l'exploitation, et l'échelle du domaine d'une population de chevreuils.

Effet des caractéristiques dendrométriques des hêtraies du quart nord-est sur le niveau de dégâts.

Isabelle Vinkler
Département Patrimoniale DT Lorraine

I. Exposé

→ *Présentation PowerPoint*

Cette étude sur les hêtraies du quart nord-est a rassemblé des équipes de l'ONF et de l'INRA., dans un contexte d'inquiétude sur les orientations sylvicoles à prendre face aux risques liés au vent. On cherche dans cette optique à établir une relation entre les dégâts et les caractéristiques dendrométriques et stationnelles.

1°) Les bases de l'étude

Les sites d'études sont localisés en Lorraine, Haute-Marne et Côte d'Or. Il s'agit de placettes échantillonnées avant la tempête, appartenant à divers réseaux (INRA, RENECOFOR, Fédération de la Vulgarisation Forestière de l'Est, ONF). Elles concernent à la fois des taillis-sous-futaie et des futaies régulières (sauf les peuplements en phase de régénération), ce qui a permis de mener une étude comparative entre les deux types de peuplement.

Du point de vue des conditions au moment du passage de la tempête, on sait que les sols étaient uniformément détrempés. La carte des vents de Météo France donne des classes de vitesses ([100-120], [120-140], [140-160] km/h).

Deux niveaux d'études ont été retenus : peuplement (intensité des dégâts) et arbre (probabilité de chablis) avec des variables explicatives se rattachant aux caractéristiques du vent, du peuplement, de l'arbre et de la station.

2°) Résultats

* Sur l'étude en futaie régulière

La première constatation est que les niveaux de dégâts intermédiaires sont assez rares, ce qui peut s'expliquer par un effet "château de cartes". Les volis sont assez rares.

Plusieurs effets seuils ont été relevés au cours des analyses :

- un seuil de vent à 120 km/h : au-dessous de ce seuil, il n'y a pas ou peu de dégâts.

- un seuil de hauteur dominante très marqué entre 23 et 24 m avec des dégâts beaucoup plus forts au-dessus de cette limite.

- un seuil d'âge autour de 70 ans pour des vents très forts et autour de 90 ans pour des vents plus faibles.

Pour la densité et le facteur d'élancement (H/D), on observe également un effet seuil apparent, mais l'échantillonnage est mal réparti dans les zones de vent. L'interprétation est donc difficile.

Pour obtenir un modèle prédictif de dégâts, on part d'un modèle nul (niveau de dégâts constant) et on introduit les variables unes à unes, les retenant si l'effet est significatif et si la corrélation avec d'autres variables n'est pas trop forte.

Les variables finalement retenues pour le modèle sont : le vent, la hauteur dominante, la station (en particulier la profondeur des sols et la présence d'une dalle calcaire) et la topographie.

Les variables non retenues sont l'âge (corrélé à H_0 et peu accessible), la densité (mauvais échantillonnage), l'élancement (corrélé à H_0 et à l'âge et de toute façon non significatif), ainsi que la date et l'intensité de la dernière coupe (qui ne sont jamais ressortis comme significatifs).

* Comparaison Futaie régulière / Taillis-sous-futaie

L'étude concerne une zone centrée sur Nancy.

Au niveau du type de dégâts, les volis sont rares dans les deux cas, mais un peu plus en futaie régulière.

Globalement, on n'a pas pu mettre en évidence de différence significative entre les deux types de peuplements. Une analyse a alors été réalisée en distinguant les peuplements où H_0<23m et ceux où H_0>23m.

Dans ce cas, on note des dégâts plus importants en TSF pour les peuplements en dessous du seuil, ce qui peut être lié à un effet âge, ou bien à un effet houppier (plus étendu en TSF). En revanche, pour les peuplements au-dessus du seuil, les dégâts sont plus importants en futaie régulière (effet H_0?).

* Échelle arbre

Concernant le facteur d'élancement, à hauteur donnée, la proportion de chablis augmente quand le rapport H/D diminue, ce qui nous indique bien que le hêtre ne réagit pas comme les résineux face au vent.

On a pu calculer une probabilité de chablis en fonction du rayon du houppier et du bras de levier (hauteur première branche verte?), pour des situations de vents très forts. Ce modèle est valide à la fois en TSF et en futaie régulière.

* Conséquences sylvicoles

Il faut prendre des précautions en interprétant ces résultats en termes de décisions sylvicoles. Ces résultats semblent cependant confirmer l'orientation vers une sylviculture dynamique du hêtre qui abaisse les âges d'exploitabilité et limite la durée de la phase critique pendant laquelle H_0>23m. Cependant, quelle que soit la sylviculture, le risque existera toujours face à des événements aussi exceptionnels que la tempête de décembre 1999. Le modèle obtenu reste à affiner.

II. Débat

* Quelle est l'influence du passé sylvicole lointain de la parcelle (conversion, mitraille…) ? (*P. Arnould*)

Ces éléments n'ont pas été pris en compte dans l'étude.

* Le facteur d'élancement est un outil à manipuler avec précaution, tout d'abord parce qu'il a été conçu pour des peuplements résineux jeunes, mais aussi parce que même dans ces conditions, l'effet s'estompe au-delà d'un certain seuil de hauteur dominante. (*Y. Bastien*)

* En termes de sylviculture, il faut réfléchir sérieusement aux conséquences d'une sylviculture dynamique (comment avoir un gros diamètre avec une petite hauteur?). En dessous d'un certain capital sur pied, il y a perte de production, accompagnée d'une baisse de la hauteur dominante. On doit se poser la question de savoir dans quelle mesure cette baisse de production est acceptable pour limiter le risque de chablis. (*Y. Bastien*).

* Une autre question liée aux conséquences d'une sylviculture plus dynamique est celle de la durabilité. En effet, les peuplements plus jeunes à l'exploitation sont également plus riches en éléments nutritifs ; on exporte donc plus d'éléments nutritifs. Quid dans ce cas de la gestion durable ? (*C. Nys*)

* La taille du houppier est certainement un facteur explicatif important, mais la structure de ce houppier entre également en jeu. Par ailleurs, les aspects liés à la résistance mécanique des bois sont également à intégrer (voir à ce sujet *le poster de P. Ancelin*). *(T. Fourcaud).*

* Il faudrait également, pour compléter ce type d'étude, que l'on soit plus avancé sur les questions liées à la qualité finale du bois pour le hêtre. Il existe des modèles pour le chêne qui donnent, par type de sylviculture, la qualité du bois et les exportations minérales. (*G. Nepveu*)

Mémoires de tempête : Décembre 1999, année zéro? L'exception française ? Médias et tempêtes.

Paul Arnould
École Normale Supérieure Lettres et Sciences Humaines

I. Exposé

→ *Présentation PowerPoint*

Cet exposé a pour but de mettre en lumière les questions sociales liées au traitement de la tempête, ainsi que l'approche sciences sociales de cet événement.

Les tempêtes de décembre 1999, limitées dans le temps mais concernant une grande surface, présentent une situation de crise intéressante à étudier. L'intérêt des situations de crise est en effet de révéler les modifications de géographie des représentations et des valeurs.

La matière de la réflexion est fournie au départ par l'intervention de journalistes télé au colloque de Fontainebleau et par la revue de presse réalisée par des élèves de l'ENGREF Nancy.

On peut, concernant cette dernière, souligner le manque de rigueur des initiatives des "techniciens" dans le domaine des sciences sociales, alors qu'il existe aussi une méthodologie. La revue de presse lancée par les élèves n'avait pas d'objectifs précis au départ, sinon de rassembler l'information. Après coup, il est ressorti trois grandes étapes dans le traitement de la tempête par les journaux choisis : (1) la constatation des dégâts, avec tout le catastrophisme que cela suppose, (2) la recherche de responsables pour ces dégâts (la gestion de l'ONF est montrée du doigt par beaucoup) et enfin (3) un questionnement sur l'avenir et la reconstruction des forêts.

Les journalistes télé ont souligné que, dans les rédactions, la forêt est un souci vraiment mineur, il n'y a pas de journaliste spécialisé sur le sujet (mis à part exceptionnellement un économiste qui s'intéresse à l'économie forestière). Par ailleurs, lorsqu'on parle d'un sujet, l'essentiel ce n'est pas l'aspect rationnel, chiffré, c'est l'aspect émotionnel. Pour le traitement de la tempête, cela se traduit par la recherche de "sujets de reportage" ayant un rapport très fort à la forêt.

Il faut également un avis tranché et tout de suite, d'où la diffusion de résultats non validés très vite après l'événement (cf. l'exemple de l'équipe de Francis Colin).

Du point de vue des contacts, les contacts à l'ONF ont été pris au niveau national (à la DG) et au niveau local (techniciens), tous les échelons intermédiaires ont été court-circuités, d'où une relative cacophonie des messages. Un plan de communication bien établi à l'avance aurait permis de limiter cet effet.

Concernant les chiffres qui sont cités à l'appui des interventions ou des articles, il faut souligner que les unités sont complètement aléatoires, ce qui brouille encore le message en direction du public.

Le discours utilisé n'est pas neutre : on note une surabondance du vocabulaire médical ou encore du vocabulaire guerrier : ce sont des métaphores utiles mais très orientées. Parallèlement, une partie du vocabulaire scientifique passe dans le vocabulaire courant : depuis la tempête tout le monde (ou presque) sait ce qu'est un chablis.

Les perspectives historiques qui sont données sont elles aussi très orientées : les données sur les tempêtes passées ne sont pas toujours comparables. De même l'élargissement géographique qui est fait se limite à l'Europe, on ne cherche pas en direction du milieu tropical ou en ailleurs en milieu tempéré.

Pour finir, la comparaison du traitement de la tempête dans Le Monde et Le Parisien met en avant une survalorisation de l'Île-de-France, sans justification au regard des surfaces touchées, ainsi que des espaces verts. Ces deux aspects sont plus marqués dans Le Parisien.

Évaluation des dégâts de tempête par télédétection satellitale : aspects méthodologiques et opérationnels.

Nicolas Stach
IFN

→ *Présentation PowerPoint*

Immédiatement après la tempête, une première tentative d'évaluation par télédétection (SPOT) avait été faite et s'était soldée par un échec. L'évaluation avait alors été faite par photo-interprétation par l'IFN. Il s'agit ici de tester à nouveau une évaluation par télédétection satellitale.

1°) Objectifs de l'étude

L'étude présentée ici est la première phase d'un projet ayant pour objectifs généraux :

- la réalisation d'une étude méthodologique sur la faisabilité d'une cartographie des dégâts à l'aide d'images satellitaires (optique et radar) ;

- la validation de ces méthodes dans des conditions de milieu variées (représentatives de la variété de la forêt française) ;

- -l'évaluation du caractère opérationnel des méthodes testées pour une mise en œuvre dans l'urgence.

Il s'agit dans cette première phase de mettre au point des méthodes et de les tester et de les valider sur un premier jeu de sites d'étude. La phase suivante permettra de tester les méthodes dans des conditions plus variées et d'analyser en détail les aspects opérationnels.

2°) Les sites d'étude et le matériel de base

Trois zones d'étude, regroupant chacune plusieurs sites, ont été retenues (en Normandie, dans le Bassin Parisien et dans le Centre Ouest). Ces zones recouvrent des situations forestières variées dans des régions de plaine et de colline : futaie résineuse, futaie feuillue, futaie mixte, mélanges futaie feuillue/taillis, futaie résineuse/taillis.

3°) Méthodologie

Pour arriver à une carte des dégâts par classe, plusieurs étapes de traitement de l'image sont nécessaires, à partie d'un jeu d'images avant/après : (1) détection du changement pixel à pixel, (2) segmentation de l'image, (3) intégration cartographique et (4) classification des dégâts à l'échelle de la parcelle.

Ces étapes aboutissent à une carte des dégâts qu'il faut ensuite valider, ce qui a été fait sur environ 7% des surfaces étudiées. La référence pour cette validation est la carte IFN réalisée par photo-interprétation.

Le croisement des deux cartes sous SIG permet de détecter les différences, qui sont ensuite réinterprétées sur ortophoto. Ces différences sont alors classées selon la typologie

suivante : (i) omission, commission, confusion, (ii) erreurs dues à la classification par pixel, à la segmentation ou au modèle et (iii) les fausses erreurs : subjectivité, généralisation, erreurs dues à la photo-interprétation.

4°) Résultats et perspectives

Les résultats obtenus sont différents selon les images utilisées :

- mauvais avec le radar et les images d'hiver de SPOT,

- bon avec SPOT pour les images d'été,

- médiocre avec Landsat (résultats d'autant plus mauvais que le milieu est complexe et hétérogène).

Ces résultats impliquent que pour l'instant il est impossible de réaliser une cartographie d'urgence en hiver.

Cette étude doit à présent être étendue à des conditions de relief plus marquées.

Cartographie automatique des stations forestières vosgiennes.

Christian Piedallu
ENGREF

→ *Présentation PowerPoint*

1°) Présentation du projet

Après la tempête, on se trouve face à des surfaces à reboiser, avec des choix à faire en matière d'essences de reboisement. Ceci suppose une bonne connaissance du milieu et donc des stations forestières. Or dans la zone étudiées, le massif des Vosges, les différents catalogues présents ne couvrent pas de la même façon tout le territoire, sont basés sur des types de station différents et ne sont pas complétés par une cartographie des stations.

L'objectif du projet était de cartographier de façon automatique les stations sur l'ensemble du massif vosgien, à grande échelle, de façon homogène.

2°) Méthodologie

Elle est basée sur trois grandes directions :

- à partir des six études sur les stations forestières recensées sur le massif, on identifie les facteurs clé pour la détermination des stations ;

- une AFC sur les données issues des relevés effectués pour ces études permet de faire ressortir deux axes de détermination des stations ;

- l'utilisation des données spatialisée, qu'elles soient disponibles sous forme numérique, à numériser ou à calculer.

Ces trois étapes aboutissent à une modélisation puis à une spatialisation qui permettront la cartographie des stations.

3°) Les types de stations précédemment identifiés sur le massif

193 types de stations différents ont été identifiés à partir des catalogues existants puis regroupés en 71 groupes. Les trois facteurs écologiques principaux utilisés pour la détermination de ces stations ont été : (i) le niveau trophique, (ii) l'étage bioclimatique et (iii) le bilan hydrique.

Une base de données issues des relevés utilisés pour les catalogues existants a été créée (avec spatialisation). L'AFC réalisée sur ces données fait ressortir deux axes d'organisation des relevés :

- l'axe 1 représente le niveau trophique,

- l'axe 2 l'étage bioclimatique.

4°) Les données numériques spatialisées

Certaines étaient déjà disponibles (températures mensuelles, précipitations, modèle numérique de terrain…), à partir desquelles on a pu calculer des indices spatialisés (topographiques, climatiques). D'autres données ont dû être numérisées, en particulier les données géologiques (à partir des 26 cartes géologiques couvrant la zone et de l'harmonisation de ces cartes).

5°) Modélisation et cartographie

Les données acquises ont permis la modélisation du niveau trophique (découpage en 6 classes), du bioclimat (découpage en 5 classes) et des réserves en eau (4 classes).

Le croisement de ces trois modèles aboutit à 120 types théoriques de stations. En réalité, des regroupements sont possibles, et tous les croisements ne sont possibles. Une simplification de ces types permet d'obtenir au final 60 types de stations, que l'on peut cartographier.

6°) Conclusions et perspectives

Cette étude nécessiterait un complément pour les stations marginales. Elle reste également à valider sur le terrain.

Les difficultés qui peuvent être rencontrées lors de cette validation se rattacheront à la précision des délimitations, au lissage des conditions locales, à la difficulté d'évaluer le niveau trophique. En revanche, la cartographie permet de connaître l'importance spatiale des stations, une meilleure connaissance du bioclimat, la sortie de cartes à différentes échelles.

Un lien serait à développer avec les potentialités forestières.

Colonisation de terrains forestiers affectés par la tempête.

Christian Gauberville
IDF

I. Exposé

→ *Présentation PowerPoint*

1°) Les bases du projet

Au lendemain des tempêtes de décembre 1999, l'ensemble des organismes forestiers s'est mobilisé pour trouver des solutions aux problèmes posés par les tempêtes. La reconstitution des terrains affectés par une tempête est une des questions qui se posent, et cette étude a pour objet de connaître mieux les mécanismes de colonisation spontanée de ces terrains et de voir dans quelle mesure il est possible de tirer parti de ce type de peuplement en termes sylvicoles.

2°) Méthodologie

Le travail est basé sur l'étude de parcelles touchées par une tempête et non replantées, 51 placettes en Bretagne (tempête datant de 1987) et 36 en Auvergne (tempête datant de 1982). Les placettes ont été étudiées par la méthode des bandes-transect (4m de large sur la longueur la plus grande possible en fonction de la forme des trouées). Les variables relevées concernaient les aspects pédologiques, floristiques, dendrométriques ainsi que la caractérisation des facteurs limitants (végétation gênante, bois non débardés, présence ou non de semanciers, gibier). Il a été dans la plupart des cas difficile d'avoir une image de l'état initial.

3°) Résultats (Auvergne)

Dans la très grande majorité des cas (au moins 80 % ces surfaces étudiées) on observe une recolonisation effective des trouées. Les tiges les plus hautes appartiennent à des essences pionnières mais des tiges d'avenir sont présentes dans les strates inférieures. Parmi les tiges présentes, 19% l'étaient avant la tempête (pré-existants) et 90% de ces tiges sont des sapins. Les peuplements actuellement en place sont mélangés et latéralement hétérogènes.

La colonisation spontanée se fait donc rapidement et il semble qu'un diagnostic précoce (5 à 7 ans après la tempête) soit indispensable pour décider des modalités de l'accompagnement sylvicole permettant de tirer parti de ces peuplements naturels.

Il est très difficile de dégager des facteurs explicatifs de la recolonisation (pas de connaissance de l'état initial). Il semble cependant que plus les semanciers sont loin des trouées, plus la parcelle a tendance à se reboiser avec des essences pionnières. Par ailleurs la répartition des essences participant à la cicatrisation des trouées est commandée par l'environnement (altitude, semanciers), la station, la présence d'ornières, les grands herbivores…

4°) Perspectives

Les parcelles étudiées n'ont fait l'objet d'aucune intervention depuis les tempêtes, mais on peut dégager quelques règles d'accompagnement des peuplements mis en place :

- laisser tous les arbres en place (ils sont semanciers et assurent une ambiance forestière),

- faire attention aux conditions de débardage (globalement favorable, mais pouvant entraîner un tassement des sols et la création d'ornières),

- intervenir entre 5 et 10 pour sélectionner les meilleures tiges (accompagnement) et mettre en place un cloisonnement.

Par ailleurs, il serait utile d'avoir un dispositif d'observation des premières étapes de la dynamique et de connaître l'état des parcelles avant la tempête. Cet observatoire est en cours de mise en place avec l'appui du MAAPAR et du MEDD ; l'ONF, l'IDF et l'ENGREF (coordinateur scientifique) y participent.

II. Débat

* Après le premier choc de la tempête, il a été souligné assez rapidement que celle-ci était plutôt une chance pour la biodiversité. Le projet donne des éléments en ce sens. L'éventail de choix de gestion pour le propriétaire est large. L'option "gérer les accrus naturels", assez tentante, manquait de référence ; on trouve ici des éléments de réflexion pour l'alimenter. (*Y. Lesgourgues*)

* Quelle est la part des préexistants de sapin dans les arbres >6m ? Ceux-ci sont-ils d'avenir ? (*Y. Bastien*)

Il s'agit essentiellement de préexistants. Étant isolés, ils souffrent d'un défaut d'élagage. Leur intérêt est donc principalement écologique car ils fournissent une ambiance favorable à l'installation de nouveaux semis et un potentiel de semence pour l'installation d'un nouveau peuplement.

Évaluation de l'impact de la tempête des 26 et 27 décembre 1999 sur la biodiversité forestière.

Jean-Marc Brézard et Arnault Lalanne
ONF, MNHN

I. Exposés

→ *Présentation PowerPoint*

1°) Bases de l'étude

À la suite des tempêtes de décembre 1999, les initiatives locales ont été nombreuses pour suivre l'évolution de la biodiversité. Les données recueillies ont été nombreuses, mais n'étaient pas toujours assorties des références nécessaires pour les exploiter.

L'ONF a mis en place un réseau de sites dans cet objectif ; ce programme pluridisciplinaire est financé par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable sur 4 régions (Alsace, Ile-de-France, Lorraine et Picardie) et 6 massifs forestiers principaux.

Trois axes principaux d'analyses, correspondant à trois grands types de questions que se posent les gestionnaires, ont été retenus :

(1) le suivi de la mise en place de la régénération naturelle et de la dynamique des peuplements ;

(2) l'impact de l'exploitation et de son intensité en termes de conservation de la biodiversité et de fonctionnement de l'écosystème (notamment pour les sols) ;

(3) l'évaluation de l'impact sur la biodiversité.

Ce sont les deux derniers axes qui seront explorés ici.

2°) Impact de l'exploitation

Concernant l'axe 2, les données proviennent des sites de Picardie et d'Alsace, en hêtraie mélangée, avec trois modalités : pas d'exploitation, exploitation des grumes uniquement, exploitation totale. Les indicateurs de biodiversité utilisés sont différents dans les deux régions.

Le principal résultat est que les semis de moins d'un an sont pratiquement absents des trouées où l'exploitation a été totale. Les autres résultats sont beaucoup moins clairs. On note cependant les tendances suivantes :

- dans les zones exploitées, l'entomofaune des milieux ouverts est plus présente qu'ailleurs ;

- pour l'avifaune, l'exploitation est très négative (dérangement) ;

- au niveau du sol, un tassement se fait sentir partout, même dans les zones non exploitées (effet des grumes qui tombent ?), avec des répercussions sur la flore présente dans les trouées.

3°) Évaluation de l'impact de la tempête sur la biodiversité

Le travail réalisé prend en compte plusieurs échelles : microhabitat, espèce, groupe d'espèces, paysage.

L'exemple présenté ici est celui de l'étude menée en forêt domaniale de Rambouillet, en chênaie.

Plusieurs groupes ont été suivis :

- les bryophytes, avec des relevés à plusieurs hauteurs sur les troncs ;

- l'engoulevent (espèce patrimoniale) : l'effet de la tempête n'a pas été immédiat, mais il semble positif. Le décalage peut être dû à la période d'exploitation des bois (dérangement). Le fait que les populations d'engoulevent soient plus importantes après la tempête pose des questions en termes d'orientation de gestion (faut-il aller vers des milieux plus ouverts ?) ;

- et les chauves-souris : on n'observe pas de différences sur la répartition générale, cependant l'une des espèces de grandes chauve-souris avait complètement disparu la première année, avant de revenir la deuxième.

Ces études sont évidemment à poursuivre à plus long terme, les données seront plus intéressantes sur le long terme. Dans le même esprit, il serait bon de développer des partenariats pour leur poursuite.Ce type d'études est très utile pour la réalisation du bilan patrimonial écologique.

II. Débat

* Dans l'étude sur l'avifaune, l'utilisation de l'indice de Shannon permettrait sans doute d'approfondir le traitement des données (prise en compte de l'abondance et pas seulement présence/absence). (*C. Gauberville*)

L'indice utilisé ici est la densité de couple aux 10 hectares. Le traitement des données est bien entendu à poursuivre.

* Il faut faire attention à ne pas être trop rapide dans le passage d'une observation ponctuelle, comme celle sur les populations d'engoulevent, à une décision de gestion qui engage le long terme, par exemple l'ouverture des peuplements. Il faut également tenir compte des autres composantes de la biodiversité. (*J.L. Peyron*)

On s'appuie ici sur le fait que la lande est considérée par les spécialistes de la région comme un milieu intéressant. On peut donc tenter de conserver les milieux ouverts qui ont été créés par la tempête.

Conclusions

Yves Birot

Président du Comité de Pilotage du Programme Forêt, Vent et Risques

Tirer à chaud les conclusions d'un colloque aussi riche et dense est un exercice difficile qu'il convient d'aborder avec quelque humilité. Je voudrais cependant partager avec vous quelques réflexions engendrées par la quantité d'informations de qualité qui nous a été communiquée à travers des exposés nombreux et diversifiés.

Le séminaire que nous venons de vivre s'inscrit en conclusion d'un programme de recherche monté dans l'urgence pendant l'année 2000 à la suite des tempêtes de la fin de 1999, sur des financements du Ministère de l'Agriculture (DERF). Il s'agissait essentiellement d'essayer de tirer parti de l'observation in situ des forêts tombées à terre avant l'exploitation des arbres afin d'identifier les facteurs impliqués dans leur manque de stabilité. Il s'agissait également de mesurer à chaud les impacts sociaux et sociétaux d'un événement catastrophique. La conception du programme de recherche s'est appuyée sur le groupe d'expertise collective scientifique et technique, monté à l'initiative de l'INRA et du Cemagref en lien avec la DERF et coordonné par ECOFOR. L'élaboration du programme a également bénéficié de l'apport du Conseil Scientifique d'ECOFOR.

Le premier constat que je souhaite exprimer est que les objectifs de ce programme d'urgence ont été en grande partie atteints, comme en attestent les exposés présentés au cours de ces deux jours. Inévitablement, les résultats présentés reflètent la nature des données utilisées et donc les biais (notamment dans l'échantillonnage) ; le vent n'a pas soufflé de manière identique sur tous les types de forêts (station, sylviculture, espèce, etc.) ! L'interprétation de ces données est également rendue parfois difficile par le fait que les caractéristiques de l'aléa (vitesse réelle du vent sur le terrain) n'étaient pas connues. Il me semble cependant que les responsables de projets ont tiré un parti maximum des données dont ils pouvaient disposer.

J'esquisserai une synthèse des résultats présentés en les situant dans un schéma conceptuel classique en matière de risque, qui s'intéresse d'abord à l'analyse et l'évaluation du risque, pour mieux ensuite le gérer par des stratégies appropriées (réduction, évitement, intégration, partage), avant de considérer les éléments relevant de la gestion de la crise, une fois que les dommages et les pertes sont intervenus.

I. Analyse du risque

1°) Connaissance de l'aléa

Peu de choses ont été abordées dans le cadre du programme. La seule tentative de modélisation de la vitesse du vent à un niveau infra-régional en Lorraine par Météo France a échoué : cf. l'étude sur les hêtraies lorraines présentée par Isabelle Vinkler.

2°) Exposition des arbres et forêts à l'aléa

Le programme a été très riche d'enseignements sur ce point. Les exposés de Francis Colin, François Lebourgeois, Yves Lefèvre et Isabelle Vinkler ont montré 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. Il me semble qu'il y a là matière à dégager de nombreux éléments opérationnels 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.

3°) Sensibilité des arbres et forêts à l'aléa

Dans ce domaine aussi, les enseignements sont très nombreux à l'échelle de l'arbre et du peuplement, et illustrent la nécessité d'approcher cette question à partir du triplet : essence, station, sylviculture, ils concernent :

- les différences de comportement entre espèces (chêne, hêtre) en relation avec le système racinaire et les caractéristiques physiques et chimiques du sol (Yves Lefèvre, Francis Colin, François Lebourgeois, Christophe Drenou)

- le pin maritime révèle une forte anisotropie de l'ancrage liée au développement asymétrique des racines (Frédéric Danjon, Thierry Fourcaud)

- les caractéristiques dendrométriques (hauteur, longueur relative du houppier, H/D) avec des comportements différents selon résineux et feuillus.

- la sylviculture : effet fragilisant dans la période suivant l'éclaircie (et effet faiblement négatif de la fertilisation pour le pin maritime (Mohamed Najar, Pierre Trichet) ; pas d'effet négatif des éclaircies pour le hêtre (Isabelle Vinkler)

- la structure des peuplements : l'étude rigoureuse de Frédéric Gosselin montre que dans les peuplements étudiés elle influe peu ; ce sont surtout les caractéristiques spatiales et individuelles des arbres qui sont en jeu. Pour la hêtraie lorraine, Isabelle Vinkler montre un niveau de dégâts à peu près identique dans les futaies régulières et taillis-sous-futaie.

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.

4°) Autres éléments liés aux dommages forestiers

La biomasse considérable (aérienne et souterraine) qui ne sera pas extraite des parcelles sera, avec le temps, minéralisée et contribuera à une émission nette de carbone. Claude Nys a présenté des résultats sur la biomasse racinaire permettant d'approcher pour le hêtre une estimation de cette contribution.

La dynamique post-tempête des populations de chevreuils a été étudiée par Patrick Duncan. Il a 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.

II. Gestion du risque

Les projets menés dans le cadre du premier programme 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, les projets à caractère socio-économique conduits sous l'égide du GIS Economie Forestière se situent bien dans cette thématique de gestion du risque : le partage du risque est abordé dans un projet sur l'assurance, tandis que l'intégration du risque est prise en compte d'évaluation économique de scénarios sylvicoles en relation avec l'aléa vent.

III. Gestion de la crise

L'évaluation des dommages post-tempêtes, au début de l'année 2000 avait rencontré des difficultés méthodologiques réelles liées à : (i) la lenteur de l'approche classique par photo aérienne et de son interprétation, et (ii) l'utilisation des outils satellitaires (images optiques et radar), en particulier en zone de relief, en conditions hivernales (neige, défeuillaison) et dans le cas de peuplements complexes. Les résultats présentés par Nicolas Stach montrent des progrès réels avec la télédétection (images SPOT) en été seulement, ouvrant sur des applications opérationnelles.

Christian Piedallu a exposé les résultats d'un remarquable travail sur la cartographie automatique des stations forestières du massif vosgien dont les perspectives d'utilisation sont beaucoup plus larges que la seule reconstitution des forêts.

La cicatrisation par les processus naturels des forêts endommagées (successions) a été abordée de deux manières. Christian Gauberville a illustré à partir des événements passés (Auvergne et Bretagne) que la "reconquête" par les essences forestières pionnières ou non intervient presque toujours facilement ; il a insisté avec raison sur la nécessité de l'"accompagnement sylvicole" intensif de ces successions végétales pour parvenir à un peuplement forestier de qualité. Jean-Marc Brézard et Arnault Lalanne ont présenté des résultats de suivi de communautés floristiques et animales dans quatre régions françaises et 6 massifs forestiers, en relation avec le niveau d'intervention humaine sur les parcelles sinistrées.

Enfin, Paul Arnould a rapporté le projet ciblé sur des aspects sociétaux liés à la communication en tant de crise à travers une analyse comparative de la couverture par les médias du phénomène tempête, soulevant ainsi nombre de questions intéressantes.

Sans que cela ait été l'objet du programme de recherche, il s'est confirmé à l'occasion du séminaire de restitution qu'il convient de se préparer à la prochaine tempête. L'importance de pouvoir disposer de systèmes d'informations et de réseaux d'observation et de suivi de nature variée est soulignée à nouveau.

□□□

Je souhaiterais pour terminer présenter quelques idées en forme de **recommandations** autour de trois points :

a) bien que le programme soit désormais achevé, il semblerait intéressant de reprendre l'analyse en rapprochant quelques projets les uns des autres :

+ une interprétation par Christophe Drenou des résultats portant sur le hêtre en Lorraine (Isabelle Vinkler) devrait être tentée à partir des résultats sur la cartographie automatique des stations (Christian Piedallu) du massif vosgien.

+ des synthèses chêne et hêtre pourraient probablement être tentées à partir des projets rapportés par Francis Colin, Yves Lefèvre, Frédéric Gosselin, Isabelle Vinkler, Claude Nys.

+ pour le pin maritime, une intégration des résultats de Mohamed Najar avec ceux de Pierre Trichet, Didier Bert et Véronique Cucchi est à opérer, et peut-être à relier aux études d'architecture et de biomécanique (Thierry Fourcaud)

La reprise de l'analyse et de l'interprétation des résultats devraient s'efforcer de mettre en lumière les mécanismes responsables des phénomènes observés. Par exemple si la fertilisation du pin maritime contribue à une sensibilité au vent : est-ce parce qu'elle conduit à un accroissement inégal en proportion de la biomasse aérienne et racinaire ?

b) tout programme de recherche génère une fois à son terme de nouvelles questions de recherche. Dans le cas particulier, le nouveau programme triennal coordonné par ECOFOR et lancé en 2001 avec des financements importants va permettre de répondre à un certain nombre de questions de fond. Les posters relevant des projets de ce programme triennal ont été présentés dans le cadre de ce séminaire : ils laissent entrevoir des perspectives très intéressantes dans le développement des connaissances et de leurs applications.

c) en termes de valorisation, il conviendrait d'exploiter les riches enseignements du premier programme dit d'urgence. Je suggère, après avoir tenu compte des améliorations mentionnées plus haut, de rassembler tous les résultats dans un numéro spécial d'un journal d'accès facile pour les gestionnaires (type RFF ou Forêt-Entreprise). Les auteurs des articles pourraient proposer des recommandations de mesures directement applicables, sachant qu'il appartient aux gestionnaires pour une large part de juger de la qualité des résultats pour pouvoir les traduire en termes véritablement opérationnels. Je suggère également qu'à l'issue du programme triennal, une vaste synthèse des deux programmes tempêtes soit réalisée sous la responsabilité d'ECOFOR sous la forme d'une publication dans la série "Ecosystèmes Forestiers. Cette publication permettrait de revisiter les résultats du premier programme à la lumière de ceux du programme triennal, qui par nature, est davantage axé sur les mécanismes. Elle intégrerait également tout le volet socio-économique principalement coordonné par le GIS Economie Forestière.

À travers les résultats présentés, le premier programme de recherche tempêtes -dit d'urgence- apparaît extrêmement fructueux. Il convient d'en remercier les acteurs et le coordonnateur ECOFOR. Je souhaite associer à ces remerciements tous ceux qui ont oeuvré pour la réussite de ce séminaire de restitution, organisateurs, présentateurs et animateurs des session

Régis ALLAIN Cemagref Domaine des Barres 45290 NOGENT SUR VERNISSON Tél. : 02 38 95 03 54 / Fax : 02 38 95 03 46 regis.allain@cemagref.fr	Charles ALLEGRINI CRPF de Franche-Comté Maison de la Forêt et du Bois 20 rue François Villon 25041 BESANCON CEDEX Tél. : 03 81 51 98 05 / Fax : 03 81 51 98 10
Philippe ANCELIN CIRAD, LRBB 69 route d'Arcachon Domaine de l'Hermitage 33612 CESTAS CEDEX Tél. : 05 57 12 28 33 / Fax : 05 56 68 07 13 ancelin@lrbb.u-bordeaux.fr	Ariane ANGELIER ONF, Dpt Recherche et Progrès Technique Direction Territoriale Auvergne-Limousin Site de Marmilhat, BP 106 63370 LEMPDES Tél. : 04 73 42 01 20 / Fax : 04 73 42 01 26 ariane.angelier@onf.fr
Paul ARNOULD ENS LSH LYON 15 parvis René Descartes 69366 LYON CEDEX 07 Tél. : 06 60 14 60 75 / Fax : pa.arnould@wanadoo.fr	Jacques BARDAT MNHN Institut d'Ecologie et de Gestion de la Biodiversité 36 rue Geoffroy Saint-Hilaire 75231 PARIS CEDEX 05 bardat@mnhn.fr
Véronique BARRE Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable DEEEE SRP 20 avenue de Ségur 75302 PARIS 07 SP Tél. : 01 42 19 17 09 / Fax : 01 42 19 17 71 veronique.barre@environnement.gouv.fr	Yves BASTIEN ENGREF 14 rue Girardet 54042 NANCY CEDEX 16 Tél. : 03 83 39 68 72 / Fax : bastienyves@engref.fr
Jean-Claude BERGONZINI ECOFOR 19 avenue du Maine 75 732 Paris Cedex 15 Tél. : 01 45 49 88 38 / Fax : 01 45 49 88 39 bergonzini@engref.f	Didier BERT INRA Recherche Forestières Pierroton 69 route d'Arcachon 33612 CESTAS CEDEX Tél. : 05 57 12 28 44 / Fax : 05 56 68 02 23 bert@pierroton.inra.fr
Yves BIROT Prsdt du Comité de Pilotage Forêt, Vent et Risques 5 allée Canto Cigalo 34400 VILLENEUVE LES AVIGNON Tél. : 04 90 25 69 90 / Fax : yves.birot@wanadoo.fr	Germain BLONDEL Lycée Forestier Château de Mesnières 76270 MESNIERES EN BRAY Tél. : / Fax :
Marc BONNET-MASIMBERT INRA Département Forêts et Milieux Naturels Ardon BP 20619 45166 OLIVET CEDEX Tél. : 02 38 41 78 13 / Fax : 02 38 41 78 59 masimbert@orleans.inra.fr	Alain BRETHES ONF Service Technique et Recherche Centre-Ouest 100 Boulevard de la Salle BP 18 45760 BOIGNY SUR BIONNE Tél. : 02 38 65 47 00 / Fax : 02 38 65 02 99 alain.brethes@onf.fr

Jean-Marc BREZARD ONF Direction Technique 2 avenue de St Mandé 75570 PARIS CEDEX 12 Tél. : 01 40 19 59 77 / Fax : 01 40 19 59 42 jean-marc.brezard@onf.fr	Yves BRUNET INRA Bioclimatologie BP 81 33883 VILLENAVE D'ORNON Tél. : 05 57 12 24 11 / Fax : 05 57 12 24 20 brunet@bordeaux.inra.fr
Michel BUFFET ENGREF 14 rue Girardet CS 4216 54042 NANCY CEDEX Tél. : 03 83 39 68 43 / Fax : 03 83 30 22 54 buffet@engref.fr	Luc CHRETIEN DDAF Moselle 1 rue du Chanoine Collin Cité Administrative 57036 METZ Tél. : 03 87 34 78 58 / Fax : 03 87 37 04 00 luc.chretien@agriculture.gouv.fr
Francis COLIN INRA NANCY 54280 CHAMPENOUX Tél. : 03 83 39 40 41/ Fax : 03 83 39 40 34 colin@nancy.inra.fr	Thomas CORDONNIER ENGREF et Université Paris-Sud Tél. : 01 69 15 56 88 / Fax : thomas.cordonnier@ese.u-psud.fr
Véronique CUCCHI INRA Recherche Forestières Pierroton 69 route d'Arcachon 33612 CESTAS CEDEX Tél. : 05 57 12 28 08 / Fax : 05 56 68 02 23 cucchi@pierroton.inra.fr	Etienne DANCHIN Université Pierre et Marie Curie Laboratoire "Fonctionnement et Evolution des Systèmes écologiques" 7 quai Saint-Bernard, Bat A Case 237 75 252 Paris Cedex 05 Tél. : 01 44 27 34 20 edanchin@snv.fr
Frédéric DANJON INRA Recherche Forestières 69 route d'Arcachon 33610 GAZINET Tél. : 05 57 12 28 45 / Fax : fred@pierroton.inra.fr	Michel de GALBERT CRPF Rhône-Alpes 18 avenue du Générale de Gaulle Parc de Crécy 69 771 ST DIDIER AU MONT D'OR CEDEX Tél. : 04 7 53 60 90 / Fax : 04 78 83 96 93 mdegalbert-crpfra@free.fr
Dominique de VILLEBONNE ONF Dpt Recherche et Développement 100 Boulevard de la Salle 45760 BOIGNY SUR BIONNE Tél. : 02 38 65 02 86 / Fax : 02 38 65 28 28 dominique.de-villebonne@onf.fr	Henri DECAMPS Président GIP ECOFOR 19 avenue du Maine 75732 PARIS CEDEX 15 Tél. : 01 45 49 88 37 (sec.) / Fax : 01 45 49 88 39
David DELPLACE Université Libre de Bruxelles Laboratoire de biologie animale et cellulaire CP/160/12 Avenue F.D. Roosevelt 50 1050 Bruxelles Belgique	Michel DENIS Cemagref Unité Recherche Ecosystèmes Forestiers Domaine des Barres 45290 NOGENT SUR VERNISSON Tél. : 02 38 95 03 35 / Fax : 02 38 95 03 44 michel.denis@cemagref.fr

Christophe DRENOU IDF Maison de la Forêt 7 chemin de la Lacade 31320 AUZEVILLE TOLOSANE Tél. : 05 61 75 45 00 / Fax : 05 61 75 45 09 cdrenou@association-idf.com	Patrick DUNCAN CNRS Centre d'Etudes Biologiques de Chizé 79360 BEAUVOIR SUR NIORT Tél. : 05 49 09 73 61 / Fax : 05 49 09 65 26 duncan@cebc.cnrs.fr
Pierre DUPLAT ONF Dpt Recherche et Développement Boulevard de Constance 77300 FONTAINEBLEAU Tél. : 01 60 74 92 27 / Fax : 01 64 22 49 73 dtrd@onf.fr	Lionel DUPUY LRBB 69 route d'Arcachon Domaine de l'Hermitage 33610 CESTAS CEDEX Tél. : 05 57 12 28 36 / Fax : 05 56 68 07 13 dupuy@lrbb3.pierroton.inra.fr
Thomas FORMERY IDF 23 Avenue Bosquet 75007 PARIS Tél. : 01 40 62 20 80 / Fax : 01 45 55 98 54 paris@association-idf.com	Thierry FOURCAUD INRA LRBB Domaine de l'Hermitage 69 route d'Arcachon 33612 CESTAS CEDEX Tél. : 05 57 12 28 20 / Fax : 05 56 68 07 13 fourcaud@lrbb3.pierroton.inra.fr
Antoine GAMA Cemagref Unité Ecosystèmes Forestiers Domaine des Barres 45290 NOGENT SUR VERNISSON Tél. : 02 38 95 03 43 / Fax : 02 38 95 03 44 antoine.gama@cemagref.fr	Christian GAUBERVILLE IDF 13 rue des droits de l'homme BP 9013 45921 ORLEANS CEDEX 9 Tél. : 02 38 71 90 62 / Fax : cgauberville@association-idf.fr
Frédéric GOSSELIN Cemagref Domaine des Barres 45290 NOGENT SUR VERNISSON Tél. : / Fax : frederic.gosselin@cemagref.fr	Emmanuel HERBAIN Mairie de Paris Direction des Parcs-Jardins Espaces Verts Circonscription des Etudes Végétales 1 avenue Gordon Bennett 75016 PARIS Tél. : 01 40 71 75 58 / Fax : 01 40 71 74 07 emmanuel.herbain@mairie-paris.fr
Micheline HOTYAT Université Paris IV Institut de Géographie 191 rue St Jacques 75005 PARIS Tél. : 01 44 32 14 06 / Fax : Geo@paris4.sorbonne.fr	Eric HULOT DDAF Cité Administrative 16022 ANGOULEME CEDEX Tél. : 05 45 20 53 60 / Fax : 05 45 20 53 77 eric.hulot@agriculture.gouv.fr
Bernard JABIOL ENGREF 14 rue Girardet 54042 NANCY Tél. : 03 83 39 68 82 / Fax : jabiol@engref.fr	Arnault LALANNE ONF/MNHN Résidence Deyfus, Bât. B63 rue F. Dreyfus 78120 RAMBOUILLET Lalane@cimrs.mnhn.fr

Sandrine LANDEAU GIP ECOFOR 19 avenue du Maine 75732 PARIS CEDEX 15 Tél. : 01 45 49 88 38/ Fax : 01 45 49 88 39 landeau@engref.fr	Guy LANDMANN ECOFOR 19 avenue du Maine 75732 PARIS CEDEX 15 Tél. : 01 45 49 88 37 / Fax : 01 45 49 88 39 landmann@engref.fr
Olivier LAROUSSINIE GIP ECOFOR 19 avenue du Maine 75732 PARIS CEDEX 15 Tél. : 01 45 49 88 36/ Fax : 01 45 49 88 39 laroussinie@engref.fr	Yves LAVARELO SERFOB, DRAF 2 rue St Sever 76032 ROUEN CEDEX Tél. : 02 35 58 56 71 / Fax : 02 35 58 57 67 yves.lavarelo@agriculture.gouv.fr
François LEBOURGEOIS ENGREF UMR LERFOB Ecosystèmes Forestiers Dynamique du Paysage 14 rue Girardet 54042 NANCY Tél. : 03 83 39 68 74 / Fax : 03 83 39 68 78 lebourgeois@engref.fr	Yves LEFEBVRE INRA Equipe Phytoécologie 54280 CHAMPENOUX Tél. : 03 83 39 40 83 / Fax : 03 83 39 40 69 lefebvre@nancy.inra.fr
Myriam LEGAY ONF Dpt Recherche et Développement Boulevard de Constance 77300 FONTAINEBLEAU Tél. : 01 60 74 92 28 / Fax : 01 64 22 49 73 myriam.legay@onf.fr	Philippe LEGRAND Dpt de la Santé des Forêts Site de Marmilhat BP 45 63370 LEMPDES Tél. : 04 73 42 14 97 / Fax : 04 73 42 16 76 clermont.dsf@wanadoo.fr
Philippe LENOIR DRAF Poitou-Charente SERFOB 20 rue de la Providence, BP 597 86020 POITIERS Tél. : 05 49 03 11 30 / Fax : 05 49 03 11 12 philippe.lenoir@agriculture.fr	Yves LESGOURGUES CRPF Aquitaine 6 Parvis des Chartrons 33075 BORDEAUX CEDEX Tél. : 05 56 01 54 70 / Fax : 05 56 51 28 08 bordeaux@crpfaquitaine.fr
Caroline LOHOU Mairie de Paris Direction des Parcs-Jardins Espaces Verts Circonscription des Etudes Végétales 1 avenue Gordon Bennett 75016 PARIS Tél. : 01 40 71 75 27 / Fax : 01 40 71 74 07 caroline.lohou@mairie-paris.fr	Charles MALANDAIN Lycée Forestier Château de Mesnières 76270 MESNIERES EN BRAY Tél. : / Fax :
Anders MÅRELL ECOFOR 19 avenue du Maine 75 732 Paris Cedex 15 Tél. : 01 45 49 88 02 : Fax : 01 45 49 88 39 marell@engref.fr	Jean-Yves MASSENET Lycée Forestier Château de Mesnières 76270 MESNIERES EN BRAY Tél. : 06 75 09 44 93 / Fax : 02 35 94 55 77 jymassenet@aol.com

Patrice MENGIN-LECREULX ONF Dpt Recherche et Développement Boulevard de Constance 77300 FONTAINEBLEAU Tél. : 01 60 74 92 26/ Fax : 01 64 22 49 73 patrice.mengin-lecreulx@onf.fr	Céline MEREDIEU INRA Equipe Croissance et Production Unité Recherche Forestière 69 route d'Arcachon, Domaine de l'Hermitage 33612 CESTAS CEDEX Tél. : 05 57 12 28 61 / Fax : 05 56 68 02 23 celine.meredieu@pierronton.inra.fr
Dominique MERZEAU CPFA/IDF 6 Parvis des Chartrons 33075 BORDEAUX CEDEX Tél. : 05 57 85 40 69 / Fax : 05 56 81 78 98 d.merzeau@cpfa.com	Christine MEVEL DERF - Sous-direction des industries du bois Bureau de la recherche, de la technologie et de l'évaluation 19 avenue du Maine 75732 PARIS CEDEX 15 Tél. : 01 49 55 51 96 / Fax : 01 49 55 40 76 christine.mevel@agriculture.gouv.fr
François MIMIAGUE Université Bordeaux IV Avenue Léon Duguit 33608 PESSAC Tél. : 05 56 84 85 55 / Fax : 05 56 84 85 19 mimiague@montesquieu.u-bordeaux.fr	Claire NADLER ENGREF 14 rue Girardet 54042 NANCY CEDEX 16 Tél. : 03 83 39 68 72 nadler@engref.fr
Louis-Michel NAGELEISEN Dpt de la Santé des Forêts Antenne Spécialisée Nancy 54280 CHAMPENOUX Tél. : 06 70 72 68 91 / Fax : nageleisen.dsf@wanadoo.fr	Mohamed NAJAR AFOCEL Domaine de Sivaillan 33450 MOULIS EN MEDOC Tél. : 05 57 88 82 33 / Fax : 05 57 88 82 34 mohamed.najar@afocel.fr
Gérard NEPVEU INRA-ENGREF LERFOB Equipe Qualité Bois Centre Inra de Nancy 54280 CHAMPENOUX Tél. : 03 83 39 40 61 / Fax : 03 83 39 40 69 nepveu@nancy.inra.fr	Jérôme NGAO INRA UMR Ecologie et Ecophysiologie Forestière Equipe Bioclimatologie 54280 CHAMPENOUX Tél. : 03 83 39 41 12 / Fax : 03 83 39 40 69 ngao@nancy.inra.fr
Fabienne NIEDERLENDER ONF 10 rue Pasteur 51470 ST MEMMIE Tél. : 03 26 21 89 10 / Fax : 03 26 21 89 29	Claude NYS INRA Centre de Nancy 54280 CHAMPENOUX Tél. : 03 83 39 40 73 / Fax : 03 83 39 40 69 nys@nancy.inra.fr
Frédéric PELLETIER Mairie de Paris Direction des Parcs-Jardins Espaces Verts Circonscription des Etudes Végétales 1 avenue Gordon Bennett 75016 PARIS Tél. : 04 40 71 75 50 / Fax : 01 40 71 74 07 frederic.pelletier@marie-paris.fr	Jean-Luc PEYRON ENGREF Laboratoire Economie Forestière 14 rue Girardet 54042 NANCY peyron@engref.fr

Christian PIEDALLU ENGREF NANCY 14 rue Girardet, CS 4216 54 042 Nancy Cedex Tél. : 03 83 39 68 77 piedallu@engref.fr	Gérome PIGNARD IFN Place des Arcades Maurin 34971 LATTES CEDEX Tél. : 04 67 07 80 84 / Fax : 04 67 07 80 91 gpignard@ces.ifn.fr
Edouard POTTIER DDAF 24 boulevard Henri Duant Cité Administrative 71025 MACON CEDEX Tél. : 03 85 22 86 07 / Fax : 03 85 20 86 00 edouard.pottier@agriculture.gouv.fr	Charlotte PY INRA Bioclimatologie BP 81 33883 VILLENAVE D'ORNON Tél. : / Fax :
Jean-Pierre RENAUD INRA-DSF Dpt de la Santé des Forêts Antenne spécialisée Nancy 54280 CHAMPENOUX Tél. : 03 83 39 40 72 / Fax : 03 83 31 71 60 renaud@nancy.inra.fr	Philippe RIOU-NIVERT IDF 23 Avenue Bosquet 75007 PARIS Tél. : 01 45 94 32 57 / Fax : 01 45 94 32 57 priounivert@livertysurf.fr
Marc-Jean ROBERT DRAF Rhône-Alpes SERFOB 104 rue Juiverie 73000 CHAMBERY Tél. : 04 79 85 45 98 / Fax : 04 79 96 35 33 marc.robert@agriculture.gouv.fr	Robin ROLLAND Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable DNP 20 avenue de Ségur 75302 PARIS 7 SP Tél. : 01 42 19 19 88 / Fax : 01 42 19 19 78 robin.rolland@environnement.gouv.fr
Thierry SARDIN ONF Sud-Ouest 23 bis bld Bonrepos 31000 TOULOUSE cedex Tél. : 05 62 73 55 04/ Fax : 05 61 63 77 79 thierry.sardin@onf.fr	Eva SIMON ONF Service Technique Forêts 3 rue du Petit Château 60200 COMPIEGNE Tél. : 03 44 40 11 94 / Fax : 03 44 40 32 86 eva.simon@onf.fr
Mme SPRUYTTE-VIDIL DERF - Sous-direction des industries du bois Bureau de la recherche, de la technologie et de l'évaluation 19 avenue du Maine 75732 PARIS CEDEX 15	Nicolas STACH IFN Place des Arcades 34971 LATTES CEDEX Tél. : 04 67 07 80 80 / Fax : 04 67 07 80 91 nstach@ces.ifn.fr
Aléxia STOKES INRA LRBB 69 route d'Arcachon Domaine de l'Hermitage 33611 CESTAS CEDEX Tél. : 05 57 12 28 21 / Fax : 05 56 68 07 13 stokes@lrbb3.pierroton.inra.fr	Jean-Pierre TANE DRAF SRFB Picardie 518 rue St Fuscien BP 69 80092 AMIENS CEDEX 3 Tél. : 03 22 33 55 60 / Fax : 03 22 33 55 50 jean-pierre.tane@agriculture.gouv.fr

Bernard THIBAUT Université Montpellier II Laboratoire Mécanique et Génie Civil (LMGC CC048) Place Eugène Bataillon 34095 MONTPELLIER CEDEX 5 Tél. : 04 67 61 44 97 / Fax : 04 67 61 57 25 thibaut@lmgc.univ-montp2.fr sec81@lmgc.univ-montp2.fr	Jean-Marc THIOLLAY ONF - CNRS ENS, Laboratoire d'Ecologie 46 rue d'Ulm 75 230 Paros Cedex 05 Tél. : 01 44 32 37 04 thiollay@biologie.ens.fr
Pierre TRICHET INRA Pierroton 69 route d'Arcachon Domaine de l'Hermitage 33610 CESTAS CEDEX Tél. : 05 57 12 28 56 / Fax : 05 56 68 05 46 trichet@pierronton.inra.fr	Inge VAN HADLER INRA Unité Forestière Pierroton 69 route d'arcachon Domaine de l'Hermitage 33612 CESTAS CEDEX Tél. : / Fax :
Jérôme VILLE DDAF 3 rue de Fontenay 78000 VERSAILLES Tél. : 01 39 25 23 67 / Fax : 01 39 53 19 83 jerom.ville@agriculture.gouv.fr	Isabelle VINKLER ONF Dpt Patrimonial Lorraine Parc de Haye Bât 802 54840 VELAINE EN HAYE Tél. : 03 83 23 45 03 / Fax : 03 83 23 45 09 stirne@onf.fr

Liste des posters

Grands vents et patrimoine arboré - XVII^{e}-XX^{e}s. (*M. Hotyat*) 1 / 2

Impact des chablis des 26 et 27 décembre 1999 sur le fonctionnement primaire des écosystèmes forestiers. (*J. Ngao*)

Etude de l'ancrage racinaire des peupliers. (*C. Drenou*)

Le propriétaire forestier gascon face aux risques. (*L. Guenneguez*)

CapForêt. Prédiction de la résistance de l'arbre au vent : développement d'un système d'expertise destiné aux forestiers par le couplage CAPSIS/FORESTGALE. (*A. Stokes*)

VENFOR : les interactions entre vent et forêt, de l'échelle de l'arbre à celle du paysage. (*Y. Brunet*)

Dynamique spatiale des foyers de Scolytes de l'Epicea de l'Est de la France : étude méthodologique. (*D. Delplace*)

Gestion du risque sanitaire en forêt de pin maritime après tempête : de la parcelle au massif, évaluation et analyse de la dynamique spatiale des dégâts de Scolytes et Fomes (TEM-PEST). (*I. Van Hadler*)

Conséquences à moyen terme de Lothar (décembre 1999) sur les équilibres entre populations de chevreuils et forêts de plaine. Evaluation de l'impact et recherches sur les processus écologiques pour des prédictions à long terme. (*P. Duncan*)

Modélisation de la résistance des arbres et des peuplements au vent : une approche population. (*P. Ancelin*)

Réseau d'observation des dynamiques naturelles après tempête en Lorraine et en Alsace - Projet ENGREF, IDF, ONF. (*C. Nadler*)

Mise en place d'un réseau national d'observation des dynamiques naturelles après-tempête - Projet ENGREF, IDF, ONF. (*C. Nadler*)