

Le hêtre face aux changements climatiques

Connaître les points faibles du hêtre pour mieux les surmonter

G. Landmann, J.-L. Dupouey, V. Badeau, Y. Lefevre, N. Bréda, L.-M. Nageleisen, I. Chuine, F. Lebourgeois⁽¹⁾

Après avoir passé en revue les fondements du modèle bioclimatique utilisé en France pour évaluer l'aire potentielle du hêtre en 2100 (voir FE 180), ce second article fait le point des connaissances sur sa résistance aux aléas climatiques ou biotiques afin de dégager une stratégie d'action pour l'avenir.

A long terme, seule une meilleure connaissance des processus écologiques (phénologie⁽²⁾, reproduction, mortalité...) permettra une approche réaliste, via des modèles, de ce qui pourra se passer en forêt sous l'influence du changement du climat. Le renforcement des recherches sur l'écologie des espèces ligneuses devra être complété par un renforcement des données de suivi à long terme qui permettront notamment d'alimenter et de valider ces modèles.

De nouveaux outils seront nécessaires. Le projet de Système d'information phénologique pour l'étude et la gestion des changements climatiques (SIP-GECC), piloté par le CNRS (I. Chuine) et couvrant les divers types de végétation s'inscrit dans cette perspective. Le projet QDiv, (Quantification des effets des changements globaux sur la diversité des plantes terrestres), initié en janvier 2006, regroupant notamment des unités INRA, CNRS et le réseau d'arboretums publics, permettra de développer un modèle basé sur les processus pour le hêtre.

Mais les outils de suivi déjà en place fourniront également des données

précieuses. À ce titre, l'analyse des variations de l'état des cimes (estimation visuelle, estimation de la surface foliaire à partir des chutes de litière ou à l'aide de mesures de lumière sous couvert) et l'analyse de la croissance devraient permettre d'affiner la modélisation de l'impact d'un certain nombre de contraintes environnementales comme les sécheresses.

Les faiblesses actuelles du hêtre

Nous passons ci-après rapidement en revue les principaux facteurs de « fragilité » du hêtre actuellement connus, avec l'idée que certains de ces facteurs pourraient jouer un rôle significatif dans l'évolution future de l'espèce, tout en gardant à l'esprit qu'il n'est souvent pas possible de mesurer, à ce stade, quels seront leurs rôles précis.

Sécheresse et état sanitaire du hêtre

L'augmentation du déficit foliaire du hêtre observée en 2004 suite à l'été

chaud et sec de 2003 (Renaud et Nageleisen 2005) est conforme aux analyses réalisées sur l'incidence des stress hydriques sur l'état des houppiers du hêtre (Badeau, 1999 a, b). En dépit de sa forte sensibilité au manque d'eau, le hêtre apparaît ainsi comme une essence capable d'une récupération rapide et très importante, ne subissant que des mortalités très limitées, parmi les plus basses enregistrées dans les réseaux de surveillance des forêts. On a pu évoquer à ce propos le « paradoxe » du hêtre.

Cependant l'analyse des dépérissements passés de hêtre liés à la sécheresse, en particulier suite à la période sèche 1989-1991 (Nageleisen, 1993, 1995), incite à la prudence dans l'interprétation des informations recueillies sur un réseau à maille large tel que le réseau européen de suivi des dommages forestiers (16 km x 16 km) ; il ne permet pas en effet de mettre en évidence des phénomènes parfois marqués mais très localisés. Suite à la sécheresse et à la canicule de 2003, des observations de mortalité de branches et de descentes de cime dans diverses régions montrent que



© L.-M. Nageleisen

Dépérissement de hêtre en Moselle suite à un tassement de sol.

l'impact est loin d'être négligeable et des effets cumulatifs avec d'autres aléas restent possibles.

Excès d'eau

Moins de précipitations en été, davantage en hiver, c'est ce que prédisent de façon récurrente les modèles climatiques à long terme. Le risque est une augmentation de l'engorgement du sol en durée et en intensité dans des stations plus ou moins hydromorphes où le hêtre occupe une place importante. Au stade juvénile, cette essence est très sensible à l'engorgement, avec une forte mortalité racinaire liée à l'absence de mécanismes spécifiques d'adaptation et un dysfonctionnement de la photosynthèse. Ceci explique qu'en régénération, dans ces milieux, les semis lèvent difficilement ou meurent rapidement. Au stade adulte, le hêtre est également sensible à une augmentation du niveau de la nappe. Des dépérissements localisés après des hivers et printemps très pluvieux sont souvent observés.

De même, une asphyxie de surface, suite à un tassement du sol provoqué par une mécanisation forestière non

contrôlée, est préjudiciable à l'état de santé du hêtre, comme cela a été montré en forêt de Soignes (Belgique) et observé en forêt de Chaux par exemple. Si les processus sous-jacents sont encore mal connus, il semble que l'altération d'une partie du système racinaire, souvent traçant, suffise à induire des dépérissements en liaison avec un amoindrissement de la résistance à la sécheresse. D'où l'importance d'une sensibilisation des acteurs impliqués aux effets de la mécanisation sur la qualité des sols.

Anomalies thermiques (canicules, hivers doux, gels)

Revenons au deuxième paramètre climatique qui apparaît dans le modèle biogéographique de répartition actuelle du hêtre, à savoir la température. Il est intéressant de noter que parmi les facteurs climatiques qui ont récemment affecté le hêtre figurent des chutes brutales de température en automne, alors que l'endurcissement des arbres n'était encore que partiel. C'est du moins l'hypothèse sur laquelle travaille une équipe de l'INRA à Clermont-Ferrand (T. Ameglio) après

les observations de terrain réalisées en Ardenne belge et française à la suite de l'épisode marquant de novembre 1998 qui a, sinon causé des mortalités massives, du moins gravement déprécié plus de deux millions de m³ de bois de hêtre dans cette région transfrontière (Belgique, France, Luxembourg, Rhénanie-Palatinat) (Nageleisen et Huart, 2005). Dans les modèles climatiques cherchant à expliquer les variations interannuelles de croissance, cette période automnale apparaît également importante.

L'augmentation de la respiration d'entretien des tissus de l'arbre, induite par celle de la température, à une période de l'année où la photosynthèse est terminée, pourrait augmenter la consommation des réserves carbonées (Bréda *et al.*, 2002), entraînant une réduction du bilan carboné annuel de l'arbre. Les modèles basés sur les processus, couplés à des recherches sur la gestion des réserves, devraient permettre à moyen terme de tester cette hypothèse. Dernière observation allant dans le même sens, des températures hivernales élevées apparaissent défavorables à la croissance en hauteur du hêtre (Seynave *et al.*, 2006). La température moyenne de janvier serait même aussi importante que les conditions estivales pour expliquer les variations de l'indice de fertilité (hauteur dominante à un âge donné) des hêtraies dans le Nord de la France. La clémence des températures automnales et hivernales et ses conséquences sont certainement des facteurs à analyser plus avant.

Tempêtes

Suite aux récentes tempêtes de 1990 et surtout 1999, la crainte d'une fréquence accrue d'événements tempétueux s'est fait jour, et la question d'une gestion plus spécifique de ce risque également. Alors que l'augmentation de la fréquence des

tempêtes reste débattue, la réflexion sur les composantes d'une gestion adaptée au risque vent est en cours, sur la base des recherches engagées dans le cadre de programmes coordonnés par le GIP Ecofor. Concernant le hêtre, le rôle clé de la hauteur et de la structure des peuplements, en interaction avec les contraintes stationnelles, a été bien mis en évidence par Bock *et al.* (2006).

Dans le contexte des changements climatiques discuté ici, on notera que le détrempage des sols, identifié comme un facteur qui a pesé lourd dans l'importance des dégâts des dernières tempêtes, nous ramène à la question des précipitations hivernales évoquée plus haut : toutes les futures tempêtes ne se produiront pas sur des sols aussi détrempés que les dernières mais, en tendance, la probabilité de retrouver une situation de type 1999 augmente.

Insectes ravageurs et champignons pathogènes

Globalement, le hêtre est une essence qui présente un cortège de ravageurs et de pathogènes nettement plus réduit que ceux de la plupart des essences feuillues (Nageleisen, 2002). Cependant, c'est moins le nombre de parasites qui importe dans la perspective des changements climatiques que l'existence de quelques-uns qui peuvent, sous certaines conditions (largement inconnues à l'heure actuelle), présenter des phases épidémiques et causer des dommages importants. Ainsi, la cochenille du hêtre a-t-elle causé au cours des années 1970 un dépérissement du hêtre en Normandie qui a perturbé la gestion locale de l'espèce (Mormiche, 1995). Il convient surtout de s'interroger sur les types de ravageurs ou de pathogènes qui pourraient tirer parti d'un climat plus chaud et plus sec.

À ce titre, les observations réalisées

par le département de la santé des forêts dans le cadre de la « maladie du hêtre des Ardennes », mentionnée précédemment, sont très intéressantes. En effet, si les scolytes xylophages mis en cause ou les champignons lignivores observés font partie du cortège classique des endémiques de la hêtraie, ils ont connu lors de cet événement un développement explosif jamais vu auparavant. Le facteur déclenchant semble avoir été le gel intervenu à la mi-novembre 1998, à un moment où les arbres étaient sans doute insuffisamment endurcis, ce qui a provoqué des lésions importantes favorisant la pénétration de champignons et à l'origine de suintements abondants et très attractifs pour certains insectes xylophages.

Enfin, il faudra prendre en compte la possible émergence de parasites, encore inconnus ou absents en France actuellement, qui pourraient profiter de nouvelles conditions climatiques. Une surveillance phytosanitaire intensive est à ce titre plus que jamais d'actualité pour éviter ou au moins gérer le



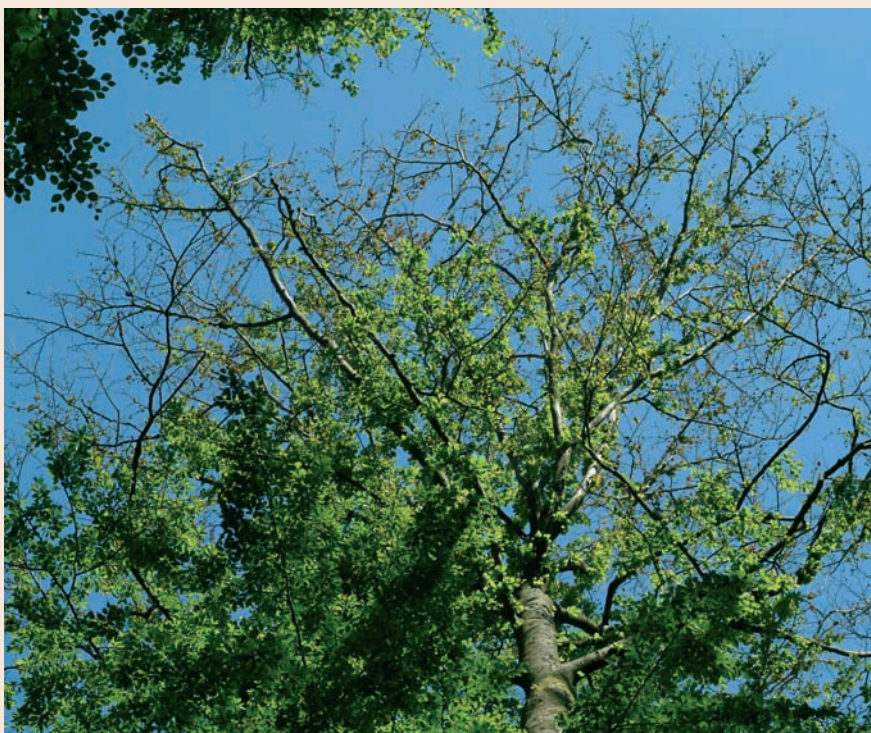
Hêtre colonisé par des champignons, conséquence du gel de novembre 1998 dans les Vosges.

plus tôt possible de telles éventualités. **Les interactions entre divers aléas**, enfin, sont à prendre en compte. Il faut reconnaître que, globalement, et au-delà de l'idée bien ancrée que de tels modes d'action pourraient être importants, les cas bien établis sont peu fréquents et leur importance potentielle mal évaluée.

Un exemple qui s'impose aux observateurs de terrain est que les hêtraies fragilisées par des trouées de chablis multiples à la suite des tempêtes de 1999 ont subi de manière accentuée les effets de l'été 2003. En 2004, on a ainsi assisté à une multiplication des coups de soleil avec décollement d'écorce irrémédiable sur les fûts ou à des mortalités de la moitié supérieure du houppier dans les hêtraies clairiérées. Ces phénomènes sont encore plus accentués dans le cas d'un tassement du sol lié à l'exploitation sans précaution des chablis. Ces effets cumulés peuvent se traduire dans certains cas par la disparition de la hêtraie et la nécessaire substitution par une autre essence (chêne sessile par exemple) dans les cas où le sol a été durablement perturbé.

Les interactions soupçonnées – ou établies seulement en conditions contrôlées, difficilement extrapolables – comme celles entre sécheresse et ozone ou sécheresse et altération des sols sous l'effet des retombées atmosphériques, ne doivent pas non plus être perdues de vue. Une observation faite sur le hêtre après la sécheresse de 2003 sur des sols très pauvres dans la région naturelle de la Vôge (département des Vosges) est particulièrement intéressante car des hêtraies ayant bénéficié d'un amendement calco-magnésien présentent nettement moins de dommages que les autres. Cette observation, bien qu'inédite, est cohérente avec les résultats acquis antérieurement, en particulier dans le cadre des recherches sur les pluies acides. Elle fait l'objet

© L.-M. Nageleisen



Hêtre mal feuillé au printemps 2006 dans la Vôge. Ces symptômes sont apparus après l'été 2005 dans un contexte de nutrition calco-magnésienne déficitaire.

© L.-M. Nagelisen, DSF

d'investigations plus approfondies. Modifications de la phénologie, de la reproduction ou de la croissance, tous les divers problèmes auxquels le hêtre sera exposé au cours des décennies à venir doivent être analysés, quantifiés et intégrés dans les modèles basés sur les processus pour comprendre ce qui risque de se passer réellement entre maintenant et 2100. On mesure l'ampleur de la tâche.



Le temps de la décision ?

Qu'advient-il du hêtre d'ici 2100 ? L'examen des connaissances oblige à dire qu'on ne sait pas vraiment, même si l'on doit retenir l'idée que des modifications importantes interviendront pour cette essence. Les gestionnaires forestiers, très conscients des évolutions à venir, souhaitent connaître les mesures d'adaptation qui permettraient de minimiser les inconvénients liés à ces modifications.

Certaines recommandations de bon sens visant à prévenir ou diminuer les risques ont été formulées sous des formes proches (Bouhot et Barthod, 1993 ; Landmann, 2000 ; Riou-Nivert, 2005) :

- **ne pas maintenir le hêtre dans des conditions stationnelles qui lui sont défavorables, en particulier du point de vue hydrique ;**
- **limiter la compétition pour l'eau par une sylviculture réduisant la densité des tiges ou, selon des modalités à définir, l'indice foliaire (c'est-à-dire le taux de couvert, qui détermine largement le besoin en eau). Une telle conduite devrait également diminuer le risque vis-à-vis du vent.**

D'autres recommandations classiques, telles que le recours aux mélanges d'essences, sont d'une efficacité plus difficile à évaluer. L'idée est que les essences moins vulnérables pourraient prendre le relais, en cas de dépérissement, des plus sensibles. Le comportement respectif des différentes essences dans le climat futur sera

déterminant et mérite des investigations plus poussées.

D'autres précautions résultent directement de l'examen de la situation actuelle du hêtre : sensibilité au tassement des sols et aux tempêtes, ou de la connaissance de l'évolution des facteurs limitants : les risques de carences nutritives pour une essence dont l'augmentation de productivité passée est considérable restent à surveiller, de même, bien sûr, que les divers agents biotiques connus ou pouvant se manifester.

À quand alors une stratégie précise c'est-à-dire adaptée à l'échelle où le gestionnaire réalise ses plans d'aménagements (de la « région » à la « forêt ») ? Faut-il suggérer d'attendre dix ans, et de nouveaux progrès de la recherche ? Une autre stratégie semble actuellement se dégager, qui s'appuie sur deux constats :

- les recommandations listées ci-dessus nécessiteront une mobilisation coordonnée des outils disponibles (notamment des catalogues de stations) et sans doute la mise au point d'outils de diagnostic nouveaux qui appréhendent mieux les paramètres importants comme la réserve en eau des sols. La cartographie des stations reste une étape incontournable. On pourra alors s'orienter vers une mise en adéquation plus poussée des essences et des stations ;
- la stratégie d'adaptation devra être révisée régulièrement en fonction des derniers résultats de la recherche scientifique et de la surveillance de la forêt.

Ce double constat incite à un travail conjoint entre scientifiques et gestionnaires plus poussé que ce qui a pu être le cas jusqu'ici. La meilleure façon de s'y prendre reste à découvrir, mais la volonté des deux parties d'aller dans cette direction semble acquise. La co-construction d'une stratégie, qui se situe sur le terrain de l'expertise, doit permettre de répondre à des

questions plus complexes, par exemple : faut-il, et si oui comment, envisager une transformation active des hêtraies de l'Ouest ? Les orientations et recommandations techniques en vigueur concernant le hêtre vont-elles toutes dans le bon sens ? etc. Cette analyse doit également tenir compte de l'évolution socio-économique dont l'influence sur la forêt pourra peser lourdement sur la gestion de la hêtraie française : c'est un défi que de gérer conjointement les deux dimensions – écologique et socio-économique – de cette question. ■

(1) • *Guy Landman, GIP ECOFOR, Paris, courriel: landmann@gip-ecofor.org*

• *Jean-Luc Dupouey, Vincent Badeau,*

Yves Lefevre, Nathalie Bréda, UMR INRA-UHP 1137, Écologie et Écophysologie Forestières, Équipe Phyto-écologie forestière, Nancy, courriels: dupouey@nancy.inra.fr, badeau@nancy.inra.fr, lefevre@nancy.inra.fr, breda@nancy.inra.fr

• *Louis-Michel Nageleisen, DSF Antenne spécialisée, INRA Nancy, courriel: nageleisen.ds@wanadoo.fr*

• *Isabelle Chuine, CNRS-CEFE Équipe Bioflux, Montpellier, courriel: isabelle.chuine@cefe.cnrs.fr*

• *François Lebourgeois, UMR INRA-ENGREF 1092, Lerfob, Équipe Ecologie Forestière, ENGREF Nancy, courriel: lebourgeois@engref.fr*

(2) *ensemble des phénomènes saisonniers qui ponctuent le développement de l'arbre: débourrement, mise à fruit, chute des feuilles...*

Résumé

Malgré une apparente récupération rapide, l'excès d'eau ou l'asphyxie du sol et les anomalies thermiques (canicules, hivers doux, gels tardifs) sont préjudiciables à l'état de santé et entraînent des modifications de la phénologie, de la croissance et de la reproduction du hêtre. La sensibilité aux tempêtes et aux maladies parasitaires est également source d'inquiétude. Les interactions entre ces facteurs, établies ou soupçonnées, sont observables et doivent être quantifiées, analysées; un travail entre scientifiques et gestionnaires permettra l'élaboration d'orientations et de recommandations adaptées.

Mots-clés: hêtre, changement climatique, phénologie, croissance.

Bibliographie

■ **Badeau V., 1999 a** - *Étude des relations entre l'état sanitaire des peuplements forestiers et les conditions de l'environnement. Premiers résultats de l'analyse spatio-temporelle de la partie française du réseau européen de suivi des dommages forestiers. Rapport final à la CE et à la DERF, INRA Nancy, 172 p. + annexes.*

■ **Badeau V., 1999 b** - *Causes des variations de l'état des cimes: quelques enseignements tirés du réseau européen de suivi des dommages forestiers. Les Cahiers du DSF, 1 - 1999 (La Santé des Forêts [France] en 1998), Min. Agr. Pêche (DERF), Paris, p. 70-74.*

■ **Bock J., Vinkler I., Duplat P., Renaud J.-P., Badeau V., Dupouey J.L. 2006** - *Stabilité au vent des hêtraies: les enseignements de la tempête de 1999. Revue forestière française, vol. LVII, n° 2 spécial « L'avenir du Hêtre dans la forêt française », p. 143-158.*

■ **Bouhot L., Barthod C., 1993** - *Utilisation des prévisions des modèles météorologiques pour le choix des essences forestières et la conduite des peuplements. La Santé des forêts (France) en 1992. Ministère de l'agriculture et de la pêche (DERF), Paris, p. 65-68.*

■ **Bréda N., Barbaroux C., Dufrene E., 2002** - *Comparaison des dynamiques saisonnières de croissance, phénologie et réserves glucidiques chez le chêne sessile et le hêtre commun. Groupe d'Étude de l'Arbre, Biologie hivernale, Saint Flour, 22-22 mars 2002, Améglio T., Donès N. eds, Cdrom, ISBN 2-7380-1188-8.*

■ **Landmann G., 2000** - *Le sylviculteur face aux changements climatiques: possibilités et limites de l'intervention humaine. In: Rebetez M., Combe J. (éds) Quelle sylviculture pour les climats à venir? Actes de la Journée romande, p. 37-42.*

■ **Mormiche A., 1995** - *La gestion du dépérissement du hêtre en Normandie 1961-1988. Revue forestière française vol. XLVI, n°5 spécial « les dépérissements forestiers: causes connues et inconnues », p. 586-590*

■ **Nageleisen L.-M., 1993** - *Le point sur les dépérissements du hêtre. La Santé des Forêts (France) en 1992. Ministère de l'agriculture et de la pêche (DERF), Paris, p. 23-26.*

■ **Nageleisen L.-M., 1995** - *Le dépérissement actuel de feuillus divers: hêtre, merisier... Revue forestière française XLVI, n°5, n° spécial « Les dépérissements*

forestiers: causes connues et inconnues », p. 554-562.

■ **Nageleisen L.-M. 2002** - *Les principaux problèmes phytosanitaires du hêtre (annexe 4). In: « Le hêtre autrement », G. Armand (coord.), éd. IDF, p. 216-229.*

■ **Nageleisen L.-M., Huart O. 2005** - *Problèmes sanitaires d'actualité en hêtraie: la maladie du hêtre dans les Ardennes. Revue forestière française vol. LVII, n° 2 spécial « L'avenir du Hêtre dans la forêt française », p. 249-254.*

■ **Renaud J.-P., Nageleisen L.-M. 2005** - *Les résultats 2004 du réseau européen de suivi des dommages forestiers. (La santé des forêts [France] en 2004) Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et de la ruralité (DGFAR), Paris, France http://www.agriculture.gouv.fr/spip/ressources.themes.forestbois.protectiondelaforet.Santedesforets_r314.html.*

■ **Riou-Nivert P., 2005** - *Changements climatiques et sylviculture. Forêt-entreprise, n°162, p. 49-53.*

■ **Seynave I., Gégout J.C., Hervé J.C., Dhôte J.F., 2006** - *Facteurs écologiques et production du hêtre en France. Forêt-entreprise, n°167, p.41-45.*