

## Les tempêtes causent-elles aux forêts des dommages croissants ?

Fiche **QUESTIONS SUR...** n° 02.05.Q02

2024, révisée mars 2026

Yves BIROT, membre de l'Académie d'Agriculture de France

**Mots clés : vulnérabilité, reconstitution, partage du risque**

**Des tempêtes catastrophiques ont, ces dernières décennies, gravement et durablement impacté le secteur forêt-bois de l'Europe, comme celles de 1999 et 2009 pour la France. Quels sont ces dommages ? À quoi sont-ils dus ? Sont-ils en augmentation ? Peut-on les prévenir, et les réparer ?**

### Quels sont les dommages forestiers dus aux tempêtes ?

#### Incidences du vent

Le vent – y compris dans sa forme extrême, la tempête – participe à la dynamique naturelle des écosystèmes forestiers, en renversant de vieux arbres et en créant des trouées plus lumineuses où pourra s'effectuer la régénération. Dans les forêts aménagées et gérées par l'homme, ces perturbations peuvent avoir un impact considérable en termes économiques, sociaux et environnementaux, lorsque des phénomènes tempétueux brutaux affectent de vastes territoires. En Europe occidentale, outre les vents violents liés à des orages (dont l'impact reste local), les fortes tempêtes, dues à la circulation atmosphérique générale, se produisent principalement en hiver (décembre, janvier) et surtout aux latitudes moyennes.

Les dégâts potentiels maximums sont fortement corrélés à la vitesse ( $v$ ) des rafales de vent ; ils sont faibles pour  $v < 120$  km/h, modérés pour  $120 < v < 145$ , importants pour  $145 < v < 160$ , et très sévères si  $v > 160$  km/h.



Fig. 1 : dégâts en forêt landaise de pin maritime après la tempête Klaus de janvier 2009 (photo: forêt privée française)



Fig. 2 : après la tempête Gudrun en Suède (2005), piles de tempête Klaus de janvier 2009, (13 m de haut, 1 km de long) stockées sous aspersion sur un aérodrome désaffecté, totalisant 1 M m<sup>3</sup> (Photo Ola Nilsson)

#### Les dommages aux arbres

Les dommages aux arbres se classent en trois catégories :

- les dégâts primaires, visibles juste après la tempête ; de type mécanique, ils se traduisent par la casse du tronc et/ou le renversement de l'arbre (Fig. 1) ;
- les dégâts secondaires, différés dans le temps : attaques d'insectes sous corticaux ou autres bioagresseurs, mais aussi feu, neige ou glace, voire d'autres coups de vent ;
- les dégâts tertiaires, comme les pertes de production d'arbres détruits avant l'âge optimum d'exploitation.

Responsables de plus de la moitié des dommages forestiers catastrophiques observés en Europe au cours des dernières décennies, les tempêtes sont, de loin, le premier facteur de pertes. On évalue généralement ces

dégâts en volume de bois. Leur traduction en termes économiques prend en compte les préjudices liés à :

- la baisse des prix du bois rendu usine, conséquence de l'engorgement des marchés ;
- la dépréciation de la qualité du bois ;
- la hausse des coûts d'exploitation ;
- les coûts additionnels éventuels de transport à longue distance et de stockage (*Fig. 2*) ;
- les coûts additionnels dus à la dispersion des bois victimes des dommages secondaires ;
- les pertes financières liées aux dommages tertiaires (*Figure 3*).

| Lothar Martin 1999 Europe      | Gudrun 2005 Suède              | Klaus 2009 France              | Vaia 2018 Italie             |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 240 Mm <sup>3</sup> et 15 Mds€ | 75 Mm <sup>3</sup> et 2,4 Mds€ | 45 Mm <sup>3</sup> et 2,5 Mds€ | 9 Mm <sup>3</sup> et 0,5 Md€ |
| 100 % récolte annuelle         | 96 % récolte annuelle          | 100 % récolte annuelle         | 90 % récolte annuelle        |

*Figure 3 : impact économique des dommages causés par le vent aux forêts européennes (Source : Orazio et al. 2024)*

Les dégâts causés aux forêts ne se limitent pas cependant à la seule production ligneuse, ils peuvent concerner une large gamme des biens et services qu'elles fournissent, en particulier ceux de nature écosystémique comme le stockage de carbone et les ressources en eau.

La difficulté de leur évaluation monétaire fait qu'ils sont, soit souvent ignorés, soit largement sous-estimés. Pour la tempête de 1999, le bilan de la tempête a été évalué à 400 % de la récolte annuelle perdus (138 Mm<sup>3</sup> de chablis), et la nécessité d'un plan national de plus d'1 Md€ d'aides été décidé en 2000. Pour la tempête de 2009, un rapport parlementaire a évalué le bilan matériel à 5,025 Mds€ tous dommages confondus

### Quels sont les facteurs responsables des dégâts ?

Face à des rafales de vitesse supérieure à 160 km/h, aucune forêt ne peut tenir, d'autant que certains facteurs peuvent contribuer à une moindre stabilité des arbres en deçà de ce seuil :

- Le vent : outre la vitesse de ses rafales, il agit aussi par les turbulences dues au relief, aux implantations humaines éventuelles et à la conformation de la forêt elle-même.
- La topographie et l'exposition : les situations de col en montagne, les vallées orientées ouest-est, les versants occidentaux des montagnes, augmentent la vulnérabilité des peuplements lorsque les tempêtes viennent de l'ouest (cas fréquent en hiver).
- Les sols : peu profonds ou gorgés d'eau en hiver, ils sont défavorables au bon ancrage racinaire des arbres.
- Les différences entre essences : elles tiennent au type de système racinaire (superficiel ou profond), au caractère caduc ou non du feuillage (les tempêtes se produisent en général en hiver), à la résistance mécanique du bois, et à la nature des terrains. Parmi les essences résistantes, on trouve le frêne, le charme, les chênes, le sapin ; parmi les moins résistantes, on recense les peupliers, l'épicéa et le pin maritime (au demeurant difficile de dissocier des terrains sableux dans lesquels il pousse).
- Les caractéristiques des arbres : l'instabilité d'un peuplement croît avec la hauteur des plus grands sujets : elle augmente fortement au-dessus de 20-25 m pour les feuillus et de 15 m pour les résineux, mais également en raison de leur élancement (fort rapport hauteur/diamètre) ;
- Les traitements sylvicoles appliqués : des éclaircies faibles favorisent un fort rapport H/D et donc la vulnérabilité. Des éclaircies fortes sont donc à conseiller (sauf si on est proche de l'âge d'exploitabilité), car elles accroissent alors généralement le risque dû au vent.

Au cours des dernières décennies, la tendance générale observée en France et en Europe – accroissement de la densité des peuplements, de leur volume sur pied et de leur âge – va dans le sens d'une plus grande vulnérabilité (*Fig. 4*). Toutefois, les analyses approfondies effectuées en France après les tempêtes de 1999 n'ont pas montré de plus faible vulnérabilité des peuplements irréguliers (ou réguliers et en mélange) par rapport aux peuplements réguliers monospécifiques.

La diversité des facteurs identifiés impliqués dans la stabilité des arbres et des peuplements face au vent, ainsi que la complexité de leurs interactions, rendent impossible toute généralisation d'un modèle unique de gestion sylvicole. Ces facteurs concernent les effets de :

- l'architecture du couvert : hauteur des arbres, répartition horizontale et verticale du feuillage, modes d'élagage ;
- la structure du peuplement : densité, composition spécifique, caractéristiques de la lisière, hétérogénéités spatiales ;

- la structure du paysage : différences de hauteur, présence de clairière ou de coupures de combustibles, fragmentation, topographie).

Leur prise compte peut mener à l'établissement de typologies de situation.

### Les dommages forestiers liés aux tempêtes sont-ils en augmentation ?

Depuis une cinquantaine d'années, on assiste en Europe à un accroissement spectaculaire des dommages (Fig.5) qui peut être lié à une modification des régimes de vent, et/ou à une vulnérabilité accrue des forêts, ou encore à une évaluation plus précise des dégâts.

Le régime des vents a-t-il changé ? On ne peut affirmer que les tempêtes ont augmenté en fréquence, car elles sont très aléatoires par nature et relativement rares : on ne peut donc démontrer des tendances à partir de séries encore courtes d'observations météorologiques.

Cependant, des résultats montrent un accroissement de l'intensité des tempêtes, avec des trajectoires occupant du sud au nord des bandes plus larges, et pénétrant davantage vers l'est à l'intérieur des terres.

Les forêts sont-elles donc plus vulnérables ? Les statistiques françaises comme européennes montrent clairement au cours des 60 dernières années un accroissement des surfaces occupées par les forêts, du fait des programmes de reboisement, mais surtout en raison d'une colonisation forestière naturelle des terres abandonnées par l'agriculture, notamment par les prairies ; ce processus s'est traduit par une augmentation des volumes de bois sur pied, renforcée par le besoin d'arbres plus gros pour faire face à la demande de bois d'œuvre et, dans certains cas, par des quantités exploitées très inférieures à l'accroissement biologique. Il y a donc plus de forêts et plus de bois exposés aux tempêtes, d'autant que les arbres sont plus hauts. D'où des dégâts plus importants (Fig.5). –

### Le changement climatique projeté peut-il être un facteur aggravant ?

On a déjà observé, aux moyennes et hautes latitudes, un décalage vers les pôles des trajectoires des tempêtes. Cette tendance devrait se poursuivre avec le réchauffement climatique avec une intensification des précipitations associées<sup>1</sup>. Quoique les projections concernant les évolutions du climat soient empreintes d'incertitudes – en particulier concernant les régimes pluviométriques et surtout celui des tempêtes – des études suggèrent que le changement climatique augmentera la sévérité des tempêtes dans les prochaines décennies. En effet, l'impact le plus fort du changement climatique sera lié à un accroissement de la vulnérabilité des forêts aux tempêtes.

L'augmentation projetée des précipitations hivernales entraînera une saturation hydrique du sol, se traduisant par un plus faible ancrage du système racinaire des arbres. Dans les régions froides (Scandinavie) l'élévation des températures se traduira par une réduction de la période de gel du sol, et donc également par un moindre ancrage racinaire. L'augmentation de productivité des forêts constatée dans plusieurs régions en Europe (jusque là surtout induite par les dépôts atmosphériques azotés), augmentation susceptible d'être

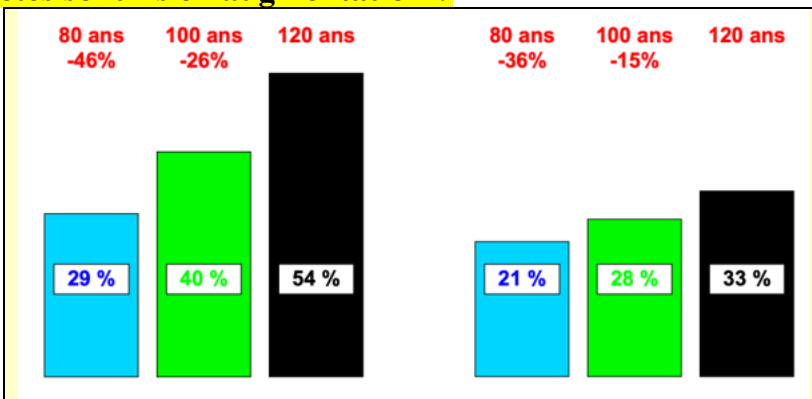
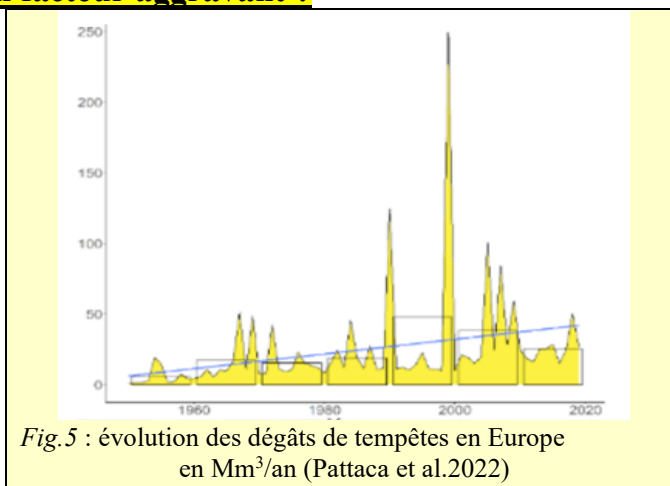


Fig. 4. : vulnérabilité des hêtraies du nord-est de la France (Vinkler, 2005). Pour des pointes de vent à 150 km/h, la réduction de l'âge d'exploitabilité de 120 à 80 ans permet de réduire significativement le taux de dégâts (en %), plus en sol superficiel (à gauche) qu'en sol profond (à droite).



<sup>1</sup> Masson-Delmotte, 2023

soutenue aussi par le changement climatique, fait que les arbres sont aujourd'hui plus hauts, toutes choses égales par ailleurs, ce qui accroît leur vulnérabilité aux tempêtes.

### **Vivre avec le risque de tempêtes : comment gérer au mieux nos forêts ?**

Les tempêtes sont des aléas prévisibles seulement à très court terme et non contrôlables. La seule stratégie possible est donc d'agir sur les forêts exposées à cet aléa et sur leur gestion.

Quatre grandes voies sont possibles :

1 - Maintenir le risque à un niveau acceptable, principalement par des mesures préventives visant à réduire vulnérabilité et impact : après une analyse du risque et de la pertinence de l'action (pas d'acharnement dans les sites trop exposés) il convient de mettre en œuvre des pratiques sylvicoles telles que le choix d'espèces, la conduite des peuplements, les soins à apporter, la diversification de la structure et de la composition de la forêt, l'organisation et la gestion des lisières, etc. Lorsque les objectifs de production prédominent, une dynamisation de la sylviculture, grâce par exemple à un raccourcissement de l'âge d'exploitabilité est généralement recommandable (*Fig. 4*).

2 - Atténuer les impacts lorsque l'aléa s'est produit : une efficace gestion de crise doit permettre de sauver et valoriser tout ce qui peut l'être, en ayant recours à un arsenal de moyens concernant la disponibilité des machines de récolte, l'organisation du transport des bois (fer, route), y compris dans ses aspects réglementaires, dans la création ou l'activation de plateformes de stockage sous aspersion ou sous emballage plastique, ainsi que la mise en œuvre de mesures de solidarité entre régions touchées et non touchées, (comme le report des coupes, de façon à éviter d'aggraver encore la chute des cours des bois). En France, des programmes de reconstitution forestière très importants ont été soutenus par l'État et l'Union européenne après les tempêtes de 1999 et 2009 ; depuis, un arsenal juridique et financier permet l'assurance du risque tempête en forêt non éligible au régime des catastrophes naturelles (cf. fiche 02.05.Q01 Q01 *À quels risques les forêts sont-elles exposées ?*). Il faut aussi améliorer et développer les systèmes de partage du risque, aujourd'hui trop peu utilisés en forêt privée, à travers un ensemble d'instruments : assurances, mesures de compensation fiscale, fonds spécifiques ; ceci passe notamment par la création et/ou le renforcement des partenariats public/privé.

3 - Optimiser la reconstitution des peuplements là où elle est nécessaire : l'objectif sera de créer une future forêt plus stable, mais aussi plus résiliente, écologiquement et économiquement. À cet égard, il faut comprendre la résilience non comme un retour à l'état antérieur en termes de composition et de structure des peuplements, mais comme une capacité à maintenir certaines fonctions : production ligneuse, biodiversité, etc... La reconstitution implique d'abord le rétablissement des accès terrestres aux massifs forestiers, l'exploitation des bois pouvant être sauvés, le nettoyage des rémanents en respectant le sol des parcelles, en particulier là où il convient de planter. Les choix entre plantation et régénération naturelle, ou une combinaison des deux, doivent être soigneusement évalués, et leur mise en œuvre doit s'inscrire dans un schéma sylvicole et d'opérations forestières allant jusqu'à l'exploitation. Enfin, la reconstitution implique la disponibilité de moyens financiers variés.

4 - Être prêt à faire face à un nouvel aléa : il s'agit de maintenir des systèmes d'information, des compétences dans l'évaluation des dégâts (œil, drones, avions et satellites), de mettre à jour des guides de bonnes pratiques et des plans d'urgence, tous instruments à activer en cas de nouvelles catastrophes.

#### **Ce qu'il faut retenir**

Les tempêtes provoquent plus de la moitié des dommages subis par les forêts ; les plus récentes ont eu un impact lourd et durable sur la filière, malgré les aides publiques.

Les mesures préventives peuvent limiter la vulnérabilité des forêts. On ne peut raisonnablement agir que dans les sites forestiers moyennement exposés.

Les stratégies de reconstitution doivent concilier économie et écologie, et inclure l'objectif de résilience en cas de crise.

Les systèmes de partage du risque nécessitent d'être améliorés, compte tenu de l'augmentation spectaculaire des risques et des dégâts, en particulier en forêt privée.

Il convient de maintenir en veille des dispositifs prêts à être activés en cas de crise.

#### **Pour en savoir plus**

- Fiche 02.05.Q01 *À quels risques les forêts sont-elles exposées ?*