

# Les tempêtes : aléa & gestion

---

**Christophe Orazio et Barry Gardiner**

• **Institut Européen de la Forêt Cultivée, Cestas, France**

**Guy Landmann**

• **GIP ECOFOR, Paris, France**

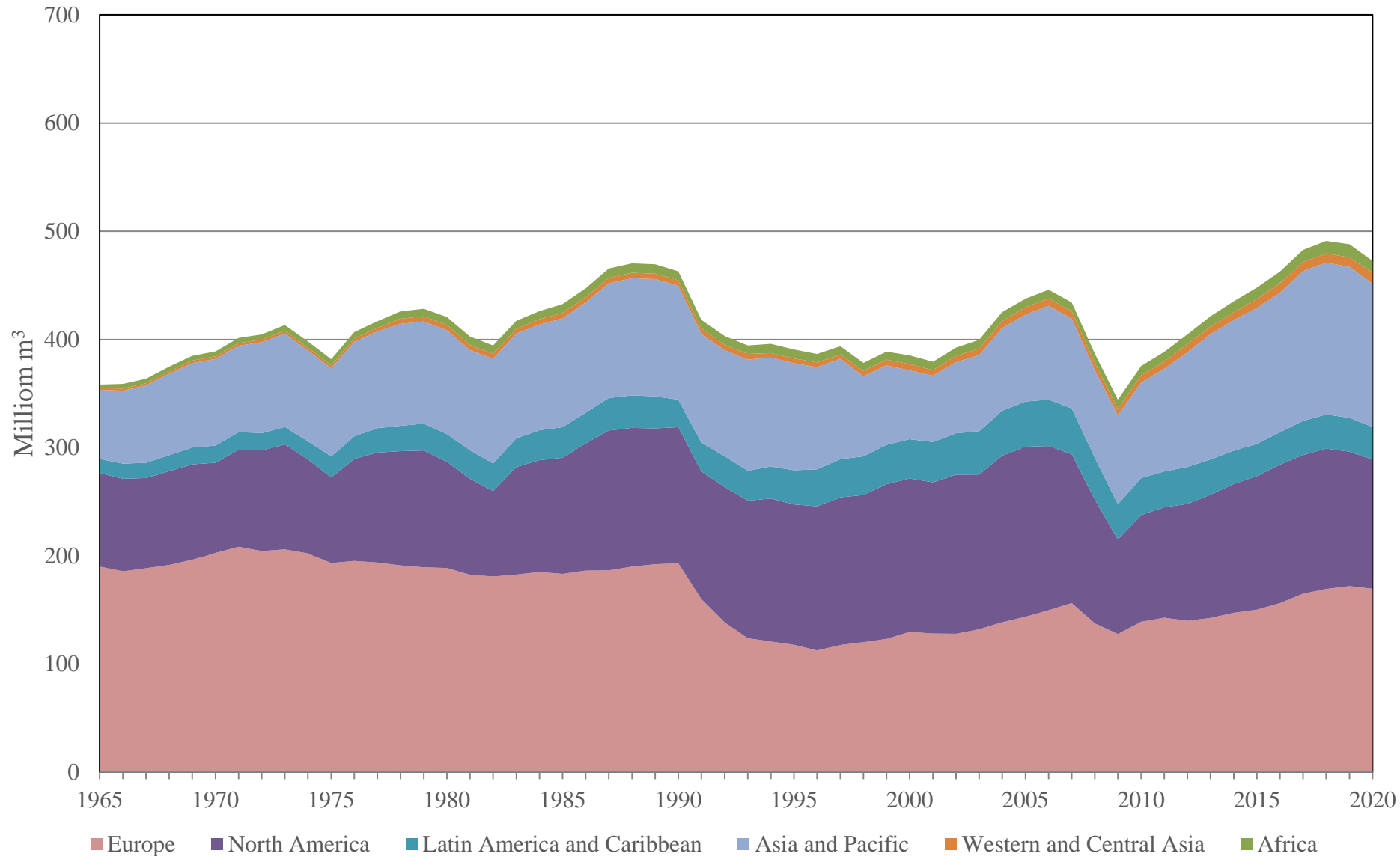


# Plan de l'exposé

1. Les attentes vis à vis des forêts européennes
2. Des menaces abiotiques et biotiques en hausse dans un contexte de changement climatique
3. Dommages causés par le vent
4. Effet des différents modes de gestion sur le risque éolien
5. Résumé
6. Rôle des forêts plantées
7. L'avenir de la sylviculture en Europe

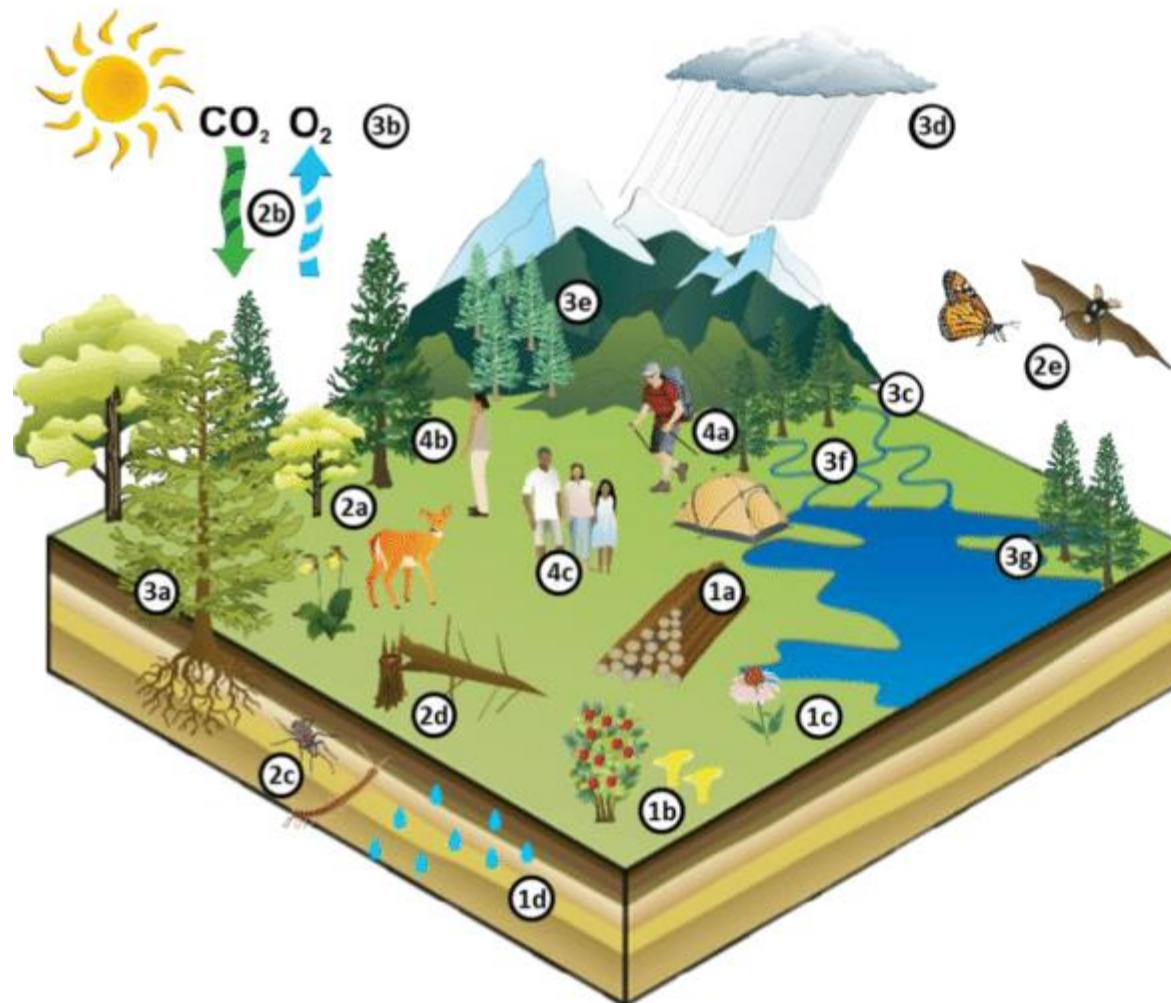
# Production mondiale de bois

Sawnwood Production



Gardiner, B. et Moore, J. (2014). Le futur de l'approvisionnement en bois Dans T. Fenning (Ed.), *Challenges and Opportunities for the World's Forests in the 21st Century* (Vol. 81, pp. 687-704). Springer Pays-Bas.

# Services écosystémiques forestiers



## Ecosystem services of forests

### 1. Provisioning Services

- Timber/Fibre (construction, energy)
- Food (deer, fruits, herbs, seeds, honey)
- Chemical and medicinal products
- Water

### 2. Supporting Services

- Habitats for fauna and flora (biodiversity)
- Photosynthesis/Primary production
- Soil formation
- Nutrient cycling
- Pollination, seed dispersal

### 3. Regulating Services

- Carbon storage (above/below ground)
- Purification of air
- Purification of water
- Climate regulation
- Protection against erosion/avalanches
- Flood mitigation
- Protection against coastal erosion and storms

### 4. Cultural Services

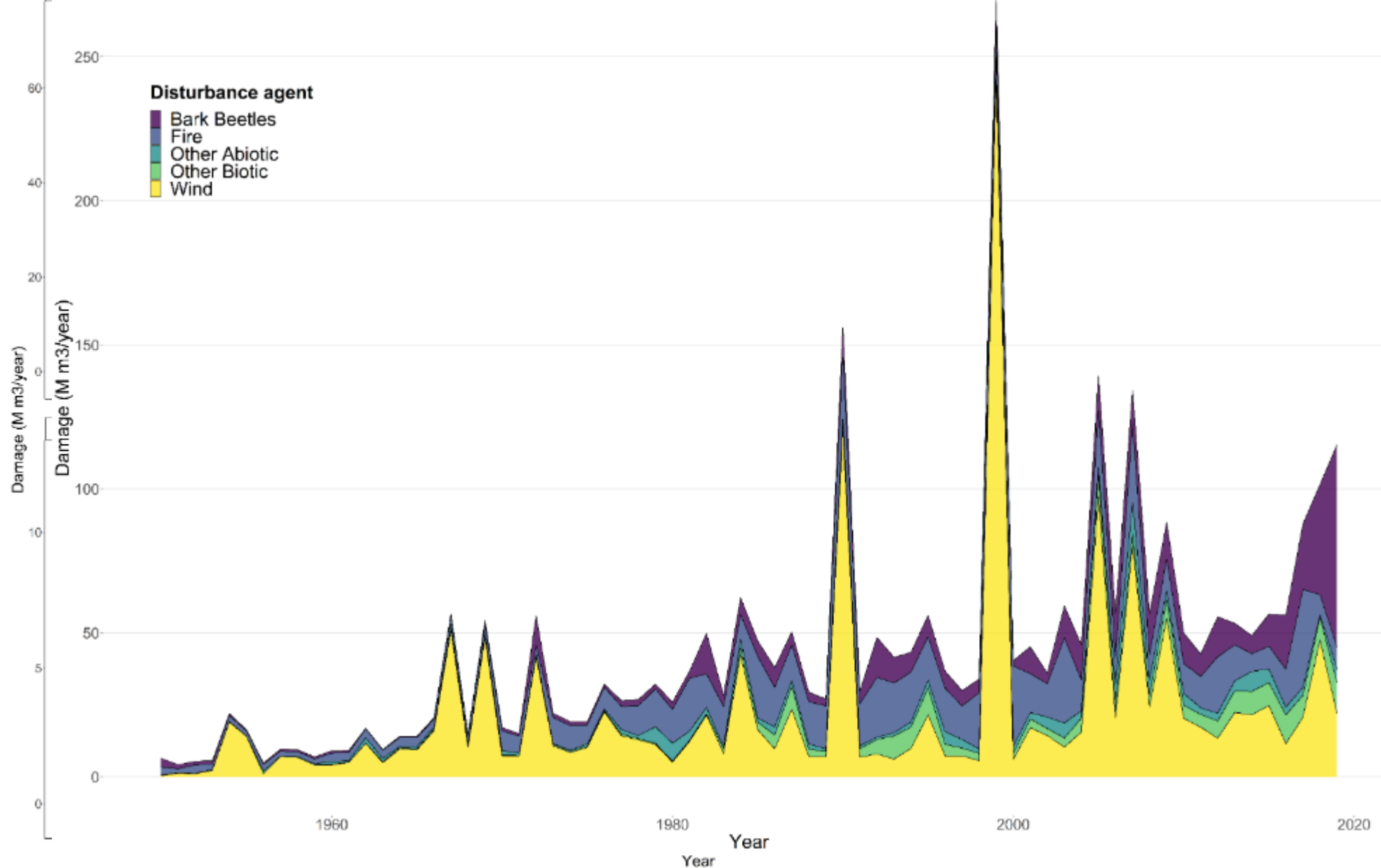
- Recreation/Aesthetics
- Spirituality
- Education

Symbols courtesy of the Integration and Application Network, University of Maryland Center for Environmental Science ([ian.umces.edu/symbols/](http://ian.umces.edu/symbols/))

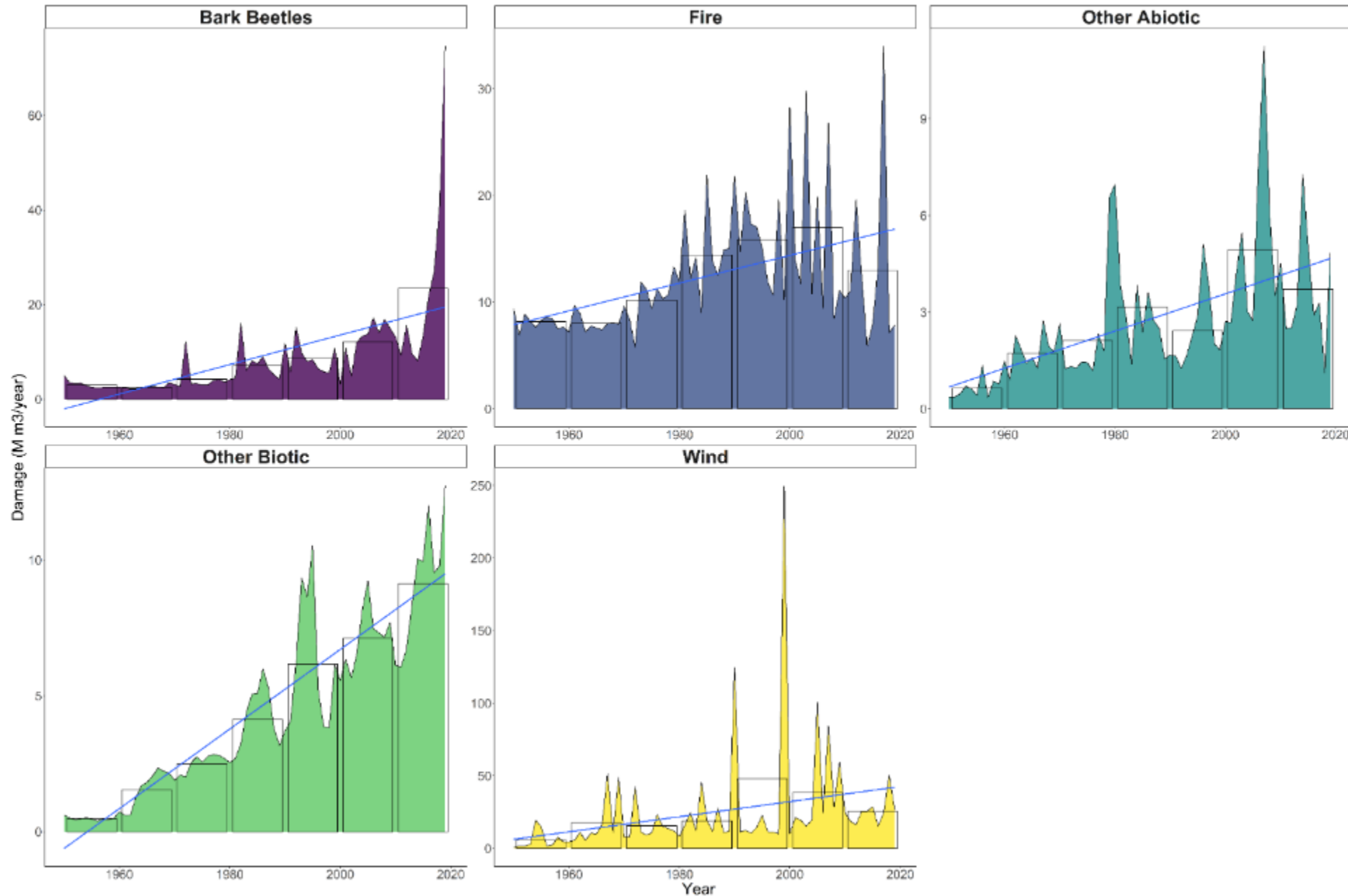
d après : Holzwarth et al. Remote Sens. 2020.

# Evolution des dégâts dans les forêts européennes

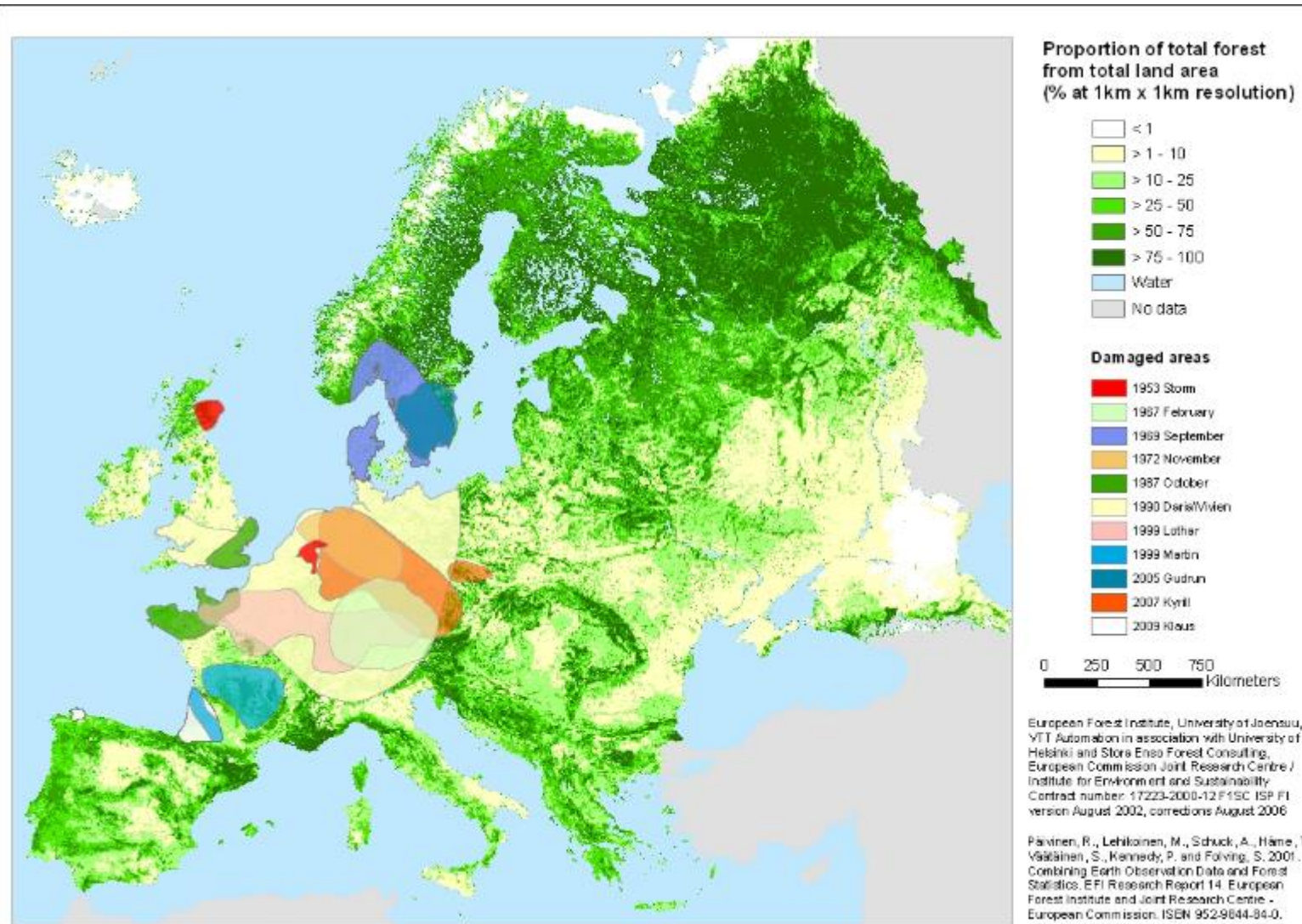
Patacca, M., et al. Significant increase in natural disturbance impacts on European forests since 1950, Glob. Chang. Biol. 2022.



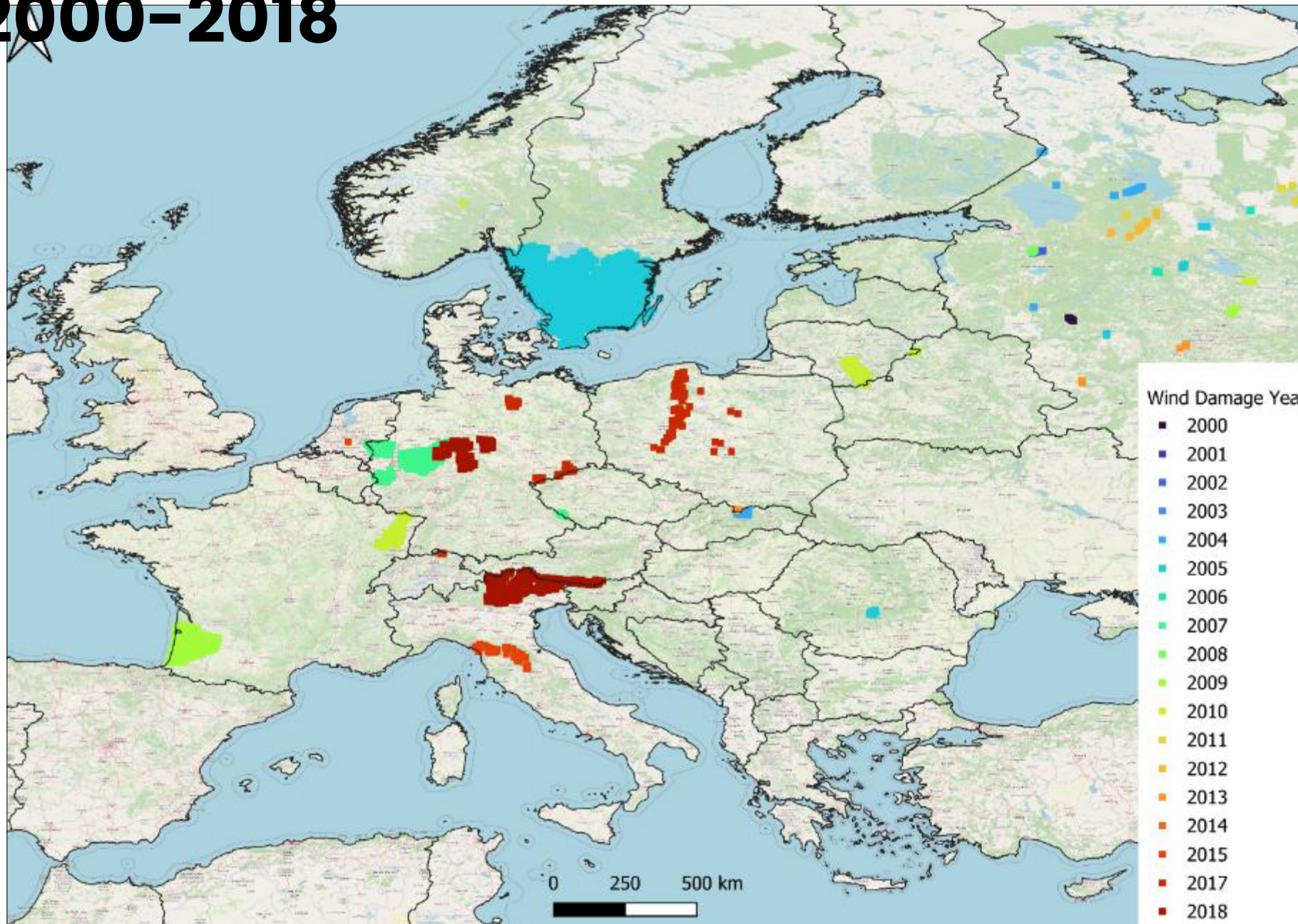
# Evolution des dégâts dans les forêts européennes



# Principales zones affectées par les tempêtes 1950-2009



# Principales zones endommagées par le vent 2000-2018



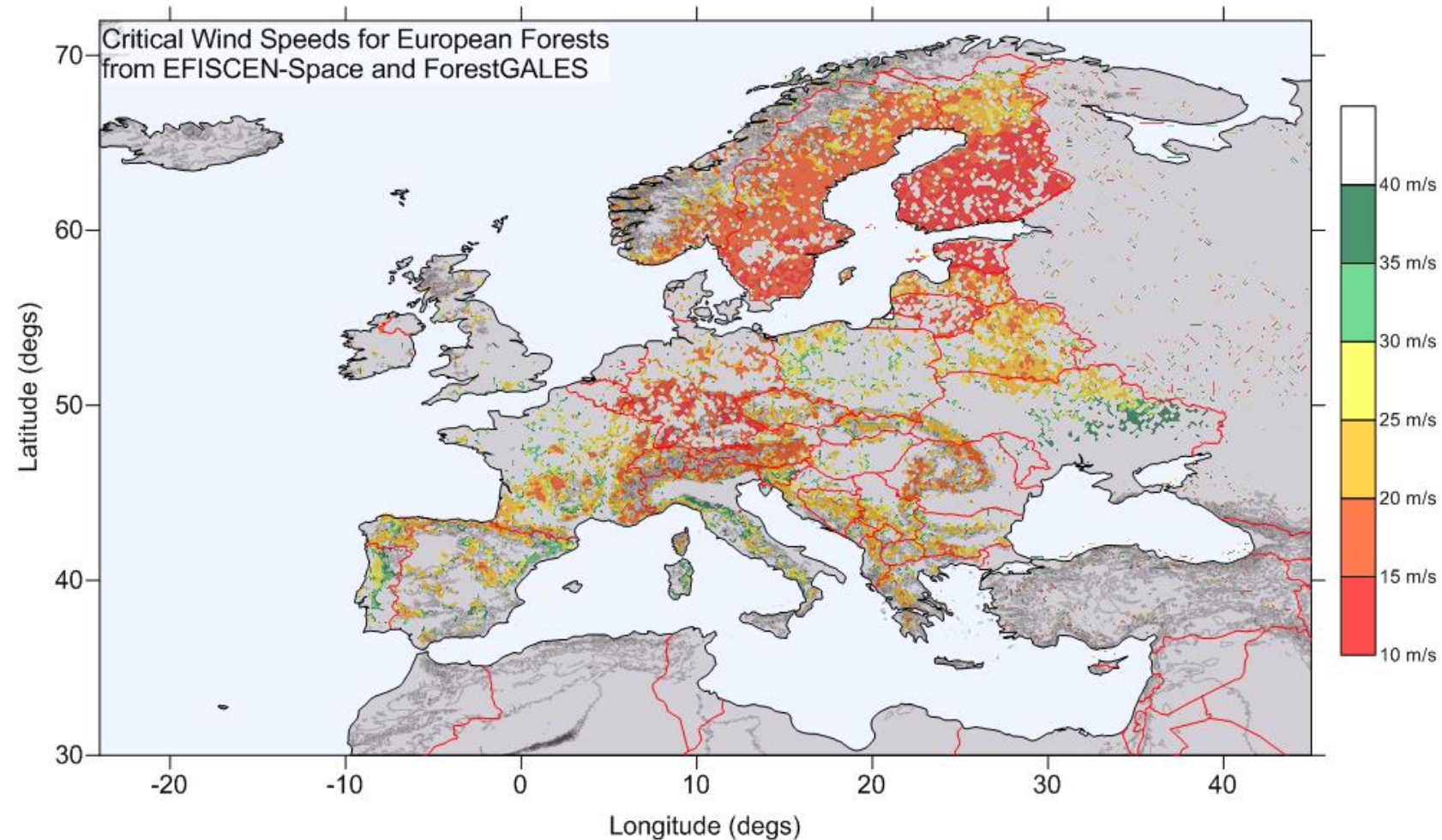
Forzieri et al. (2019). Une base de données spatialement explicite des perturbations éoliennes dans les forêts européennes sur la période 2000-2018. *Données scientifiques du système terrestre, septembre, 1-23.*



# Vitesses critiques du vent pour les dommages causés par le vent

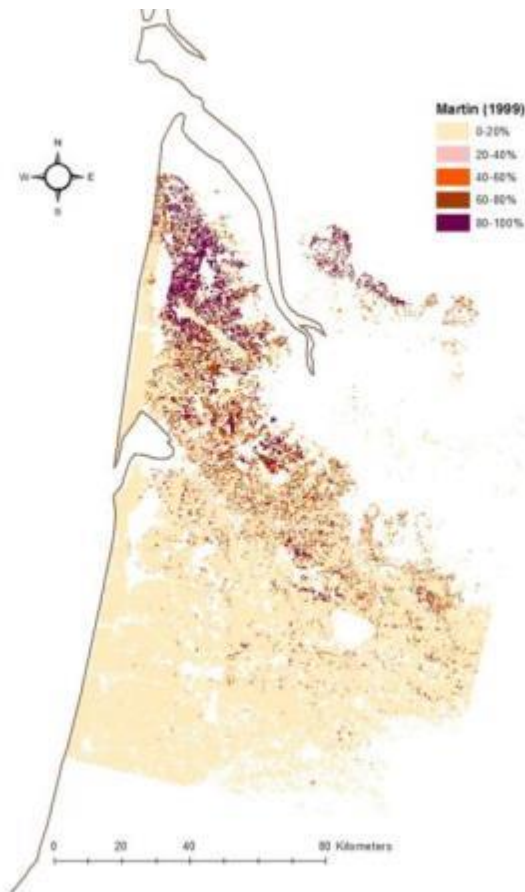
Calcul préliminaire des vitesses critiques du vent pour toutes les forêts européennes

(seules les zones avec un couvert forestier >10% sont représentées – P50%). D'après Gardiner et al. (2012)

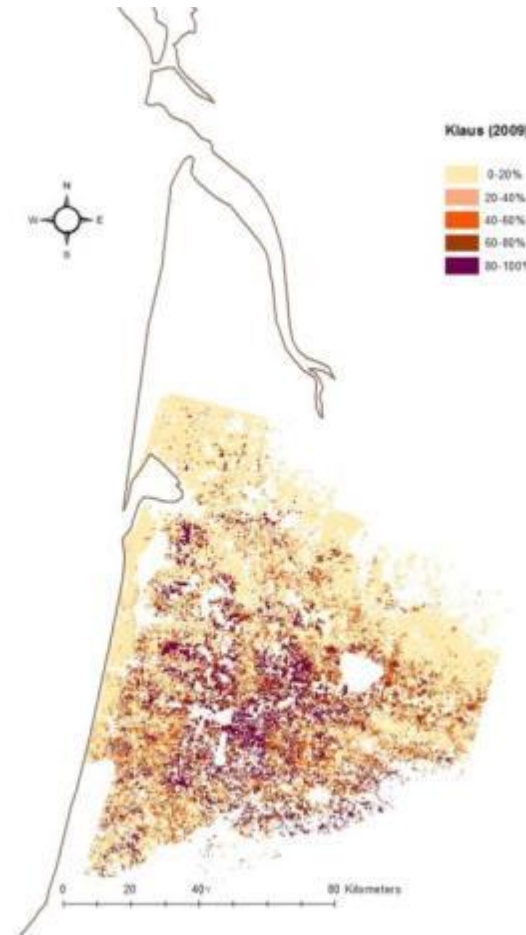


# Les Deux Tempêtes les plus Dévastatrices du Sud-ouest

Tempête Martin, 27-28 Décembre 1999



Tempête Klaus, 24 Janvier 2009



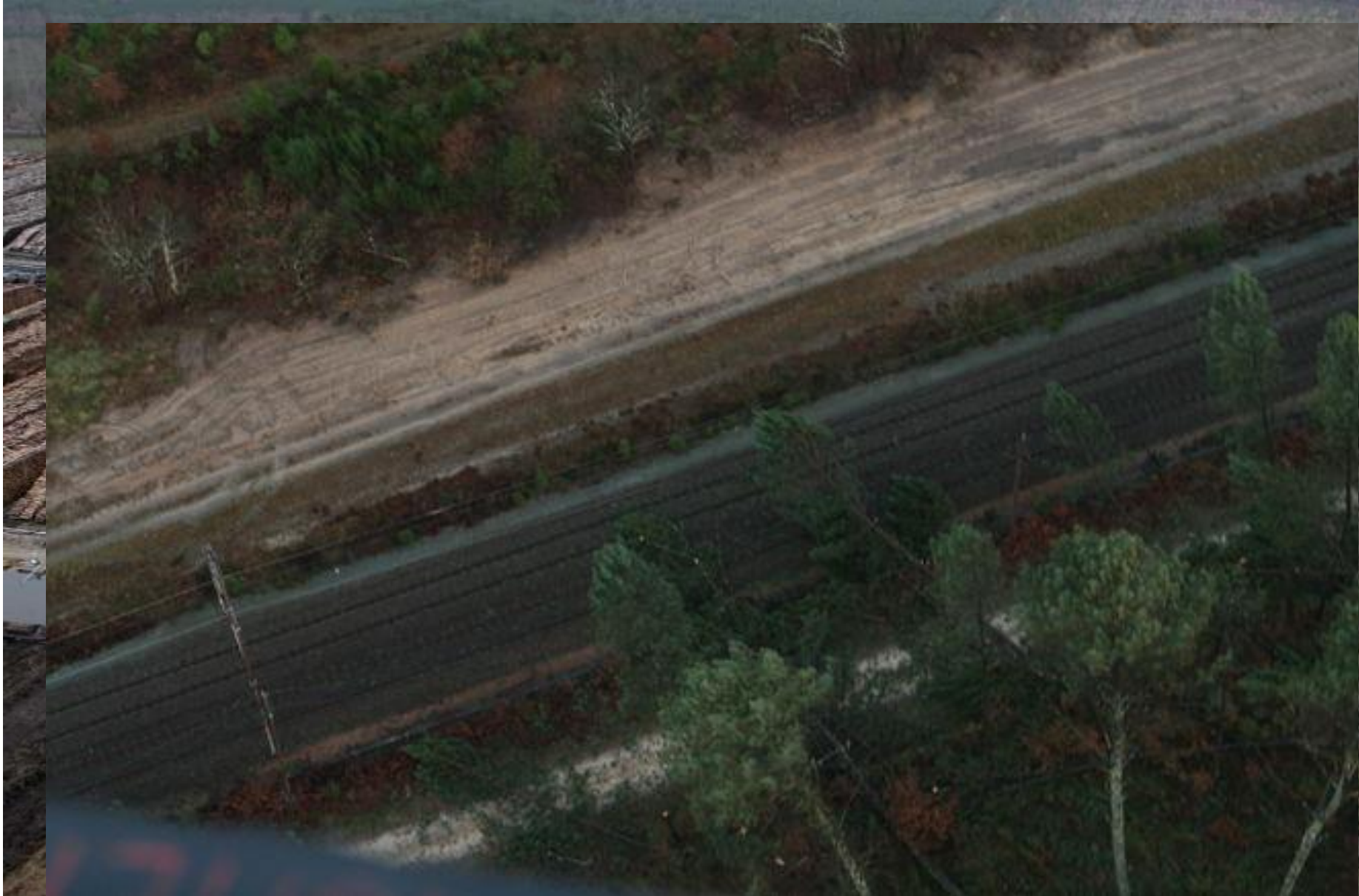
~75 millions de m<sup>3</sup> de bois détruits, ~40 personnes tuées

# Tempête Klaus 24<sup>th</sup> janvier 2009 : Aquitaine



~40  
Mm<sup>3</sup>  
+ 10%

# Impacts des dommages causés aux forêts



# Impacts économiques des dommages causés par le vent aux forêts européennes



Les tempêtes sont responsables de plus de 50 % de tous les dommages forestiers (en volume) en Europe :

- Lothar/Martin en 1999, Europe :  
240 millions de m<sup>3</sup> ont été détruits = 15 milliards d'euros. >100% de la récolte annuelle en Europe.
- Gudrun en 2005, Suède : 75 millions de m<sup>3</sup> ont été détruits  
= 2,4 milliards d'euros. 96% de la récolte annuelle suédoise.
- Klaus en 2009, France : 45 millions de m<sup>3</sup> ont été détruits  
= 2,5 milliards €. 100% de la récolte annuelle française.
- Vaia en 2018, nord-est de l'Italie : 9 millions de m<sup>3</sup> ont été détruits  
= ~0,5 milliards €. 577% de la récolte annuelle régionale et 90% de la récolte italienne.

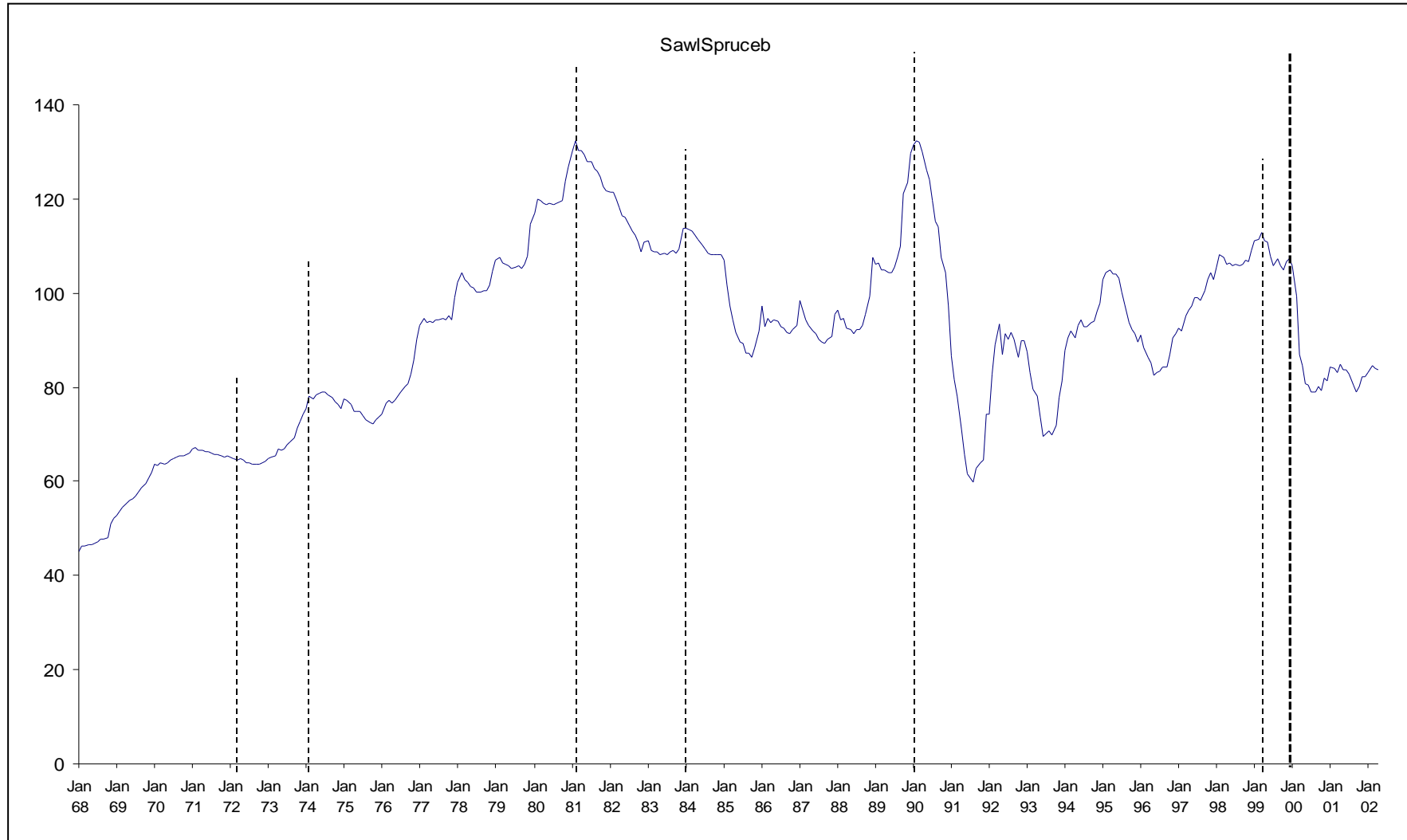
# Dommages causés par les tempêtes Gudrun, Kyrill et Klaus

## Storm

GS = Growing Stock, AF = Annual Felling. European Annual Felling ~ 470Mm<sup>3</sup>

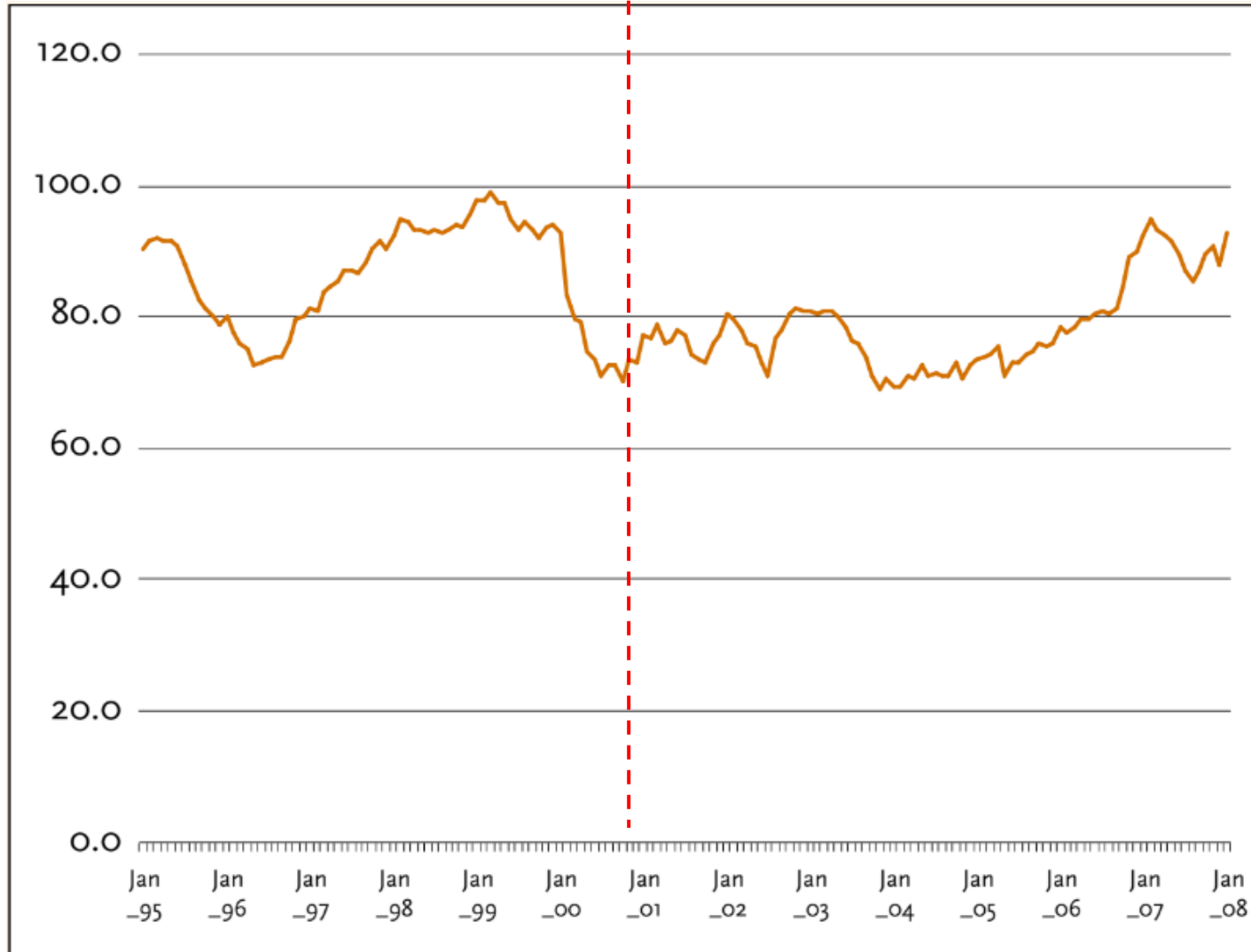
Damage	Gudrun (8 <sup>th</sup> – 9 <sup>th</sup> Jan 2005)	Kyrill (18 <sup>th</sup> Jan 2007)	Klaus (24 <sup>th</sup> Jan 2009)
Primary	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 77.5Mm<sup>3</sup> timber damaged</li> <li>• 270,000ha affected in Sweden</li> <li>• 2.3% GS, 96% AF</li> <li>• 19 people killed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 52-54 Mm<sup>3</sup> timber damaged</li> <li>• 1.1% GS, 57% AF</li> <li>• 45 people killed</li> <li>• €3.5 billion cost to insurance industry</li> <li>• 52,000 homes lost power</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 45 Mm<sup>3</sup> timber damaged</li> <li>• 684,000ha affected in France</li> <li>• 1.8% GS, 100% AF</li> <li>• 31 people killed</li> <li>• 1.7M homes without power</li> </ul>
Secondary	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Mm<sup>3</sup> additional timber destroyed by bark beetle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low impact of bark beetle possibly due to cold weather</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; 4 Mm<sup>3</sup> subsequent damage from bark beetles</li> </ul>
Tertiary	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1600 accidents clearing up damage</li> <li>• Tax reduced by €5/m<sup>3</sup> for damaged timber</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Market remained stable because of wood shortage in region</li> <li>• €1 billion lost in revenue</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prices reduced from €1-45/m<sup>3</sup> to €1-10/m<sup>3</sup></li> <li>• Likely gap in resource over next 15 years</li> </ul>

# Impacts des dégâts causés par le vent sur les forêts allemandes



Prix de l'épicéa de Norvège de 1968 à 2002 en Allemagne, illustrant la chute des prix à la suite des tempêtes de 1972, 1974, 1981, 1984, 1990 et 1999. (Données fournies par Marc Hanewinkel)

# Impacts économiques de la tempête Lothar en Allemagne



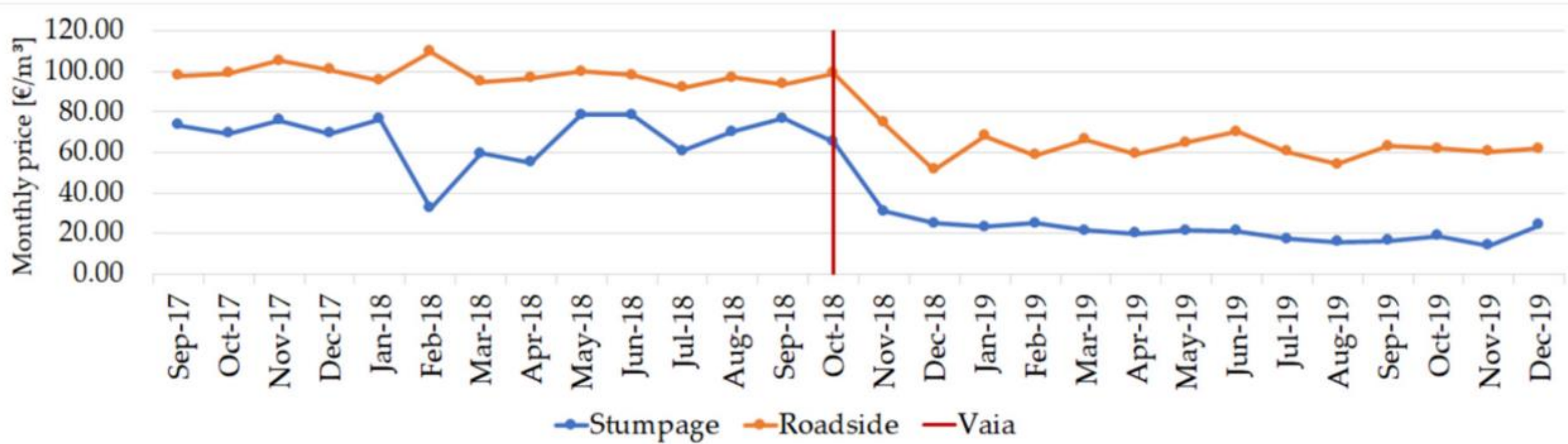
Hanewinkel, M. et Peyron, J. (2013).  
L'impact économique des tempêtes.  
Dans B. Gardiner, A. Schuck, M.-J.  
Schelhaas, C. Orazio, K. Blennow, & B.  
Nicoll (Eds.), *Living with Storm Damage to  
Forests: What Science Can Tell Us* (pp. 57-  
65). Institut européen de la forêt.

Tempête Lothar Décembre 1999

Évolution des prix du bois pour les grumes d'épicéa (qualité B) en bord de route de 1995 à 2008 dans les forêts domaniales en Allemagne. Indice : 2010=100%. Source des données : Statistisches Bundesamt 2012.



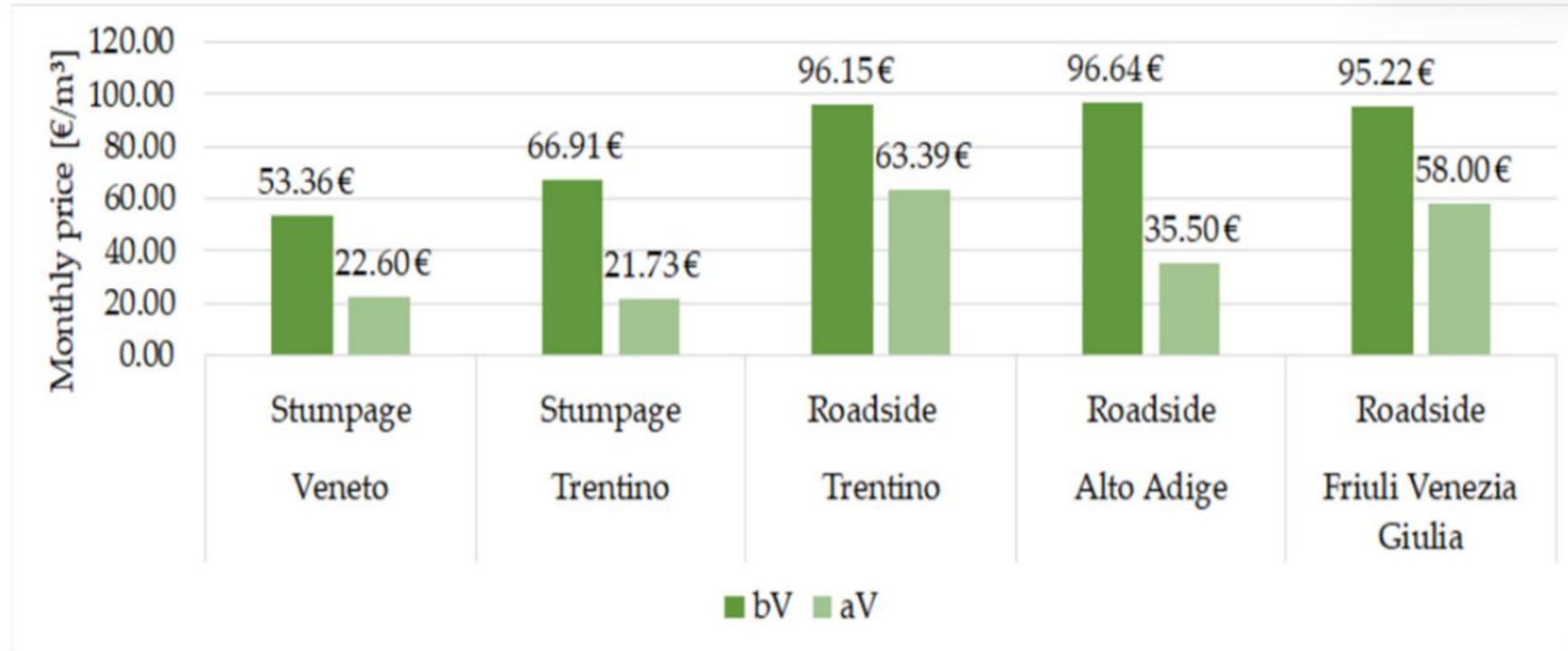
# Impacts des dégâts causés par le vent sur les forêts italiennes



**Figure 5.** Analysis of the price trend data—spruce timber—Province of Trento.

Udali, A., Andrighetto, N., Grigolato, S. et Gatto, P. (2021). Economic impacts of forest storms-taking stock of after-vaia situation of local roundwood markets in northeastern italy. *Forests*, 12(4). [Austrian export]  
<https://doi.org/10.3390/f12040414>

# Impacts des dégâts causés par le vent sur les forêts italiennes



Udali, A., Andrighetto, N., Grigolato, S. et Gatto, P. (2021). Economic impacts of forest storms-taking stock of after-vaia situation of local roundwood markets in northeastern italy. *Forests*, 12(4).  
<https://doi.org/10.3390/f12040414>

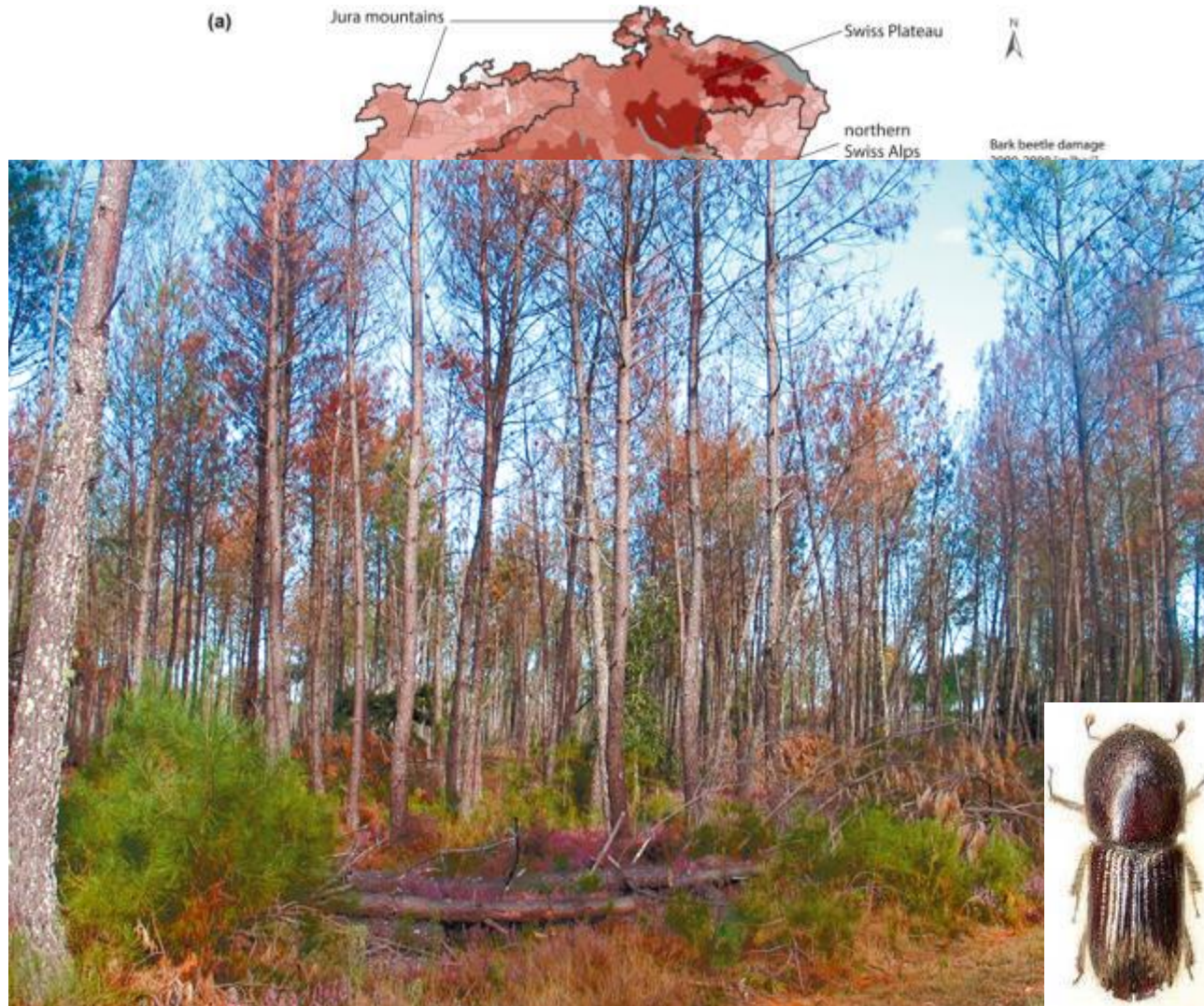
# Effet du changement climatique sur le régime vent



THEGUARDIAN.COM

**US Atlantic coast now a breeding ground for supercharged hurricanes – study**

# Dommmages causés par le vent et scolytes



# Dommmages causés par le vent, scolytes, chutes de pierres et avalanches



# Effet de la gestion forestière sur la résistance au ven



Contents lists available at [SciVerse ScienceDirect](#)

## Forest Ecology and Management

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco)



## Does mixing tree species enhance stand resistance against natural hazards? A case study for spruce

Verena C. Griess<sup>a,\*</sup>, Ricardo Acevedo<sup>a</sup>, Fabian Härtl<sup>a</sup>, Kai Staupendahl<sup>b,1</sup>, Thomas Knoke<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Institute of Forest Management, Center of Life and Food Sciences Weihenstephan, Technische Universität München, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 Freising, Germany  
<sup>b</sup>Department of Forest Economics and Forest Management, Georg-August-University Göttingen, Büsingenweg 3, 37077 Göttingen, Germany

## Forest biodiversity, ec and the provision of e

Eckehard G. Brockerhoff<sup>1</sup> · L David I. Forrester<sup>4</sup> · Barry G. Phil O'B. Lyver<sup>7</sup> · Nicolas Meurisse<sup>8</sup> · Anne Oxbrough<sup>9</sup> · Hisatomo Taki<sup>10</sup> · Ian D. Thompson<sup>11</sup> · Fons van der Plas<sup>12</sup> · Hervé Jactel<sup>3</sup>

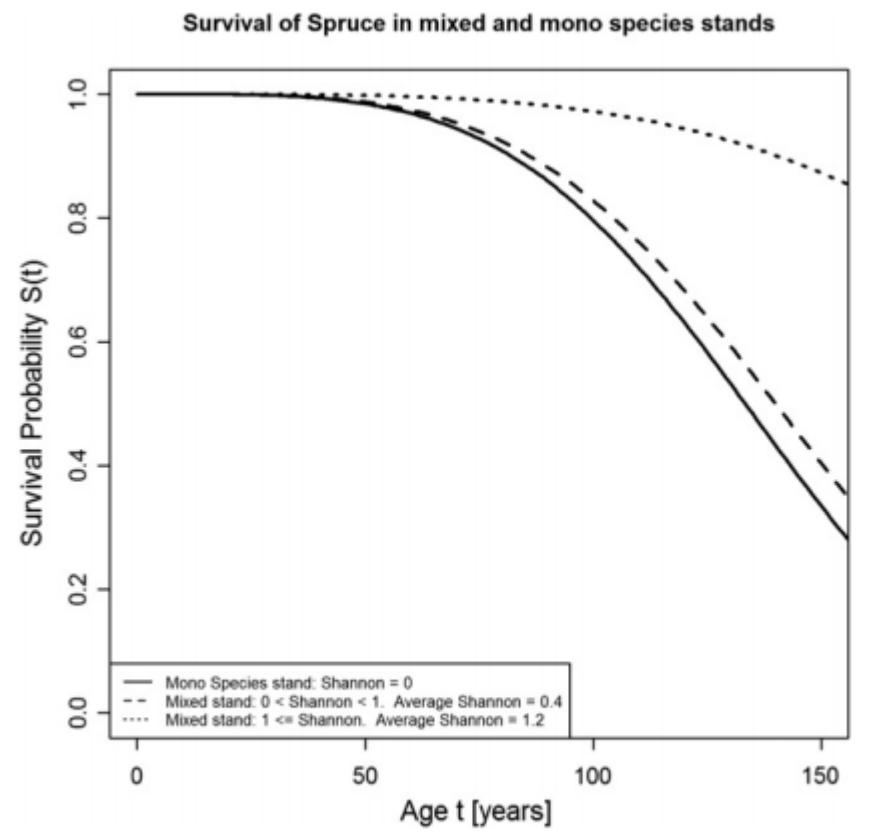


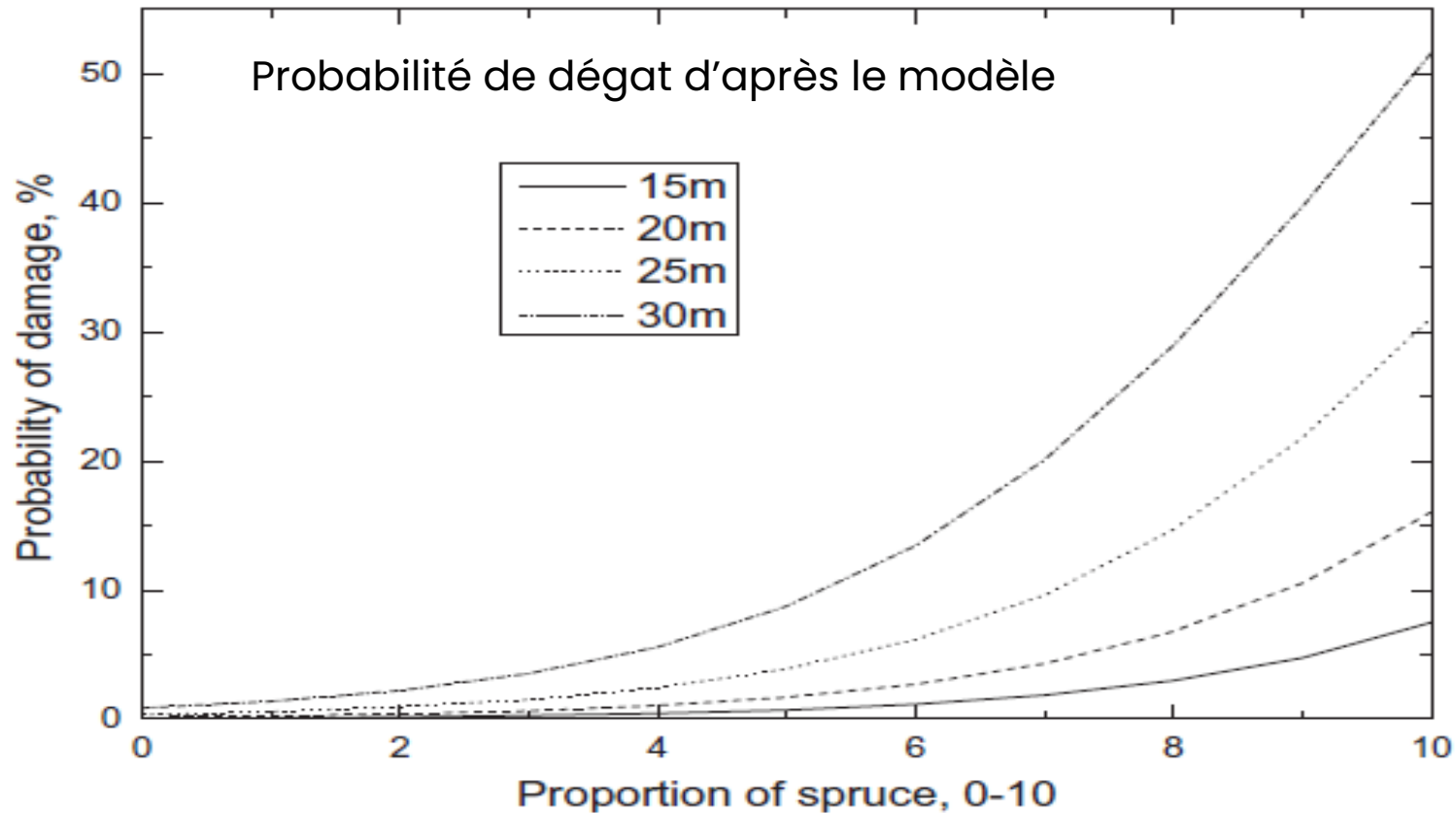
Fig. 4. Survival of spruce trees in mixed and mono species stands, defined by Shannon Index.

# Influence du mélange de conifères et de feuillus

REVIEW / SYNTHÈSE

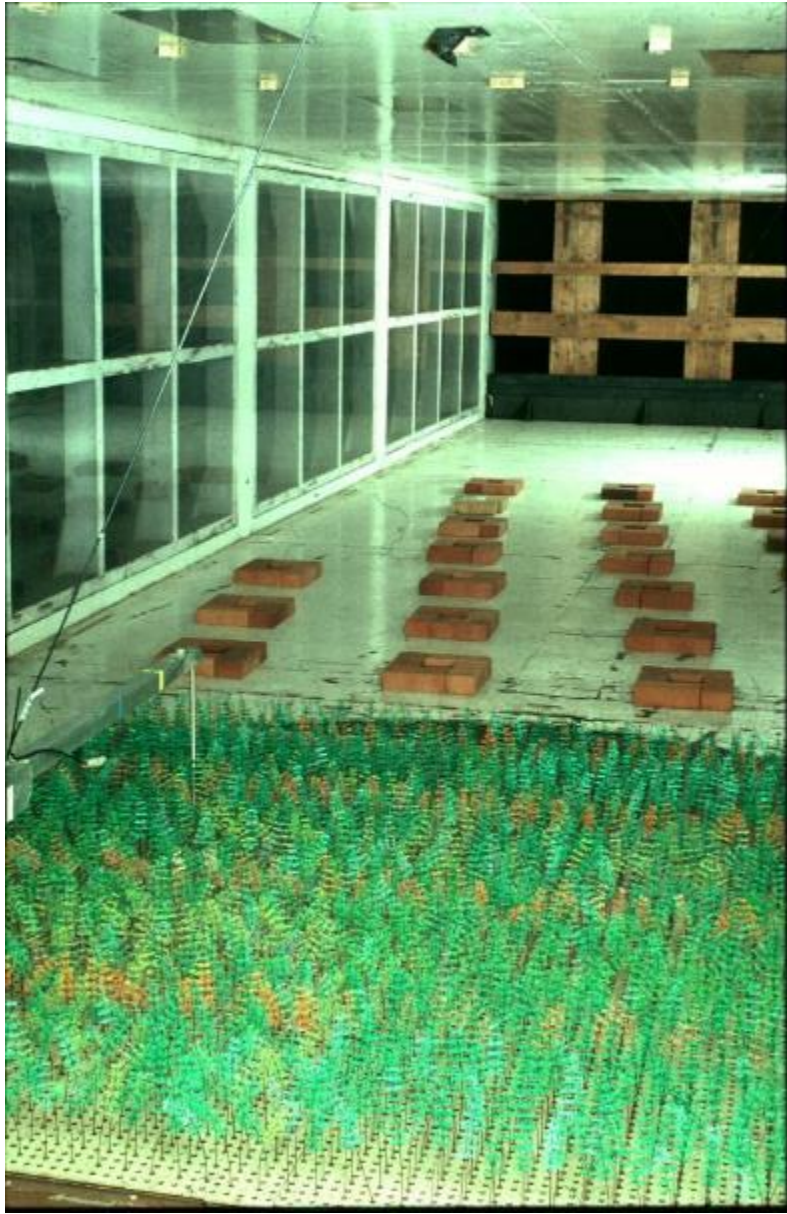
Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden

Erik Valinger <sup>a,\*</sup>, Jonas Fridman <sup>b</sup>



**Fig. 2.** The logistic relation between the probability of damage (%) as a function of proportion of Norway spruce (0–10, where 10 represent 100%), mean height (m), and proportion of deciduous trees (0–10) (cf. Table 2a).

# Influence des peuplements d'âges différents

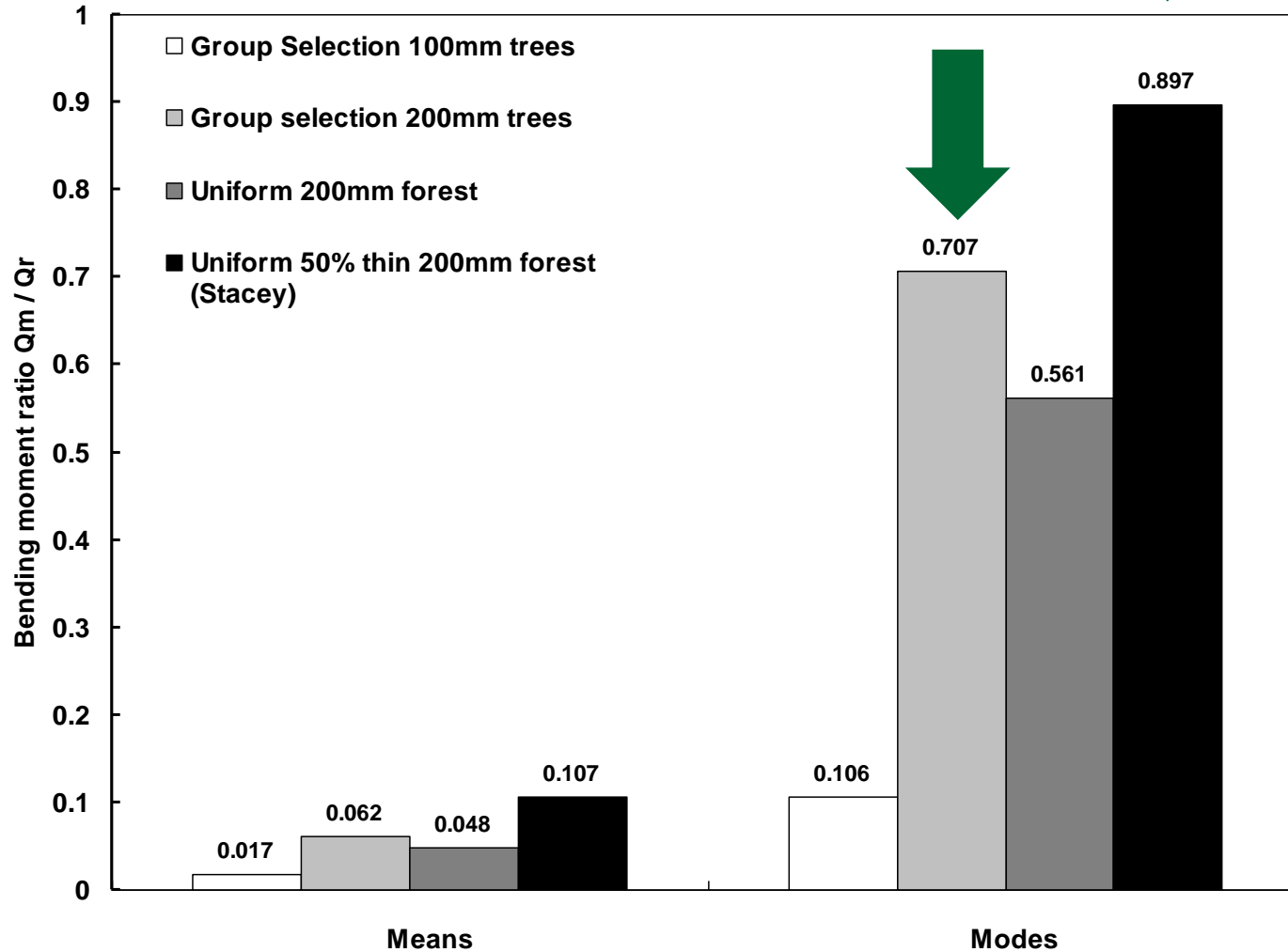


en  
tivité





# Effet des arbres en sous-étage sur la charge de vent



Rapport =  $0,707/0,897 = \mathbf{0,788}$

La présence d'arbres plus petits dans la soufflerie réduit de **21%** la charge de vent sur les arbres les plus hauts

Les résultats ont été identiques lors des observations terrain.

# Résumé

- Les attentes vis à vis des forêts augmentent continuellement
- Les risques et les dommages causés aux forêts augmentent de façon alarmante
- Les types de dommages évoluent avec le changement climatique
- Il existe de fortes interactions entre les différents risques
- Les forêts d'âge et d'espèces mélangés semblent résister à un certain nombre de risques tels que le vent. **MAIS** pas à tous les risques
- Le statu quo n'est plus de mise

# L'avenir : Quelques alternatives de gestion forestière

Rotation courte

Objectifs combinés



# Rôle des forêts plantées : Avantages potentiels

- Choix d'espèces/provenances/familles/clones mieux adaptés aux conditions, au climat futur et aux marchés
- Plantation des mélanges d'espèces souhaitées et non subis
- Bénéfice des programmes de sélection (par exemple, augmentation de la productivité, de la résistance aux maladies, de la résistance à la sécheresse, etc.)
- Forêt mieux gérée qui facilite l'accès, l'éclaircie, la récolte, l'observation, etc.
- Des révolutions plus courtes permettent des changements en fonction de l'évolution des conditions environnementales
- Productivité accrue (plus avec moins de terres)

# Rôle des forêts plantées : Problèmes et écueils potentiels

- Risque de se concentrer sur un très petit nombre d'espèces/provenances/familles/clones souhaitables
- Il pourrait être difficile de s'adapter aux nouvelles demandes du marché si l'on se concentre trop sur quelques espèces spécifiques.
- Réduction potentielle de la valeur de la biodiversité
- Soins à apporter lors de la récolte pour protéger le sol et le carbone du sol
- Requièrent généralement des intrants plus importants (argent, temps, engrais, machines, etc.).
- Plus exposés aux ravageurs spécifiques
- Questionnement sur leur résilience

# Forêts plantées : Quelques bonnes nouvelles

- Les forêts plantées offrent la possibilité de répondre à certains des problèmes auxquels est confronté le secteur forestier.
- Les connaissances et les outils nécessaires à la mise en œuvre de systèmes permettant d'accroître la productivité de nos forêts et d'utiliser au mieux les matériaux qu'elles produisent sont déjà disponibles.
- Nous disposons de connaissances sur les risques encourus par les forêts et d'outils permettant d'évaluer et de prévoir ces risques.

# Forêts plantées et gérées : Connaissance du risque éolien



No 3  
2024

ForêtTempête 1.1

Fichier Mode Options Fenêtre Assistance

Prédictions de peuplement individuel en utilisant des mesures de terrain

Les Caractéristiques du Peuplement

Peuplement ForêtTempête1

Groupe de Sol A: Sol minéral et bien drainés

Enracinement 1: Enracinement Superficiel (< 100 cm)

Espacement des arbres (m) 2,8

Densité de Peuplement (N/ha)

Caractéristiques des arbres

Espèces Pinus pinaster (données françaises)

Hauteur dominant du Peuplement (m) 20.0

Moyenne Diamètre (cm) 20.0

Effet de Lièze

Lièze établie

Lièze nouvelle

Largeur de la clairière (m) 0

Weibull

Latitude 45.00 42 0 0 \*N

Longitude 0.00 0 0 0 \*W

Trouver le coefficient de Weibull de l'endroit Weibull A 3.60

Trouver les coordonnées géographiques Weibull K 1.55

Prédictions de peuplement individuel à travers le temps en utilisant des tables de croissance

Les Caractéristiques du Peuplement

Peuplement ForêtTempête1

Groupe de Sol A: Sol minéral et bien drainés

Enracinement 1: Enracinement Superficiel (< 100 cm)

Classe de Fertilité 02

Système de éclaircissage Éclaircie par le haut

Espacement initial (m) 2

Caractéristiques des arbres

Espèces Pinus pinaster (données françaises)

Lièze établie

Lièze nouvelle

Largeur de la clairière (m) 0

Weibull

Latitude 45.00 42 0 0 \*N

Longitude 0.00 0 0 0 \*W

Trouver le coefficient de Weibull de l'endroit Weibull A 3

Trouver les coordonnées géographiques Weibull K 1.55

Année de plantation 1970

Espacement initial (m) 2

Âge 20

Effet de Lièze

Lièze établie

Lièze nouvelle

Largeur de la clairière (m) 0

Risque de Dégâts de Vent

Statut du Risque de Dommages	Périodes de Réurrence	Vitesse du vent critique	Vitesse du vent critique à h
Chablis	700	38.3 m/s	30.2 m/s

Prédictions de peuplement à travers le temps - ForêtTempête1

Nombre moyen d'années jusqu'à le dégât

Périodes de Réurrence (années)

Âge du Peuplement (années)

Chablis Rupture

Chablis Rupture DNP Hauteur Espacement Moyenne Diamètre N/ha WDRS Chablis Rupture

empête en  
taine

nageurs du  
forestiers

# **Conclusion :**

## **Augmentation du niveau de risque abiotique et biotique**



- La sylviculture doit être dynamique et flexible pour intégrer les changements et s'adapter aux problèmes à venir.
- Les systèmes sylvicoles doivent être résilients et intégrer des stratégies d'atténuation des risques en fonction de l'évolution du climat.
- Exiger un niveau beaucoup plus élevé d'échange d'informations tout au long de la chaîne forêt-bois.
- La gestion de notre paysage forestier doit se faire avec une diversité de structures forestières et d'autres utilisations des terres; c'est le principal défi pour l'avenir.
- Nécessitent l'investissement, la coopération et la collaboration de toutes les parties prenantes pour assurer l'avenir de la sylviculture en Europe.



**Merci de votre attention.**