



Production, vulnérabilité et résilience aux aléas climatiques

Nathalie Bréda

UMR INRA - UdL 1137 - Nancy

Ecologie et Ecophysiologie Forestières

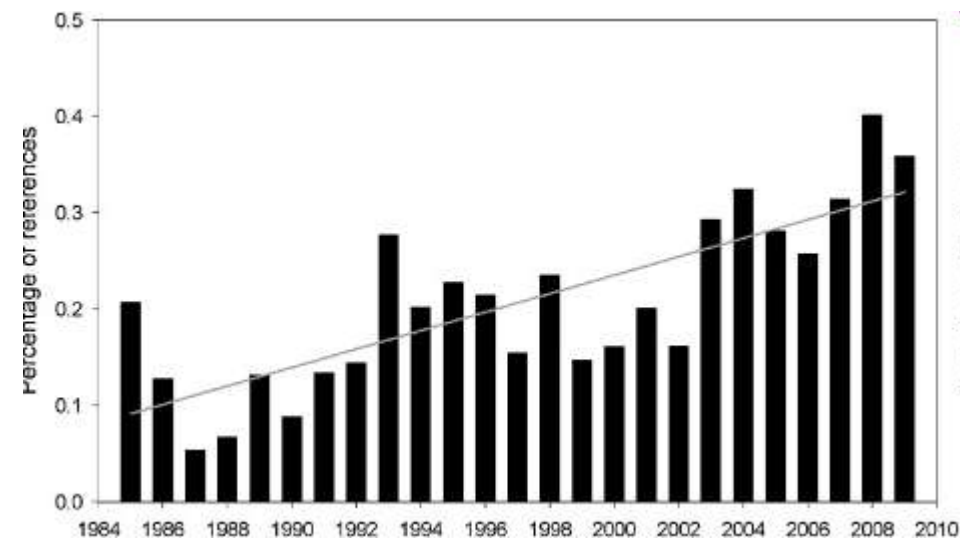
breda@nancy.inra.fr



Le dépérissement des forêts dû aux sécheresses : un phénomène planétaire croissant ?

Craig D. Allen, Los Alamos, Nouveau-Mexique (États-Unis)
pose la question

scientific literature, for the years 1985–2009
forest + mortality + drought in all forest papers



Mortalités anormales suite à des sécheresses

Lieux où sévit une mortalité accrue des forêts liée au stress climatique provoqué par la sécheresse et les températures élevées

Allen et al. 2010

Grave mortalité de l'été dominant du tremble (*Populus tremuloides*), suite à la sécheresse de 2001–2002 dans la zone de la forêt-parc du Séquoia, Canada (août 2004)



Mortalité de *Pinus sylvestris* due à la sécheresse, Andalousie, Espagne (avril 2006)



Mortalité de *Pinus sylvestris* due au climat, Valais, Suisse (1999)



Mortalité observable dans un peuplement de *Pinus yunnanensis*, Province du Yunnan, Chine, due à une sécheresse qui a provoqué des infestations de scolytes *Tomicus yunnanensis* et *Tomicus minor* entre 2003 et 2005 (juillet 2005)



Mortalité d'*Acacia annua* due à la sécheresse, Australie orientale (2007)



Mortalité après une sécheresse chaude au début des années 2000, montagnes de Jemez, Nouveau-Mexique, États-Unis: à gauche, mortalité de *Pinus ponderosa* (juillet 2008); à droite, mortalité massive de *Pinus edulis* et survivants clairsemés de *Juniperus monosperma* (mai 2004)



Mortalité de *Nothofagus dombeyi* dans un peuplement mixte composé de *N. dombeyi*-*Austrocedrus chilensis*, due à une sécheresse chaude en 1998–1999, nord de la Patagonie, Argentine (septembre 2004)

Une tempête de poussière souffle à travers un peuplement d'*Acacia atyia* dans le Soudan, où le dépérissement a fait l'objet de documentation pendant la seconde moitié du XX^e siècle (1993)



Mortalité de *Cedrus atlantica* causée par la sécheresse, parc national de Beni-Zine, Algérie, avec sous-bois survivant comprenant *Quercus ilex* (2007)



Dépérissement et déclin de *Juniperus procera*, *Astragalus saudiensis* (mars 2006)

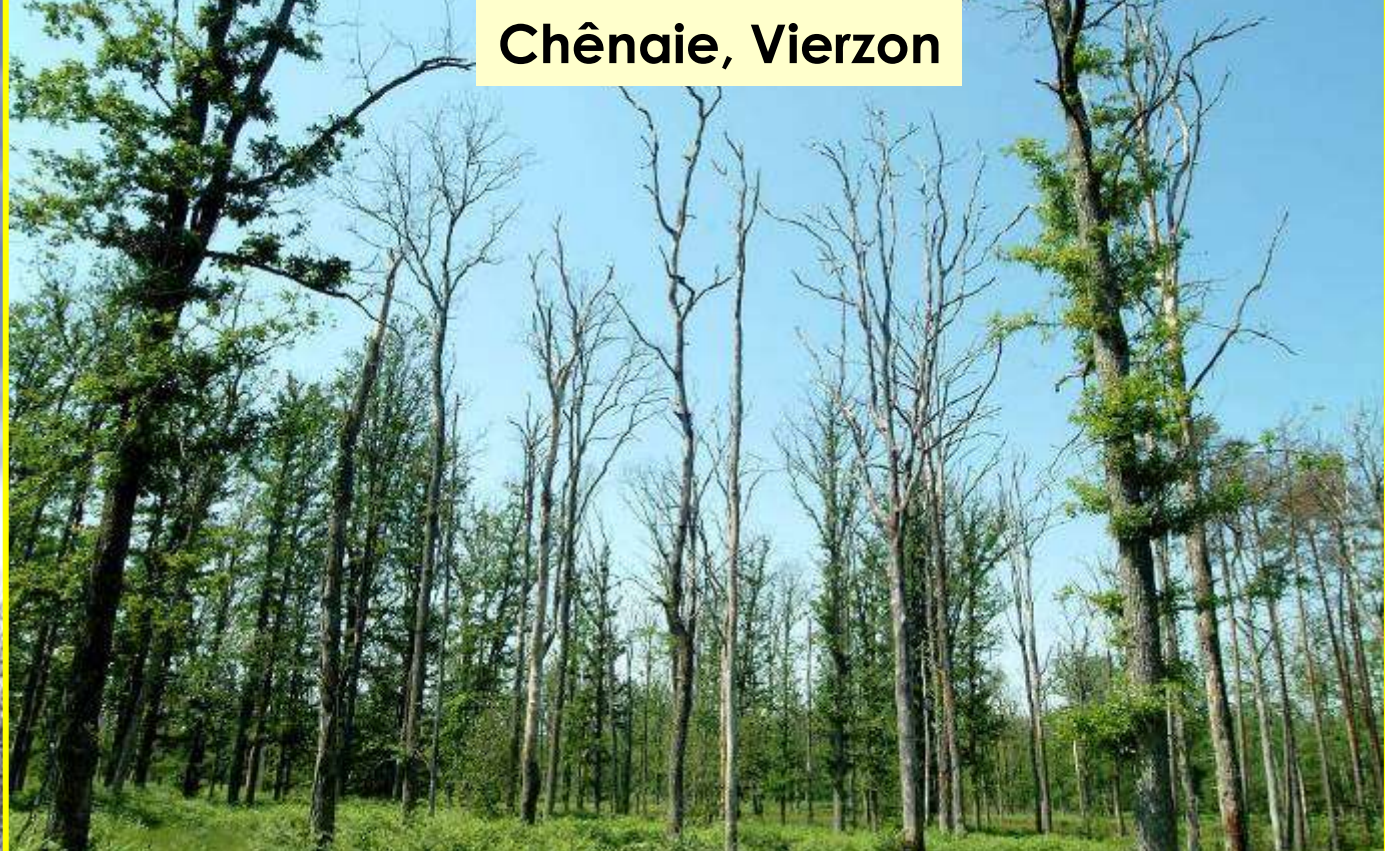
N. Bréda, CIAG Forêt, Décembre 2011

Note: Deux des lieux indiqués dans le tableau sont présentés; de nombreux autres lieux sont détaillés dans Allen et al., 2008.

Cèdres, Les Barres



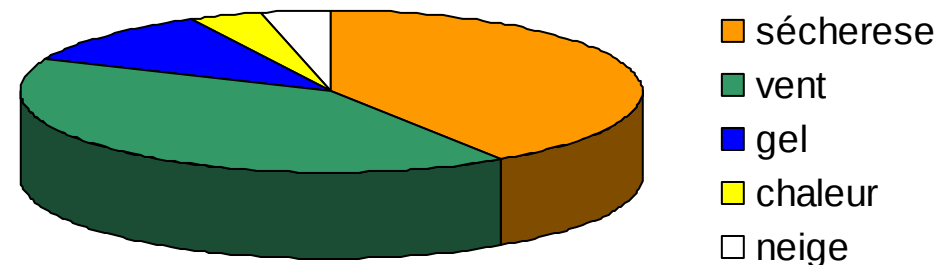
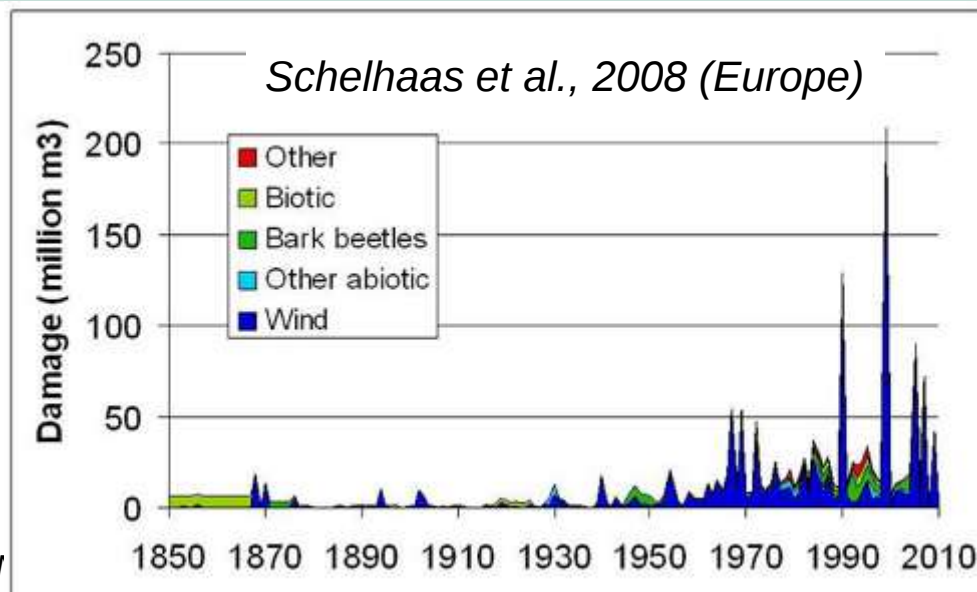
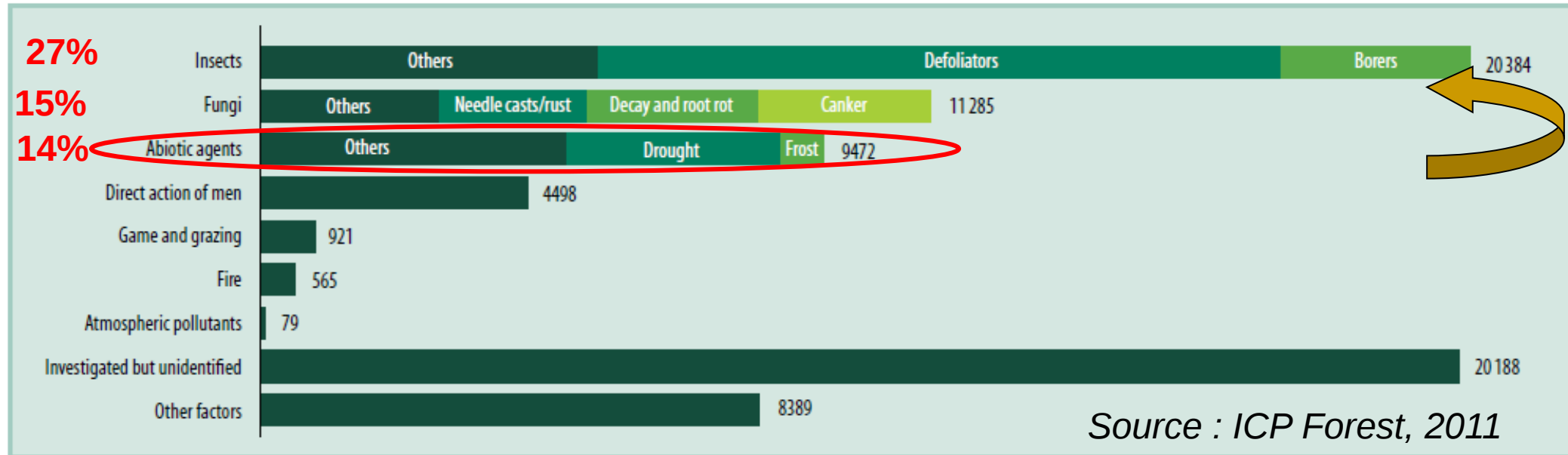
Chênaie, Vierzon



Sapin, Ventoux



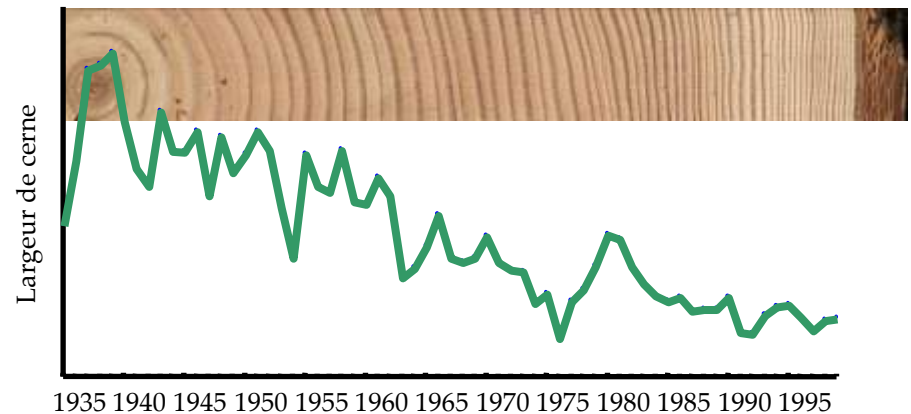
Les aléas abiotiques parmi les causes de dommages aux forêts en Europe



Source : EFI, Data base abiotic risk, France jusqu'en 1999

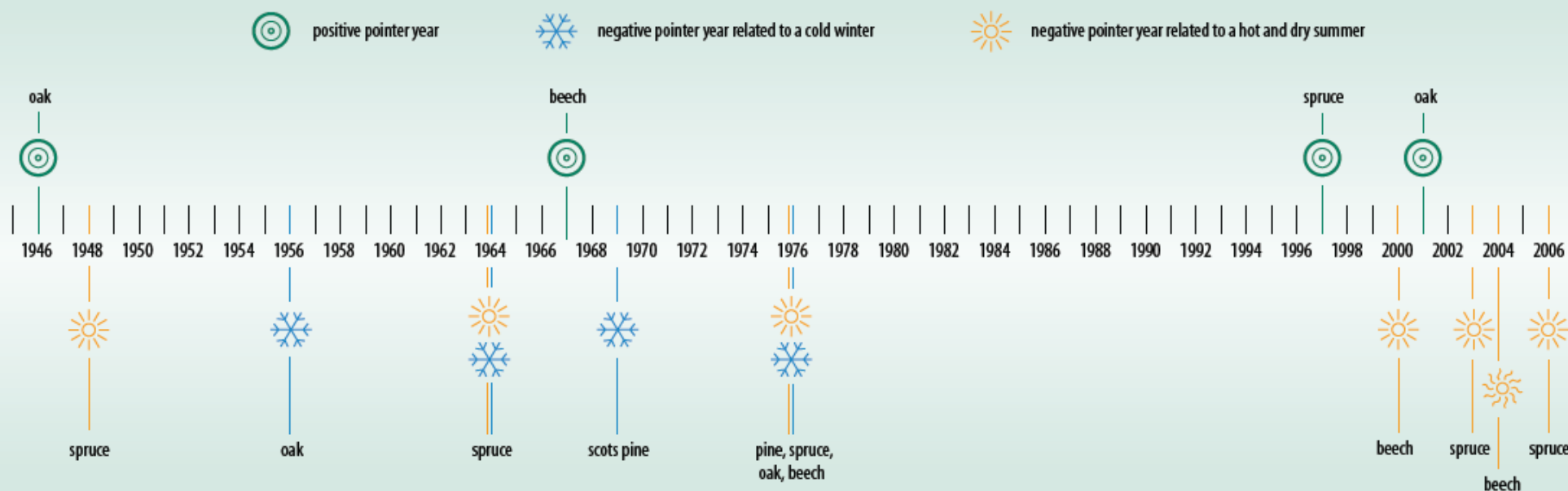
Variabilité climatique et événement extrême

Variabilité interannuelle de croissance
et années caractéristiques



Aléa climatique : années caractéristiques pour la croissance des arbres

88 Level II plots, Allemagne (ICP Executive Report, 2011)



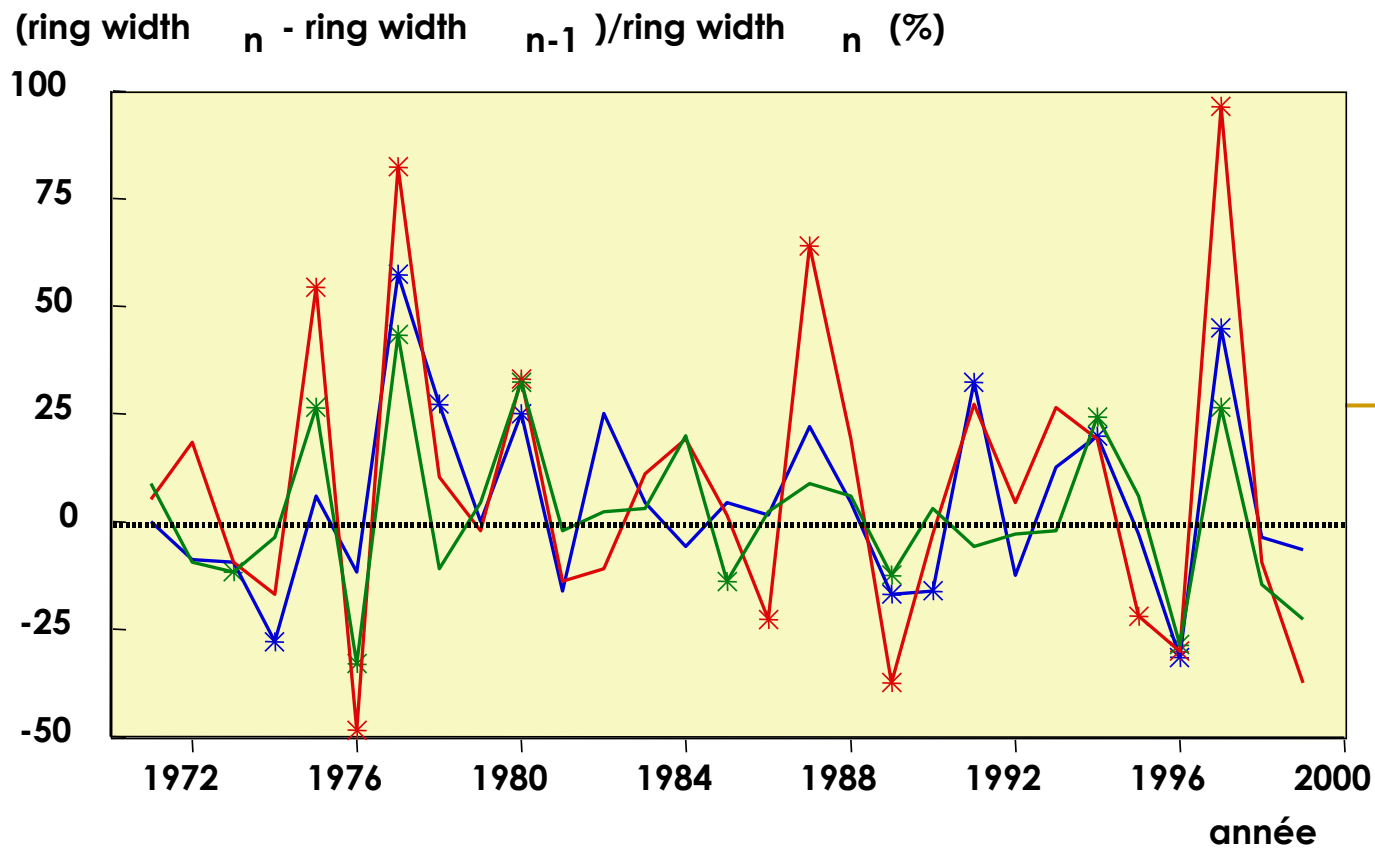
Augmentation des fréquences d'années caractéristiques négatives

Moins de réponses « hiver froid »

Des réponses espèces-dépendantes

Croissance radiale et années caractéristiques entre espèces

— Pinus (n=240) — Fagus (n=316) — Quercus (n=400)

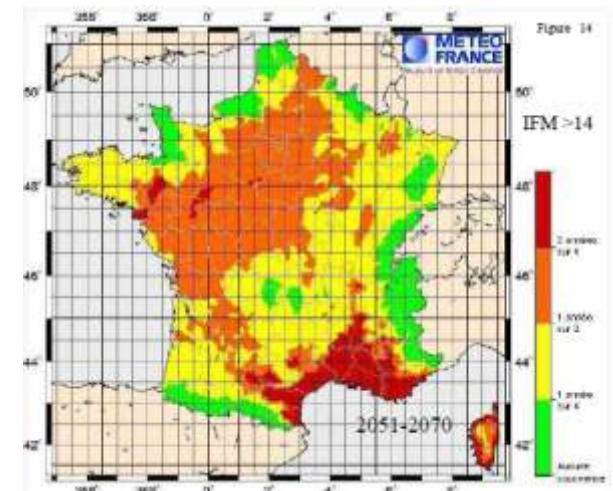
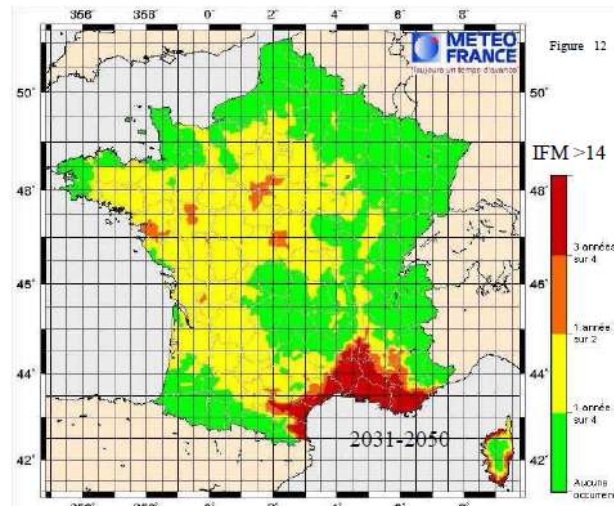
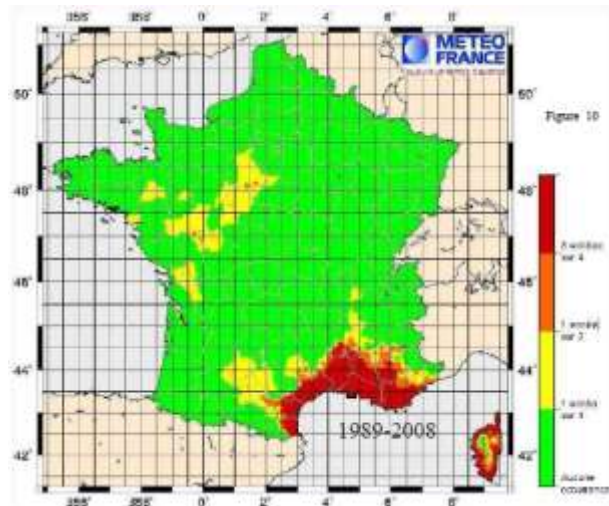
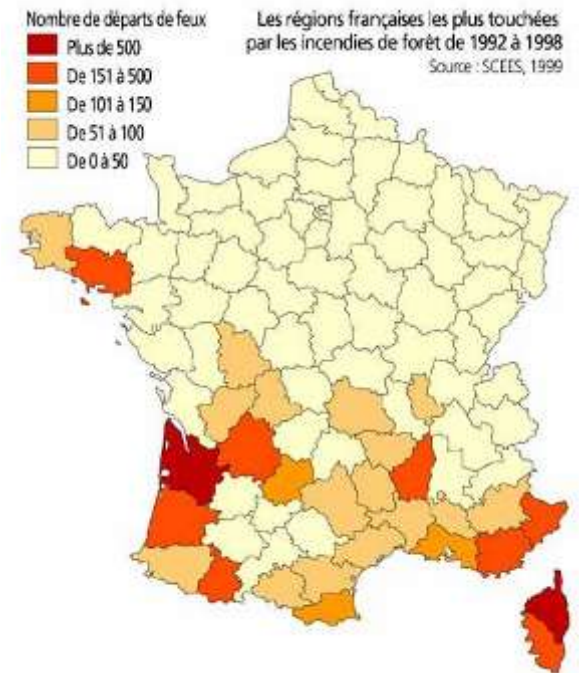
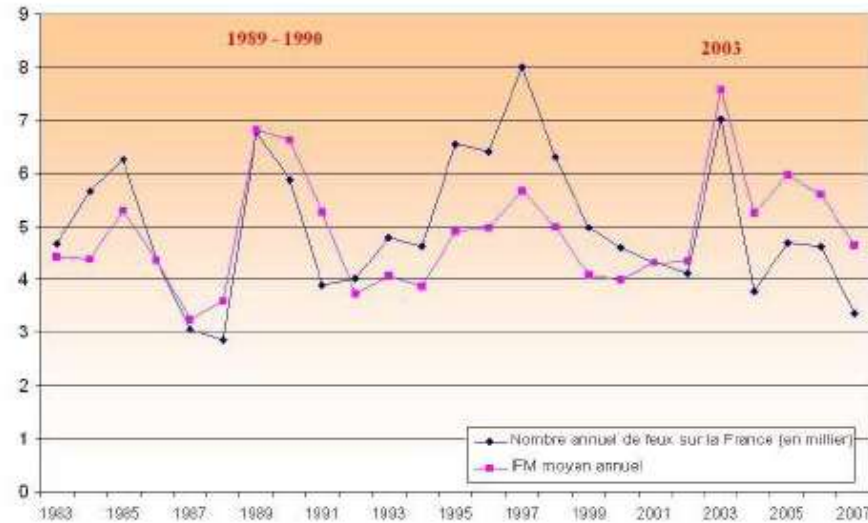


Sensibilité au climat différente selon les essences
Conséquences sur la régularité des propriétés du bois (densité du bois)

N. Bréda et al., 2002

Aléa induit : sensibilité au risque incendie estival

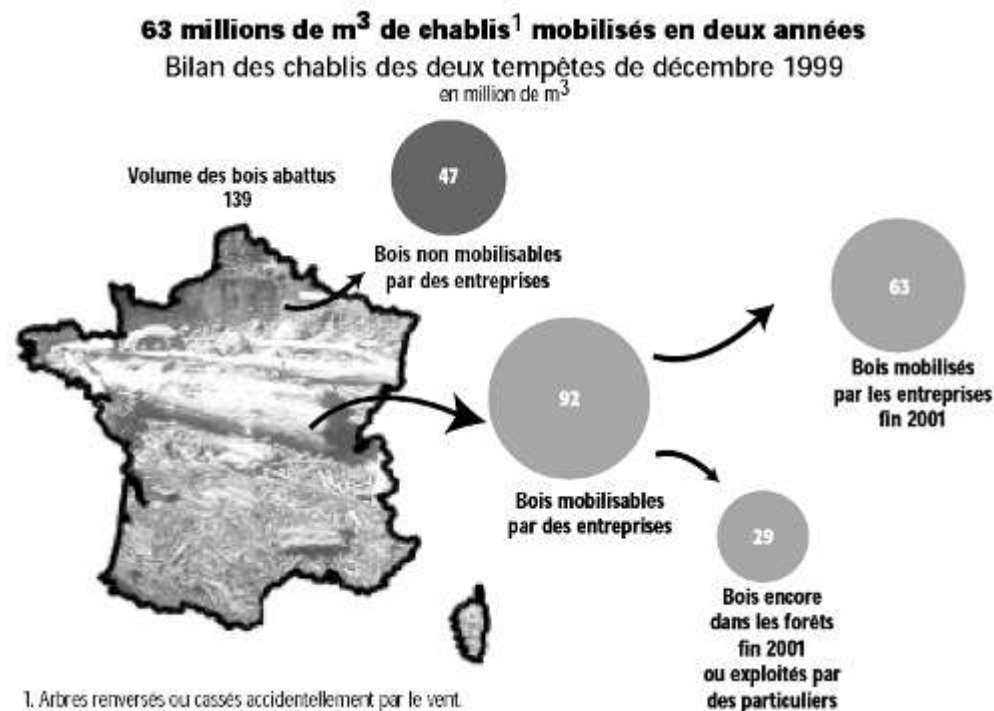
Indice Forêt Météo = $f(\text{sensibilité végétation} \times \text{humidité du sol})$



Groupe d'experts interministériel, IFN, ONF, Météo France (2010)

Evènement climatique extrême : vents violents

pertes de production directes (chablis) et
induites (dépérissement, dégradation des
potentialités des sols)



Agreste (2001)

http://www.inra.fr/ciag/colloques_agriculture/forets_et_tempetes (2009)

Réduction de croissance et sécheresse

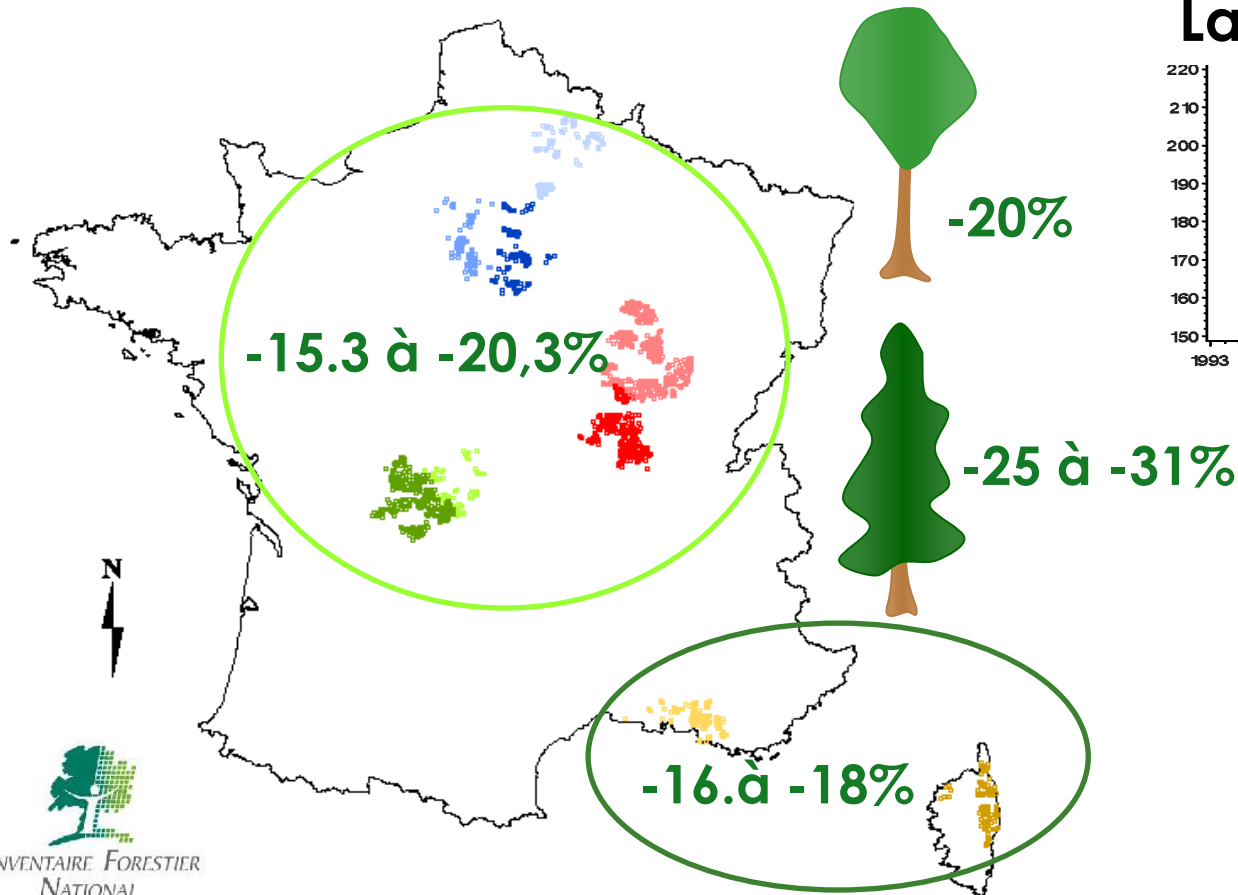
Quantification, vulnérabilité et résilience
à moyen et long terme

Réductions de croissance radiale en 2003

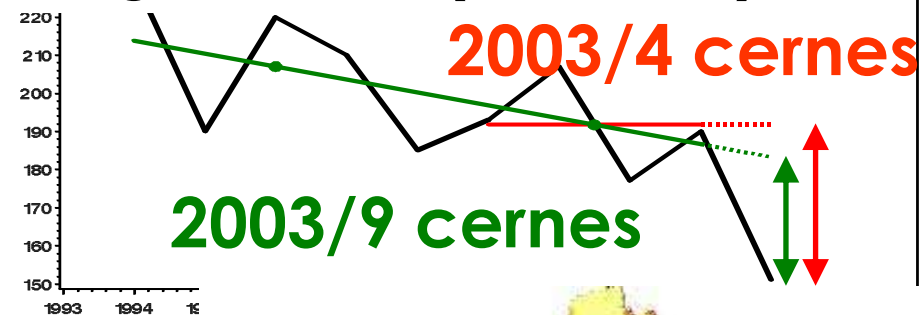
21395 arbres
1945 points
Surface cerne



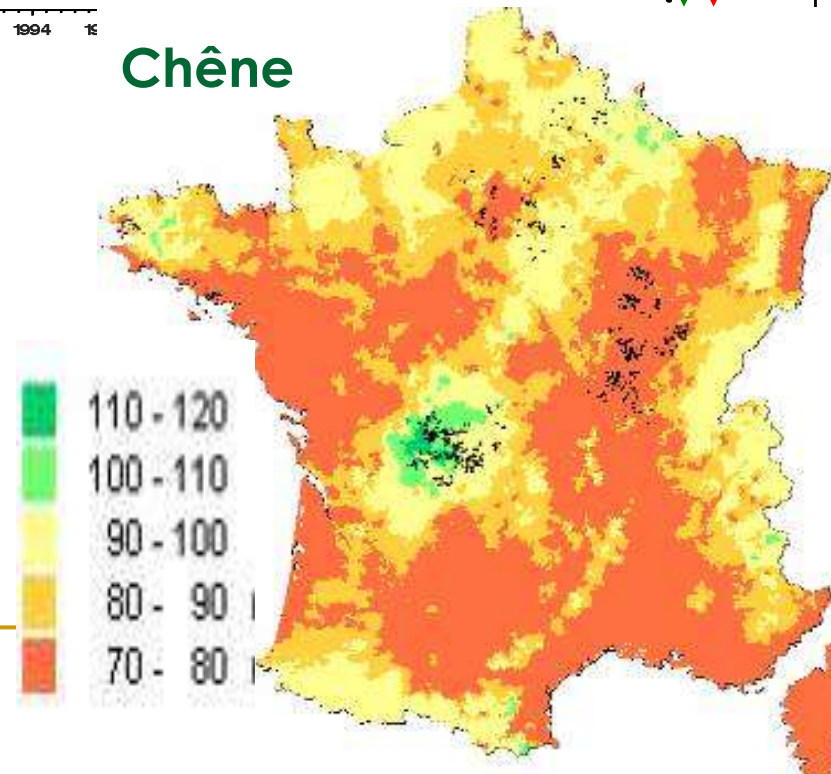
Girard, Dupouey et al
ANR Dryade



Largeur cerne (1/100mm)



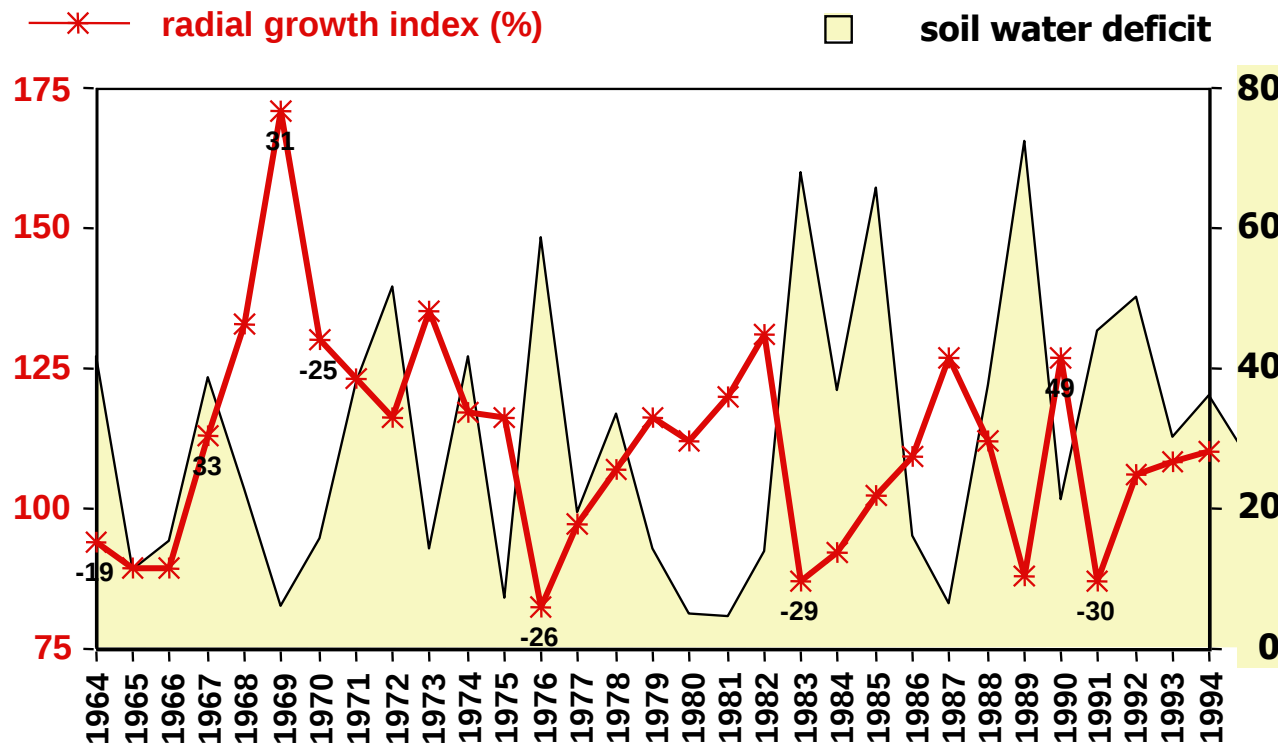
Chêne



perte croissance 2003 = f (croissance passée y-4,
déficit hydrique du sol 2003, DBH) $r^2=69\%$

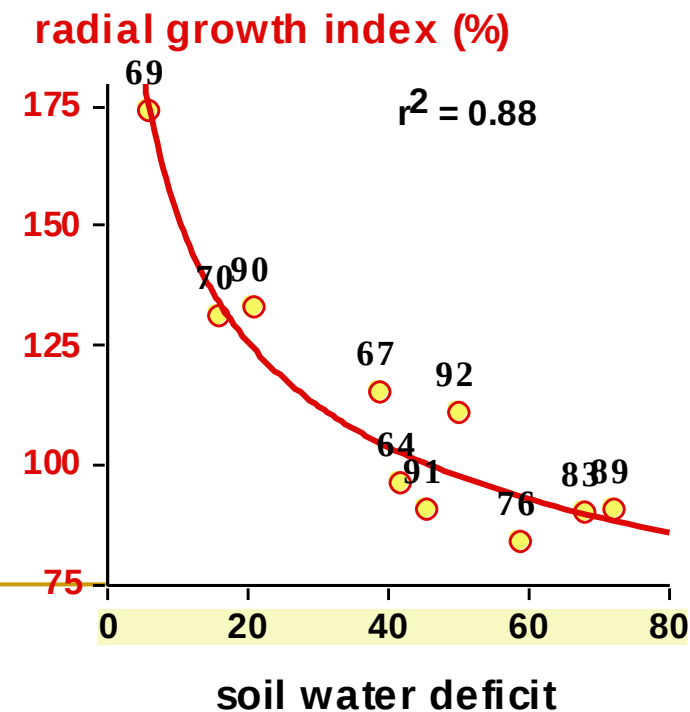
N. Bréda, CIAG Forêt, Décembre 2011

Vulnérabilité au déficit hydrique du sol de la croissance ; (1) chênes



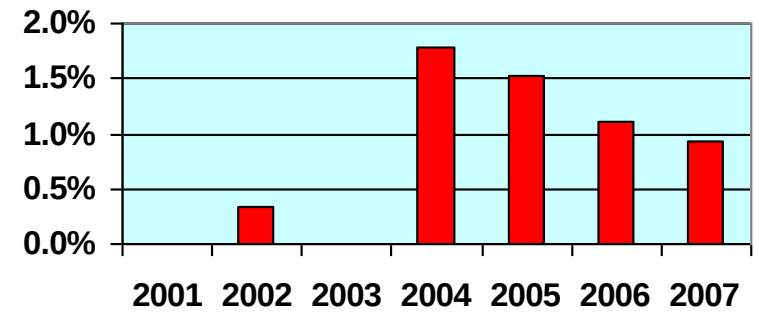
Années caractéristiques pour la croissance et déficit hydrique (n= 680 chênes)

N. Bréda, 1998



Vulnérabilité au déficit hydrique du sol de la croissance ; (1) chênes

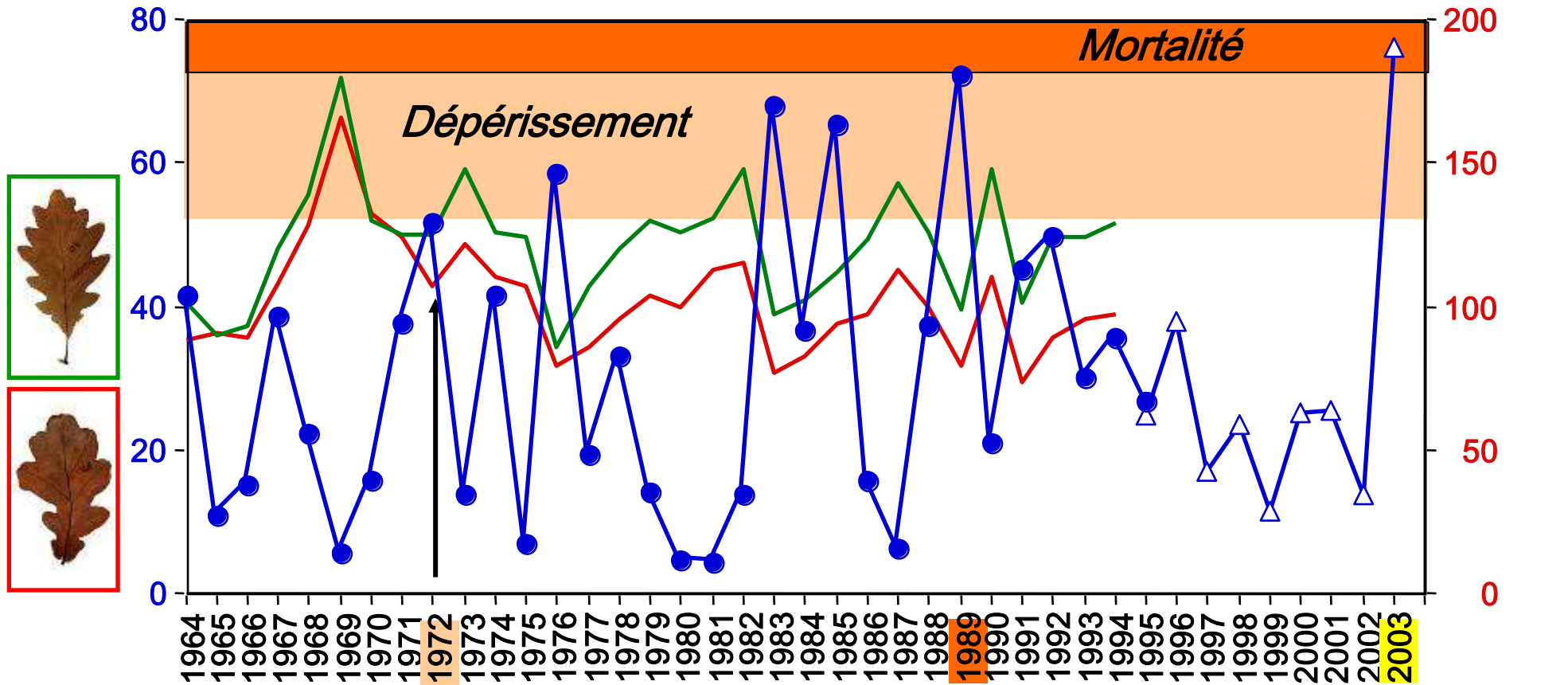
% morts



déficit hydrique (mm)

— sessile
— pédonculé

indice de croissance

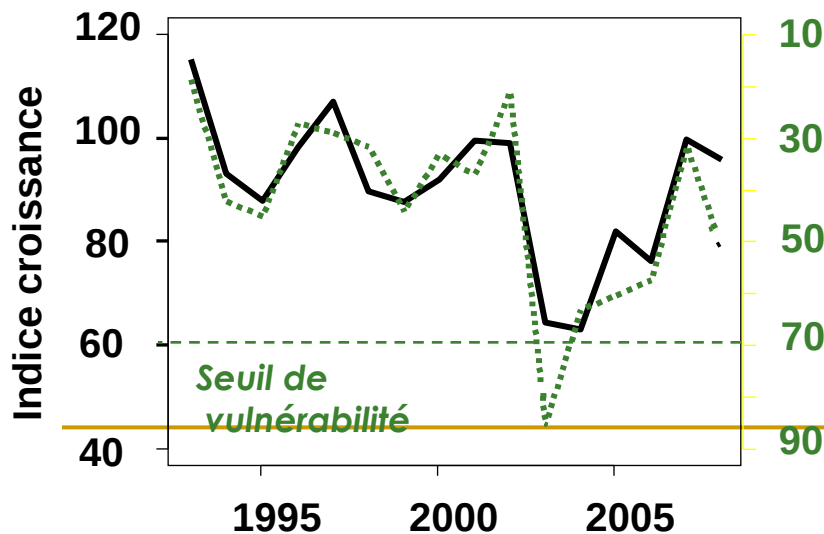
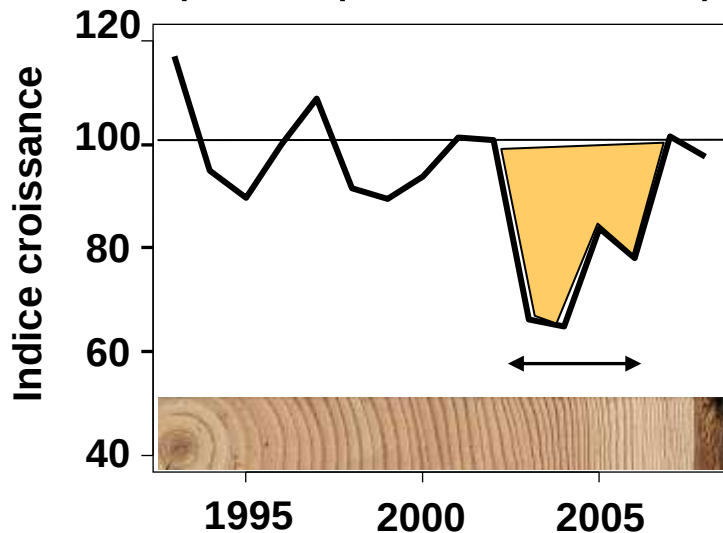


Vulnérabilité à la sécheresse de la croissance et résilience ; (2) douglas

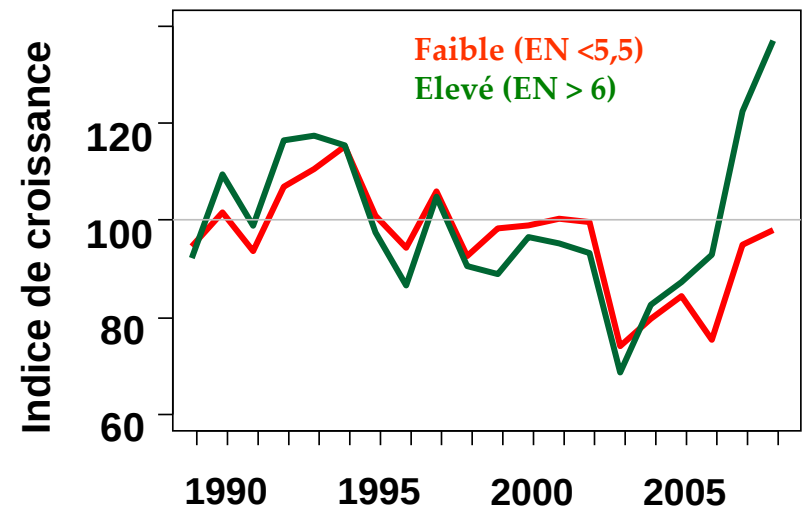
Impact

Aléa

Midi-Pyrénées
(n= 30 plots, 450 trees)



Bourgogne
(n= 30 plots, 450 trees)

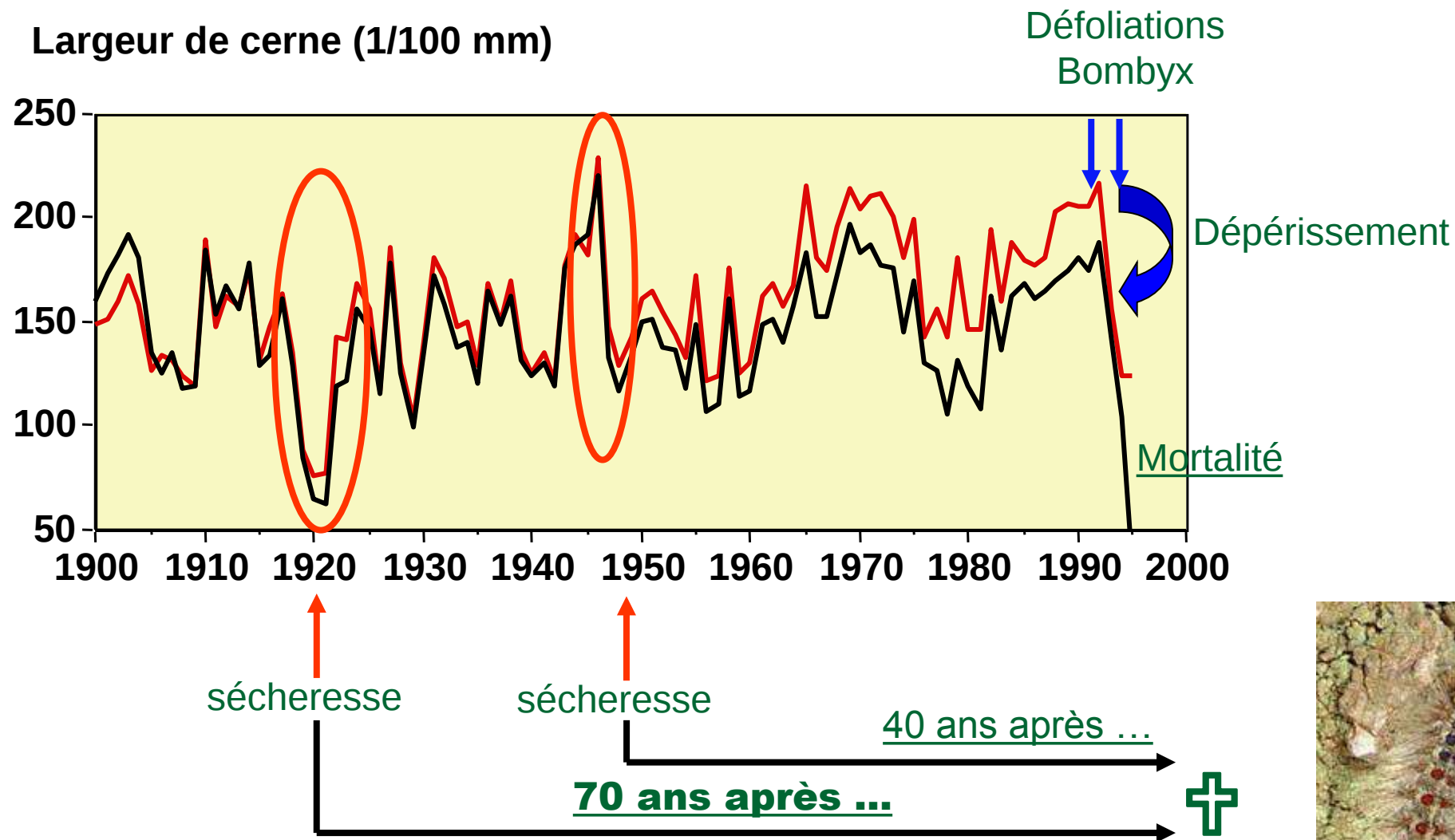


Perte de croissance prolongée en lien avec récurrence de sécheresses
Résilience meilleure sur site à fertilité élevée

Sergent, 2011(Dryade)

Résilience après sécheresse ...

des effets différés à très long terme et une vulnérabilité accrue aux bio-agresseurs



Chênaies en Forêt de Haguenau, Bréda & Dupouey, 1998

N. Bréda, CIAG Forêt, Décembre 2011

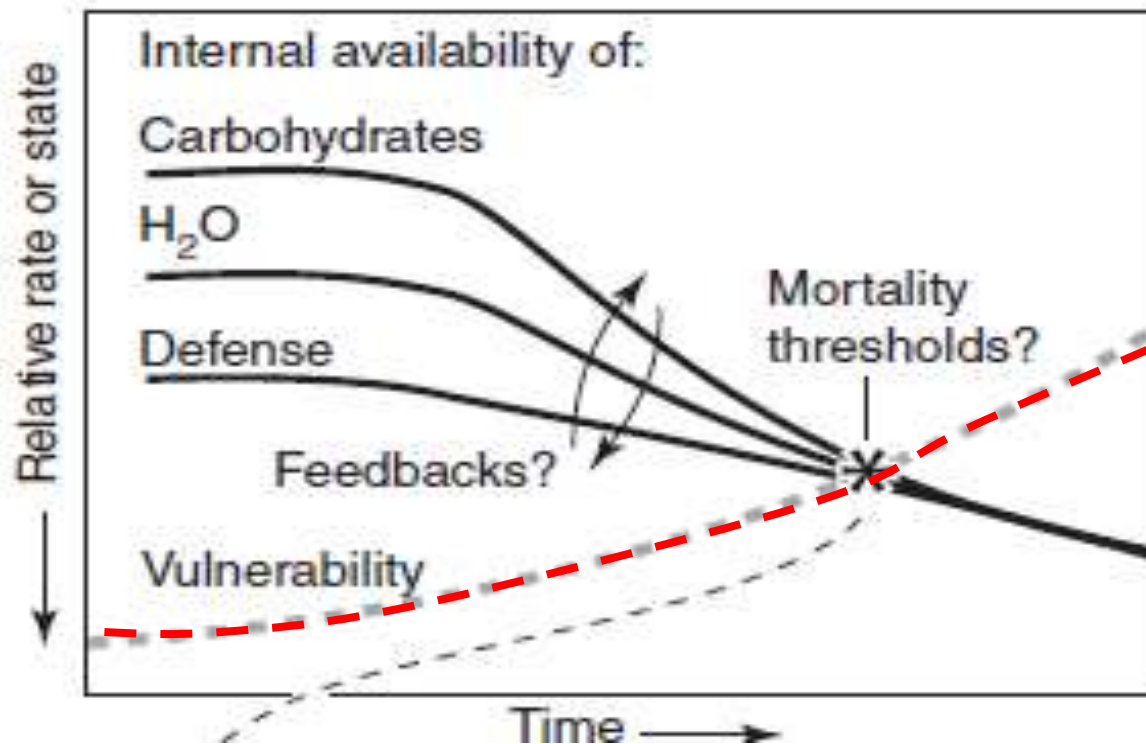


Des interprétations écophysiological controversées

... et des conséquences écologiques complexes qui ne s'expriment que partiellement en forêt gérée

“Physiological mechanisms of drought-induced tree mortality are far from being resolved”

Sala et al., *New Phytol*, 2010



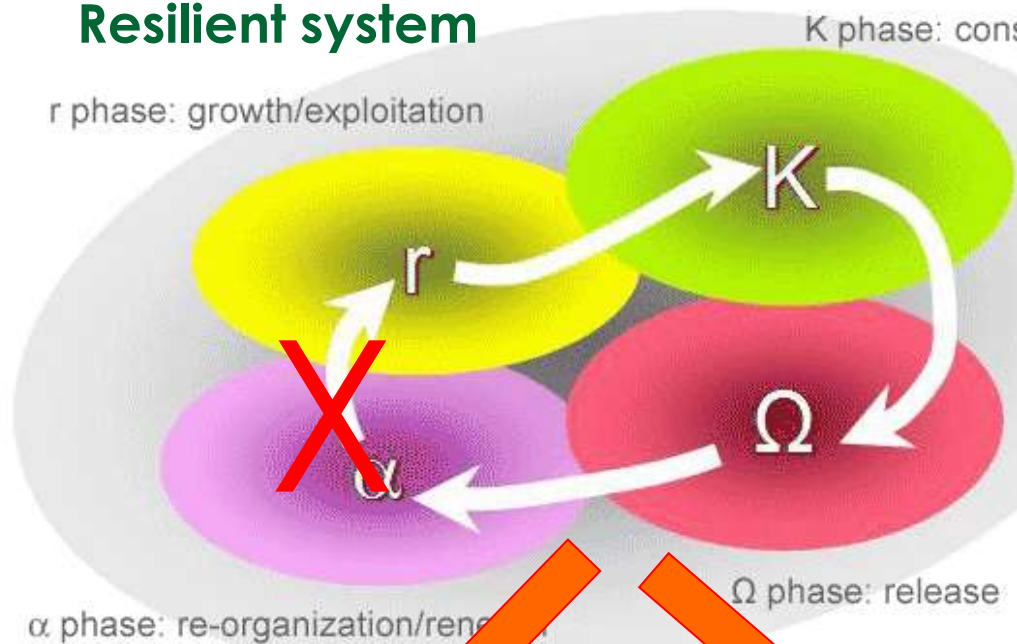
Vulnérabilité à :

- Autre contrainte climatique (gel, sécheresse)
- Bio-agresseurs (primaires ou secondaires)

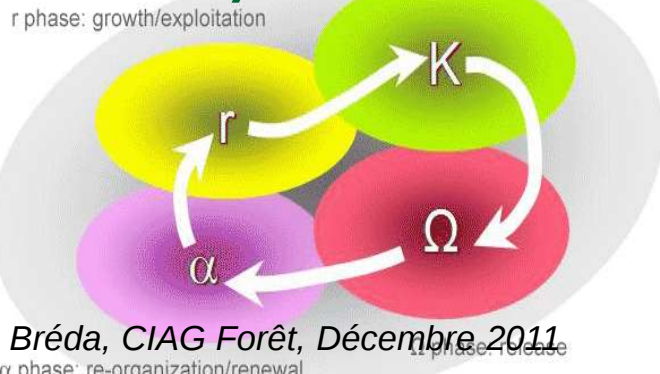
McDowell et al., *Trends in Ecology and Evolution*, 2011

Aléas climatiques extrêmes & résilience en forêt gérée

Resilient system



Panarchy



Transformation



ais.

Photo de MARSAC