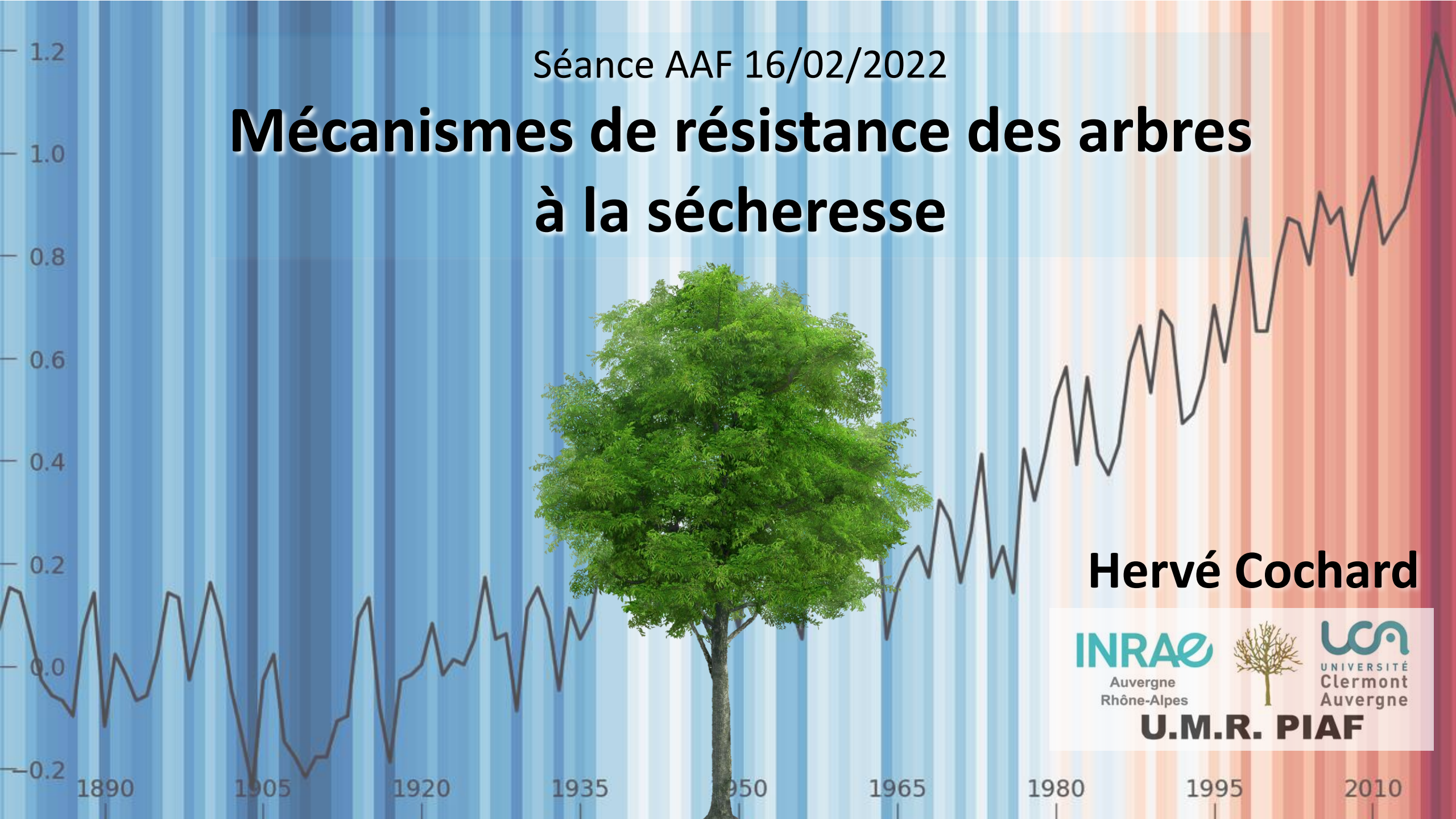


Séance AAF 16/02/2022

# Mécanismes de résistance des arbres à la sécheresse



**Hervé Cochard**

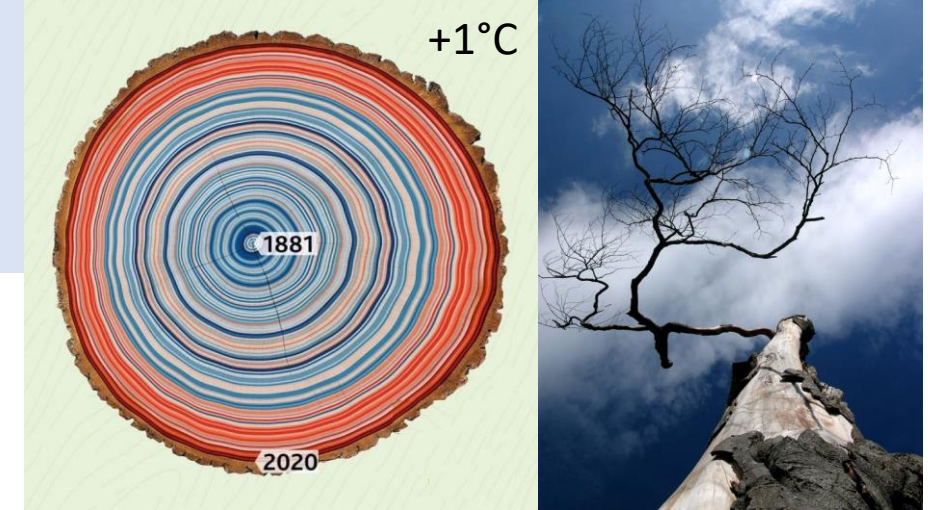
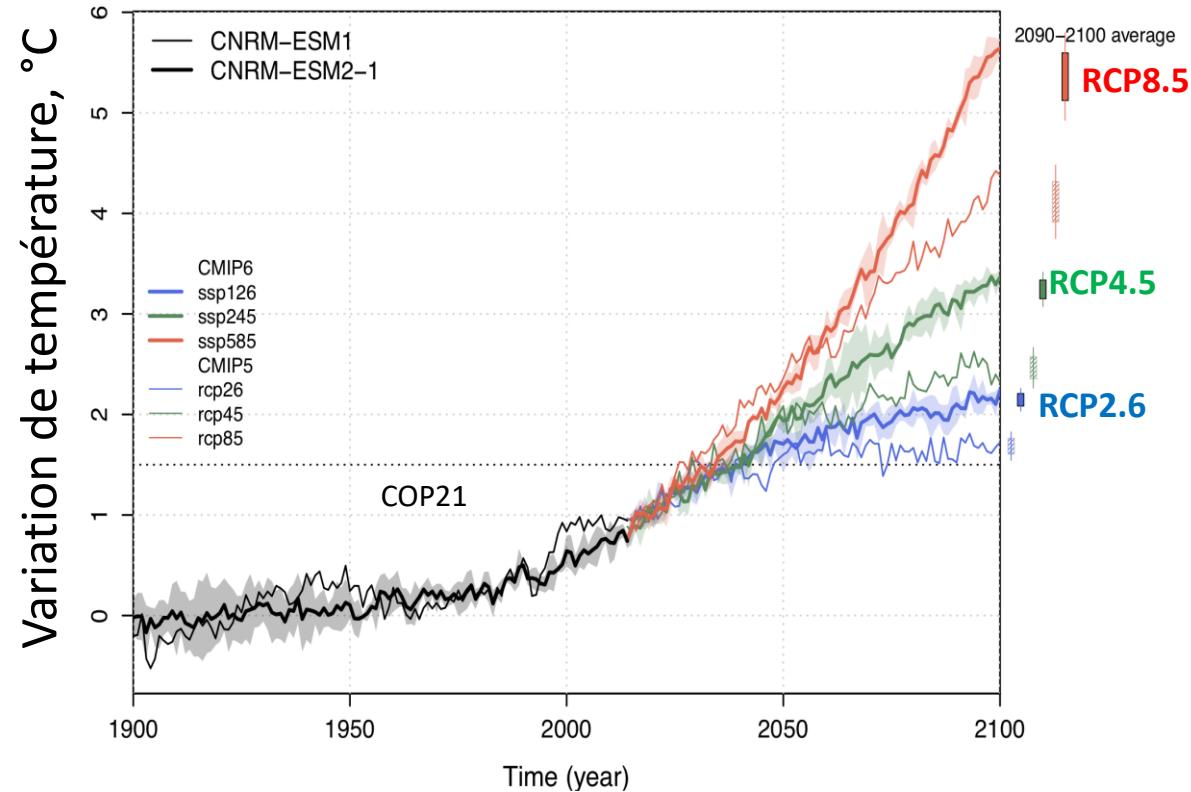
**INRAE**  
Auvergne  
Rhône-Alpes



**UCA**  
UNIVERSITÉ  
Clermont  
Auvergne

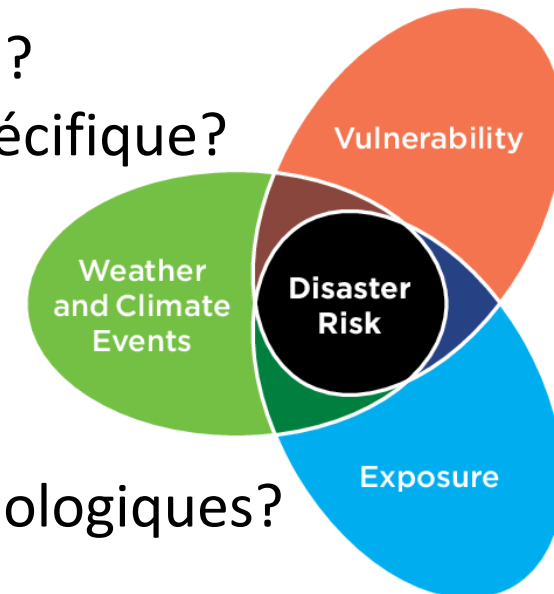
**U.M.R. PIAF**

# Vers une augmentation du risque des sécheresses caniculaires



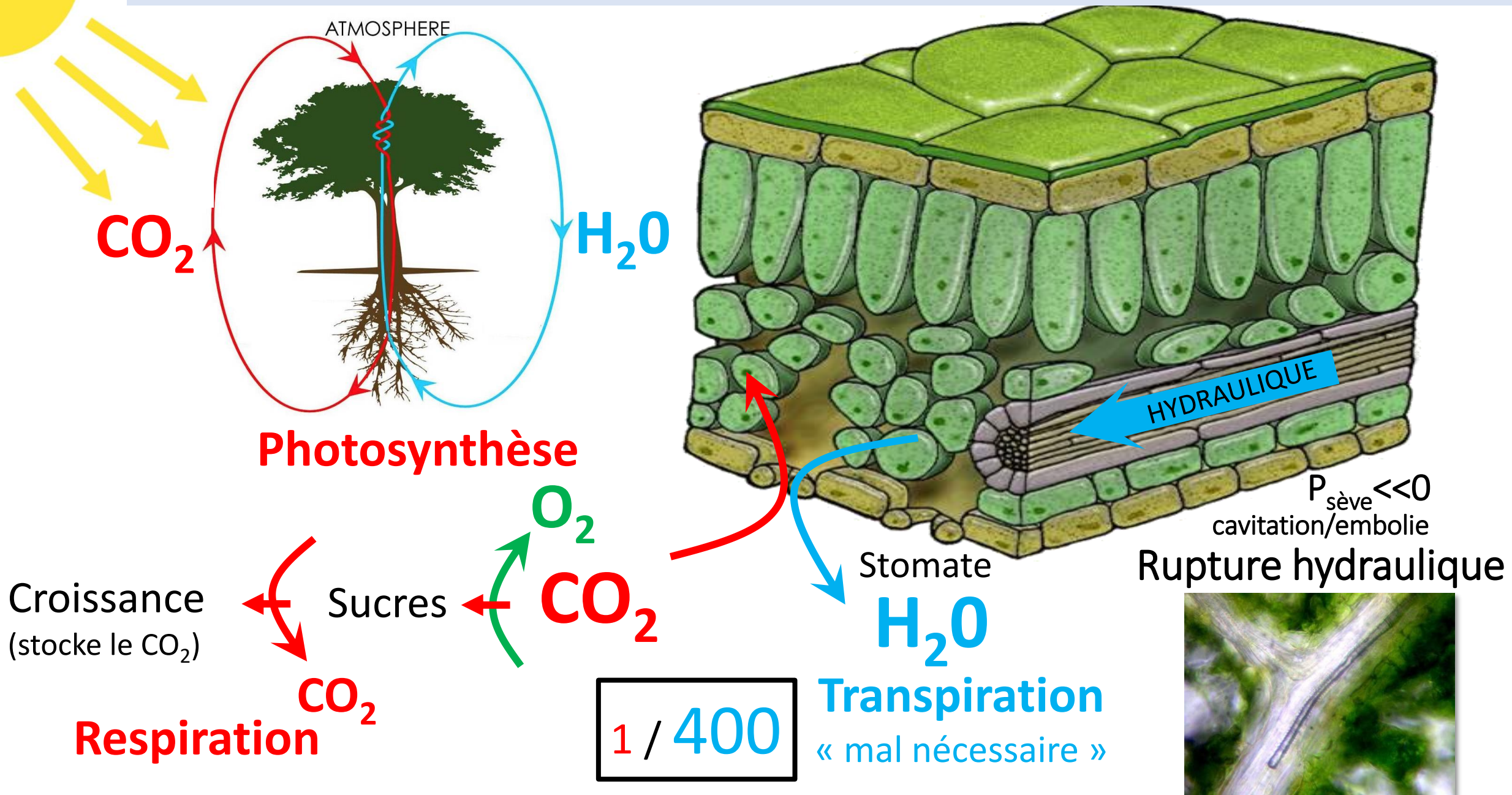
**Quel impact aura ce réchauffement climatique sur les arbres?** (productivité, mortalité etc..)

- Quelle vulnérabilité ?
- Quel risque de mortalité ?
- Quelle variabilité intraspécifique? (acclimatation/adaptation)



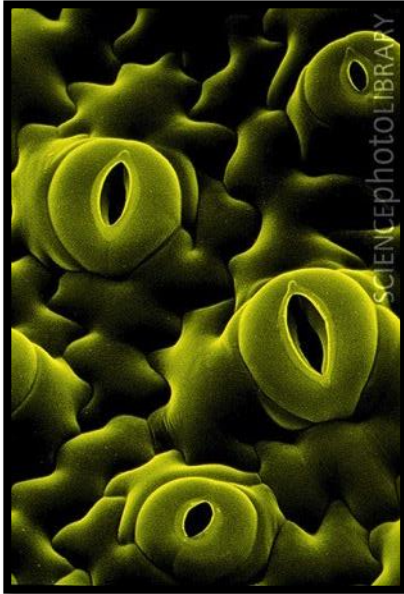
- Quels mécanismes physiologiques?

# Des échanges gazeux foliaires sous l'influence du climat

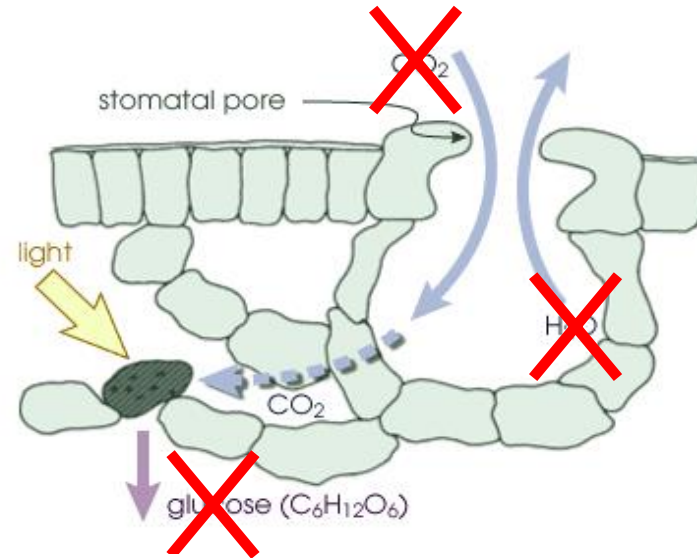
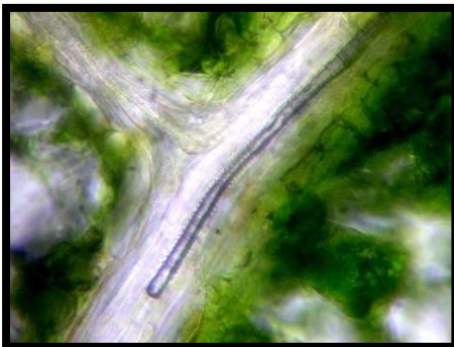


# Mourir de faim ou mourir de soif

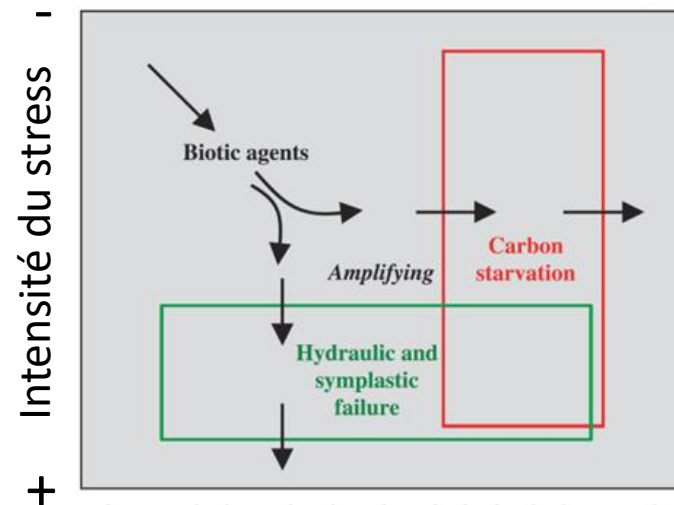
## dilemme physiologique des arbres lors d'une sécheresse



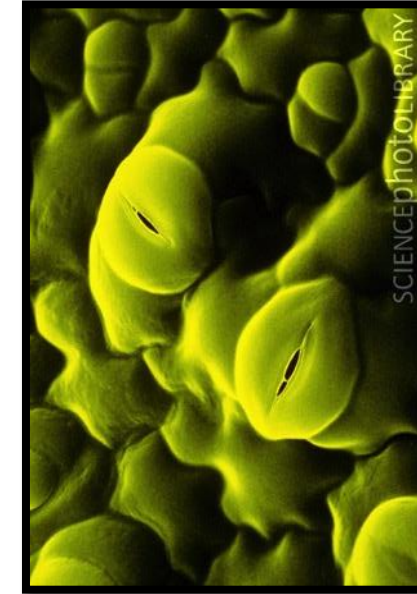
Rupture hydraulique  
(cavitation/embolie)



- Durée du stress +



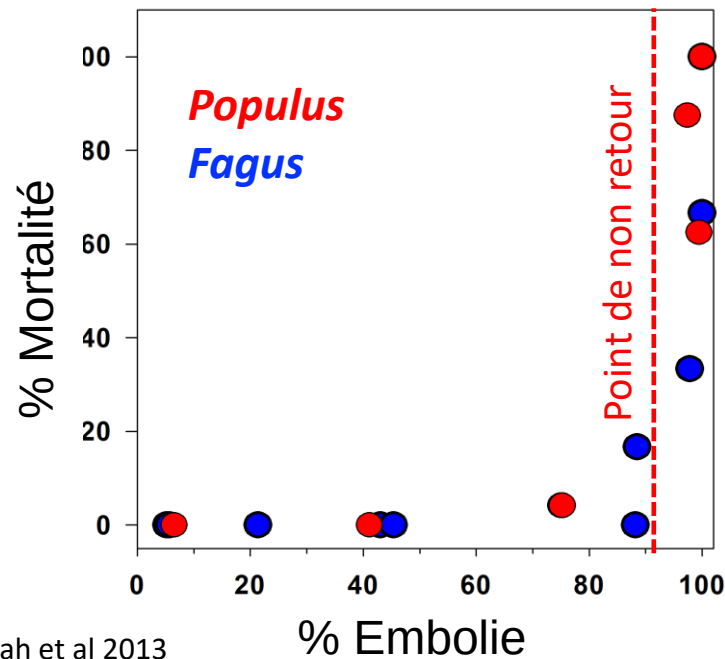
McDowell et al. 2008, New Phytol



Famine carbonée



# Rupture hydraulique et mortalité des arbres

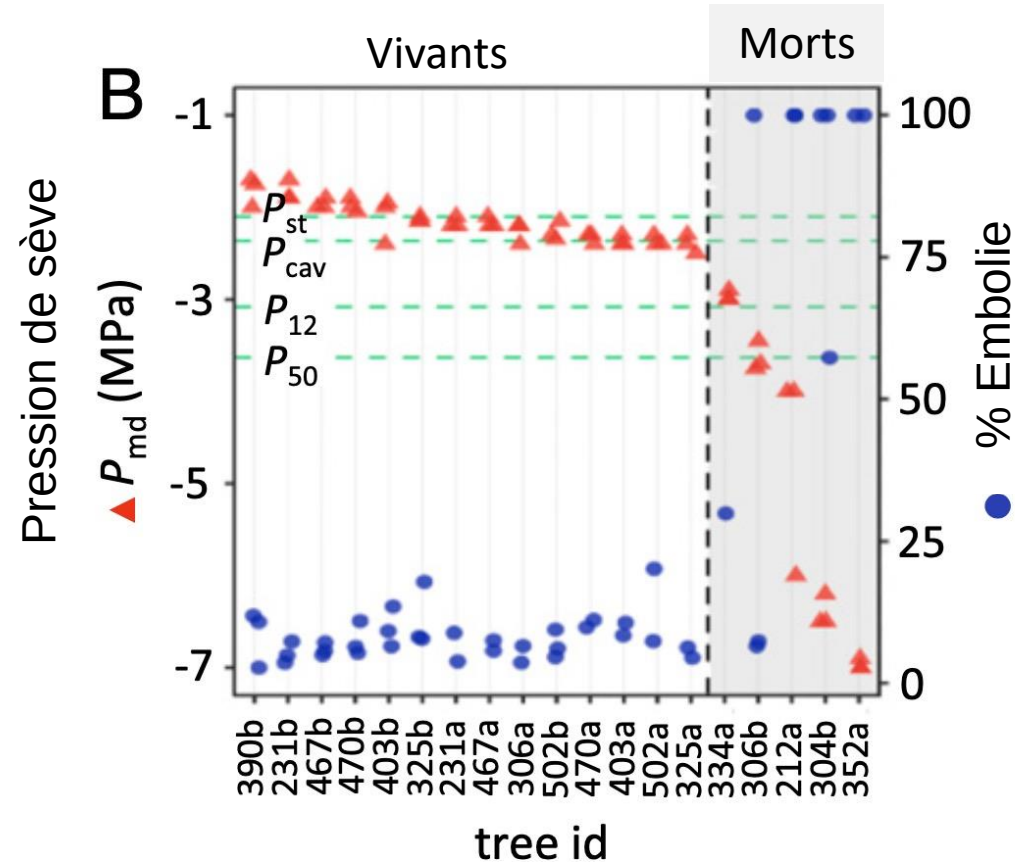


## Rapid hydraulic collapse as cause of drought-induced mortality in conifers

Matthias Arend<sup>a,1</sup>, Roman M. Link<sup>b</sup>, Rachel Patthey<sup>a</sup>, Günter Hoch<sup>a</sup>, Bernhard Schuldt<sup>b</sup>, and Ansgar Kahmen<sup>a</sup>

2021

PNAS

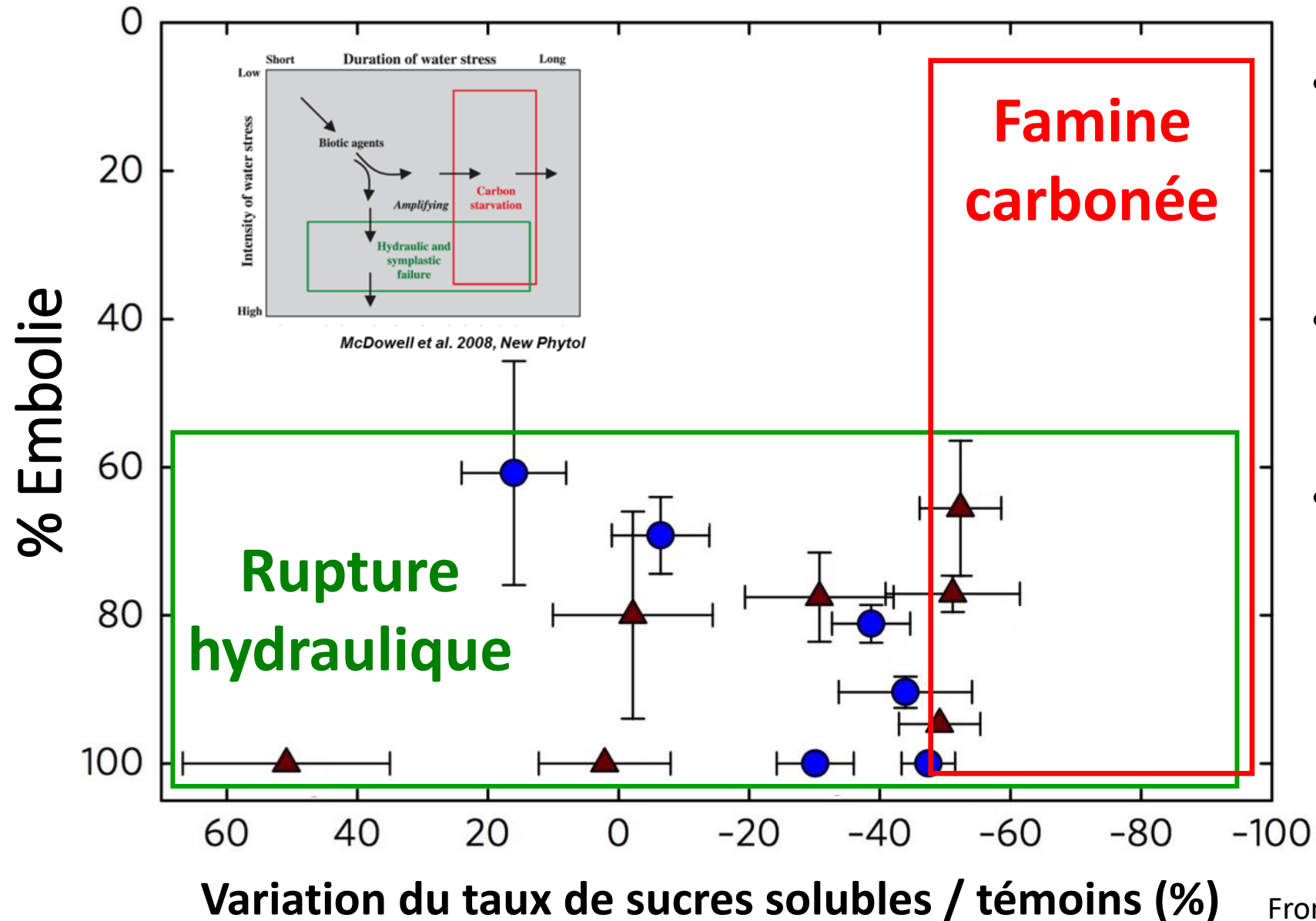


*Epicéa in situ*

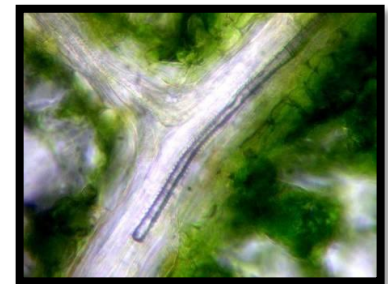
Rupture hydraulique en condition de **sécheresse extrême**

➔ un facteur déclenchant de la mortalité

# Rupture hydraulique *versus* famine carbonée



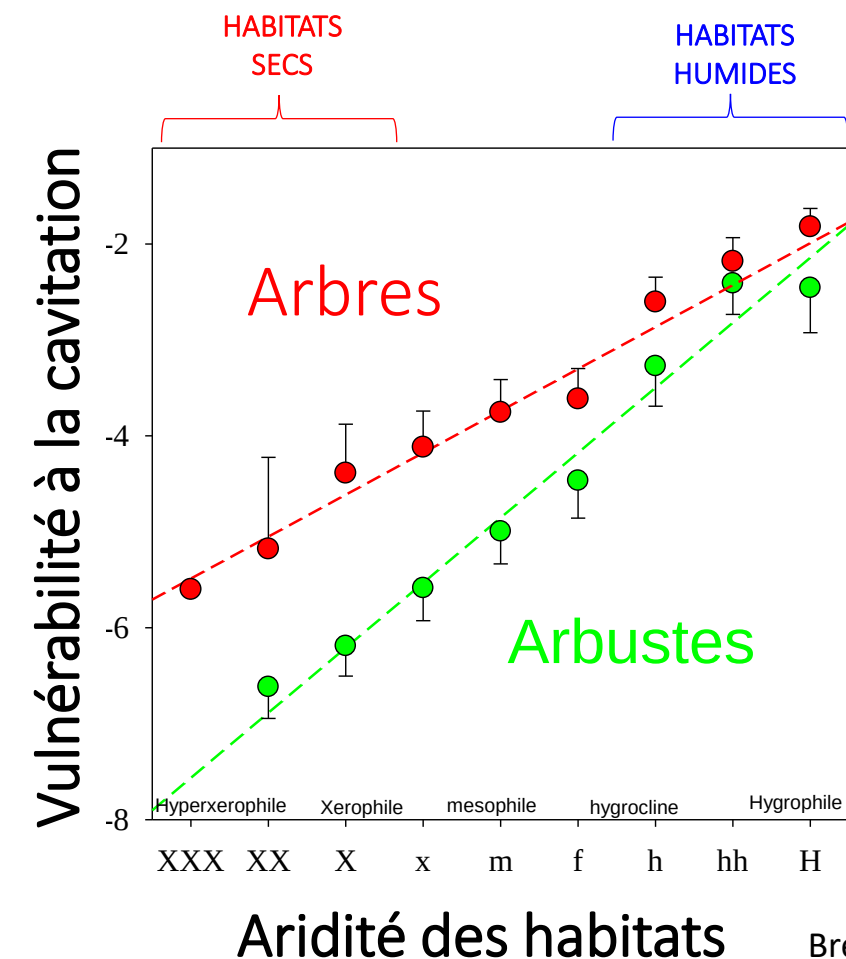
- Les arbres meurent de soif en condition de sécheresse létales
- Plus capables de s'alimenter en eau
- A cause d'une rupture hydraulique de leur tissu transporteur de sève brute



From Adams *et al* 2017

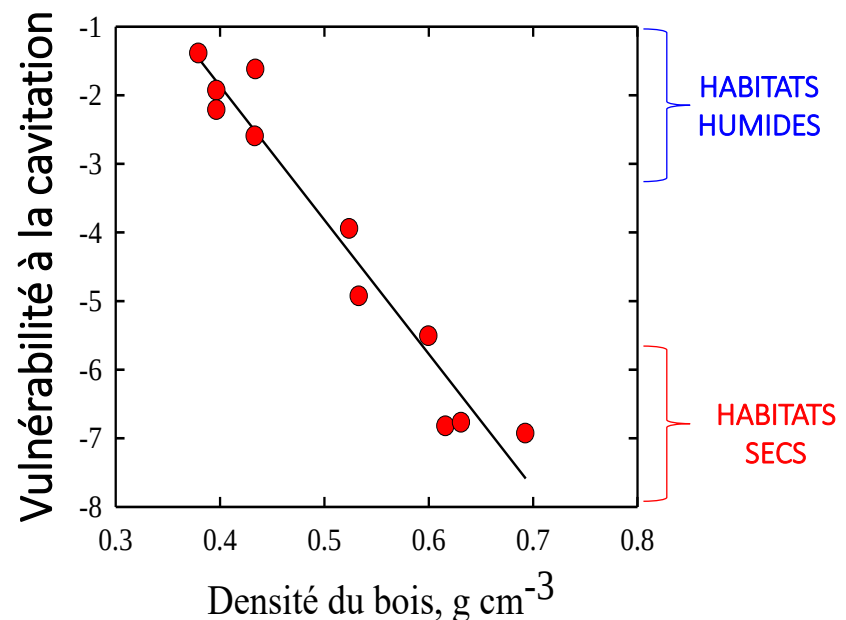
# La vulnérabilité à la cavitation des espèces ligneuses européennes

Liée à l'écologie  
des espèces



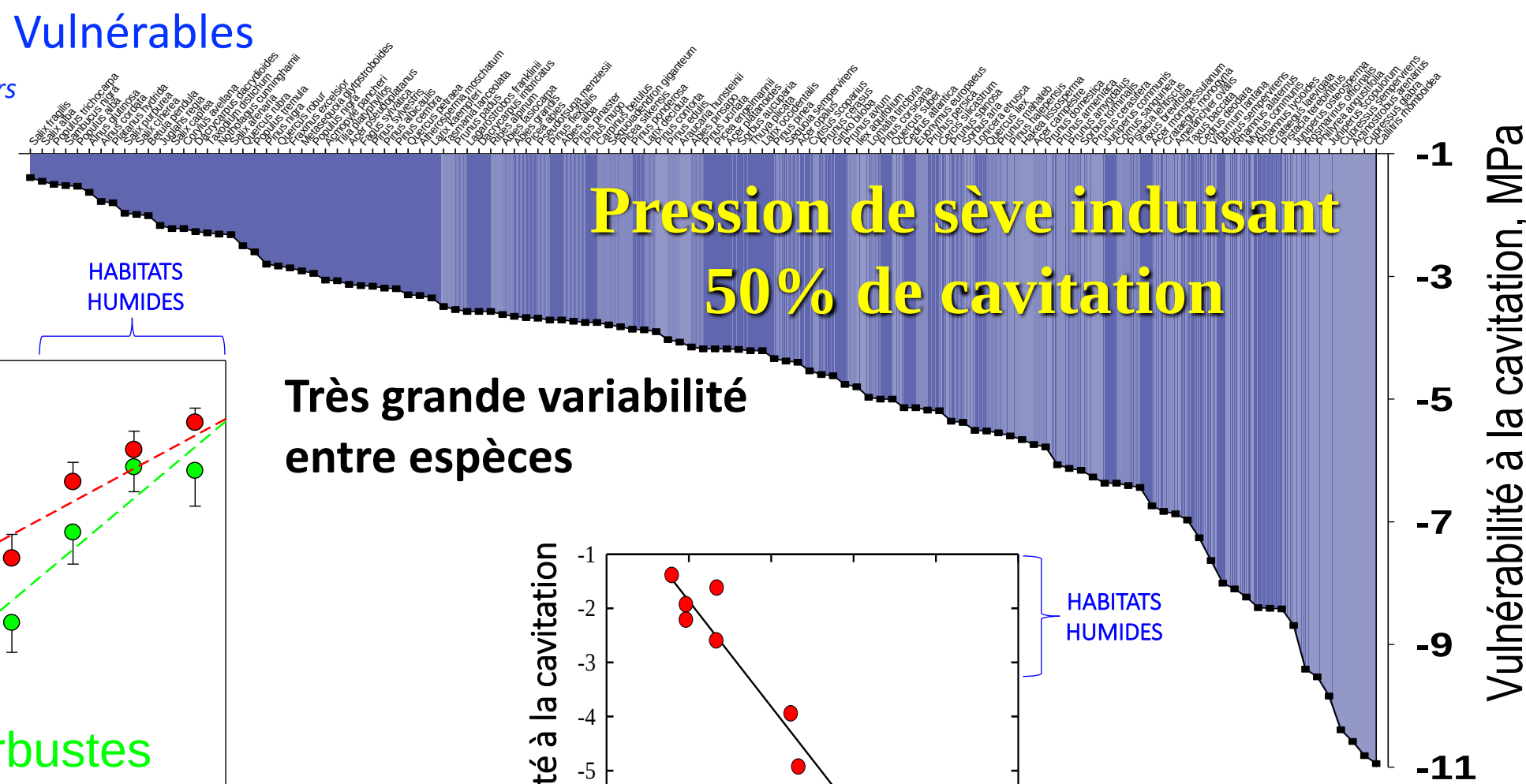
Brendel & Cochard 2011

Très grande variabilité  
entre espèces



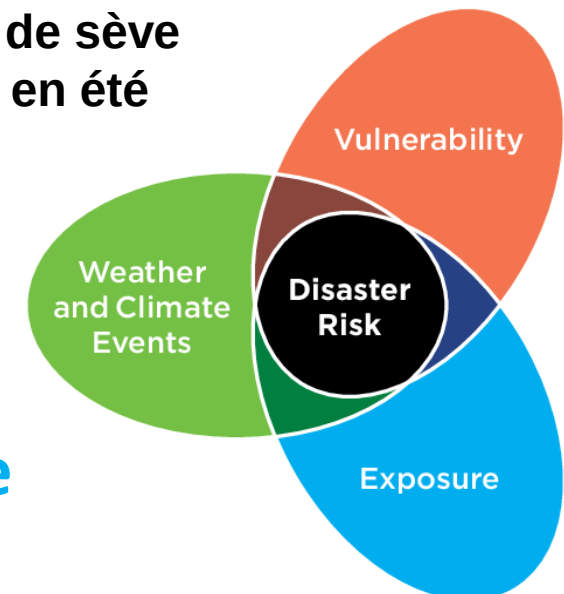
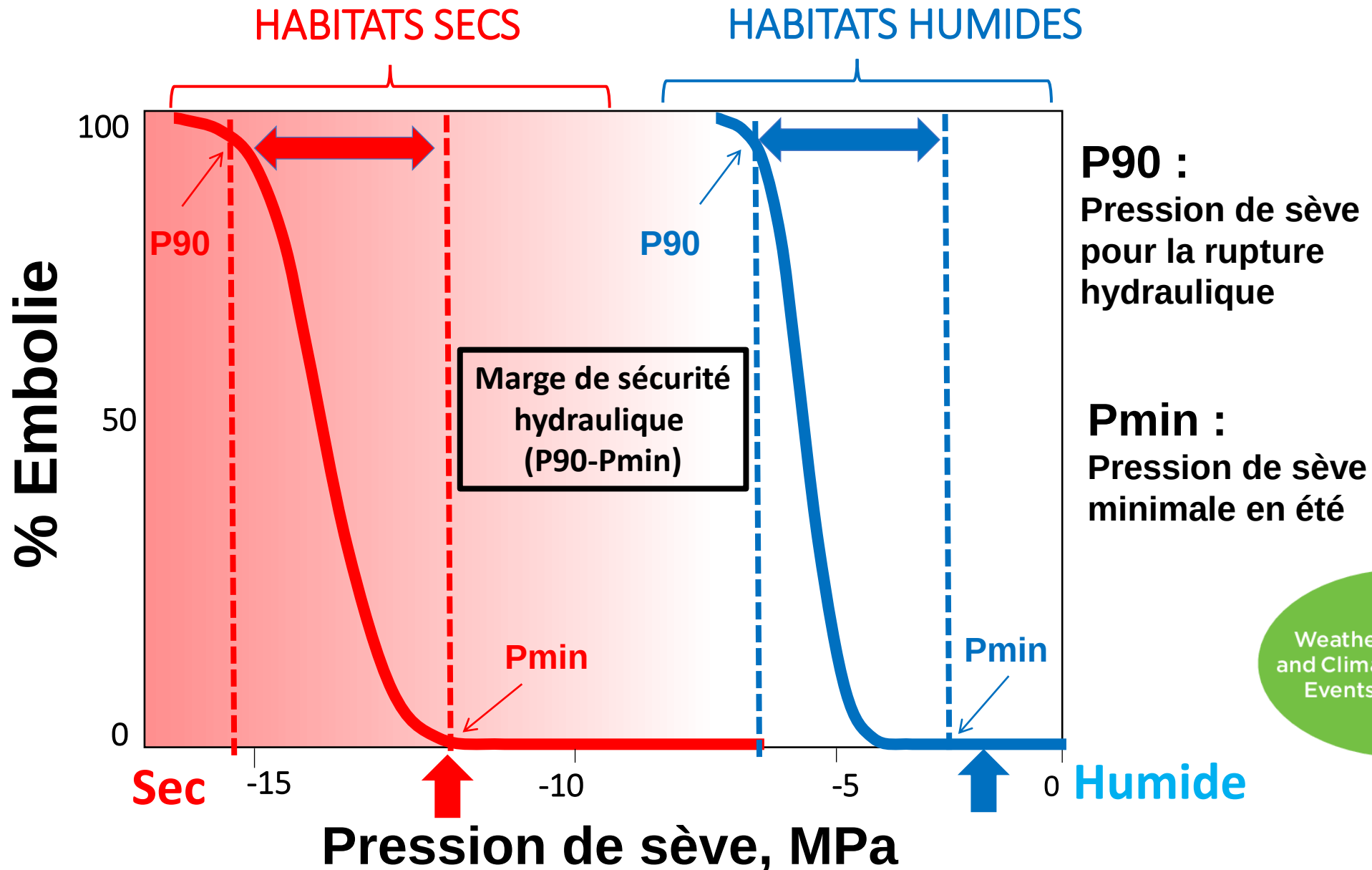
**Résistantes**

*Cupressus*  
*Genévriers*  
*Buis*

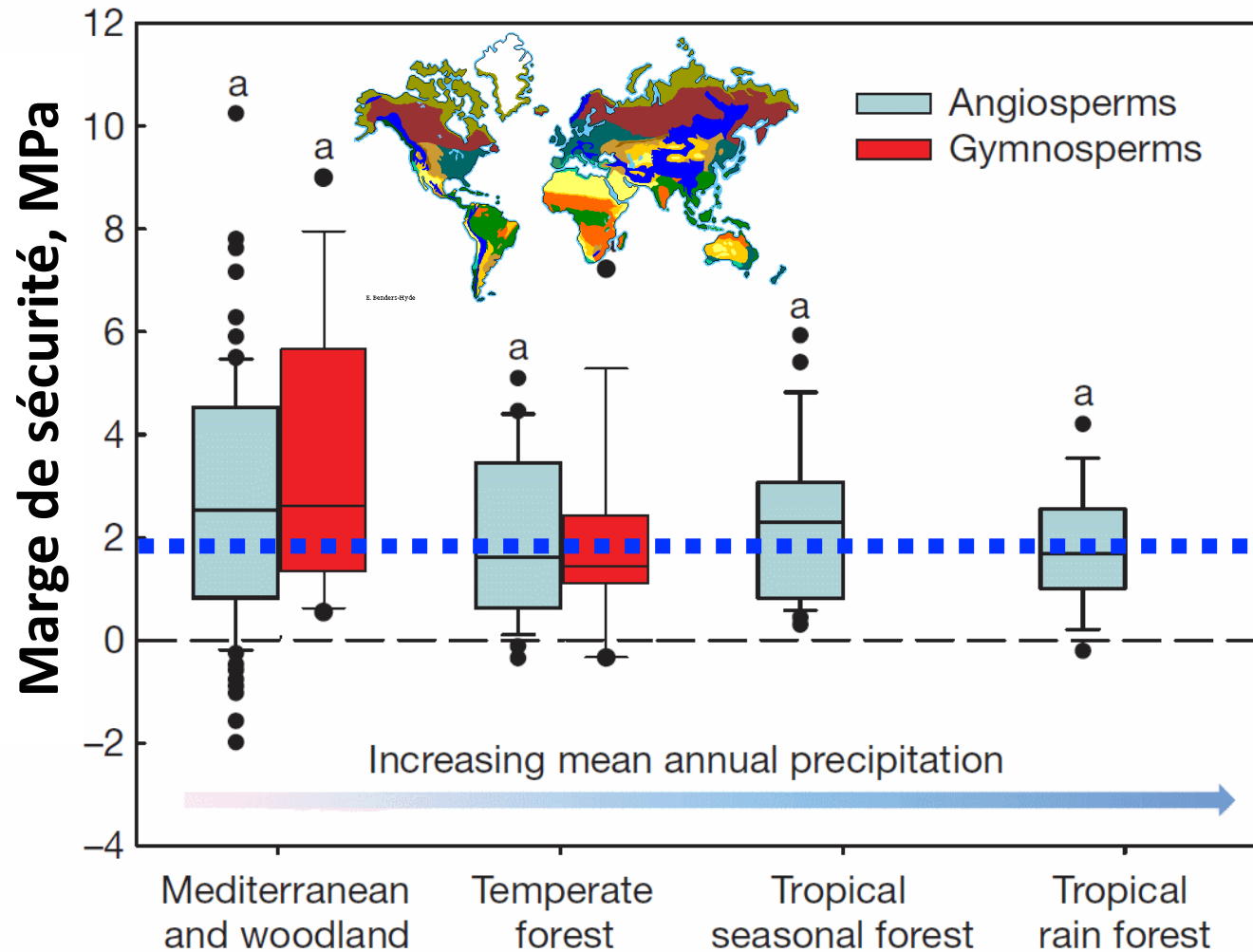


# Quel risque de cavitation des espèces dans leur habitat naturel ?

## Quelle marge de sécurité hydraulique ?



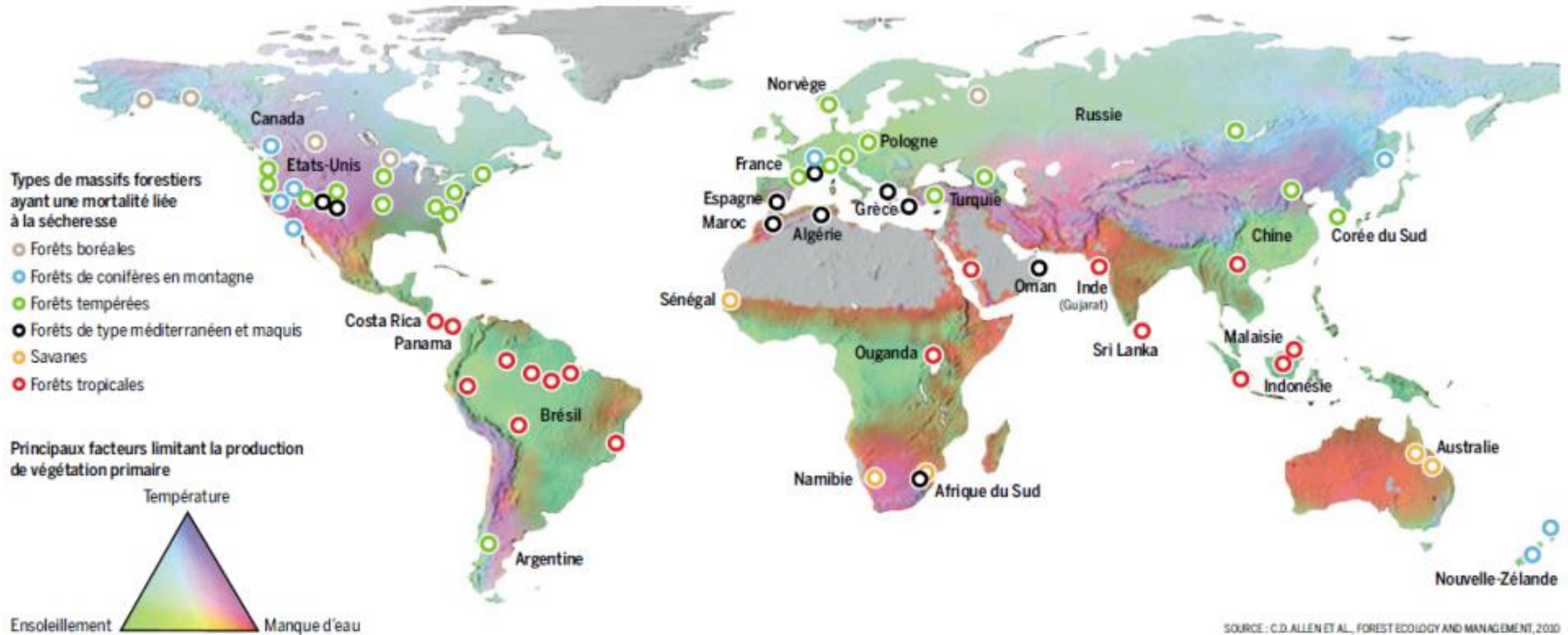
# Les marges de sécurité hydrauliques sont globalement faibles pour tous les écosystèmes forestiers



Toutes les espèces sont potentiellement exposées à un risque de rupture hydraulique dans leur habitat naturel

# Mortalité des arbres: Un phénomène global

From Allen *et al* 2010



Le Monde

Tous les écosystèmes forestiers sont concernés par ces mortalités

# Réponse des arbres à la sécheresse

**Confort**  
croissance

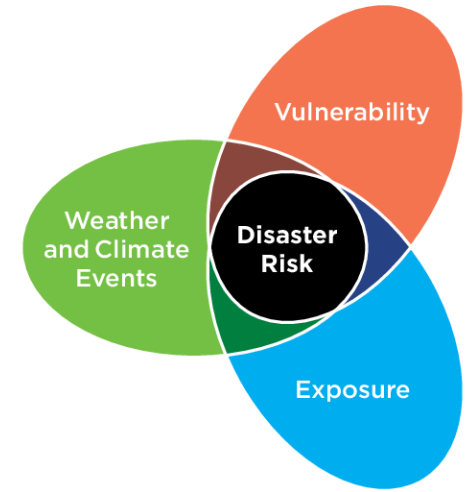
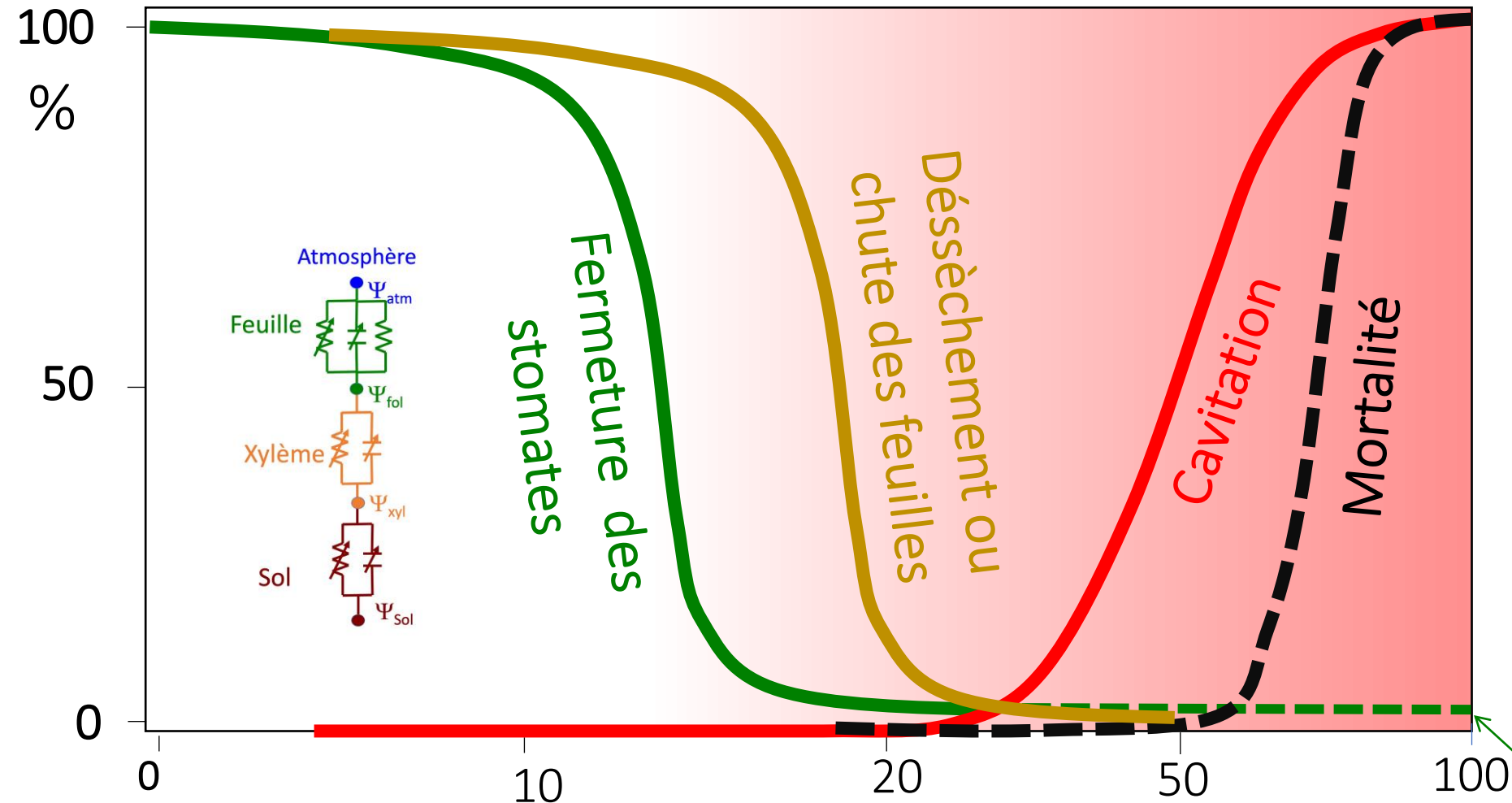
**Contrôle**  
réversible

**Vulnérabilité**  
réversible mais  
arbre affaibli



**Survie**  
Descentes  
de cimes

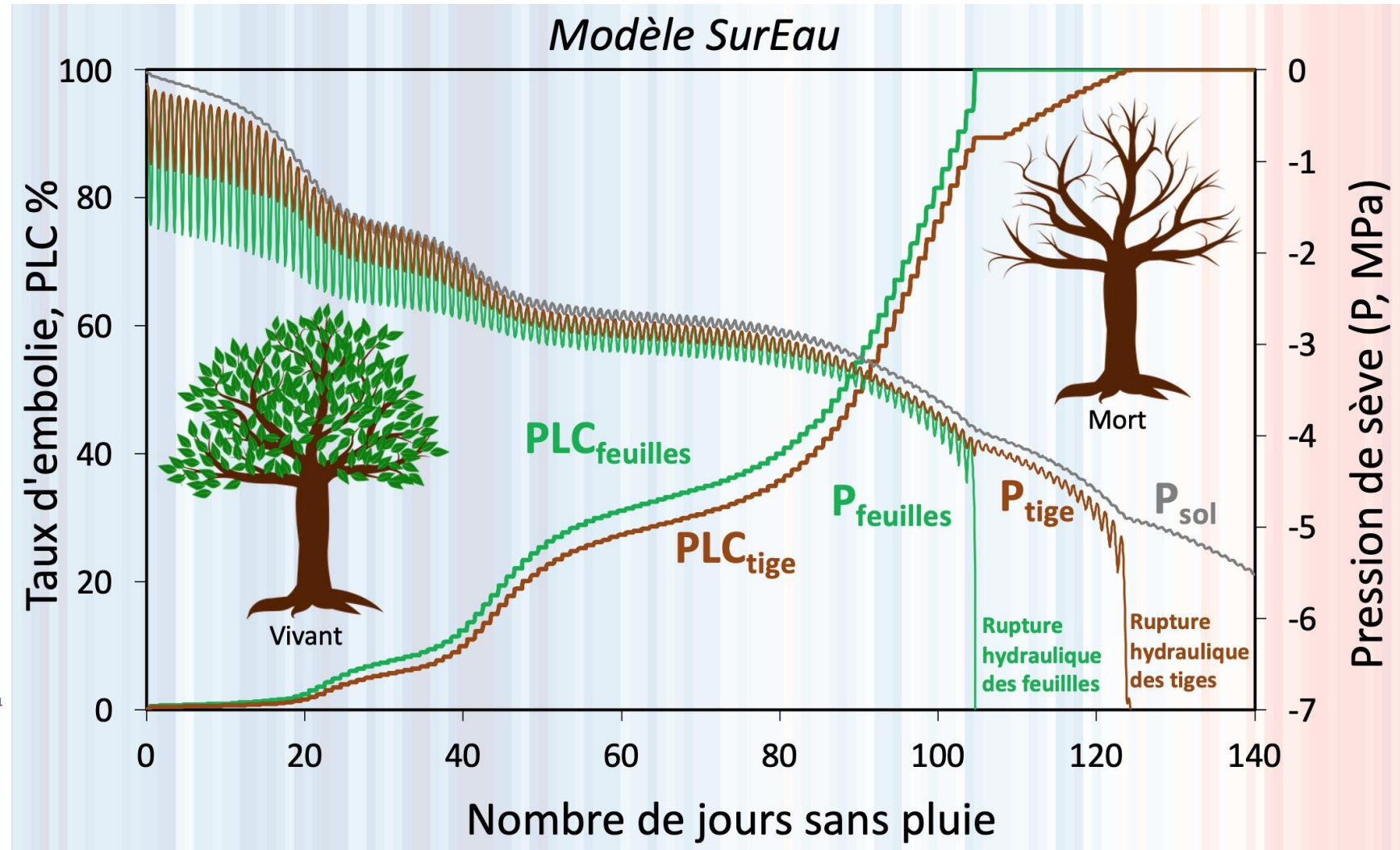
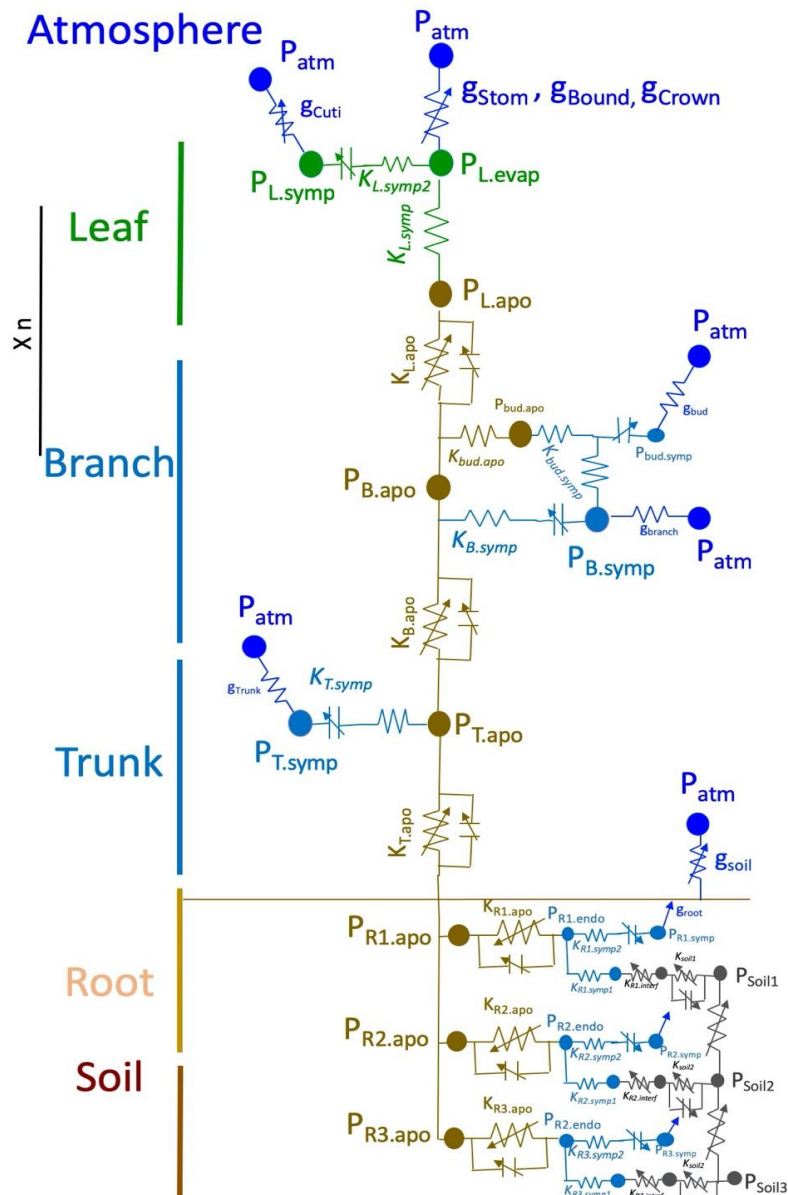
**Mortalité**



De la  
vulnérabilité au  
risque

**Modèle *SurEau***

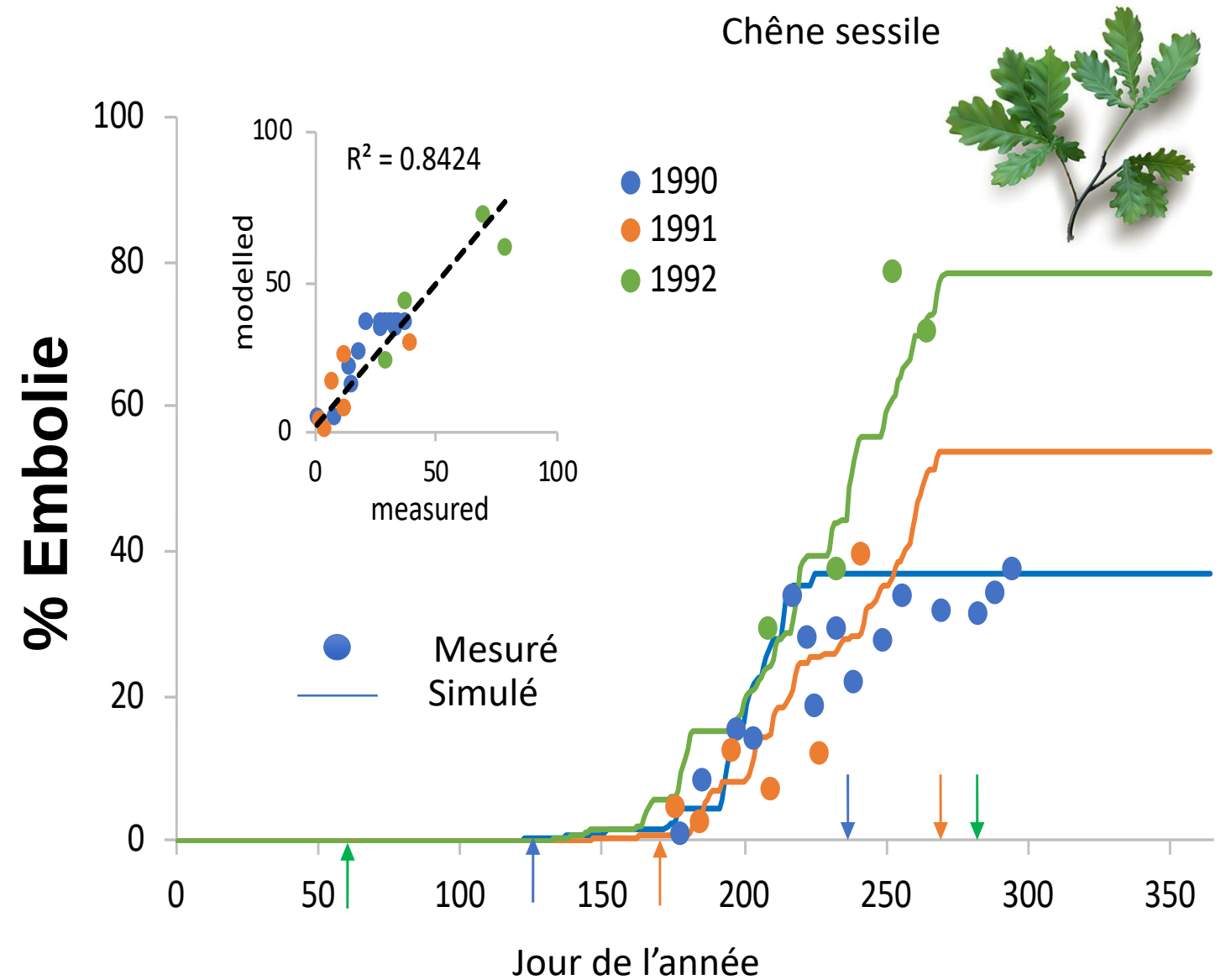
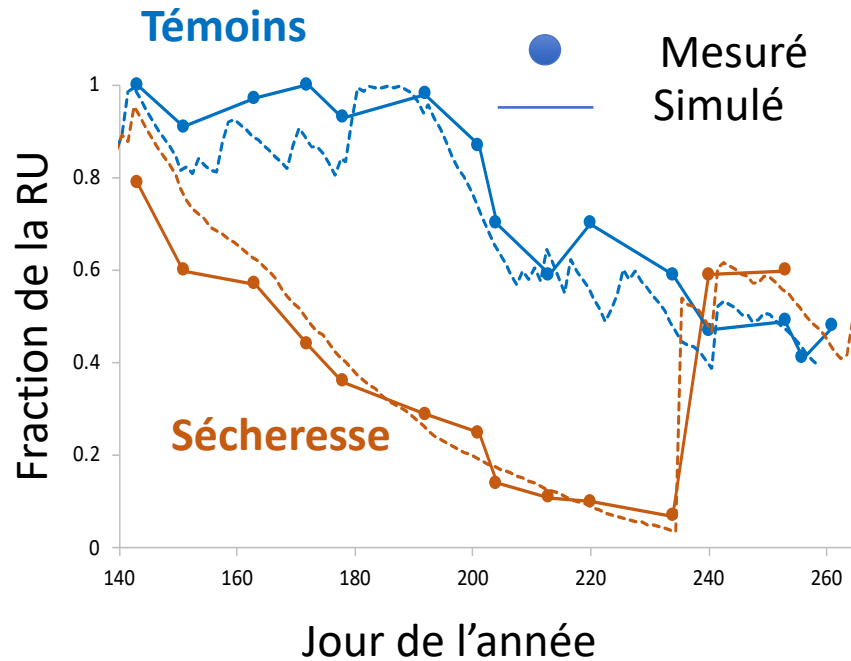
# SurEau: Modéliser le temps pour atteindre la rupture hydraulique



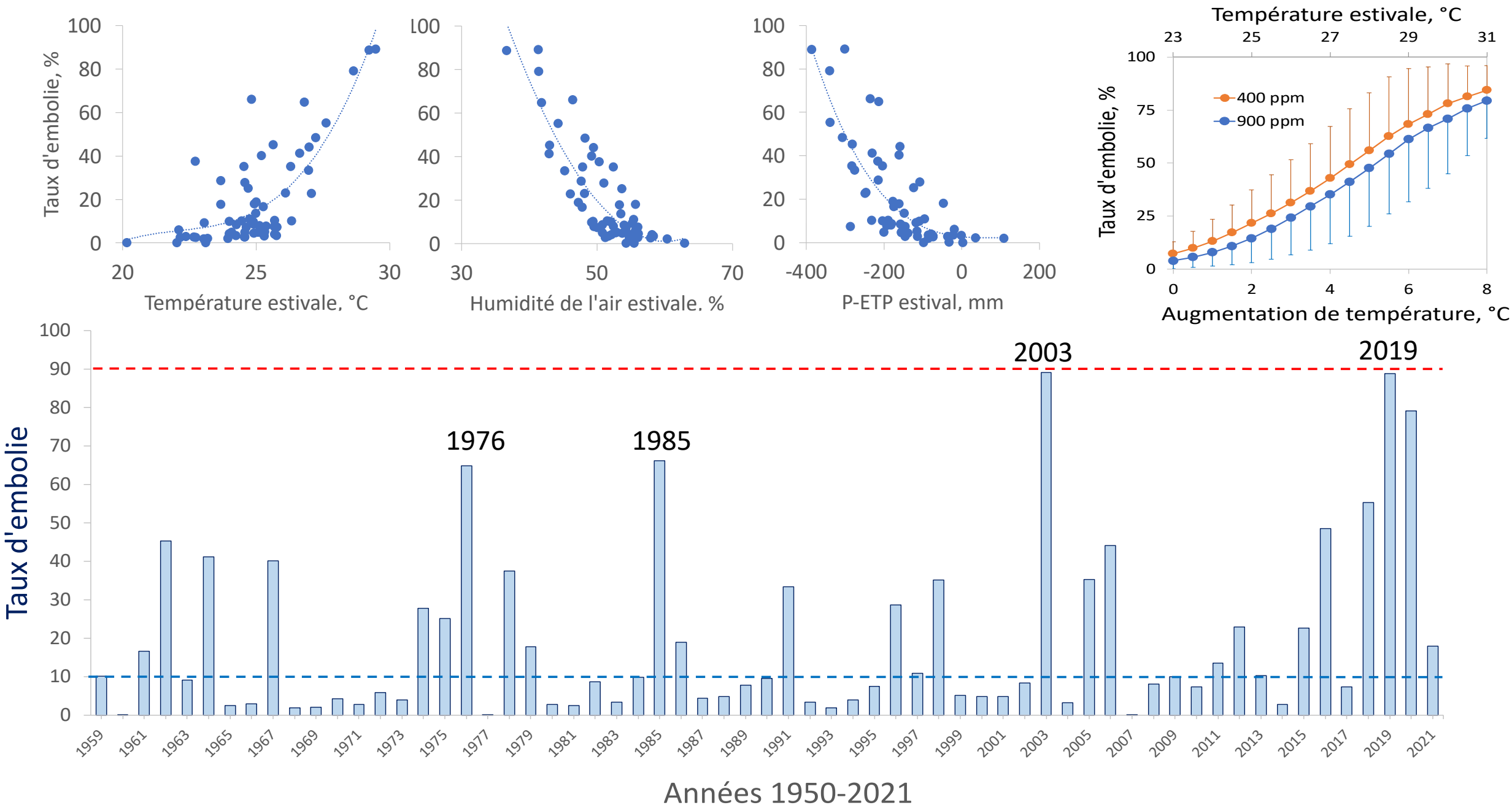
# Validation expérimentale de la prédiction de la cavitation



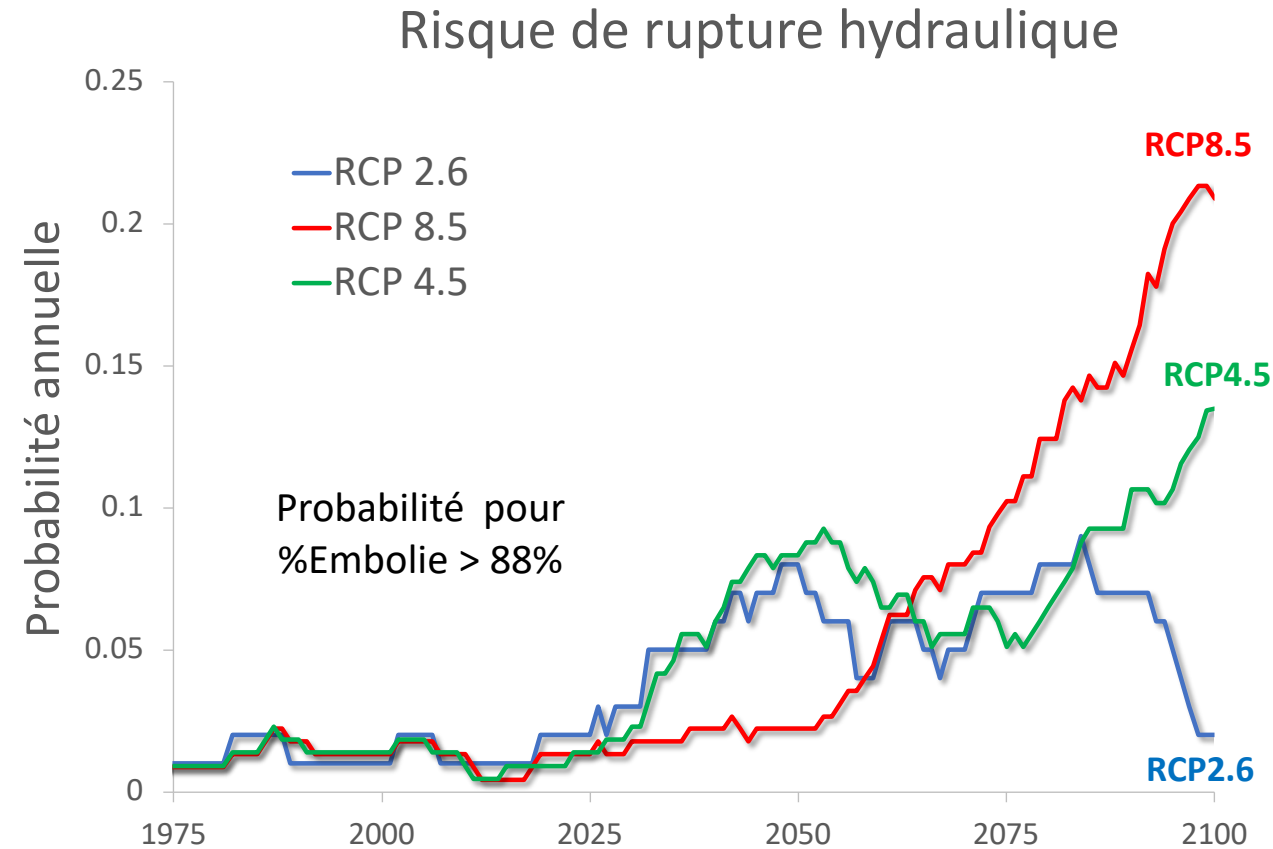
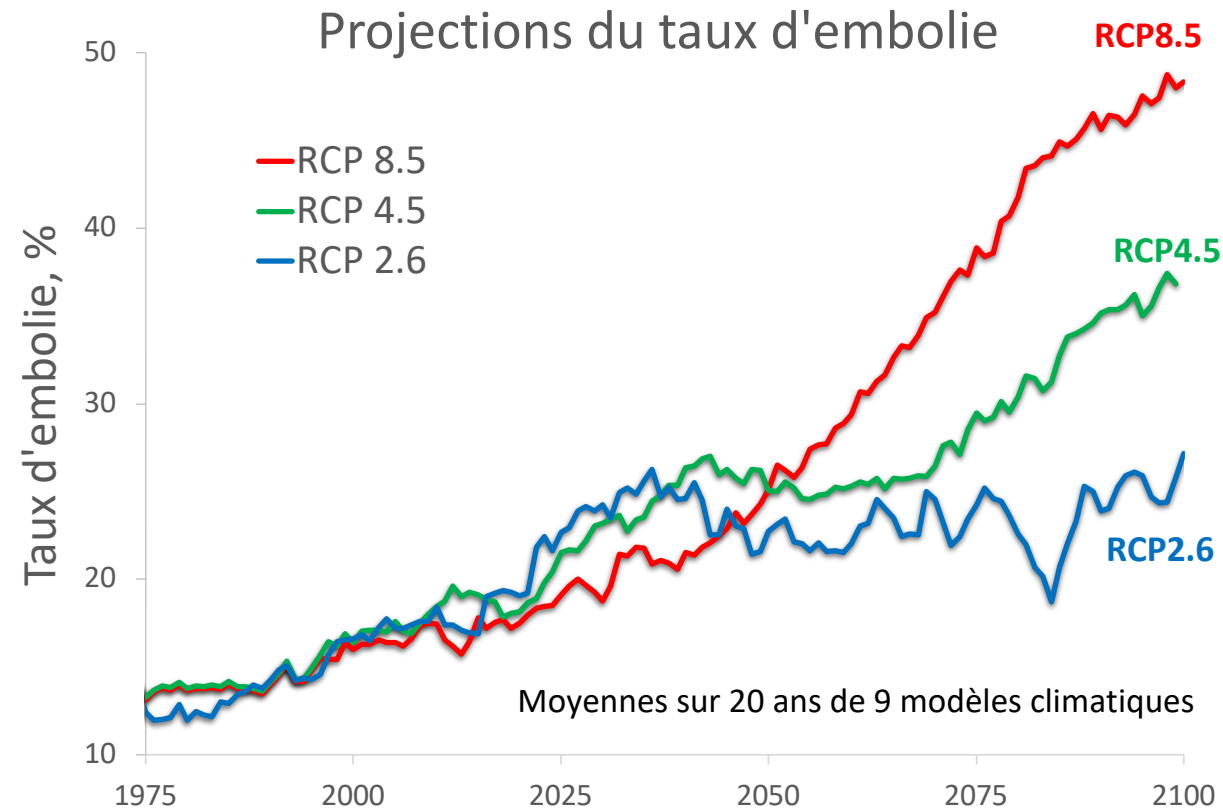
INRAE Nancy



# Prévision du risque passé de cavitation: exemple de la chênaie de Tronçais

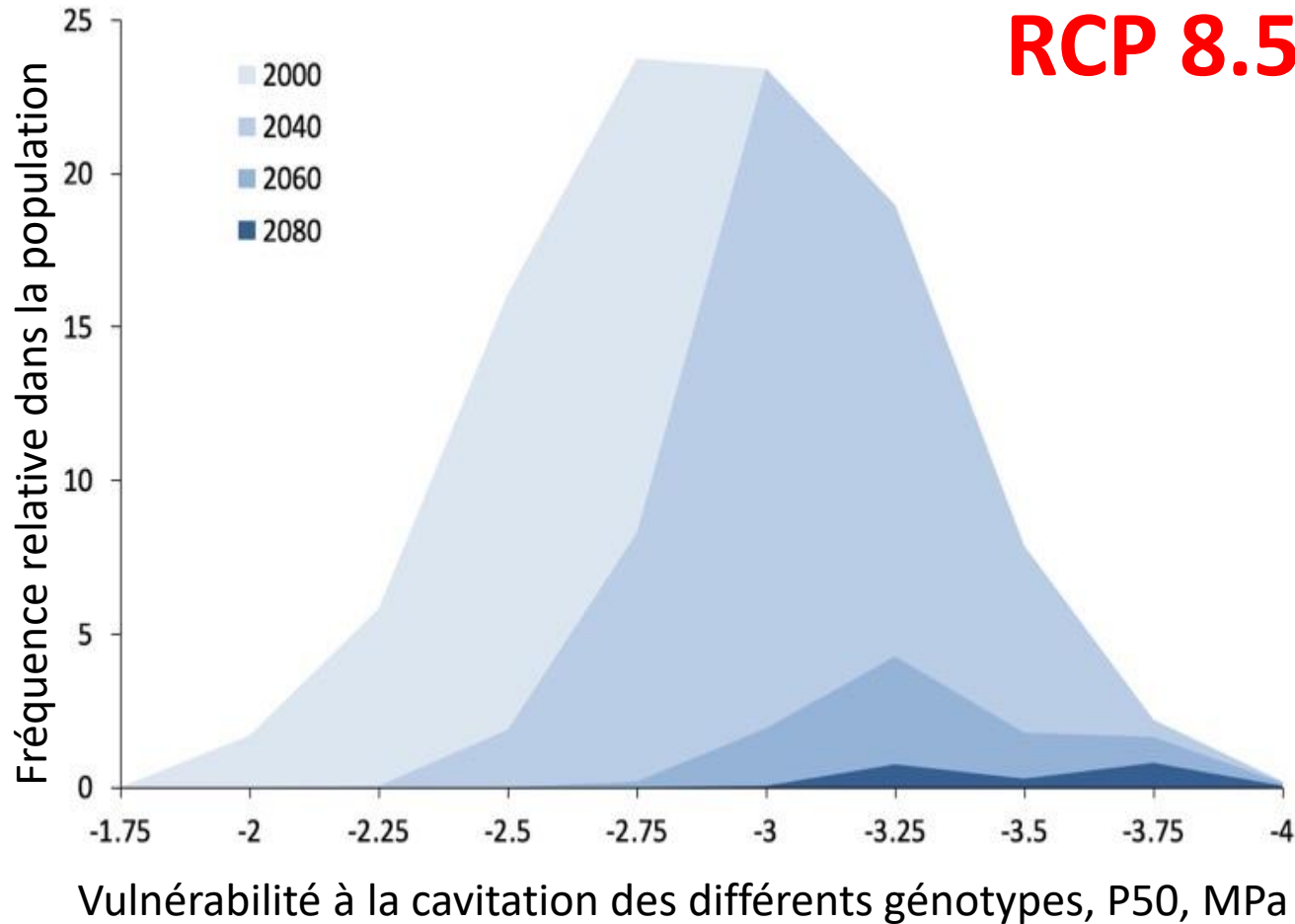


# Prévision du risque futur de cavitation selon différents scénario climatiques pour Tronçais

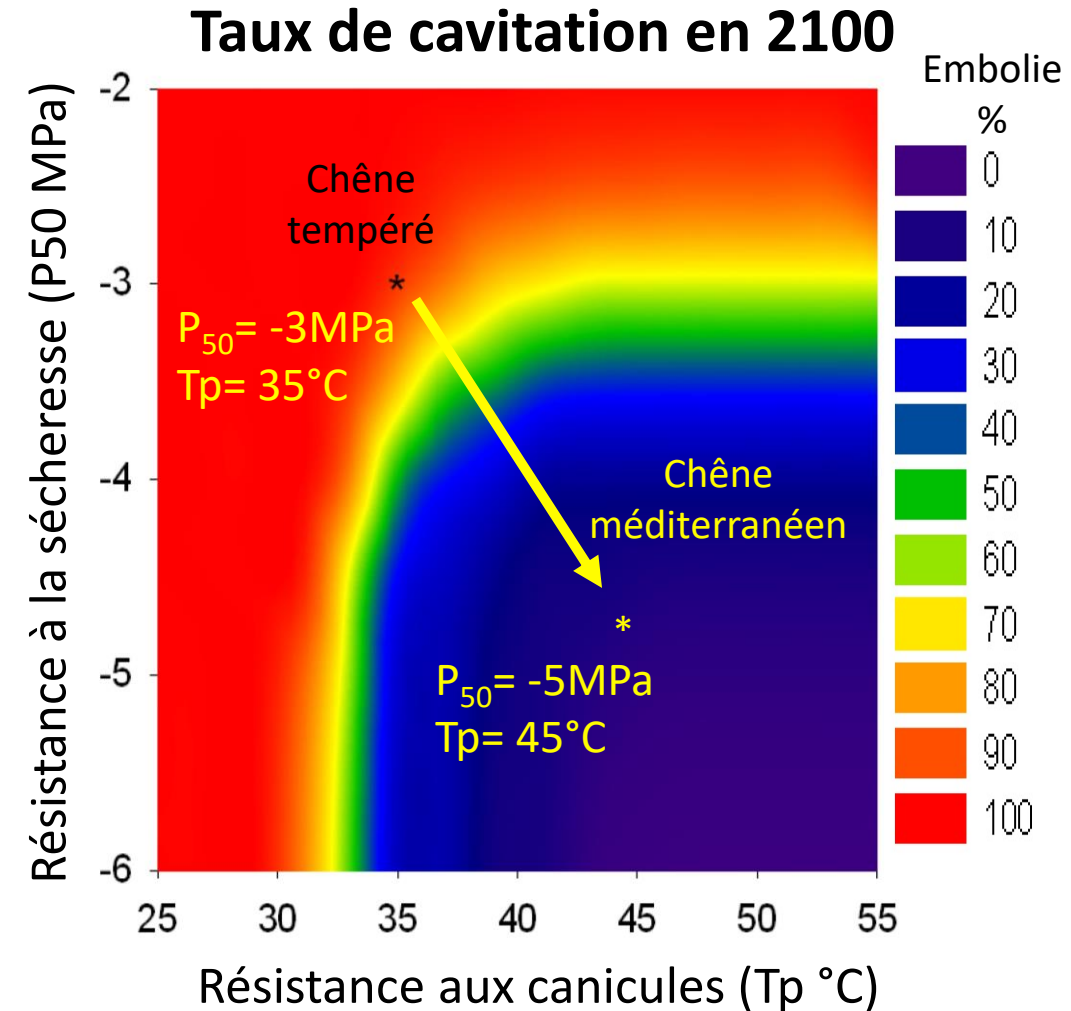


**Risque annuel de 20%**  
=  
**Risque de rupture hydraulique 1 année sur 5 !**

# Prise en compte de la variabilité intraspécifique



Erosion de la diversité génétique. Survie de quelques génotypes les plus résistants. Comment les identifier ?



Le degré d'adaptation ou d'acclimatation requis pour la survie semble trop élevé

# Pour résumer

- 1- La **rupture hydraulique** du xylème est un processus clé de la survie aux sécheresses caniculaire
- 2- **Les marges de sécurité** hydrauliques des espèces sont faibles
  - **Un risque de rupture hydraulique (mortalité) fortement accru avec le réchauffement climatique**
- 3- La variabilité génétique (adaptation) et la plasticité phénotypique (acclimatation) semblent trop faibles pour limiter les risques

Sous **RCP 8.5** :

- très forte mortalité prédite par les modèles mécanistes
- Probablement pas assez de variabilité génétique et de capacité d'acclimatation pour assurer la pérennité des espèces dans leur milieu naturel.

Sous **RCP 2.6** des solutions à mettre en œuvre pour adapter nos forêts au réchauffement climatique



Merci à tous mes collègues  
et collaborateurs



<http://herve.cochard.free.fr>  
[@PlantHydraulics](#)

Photo Sylvain Delzon

## Financeurs



European  
Commission

Horizon 2020  
European Union funding  
for Research & Innovation



L'EUROPE S'ENGAGE  
en région  
Auvergne-Rhône-Alpes  
avec le FEDER



I-SITE  
CLERMONT  
Clermont Auvergne Project