



Colloque Vulnérabilité, 17 Novembre 2011

DRYADE : Vulnérabilité des forêts face aux changements climatiques : de l'arbre aux aires bioclimatiques

ANR-06-VULN-004

2007-2010, Aide ANR = 975 K€

Consortium : 12 équipes

Nathalie BREDA

UMR 1137 INRA Nancy-UHP

Ecologie et Ecophysiologie Forestières

breda@nancy.inra.fr



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Tournée DRYADE - 12 mai 2009

Faire un nouvel
aménagement
ici ?

Encore des
chenilles cette
année

Photo R. Virion IFN

Cinq espèces étudiées



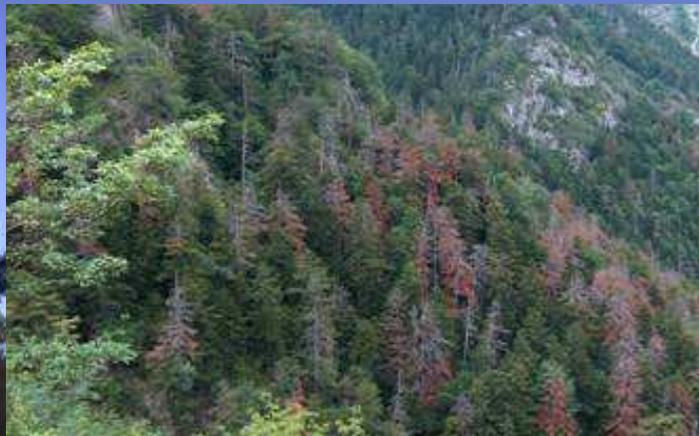
Hêtraie de plaine



Complexe des chênes sessile-pédonculé
+ quelques bioagresseurs



Douglas espèce
productive introduite



Sapin pectiné marge
sud de l'aire



Couple hôte - parasite
Épicéa-scolyte

Démarche utilisée dans DRYADE

Vulnérabilité x aléa = risque

notion relative

Se définit par rapport à des seuils
à des témoins, à des références

2 notions probabilistes

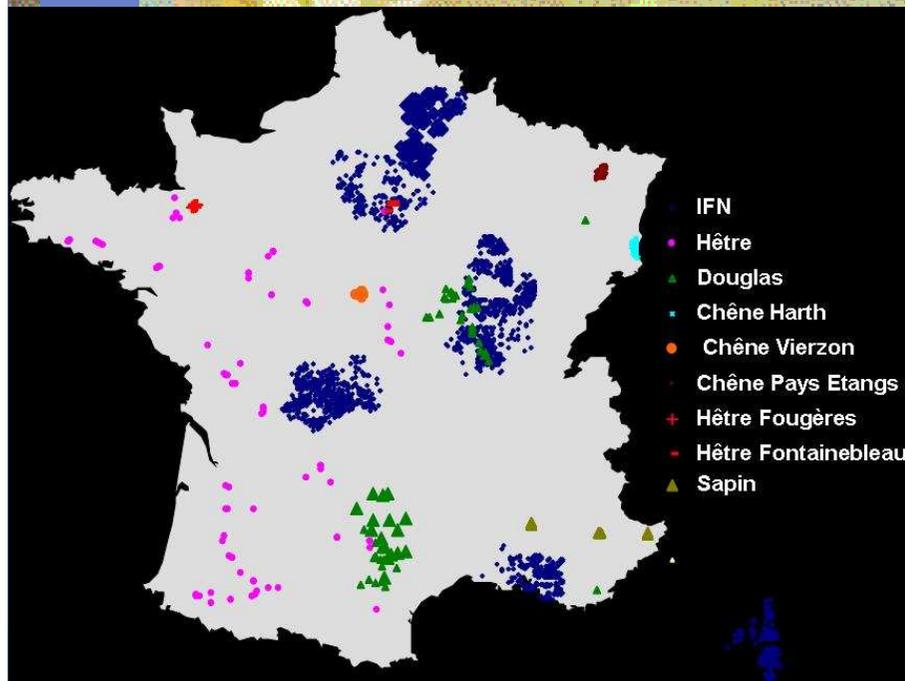
dysfonctionnement = Vulnérabilité x aléa

Impacts sur :
Croissance
État sanitaire
Mortalité
Régénération

Écologique
Sylvicole
Individuelle
Phytopathologique

Climatique
Biotique
à quantifier

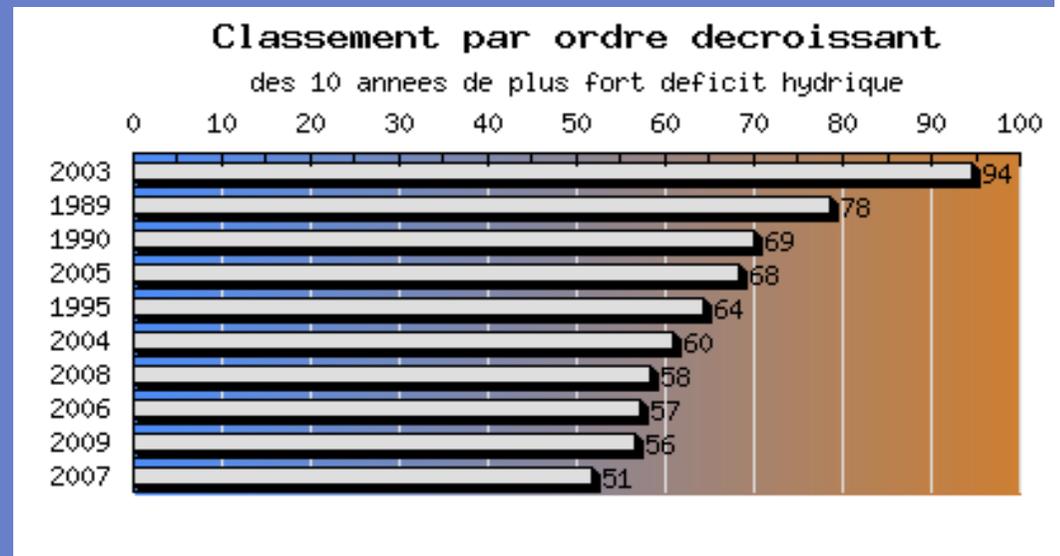
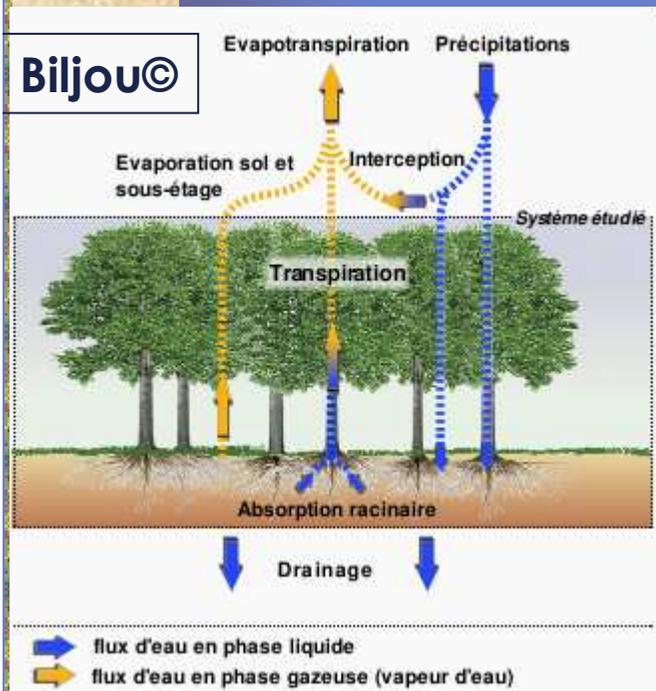
Quantifier les impacts et les aléas



Enquêtes dendroécologiques,
en limite d'aire ou en cœur
d'aire biogéographique
Analyse de bases de données
du DSF et IFN

Les aléas climatiques : bilan hydrique (déficit-excès)

- Quantifier la sécheresse édaphique (durée, intensité, précocité)
- Comparer son intensité entre années et sites, en tenant compte des caractéristiques sol et peuplement
- Evaluer une éventuelle récurrence des sécheresses





Plusieurs aléas biotiques : ravageurs et maladies

- Enquêtes spécifiques sur nos placettes
- Télédétection (défoliation chênes)
- Données de la gestion (scolytes)
- Analyse des signalements dans la base du département de la Santé de la Forêt (oidium et défoliateurs chênes)

Souvent en interaction ...

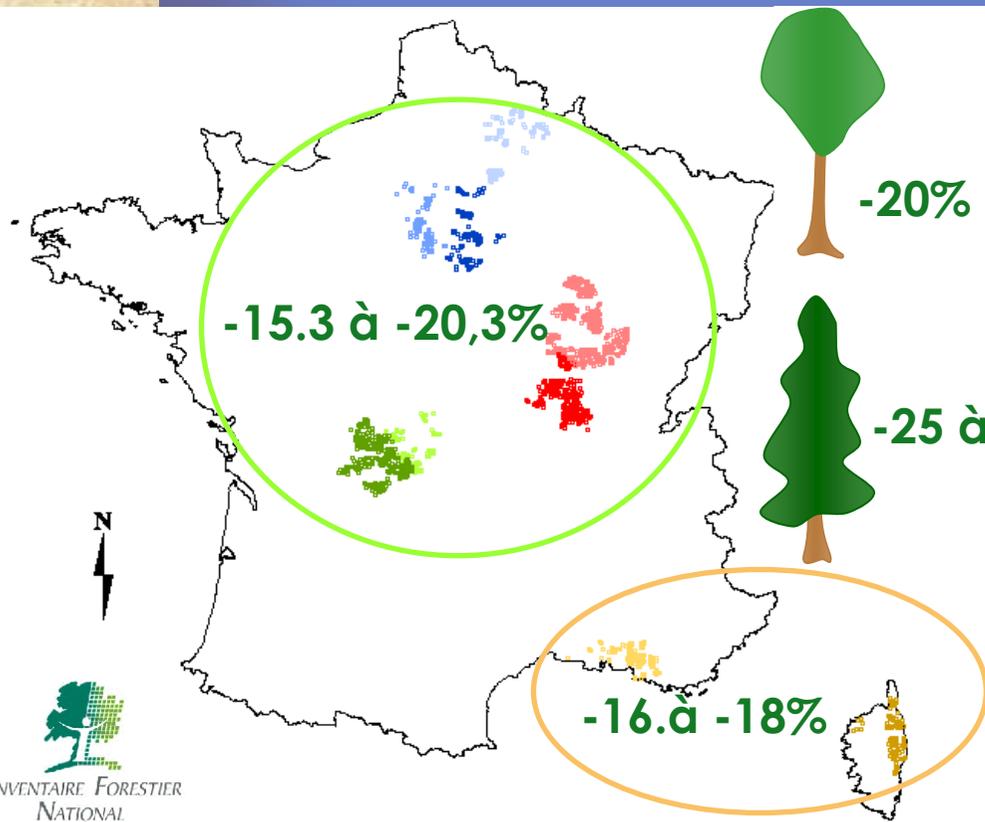
N. Bréda, DRYADE, Colloque Vulnérabilité,

Réductions de croissance radiale en 2003

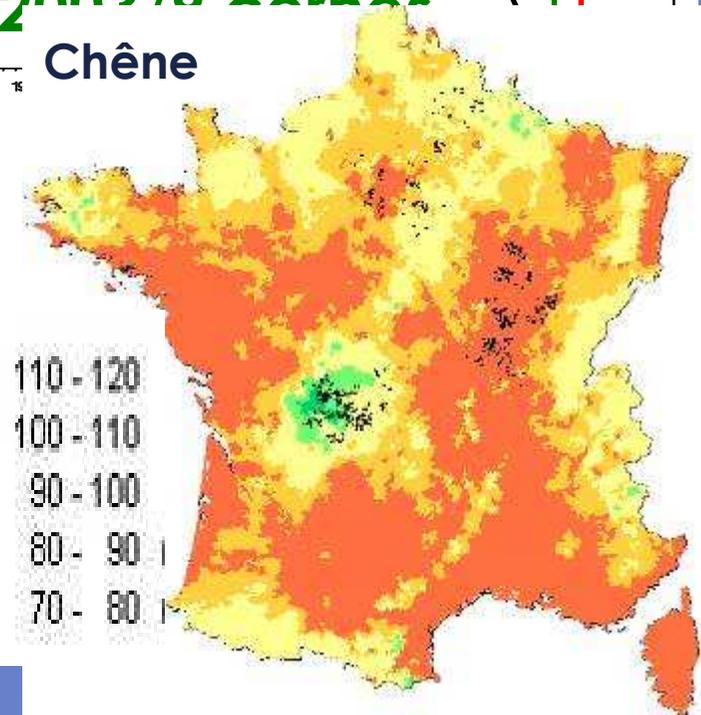
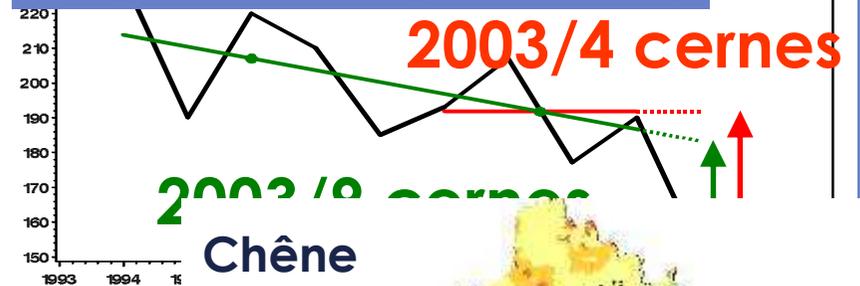
21395 arbres
1945 points
Surface cerne



Girard, Dupouey et al



Largeur cerne (1/100mm)

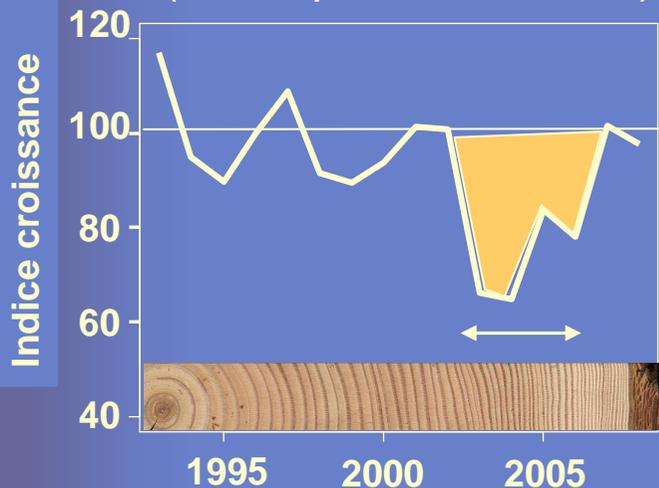


perte croissance 2003 = f (croissance passée y-4, déficit hydrique du sol 2003, DBH) $r^2=69\%$

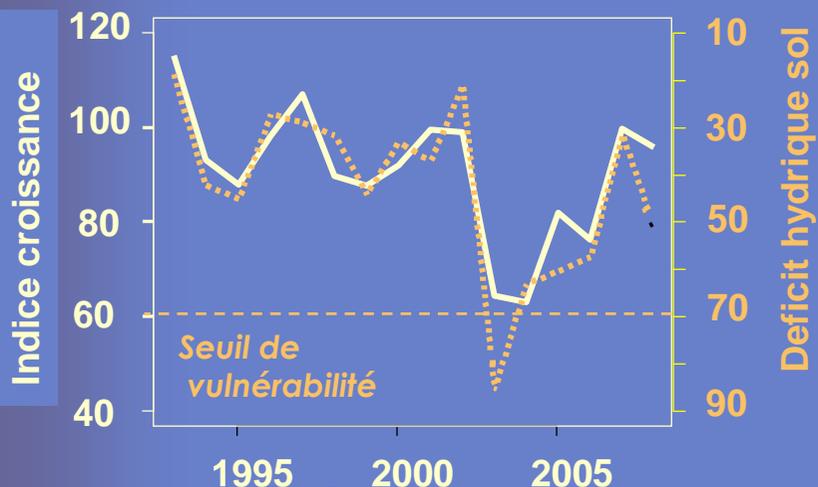
Impact

Douglas

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



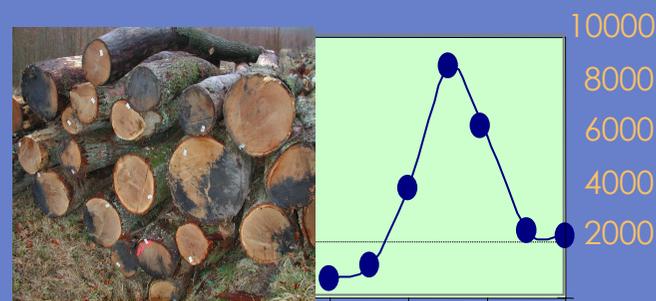
Aléa



Chênes

Massif Pays des Etangs – 8000 ha

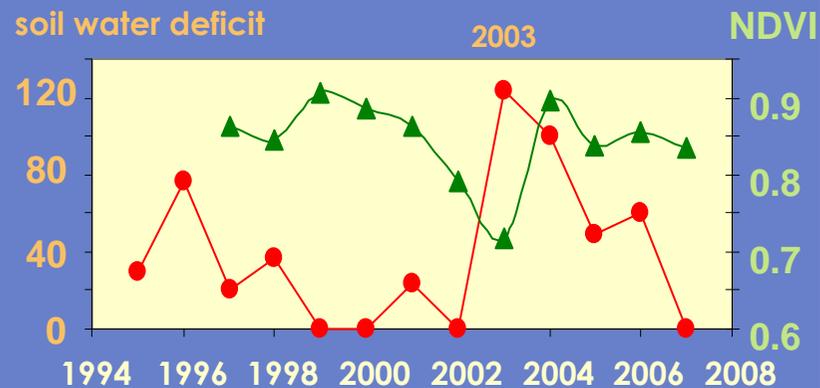
Récolte chênes secs (m³)



1994 1996 1998 2000 2002 2004 2006 2008

Sécheresse

Défoliation processionnaire



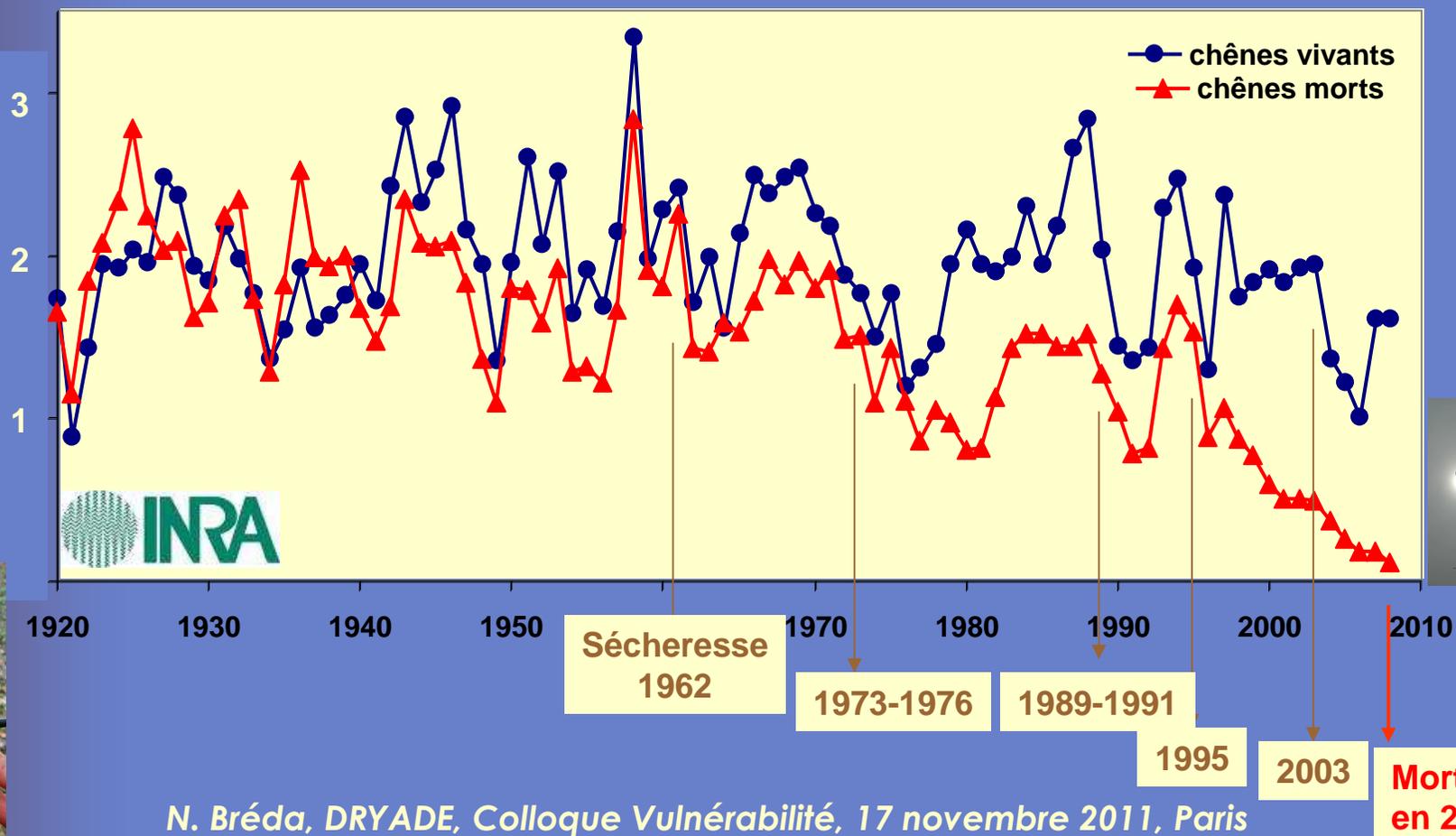
Proposer des indicateurs et des seuils de vulnérabilité



Stationnelle, sylvicole,
écophysiologique, génétique,
individuelle, ...

Impact : perte de croissance, puis mortalité (chênes à Vierzon)

Croissance en millimètres



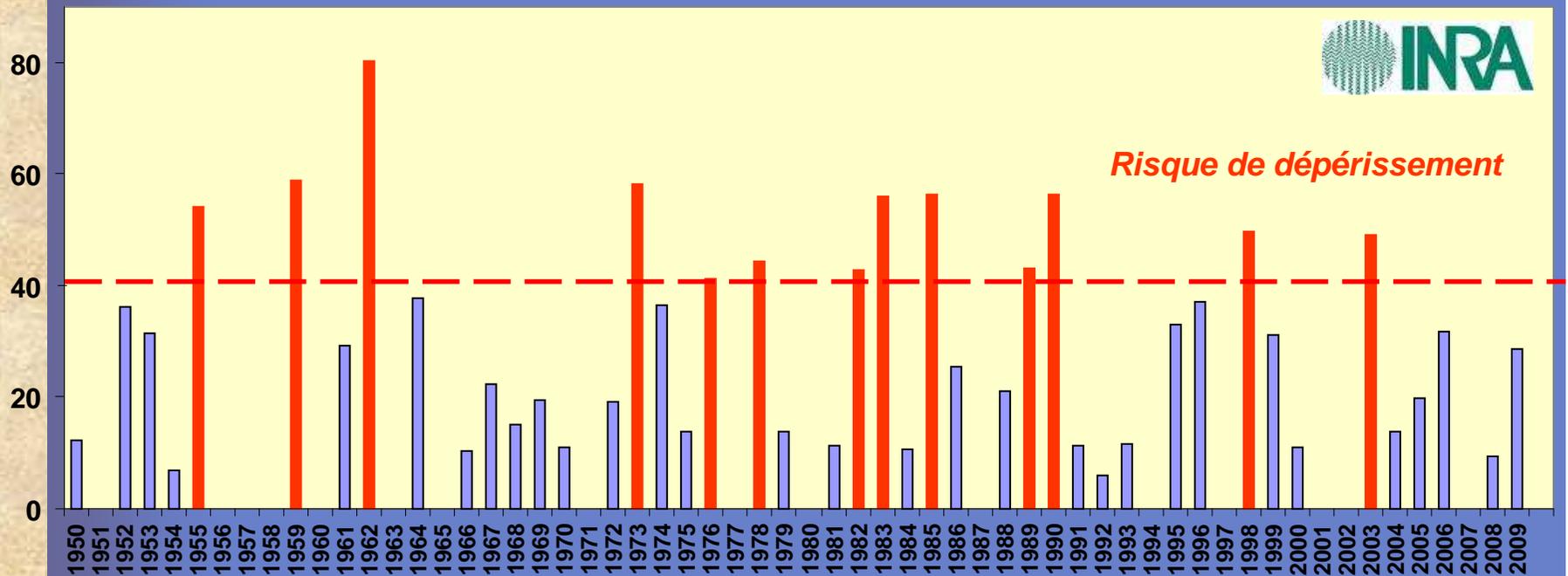
N. Bréda, DRYADE, Colloque Vulnérabilité, 17 novembre 2011, Paris

Morts en 2008



Seuil de déficit hydrique susceptible d'induire un dépérissement

Déficit en eau du sol



Les sécheresses exceptionnelles peuvent induire des dépérissements et des mortalités d'arbres avec un effet différé dans le temps

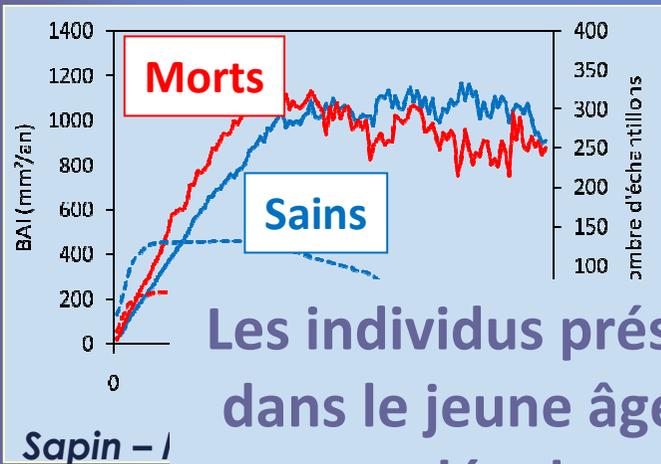
Pas de tendance « changement climatique »

Genet et al.

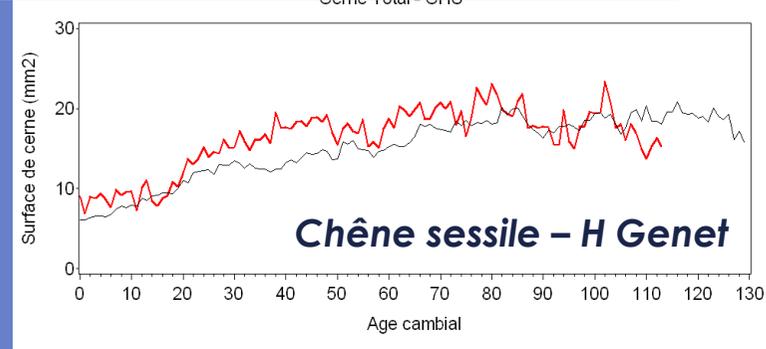
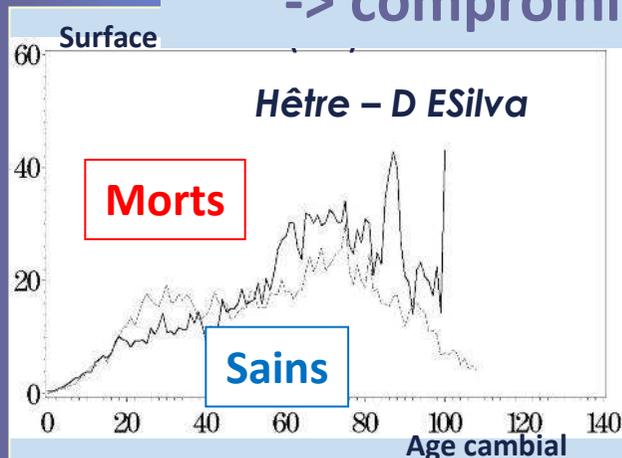


Individus vulnérables

Analyse de la croissance radiale de couples morts-vivants



Les individus présentant une meilleure croissance dans le jeune âge sont plus vulnérables lors d'un aléa de type sécheresse (sauf CHP)
 -> compromis performance vs vulnérabilité



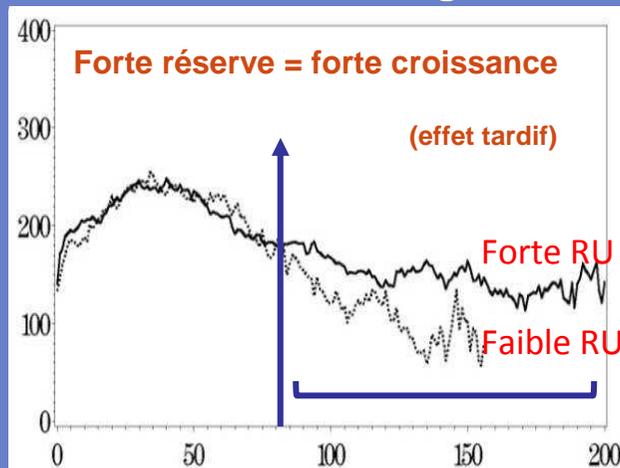
Facteurs édaphiques de vulnérabilité, interaction avec l'âge

Cas du hêtre

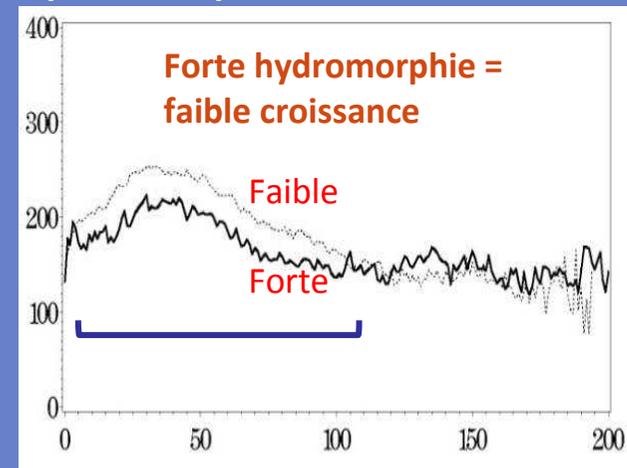
Réserve utile

Hydromorphie

Largeur de cerne (10^{-2} mm)



Age des cernes (années)

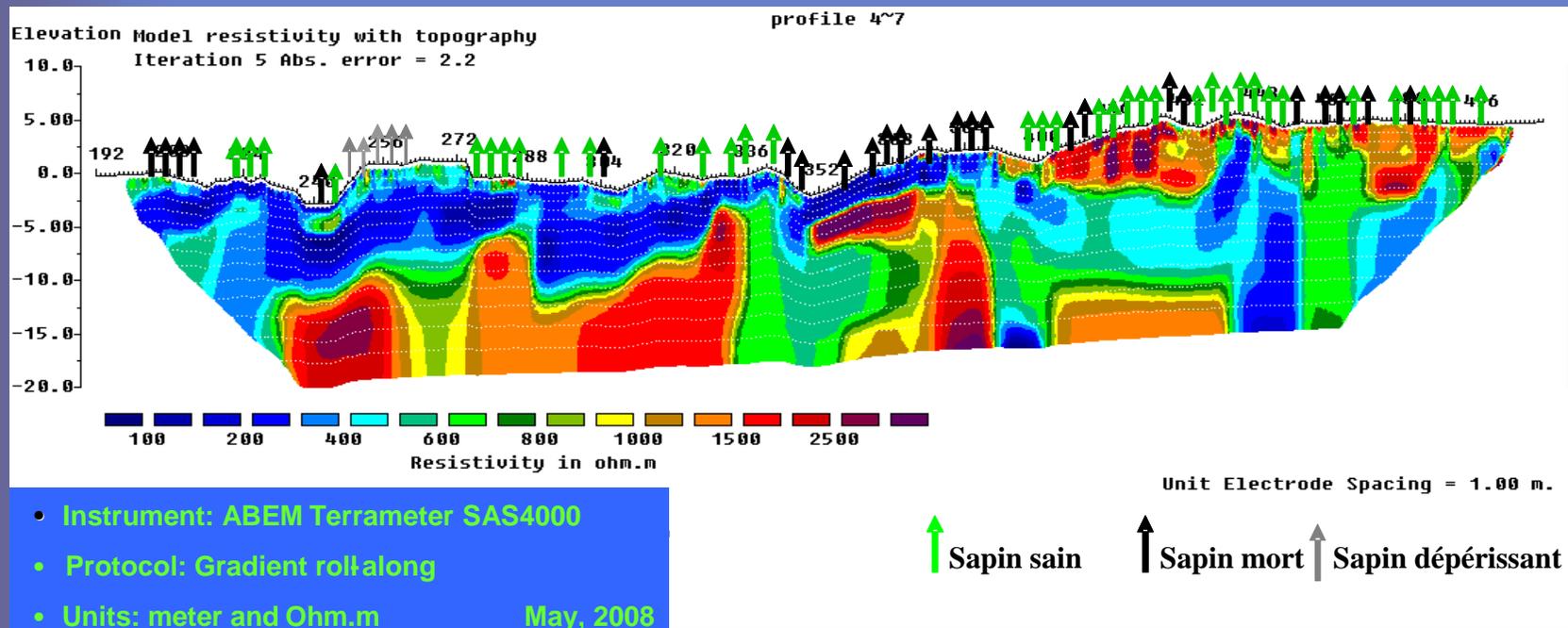


Age des cernes (années)

E Silva, 2010

La vulnérabilité aux contraintes hydriques évolue avec l'âge

Acclimatation selon contrainte édaphique locale ?



Yingge, Nourtier, Cailleret, Chanzy

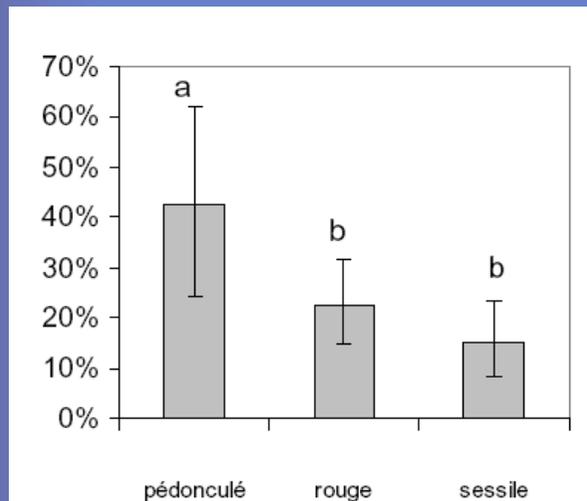
Acclimatation des sapins sur les sols les plus contraignants
-> ajustement surface foliaire – prospection racinaire

N. Bréda, DRYADE, Colloque Vulnérabilité, 17 novembre 2011, Paris

Facteurs de vulnérabilité aux aléas biotiques



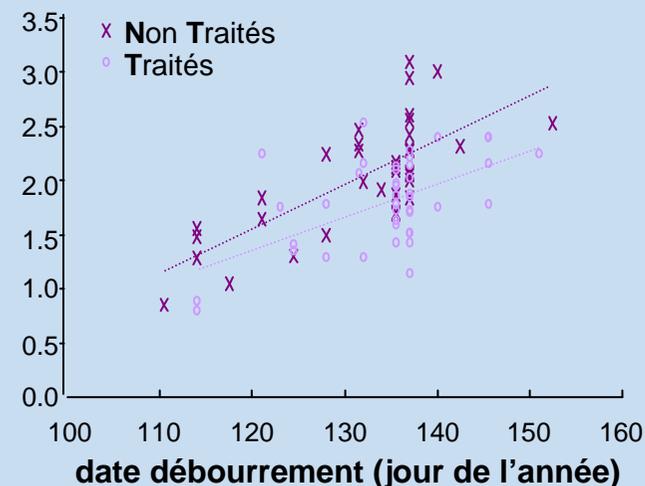
Processionnaire des chênes



Efficiéce de conversion de nourriture digérée plus élevée en ch. Pédonculé (Pellieux et Meurisse)

Oïdium sur chêne

sévérité oïdium (2005-2010)

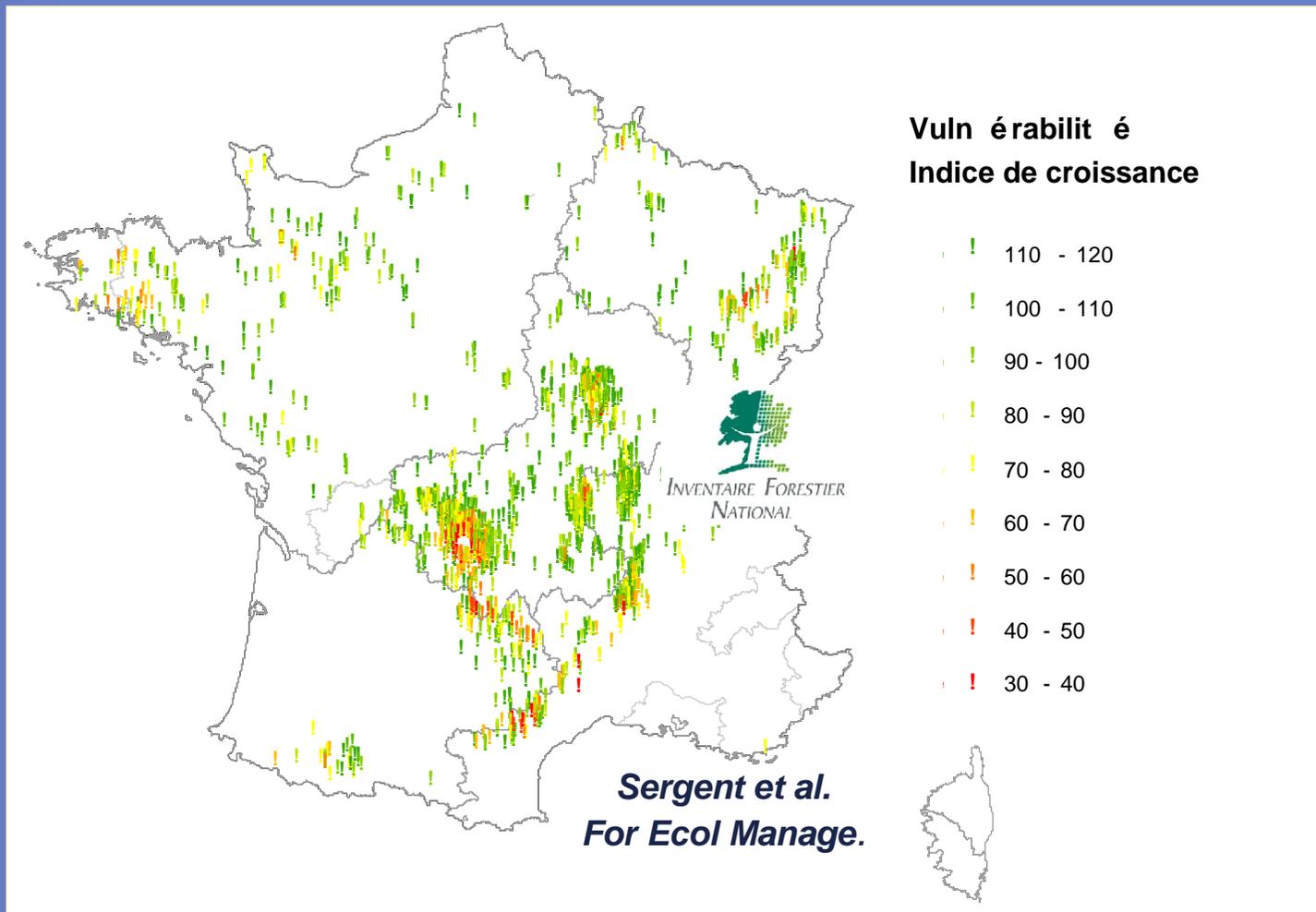


Vulnérabilité augmente avec la tardiveté du débourrement (Marçais et al.)

Principaux facteurs de vulnérabilité mis en évidence dans DRYADE

Sylvicole	Age et retard d'éclaircie (indice foliaire élevé)
Individuel	Performance de croissance au jeune âge L'espèce (chênes)
Biotique	Affaiblissement physiologique consécutifs aux attaques de bio-agresseurs (différentiel entre CHS et CHP)
Edaphique	Réserve utile, charge en éléments grossiers, contraintes à l'enracinement Trophique : limite la récupération après crise
Bilan hydrique	Bilan hydrique en moyenne favorable lors de sécheresse exceptionnelle Alternance d'extrêmes excès-sécheresse

Cartographie de vulnérabilité de la récupération de croissance du douglas après sécheresse



Perspective : de la vulnérabilité au risque futur, de Dryade à Climator ...

1

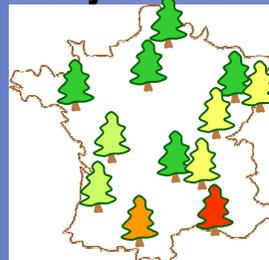


Modèle de
vulnérabilité

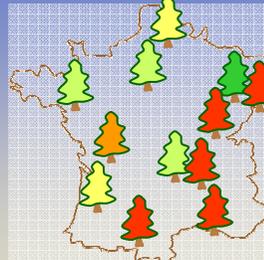
2



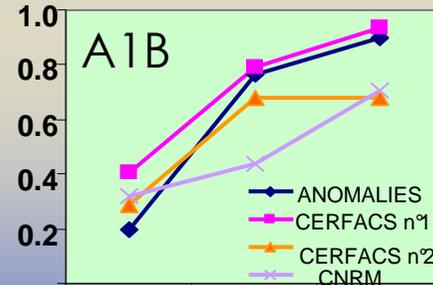
aujourd'hui



demain



Probabilité d'occurrence



Passé récent Futur proche Futur lointain

3

AFORCE
RMT Adaptation des forêts
au changement climatique

Risque
dépérissement
induit par
sécheresse dans
les modèles de
rentabilité
économique
-> éclairer les
stratégies
d'adaptation des
gestionnaires

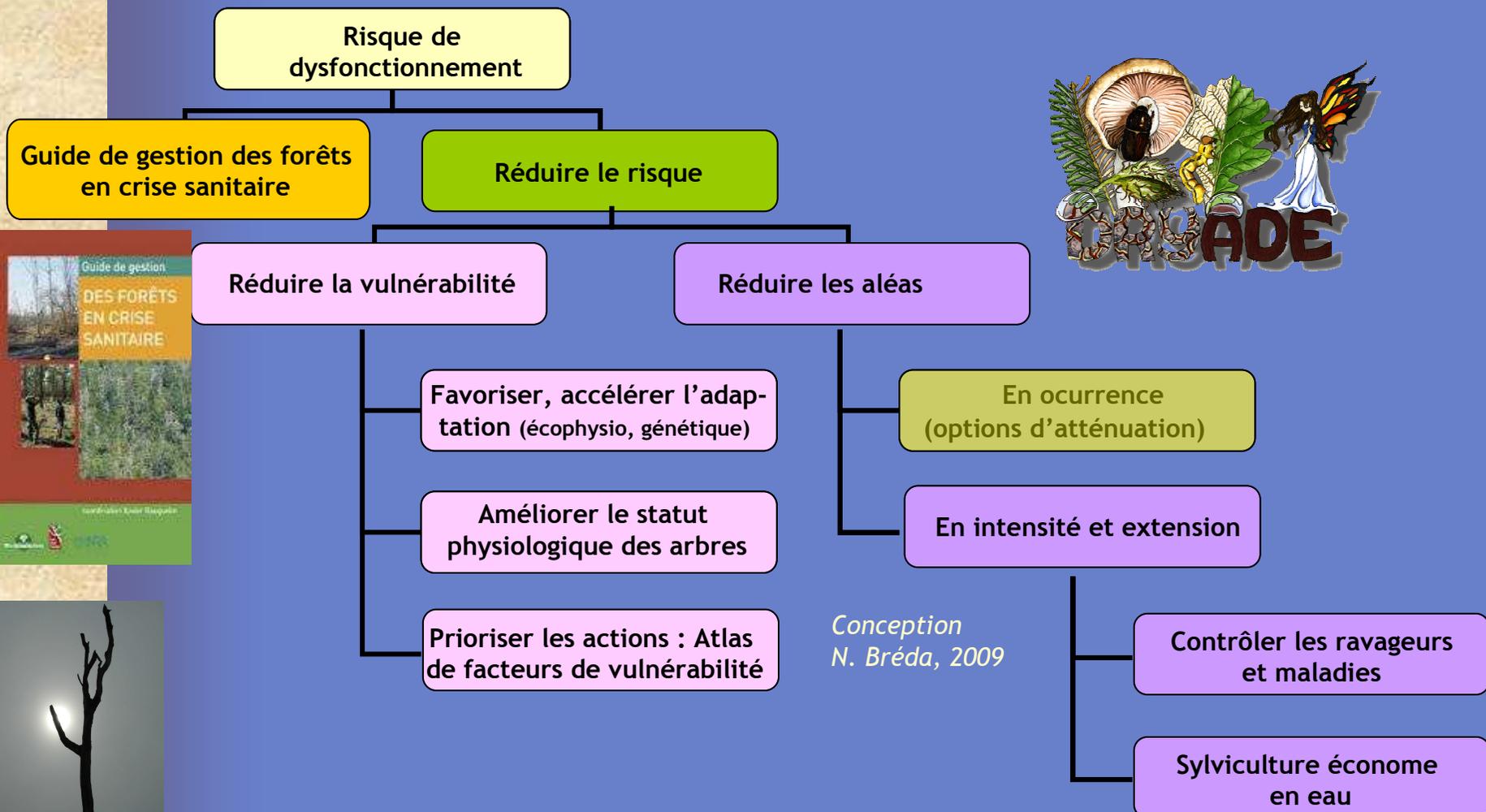
... en cours



De la vulnérabilité à la gestion de crise et gestion anticipative

N. Bréda, DRYADE, Colloque Vulnérabilité, 17 novembre 2011, Paris

De la vulnérabilité à la gestion de crise ou à la gestion adaptative



Conception
N. Bréda, 2009

Vulnérabilité écophysiological à la sécheresse édaphique et atmosphérique



Approche intégrée du fonctionnement hydrique

- Basée sur les concepts majeurs de l'écophysiological
- Construction de fonctions de réponse comparables entre espèces
- Analyses multifactorielles vers des stratégies de réponse

Fiche d'identité écophysiological

Douglas

Pseudotsuga menziesii / Pinaceae / GYMNOSPERMS

anglais : Douglas-fir



Fonctions de réponse au déficit hydrique du sol

Détermination des paramètres de fonctions pour les réponses écophysiological et architecture

- REGULATION STOMATIQUE
- Contrôle de l'eau en phase vapeur dans le système sol- plante-atmosphère
- REGULATION DE LA CONDUCTANCE HYDRAULIQUE
- Contrôle de l'eau en phase liquide dans le système sol-racine-feuille
- PROFONDEUR DE L'ENRACINEMENT
- Profondeur de l'enracinement : moyen

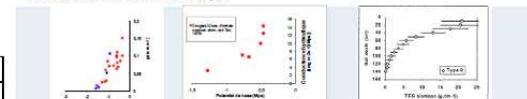


Figure 1 GAUCHE : Réponse de la conductance stomatique au dessèchement du sol
Milieu : réponse de la conductance hydraulique au dessèchement du sol
Droite : Enracinement selon la profondeur de sol

Vulnérabilité hydraulique et coordination liquide/vapeur

Mise en évidence de la réponse du douglas face à la sécheresse édaphique

- FERMETURE STOMATIQUE
- Perte de conductivité hydraulique contrôlée par la fermeture stomatique
- SEGMENTATION HYDRAULIQUE

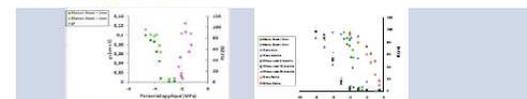


Figure 2 Gauche : Marge de sécurité : perte de conductivité hydraulique contrôlée par la fermeture stomatique Droite : segmentation hydraulique

espèce nom latin	douglas <i>Pseudotsuga menziesii</i>
phénologie	Résineux
indice foliaire moyen	6
indice foliaire min - max	1.4 à 10
nombre d'années d'aiguilles	4
anatomie du bois	trachéide
limite aubier - cœur	visible
densité du bois (kg/m3)	500
potentiel de base critique (MPa)	-2.1
potentiel hydrique induisant SONPCL (MPa)	-3.5
potentiel hydrique de base 2003 (MPa)	-1.98



Merci à tous les partenaires pour leur engagement !





Vulnérabilité, aléa et risque

(GIEC, 2001)

- **La vulnérabilité** d'un système est sa fragilité face à un aléa, et en particulier sa capacité à surmonter la crise après l'aléa.
- **L'aléa** est un événement d'origine naturelle ou humaine potentiellement dangereux dont il convient d'évaluer l'intensité et la probabilité d'occurrence par l'étude des périodes de retour ou des prédispositions du site.
- **Le risque** est la probabilité d'occurrence de dommages à des enjeux compte tenu des interactions entre processus physiques d'endommagement et facteurs de peuplement (vulnérabilité).