



**HAL**  
open science

## Vulnérabilité des arbres à la sécheresse et mécanismes d'acclimatation

Nicolas Martin-StPaul

► **To cite this version:**

Nicolas Martin-StPaul. Vulnérabilité des arbres à la sécheresse et mécanismes d'acclimatation. Impact de l'anthropisation et des changements climatiques sur les arbres forestiers : du fondamental à l'appliqué, un dialogue entre science et société, Aug 2013, Paris, France. 33 p. hal-02807445

**HAL Id: hal-02807445**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02807445>**

Submitted on 6 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

IMPACT DE L'ANTHROPIISATION ET DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES ARBRES  
FORESTIERS: du fondamental à l'appliqué, un dialogue entre science et société  
29 & 30 Aout 2013

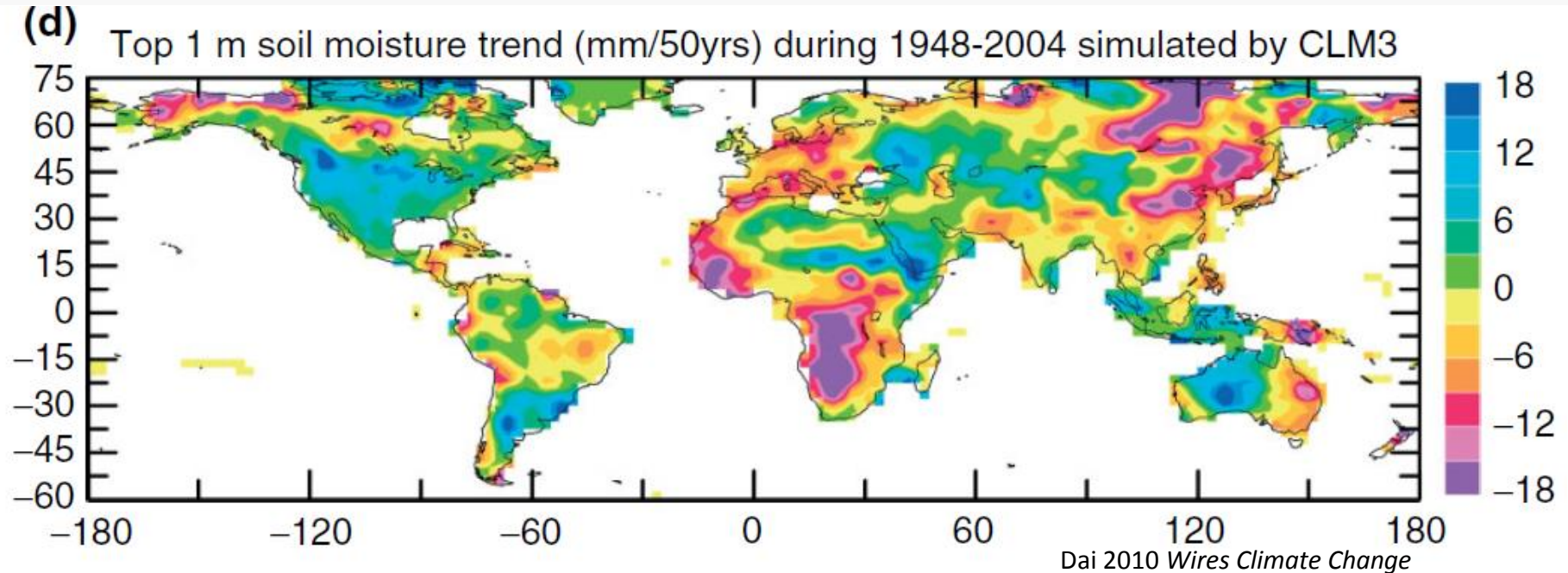


# Vulnérabilité des arbres à la sécheresse et mécanismes d'acclimatation

Nicolas Martin, ESE, Université Paris Sud  
[nicolas.martin@u-psud.fr](mailto:nicolas.martin@u-psud.fr)  
[nico09.martin@gmail.com](mailto:nico09.martin@gmail.com)



# Augmentation de la sécheresse 1950→2010 : conséquences

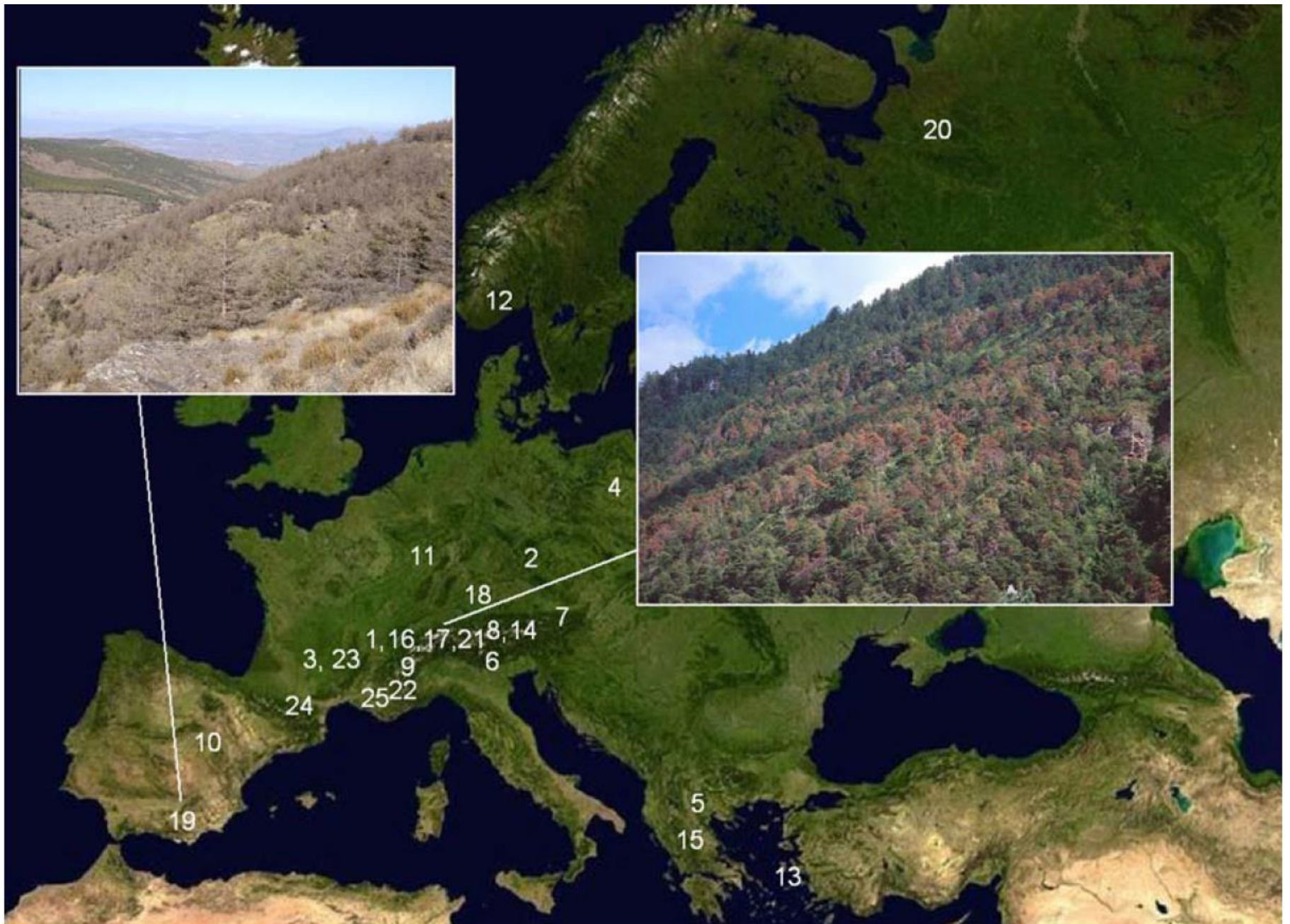


## Changements climatiques récents

- ✓ **Augmentation des zones sujettes à la sécheresse** (Dai 2012 *Nature Climate Change*)

## Réponses des forêts:

- ✓ **Diminution de la productivité**  
(Ciais *et al.* 2005 *Nature*)
- ✓ **Augmentation de la mortalité**  
(Allen *et al.* 2010 *FEM*; Carnicer *et al.* 2012 *PNAS*)

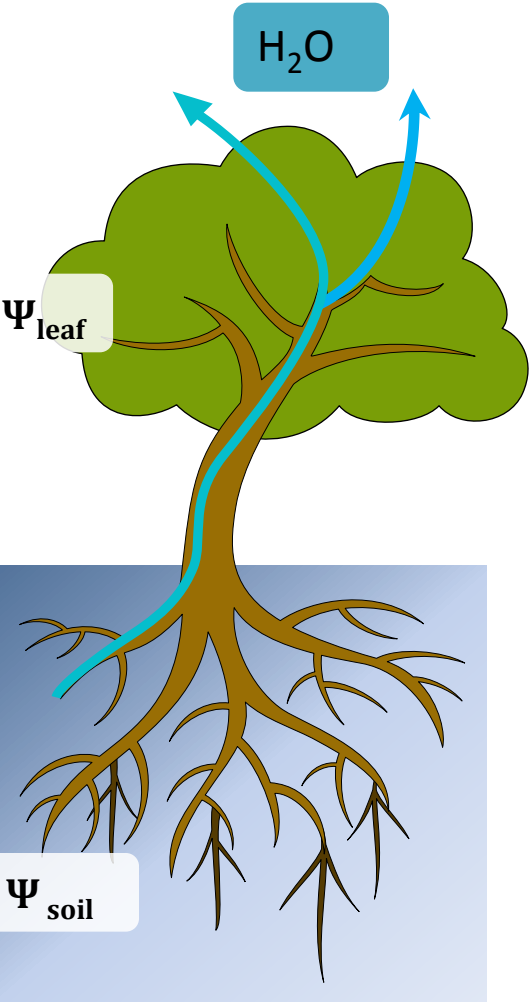




# Ecophysiologie de l'arbre

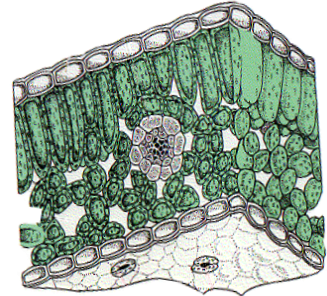
$$0 > \Psi_{\text{sol}} > \Psi_{\text{plante}} \gg \Psi_{\text{atm}}$$

$\Psi_{\text{atm}}$



## Régulation stomatique

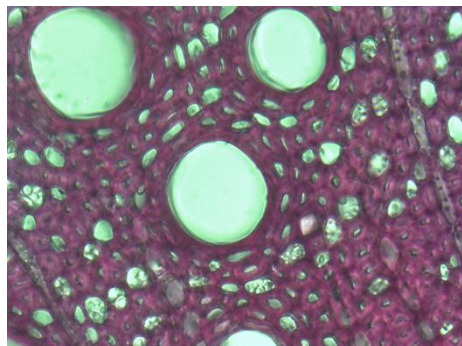
$$Tr = gs \times (\Psi_{\text{leaf}} - \Psi_{\text{atm}})$$



stomate

## Régulation Hydraulique

$$Tr = K_{\text{arbre}} \times (\Psi_{\text{soil}} - \Psi_{\text{leaf}})$$

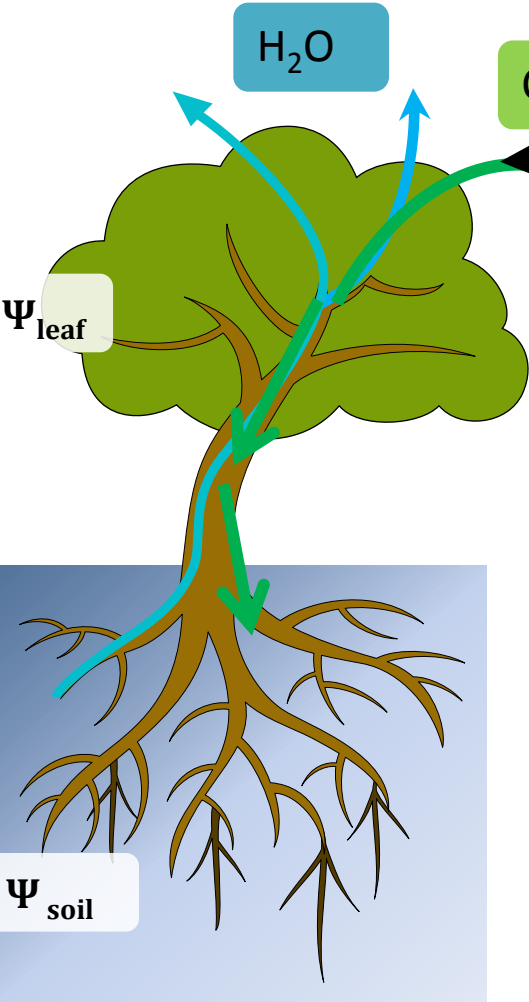


Xylème

# Ecophysiologie de l'arbre

$$0 > \psi_{\text{sol}} > \psi_{\text{plante}} \gg \psi_{\text{atm}}$$

$\psi_{\text{atm}}$



## Régulation Foliaire

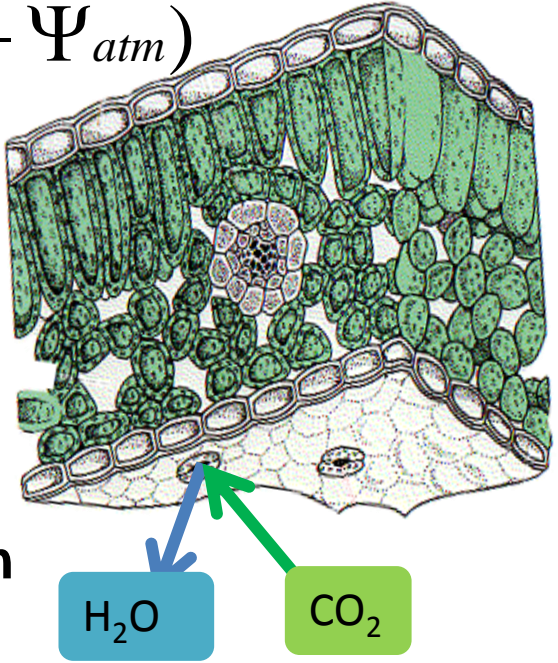


$$Tr = gs \times (\psi_{\text{leaf}} - \psi_{\text{atm}})$$

Conductance stomatique



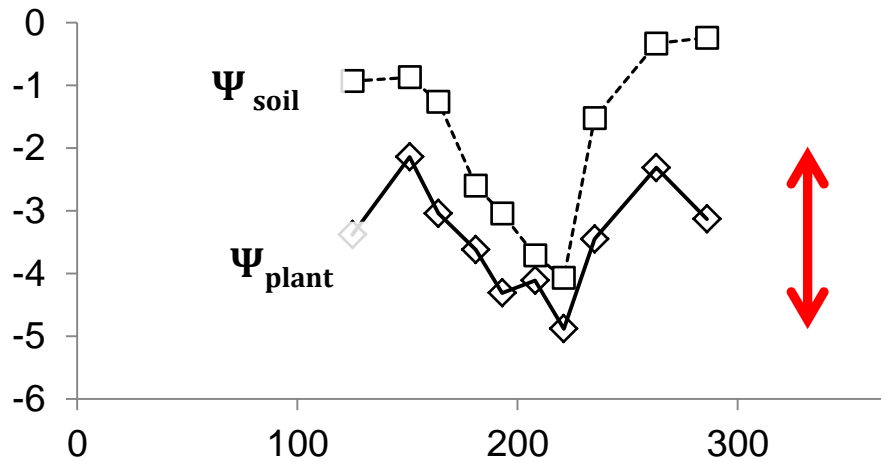
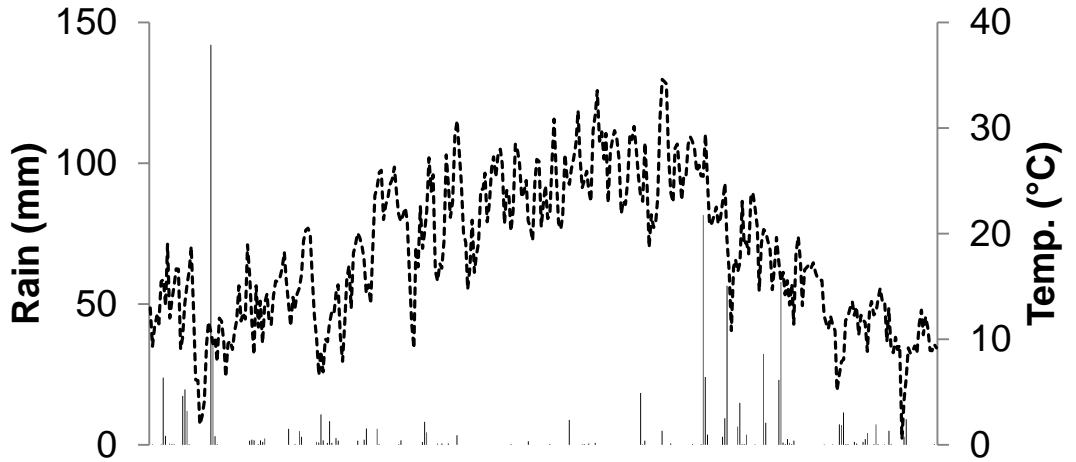
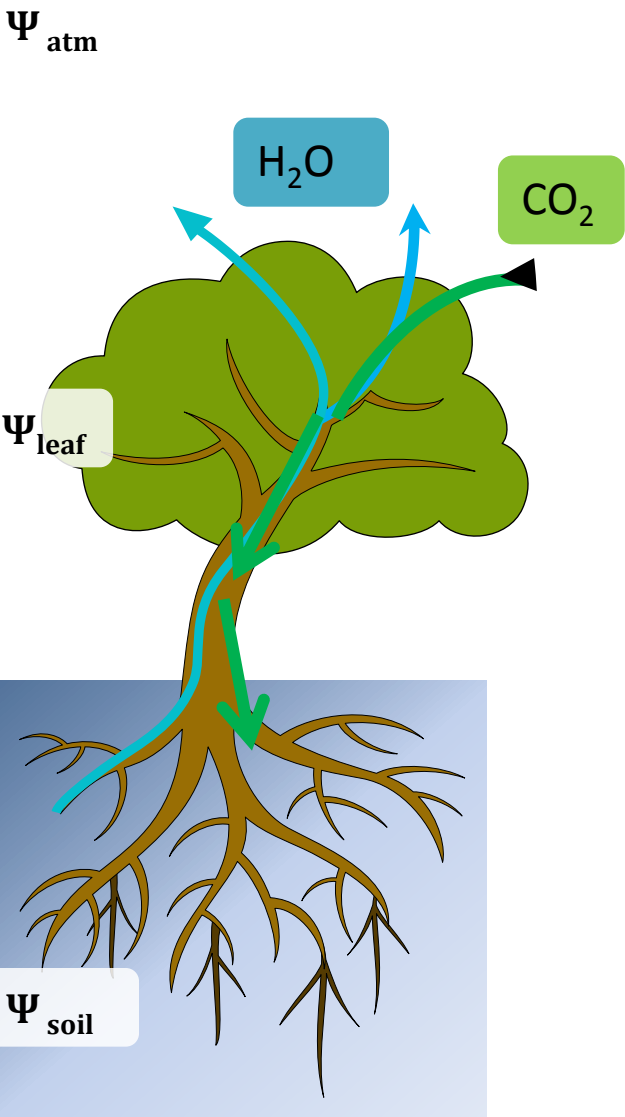
Contrôle de la **transpiration** et de la **photosynthèse**



# Ecophysiologie de l'arbre

## Régulation Hydraulique

$$Tr = gs \times VPD = K_{arbre} \times (\Psi_{sol} - \Psi_{feuille})$$



# 1- Vulnérabilité des arbres à la sécheresse

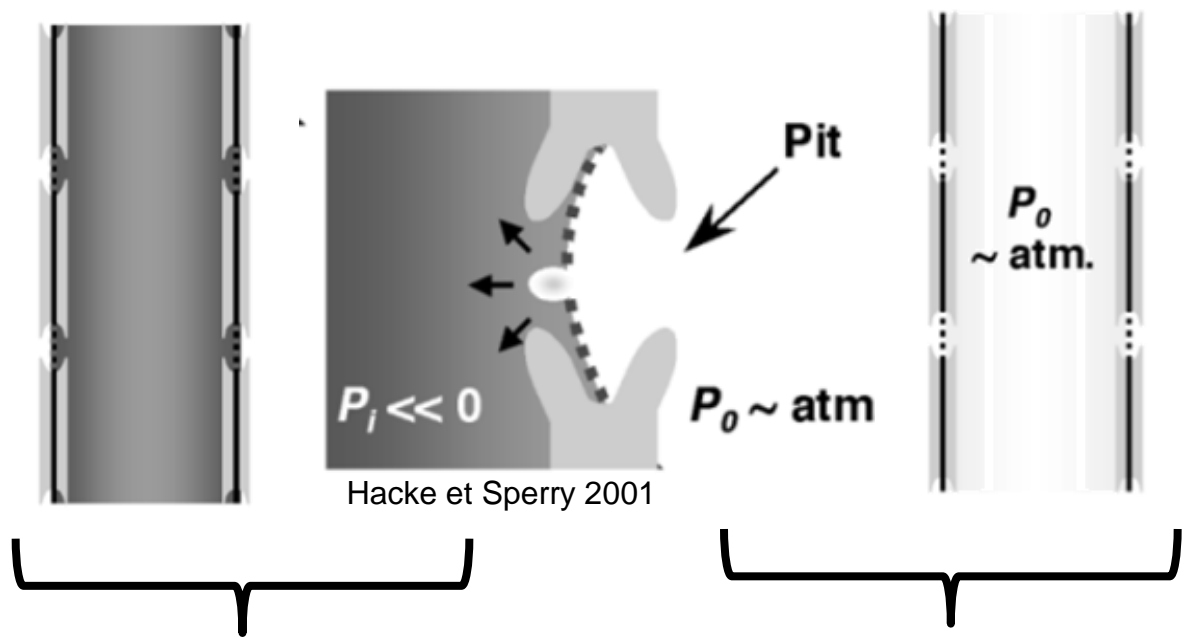
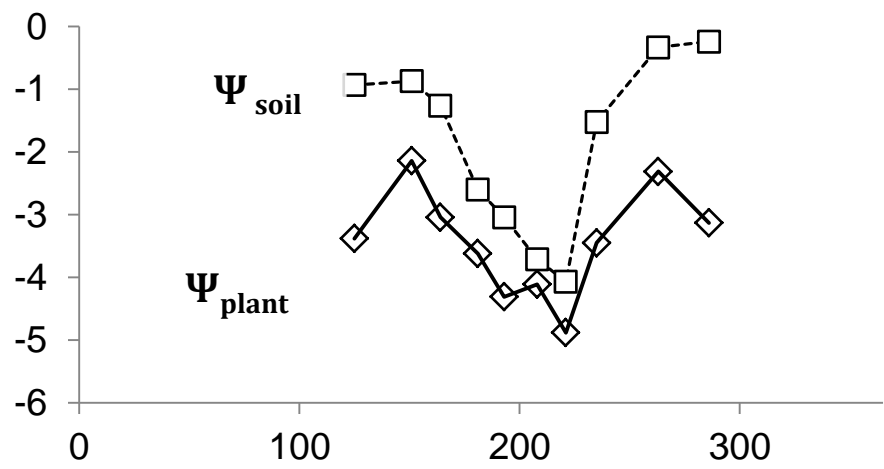
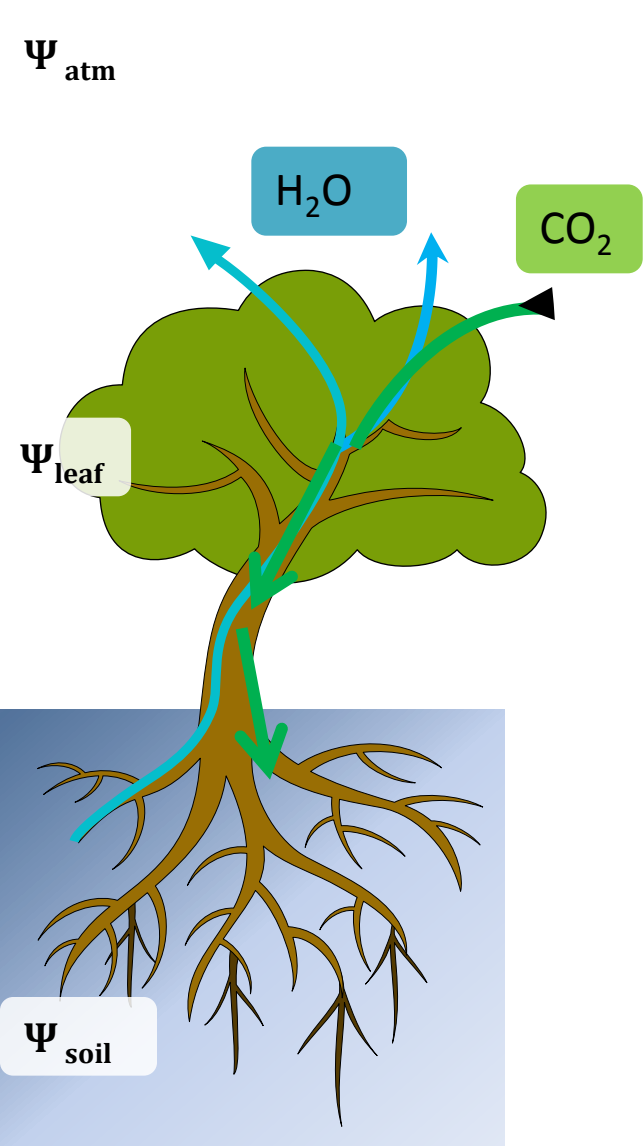


Photo: Jean-Marc Ourcival

<http://www.cefe.cnrs.fr/fe/puechabon/>



# 1- Vulnérabilité des arbres à la sécheresse: cavitation

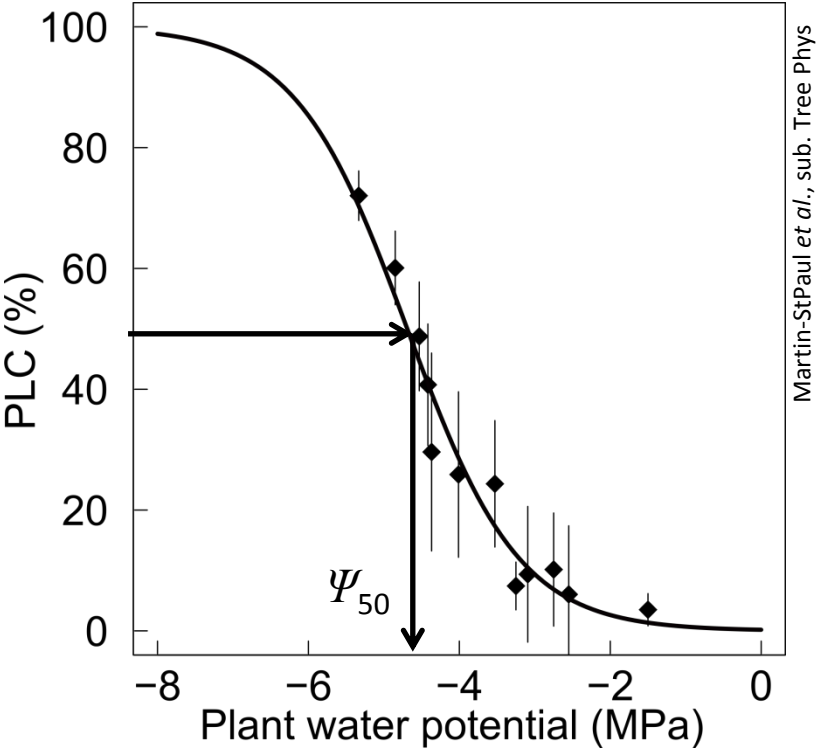


Vaisseau fonctionnel

Vaisseau embolisé

# 1- Vulnérabilité des arbres à la sécheresse: cavitation

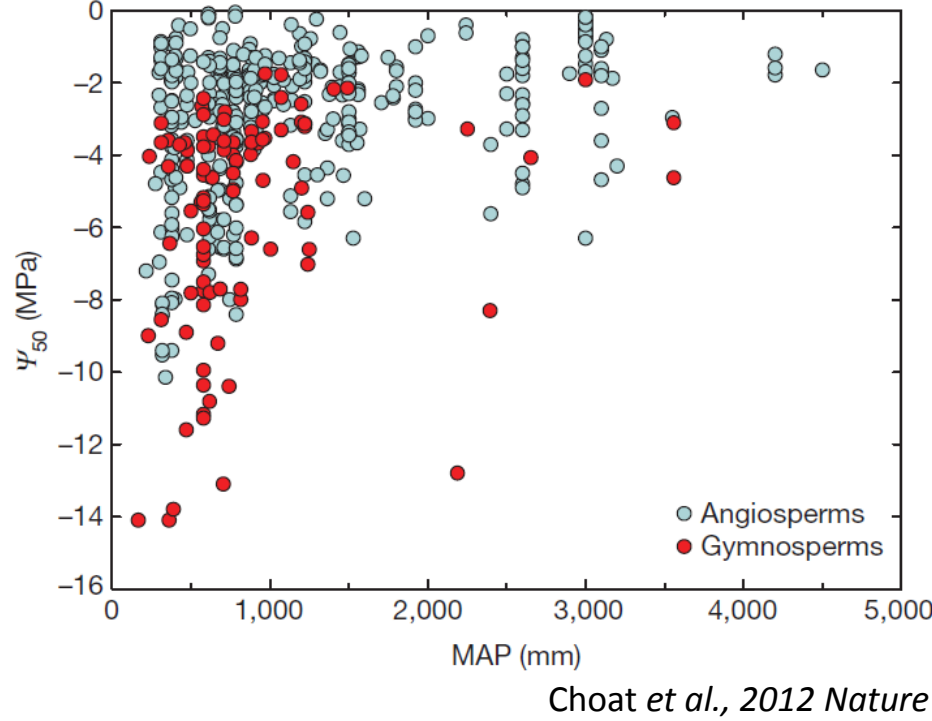
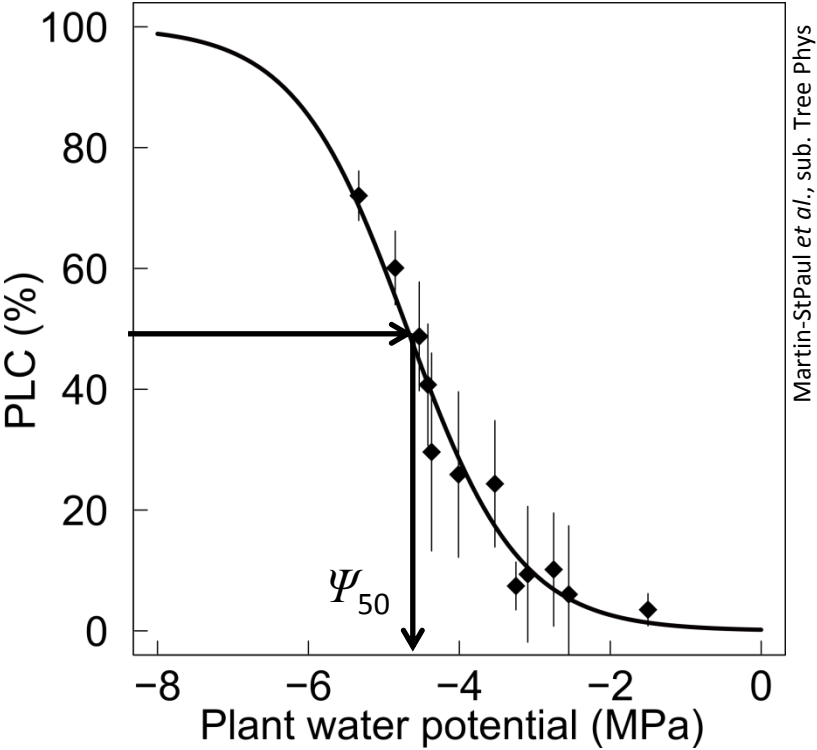
*Quercus ilex* vulnerability to cavitation



Martin-StPaul et al., sub. Tree Phys

# 1- Vulnérabilité des arbres à la sécheresse: cavitation

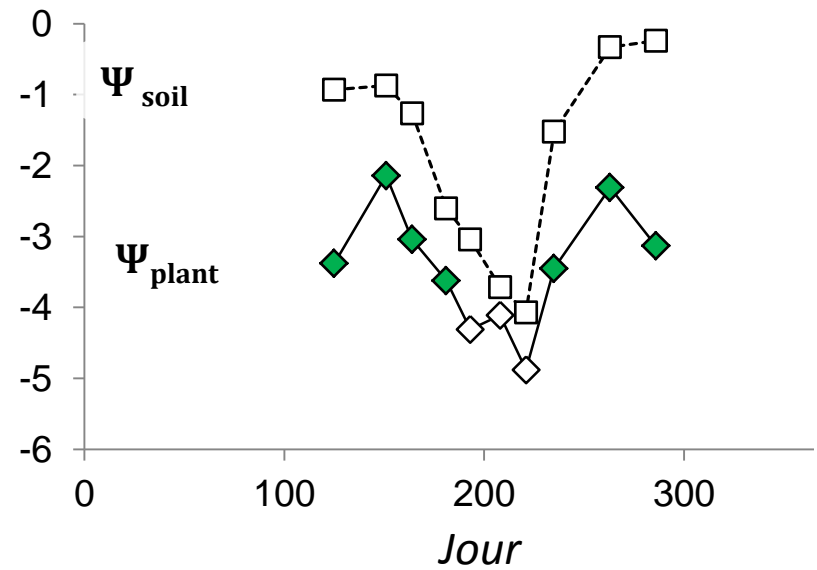
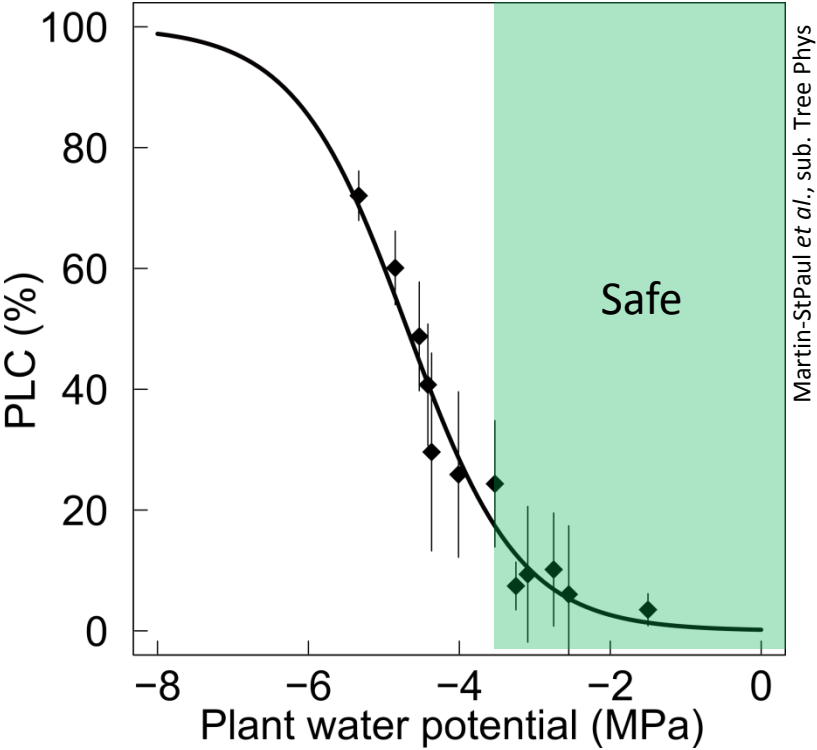
*Quercus ilex* vulnerability to cavitation



La vulnérabilité à la cavitation varie selon les espèces et l'aridité

# 1- Vulnérabilité des arbres à la sécheresse: cavitation

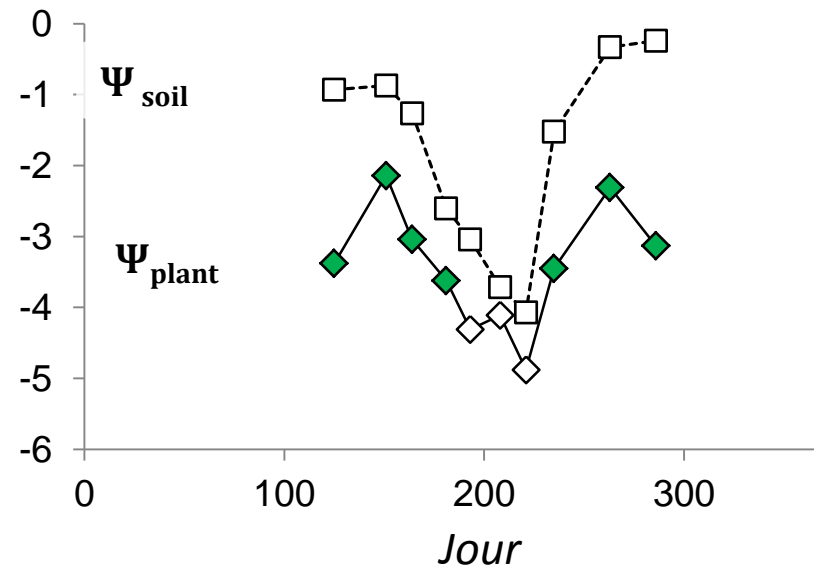
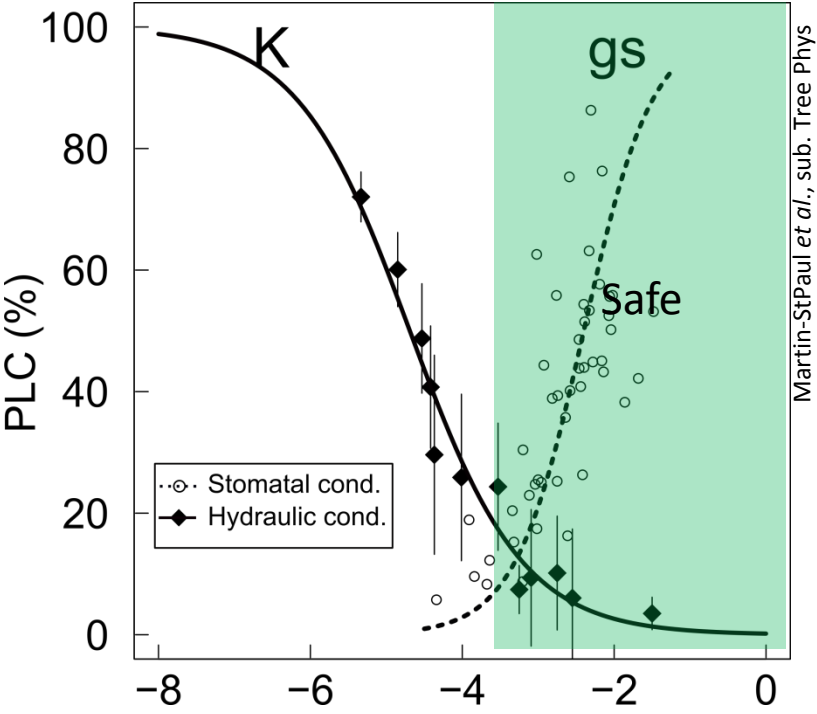
*Quercus ilex* vulnerability to cavitation





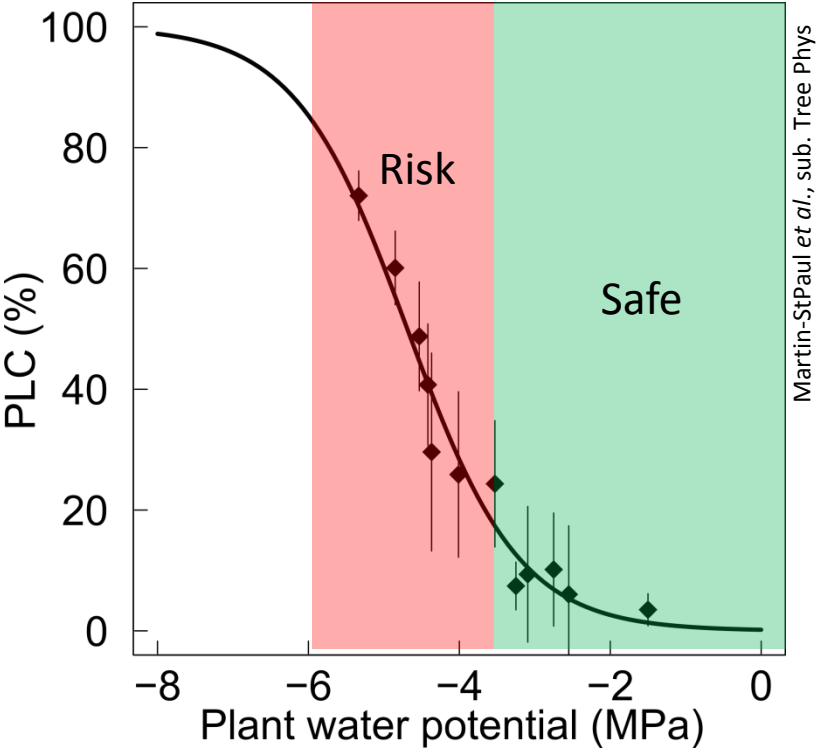
# 1- Vulnérabilité des arbres à la sécheresse: cavitation

*Quercus ilex* vulnerability to cavitation

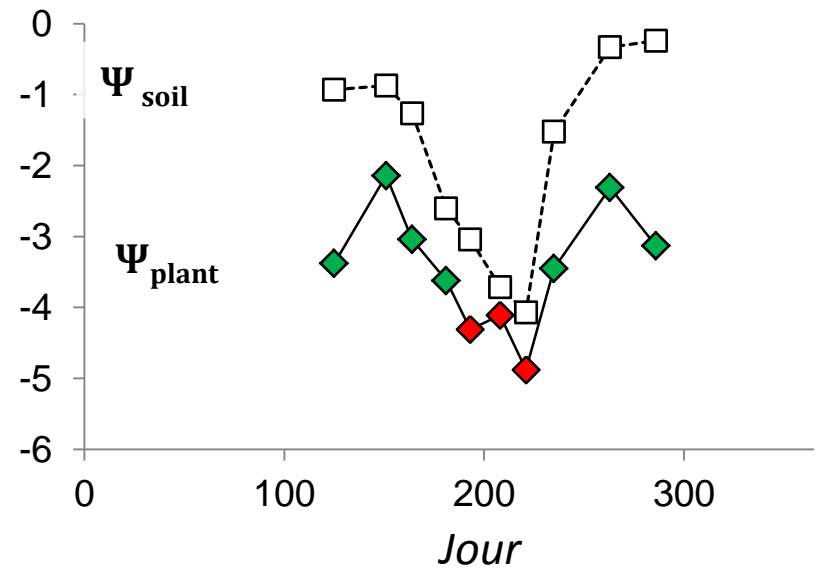


# 1- Vulnérabilité des arbres à la sécheresse: cavitation

*Quercus ilex* vulnerability to cavitation

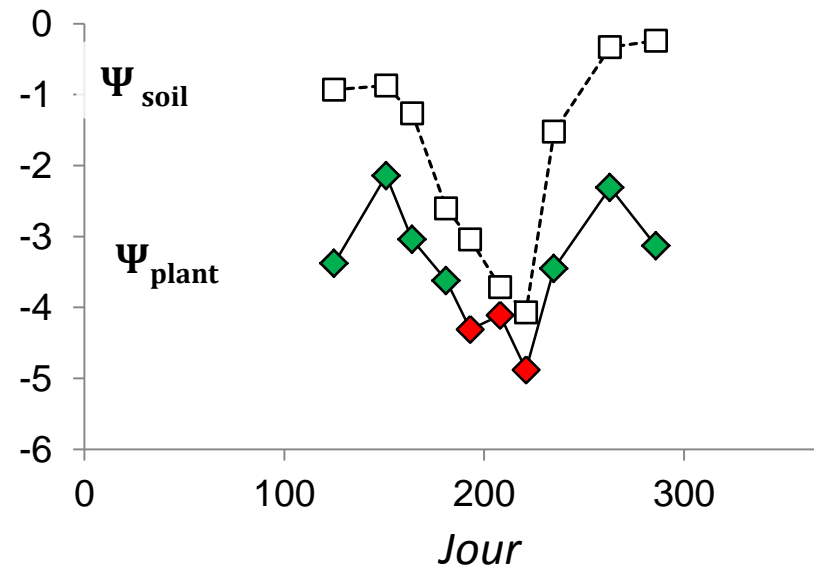
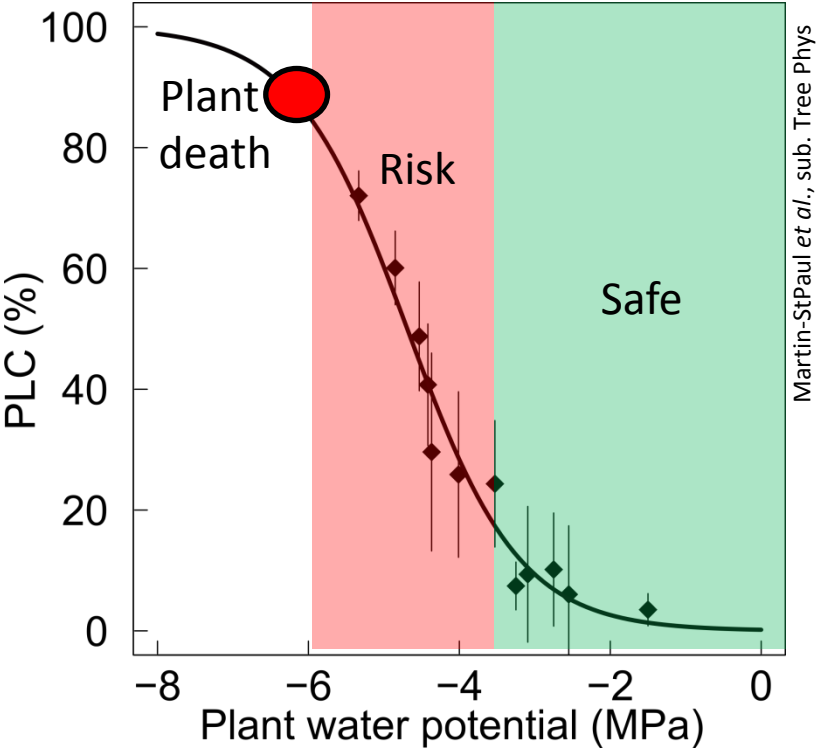


Martin-StPaul et al., sub. Tree Phys

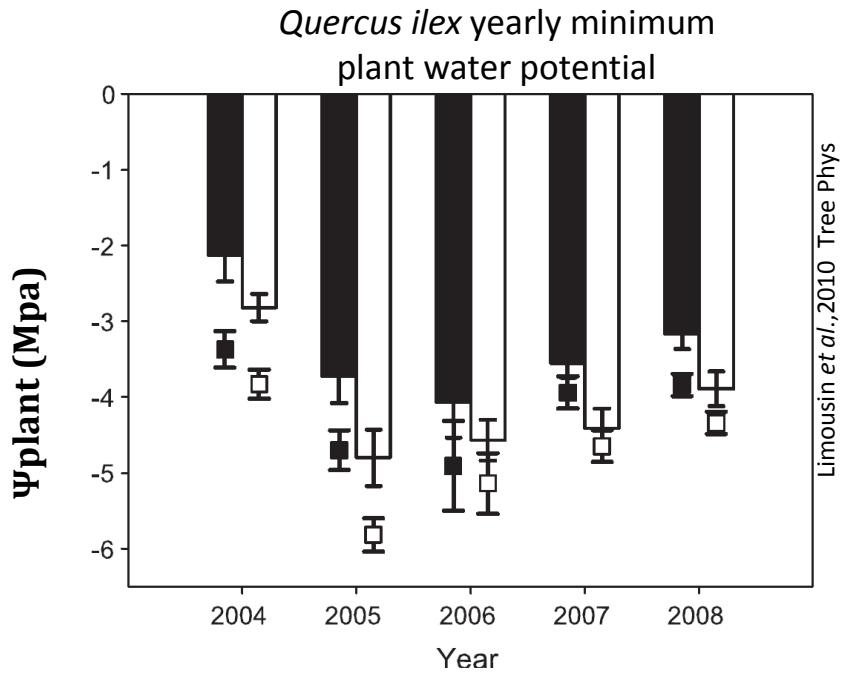
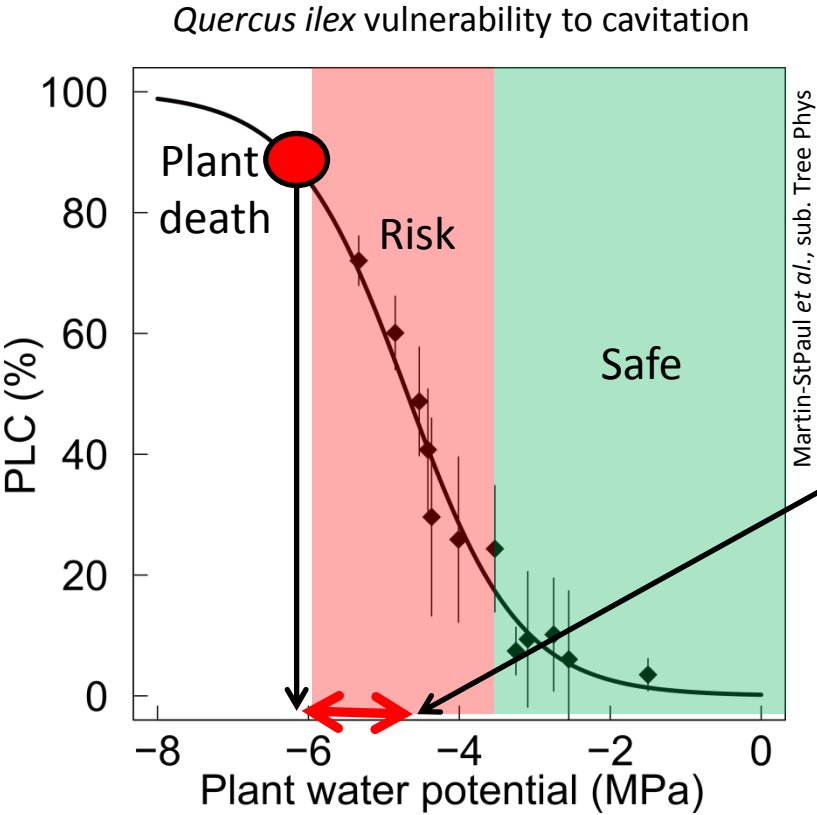


# 1- Vulnérabilité des arbres à la sécheresse: cavitation

*Quercus ilex* vulnerability to cavitation



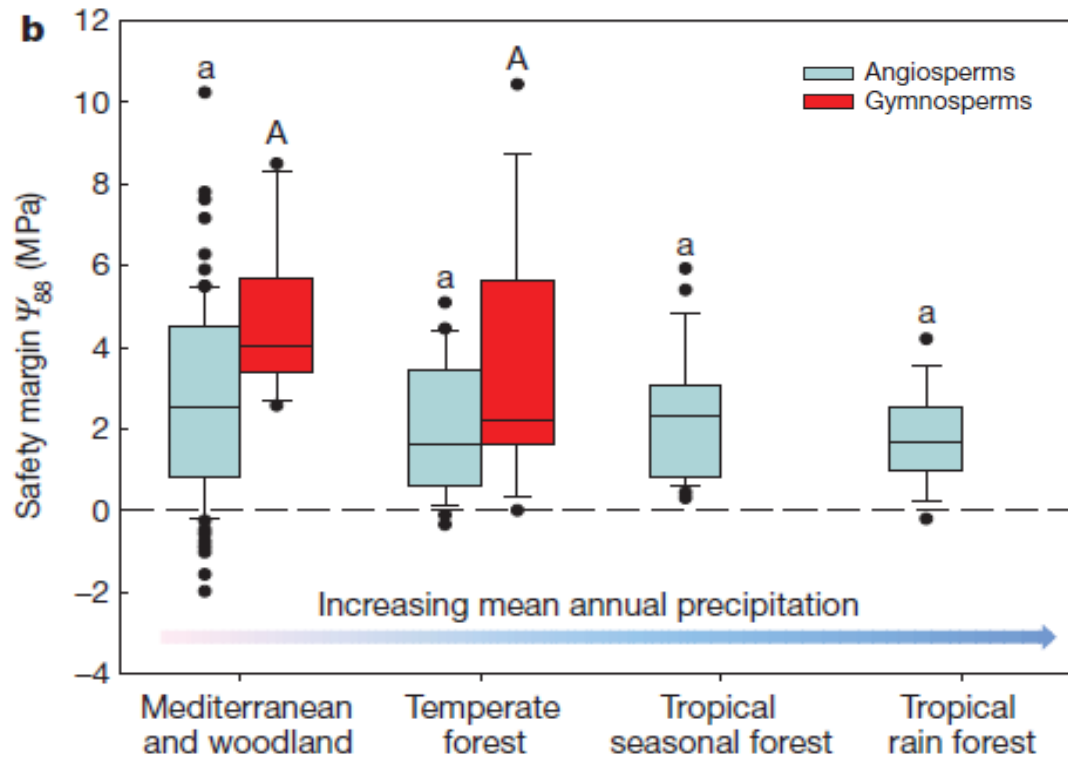
# 1- Vulnérabilité des arbres à la sécheresse: cavitation



**Marge de sécurité faible!**



# 1- Vulnérabilité des arbres à la sécheresse: cavitation

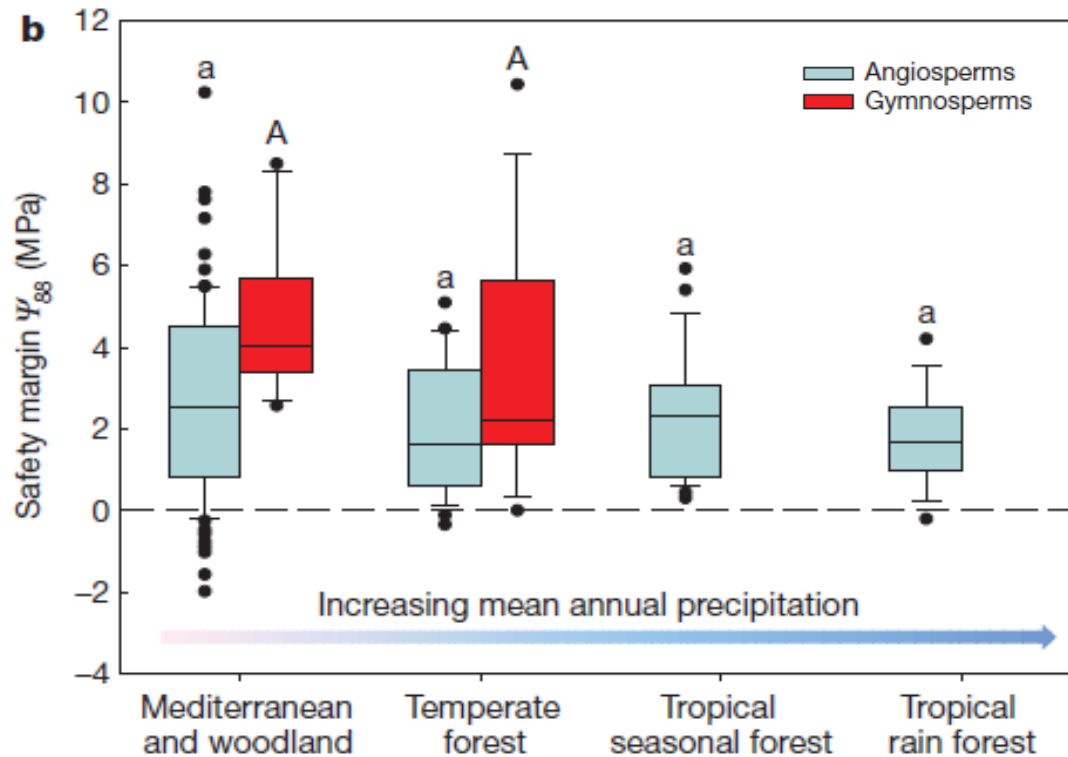


Choat *et al.*, 2012 *Nature*

Marges de sécurité sont faibles indépendamment du biome

➔ Toutes les forêts sont vulnérables à la sécheresse

# 1- Vulnérabilité des arbres à la sécheresse: cavitation



Choat *et al.*, 2012 *Nature*

Marges de sécurités sont faibles indépendamment du biome

➔ Toutes les forêts sont vulnérables à la sécheresse

➔ Prédire les variations de  $\Psi$  permet de prédire la vulnérabilité des arbres

## 2- Potentiel hydrique et croissance



Photo: Jean-Marc Ourcival

<http://www.cefe.cnrs.fr/fe/puechabon/>

## 2- Potentiel hydrique et croissance



Journal of Theoretical Biology

Volume 8, Issue 2, March 1965, Pages 264–275



### An analysis of irreversible plant cell elongation <sup>☆</sup>

James A. Lockhart

Department of Plant Physiology, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii 96822, U.S.A.

$$\frac{dV}{Vdt} = m(\Psi - Y)$$

V = Volume d'une cellule

m = coefficient d'extensibilité

Ψ = potentiel hydrique

Y = potentiel de perte de turgescence

Puechabon experimental site

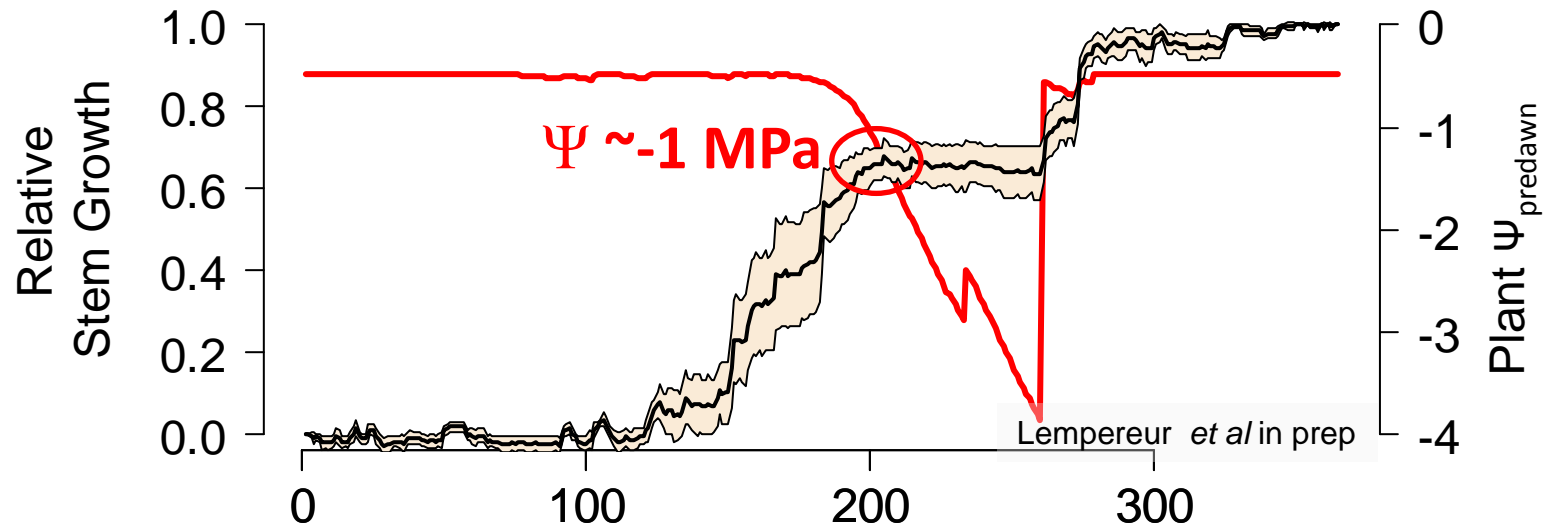
<http://puechabon.cefe.cnrs.fr/>



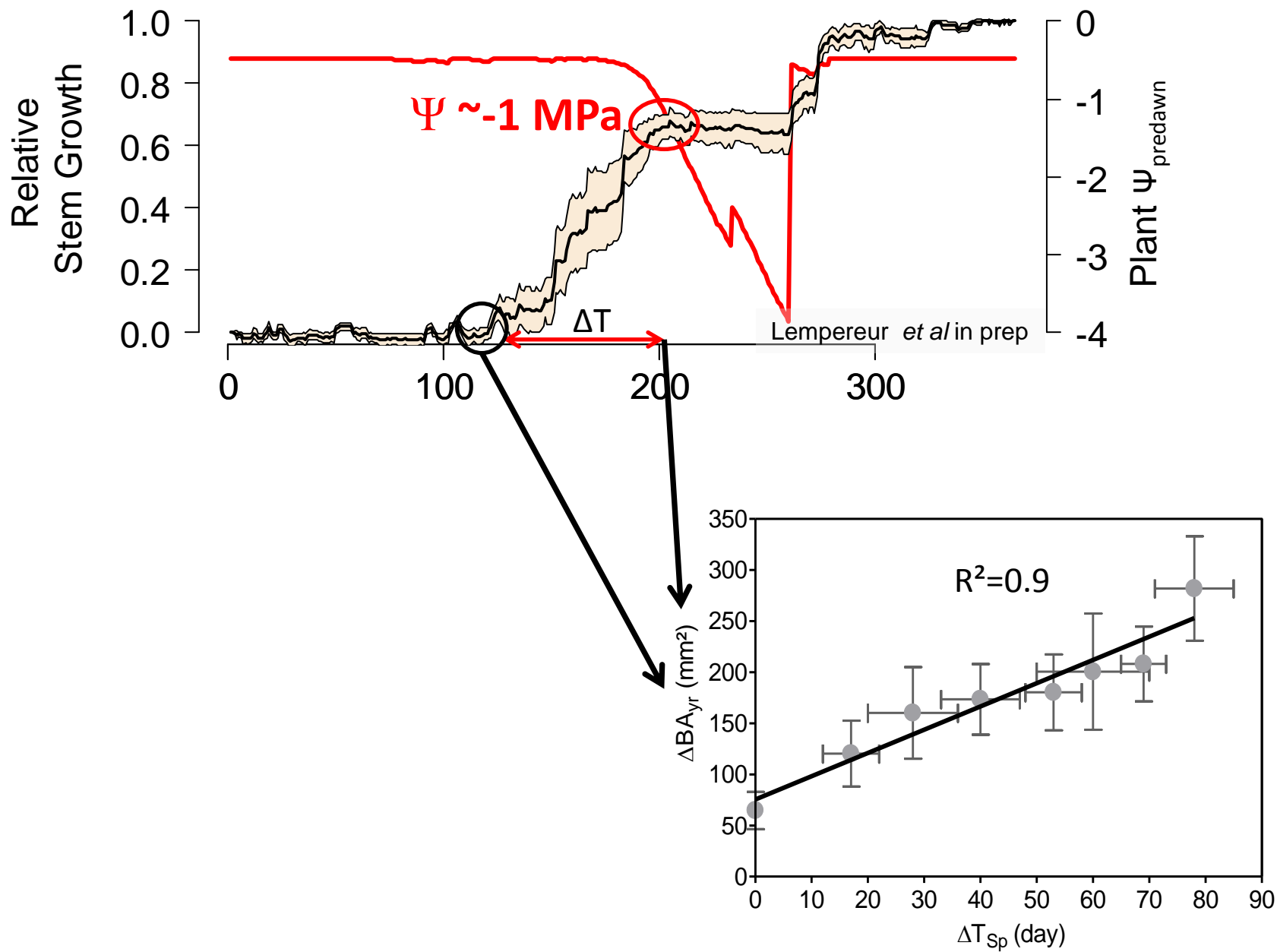
Dendromètre automatique  
sur chêne vert



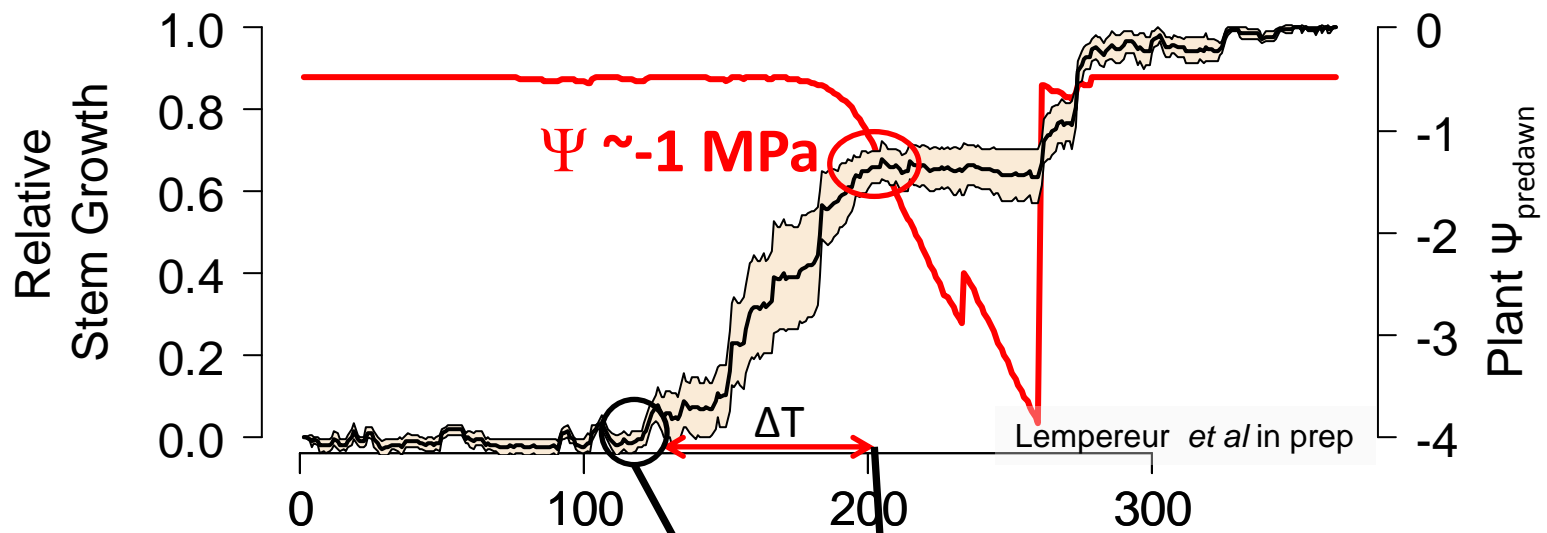
## 2- Potentiel hydrique et croissance



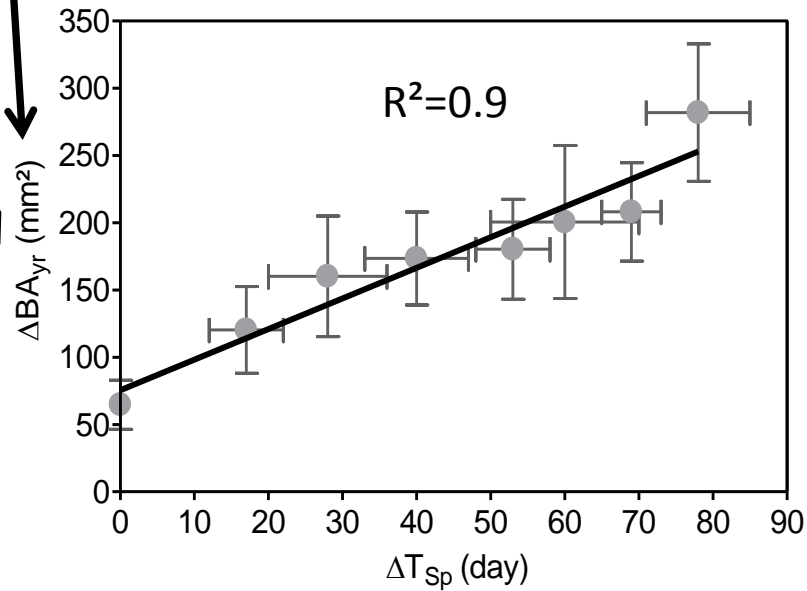
# 2- Potentiel hydrique et croissance



# 2- Potentiel hydrique et croissance



**Prédire  $\Psi$  permet de prédire les variations interannuelles de croissance ligneuse**



### 3- Acclimatation du potentiel hydrique est elle possible si la sécheresse augmente ?



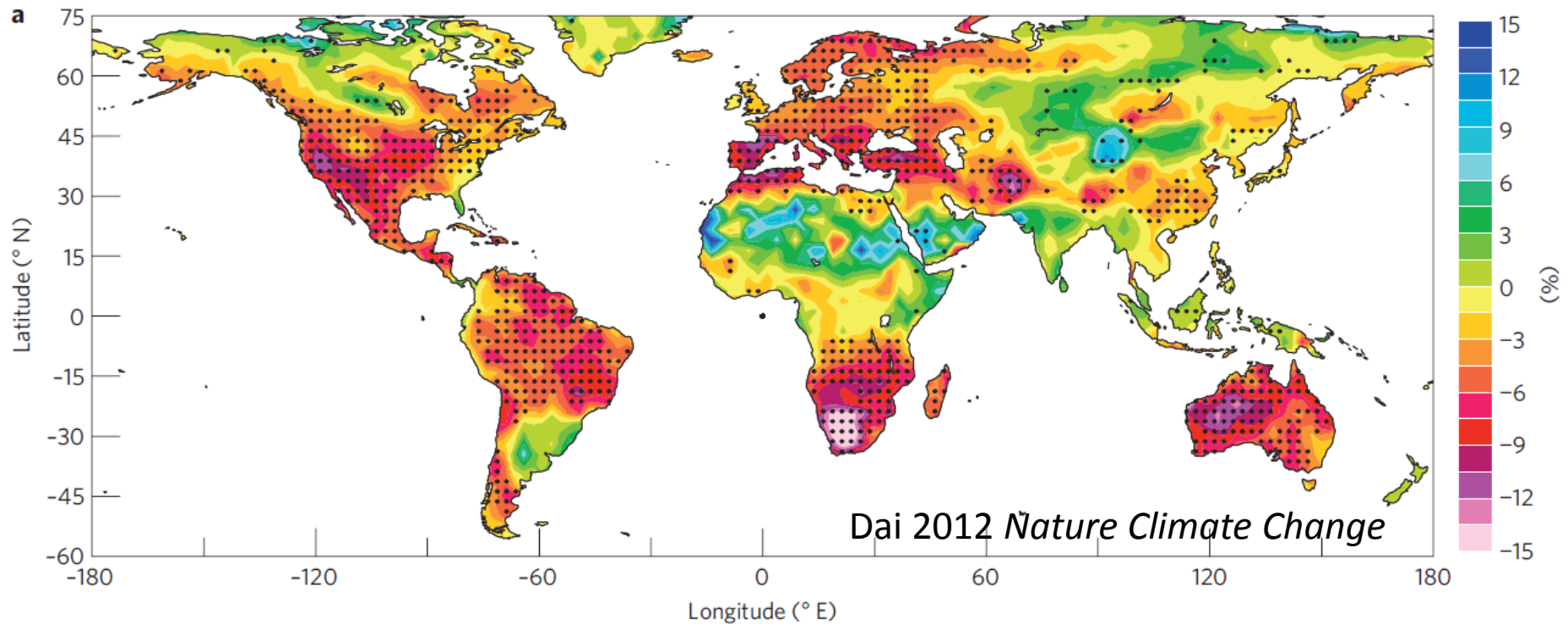
Photo: Jean-Marc Ourcival

<http://www.cefe.cnrs.fr/fe/puechabon/>

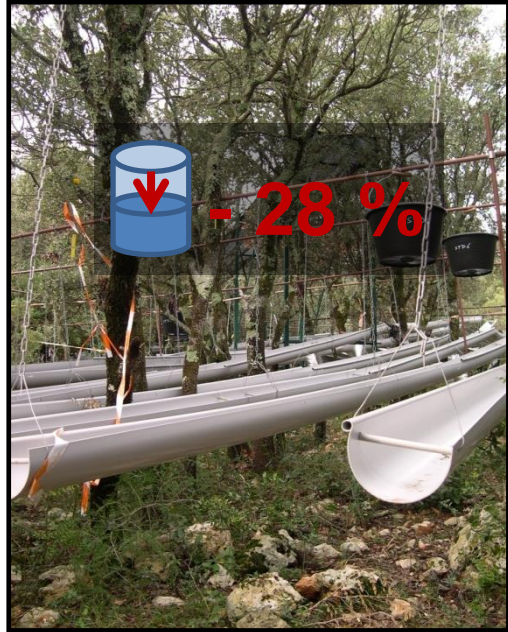


### 3- Acclimatation du potentiel hydrique est elle possible si la sécheresse augmente ?

Anomalie [1990-1999] [2090-2099] eau du sol (1m) Ensemble RCP 4.5

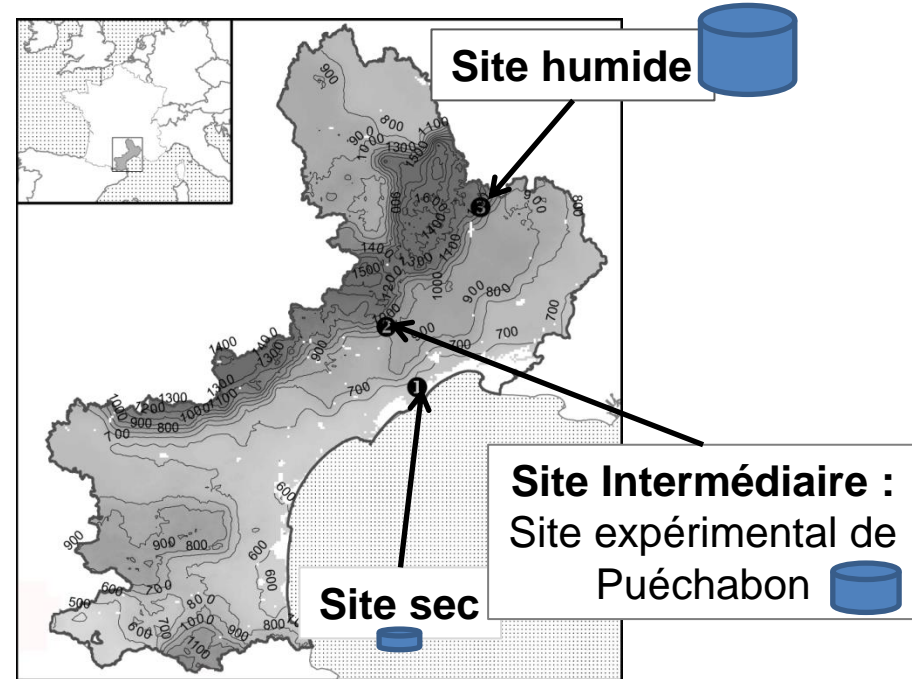


### 3- Acclimatation du potentiel hydrique est elle possible si la sécheresse augmente ?



**Exclusion de précipitation depuis  
2003**

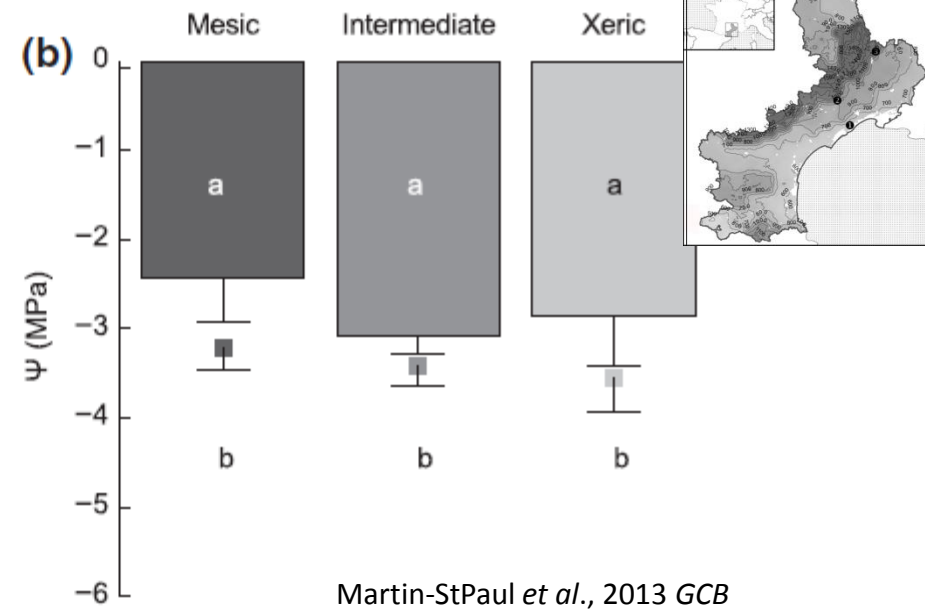
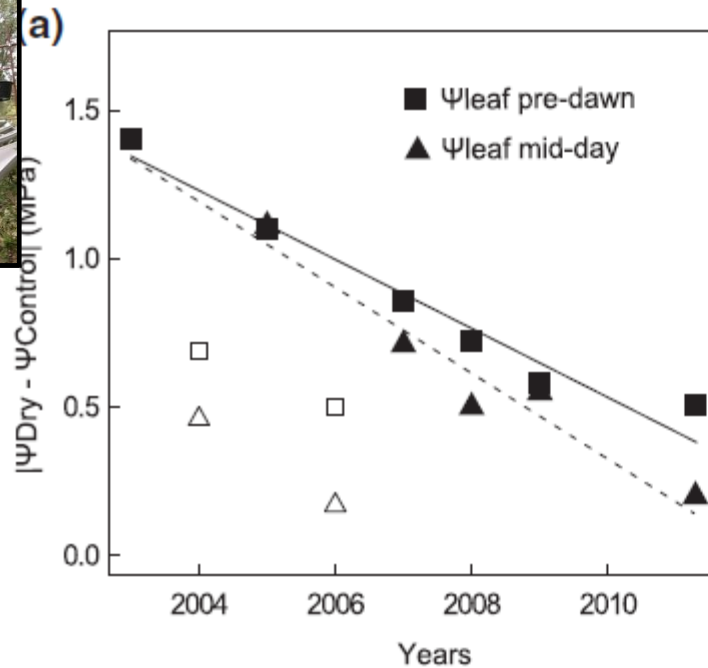
**→ 8 années de sécheresse cumulées**



**Gradients : 3 sites 600, 900 et  
1200 mm de précipitation**

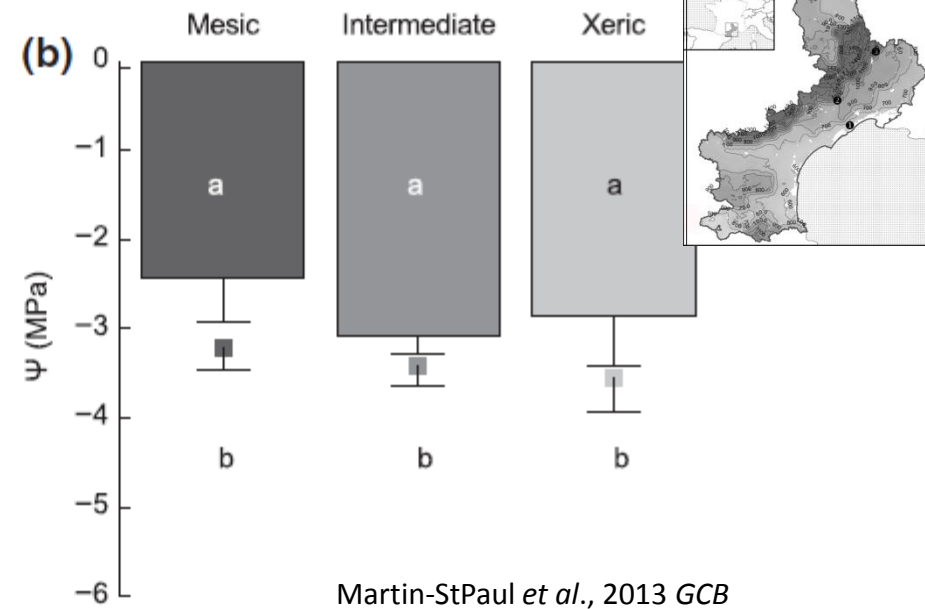
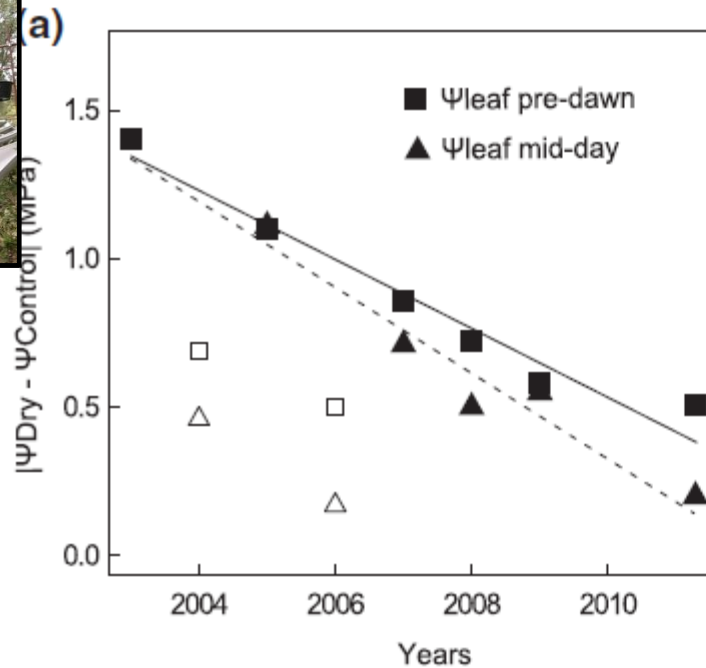
**→ Plusieurs décennies de  
sécheresse cumulées**

### 3- Acclimatation du potentiel hydrique est elle possible si la sécheresse augmente ?



**Acclimatation du potentiel hydrique en condition de sécheresse prolongée**

### 3- Acclimatation du potentiel hydrique est elle possible si la sécheresse augmente ?



**Acclimatation du potentiel hydrique en condition de sécheresse prolongée**

$$Tr = K_{\text{arbre}} \times (\Psi_{\text{soil}} - \Psi_{\text{leaf}})$$

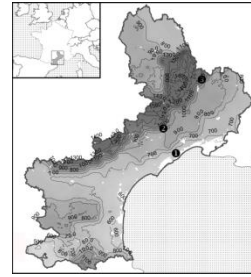
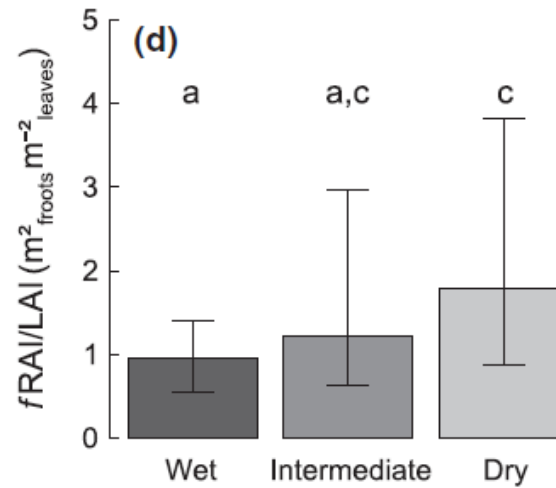
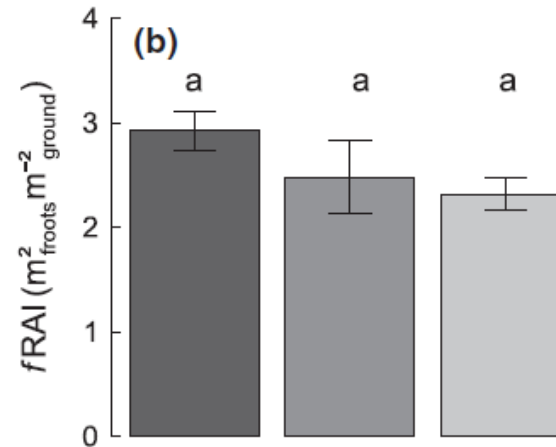
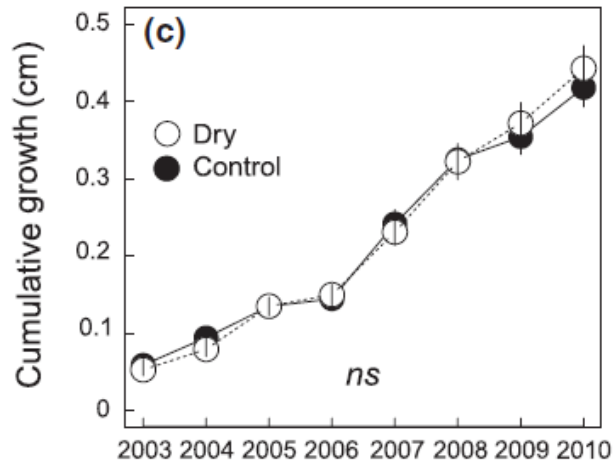
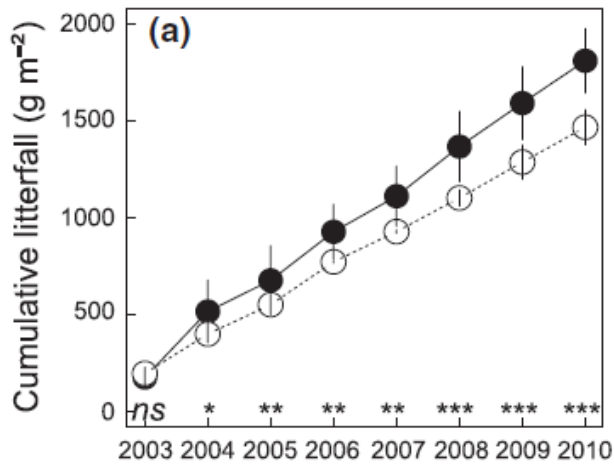
Surface foliaire

Surface conductrice

Surface racinaire

...

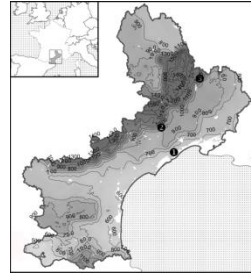
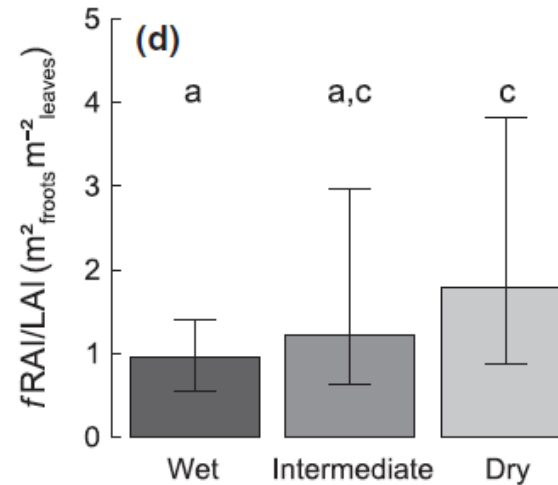
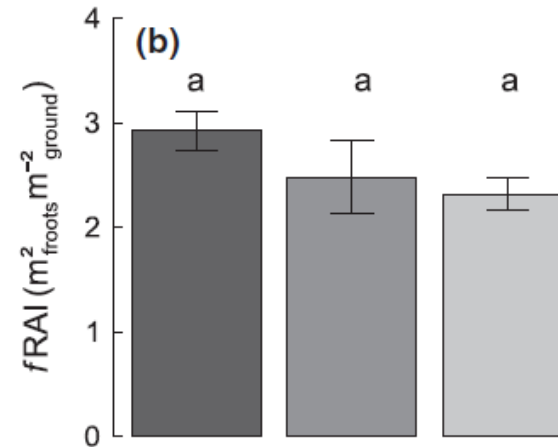
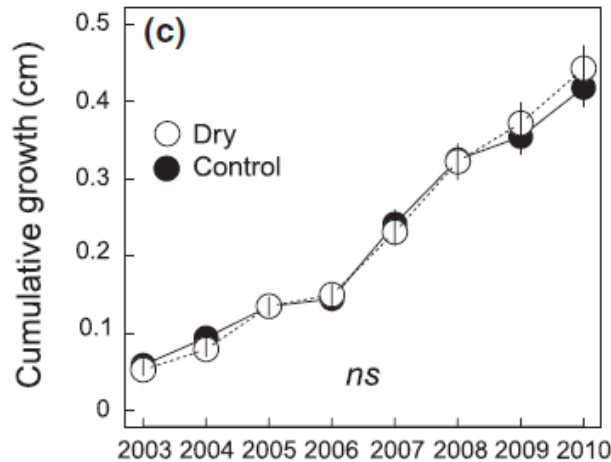
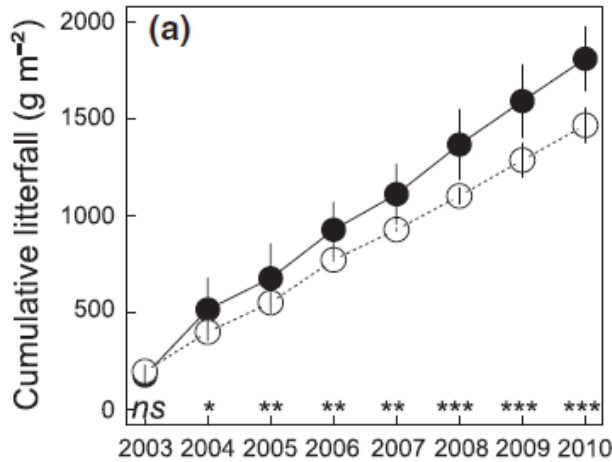
### 3- Acclimatation du potentiel hydrique est elle possible si la sécheresse augmente ?



Martin-StPaul et al., 2013 GCB



### 3- Acclimatation du potentiel hydrique est elle possible si la sécheresse augmente ?

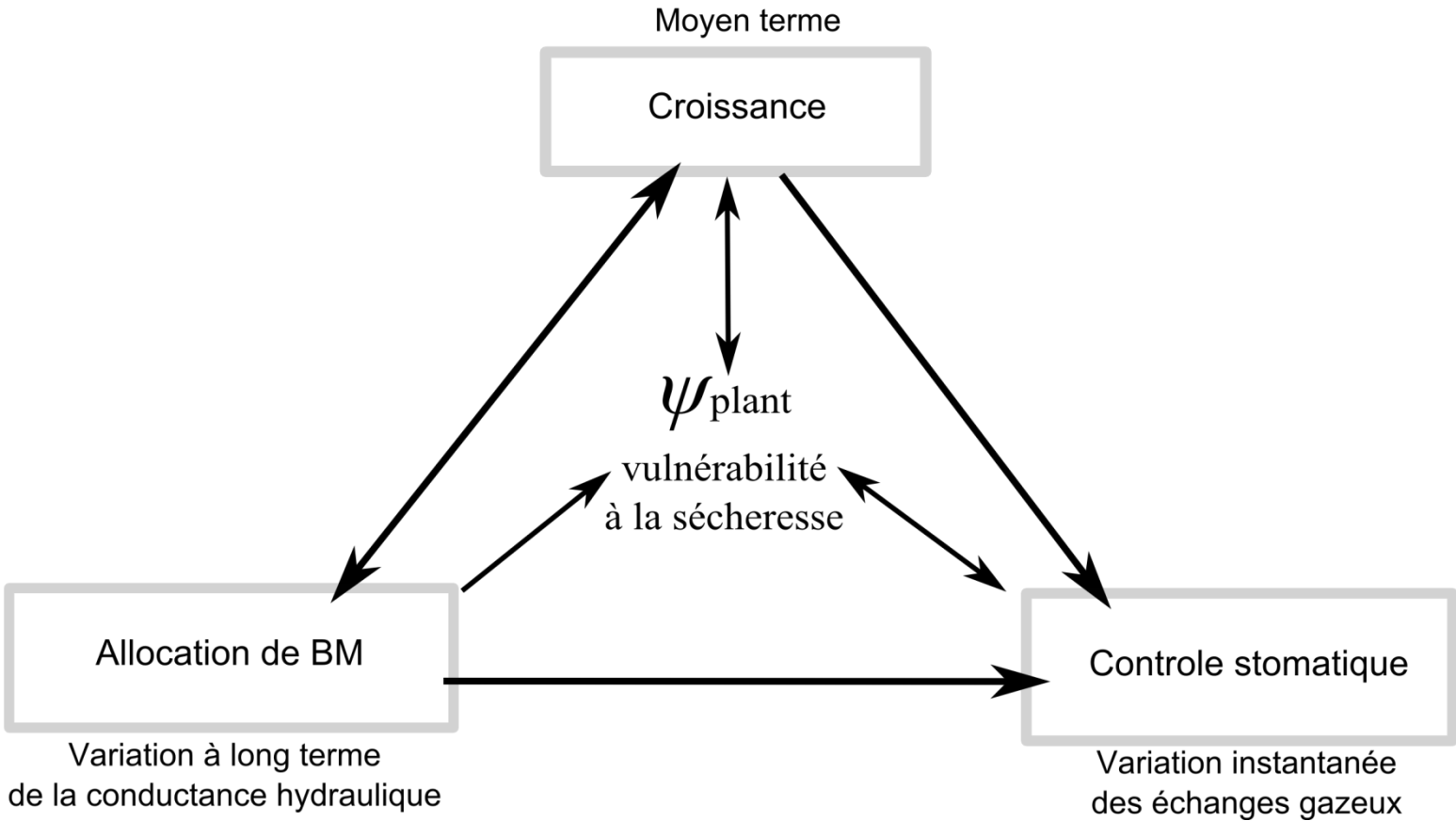


Martin-StPaul et al., 2013 GCB

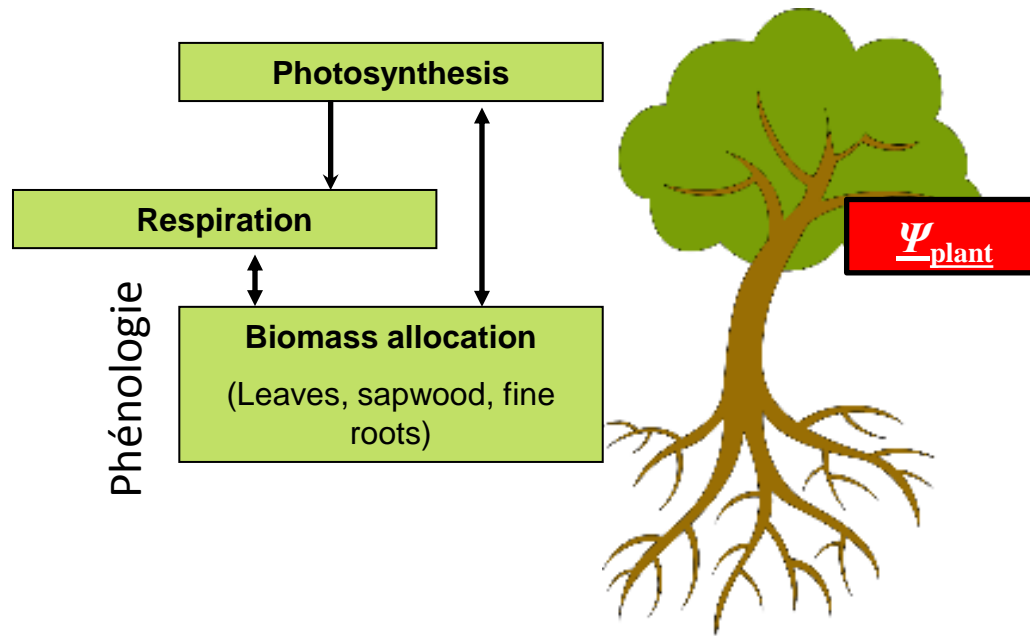
**Diminution de la surface foliaire & augmentation de la surface conductrice et racinaire en condition de sécheresse**

**Changements d'allocation permettent une acclimatation du potentiel hydrique**

# En conclusion...

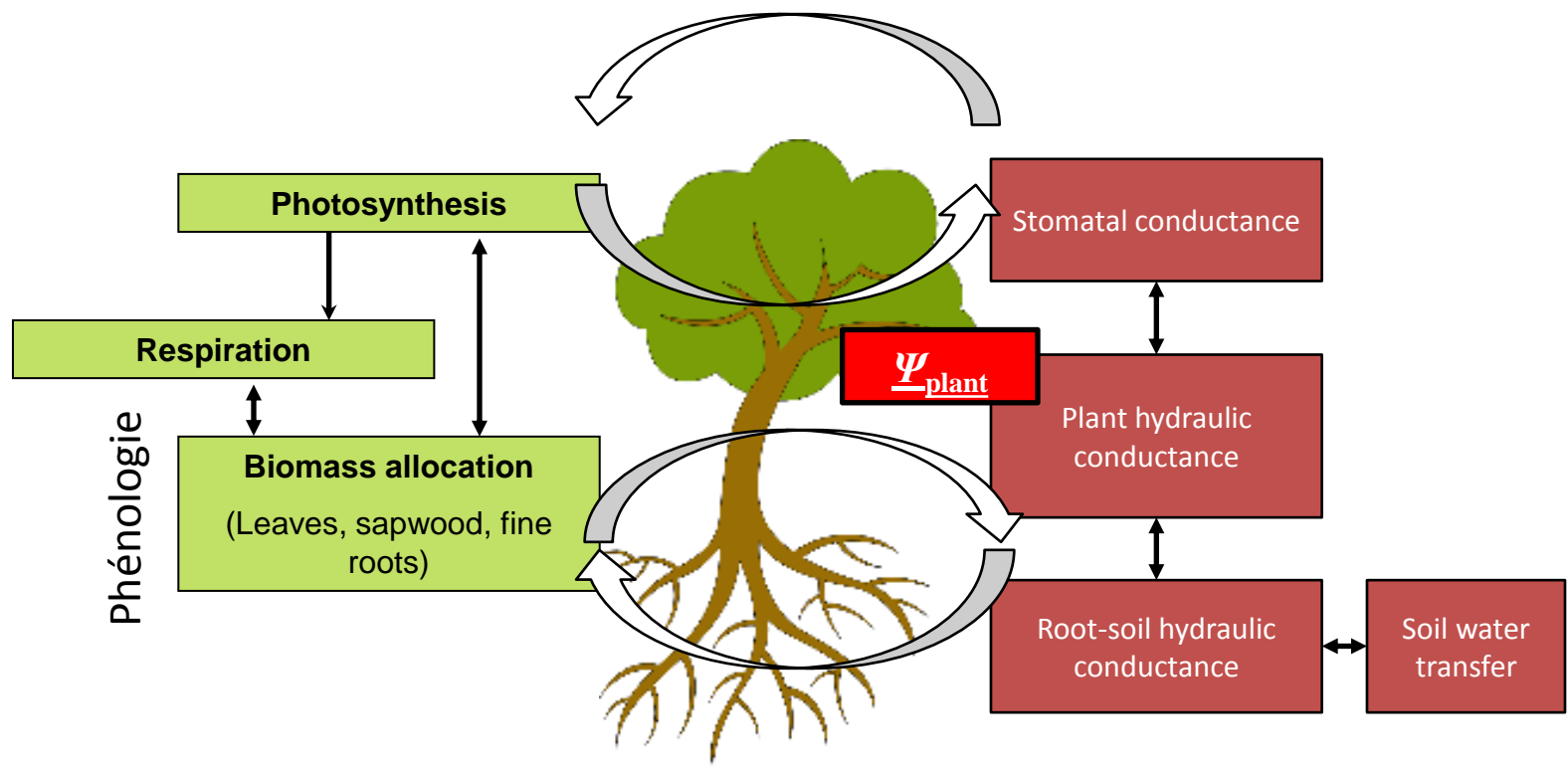


# En résumé...



Les modèles les plus opérationnels dans l'aide à la mise en place de plans de gestion ne prennent toujours pas en compte les mécanismes ecophysiologiques de résistance à la sécheresse

# En conclusion ...



Vers une nouvelle génération de modèle de processus?...

# MERCI!



**Partenaire: Equipe DREAM du CEFE  
Site experimental de Puèchabon**

<http://www.cefe.cnrs.fr/fe/puechabon/>

**Serge Rambal, Jean-Marc Ourcival, Richard Joffre,  
Alain Rocheteau; David Delguedre; Raquel Rodriguez;  
Jean-Marc Limousin; Morine Lempereur; Damien  
Longepierre; Jesus Rodriguez-Calcerrada...**

Photo: Jean-Marc Ourcival