



# Rougisement physiologique : Interaction entre climat DOUX et formation de GLACE

16<sup>ème</sup> webinaire du groupe de travail régional « Forêt et changements climatiques »  
8 Novembre 2022

# Plan

- ❑ Introduction
- ❑ Présentation du rougissement hivernal
- ❑ Analyse bioclimatique du phénomène
- ❑ Perspectives:
  - ❑ Suivi en plantation
  - ❑ Réplication en conditions contrôlées



Rougissement hivernal 2008 –  
Saint-Nicolas-des-Biefs (Allier), *A. Bazin*

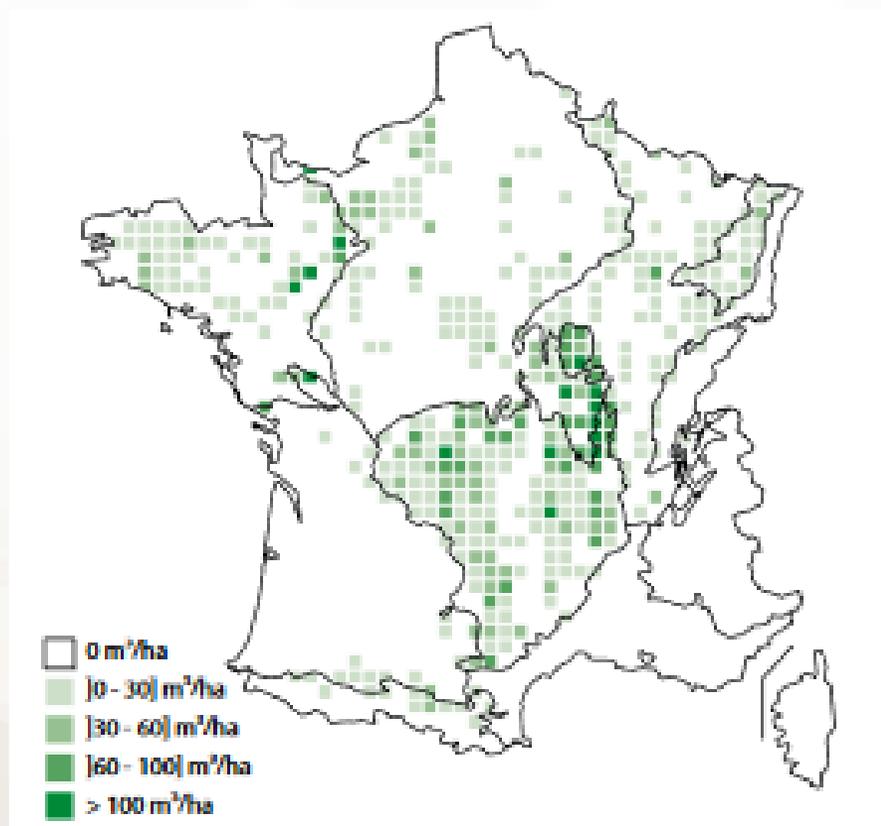


Rougissement hivernal 2008 –  
Livradois Forez, *O. Baubet*

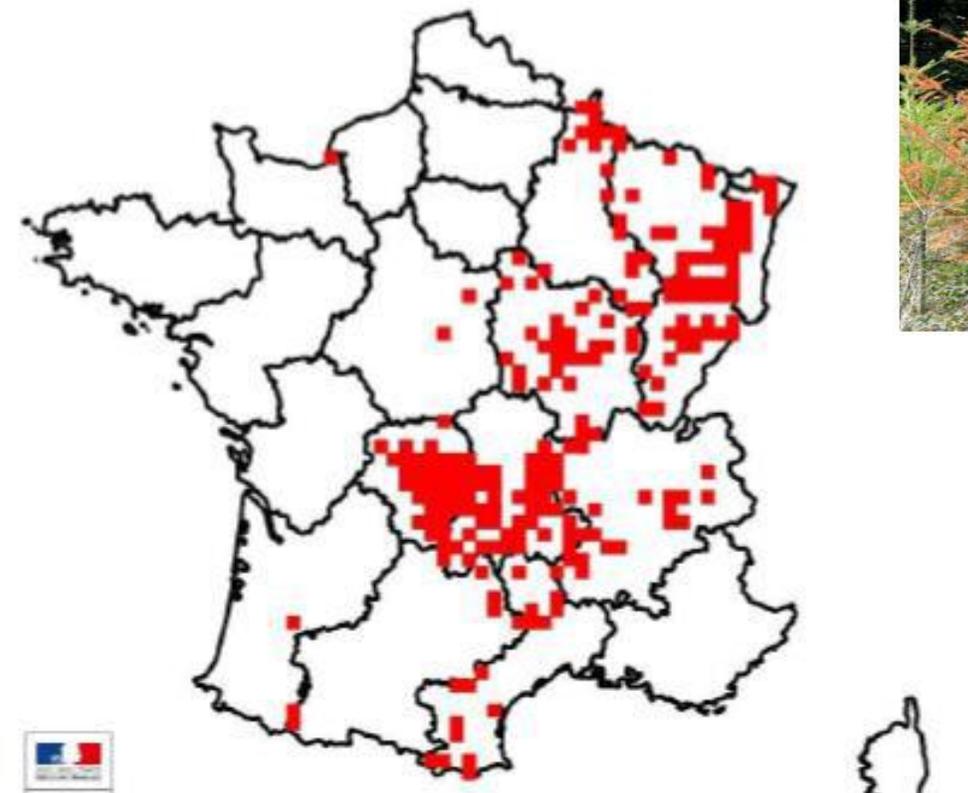
# Introduction



Source: J. Lefebvre et B. Charbon - charbon.benoist@ign.fr



Volume sur pied de Douglas en France en  $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  (IGN 2019)



Répartition des observations de rougissement (DSF 2014)



# Introduction

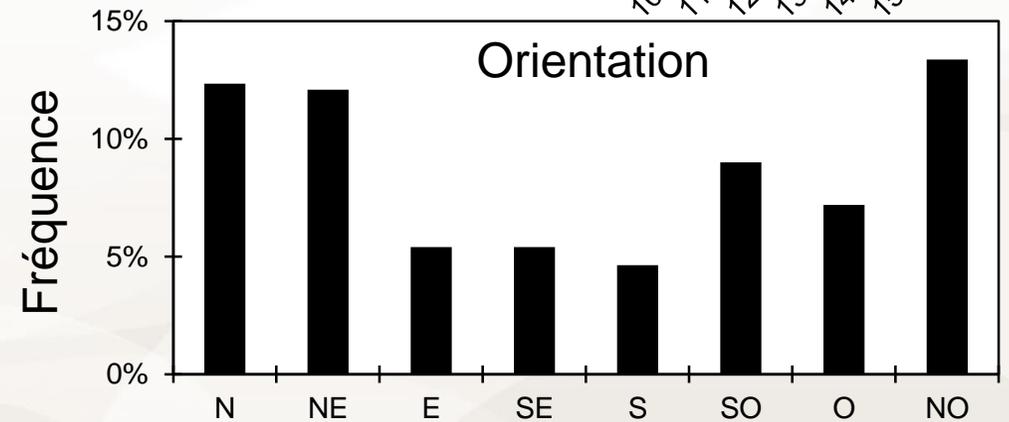
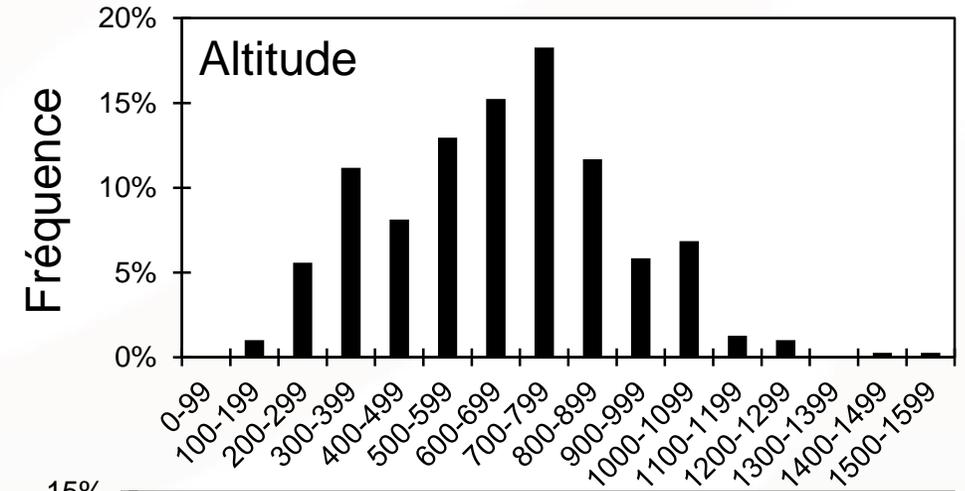
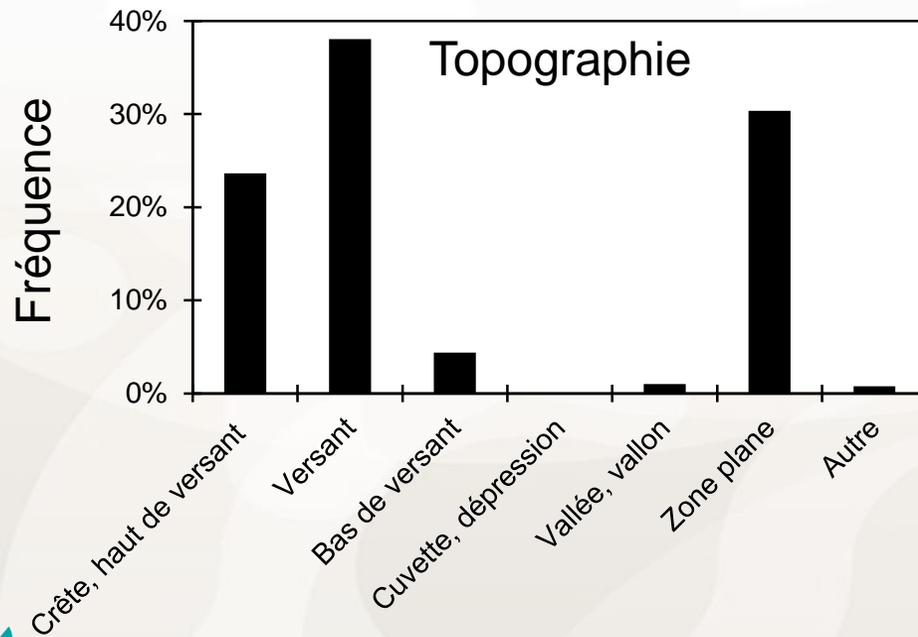
- ❖ Répartition spatiale aléatoire dans les douglaiaies
- ❖ A l'échelle de l'arbre
  - Houppier multicolore
  - Dommages > 60% → atteinte de la croissance (radiale, longitudinale et bourgeon terminal)
- ❖ A l'échelle de l'aiguille
  - 5 à 100% des aiguilles touchées / arbre
  - Jaunissement puis brunissement depuis l'apex,
  - peut s'étendre à l'écorce (forme aigüe)



# Introduction

## Base d'observation DSF 1989-2019

- ❖ Zone de colline/ montagne 200-1100 m
- ❖ Orientation majoritairement Nord
- ❖ Versant (haut) ou zone plane

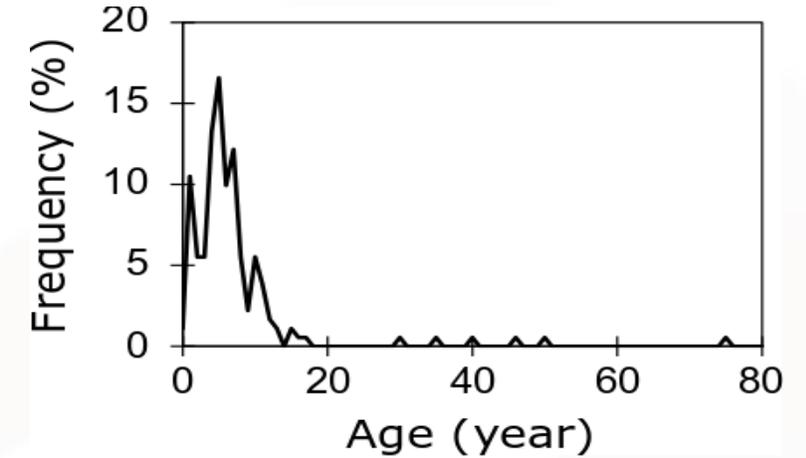
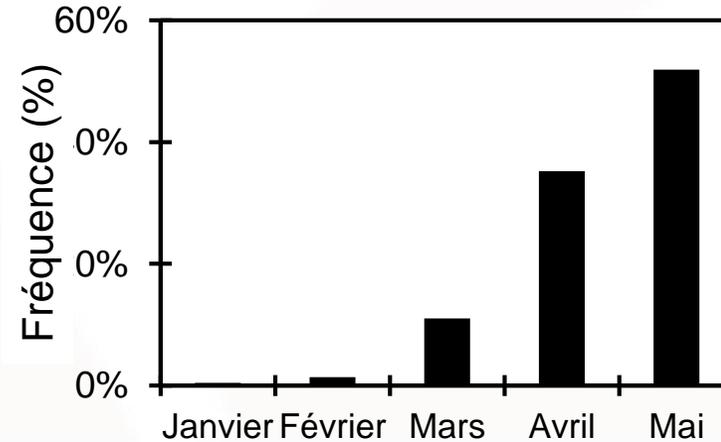


Duvauchelle, 2020

# Introduction

## Base d'observation DSF 1989-2019

- ❖ Fin d'hiver avec alternance de périodes chaudes et froides
- ❖ Age : 4 – 8 ans (<10)
- ❖ Défaut de conformation du système racinaire
- ❖ Déséquilibre Biomasse aérienne/souterraine
- ❖ Faible réserve utile
- ❖ Action sylvicoles : dégagement récent & végétation d'accompagnement (e.g. fougère)



# Hypothèses de travail

Stress photo-oxydatif

Sécheresse hivernale

Désacclimatation précoce



# Hypothèse 1



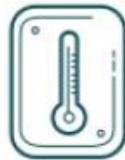
Dégagement récent



Sécheresse fin hiver

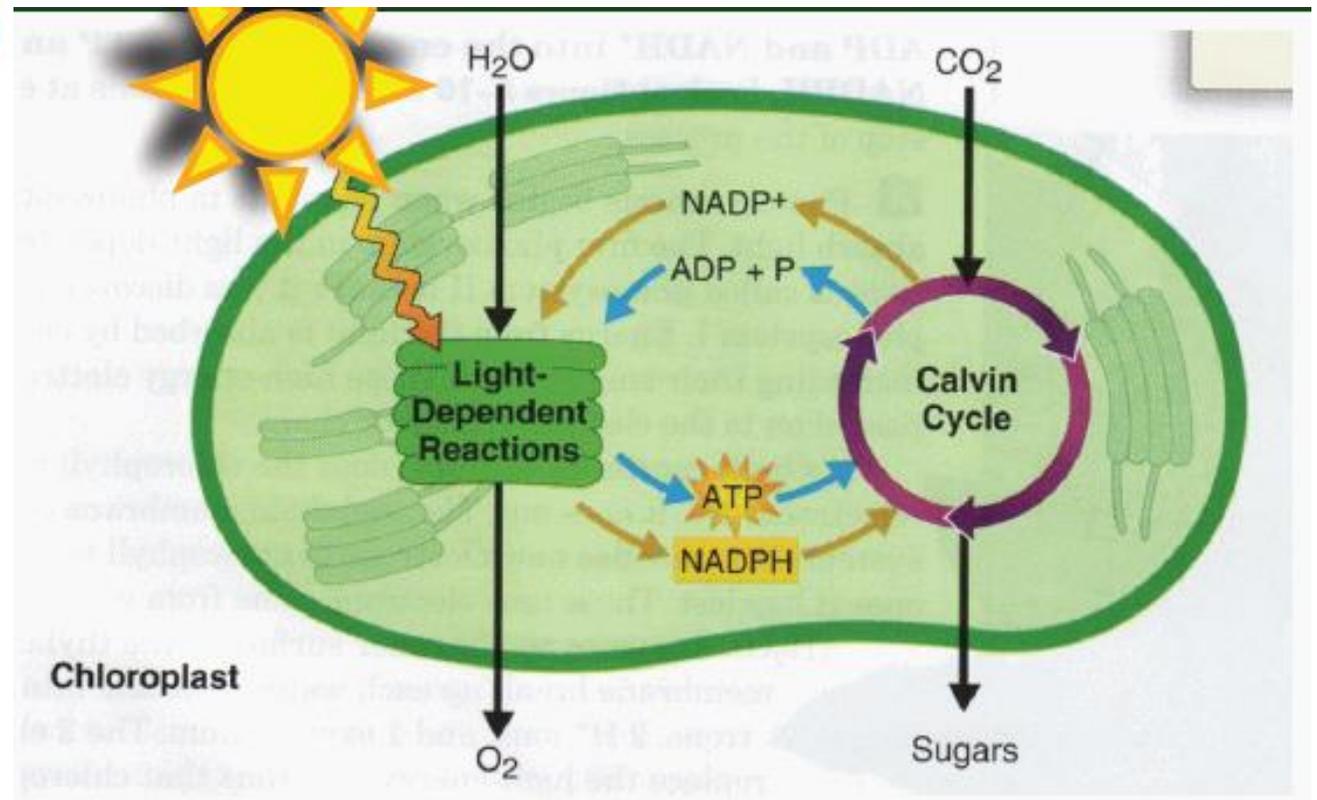


Fort rayonnement



Amplitude journalière importante

➔ Stress photo-oxydatif





# Hypothèse 2



Jeunes peuplements

Dégagement récent



Défauts racinaires

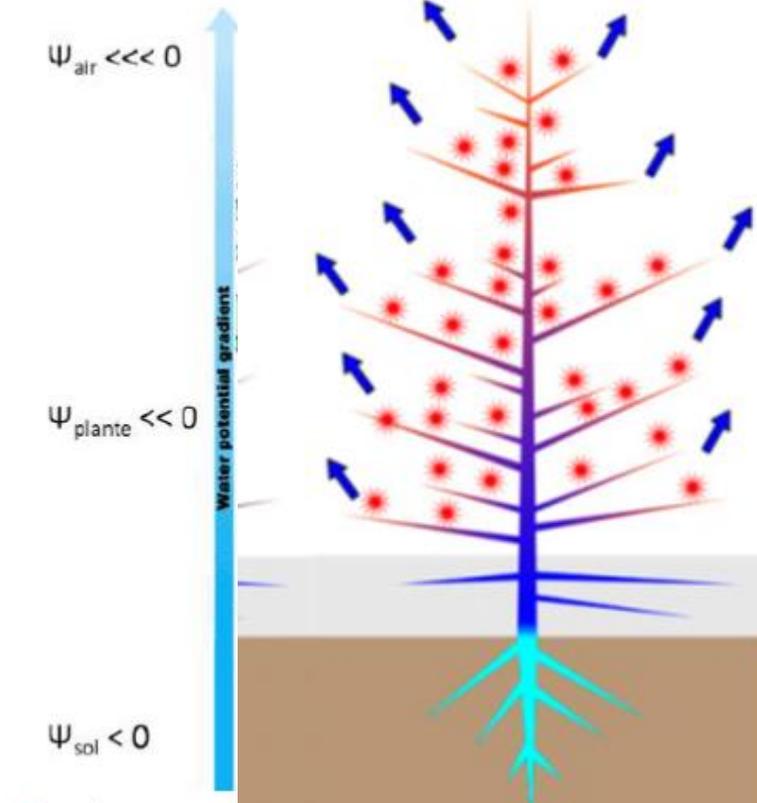
Sécheresse fin hiver



Amplitude journalière importante

Gel nocturne

➔ Sécheresse hivernale



Fonctionnement hydraulique de l'arbre  
(Pearson Education)

Charrier *et al.*, 2017



# Hypothèse 3



Dégagement récent

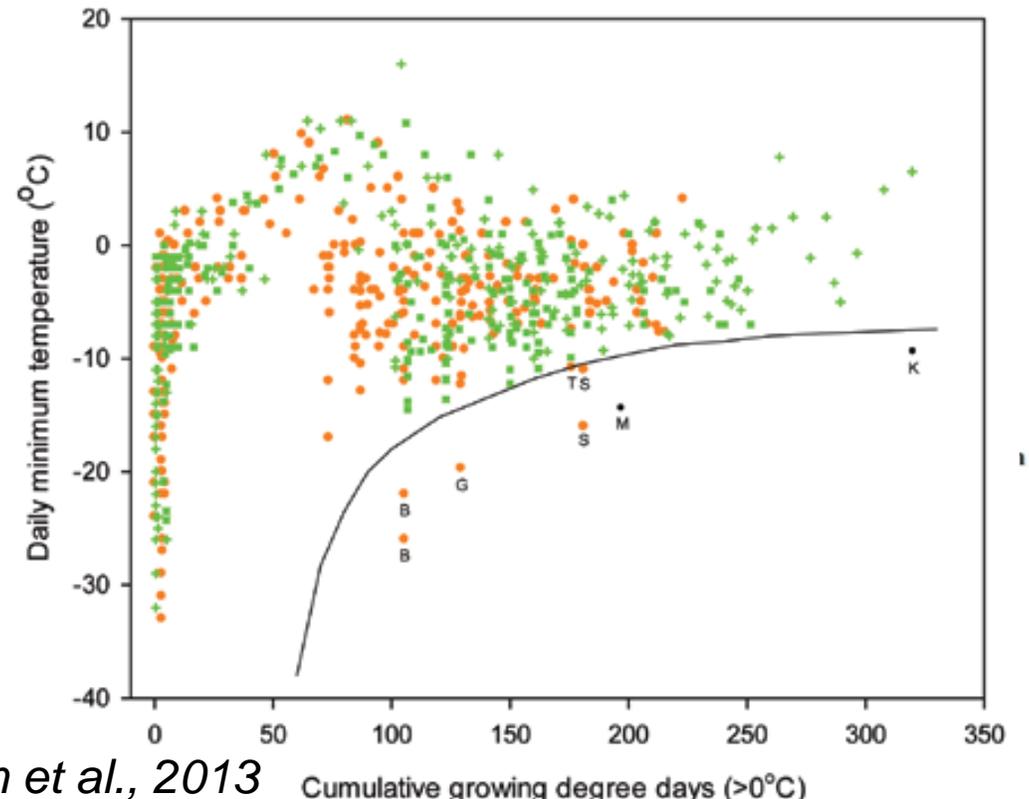


Amplitude journalière importante



Gel nocturne

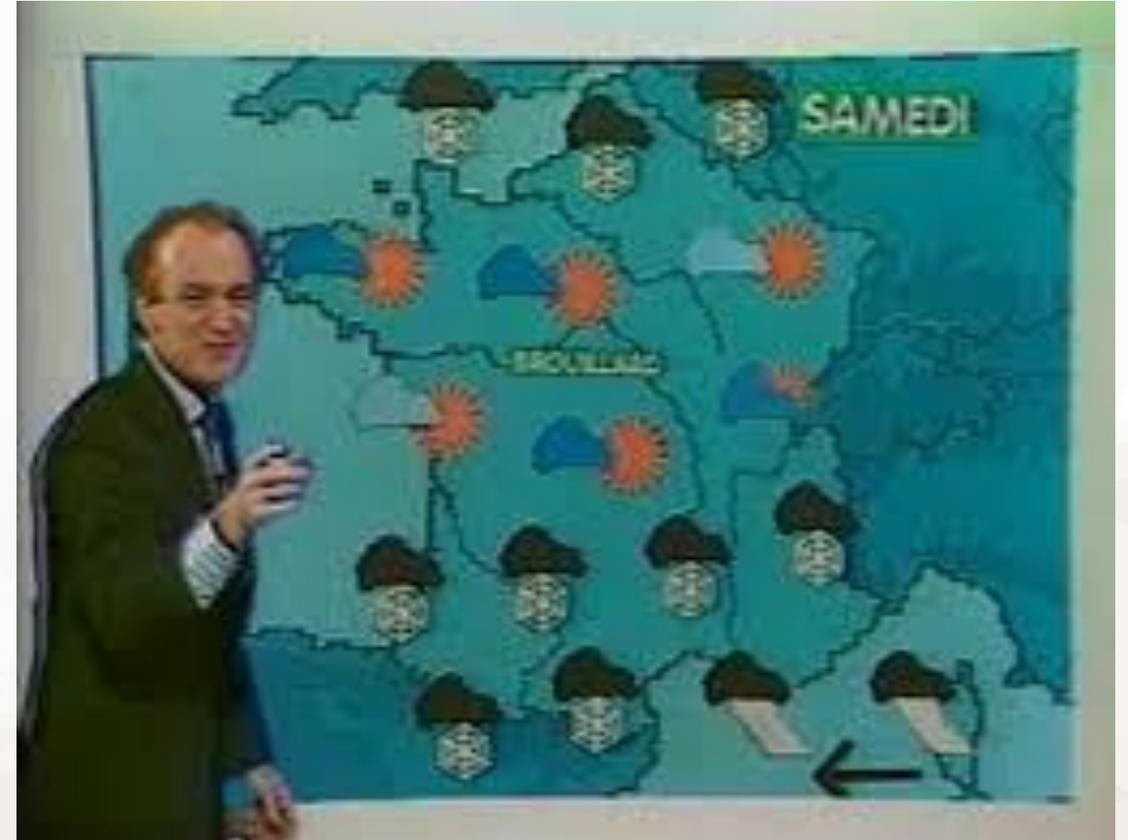
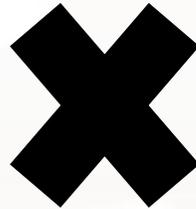
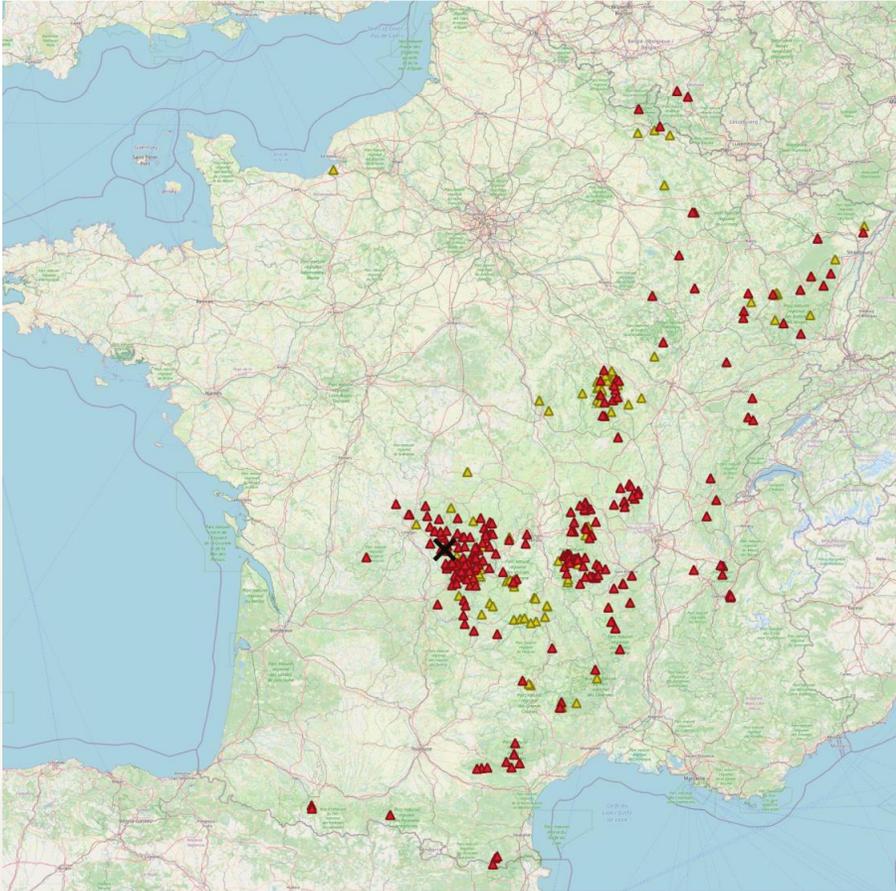
➔ Désacclimatation précoce



# Analyse bioclimatique du phénomène

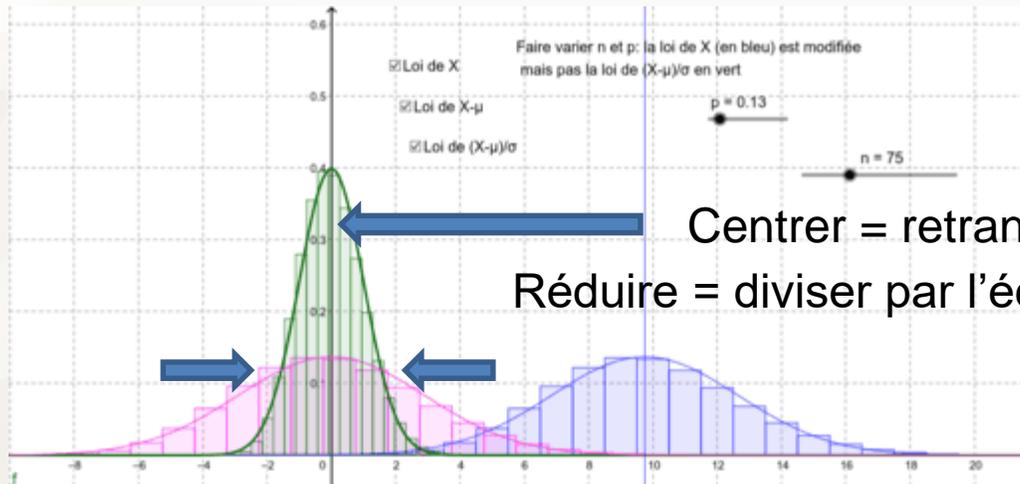
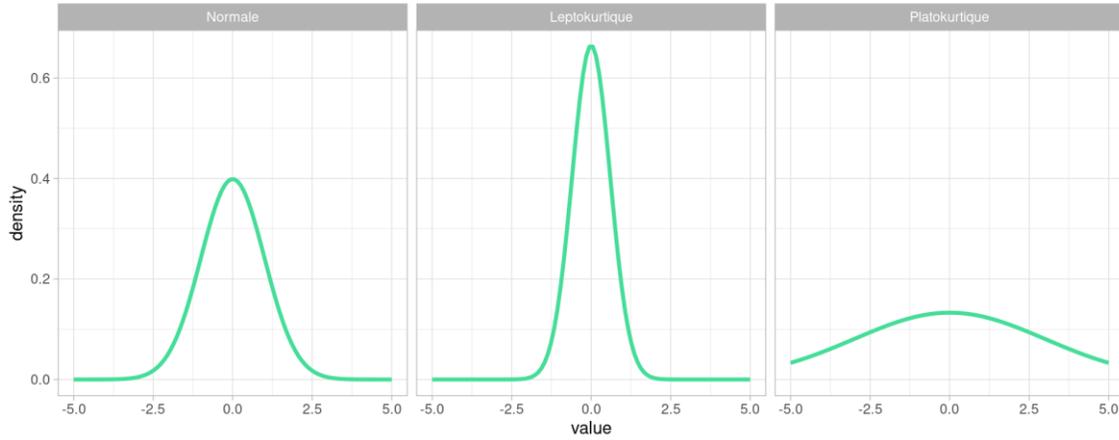
Base de données du Département de la Santé des Forêts (1989 -2019).

Données Safran (maille 8 x 8 km; 1959-2016; MétéoFrance).



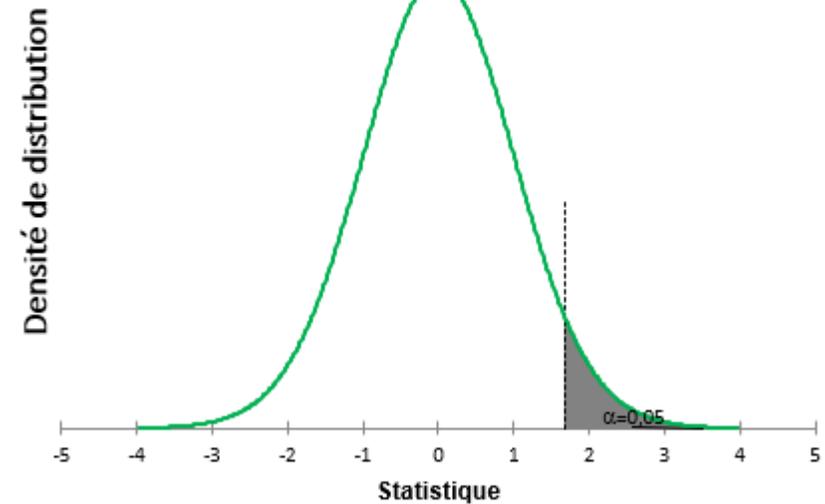
# Normalisation et définition des anomalies

Différentes variables avec des distributions et dispersions différentes => standardisation  $Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$

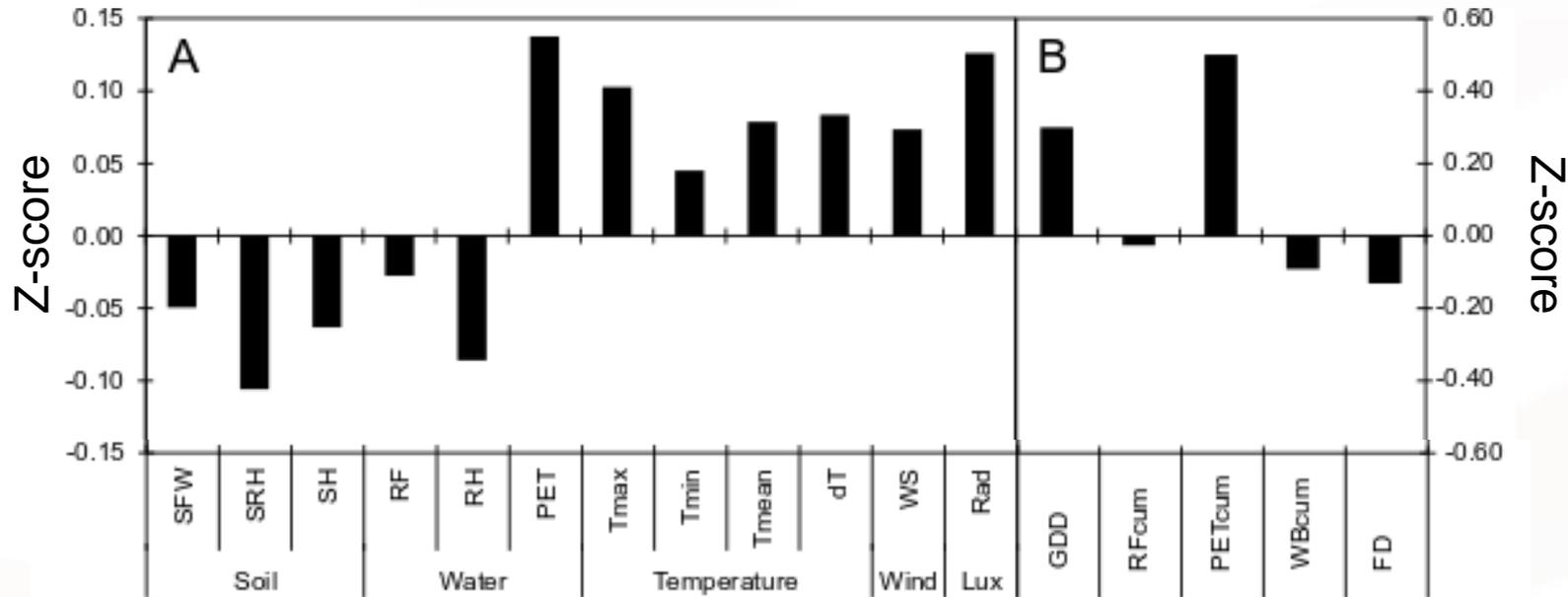


Centrer = retrancher la moyenne  
Réduire = diviser par l'écart-type

Test t pour deux échantillons indépendants /  
test unilatéral à droite



# Score standard moyen (Janvier – Mai)



SFW proportion sol gelé  
 SRH humidité sol  
 SH hauteur neige  
 RF précipitations  
 RH humidité relative  
 PET Evapotranspiration  
 Tmax  
 Tmin  
 Tmean  
 dT amplitude thermique

WS vitesse vent  
 Rad radiation lumineuse  
 GDD temps thermique  
 RFcum précipitations cumulées  
 PETcum ETPp cumulées  
 WBcum bilan hydrique cumulé  
 FD nombre de jours de gel.

## A l'échelle journalière :

Sol : moins gelé, plus sec, moins de neige

Hydrique : moins de précipitation et plus de transpiration, air plus sec

Thermique : plus chaud, plus forte amplitude journalière

Vent : plus forts

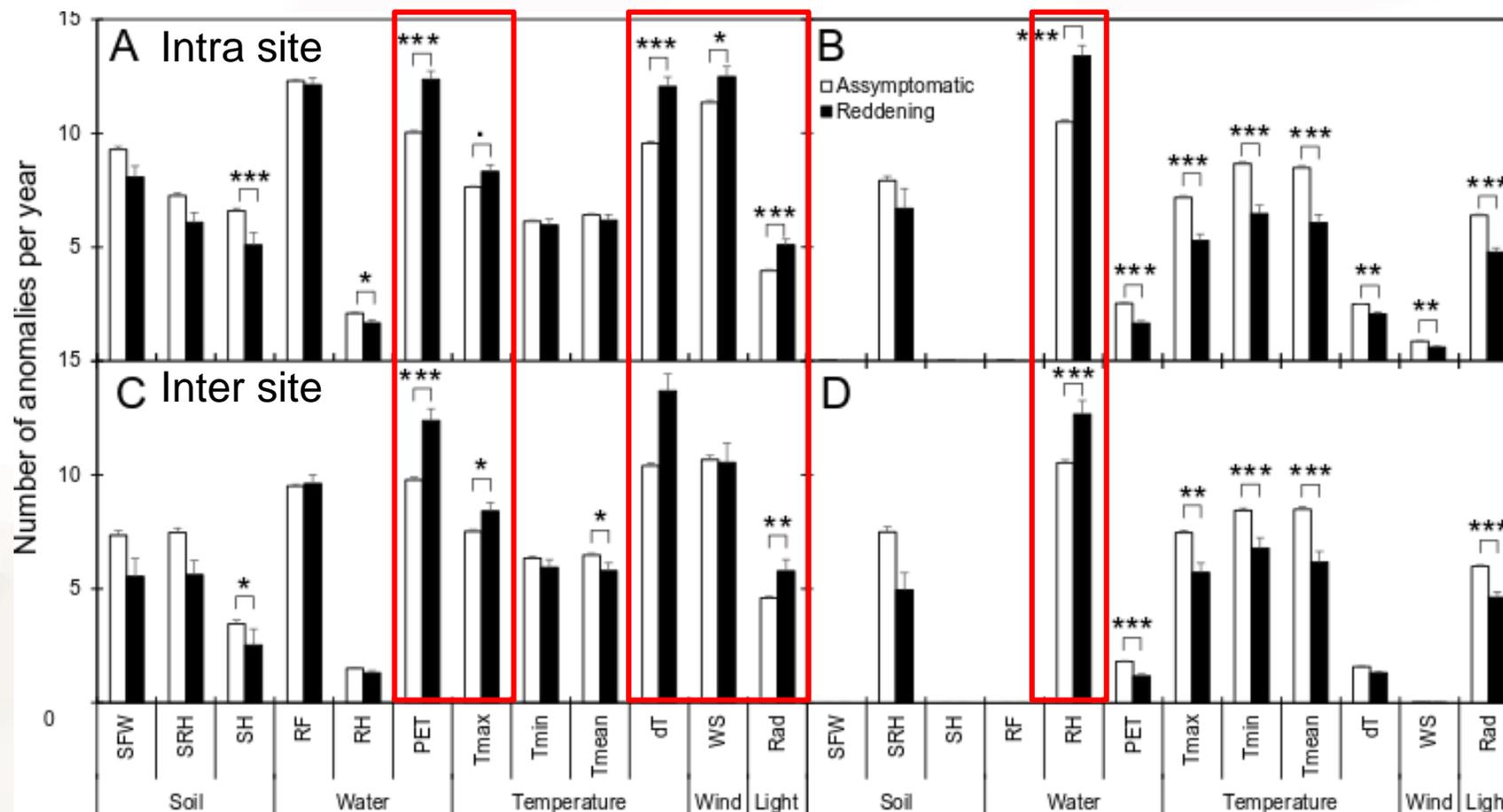
Luminosité plus importante

## Intégrée sur la période Janvier – Mai :

Temps thermique plus important, moins de gelées

Bilan hydrique négatif

# Anomalies les années de rougissement



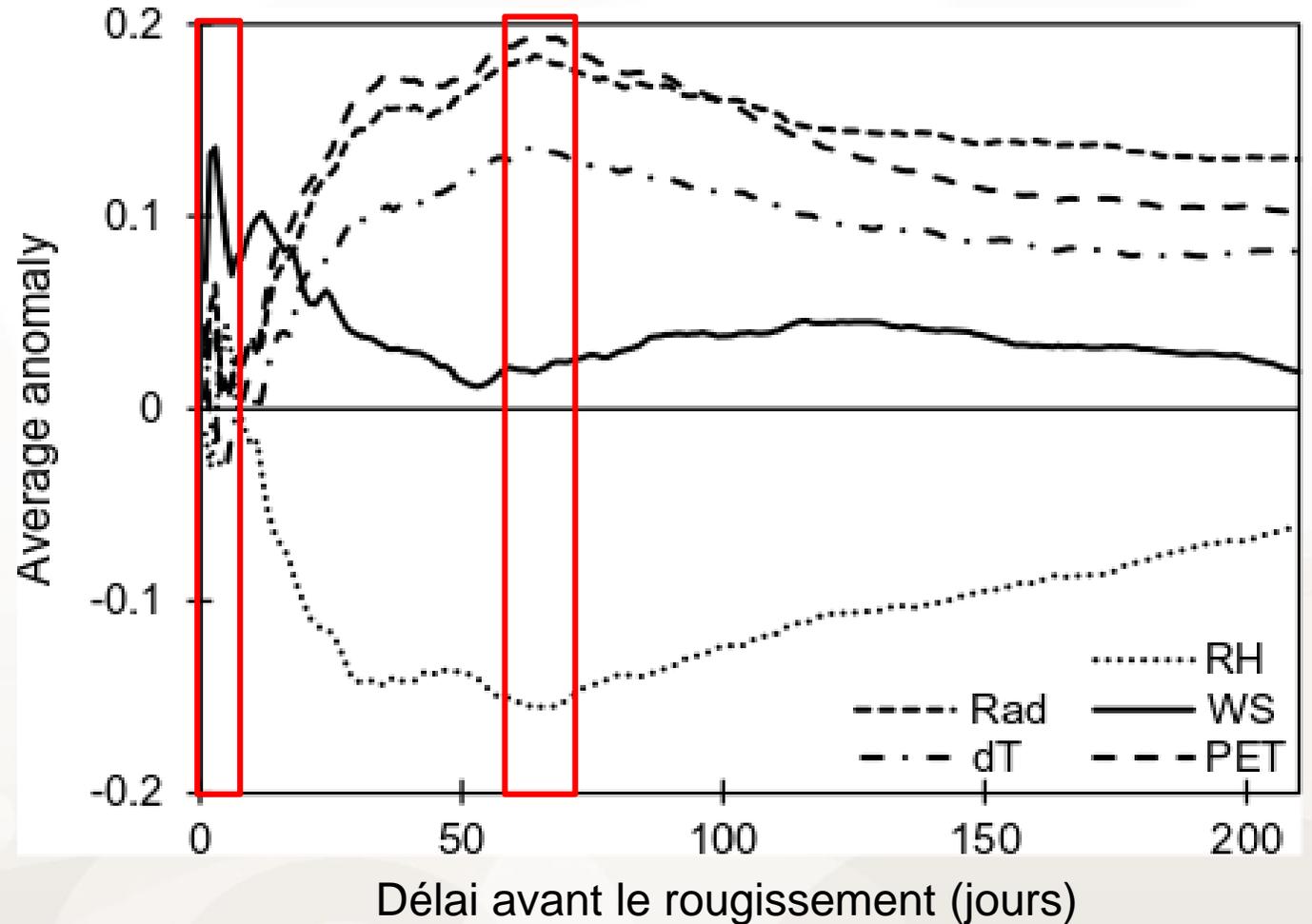
Anomalies positives :  
 PET Evapotranspiration  
 Tmax  
 dT amplitude thermique  
 WS vitesse vent  
 Rad radiation lumineuse

Anomalies négatives :  
 RH humidité relative

# Anomalie : effet différé ?

Effet différé d'environ deux mois  
PET Evapotranspiration  
Tmax  
dT amplitude thermique  
Rad radiation lumineuse  
RH humidité relative

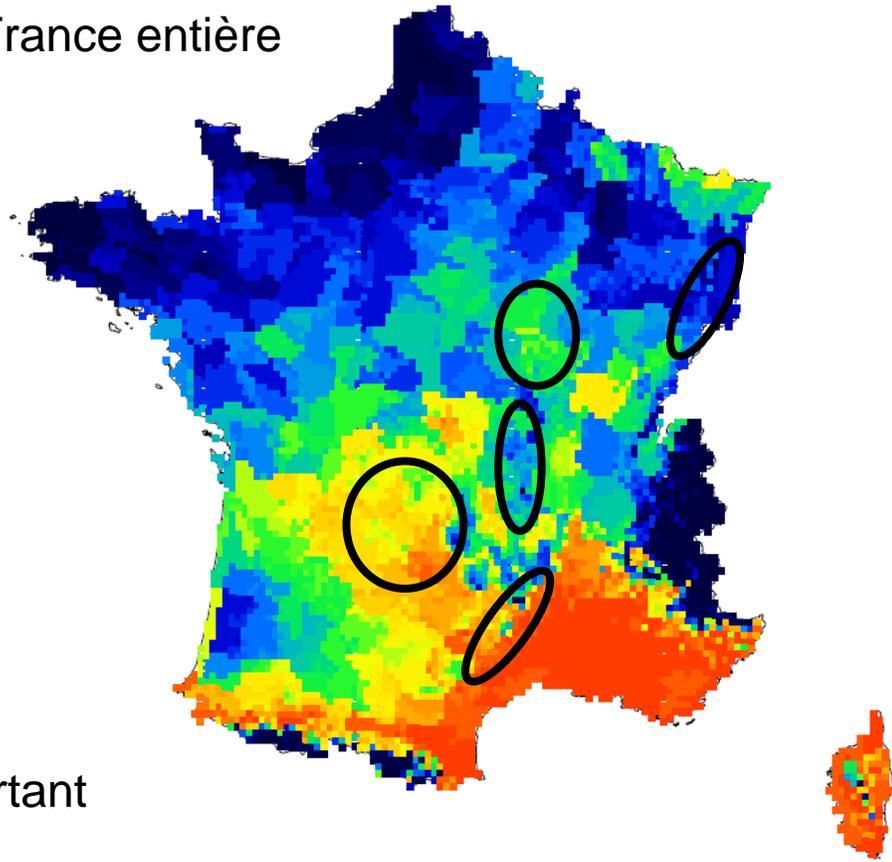
Effet immédiat (?)  
WS vitesse vent



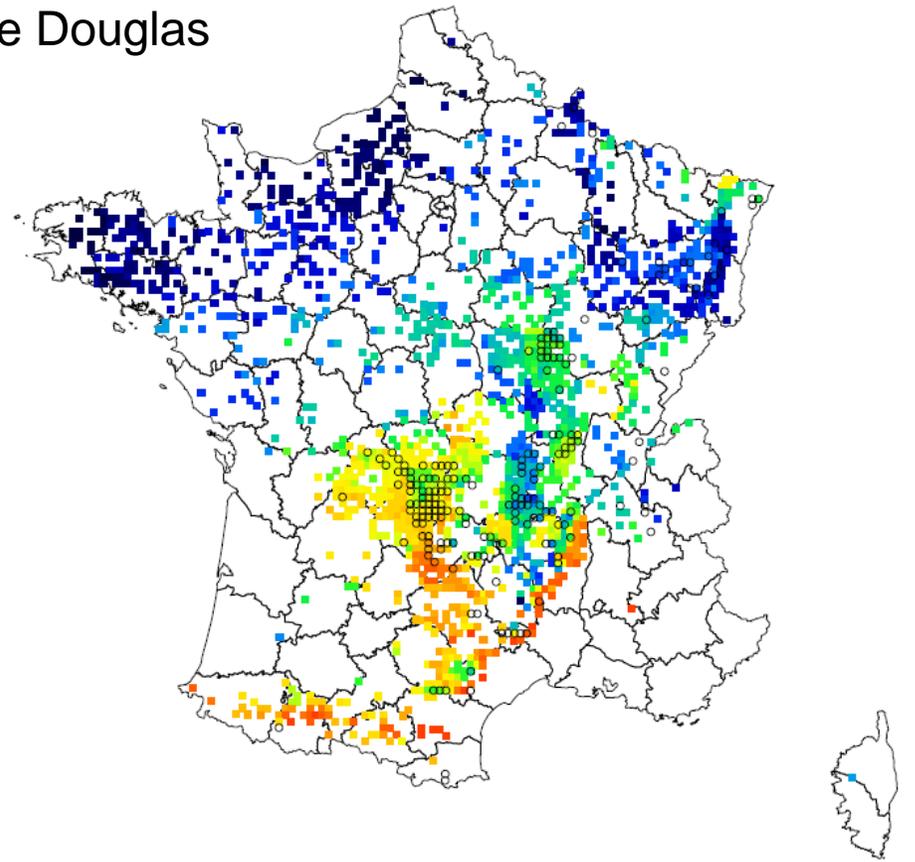
# Simulation des zones de risque

A partir d'anomalies simultanées de RH; ETP; Tmax ; dT; WS; Rad

France entière



Site Douglas



Rouge : risque important  
Bleu : risque faible

# Bilan analyse bioclimatique

Période chaude et sèche deux mois avant le rougissement

Stress lumineux ?

Effet déclencheur du vent ?

Pas ou peu d'effet du gel (à la maille étudiée)

Gel tardif de 2021 sans effet notable

Hypothèse de sécheresse hivernale ?

Observations terrain: 2021 vs 2022

Expérimentation en conditions contrôlées



# Suivi en plantation

Comprendre l'influence de la station et rôle de différents critères (Age, exposition, épisodes rougissement préalables)



Capteurs acoustiques, PériPIAFs sur les parcelles de Livradois Forez & Haute-Vienne.

# Phénomène de sécheresse hivernale

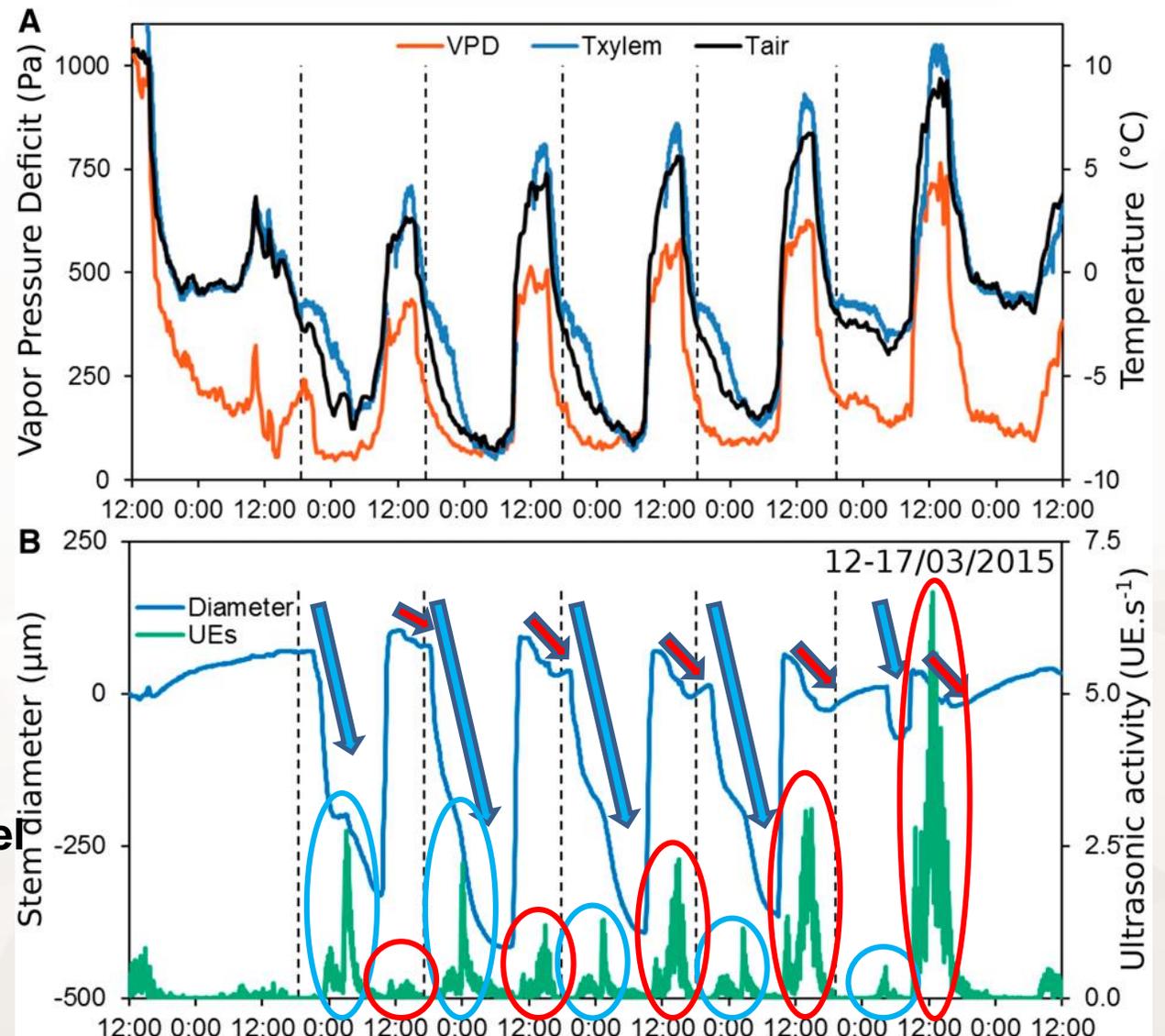
Interaction température (nuit) et VPD (jour)

Cycle gel / dégel :  
contraction et  
dilatation

Emissions acoustiques au  
gel Formation de bulles d'air  
dans la glace

Contraction et dilatation la  
journée

Emissions acoustiques au dégel  
Formation de bulles d'air dans  
les conduits



# Suivi en plantation

En cours d'analyse : thèse  
Mahaut van Rooij  
2021 vs 2022  
Livradois vs Limousin



## Réplication en conditions contrôlées

Essais de conditionnement thermique du sol  
2021, 2022 et 2023 (Mahaut van Rooij &  
Elisabeth Ilinca)  
=> Stress hydrique + gélif combiné



**Merci de votre attention !**

