



*Effets des changements climatiques sur l'efficacité  
d'utilisation de l'eau de l'épinette noire et du pin  
gris*

William Marchand, Martin P. Girardin, Henrik Hartmann, Claire Depardieu, Nathalie Isabel,  
Sylvie Gauthier, Étienne Boucher, Yves Bergeron



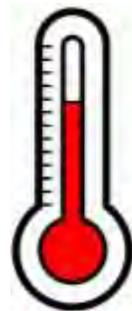
# *Contexte de l'étude*



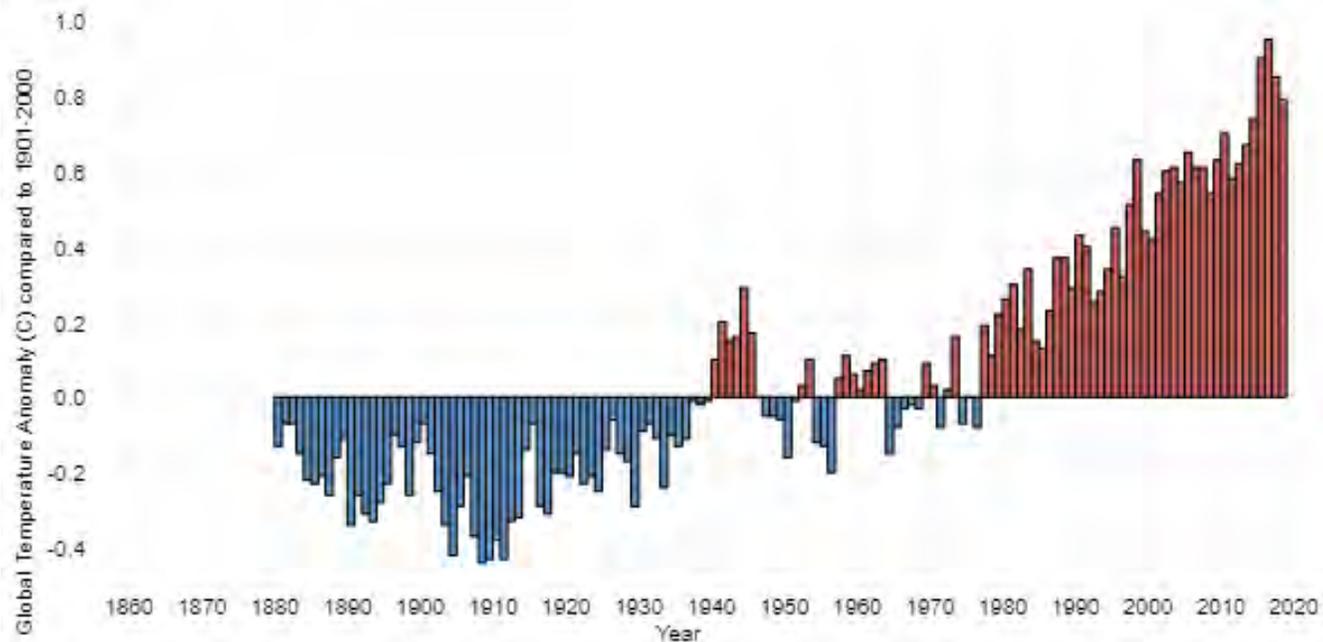
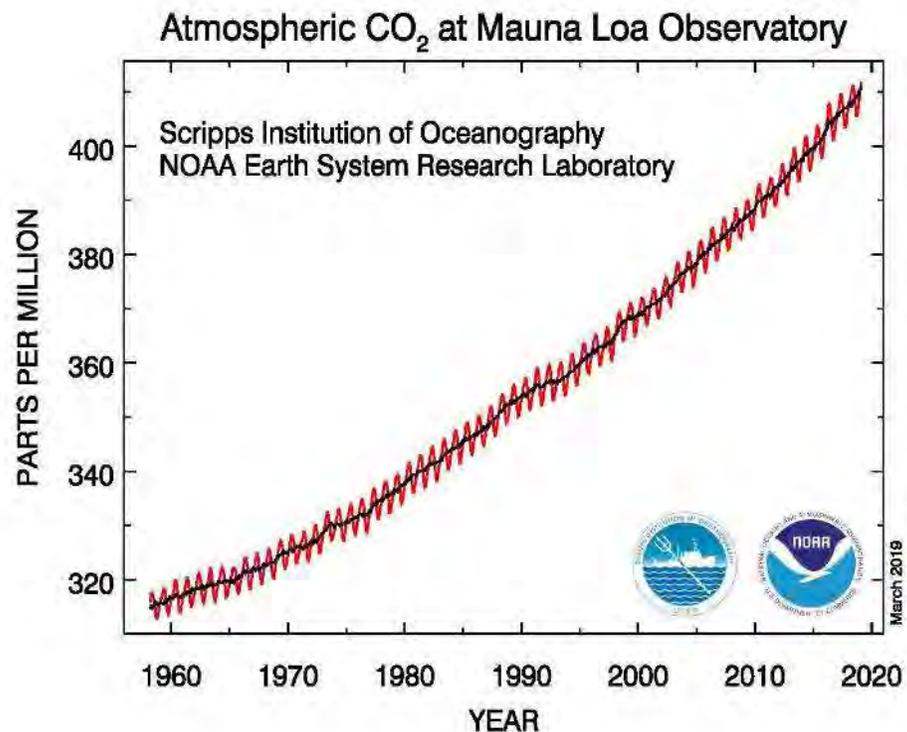
# Changements climatiques



Atm. [CO<sub>2</sub>]: **410 ppm (2019)**  
Accroissement exponentiel  
~ **+ 50 %** depuis 1850



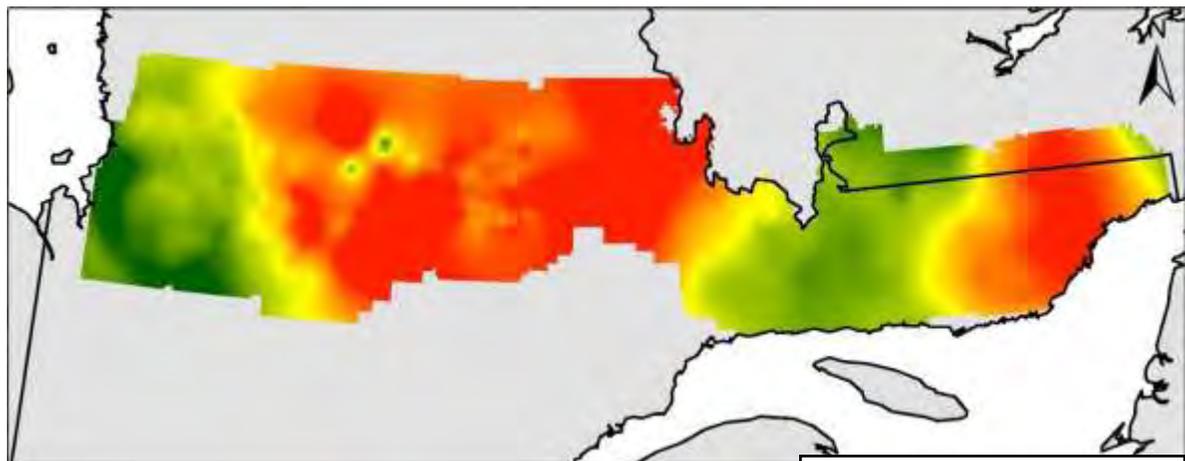
Augmentations de T°C : **+ 0.5 à + 3°C**  
Plus rapide aux **hautes latitudes**  
**Événements climatiques extrêmes**



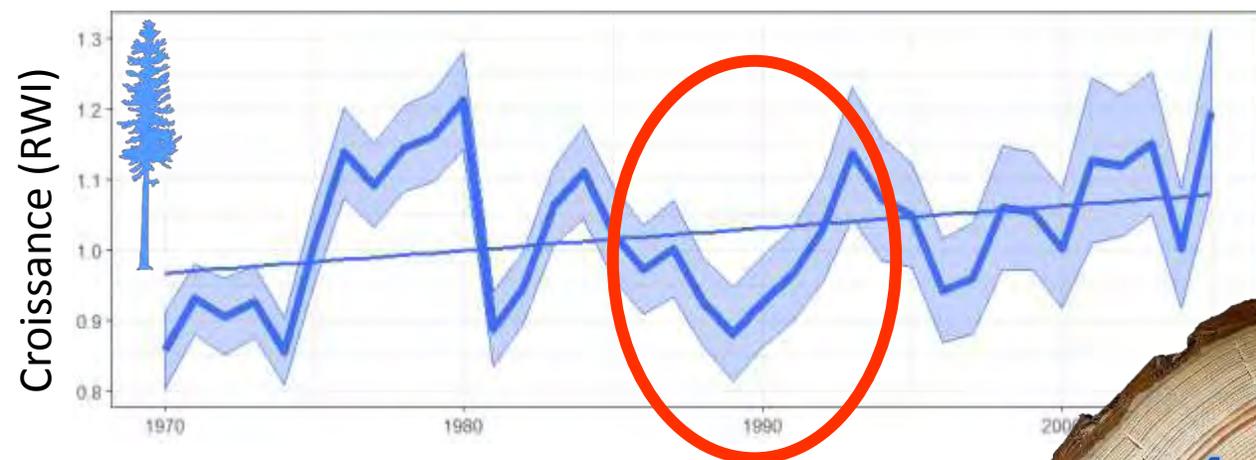
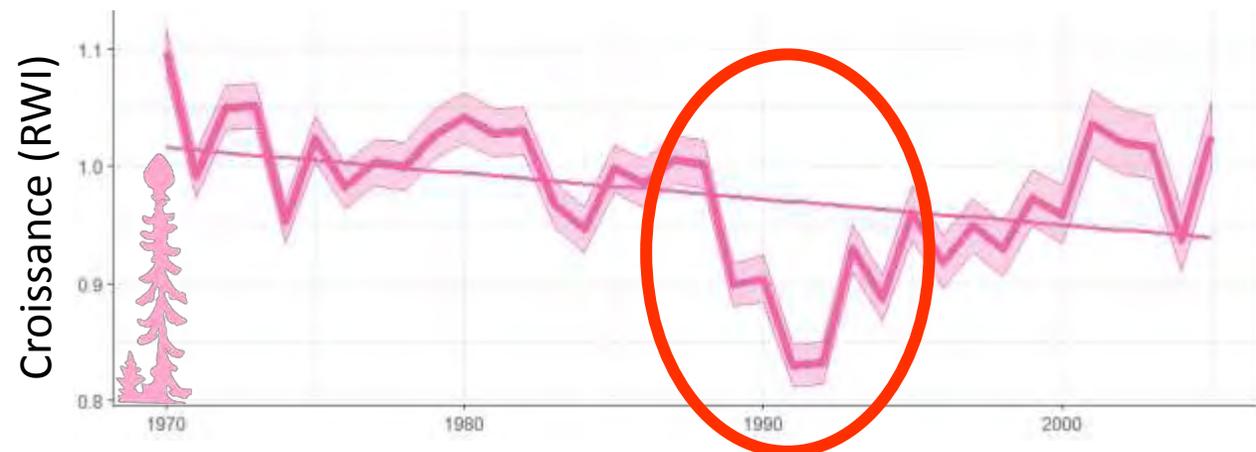
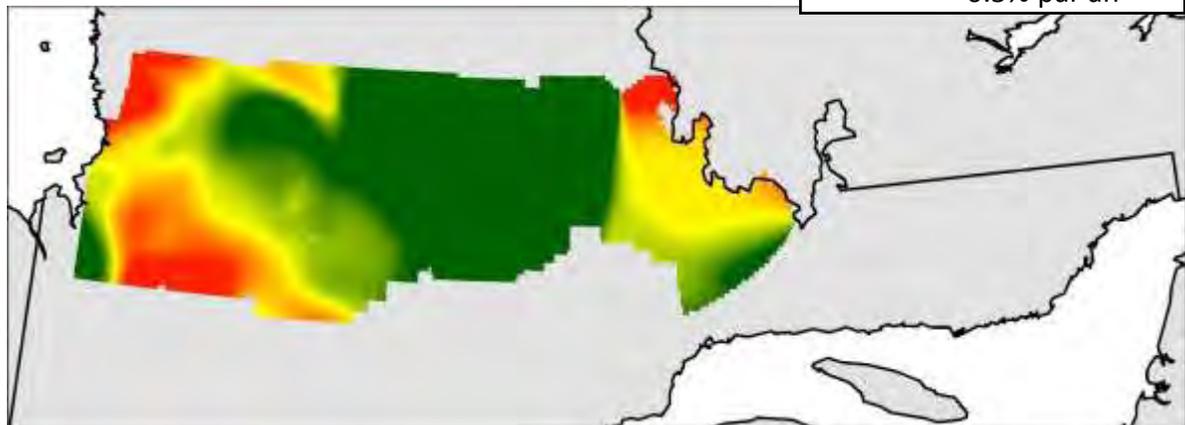
<https://www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series>

# Effets sur la croissance: tendances 1970-2005

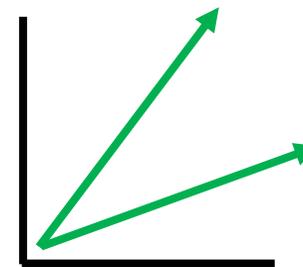
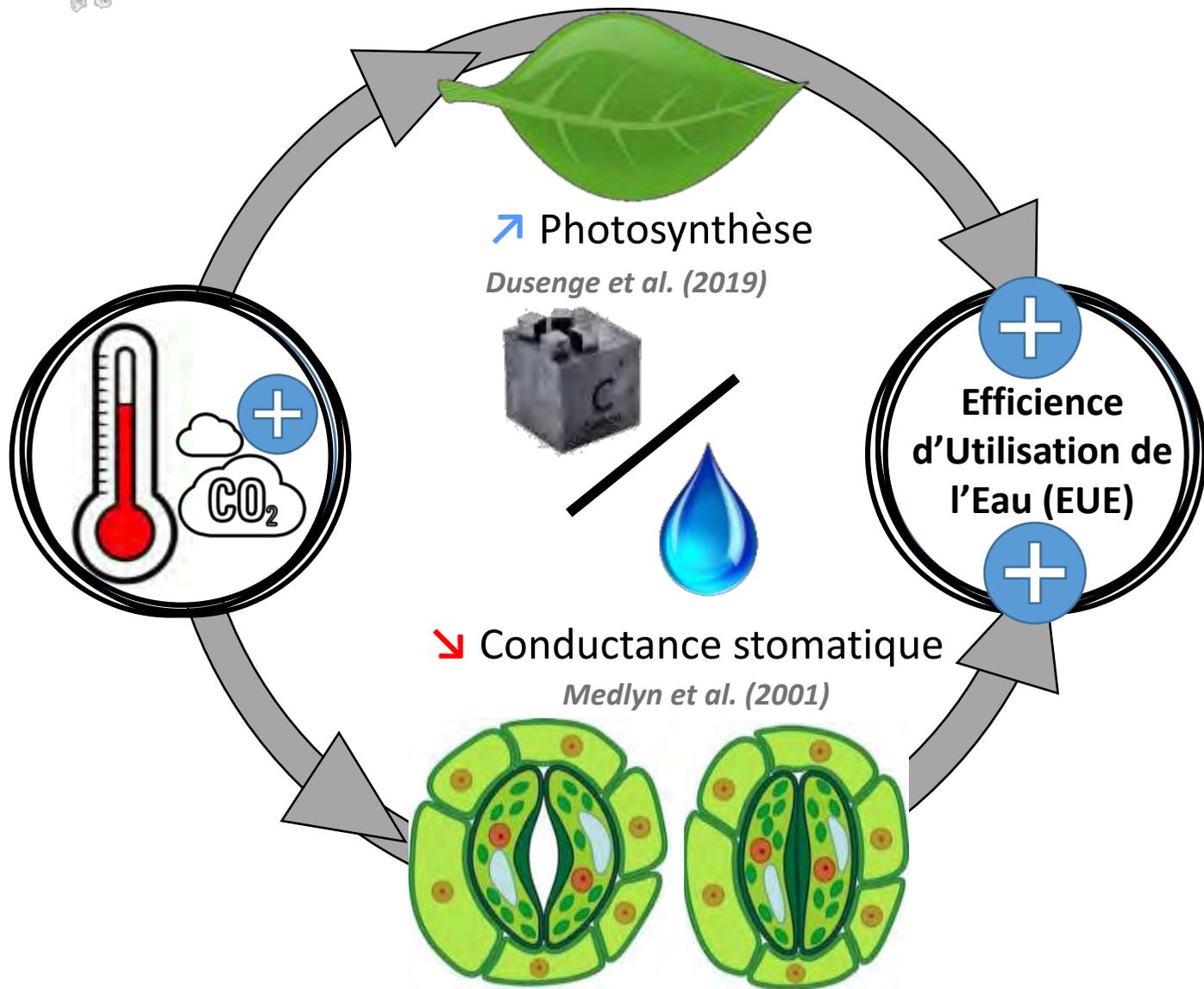
## Épinette noire



## Pin gris



# Effets sur la physiologie



Depuis 1850: +10% à +60%

*Silva et al. (2013)*

↖ Environnement *Liu et al. (2017)*  
Facteurs développementaux

*Brienen et al. (2017)*



**Encore peu pris en compte ...**

# Objectifs et hypothèses spécifiques

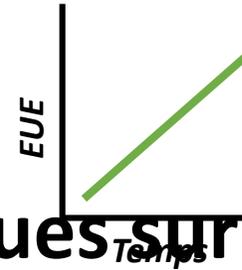
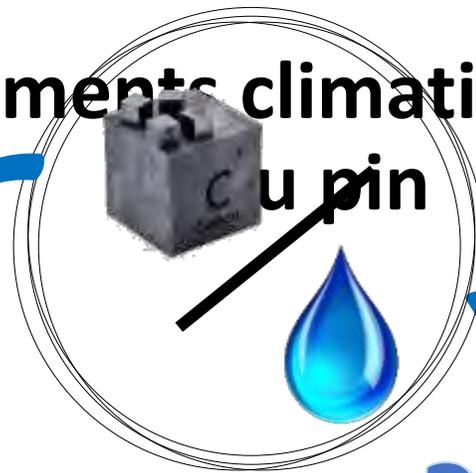
## Étudier l'effet des changements climatiques sur l'EUE de l'épinette et du pin

Vérifier si la chute de croissance en 1989 est **couplée à une réponse**

**Étudier l'effet des changements climatiques sur l'EUE de l'épinette et**

physiologique

(H.1)



Étudier les **tendances d'EUE** dans le temps

(H.2)

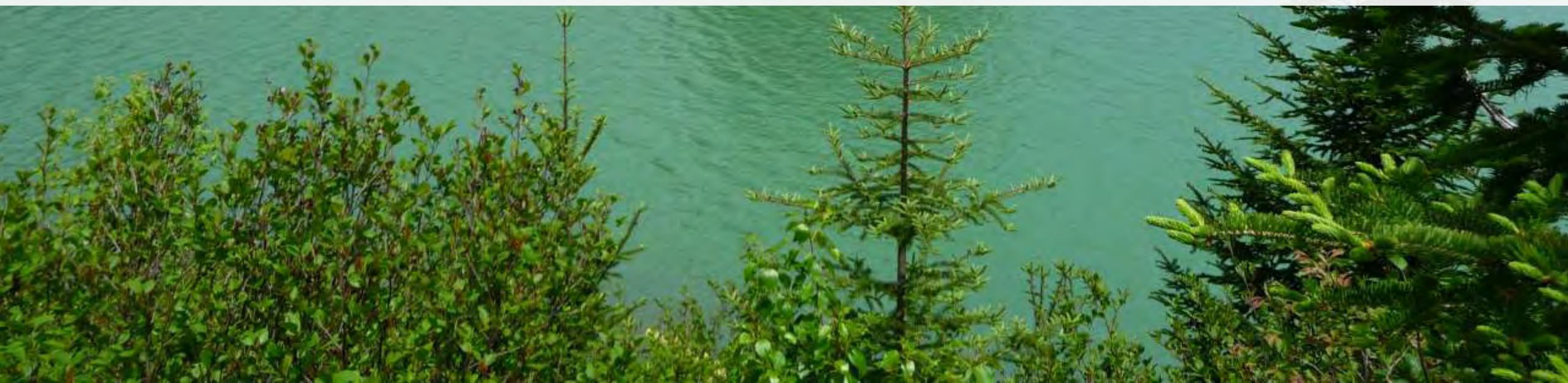
Étudier **l'effet du CO<sub>2</sub>** sur l'EUE, et la **modulation** potentielle par la **fertilité**

du site

(H.3)



*Matériel et méthodes*



# Stratégie d'échantillonnage

## Inventaire Écoforestier Nordique (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs)

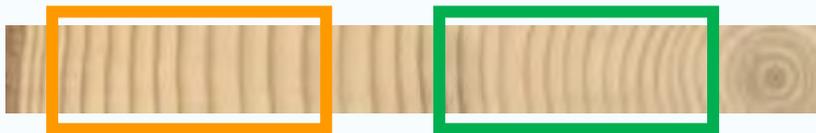


98 Épinettes



50 Pins

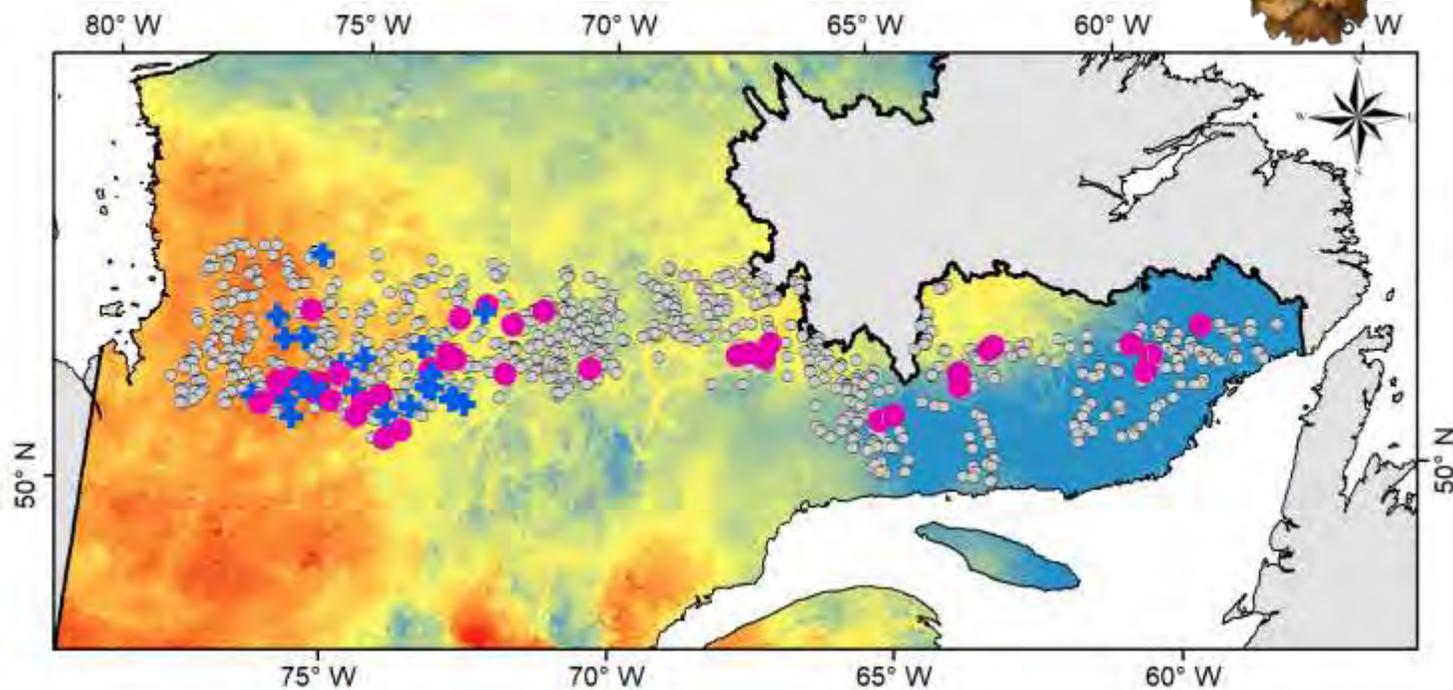
2 périodes de vie



1985-1993

Cernes 11-30 ans

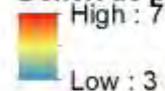
Total: 3,929 cernes



### Placettes-échantillons

- Pin gris (isotopes)
- Épinette noire (isotopes)
- Placettes temporaires

### Déficit de pression de vapeur estival (kPa)

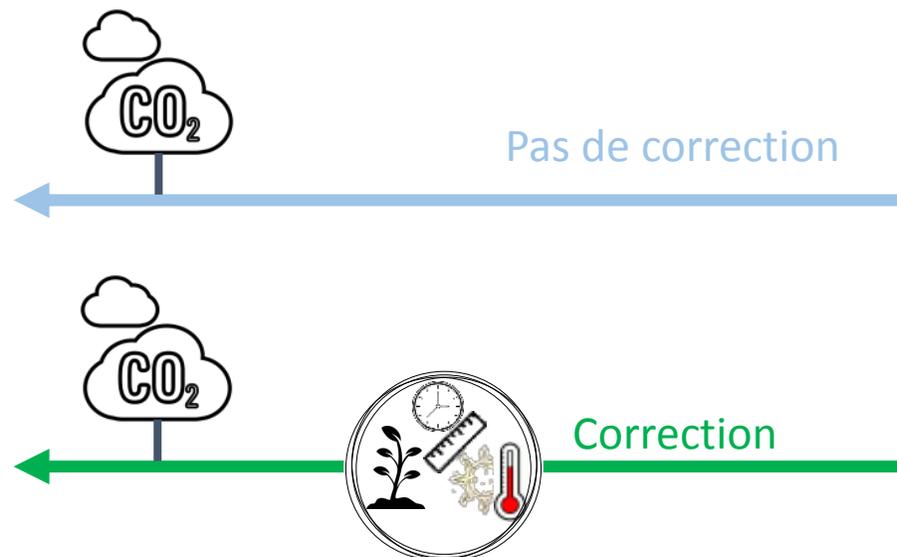
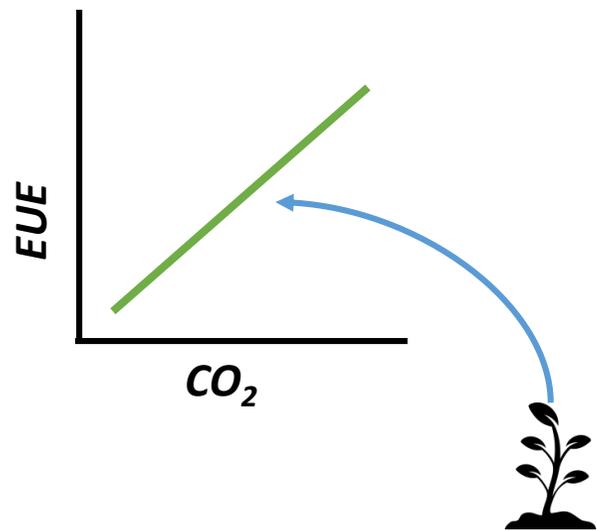


0 50 100 200 300 400 Km

# Méthodes: rapport en isotopes stables du carbone



$$\begin{aligned} &^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \\ &= \\ &\delta^{13}\text{C} \end{aligned}$$



Taille de l'arbre, âge du peuplement, VPD, Précipitations, Fertilité (IQS)



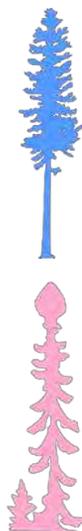
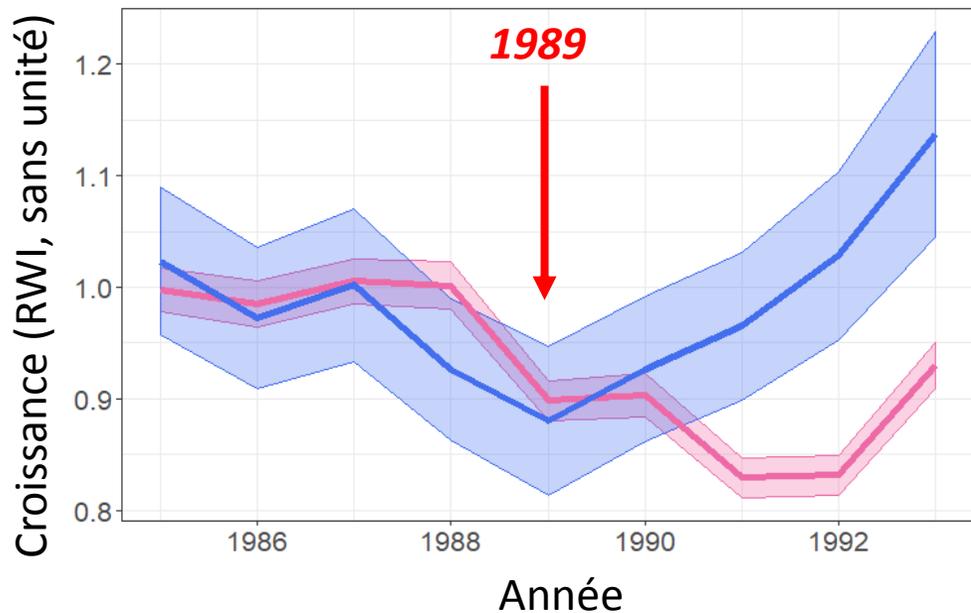


# *Résultats et discussion*

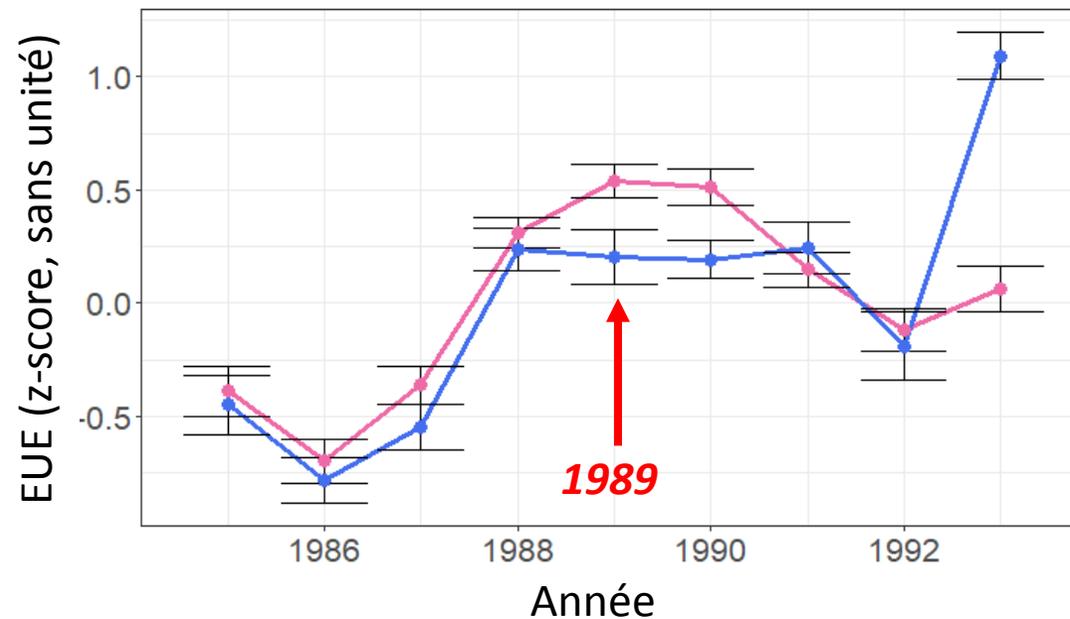


# Lien Croissance – Physiologie (1985-1993)

## Croissance



## Efficiency d'utilisation de l'eau



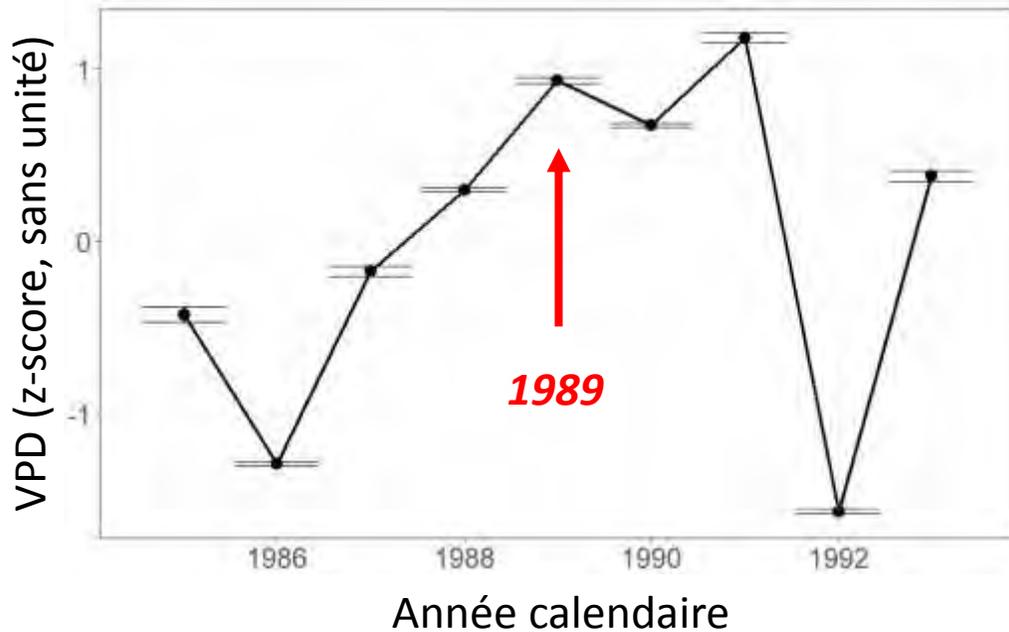
**1989**: Chute de croissance importante (1989-1992 pour l'épinette)

**Pin moins impacté** que l'épinette

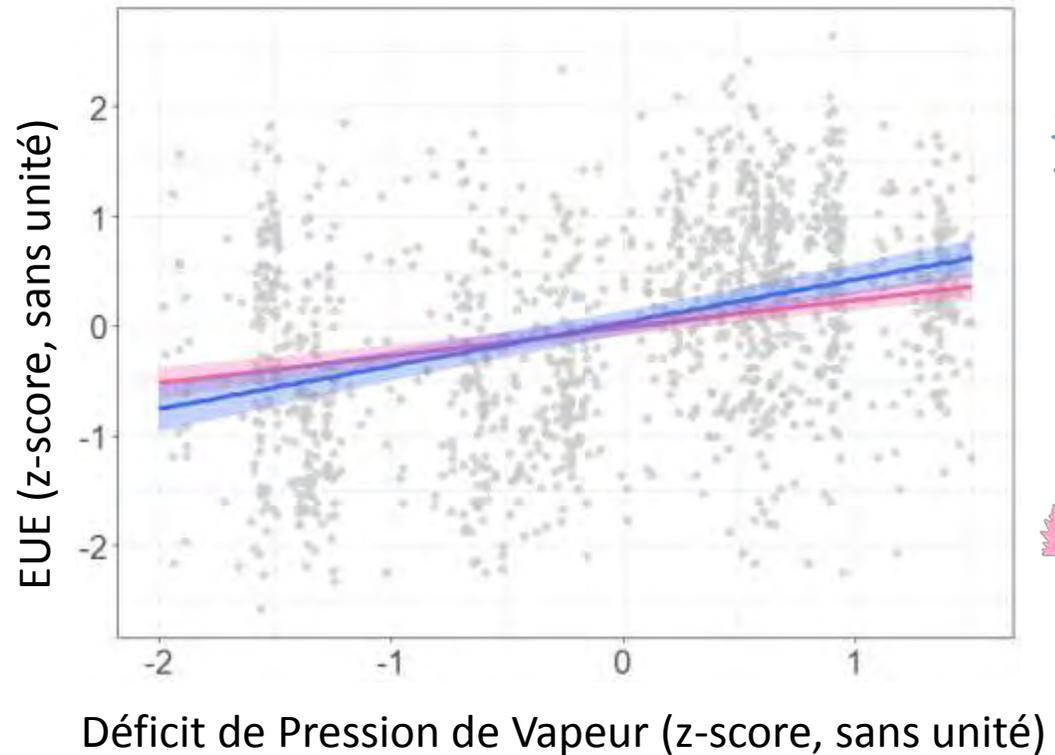
**Augmentation de l'EUE** en 1988-1990

# Lien Physiologie - Climat (1985–1993)

Déficit de pression de vapeur 1985-1993



Relation EUE ~ Déficit de pression de vapeur



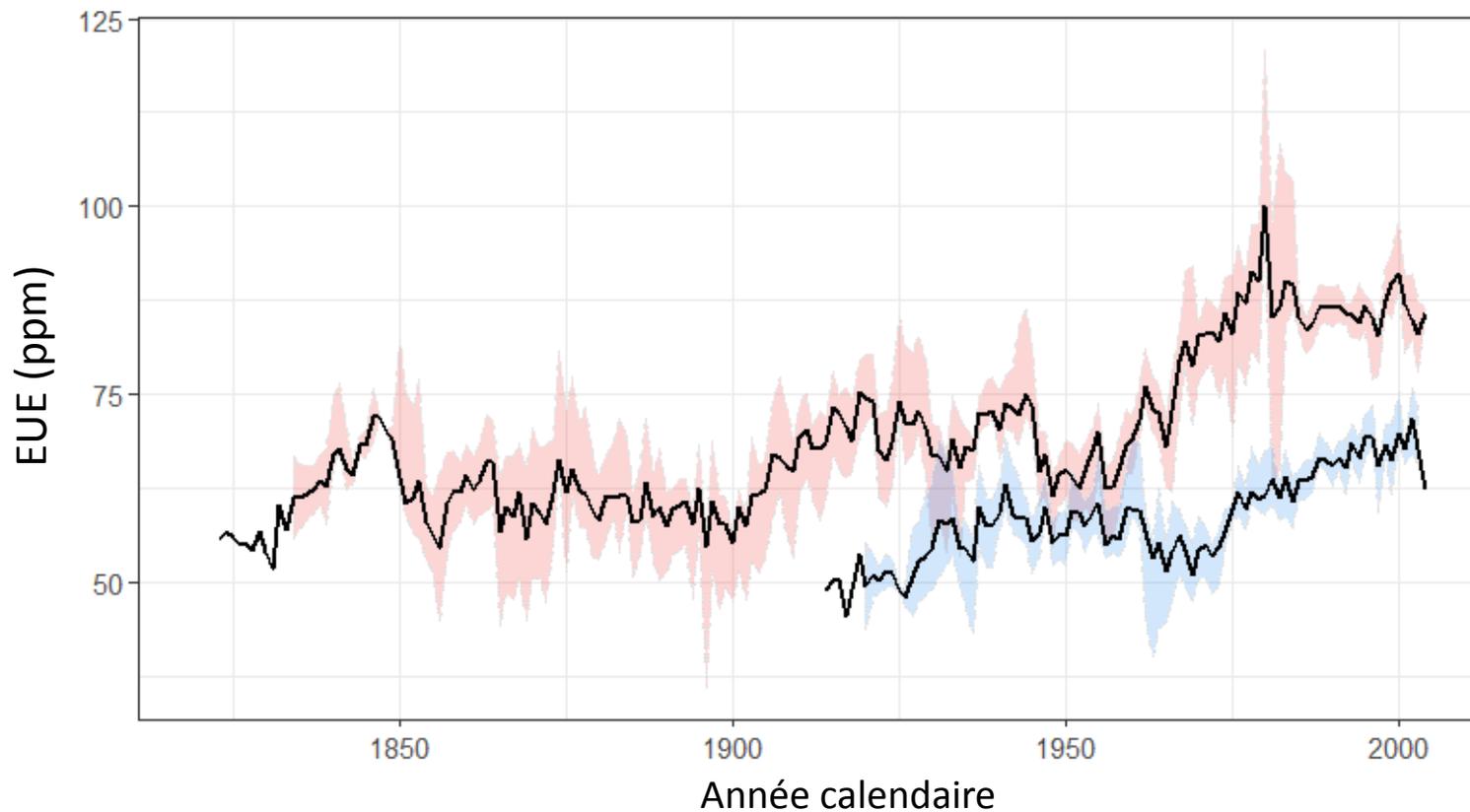
Sécheresse atmosphérique (déficit de pression de vapeur) → ↗ de l'EUE

Perte de croissance liée à des conditions sèches

# EUE - Tendances à long-terme



Épinette



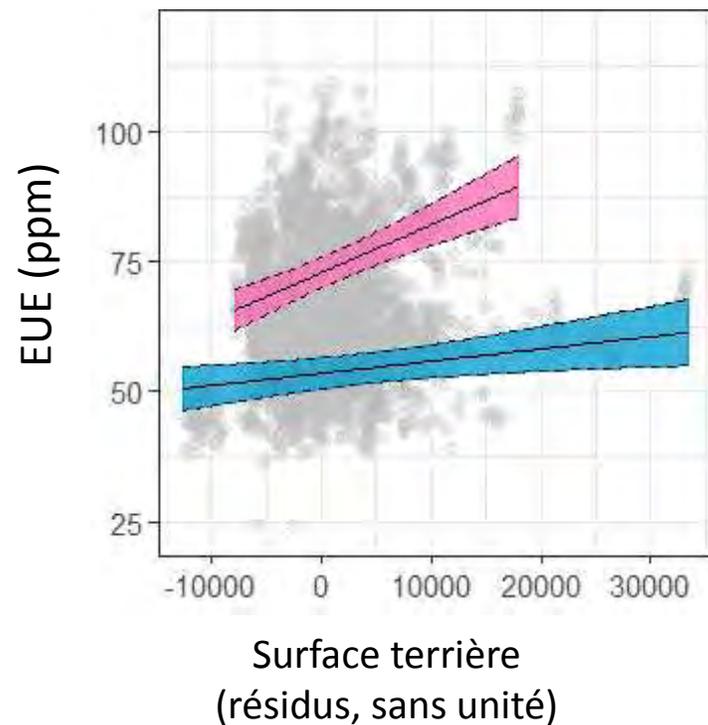
Pin

60 ppm (1850) → 85 ppm (2000)

50 ppm (1925) → 70 ppm (2000)

# EUE – Effet des facteurs développementaux

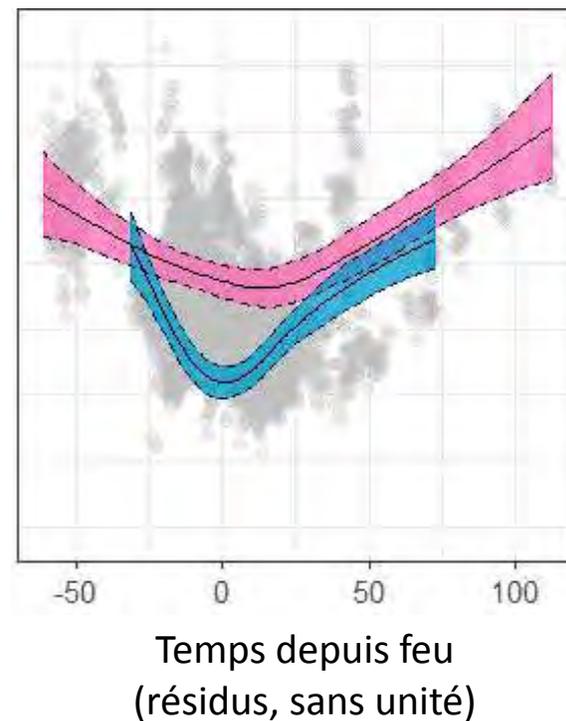
## Taille de l'arbre



Changements morphologiques

- ↗ biomasse
- ↗ capacité d'assimilation

## Âge du peuplement



Fermeture du peuplement  
(~ 45-70 ans après feu)

- ↗ compétition



# EUE – Réponse au CO<sub>2</sub>

Effet positif du CO<sub>2</sub> sur l'EUE

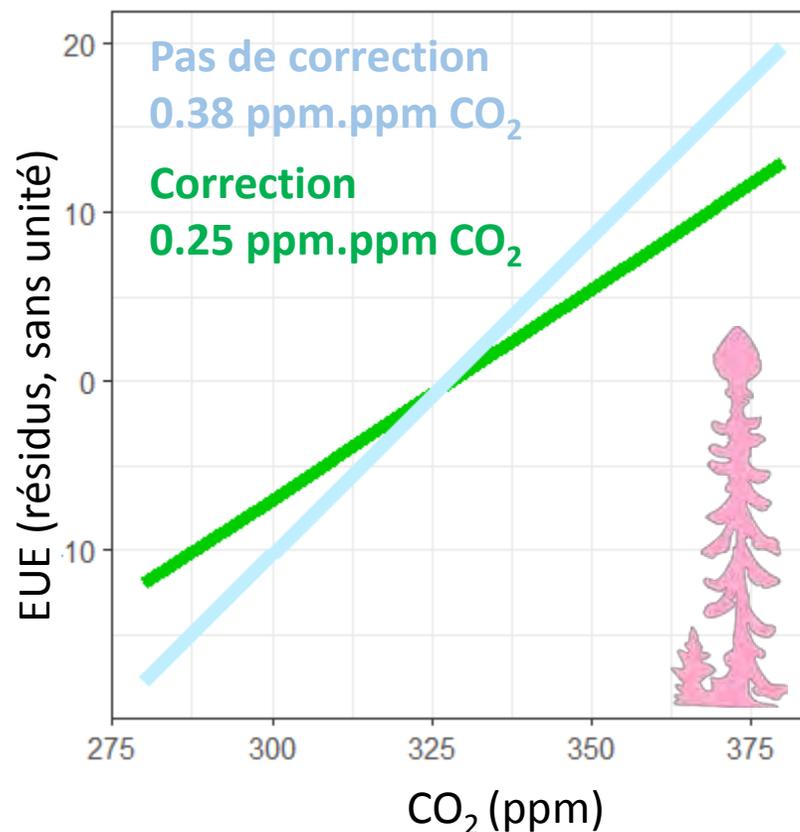
Effet plus fort pour l'épinette

Surestimation

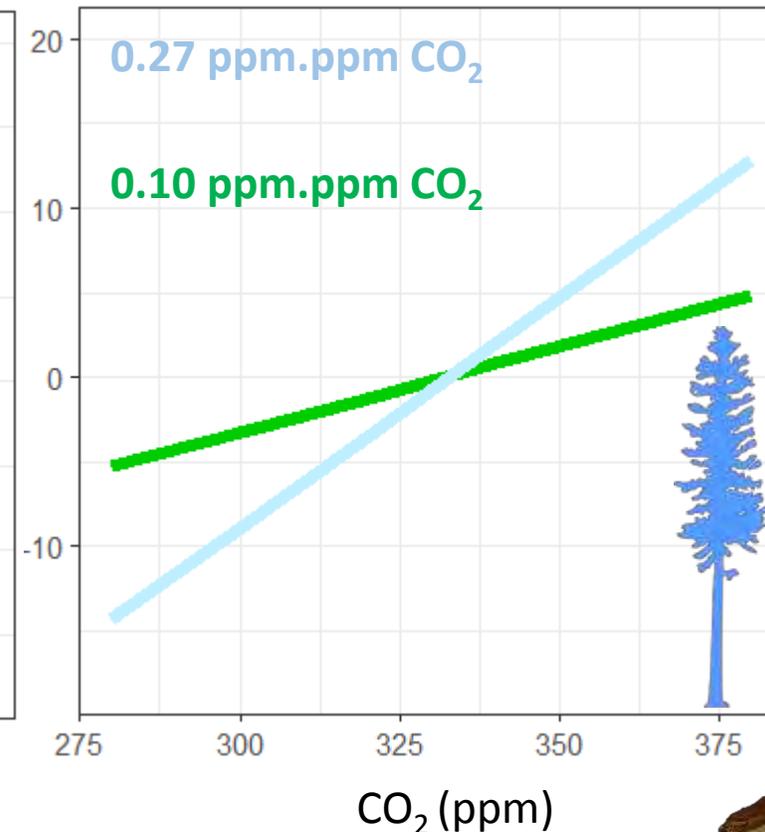
- 50 % pour l'épinette
- 170 % pour le pin

Lorsqu'on ne prend pas en compte l'effet des variables développementales

## Épinette



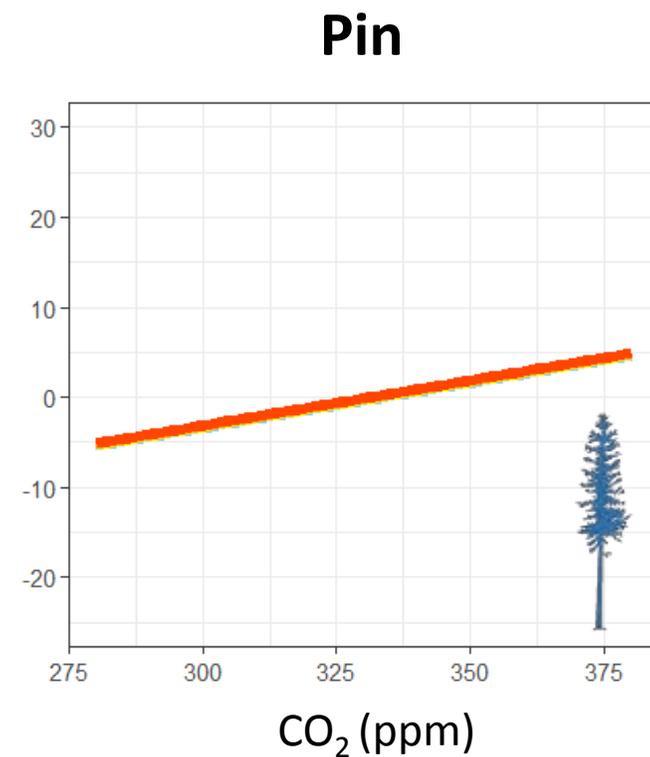
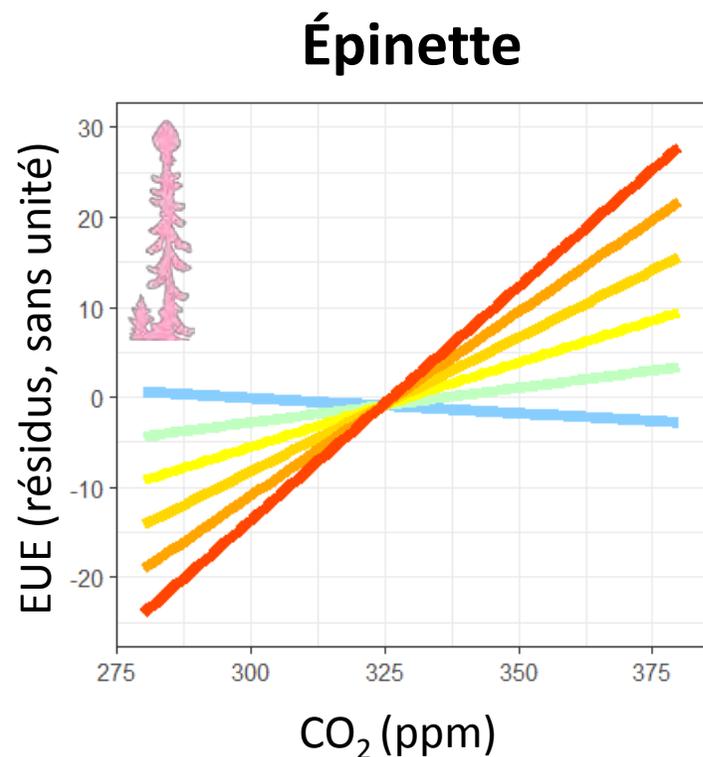
## Pin



# EUE – Effet modulateur de la fertilité du site

**Modulation** par la fertilité du site pour l'épinette

- **limitation de la photosynthèse** sur sites pauvres
- Forte différence entre espèces
  - **Réseaux racinaires, aiguilles**
  - → différences de **tolérance à la sécheresse**



Mauvaise

Fertilité

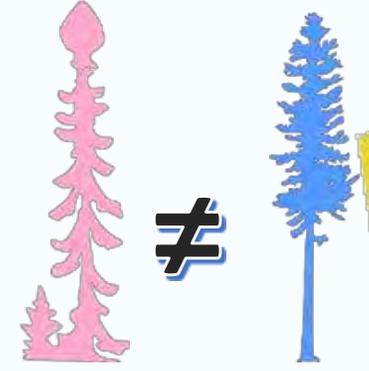
Bonne



# *Conclusions*



# À retenir

**1**   
*Différentes espèce → différentes réponses*

**2**   
*Facteurs écologiques → hétérogénéité*

**3**   
*Importance des facteurs développementaux*

**4**   
*Réponse au CO<sub>2</sub> de moindre importance*



- **Représentativité** des échantillonnages?
    - **Inventaires forestiers**
  - **Fiabilité des modèles de végétation** actuels?
    - **Aptitude des arbres à résister** aux conditions futures?
    - **Capacité future des forêts à stocker le carbone**?
  - **Plantation d'arbres** pour compenser les émissions de GES ?
- 

# Remerciements

Christine Simard,  
Marie Moulin,  
XiaoJing Guo,  
Mathilde Pau,  
David Gervais,  
Danielle Charron,  
Daniel Houle,  
Savoyane Lambert,  
Heike Geilmann,  
Iris Kuhlmann,  
Joëlle Marion,  
Lauriane Dinis,  
Joëlle Berthier,  
Claude Durocher,  
Philippe Labrie,  
Marie-Claude Gros-Louis,  
Alexis Achim,  
Martine Savard

