

Les Arbres FOrestiers face aux variations du CLIMat :

comprendre le passé et prévoir le futur
par l'analyse des cernes des arbres

The logo for AEOCLIM is displayed in large, yellow, serif capital letters with a black drop shadow. The letter 'O' contains a green silhouette of a coniferous tree. Above the letter 'M' is a blue cloud with a yellow sunburst behind it. The entire logo is set against a background of various wood slices of different sizes and species, showing their natural grain and textures.

AEOCLIM

Laboratoires et personnes impliqués

LSCE

CEA, CNRS, UVSQ

*Valérie Daux
Monique Pierre
Michel Stievenard*

ESE

UP11, CNRS, AgroP

*Claire Damesin
Eric Dufrêne
Alice Michelot (doctorante)
Thomas Eglin (doctorant)
Nicolas Delpierre
Laurent Vanbostal*

Post doctorats financés par le GIS:

Nathalie Etien (12 mois)

Dario Martin Benito (9 mois)

**IDES: Interactions et Dynamique
des Environnements de Surface
UP11, CNRS**

Florent Barbecot

**EEF: Ecologie,
Ecophysiologie forestière
INRA Nancy, UPH**

*Nathalie Bréda
Stéphane Ponton
François Gérémia*

**Observations de mortalité,
de diminution de croissance
(infos DSF, ONF, INRA)**



**Impacts du climat?
Sécheresses extrêmes,
Tendance augmentation
de température,**

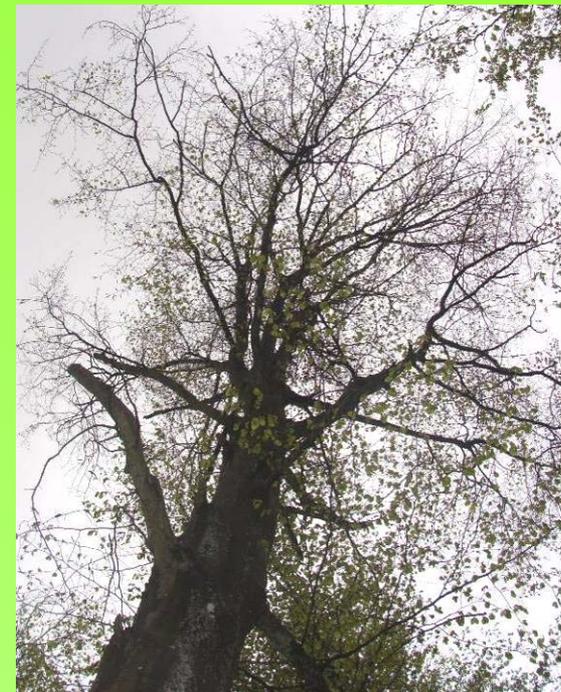
...



Observations Département Santé des Forêts



Pinus sylvestris



Fagus sylvatica



Pas de dégâts

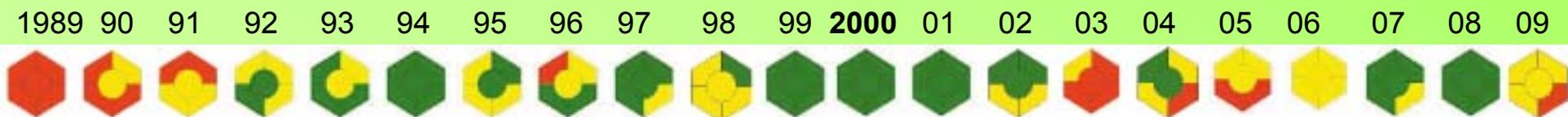


Faibles dégâts



Forts dégâts

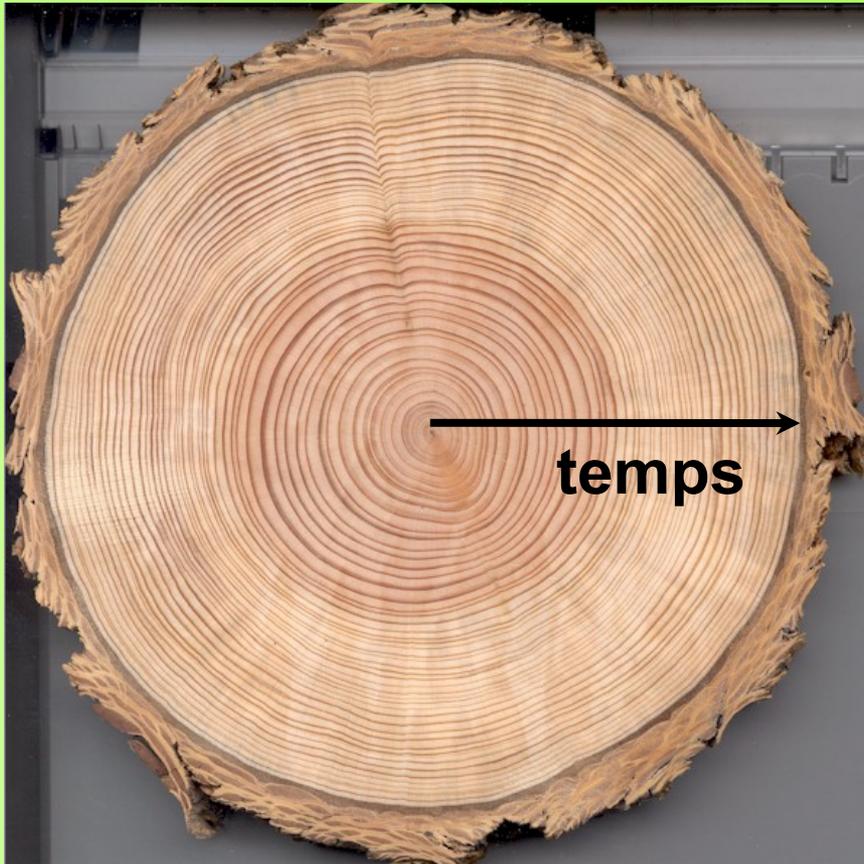
Impacts sécheresse estivale



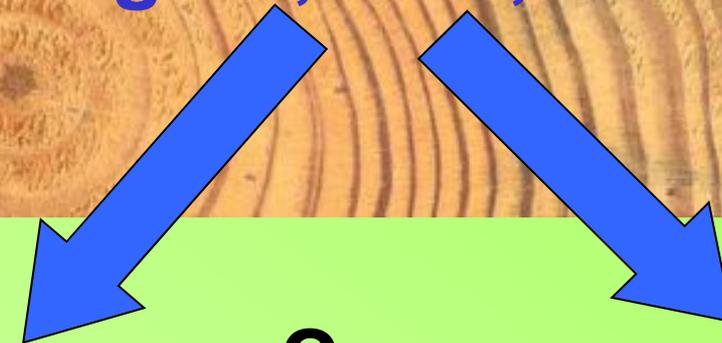
Objectifs

Déterminer et comprendre la vulnérabilité des forêts face aux variations climatiques:

Les cernes des arbres :
des enregistreurs

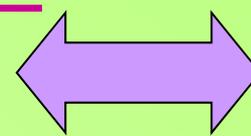


**Les cernes des arbres :
une archive de l'histoire de l'arbre et du climat**



?

Approche paléoclimatique
Reconstruction
du climat passé
(LSCE)



Approche écophysiological
Compréhension du
fonctionnement des arbres
(ESE)

Objectifs

Climat et Caractéristiques des cernes

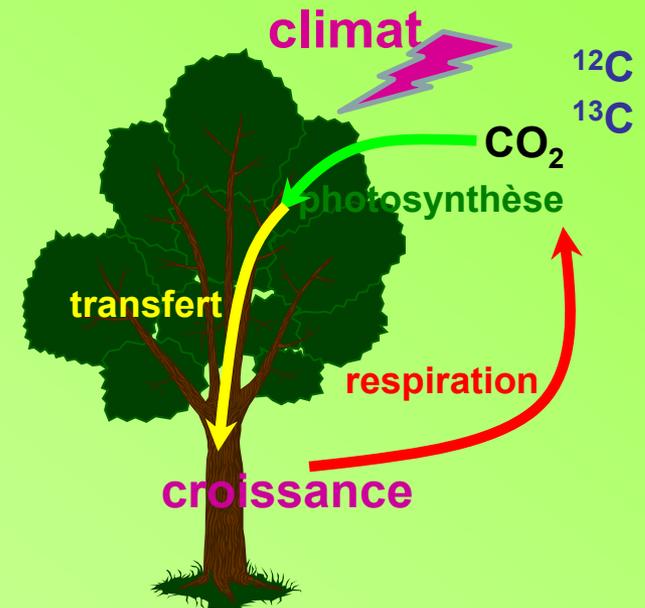
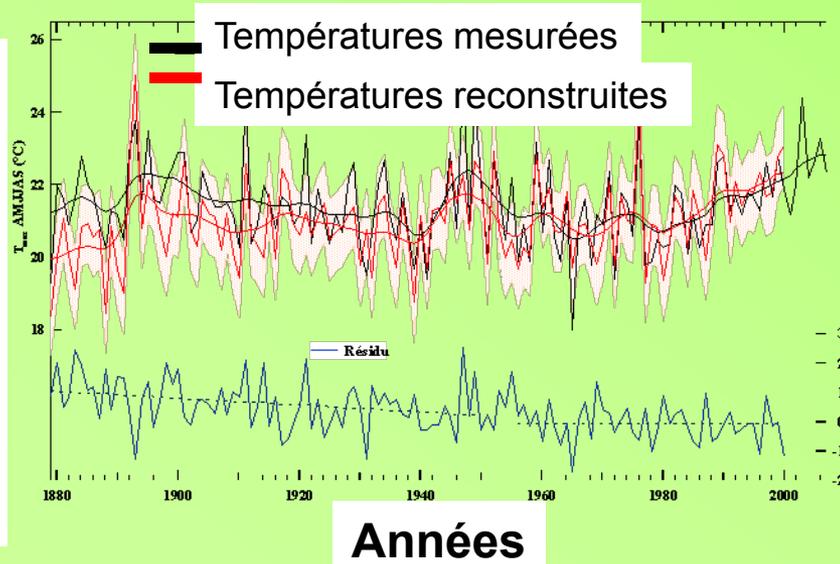
Approche paléo-climatique LSCE

- analyses statistiques des séries temporelles
- obtention **d'indices climatiques**

Approche écophysiological ESE

- études **des mécanismes** de gestion du carbone et de l'eau, de la signification fonctionnelle des composition isotopiques

Température été (°C)



Objectifs

Climat et Caractéristiques des cernes

Approche paléo-climatique
LSCE

Approche écophysiological
ESE

Pour reconstruire
un climat régional :

Combien d'arbres est il nécessaire
d'échantillonner?

Peut- on utiliser différentes espèces?
différentes parcelles?

Pour comprendre
la fragilité des forêts:

A quels accidents climatiques, les
différentes espèces sont elles le plus
sensibles?

La phénologie, le fonctionnement des
espèces permet-
ils d'expliquer des différences?

La largeur et les deux isotopes fournissent-ils des informations
complémentaires, identiques entre espèces?

Objectifs

Comparaison 3 espèces représentatives des forêts européennes

CHENE



héliophile

bois hétéroxylé

croissance avant
ou pendant
débourrement

HETRE

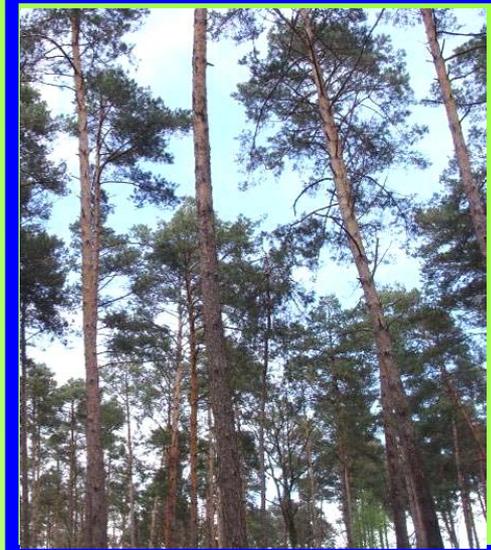


sciaphile

bois hétéroxylé

croissance après
débourrement

PIN



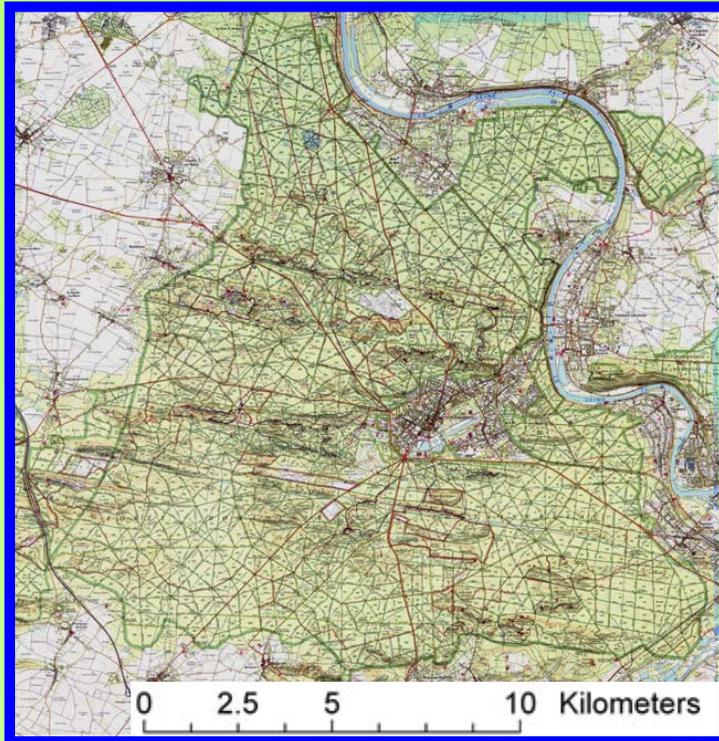
héliophile

bois homoxylé

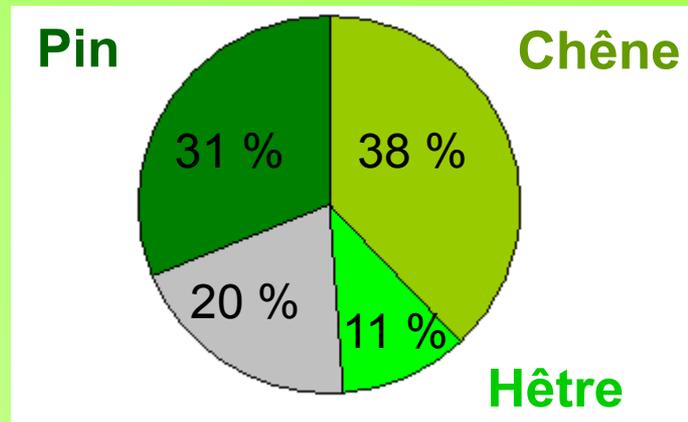
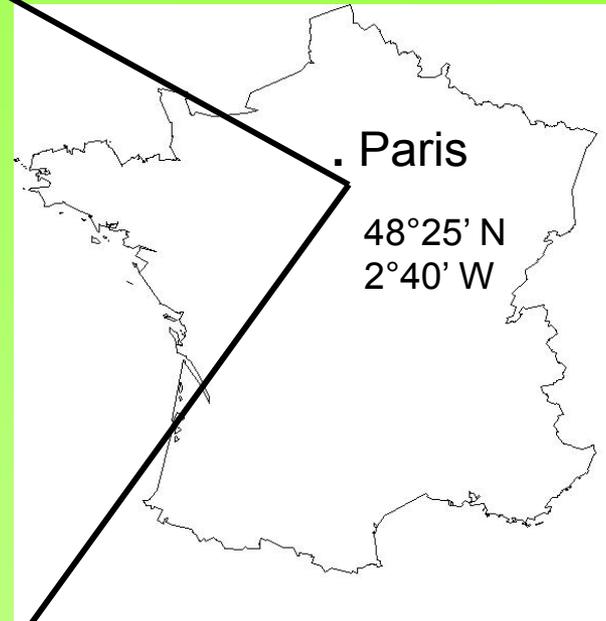
croissance pendant
débourrement

Site d'étude

C



17 000 ha

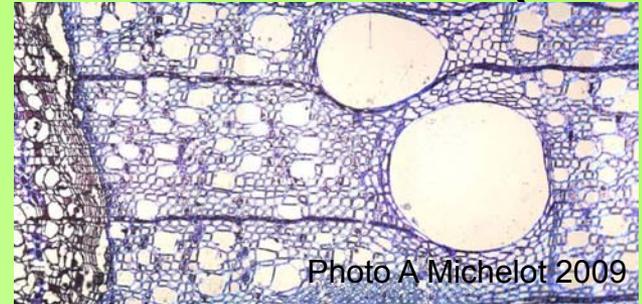


Approches interannuelles sur 48 ans (1960-2007)



largeur, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$

Approches annuelles suivi saisonnier (2009)



Approches interannuelles

Croissance

Isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{18}\text{O}$)

Approches annuelles

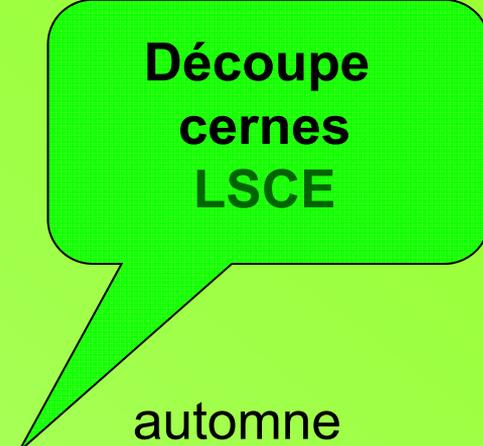
Croissance et $\delta^{13}\text{C}$

$\delta^{18}\text{O}$

Etapes

Terrain
Labo

2008



Terrain
Labo

2009

Suivi saisonnier croissance, ^{13}C intracerne, ESE

Suivi saisonnier ^{18}O pluie et eau du sol IDES-ESE

Analyse isotopiques interannuelles LSCE

Labo
Rédaction

2010

Analyse isotopiques intrannuelles ESE-LSCE

Analyse isotopiques interannuelles –suite LSCE

Rédaction articles ESE

fin été



Approches interannuelles

Croissance

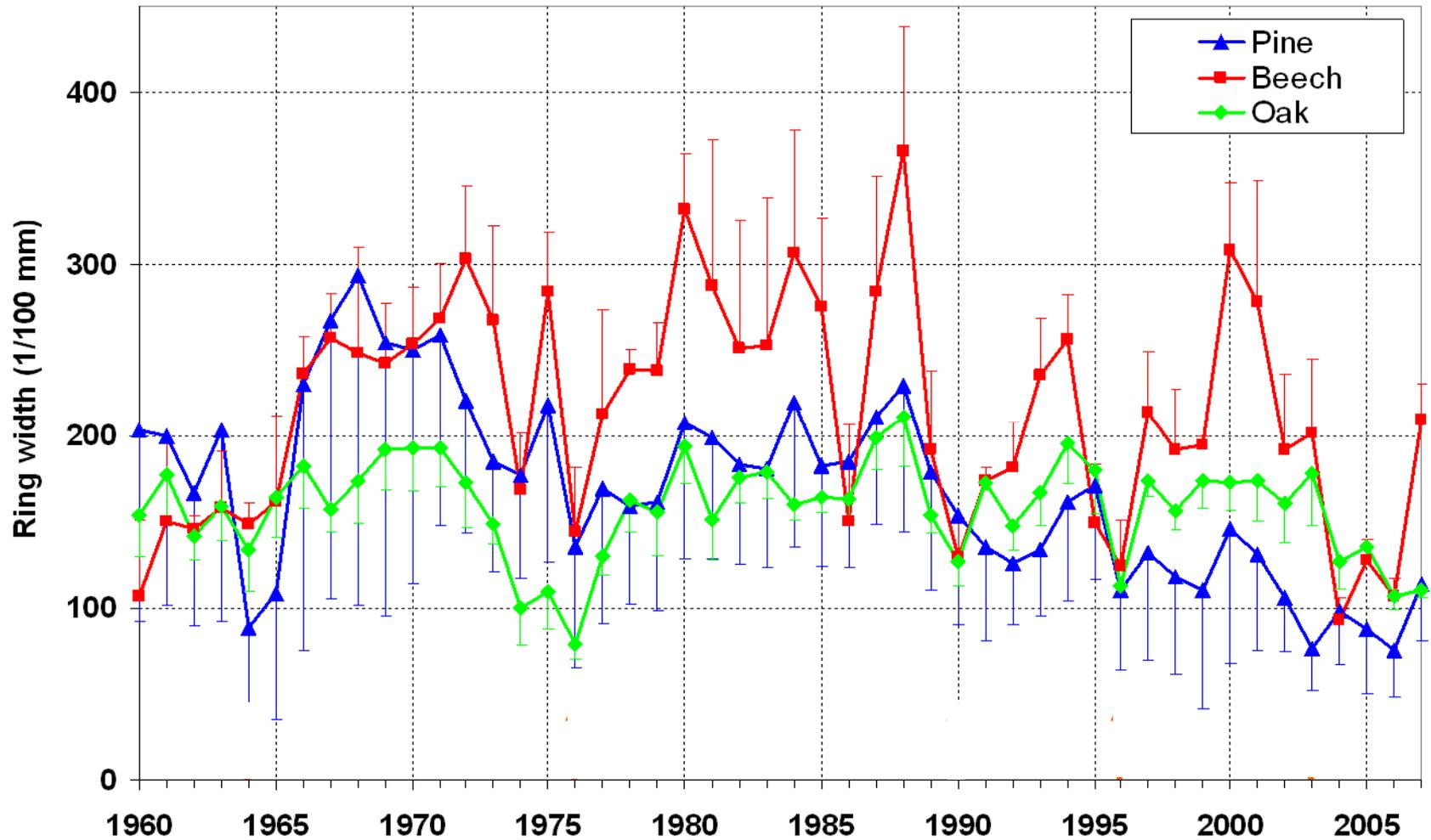
Isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{18}\text{O}$)

Approches annuelles

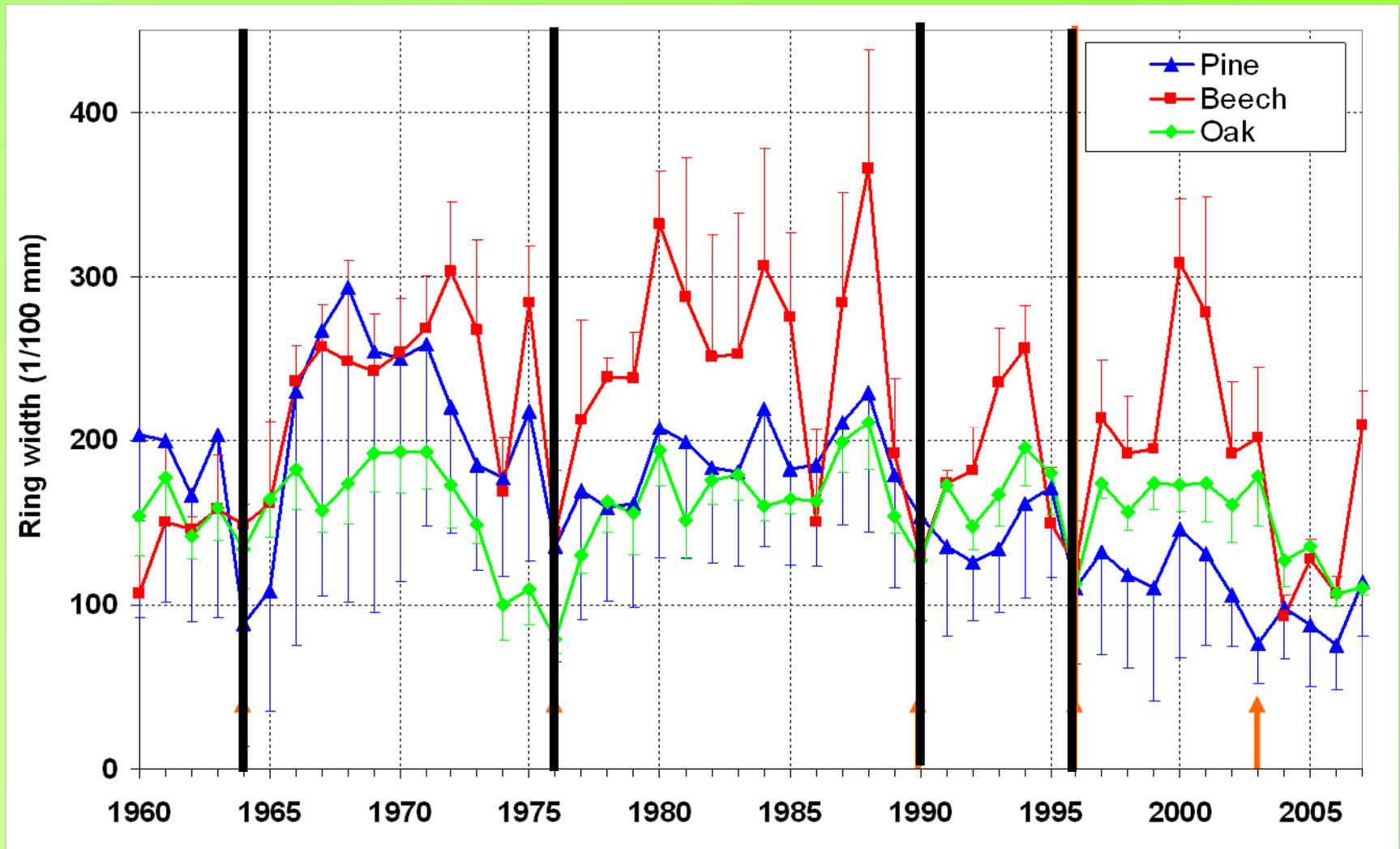
Croissance et $\delta^{13}\text{C}$

$\delta^{18}\text{O}$

Croissance des 3 espèces sur 48 ans

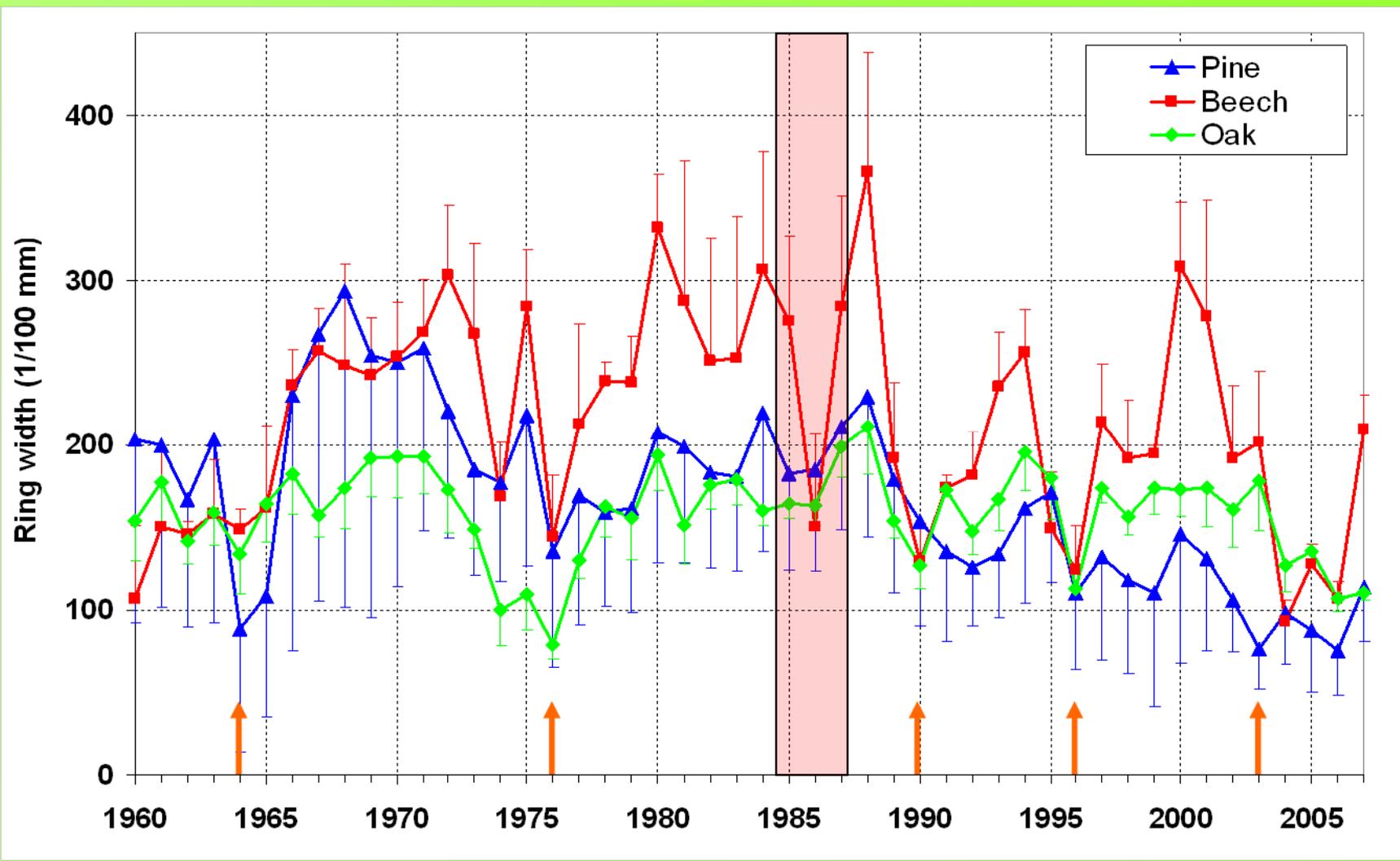


Croissance des 3 espèces sur 48 ans



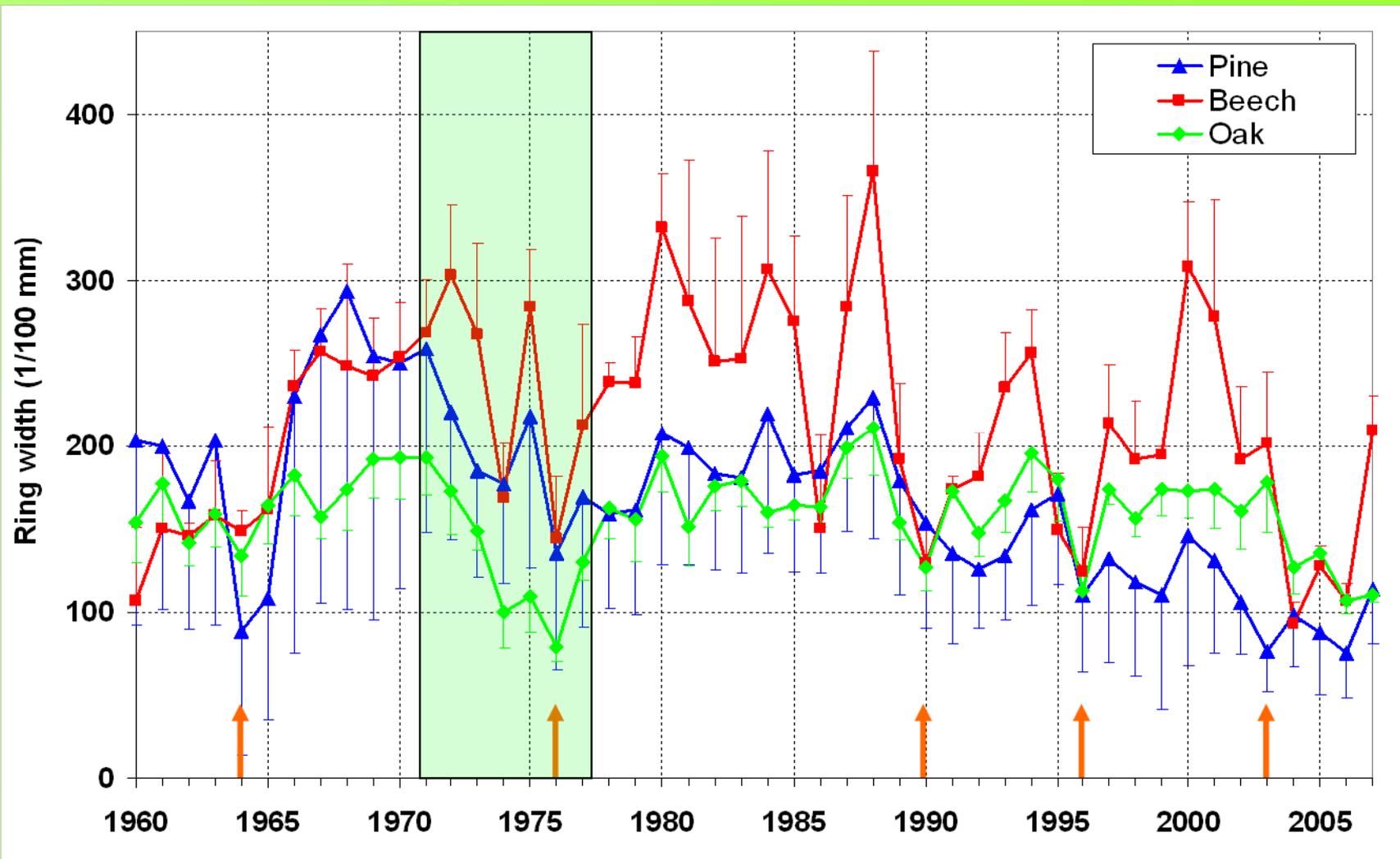
Chute de croissance pour les 3 espèces
les années de fortes sécheresses

Michelot et al. (Soumission fin 2010)



1986

Chute de croissance du hêtre

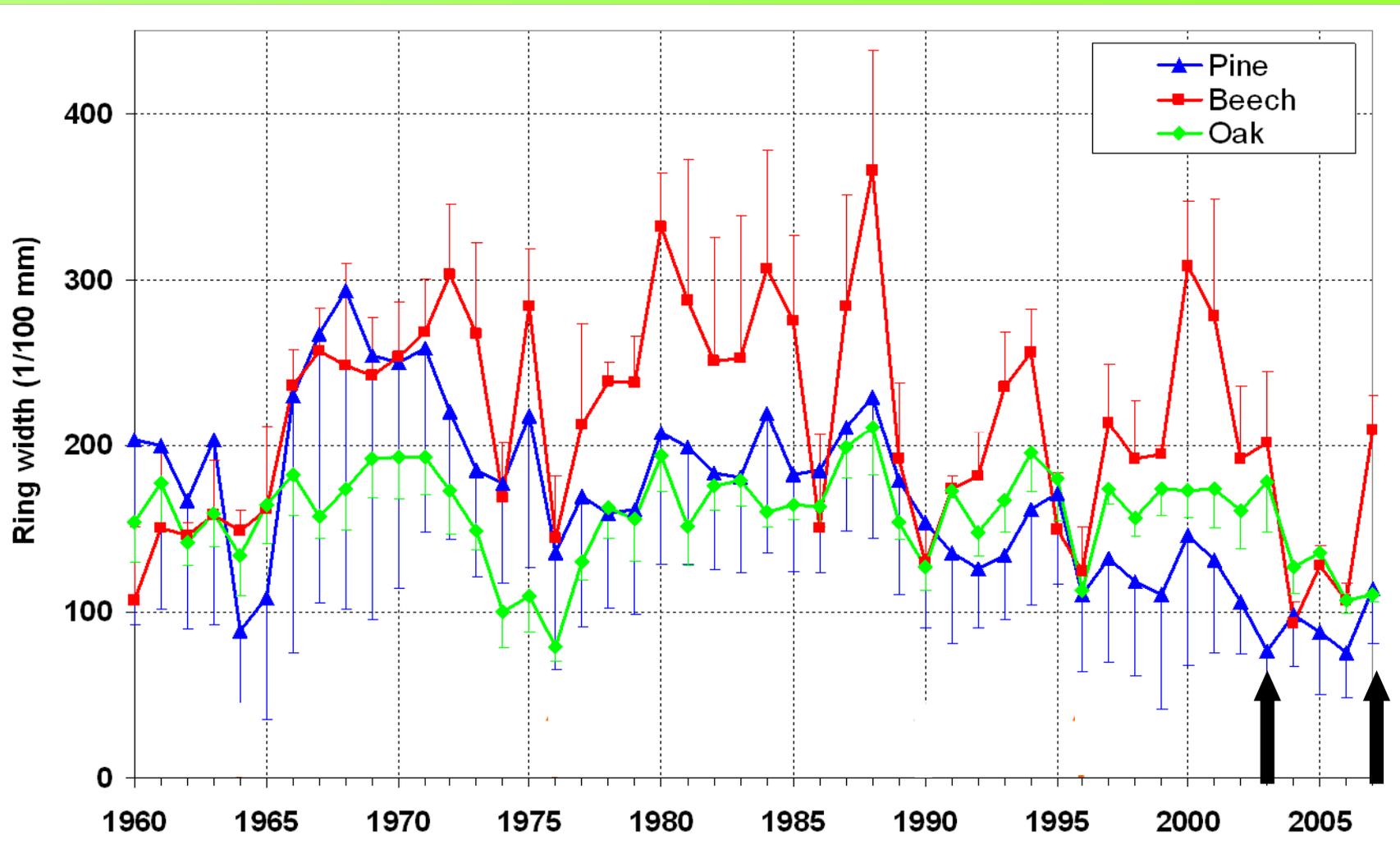


1972-1976
Période de faible croissance
du chêne

Informations climatiques dans la largeur des cernes

	Largeur cerne	
Pin	T°juin	
Hêtre	Pété	
Chêne	Pautomne	

Croissance des 3 espèces sur 48 ans



Regards sur 2003 et 2007

Approches interannuelles

Croissance

Isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{18}\text{O}$)

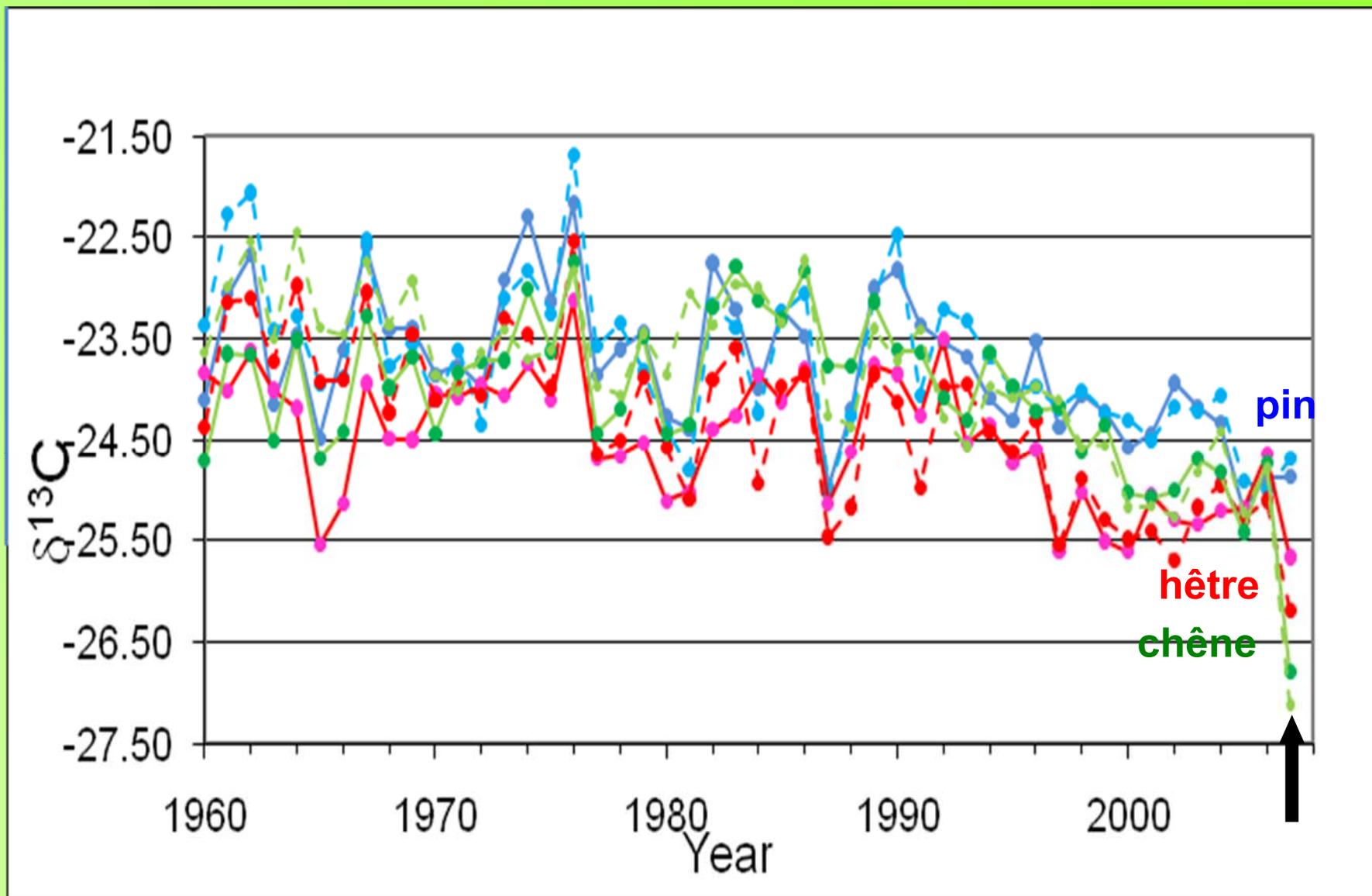
Approches annuelles

Croissance et $\delta^{13}\text{C}$

$\delta^{18}\text{O}$

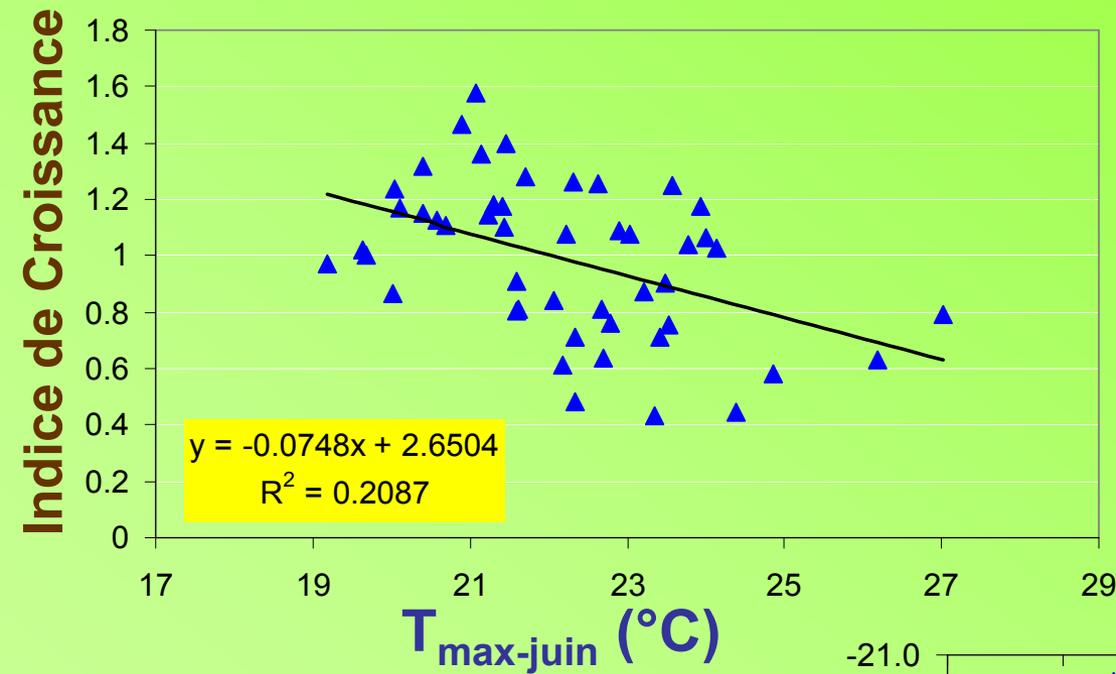
$\delta^{13}\text{C}$

Variations interannuelles sur deux parcelles par espèce

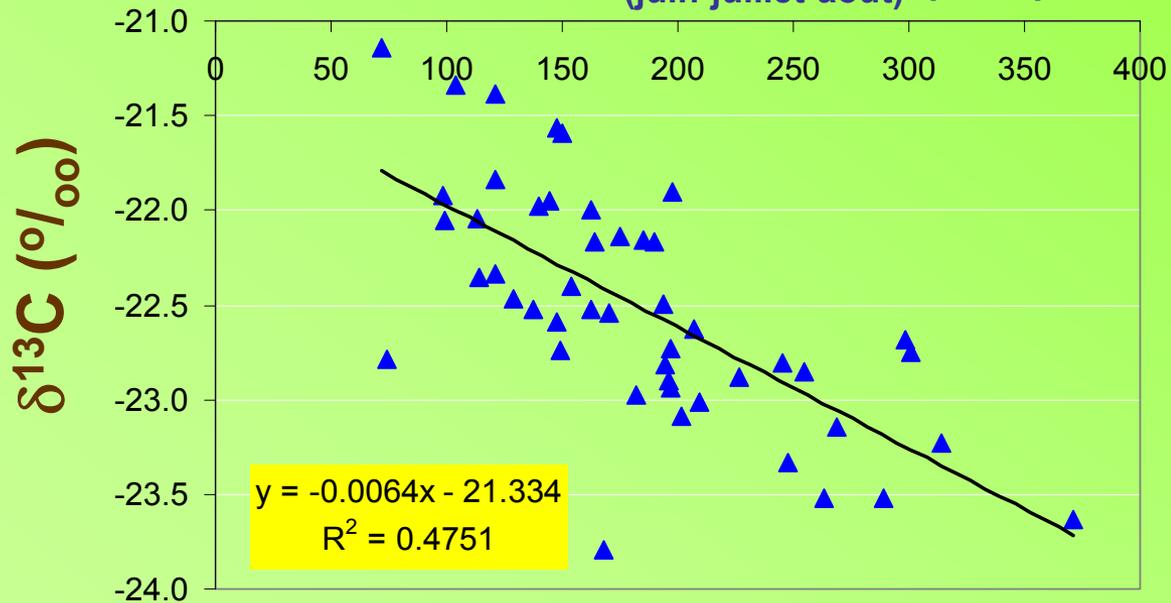


$\delta^{13}\text{C}$

Pins



Pluies (juin-juillet-août) (mm)



$\delta^{13}\text{C}$

Complémentarité des informations climatiques entre taille du cerne et sa composition isotopique

	Largeur cerne	$\delta^{13}\text{C}$ cerne (‰)
Pin	T°juin	Pété
Hêtre	Pété	T°été
Chêne	Pautomne	T° printemps

$\delta^{18}\text{O}$

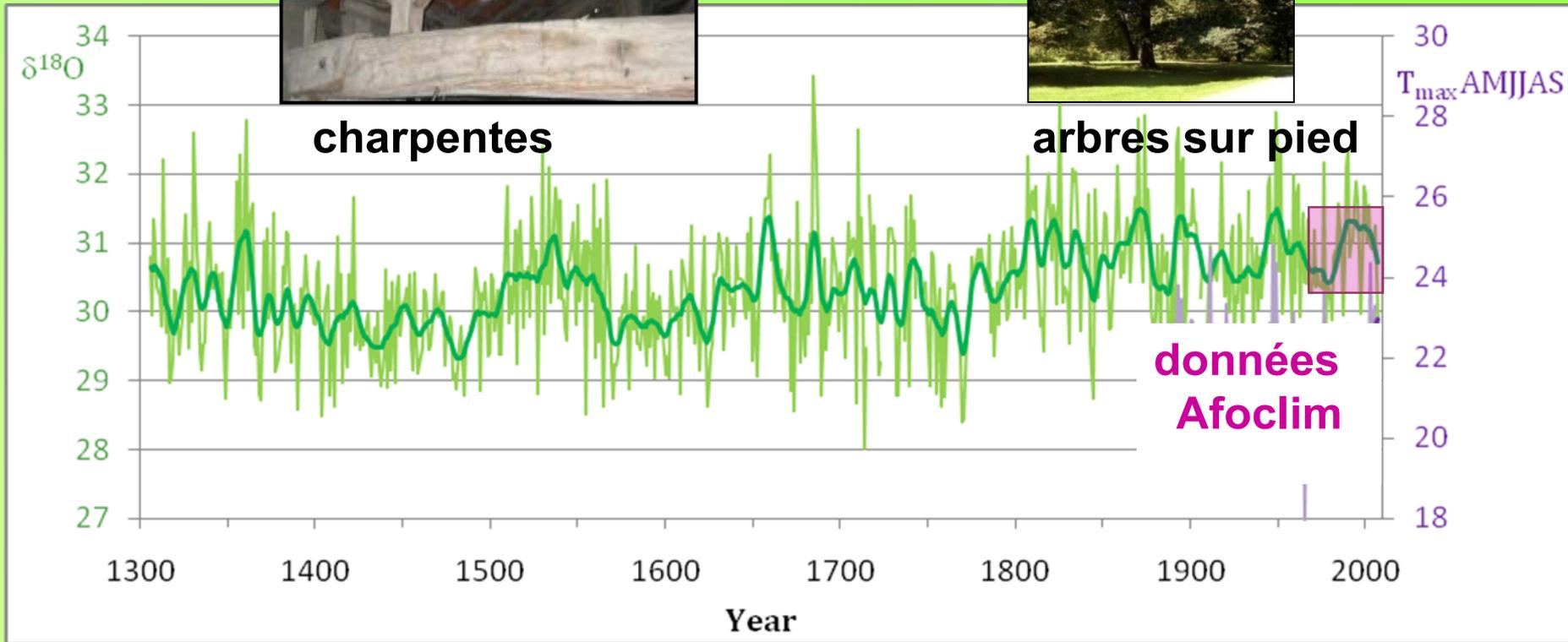
Reconstruction des températures estivales à partir des hêtres de Fontainebleau



charpentes

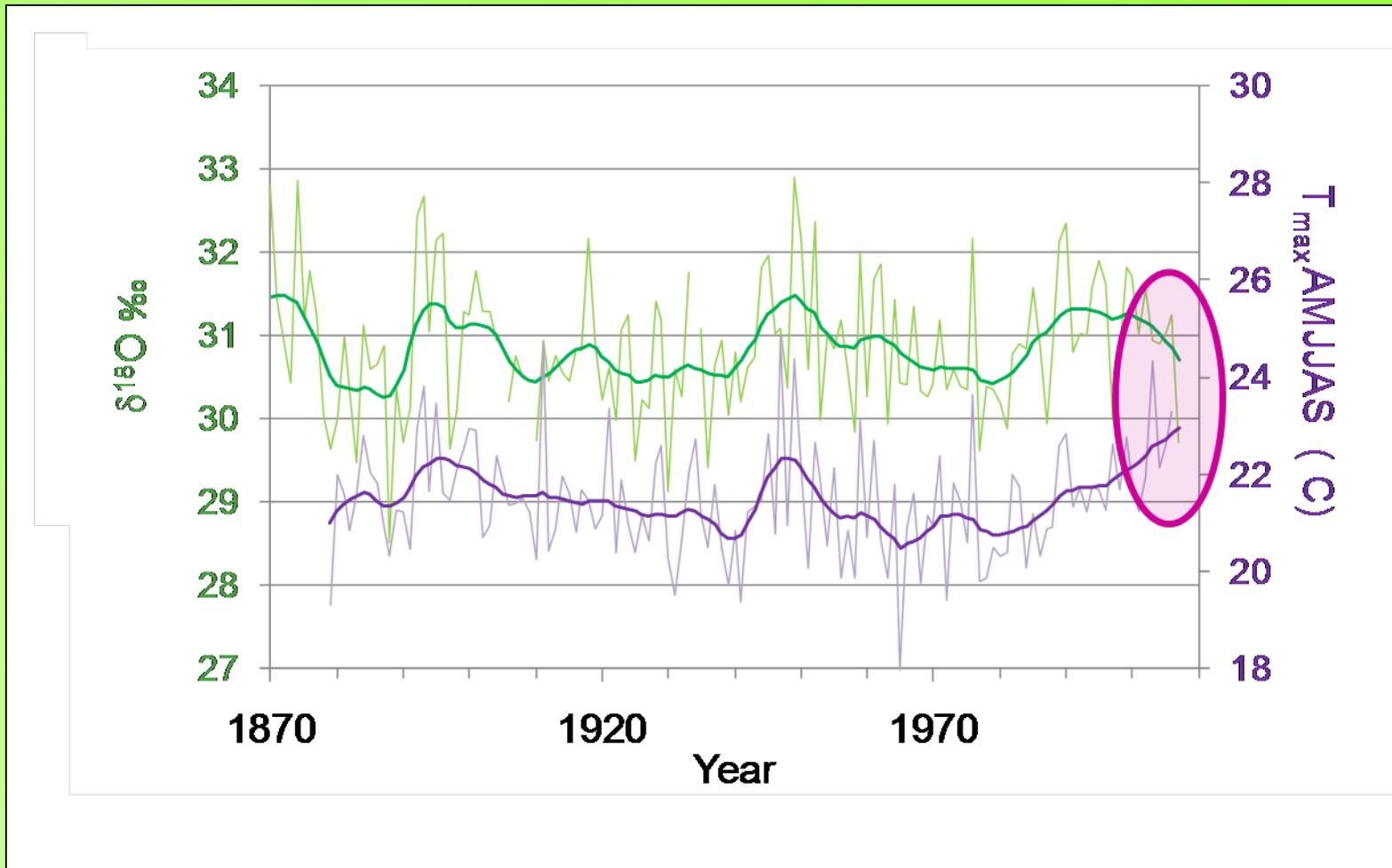


arbres sur pied



→ La plus longue série européenne en ^{18}O

V Daux, N Etien

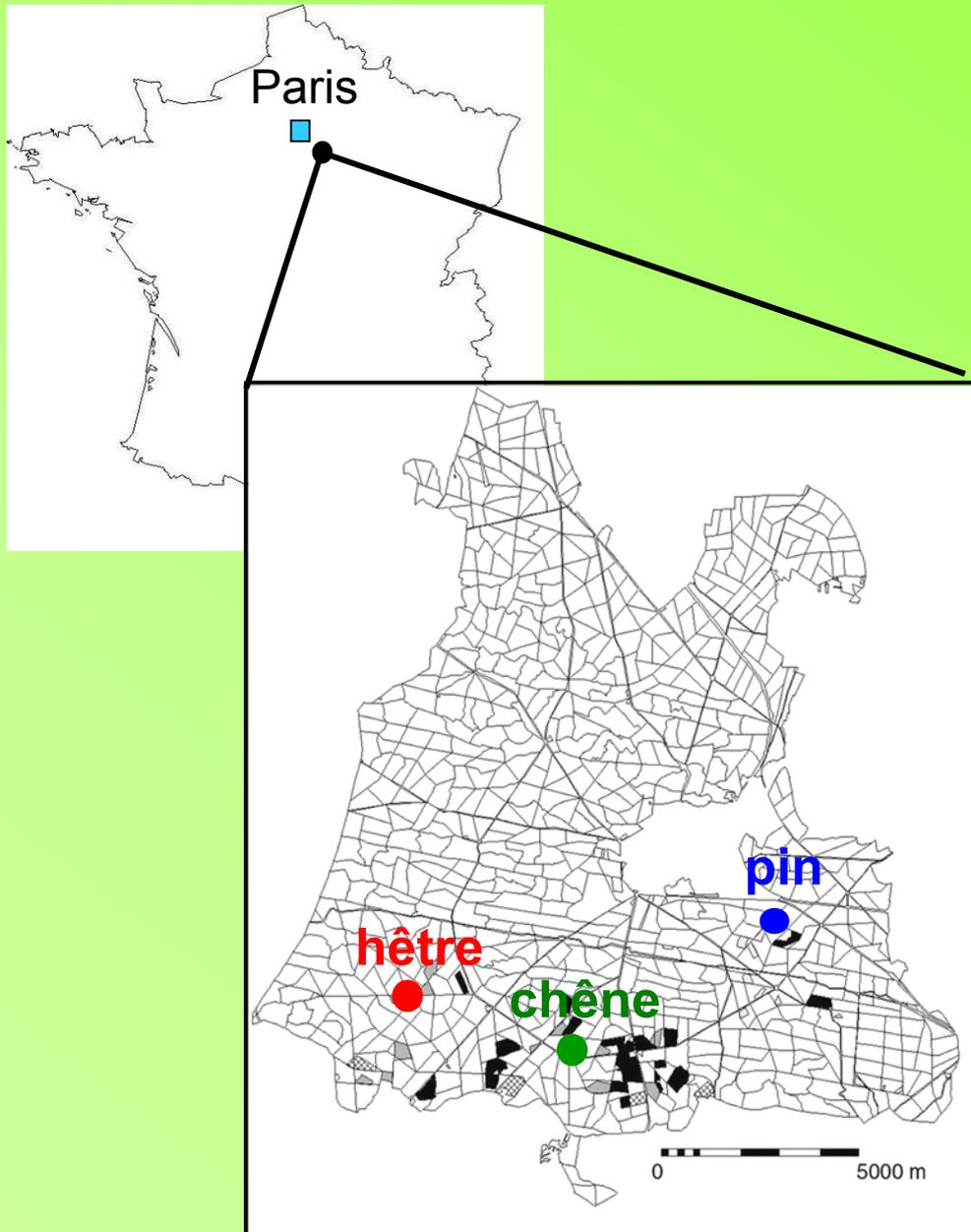


1. Confirmation que ^{18}O chêne le plus corrélé à T_{max} Avril à septembre
2. Découplage depuis 2002: quelle interprétation?

Approches interannuelles
Croissance
Isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{18}\text{O}$)

Approches annuelles
Croissance et $\delta^{13}\text{C}$
 $\delta^{18}\text{O}$

Site de l'étude : 3 parcelles à faible disponibilité en eau



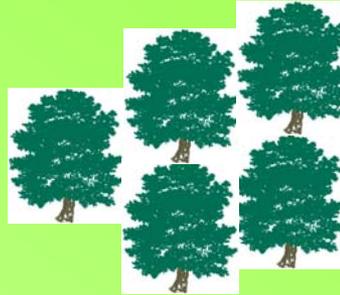
Parcelle	Age en 2009	Réserve utile (mm)
CH4	152	115
H12	93	101
P3	70	118

Dispositif expérimental

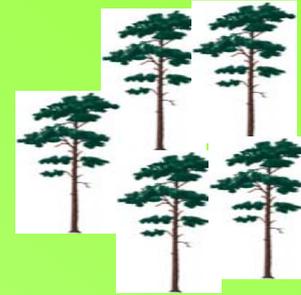
5 sains
+
5 dépérissants



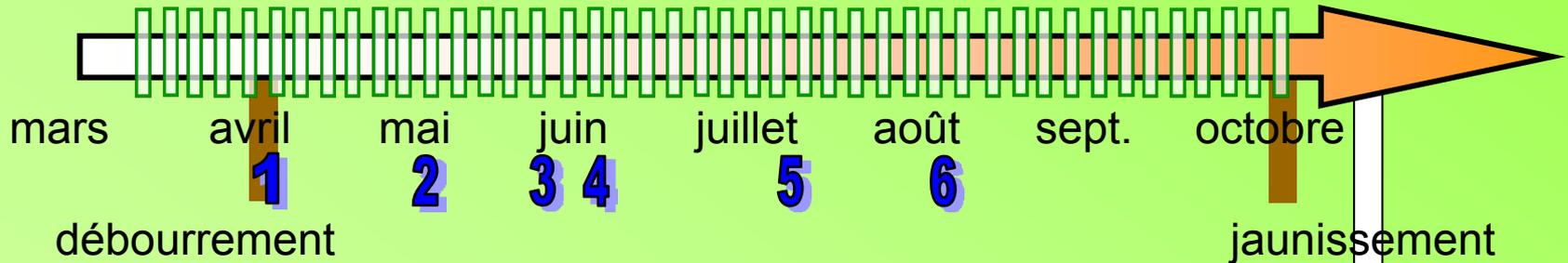
10 hêtres



5 chênes



5 pins



suivi de croissance, pluviométrie

$\delta^{13}\text{C}$ et dosage du phloème

$\delta^{13}\text{C}$ intra-
cerne de 2009

Suivi de croissance et prélèvements en 2009

Micro-carotte



2 mm



15 mm



**Dendromètre
manuel**

Préparation des micro-carottes



15 mm

Déshydratation

Nettoyage

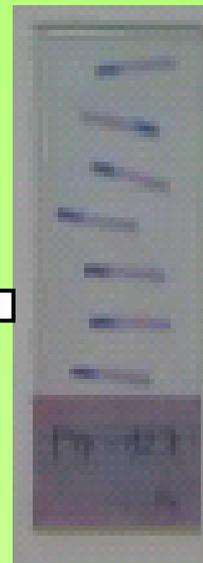
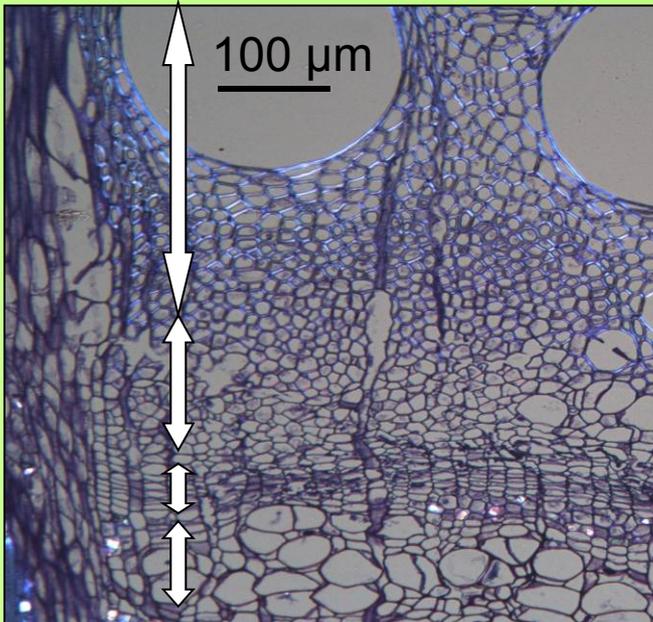
Inclusion



Enrobage dans la paraffine

Coupes de
7 μm au
microtome

Observations



Coloration

Fixation

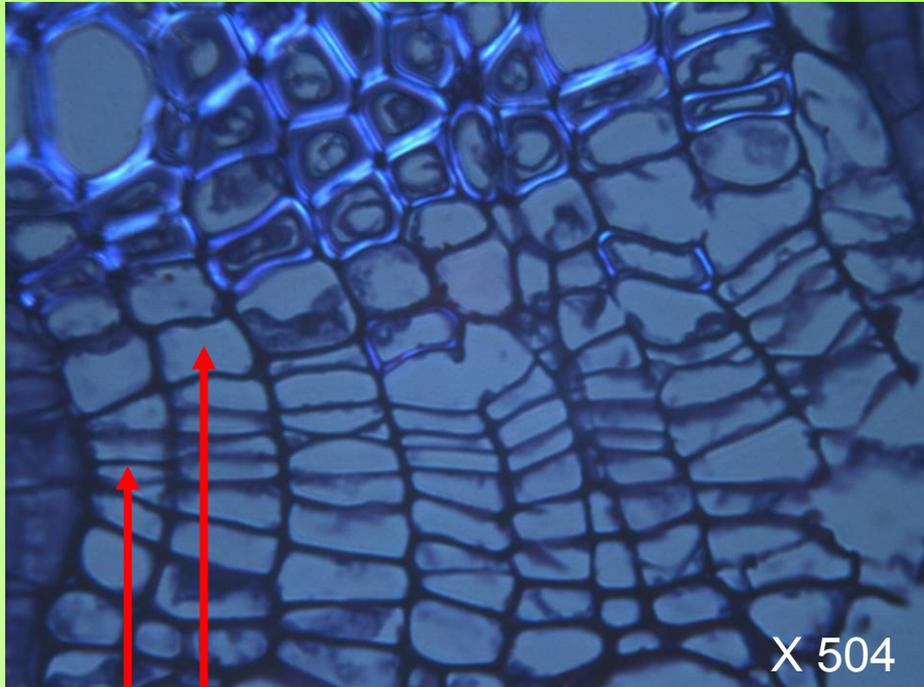


Thèse Alice Michelot

Arrêt de croissance d'un hêtre

11 Août 2009

La croissance n'est pas finie



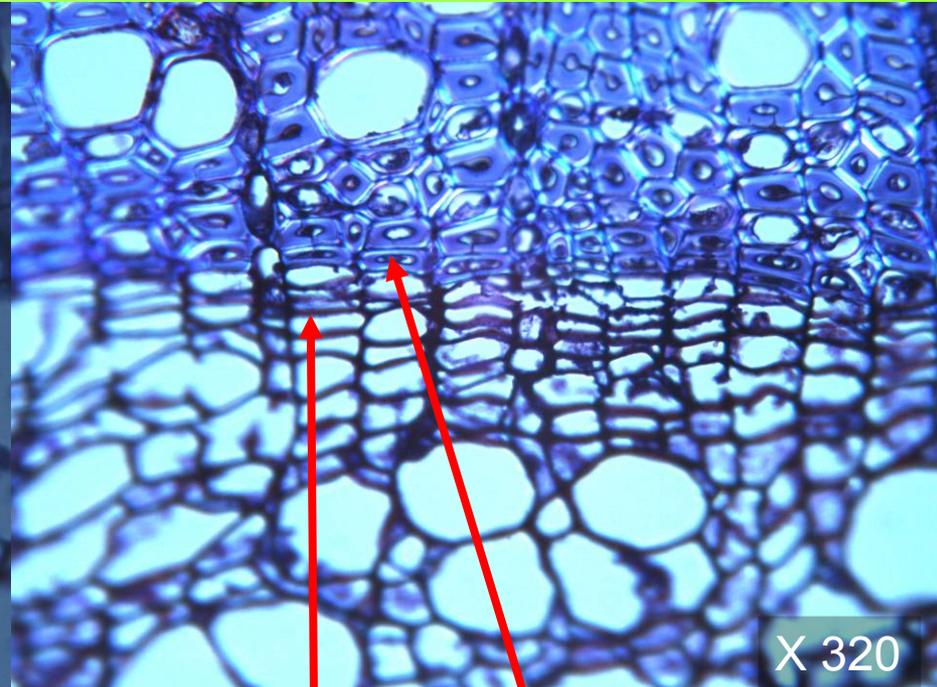
X 504

Cellule en élargissement

Cellule cambiale

25 Août 2009

La croissance est finie

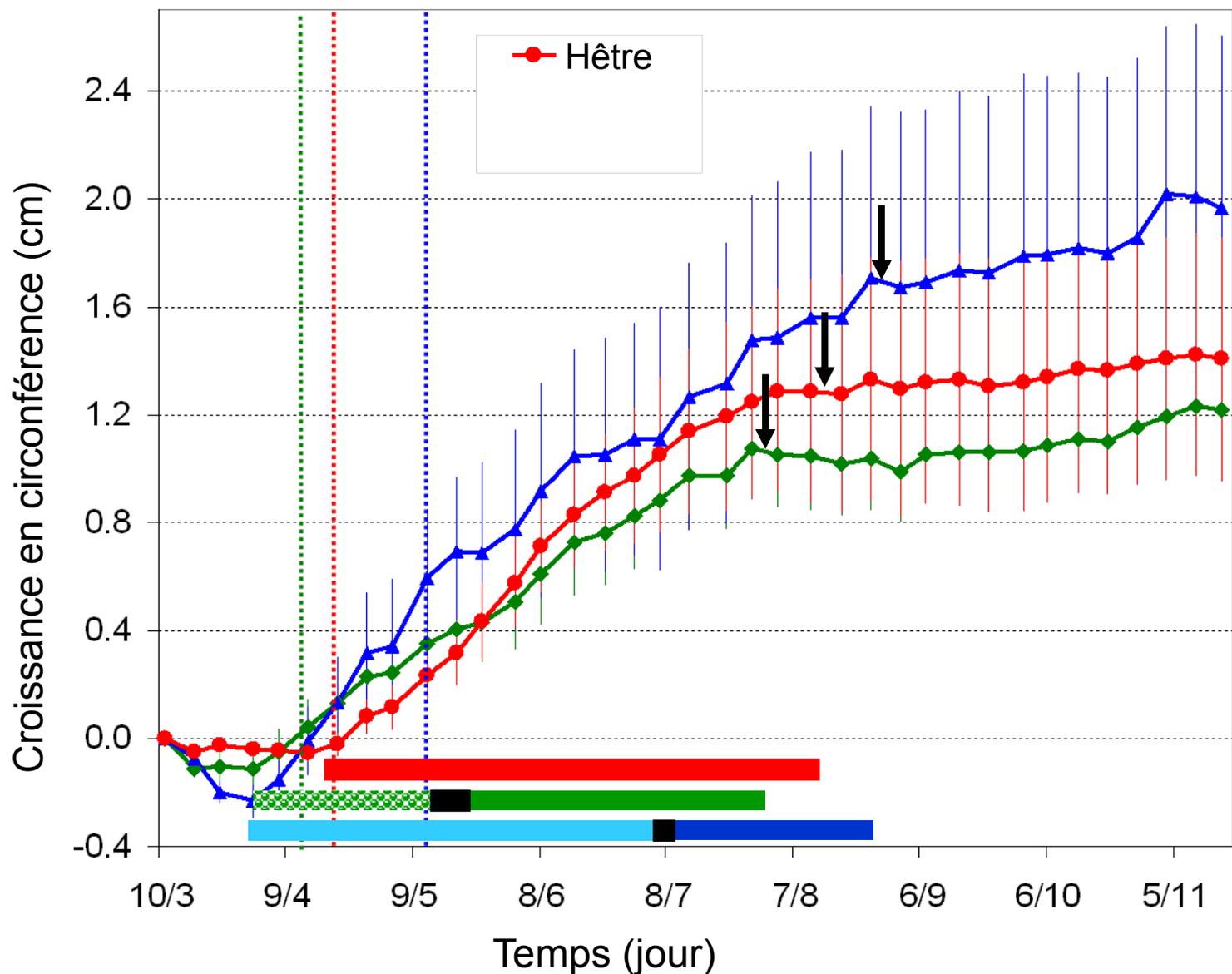


X 320

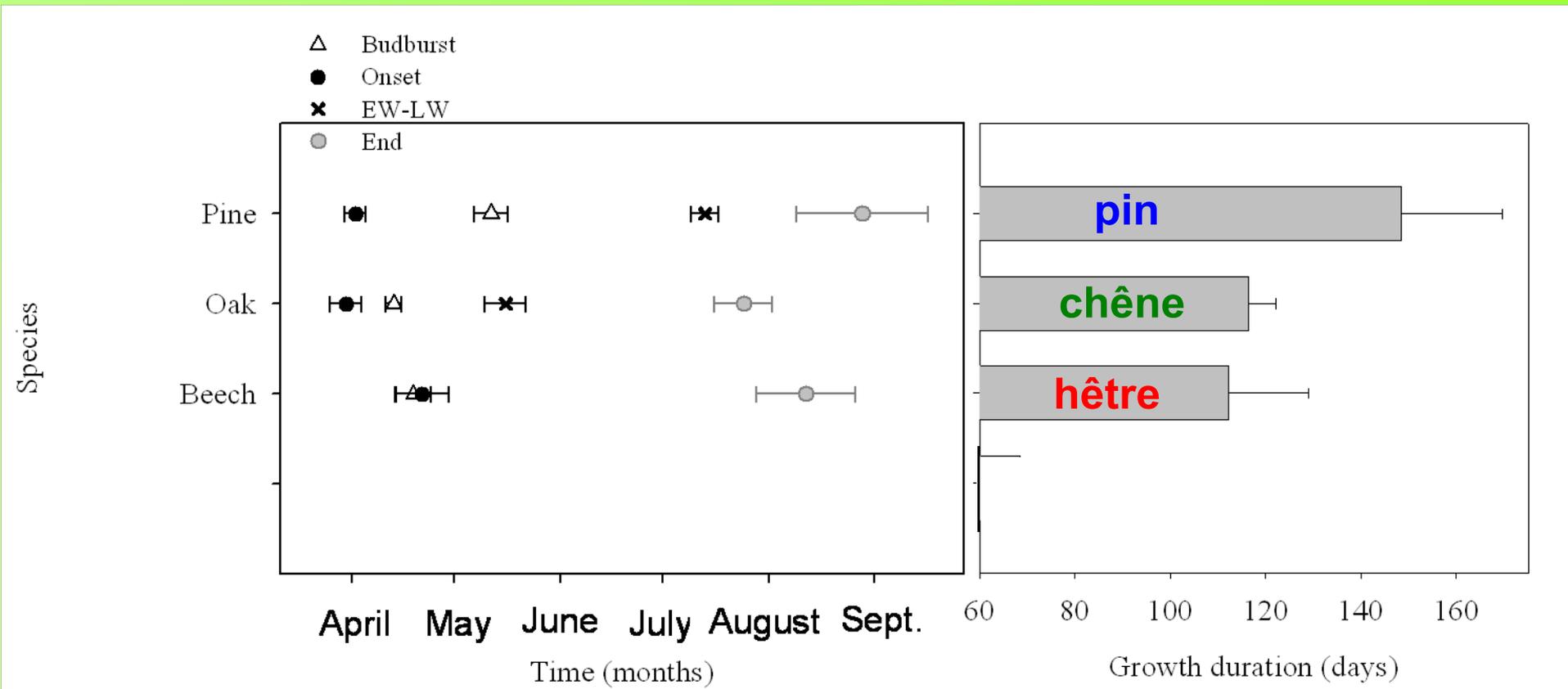
Cellule cambiale

Cellule lignifiée

Croissance saisonnière des 3 espèces en 2009



Bilan phénologique des 3 espèces en 2009



Suivi de croissance et prélèvements en 2009

Micro-carotte



2 mm



15 mm



**Dendromètre
manuel**

Macro-carotte pour le $\delta^{13}\text{C}$ intra-cerne

10 mm

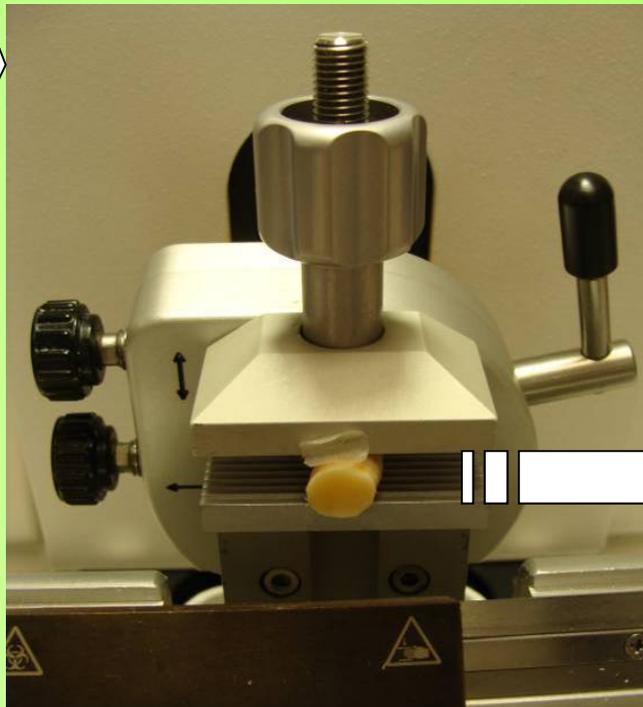


$\delta^{13}\text{C}$ de la cellulose intra-cerne



Découpe au microtome

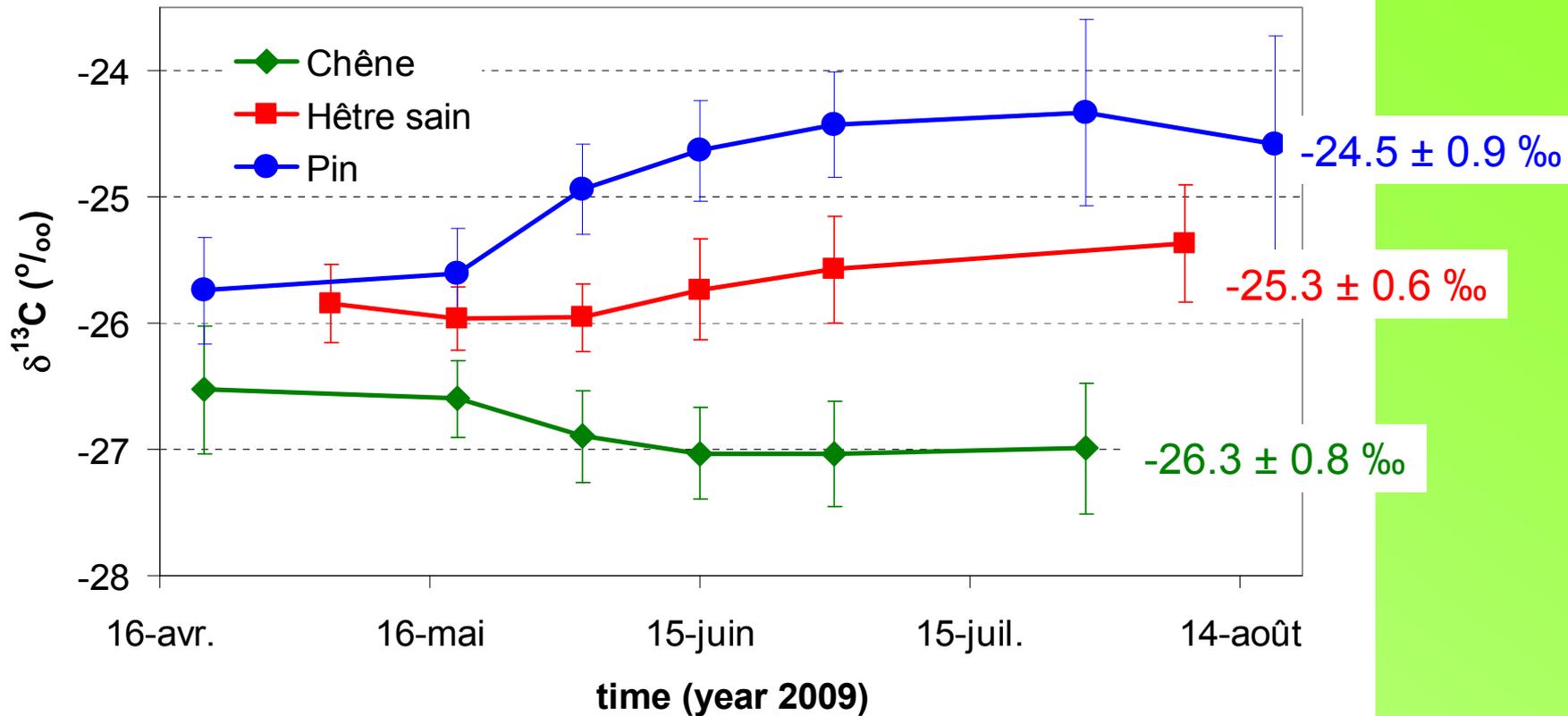
20 μm



Extraction de la cellulose au soxhlet



Profil intracerne du $\delta^{13}\text{C}$



Comprendre le dépérissement des arbres

Cas des hêtres en forêt de Fontainebleau

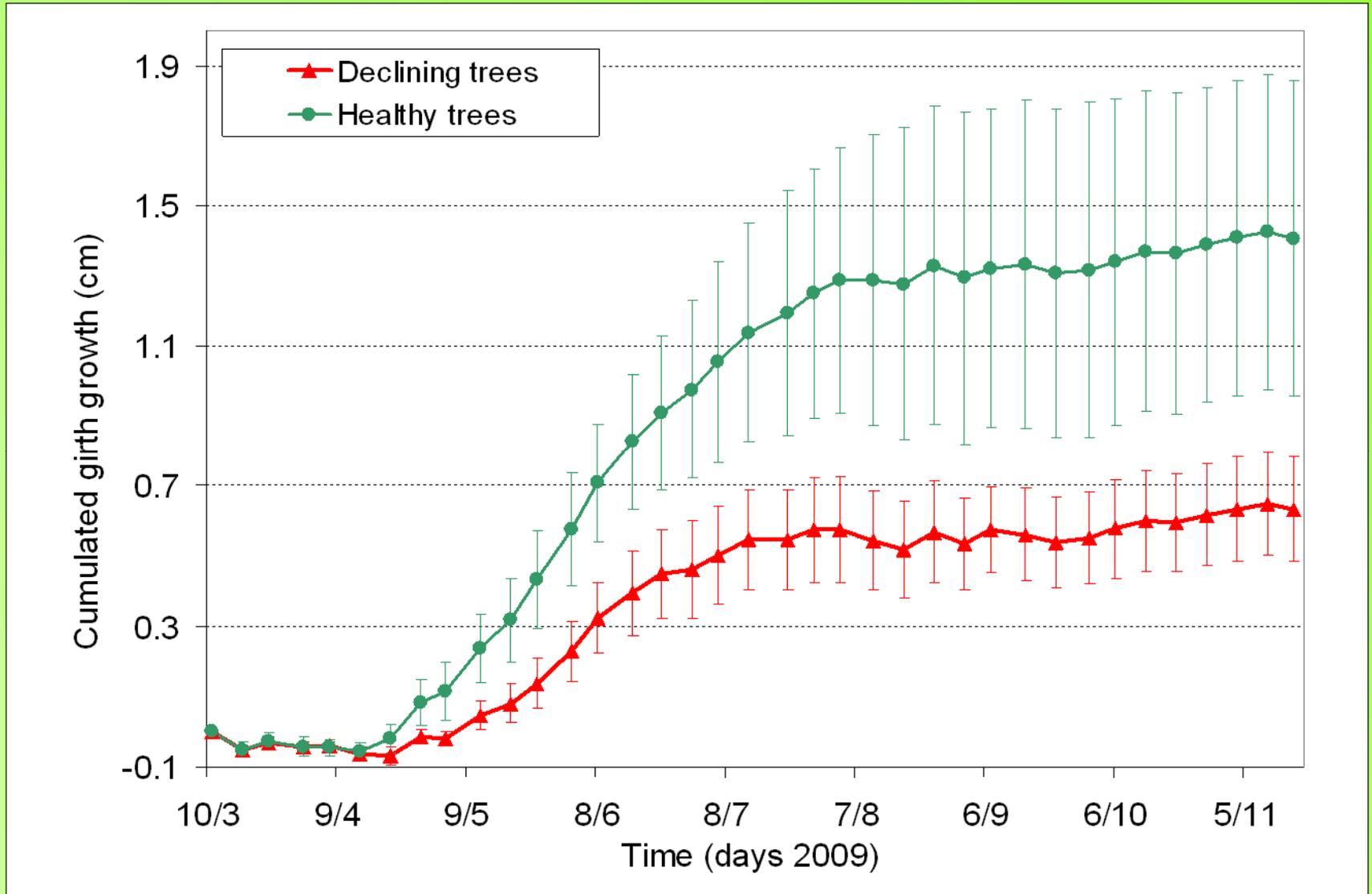


Hêtre sain

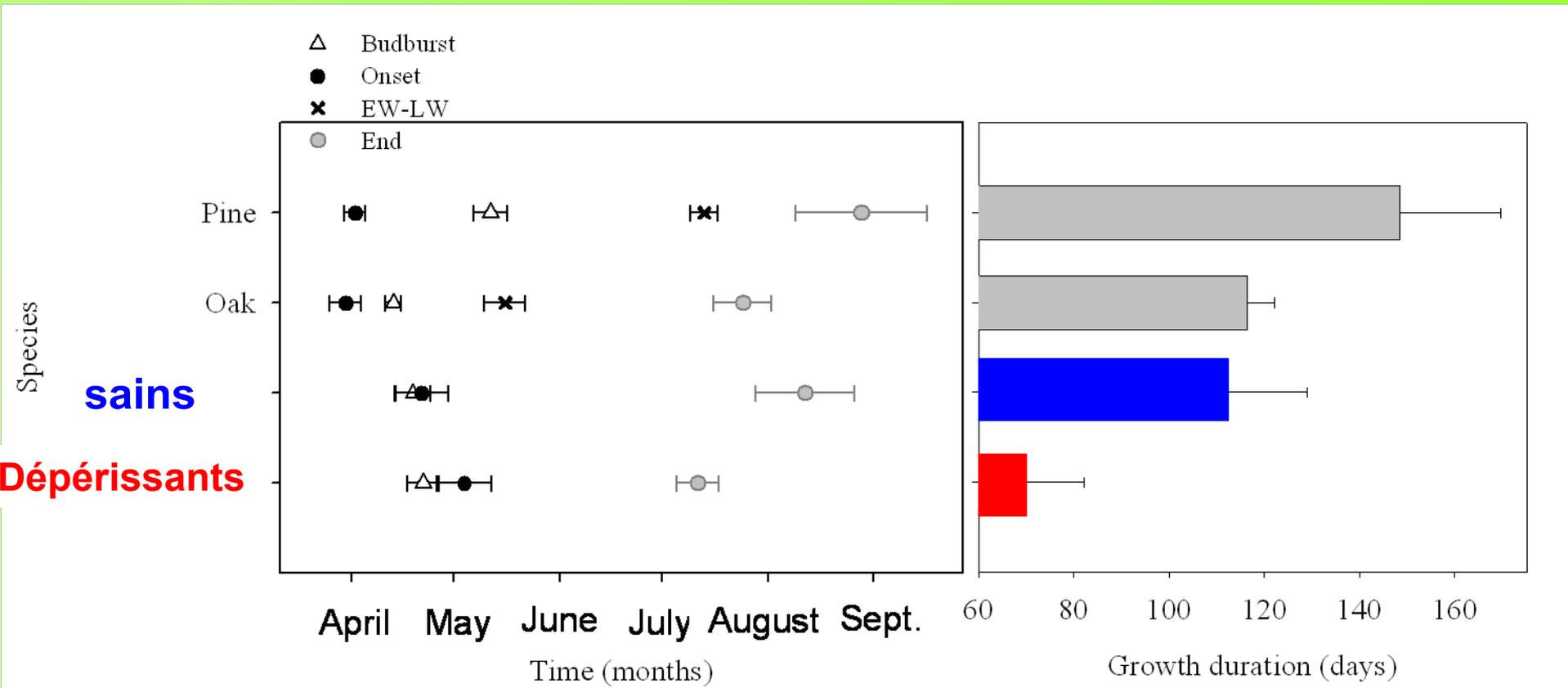


Hêtre dépérissant

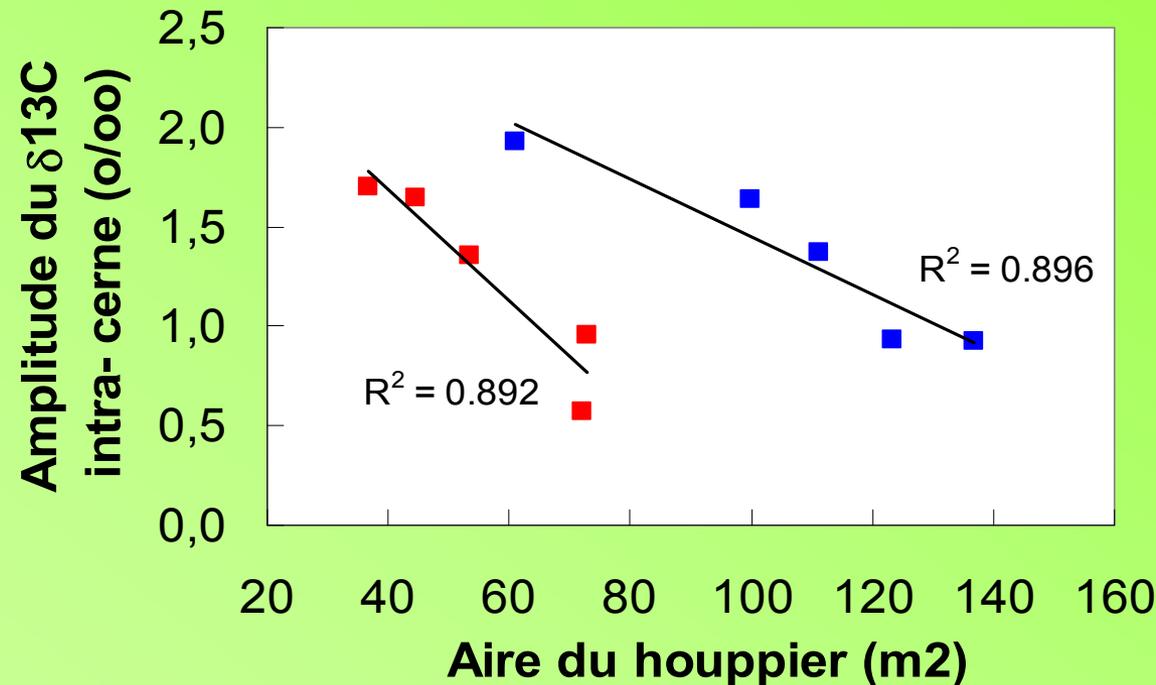
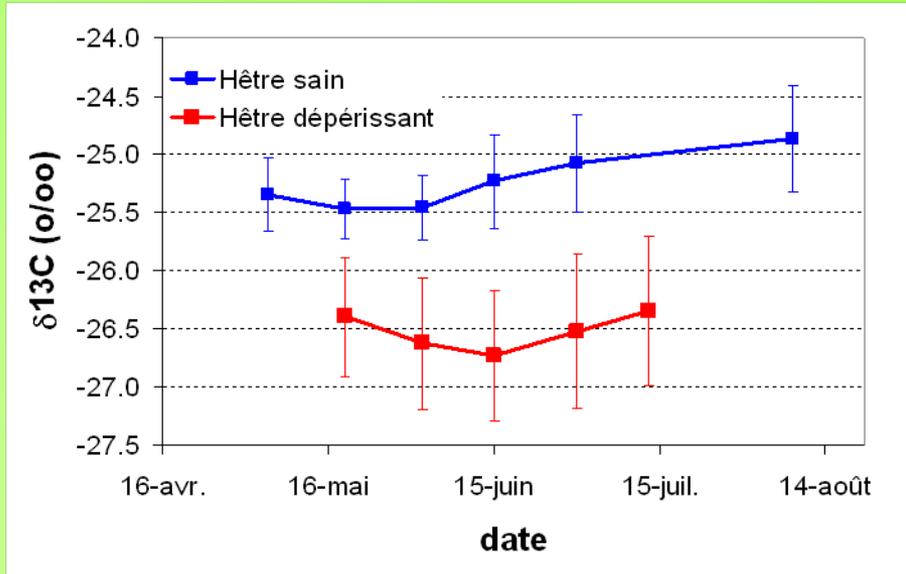
Croissance saisonnière



Bilan phénologie



Composition isotopique en ^{13}C des cernes

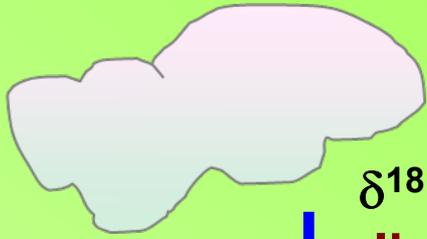


Approches interannuelles
Croissance
Isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{18}\text{O}$)

Approches annuelles
Croissance et $\delta^{13}\text{C}$
 $\delta^{18}\text{O}$

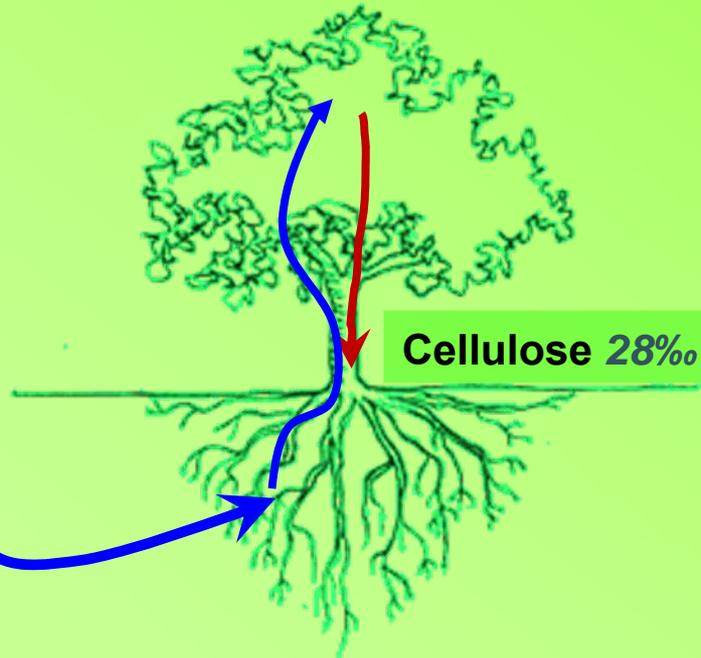
$\delta^{18}\text{O}$

Comprendre le lien entre $\delta^{18}\text{O}$ et les températures: rôle du sol



$\delta^{18}\text{O}$ des pluies:
lien avec la température

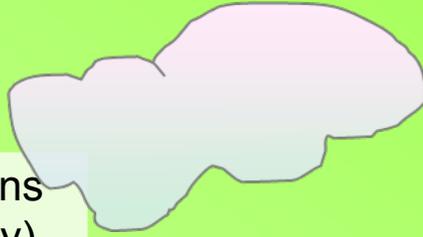
Précipitations
-8‰



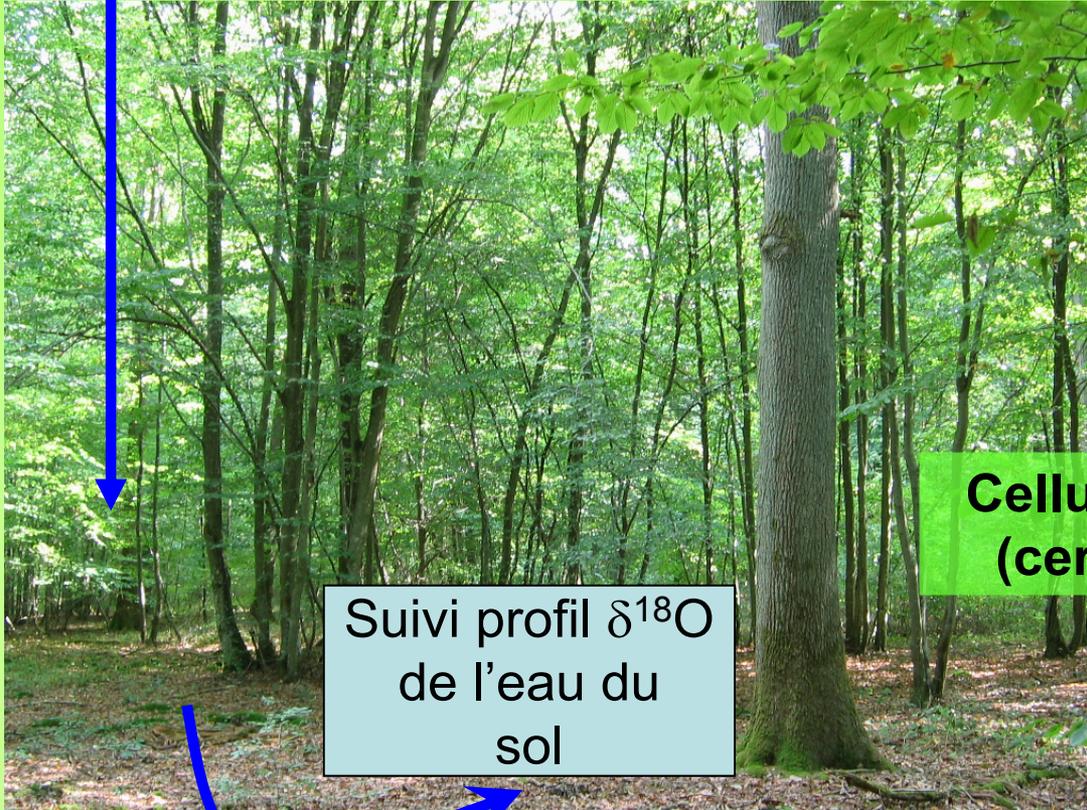
$\delta^{18}\text{O}$ des cernes:
**enregistrement
du $\delta^{18}\text{O}$ des pluies donc
de la température**

$\delta^{18}\text{O}$

Comprendre le lien entre $\delta^{18}\text{O}$ et les températures: Rôle du sol



Précipitations
($\delta^{18}\text{O}$ Orsay)



**Cellulose
(cerne)**

Suivi profil $\delta^{18}\text{O}$
de l'eau du
sol



**Expérimentation Barbeau 2009-2010
(ESE, IDES, LSCE)**

Conclusion : principaux résultats

➤ Méthodologie

- **6 arbres** nécessaires en paléoclimatologie, faible effet de la parcelle
- intérêt étude anatomique → début/arrêt de croissance

➤ Différences interspécifiques

- les **trois espèces sensibles aux sécheresses** mais le **hêtre plus sensible aux gels tardifs**, le **chêne aux pluies automnales** et le **pin aux fortes températures**
- en phénologie: saison végétation + longue pins
- en ^{13}C : dynamique et valeurs $\delta^{13}\text{C}$ intra-cerne différentes

➤ A élucider

- **Découplage récent entre $\delta^{18}\text{O}$ et température**
- Interprétation intracerne ^{13}C et chute du $\delta^{13}\text{C}$ en 2007

➤ Effets du dépérissement (hêtre)

- Diminution de la vitesse et durée de croissance
- **$\delta^{13}\text{C}$ plus faible de 1 ‰ : un indicateur fonctionnel du dépérissement?**

Etapes pour 2011:

Fin manip annuel 180 **IDES, LSCE, ESE**
(carottage Barbeau-mesures isotopiques)

Rédaction articles **ESE, LSCE, IDES**

Thèse Alice Michelot

Mai-juin

Modélisation

2011

Perspectives de modélisation

largeur, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$

Corrélations
Avec les paramètres
climatiques

Compréhension
fonctionnelle

Modélisation
Croissance et compositions
isotopiques

Simulations
ISOCASTANEA

ESE
Eglin et al. (2010)

Simulations
ORCHIDEE

LSCE

Dire qu'ils prévoient
encore moins d'eau et **plus chaud...**
J'sais pas si j'vais tenir le coup...



Merci de votre attention