

Les Arbres FOrestiers face aux variations du CLIMat :

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



Laboratoires et personnes impliqués

LSCE

Valérie Daux
Valérie Masson-Delmotte
Philippe Naveau
Monique Pierre
Michel Stievenard
Nicolas Viovy
Pascal Yiou
Ophélie Guin (doctorant)

ESE

Daniel Berveiller
Claire Damesin
Eric Dufrêne
Christophe François
Alice Michelot (doctorant)
Thomas Eglin (doctorant)

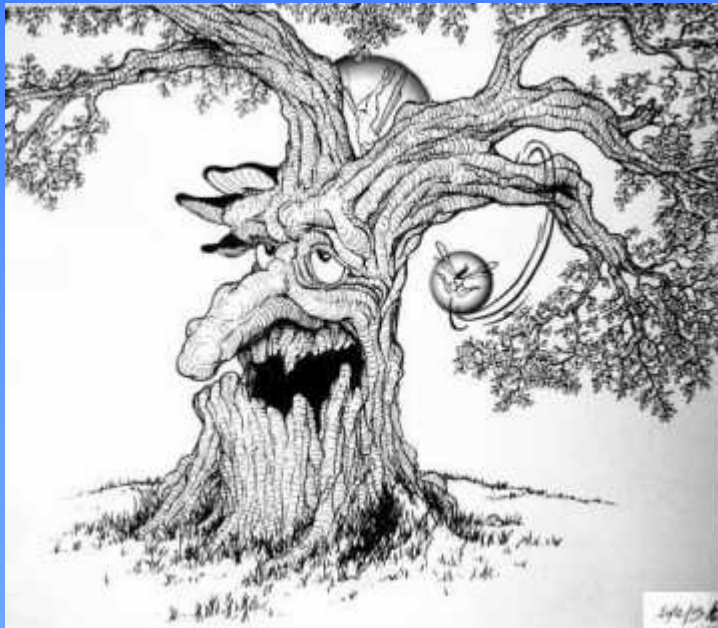
IDES: Interactions et Dynamique
des Environnements de Surface
CNRS-UPSUD

Florent Barbecot

EEF: Ecologie,
Ecophysiologie forestière
INRA Nancy

Nathalie Bréda
Stéphane Ponton
François Géréma

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



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

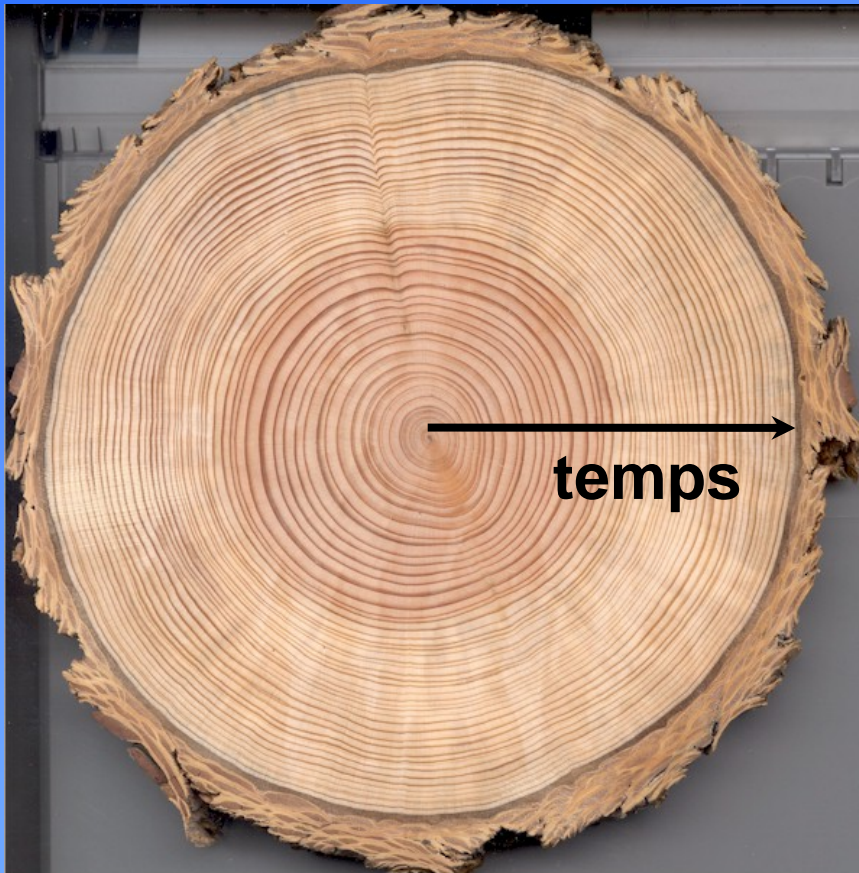
...



Objectifs

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

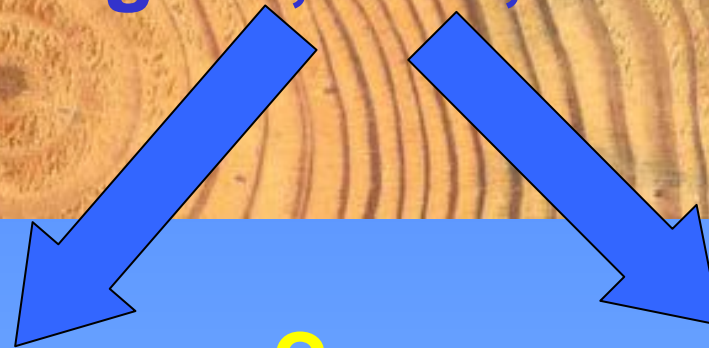
Les cernes des arbres :
des enregistreurs



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



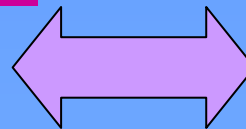
largeur, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$



?

Approche paléoclimatique

Reconstruction
du climat passé
(LSCE)



Approche écophysiological

Compréhension du
fonctionnement des arbres
(ESE)

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

Climat +
Caractéristiques
des cernes

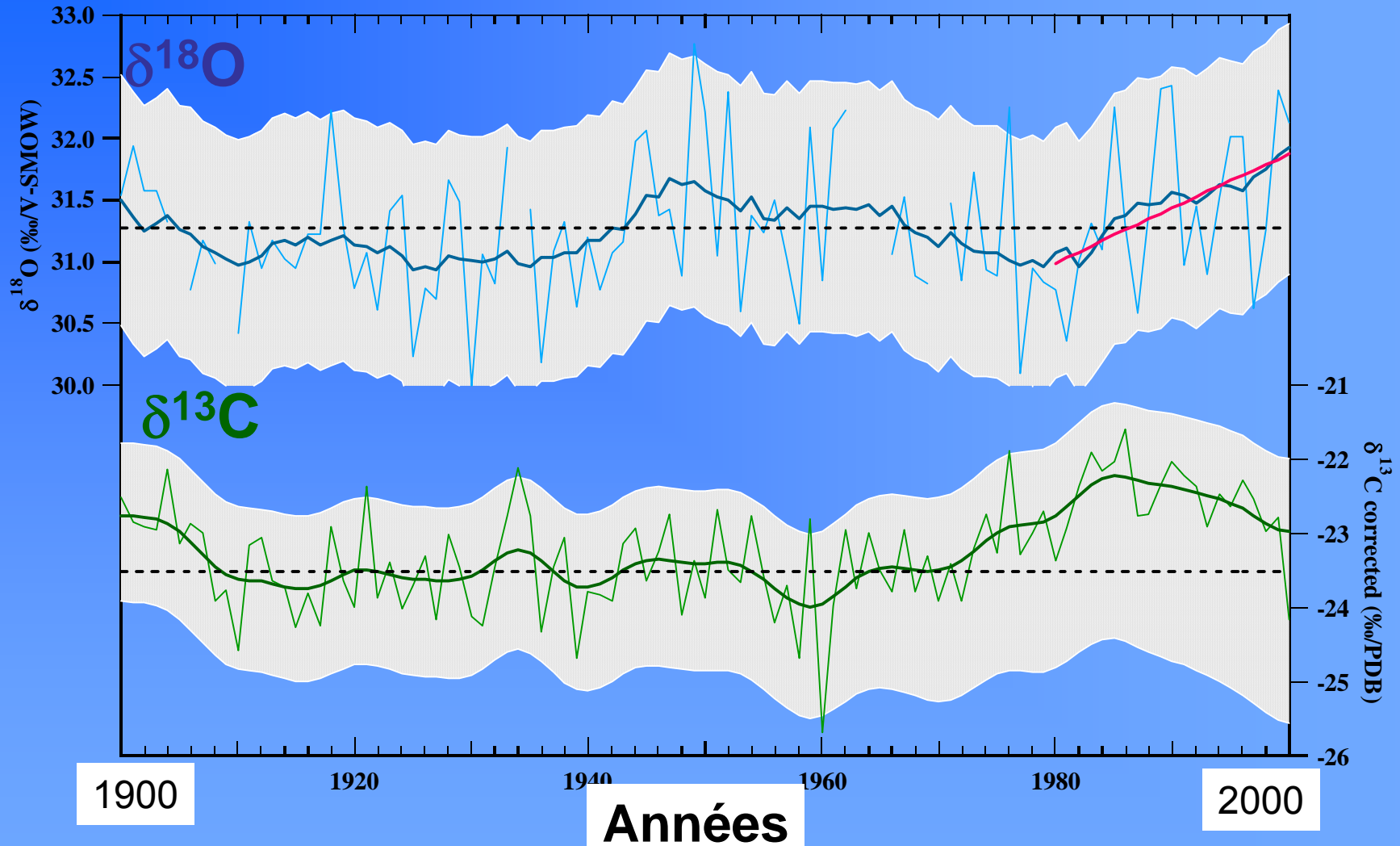
**Approche paléo-climatique
LSCE**

- analyses statistiques des séries temporelles
- obtention d'indices climatiques
- reconstruction du climat

**Approche écophysiological
ESE**

- études des mécanismes
 - i) de gestion du carbone et de l'eau,
 - ii) des étapes de discriminations isotopiques
- Impact du climat
- modélisation de la croissance et des signaux isotopiques
ISOCASTANEA

LSCE

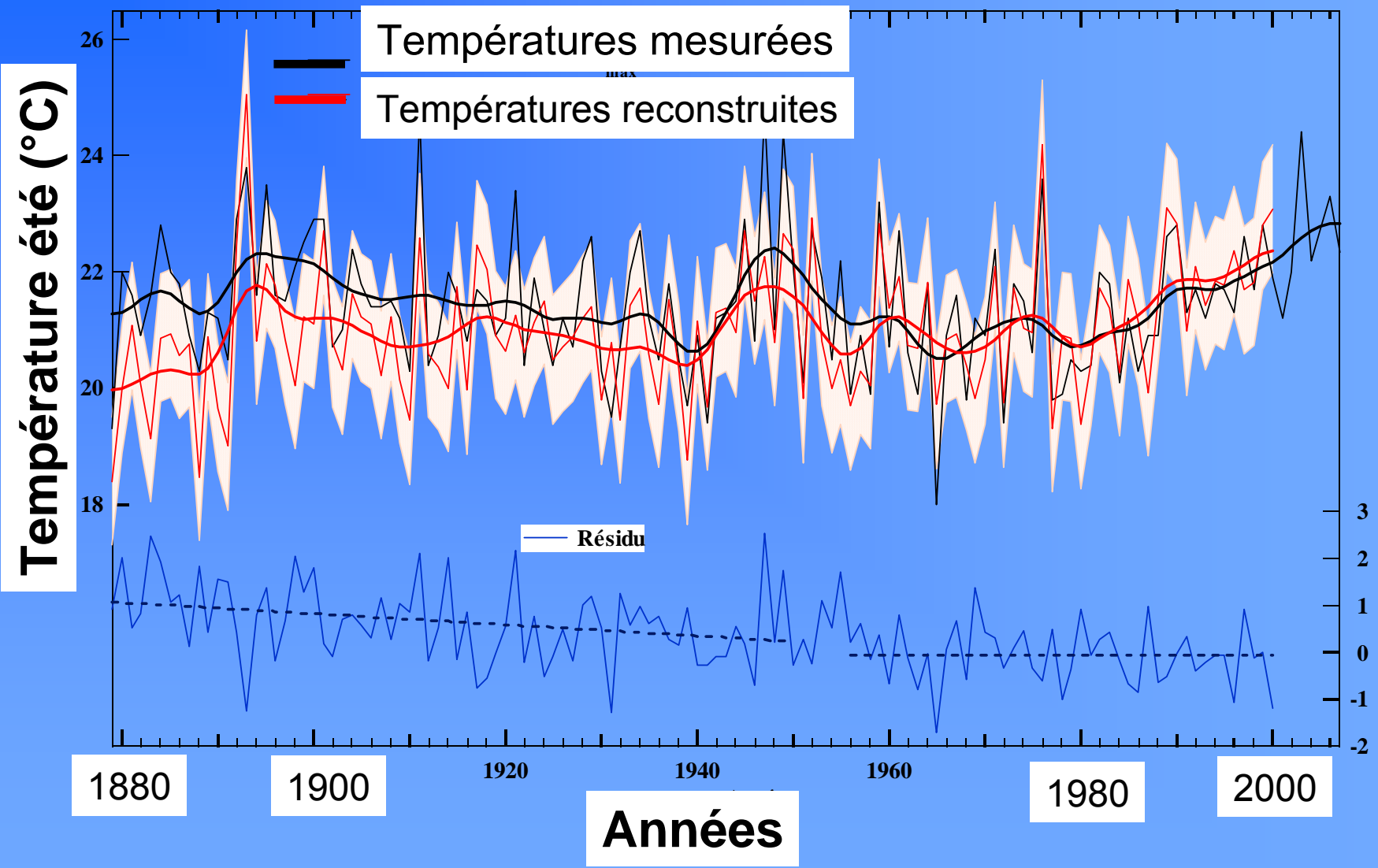


Corrélations linéaires avec le climat
Obtention d'indices climatiques

N. Etien

Reconstruction du climat

LSCE



Modèle utilisé (J.J. Boreux)

$$\ln X_{ti} = \mu_i + \lambda_i Z_t + \varepsilon_{ti}$$

aire du cerne annuel
de l'arbre i pour
l'années t
= les données

croissance
de l'arbre

Contribution
du signal commun
de tous les arbres
à la croissance de l'arbre i ,

effet mémoire
de l'arbre

Lien avec le climat?

Application d'un modèle bayésien hiérarchique:

Les paramètres sont supposées suivre des lois *a priori* et sont actualisés pour obtenir des lois *a posteriori*

Obtention de série temporelle de paramètres
avec leurs incertitudes

ESE

^{12}C
 ^{13}C

cerne

croissance

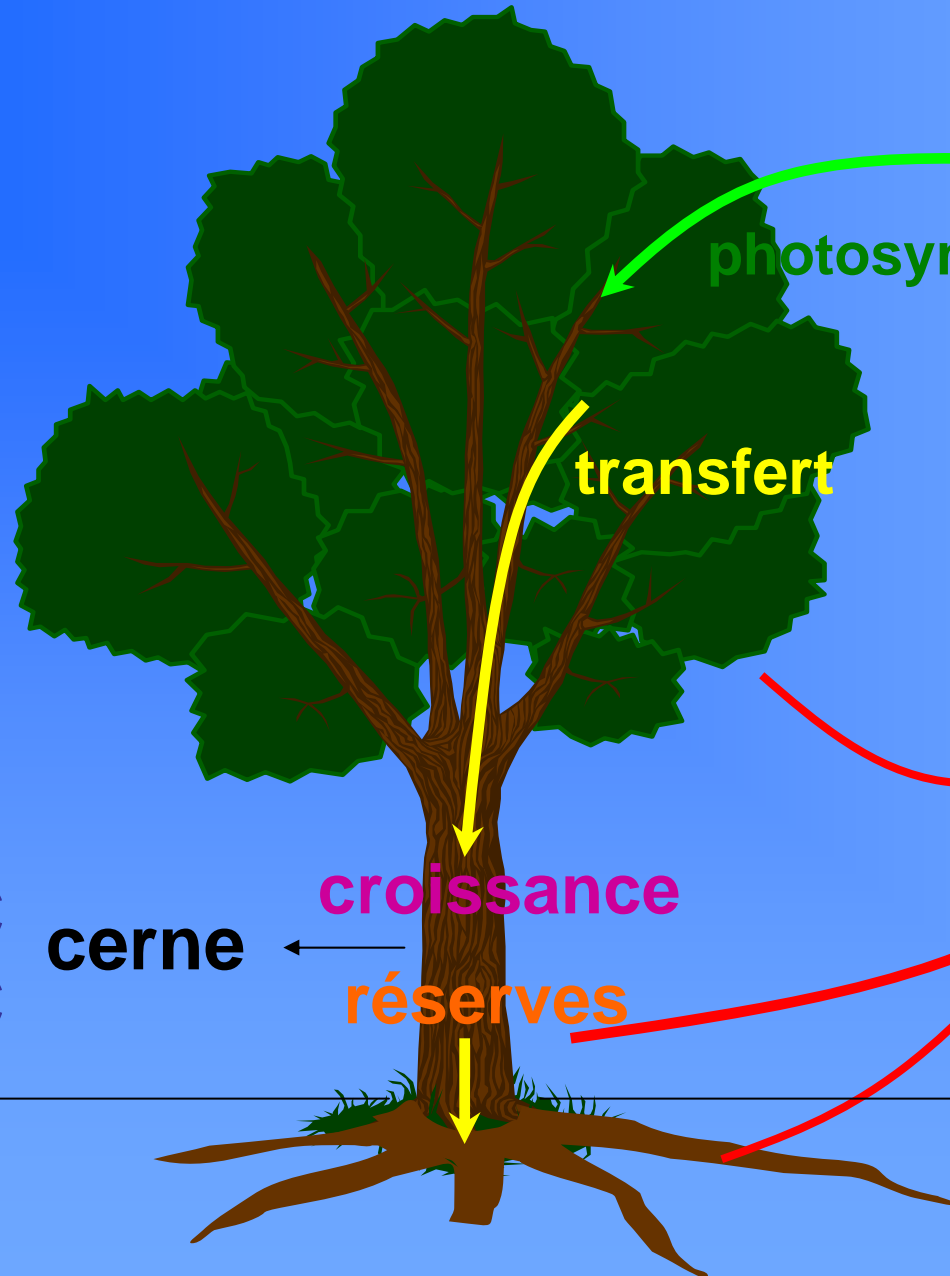
réserves

transfert

photosynthèse

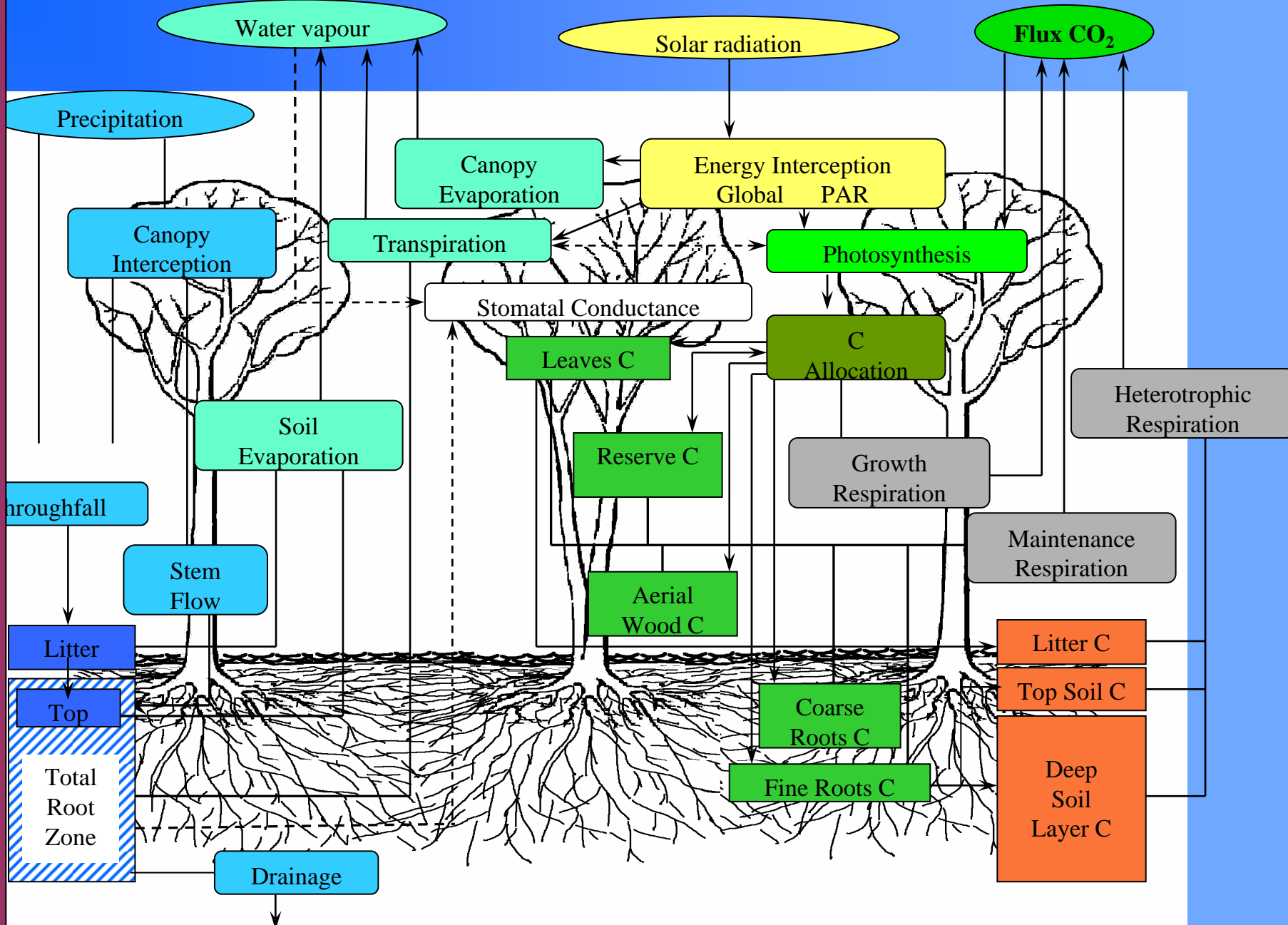
CO_2 ^{12}C
 ^{13}C

respiration



Le modèle CASTANEA

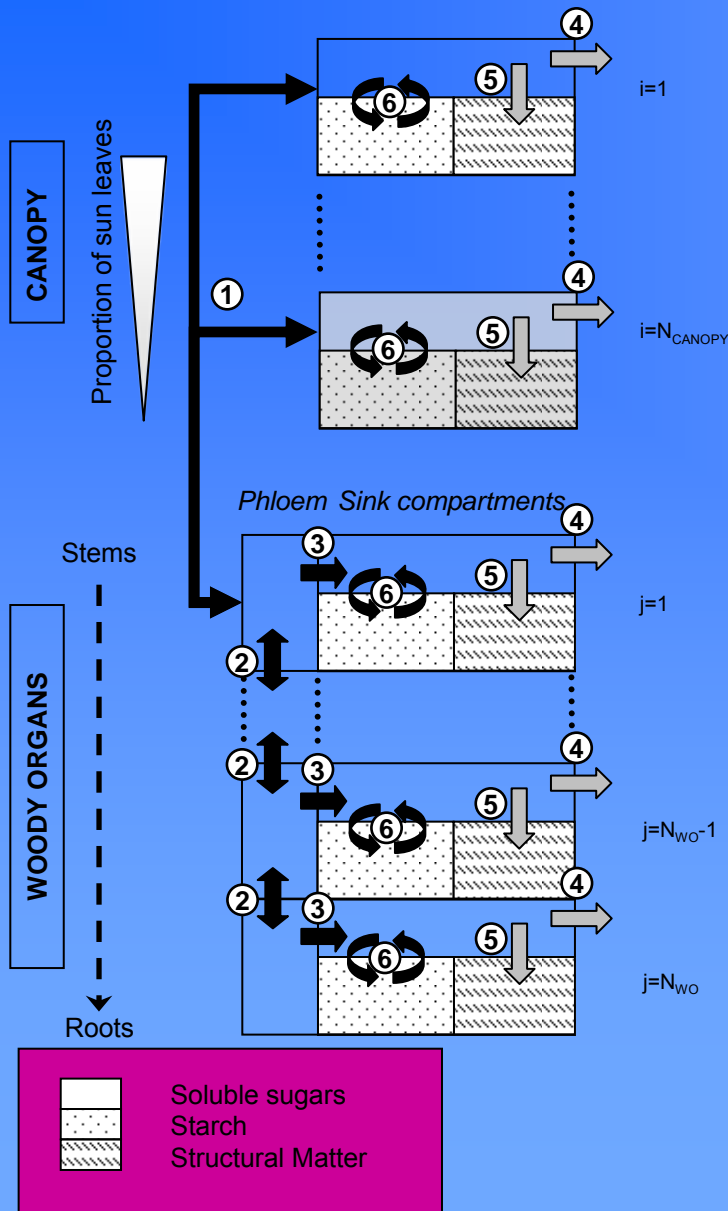
ESE



(Dufrêne et al, 2005)

Le modèle ISOCASTANEA

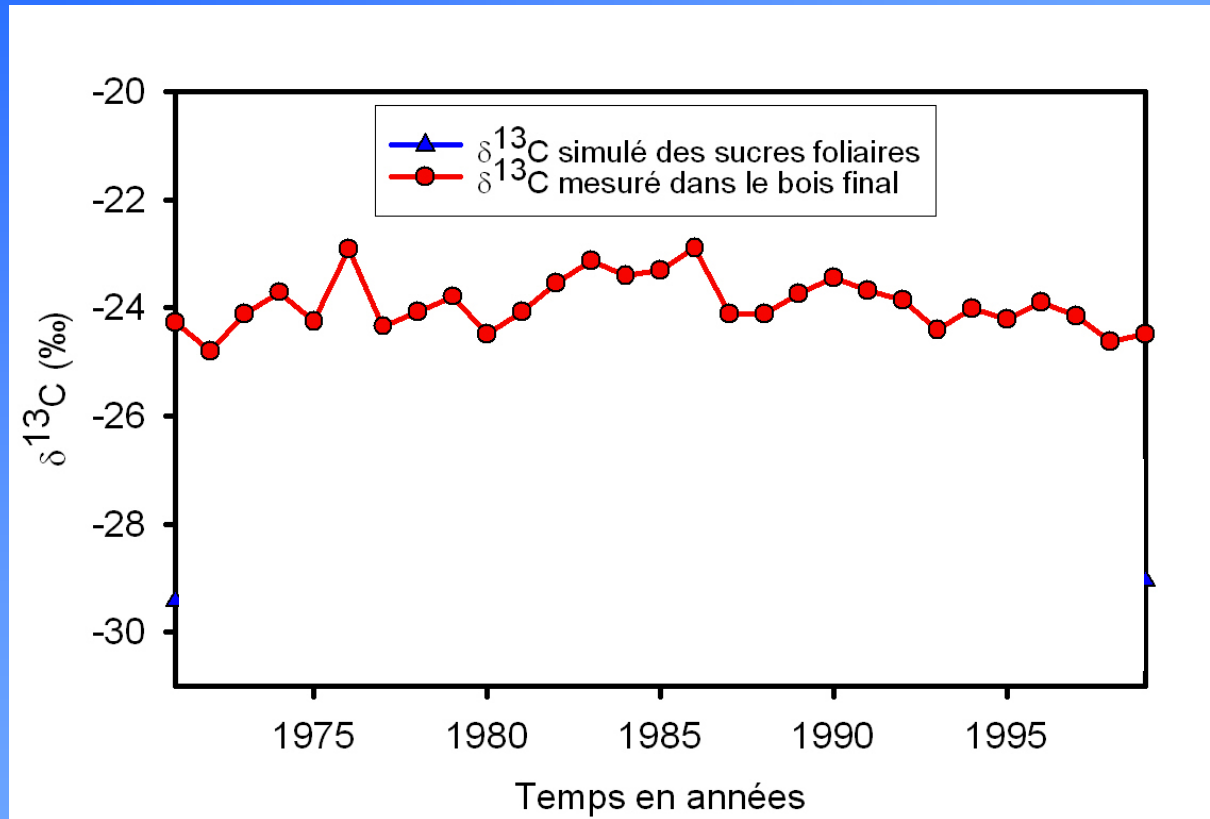
ESE



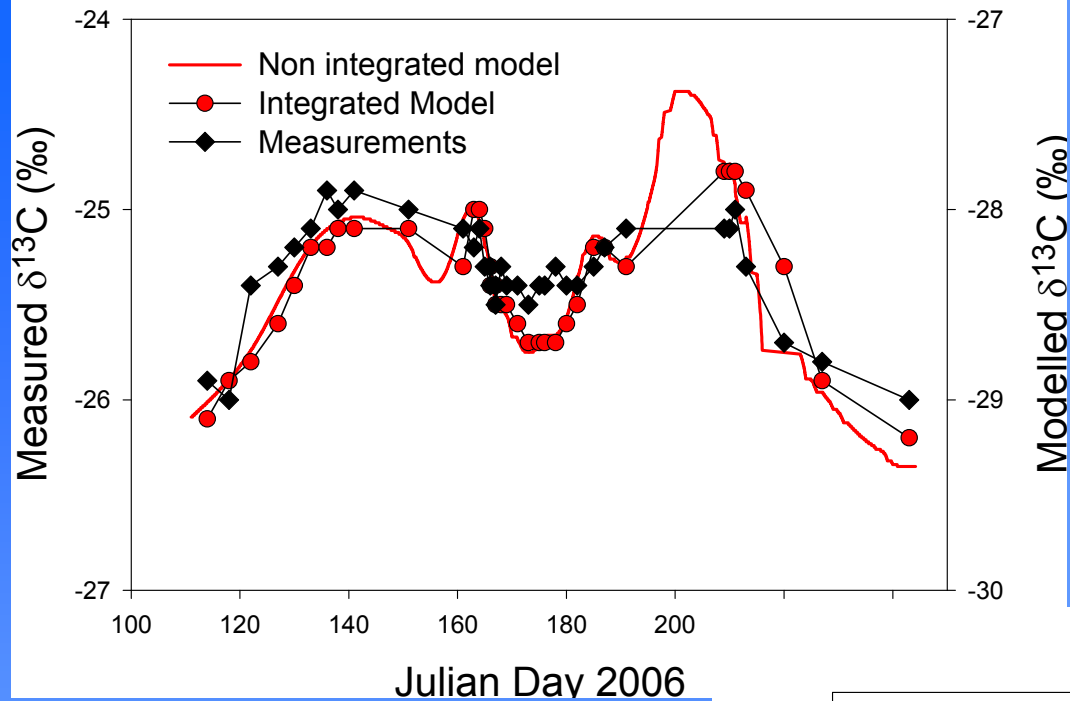
- ① Phloem loading/unloading in canopy
- ② Mass flow in sieve tubes
- ③ Phloem unloading by diffusion
- ④ Respiration
- ⑤ Structural matter deposition
- ⑥ Starch synthesis/hydrolysis

Thomas
Eglin

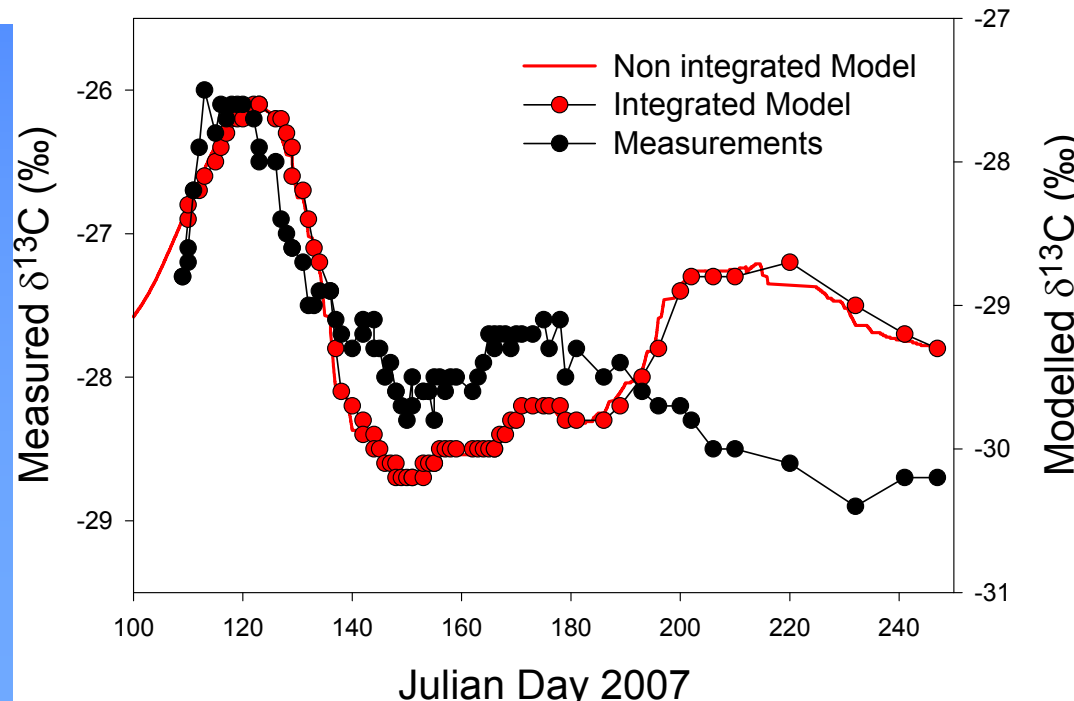
Simulations du $\delta^{13}\text{C}$ en interannuel



ESE



A Michelot-T Eglin



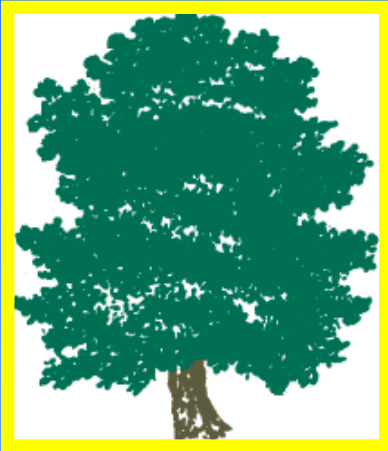
Modèle de flux et stocks de carbone des écosystèmes développé à des échelles régionales et continentales (Krinner et al. 2005)

Intégration simplifiée des processus de discrimination

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



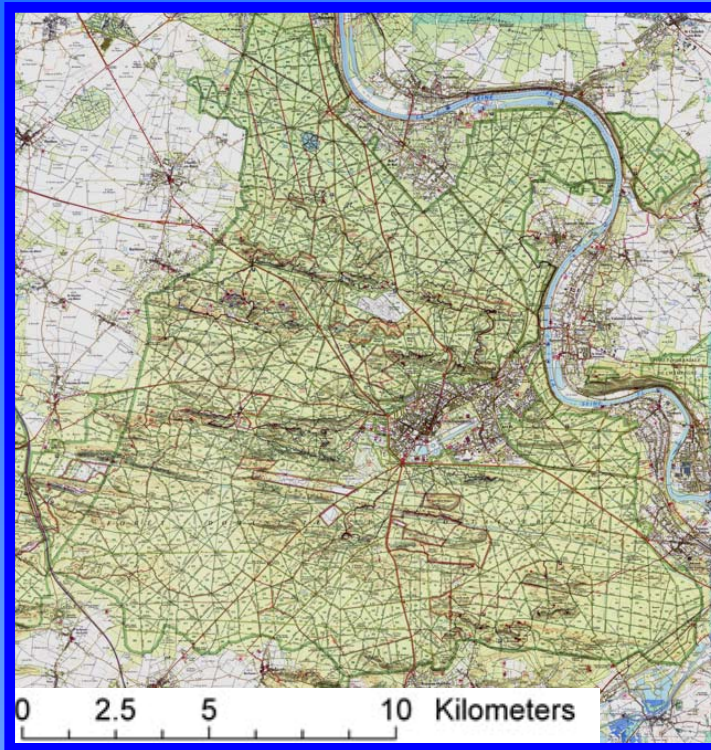
héliophile

bois homoxylé

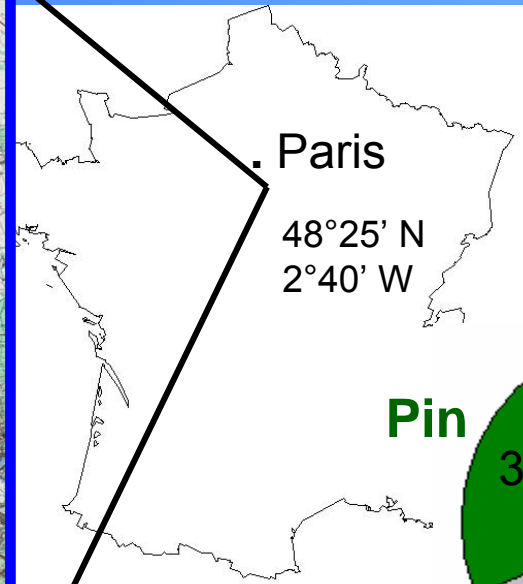
croissance pendant
débourrement

Objectifs

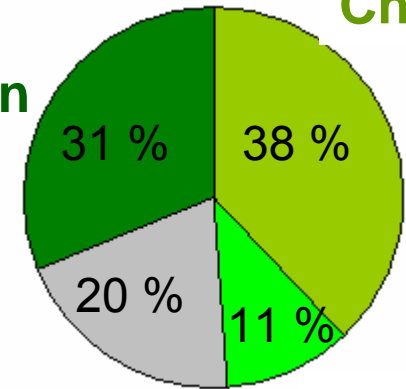
Massif forestier de Fontainebleau (77)



17 000 ha

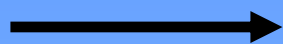


Pin



Chêne

Hêtre



Carottes sur 40 ans
3 parcelles par espèce (différentes RU)
15 arbres par parcelle



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

Corrélations

Avec les paramètres
climatiques

Approche

modèle bayésien

Simulations

ISOCASTANEA

Simulations

ORCHIDEE

Identifier les **périodes climatiques** ayant affectées les 3
espèces → comparer leur sensibilité au climat

Analyser la **complémentarité des informations** apportées par
la largeur des cernes et le $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$

Comparaison des approches **statistiques et fonctionnelles**

Etapes

Terrain
mesures

Récolte
des carottes
Fontainebleau
ESE-EEF

Dendro-
chronologie
EEF-ESE

Découpe cernes
Analyses isotopiques
LSCE

2008



Etapes

Terrain
mesures

Récolte
des carottes
Fontainebleau
ESE-EEF

Dendro-
chronologie
EEF-ESE

Découpe cernes
Analyses isotopiques
LSCE

2008

Avril

Juillet

Septembre
Début post-doc



Etapes

Terrain
mesures

Suivi croissance
Etude intracerne
ESE

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

2009

Analyses
données

- analyse statistique, approche paléo-climatique (**LSCE**)
- approche modèle baysien (coll. Programme MAIF, **LSCE**)
- analyse fonctionnelle avec ISOCASTANEA (**ESE**)
- simulations avec ORCHIDEE (**LSCE**)

Conclusion

Apports directs

- développement de modèles statistiques et mécanistes
- amélioration compréhension réponses des écosystèmes forestiers face aux sécheresses
- interaction concrète entre LSCE-ESE

Répercussions

- prédiction de croissance des forêts selon des scénarios de climat
- aide à la prise de décision en gestion sylvicole
- reconstruction paléo-climatique sur du long terme

Je vais enfin comprendre
pourquoi je suis
si mal parfois....

