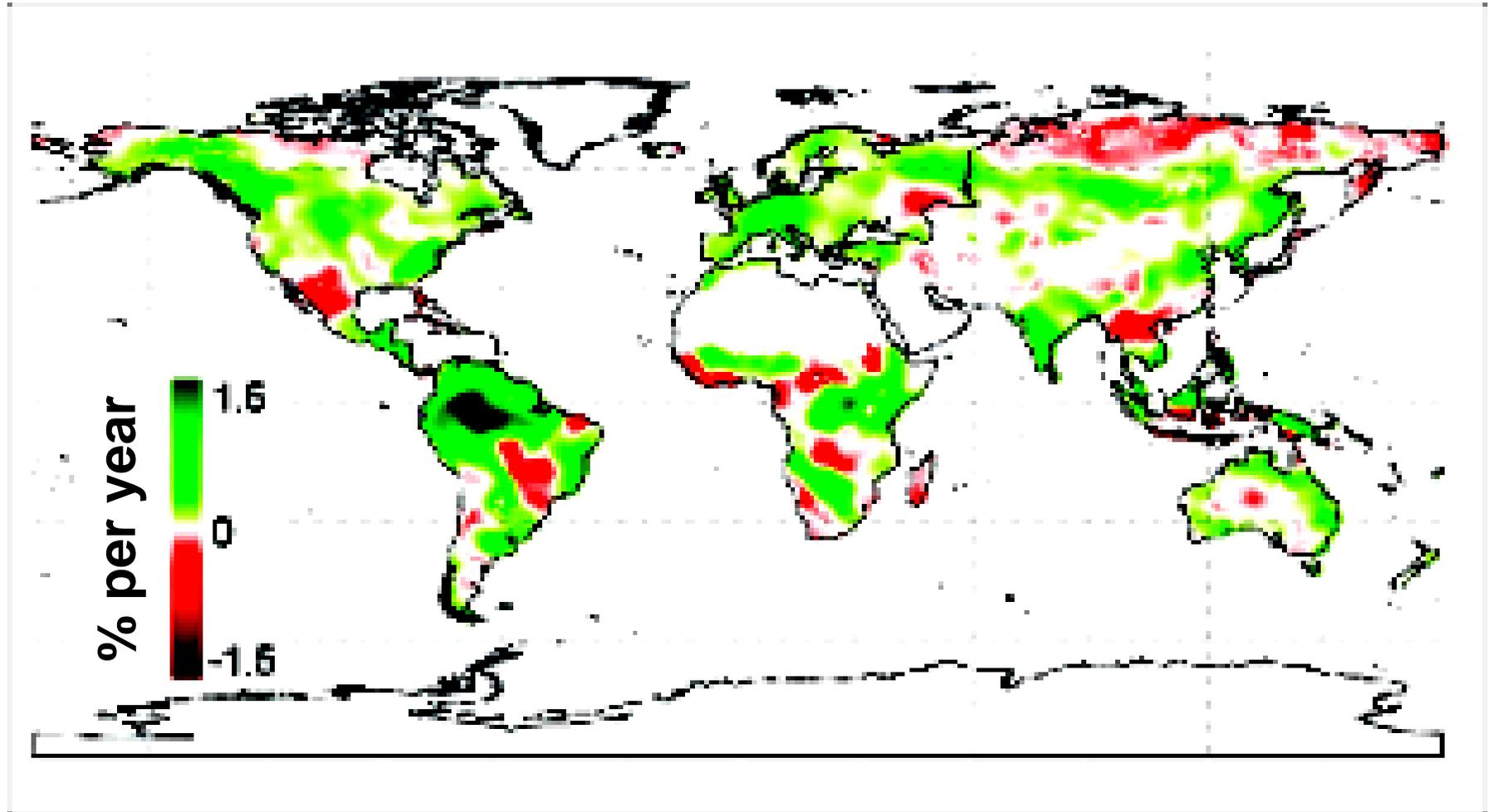


Impacts du changement climatique sur la production primaire forestière à l'échelle du territoire métropolitain: prédictions

**J. Ogée, N. Viovy, F. Delage, P. Ciais
(LSCE, CEA, Saclay, France)**

Observations satellites (NDVI) sur 25 ans

Nemani et al. Science 2003



Le modèle ORCHIDEE

atmosphere

biosphere

LMDZ general circulation model

Pluie, température, humidité,
rayonnement, vent, CO₂

Flux de chaleur, de CO₂,
rayonnement net

SECHIBA
energy & water cycle
photosynthesis

ORCHIDEE

$\Delta t = 1 \text{ hour}$

LAI,
roughness,
albedo

soil water,
surface temperature,
GPP

STOMATE
vegetation & soil
carbon cycle
(phénologie, allocation,...)

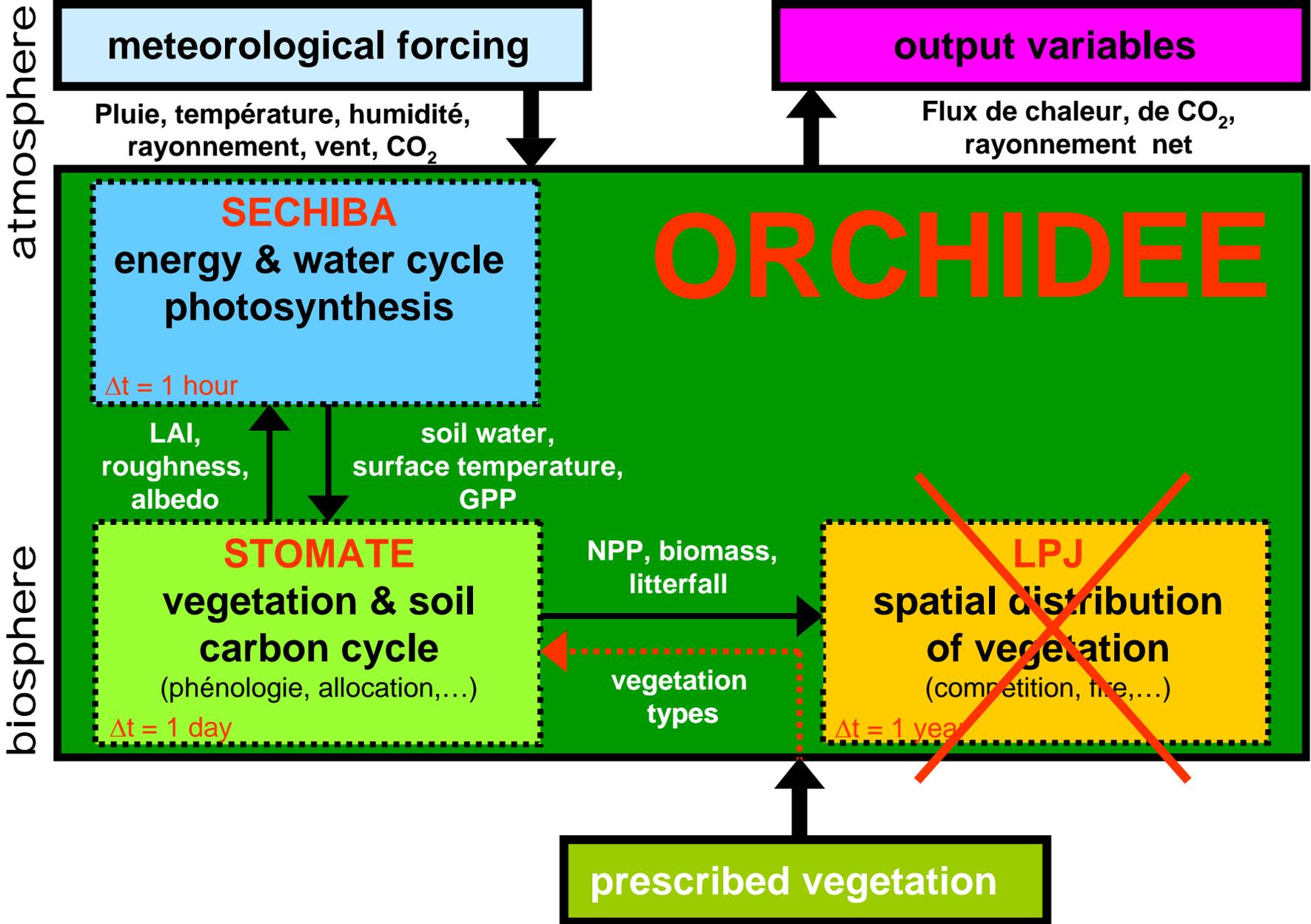
NPP, biomass,
litterfall

vegetation
types

LPJ
spatial distribution
of vegetation
(competition, fire,...)

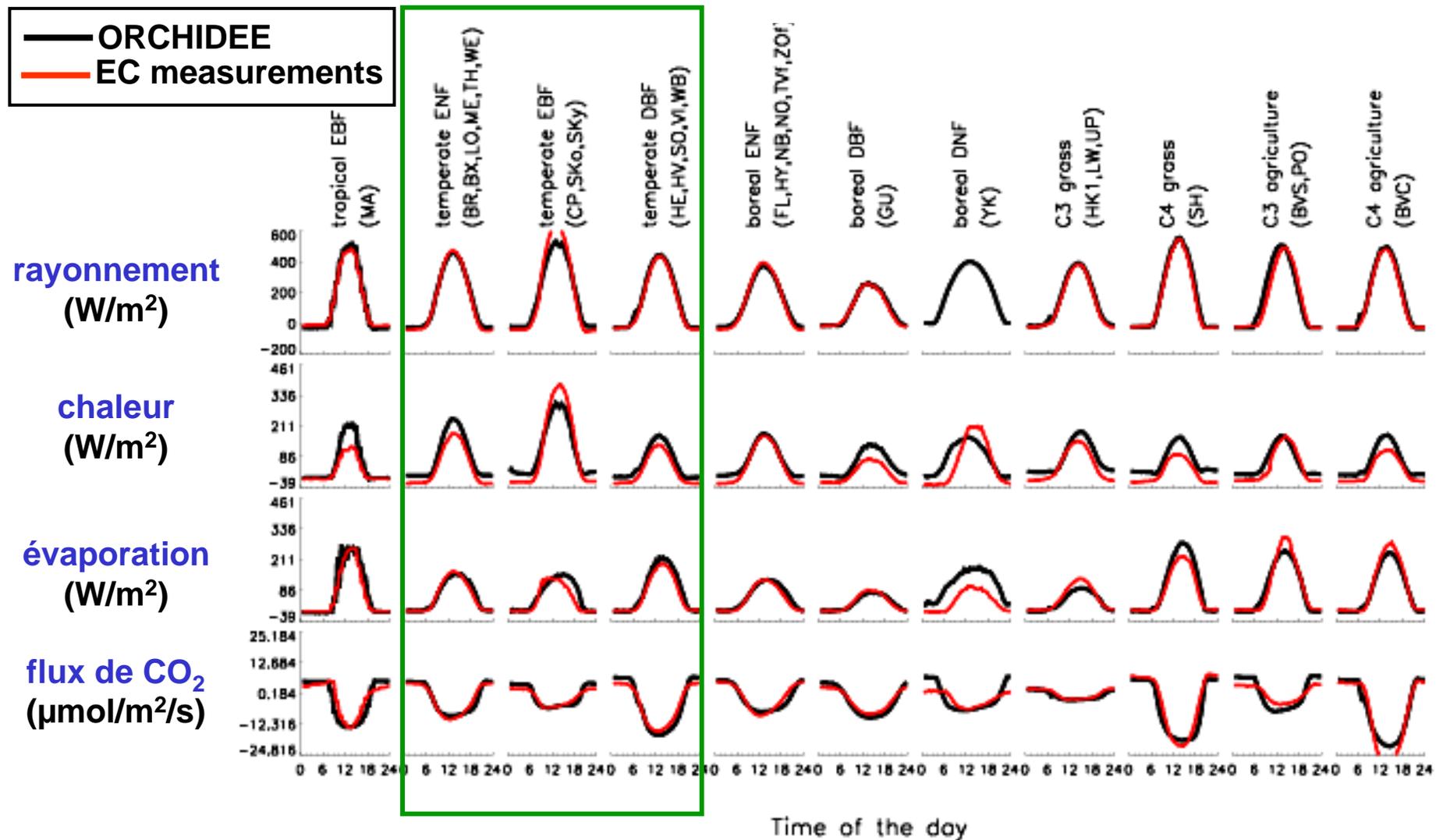
$\Delta t = 1 \text{ day}$

$\Delta t = 1 \text{ year}$



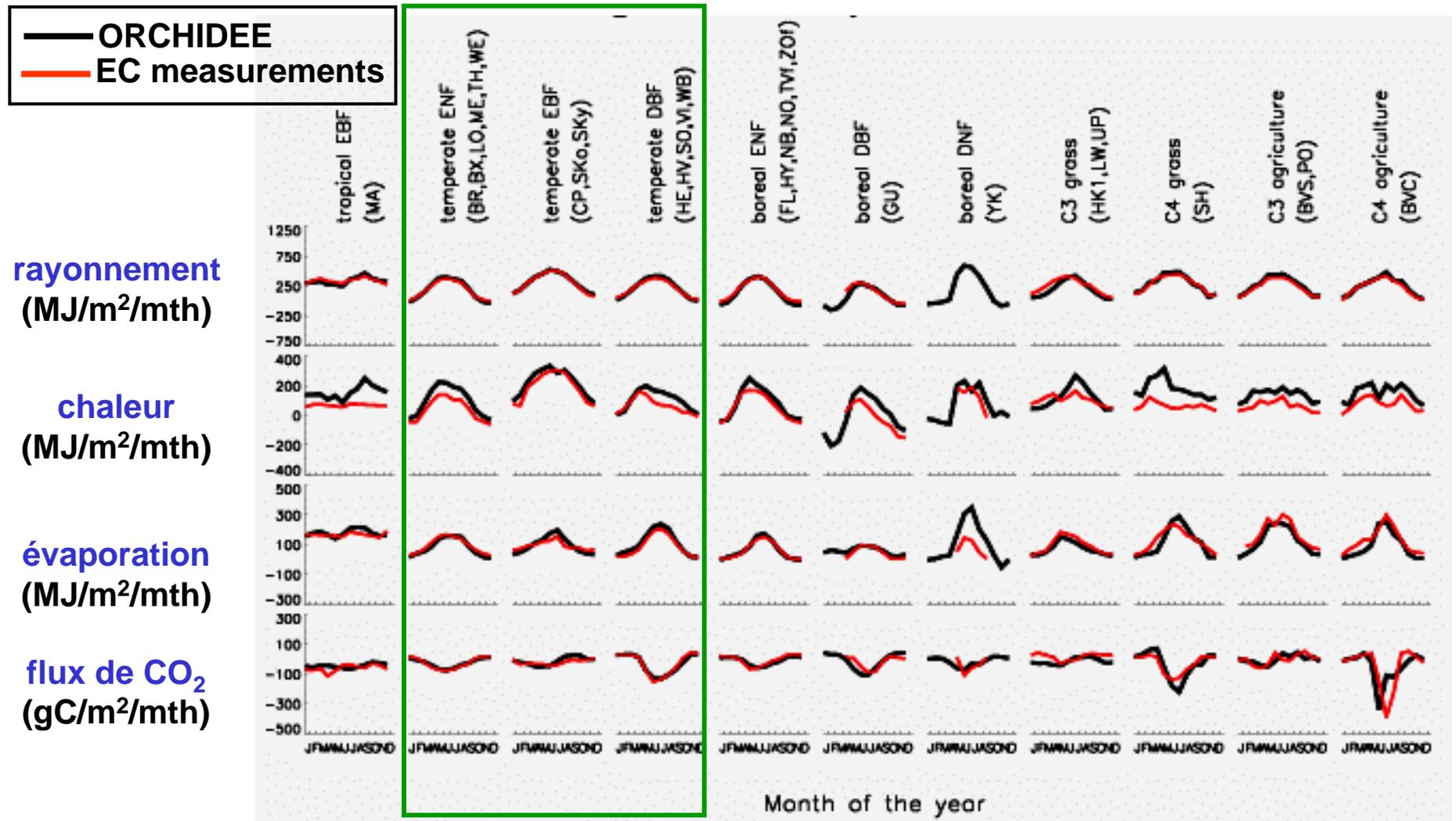
Validation sur des mesures de flux in situ

Cycles diurnes moyens (JJA)



Validation sur des mesures de flux in situ

Cycles mensuels moyens



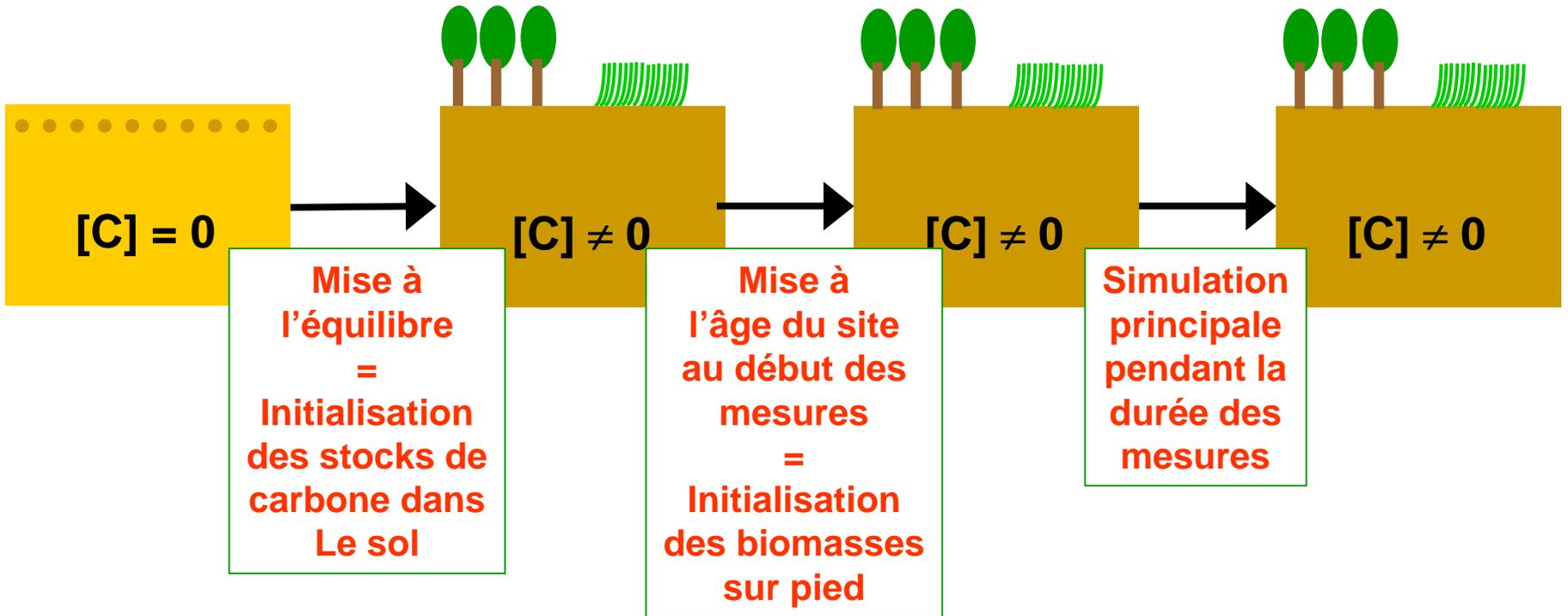
ORCHIDEE et Carbofor

Simulations ORCHIDEE pour Carbofor

- ❑ **5 sites:**
 - Le Bray (pin maritime)
 - Hesse (hêtre)
 - Puéchabon (chêne vert)
 - Fontainebleau (hêtre)
 - Fontainebleau (chêne)

- ❑ **3 exercices:**
 - validation sur données flux
 - validation sur données de biomasse
 - calcul de tendance climatique sur France Entière

- ❑ **3 types de simulation:**
 - mise à l'équilibre
 - mise à l'âge de la parcelle
 - simulation principale



Tableaux des simulations (ex. Le Bray)

Le Bray	validation flux	validation biomasse	tendance climatique
mise à équilibre durée forçage utilisé CO ₂	246 site 1996-2001 350		
mise à l'âge site durée forçage utilisé CO ₂	 24 site 1996-2001 350		29 Arpege 1970-1999 f(an), an=1970,...
simulation principale durée forçage utilisé CO ₂	 6 site 1996-2001 350	32 Arpege 1970-2002 f(an), an=1970,...	 15 Arpege 1960-2100 f(an), an=1960,...

Tableaux des simulations (ex. Le Bray)

Le Bray	validation flux	validation biomasse	tendance climatique
mise à équilibre durée forçage utilisé CO ₂	246 site 1996-2001 350		
mise à l'âge site durée forçage utilisé CO ₂	↓ 24 site 1996-2001 350		29 Arpege 1970-1999 f(an), an=1970,...
simulation principale durée forçage utilisé CO ₂	↓ 6 site 1996-2001 350	32 Arpege 1970-2002 f(an), an=1970,...	↓ 15 Arpege 1960-2100 f(an), an=1960,...

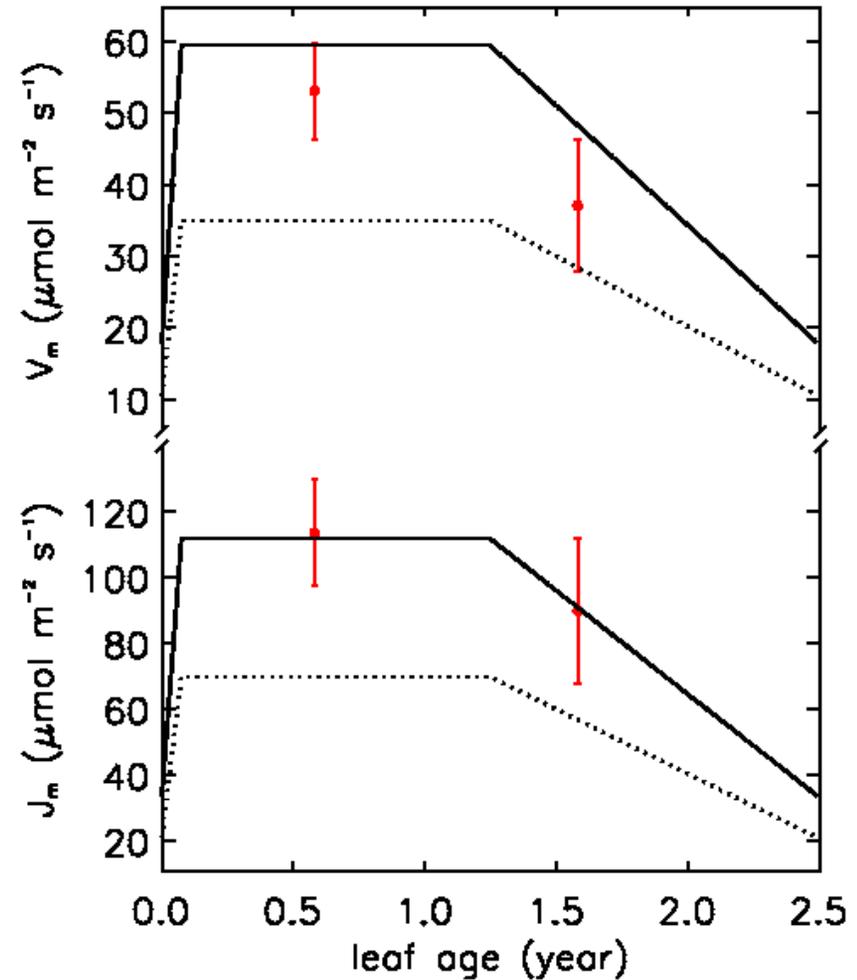
Principe

☐ Validation:

- ORCHIDEE vs. flux mesurés
- ORCHIDEE vs. autres modèles

☐ 2 versions d' ORCHIDEE:

- version « standard »
- version « optimisée »
(sur paramètres photosynthétiques)



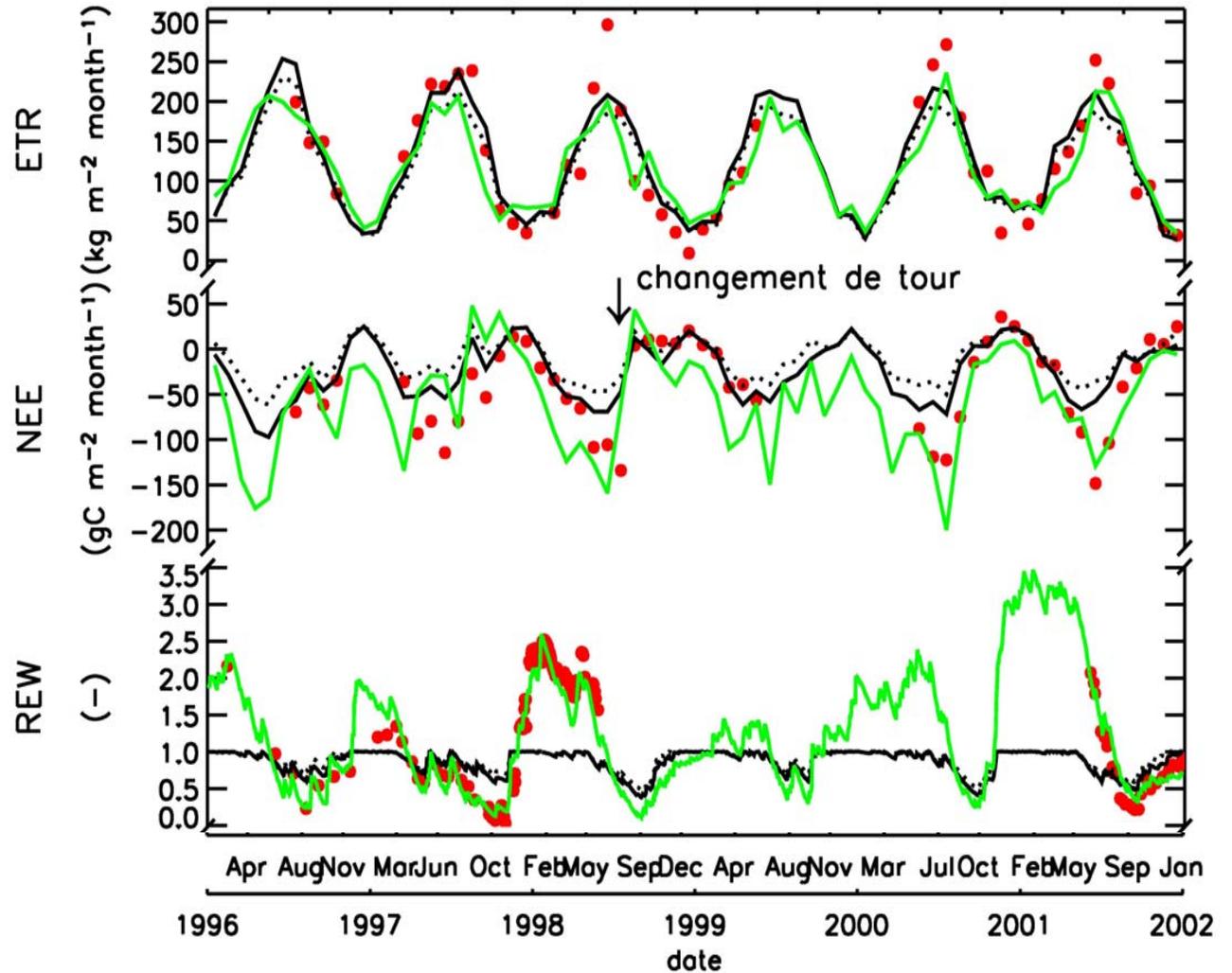
- mesures
- ORCHIDEE standard
- ORCHIDEE optimisé

Résultats Bray (pin maritime)

évaporation
($\text{kg}/\text{m}^2/\text{mth}$)

flux de CO_2
($\text{gC}/\text{m}^2/\text{mth}$)

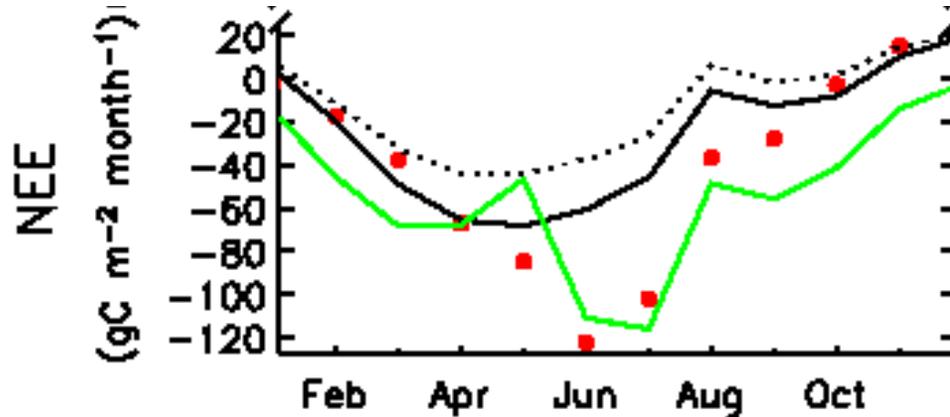
disponibilité en eau
(-)



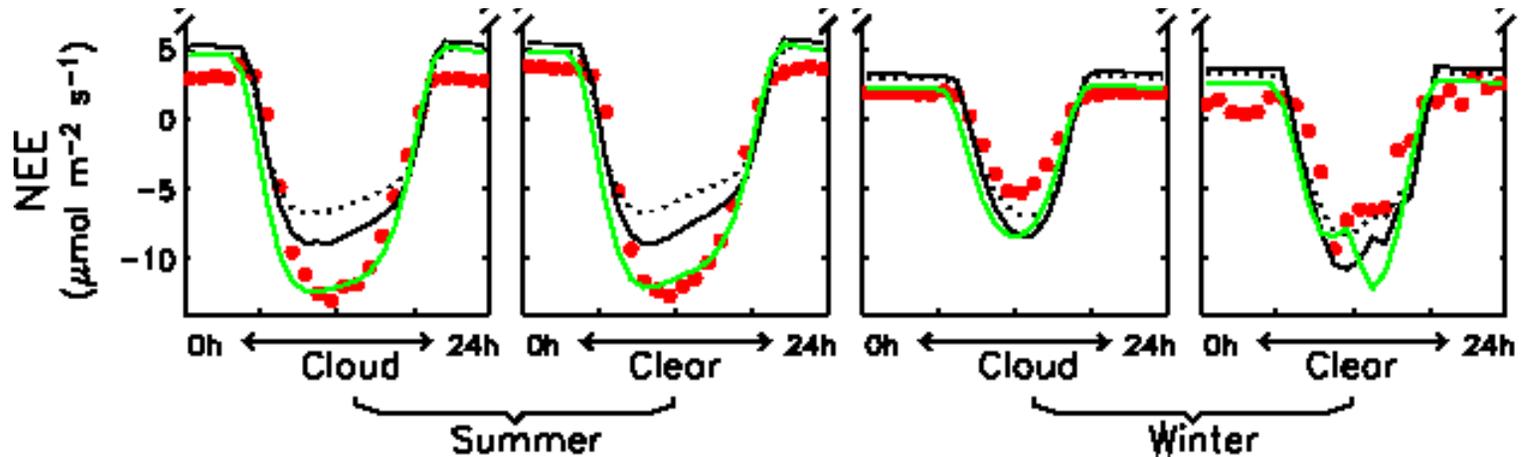
- mesures
- ORCHIDEE standard
- ORCHIDEE optimisé (V_{max} et J_{max} augmentés de 35%)
- GRAECO

Résultats Bray (pin maritime)

cycle saisonnier moyen



cycles diurnes moyens



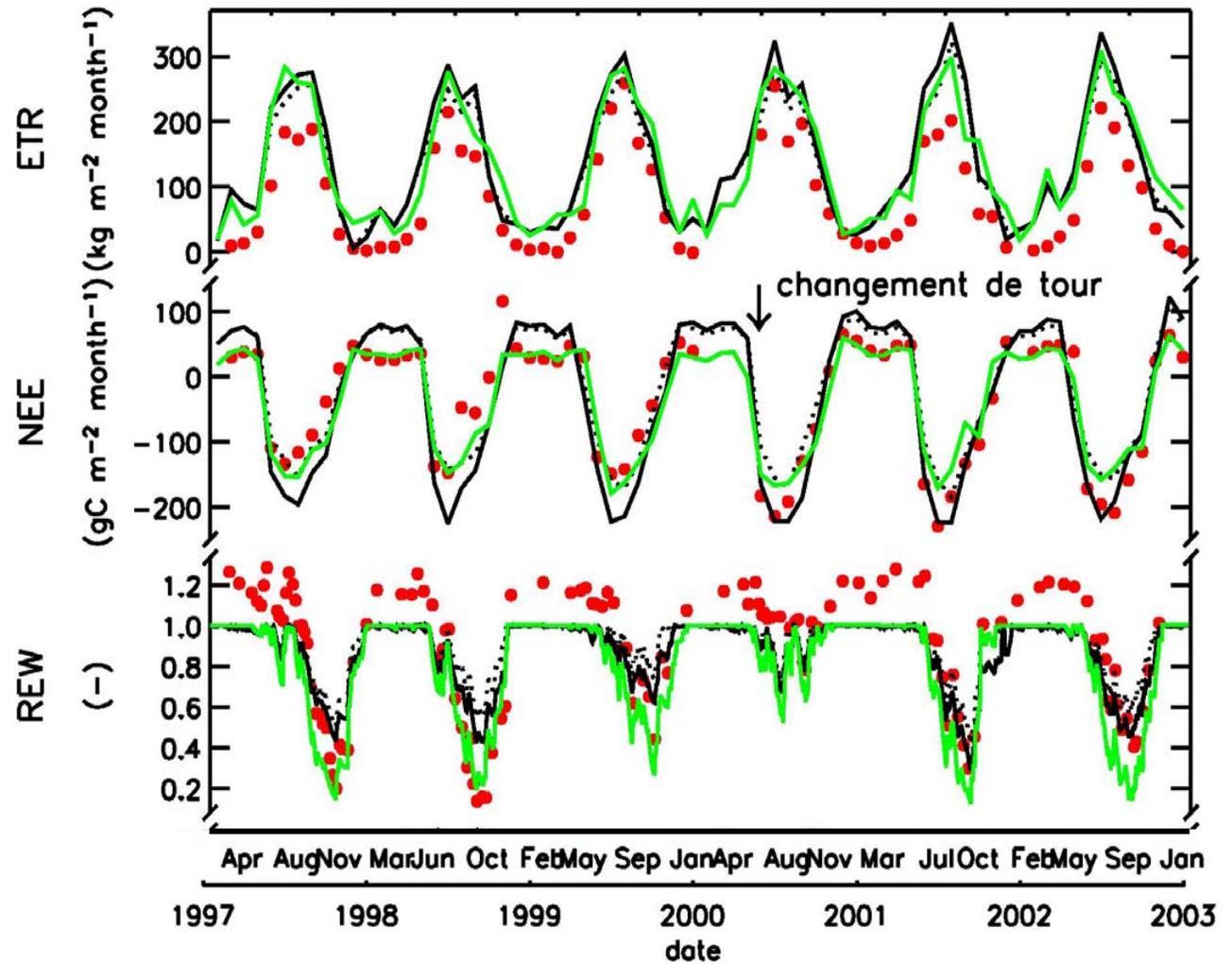
- mesures
- ORCHIDEE standard
- ORCHIDEE optimisé
- GRAECO

Résultats Hesse (hêtre)

évaporation
(kg/m²/mth)

flux de CO₂
(gC/m²/mth)

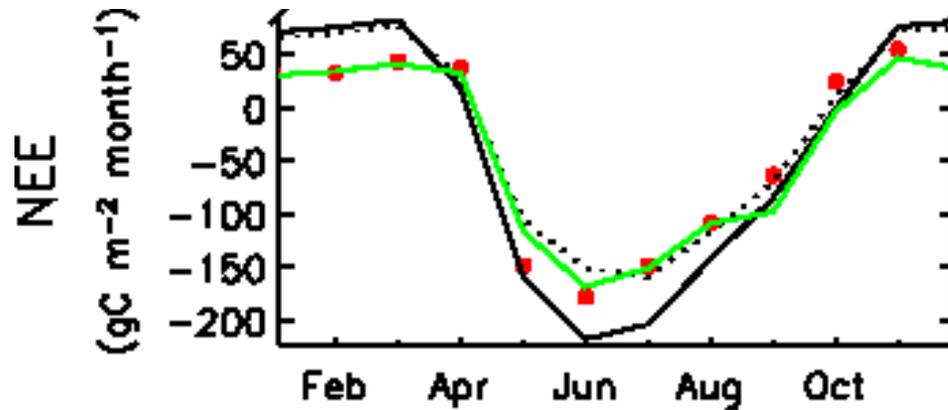
disponibilité en eau
(-)



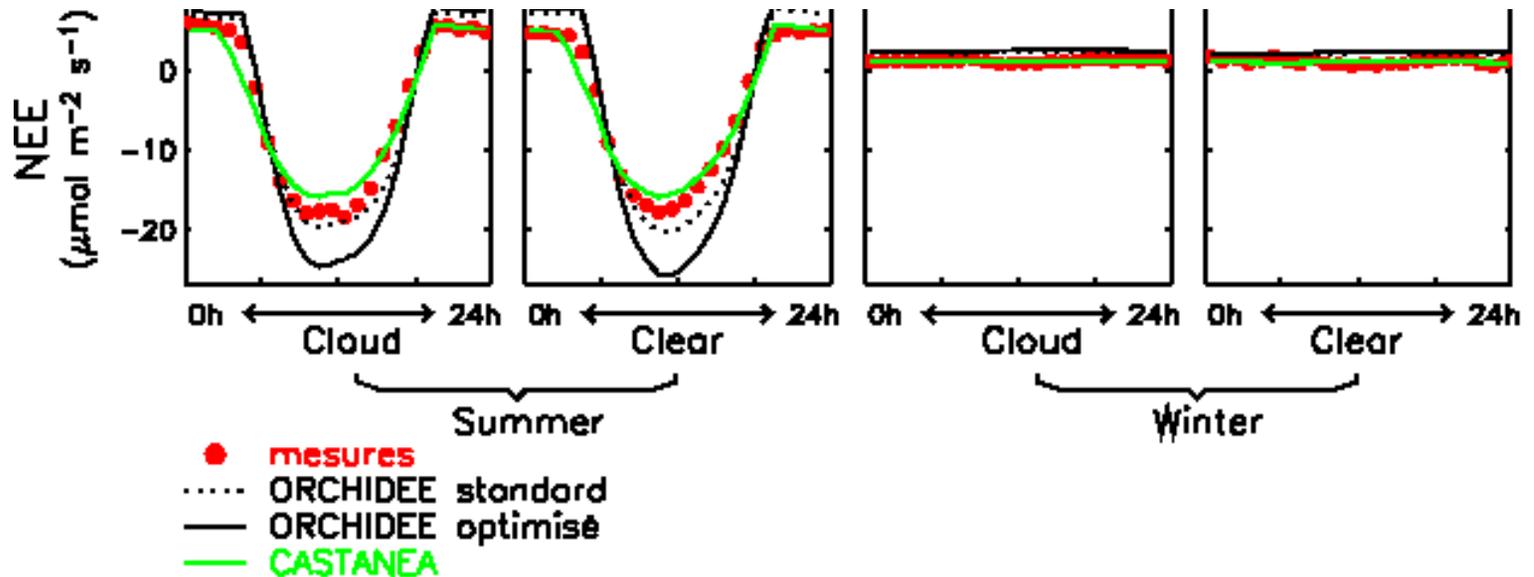
- mesures
- ORCHIDEE standard
- ORCHIDEE optimisé (V_{max} et J_{max} augmentés de 35%)
- CASTANEA

Résultats Hesse (hêtre)

cycle saisonnier moyen



cycles diurnes moyens



Tableaux des simulations (ex. Le Bray)

Le Bray	validation flux	validation biomasse	tendance climatique
mise à équilibre durée forçage utilisé CO ₂	246 site 1996-2001 350		
mise à l'âge site durée forçage utilisé CO ₂	 24 site 1996-2001 350		29 Arpege 1970-1999 f(an), an=1970,...
simulation principale durée forçage utilisé CO ₂	 6 site 1996-2001 350	32 Arpege 1970-2002 f(an), an=1970,...	 15 Arpege 1960-2100 f(an), an=1960,...

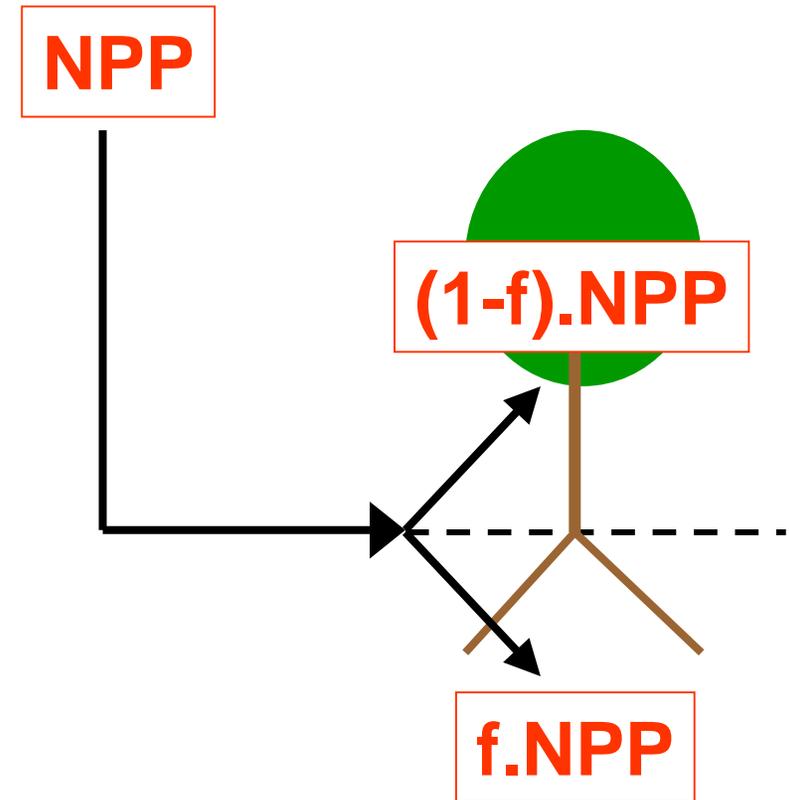
Principe

❑ Validation biomasse:

- ORCHIDEE vs. biomasses mesurées
- ORCHIDEE vs. autres modèles

❑ 2 versions d' ORCHIDEE:

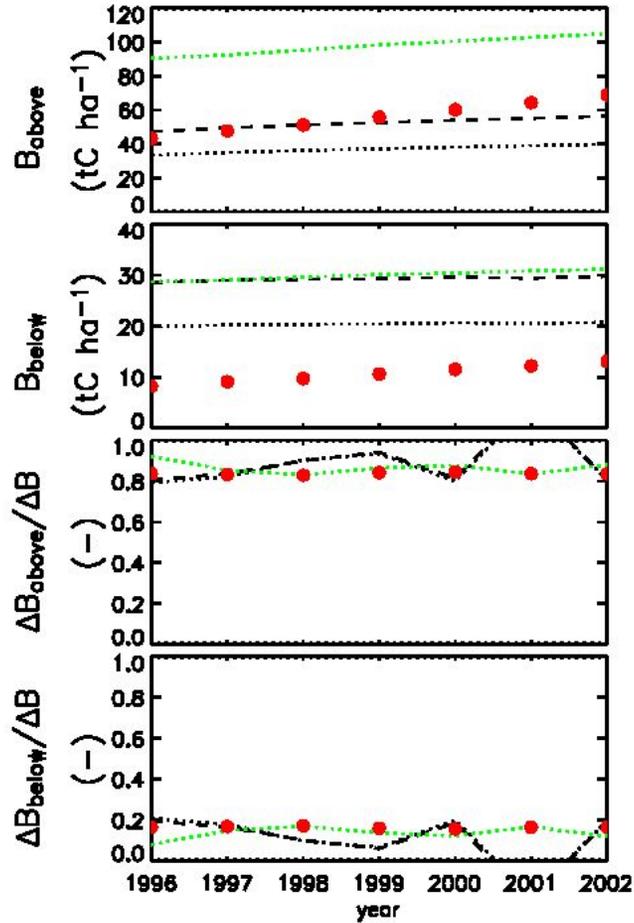
- version « standard »
- version « optimisée »
(sur paramètre photosynthétiques)



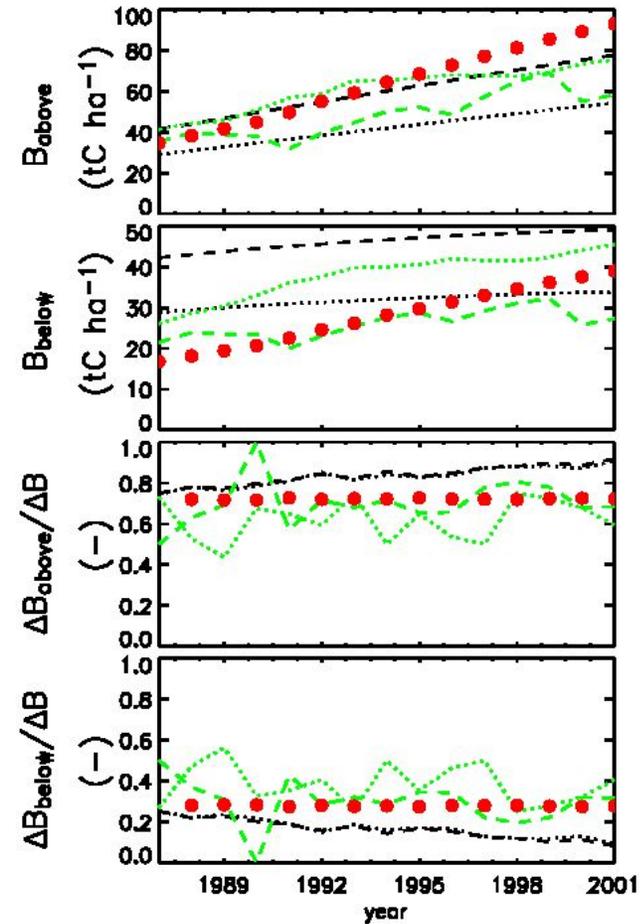
f ???

Validation sur données biomasse

Le Bray (pin maritime)



Hesse (hêtre)



- ORCHIDEE (standard)
- - - - ORCHIDEE (Vmax optimised)
- GRAECO (Le Bray) CASTANEA (Hesse)

Tableaux des simulations (ex. Le Bray)

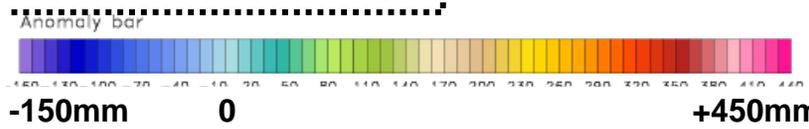
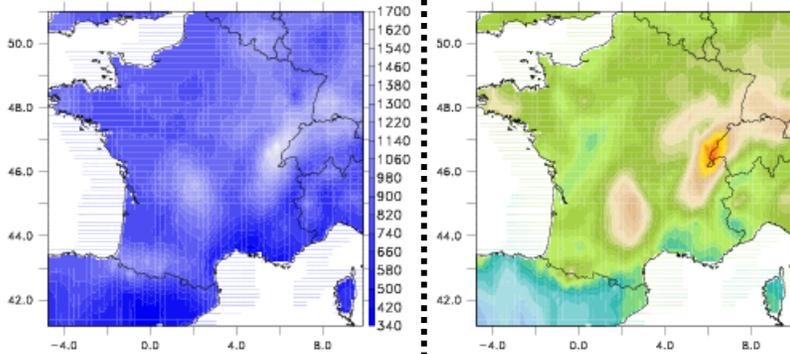
Le Bray	validation flux	validation biomasse	tendance climatique
mise à équilibre durée forçage utilisé CO ₂	246 site 1996-2001 350		
mise à l'âge site durée forçage utilisé CO ₂	 24 site 1996-2001 350		29 Arpege 1970-1999 f(an), an=1970,...
simulation principale durée forçage utilisé CO ₂	 6 site 1996-2001 350	32 Arpege 1970-2002 f(an), an=1970,...	 15 Arpege 1960-2100 f(an), an=1960,...

Scénario climatique 1960-2100

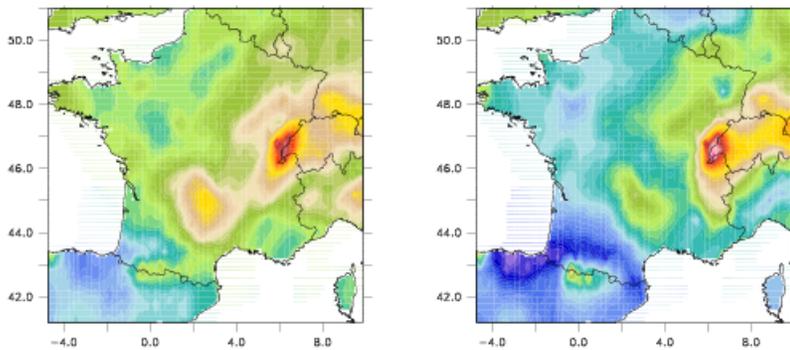
cf. Déqué et al.

Précipitation (mm)

Référence 1961-1975 Anomalie 2001-2015

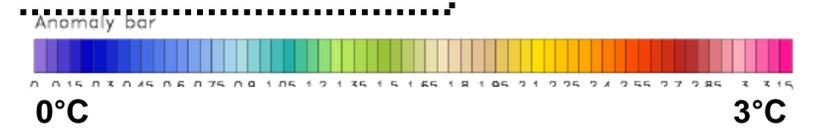
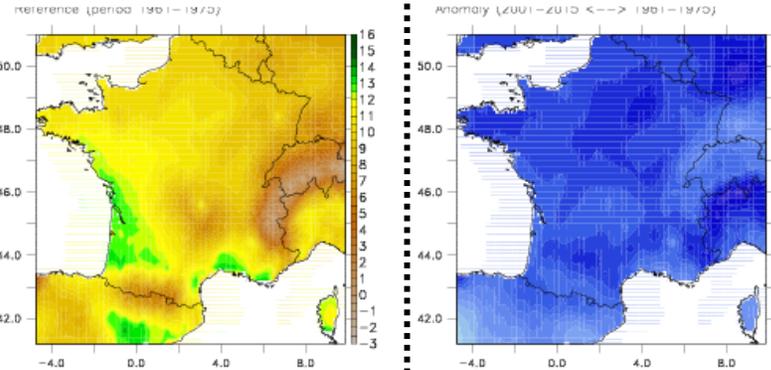


Anomalie 2041-2056 Anomalie 2081-2096

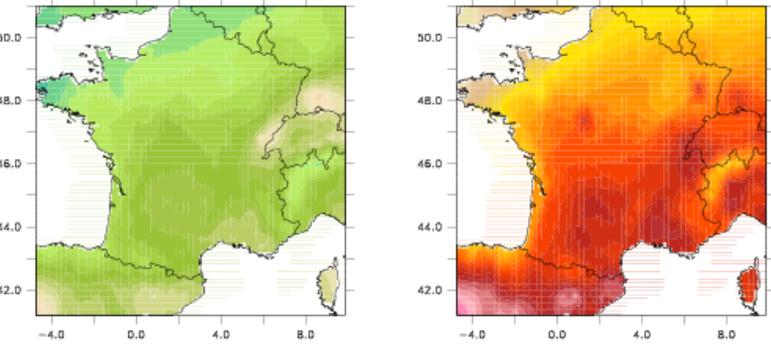


Température (°C)

Référence 1961-1975 Anomalie 2001-2015



Anomalie 2041-2056 Anomalie 2081-2096

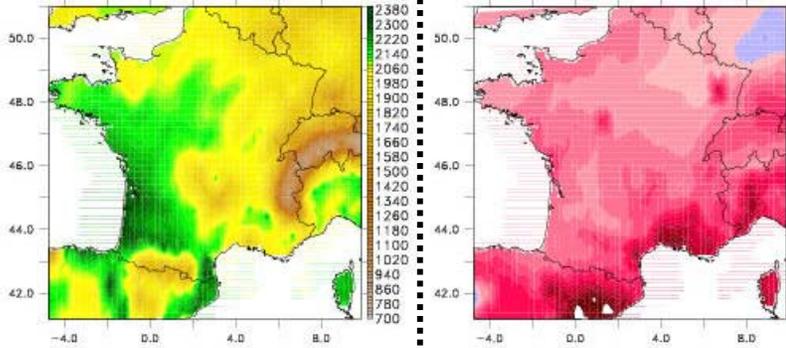


Différences GPP/NPP conifères // RU = 200mm

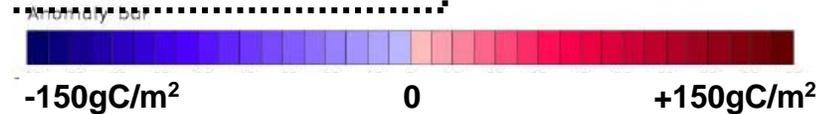
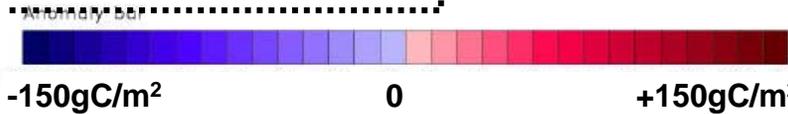
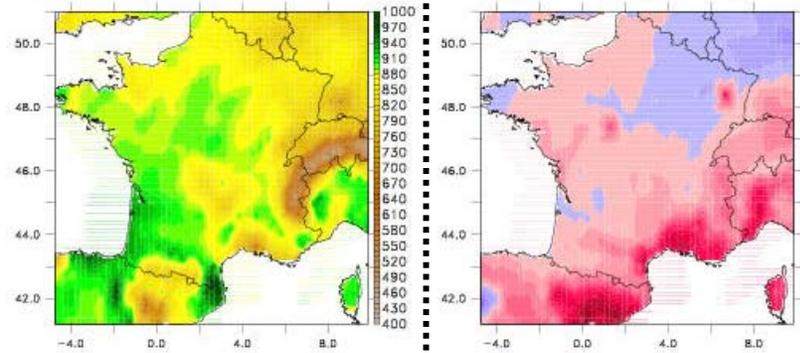
GPP

NPP

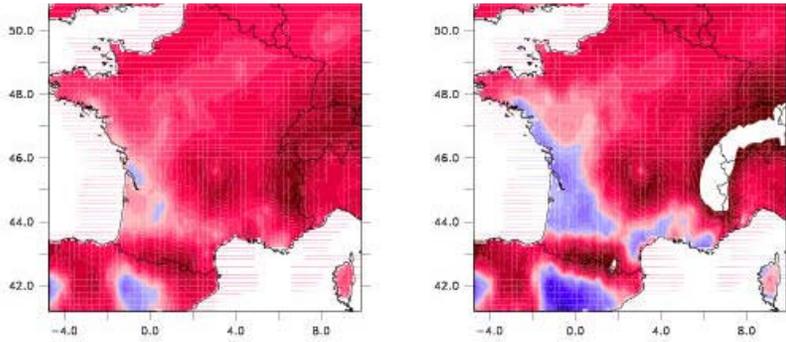
Référence 1961-1975 Anomalie 2001-2015



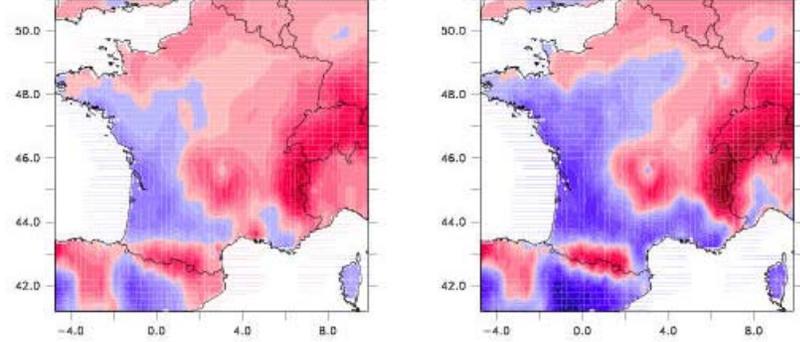
Référence 1961-1975 Anomalie 2001-2015



Anomalie 2041-2056 Anomalie 2081-2096



Anomalie 2041-2056 Anomalie 2081-2096



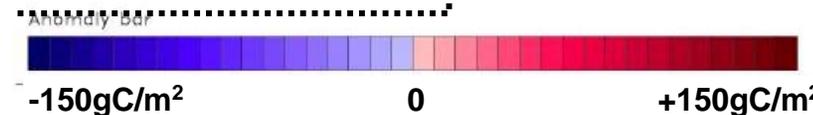
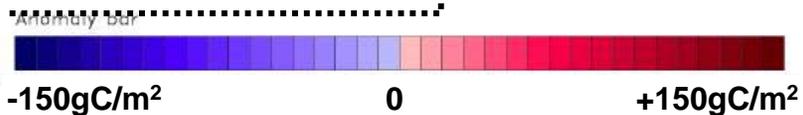
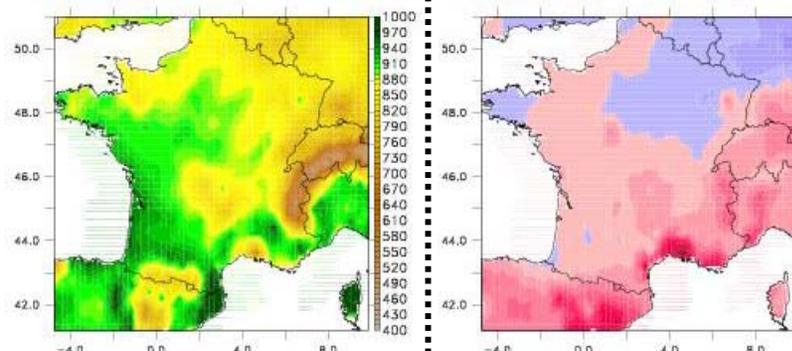
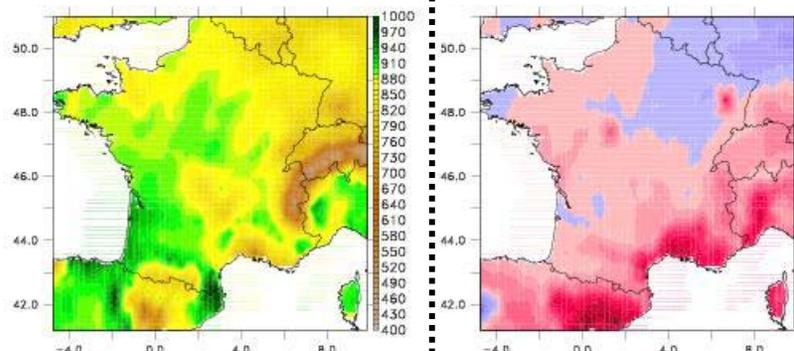
Rôle de la réserve utile du sol conifères // NPP

RU = 0.1 cm³/cm³

RU = 0.2 cm³/cm³

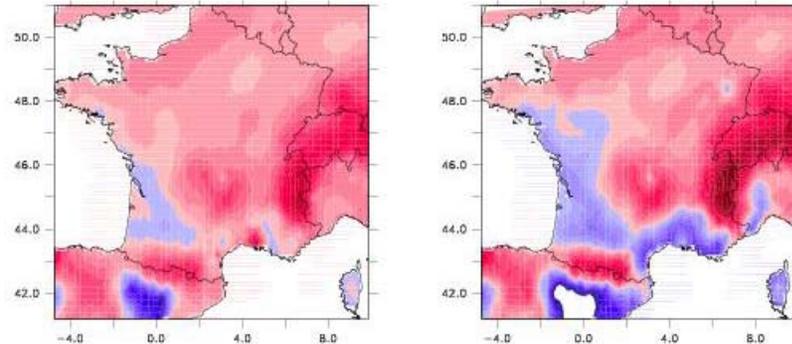
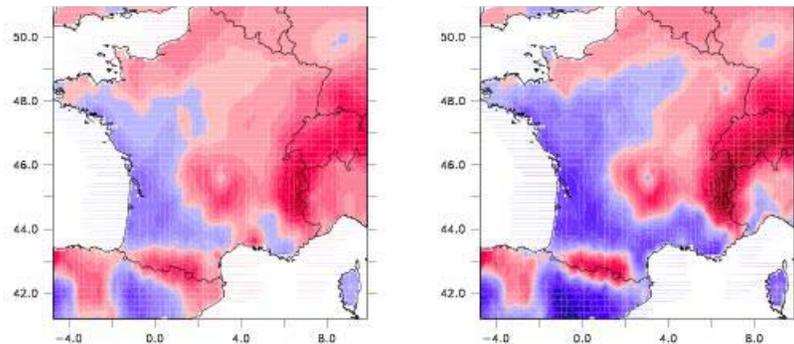
Référence 1961-1975 Anomalie 2001-2015

Référence 1961-1975 Anomalie 2001-2015



Anomalie 2041-2056 Anomalie 2081-2096

Anomalie 2041-2056 Anomalie 2081-2096

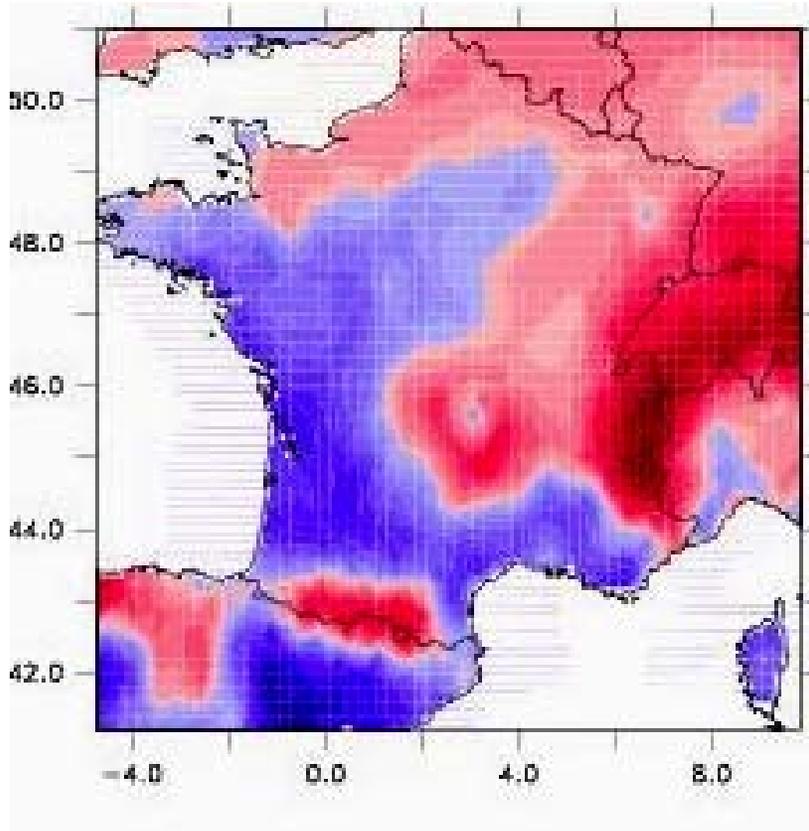


Rôle des précipitations d'été

$$RU = 0.1 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$$

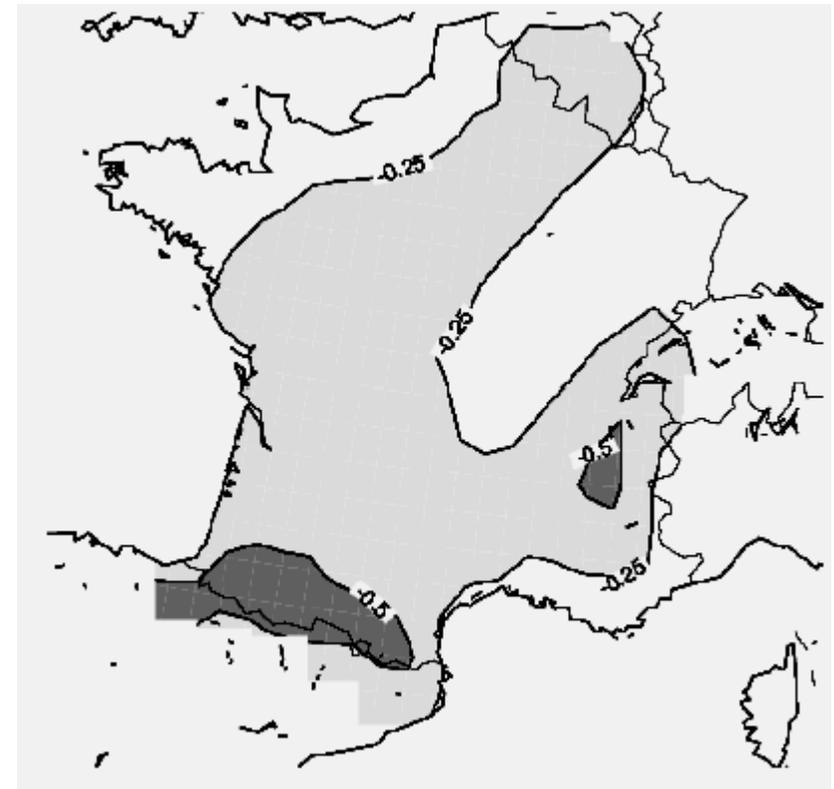
NPP Conifères

Anomalie 2081-2096

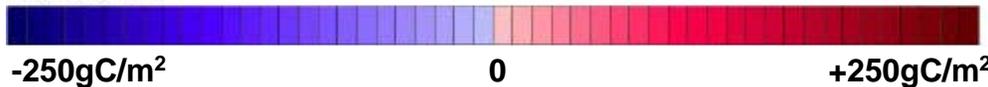


Précipitations d'été

Anomalie 2070-2099



Anomaly bar

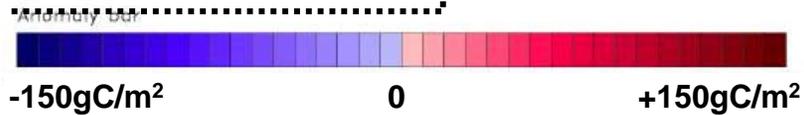
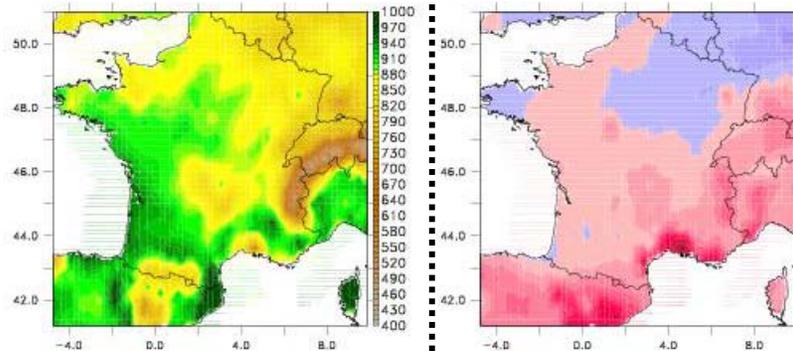


Différences entre types fonctionnels

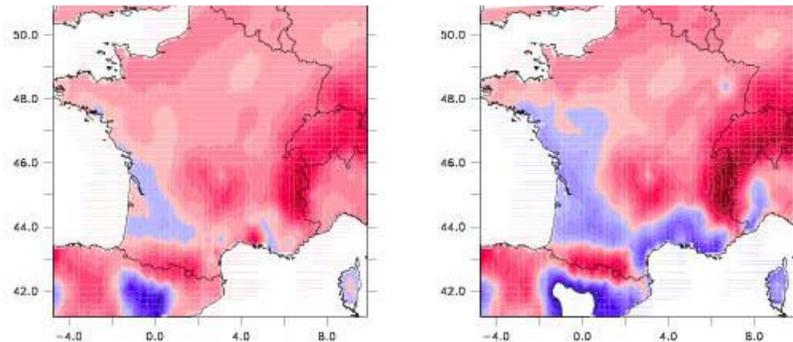
$$\text{NPP} // \text{RU} = 0.2 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$$

Conifères

Référence 1961-1975 Anomalie 2001-2015

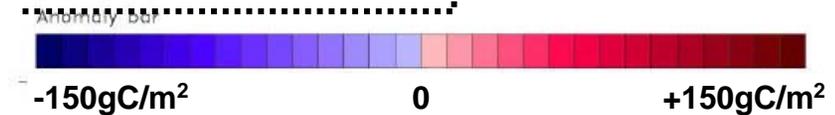
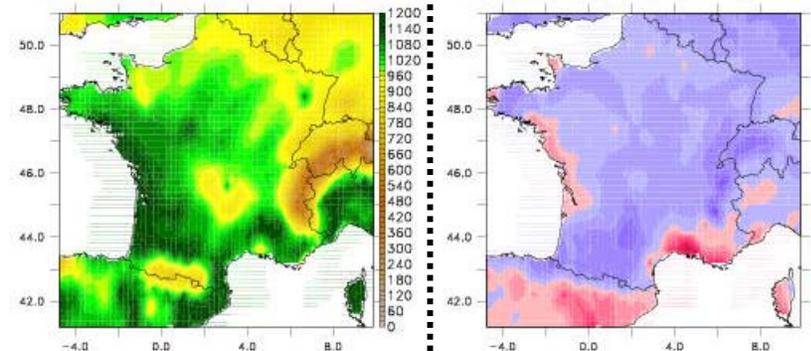


Anomalie 2041-2056 Anomalie 2081-2096

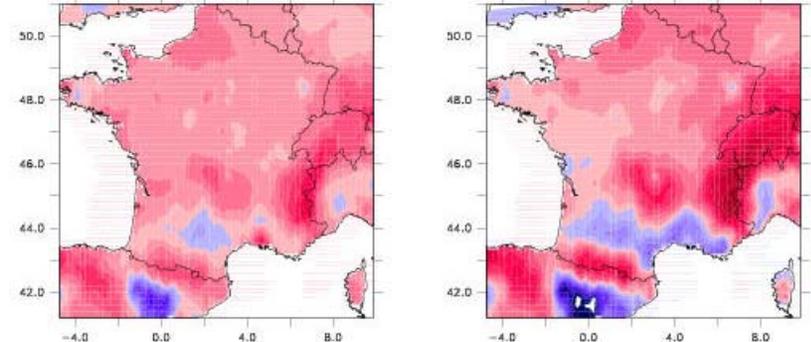


Feuillus sociaux

Référence 1961-1975 Anomalie 2001-2015



Anomalie 2041-2056 Anomalie 2081-2096

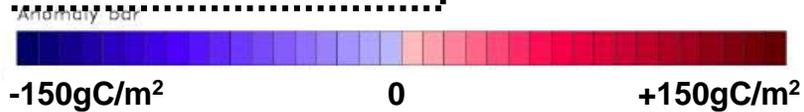
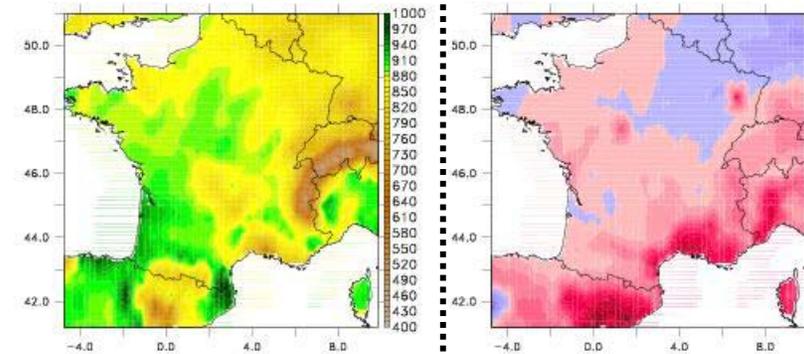


Différences entre types fonctionnels

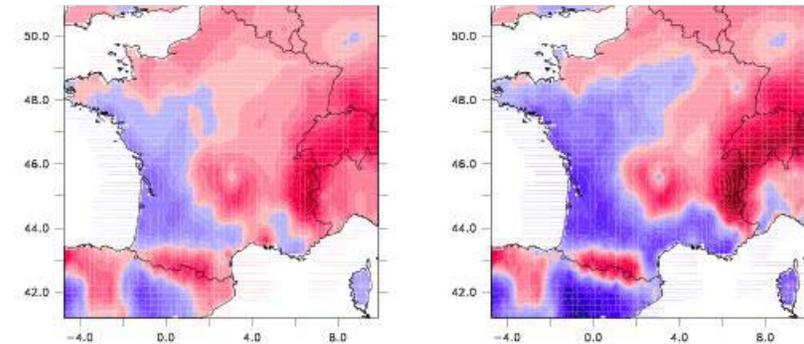
$$\text{NPP} // \text{RU} = 0.1 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$$

Conifères

Référence 1961-1975 Anomalie 2001-2015

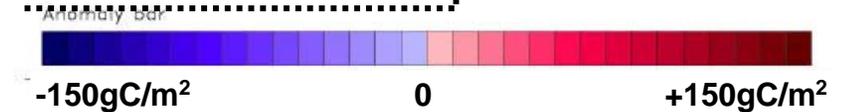
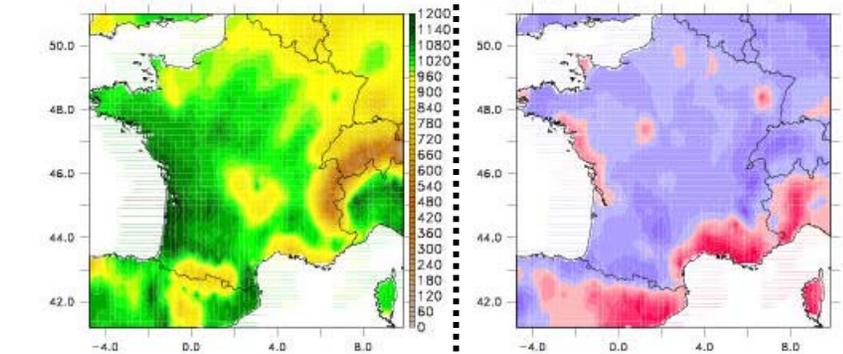


Anomalie 2041-2056 Anomalie 2081-2096

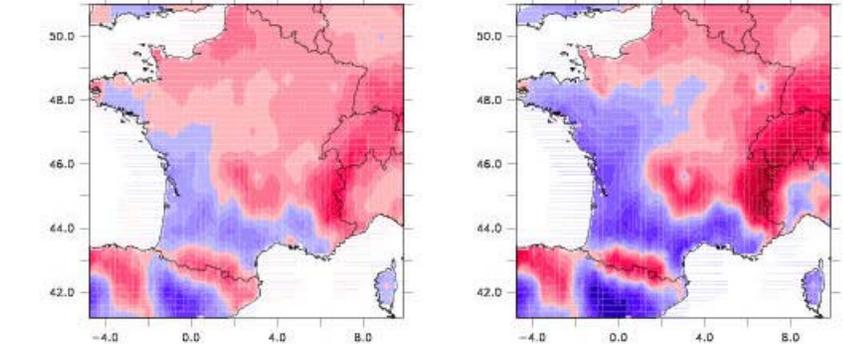


Feuillus sociaux

Référence 1961-1975 Anomalie 2001-2015



Anomalie 2041-2056 Anomalie 2081-2096



Lien avec les aires de répartition

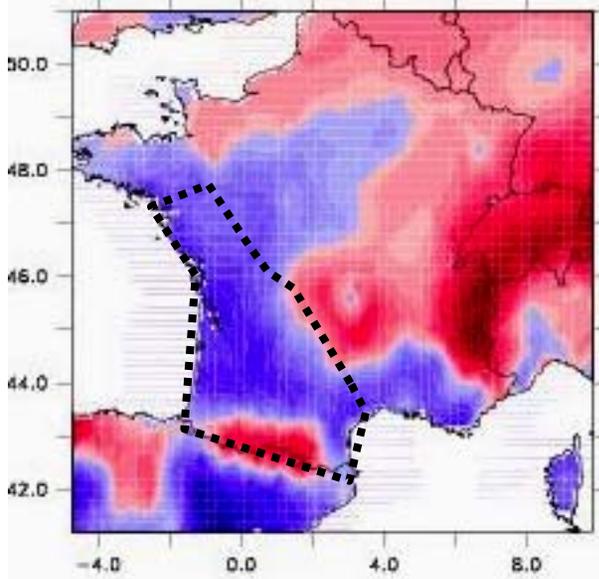
anomalie NPP 2081-2096 // RU = 0.1 cm³/cm³

Conifères

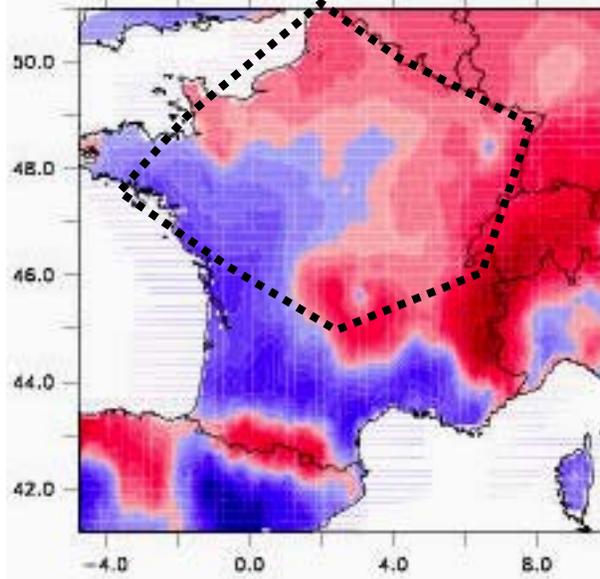
Feuillus sociaux

Forêts méditerranéennes

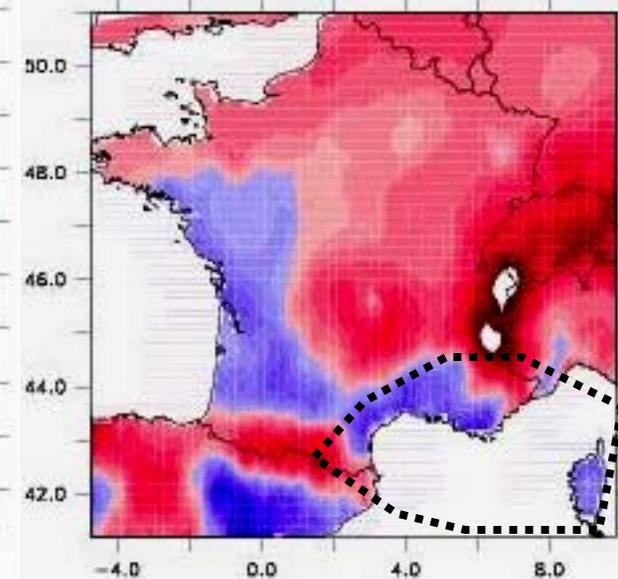
Anomalie 2081-2096



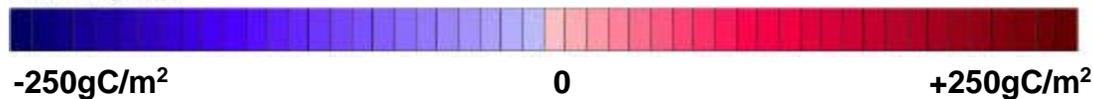
Anomalie 2081-2096



Anomalie 2081-2096



Anomaly bar



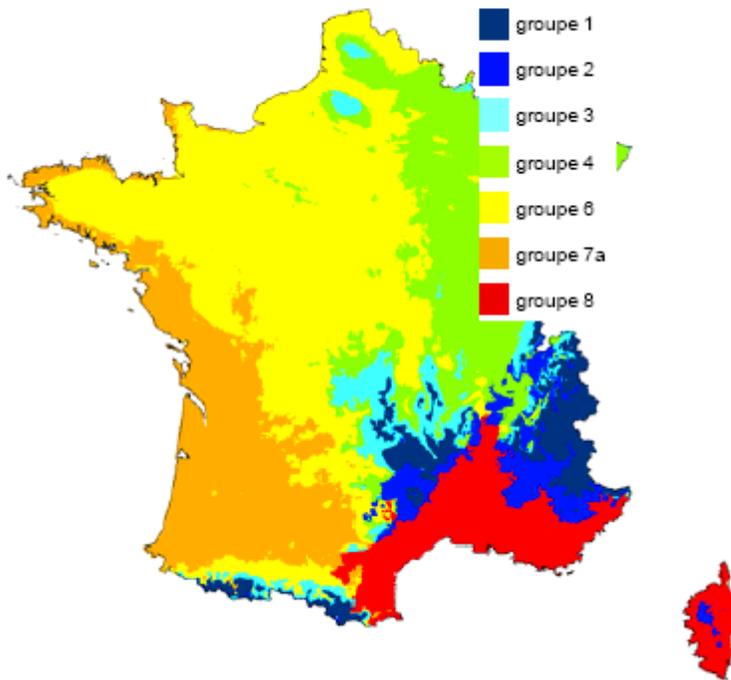
-250gC/m²

0

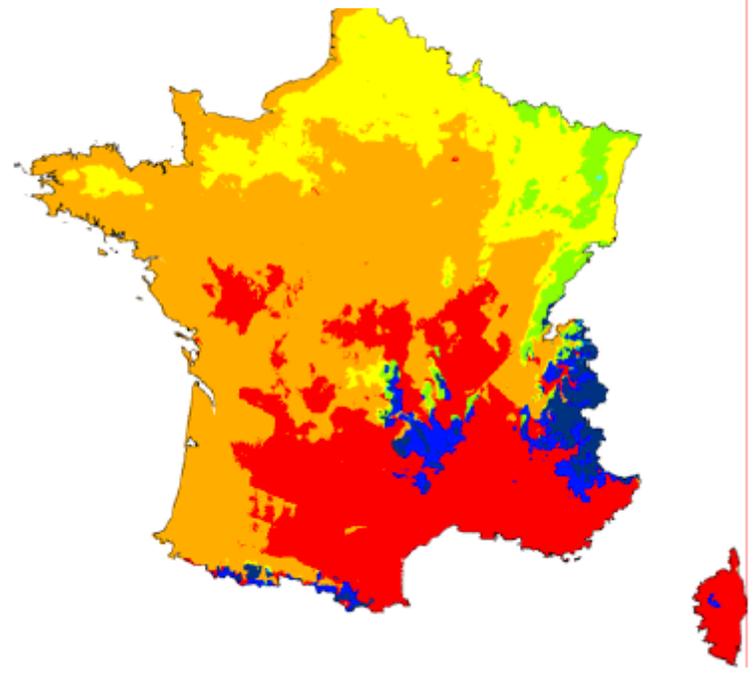
+250gC/m²

Changement des aires de répartition cf. Dupouey et al.

Climat actuel



Climat 2100



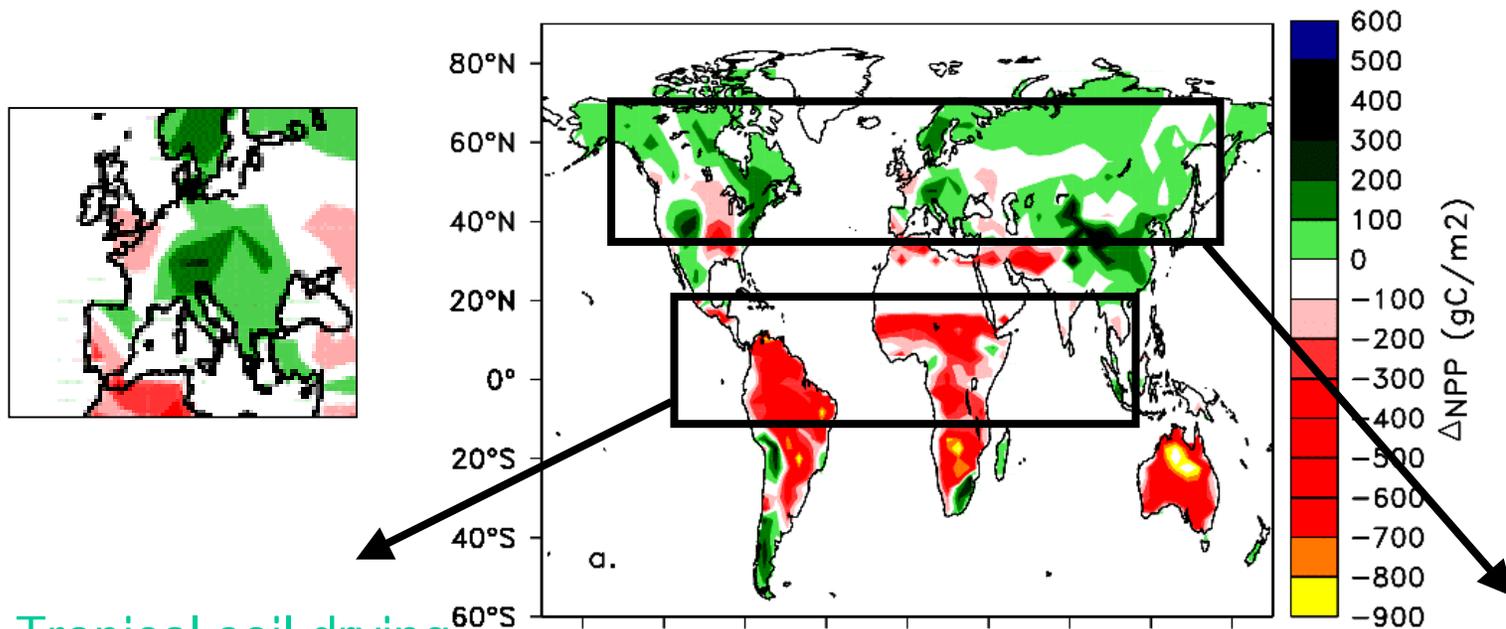
Perspectives

**☐ Inclure le cycle de l'azote dans
ORCHIDEE**

**☐ Prendre en compte les scenarii
sylvicoles**

Modélisation couplée climat-végétation

Berthelot et al. GBC 2002



Tropical soil drying

Longer growing seasons

