

Modélisation grande échelle du fonctionnement des écosystèmes terrestres: *comment mieux rendre compte des pratiques agricoles ?*

B. Guenet / N. Vuichard



LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT & DE L'ENVIRONNEMENT
WAGALAM – Journée du 13 juin 2014



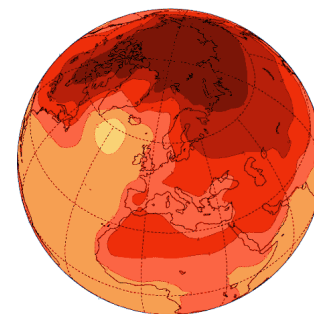
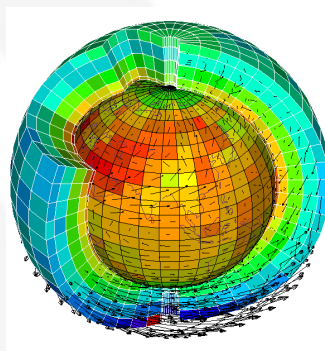
Plan

- Éléments de contexte
- Représentation du couvert
 - Horizontalement
 - Verticalement
- L'importance de l'azote
 - Végétation
 - Sol
- Phénomène d'érosion



Contexte

- Les modèles globaux de végétation (MGV) servent de composante 'surface continentale' à des modèles de Système Terre



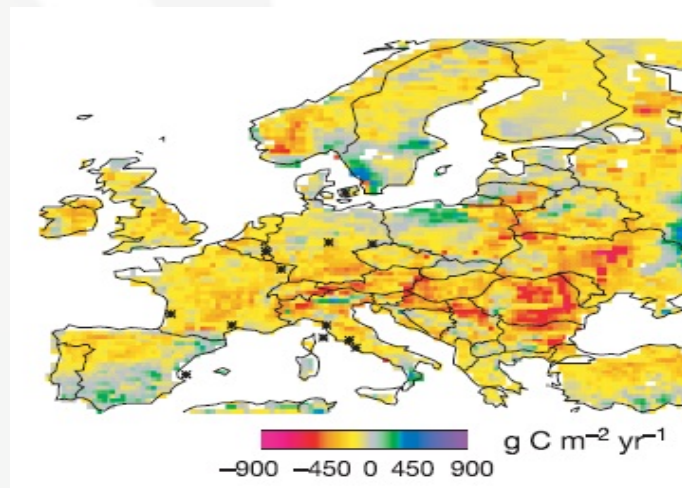
- couvrir l'ensemble des biomes -> *génériques*
- simuler les interactions avec les climats passé, présent et futur -> *basés sur des processus*



Contexte

- Les MGV sont utilisés pour des études visant à estimer la réponse de la végétation à des évolutions du climat, du $[CO_2]$ ou de perturbations anthropiques

Anomalie de NPP pour l'année 2003



Ciais et al., 2005

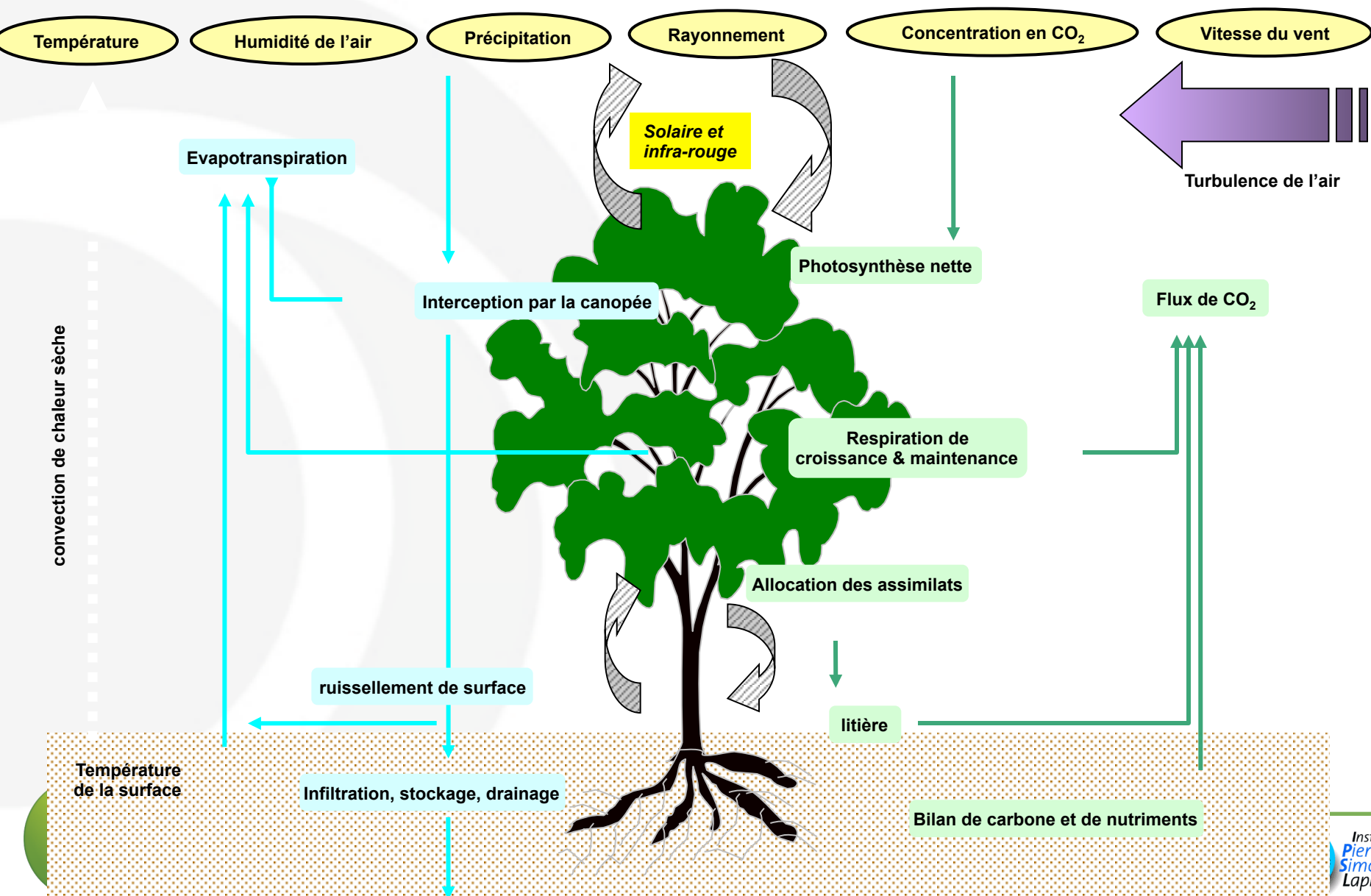


Une démarche

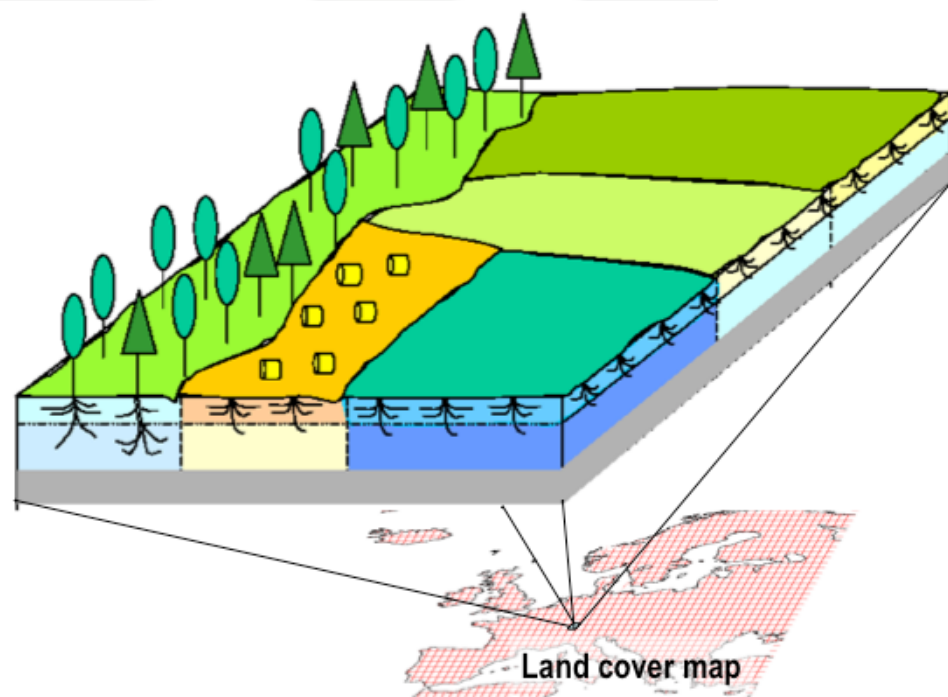
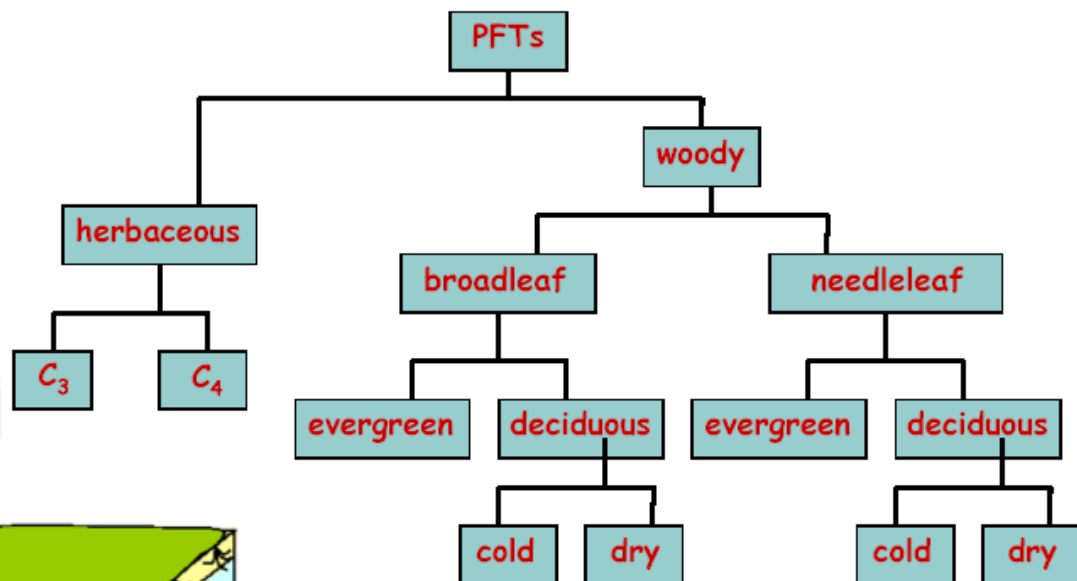
- Considérer l'échelle spatiale ('macro') comme une contrainte
- et discuter de la pertinence/justesse des informations produites par nos modèles



Processus modélisés

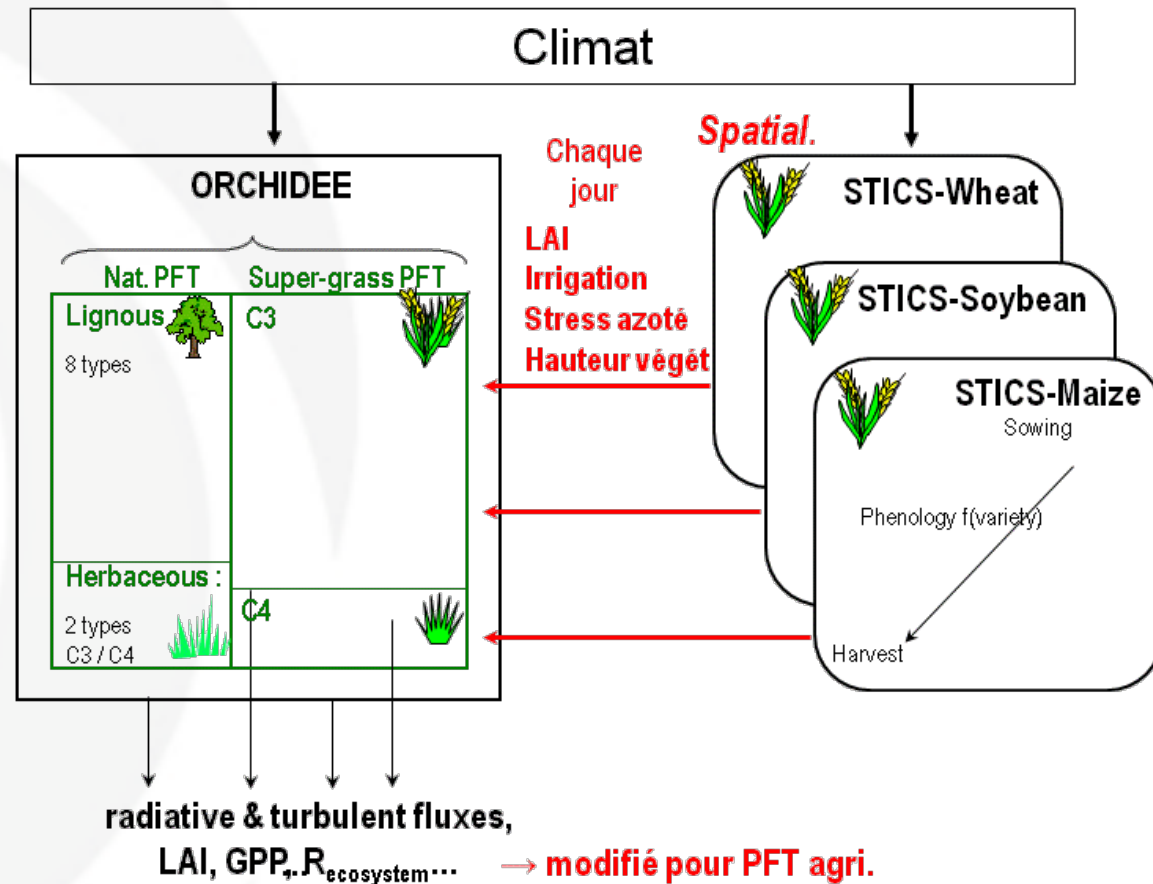


Une mosaïque de végétation

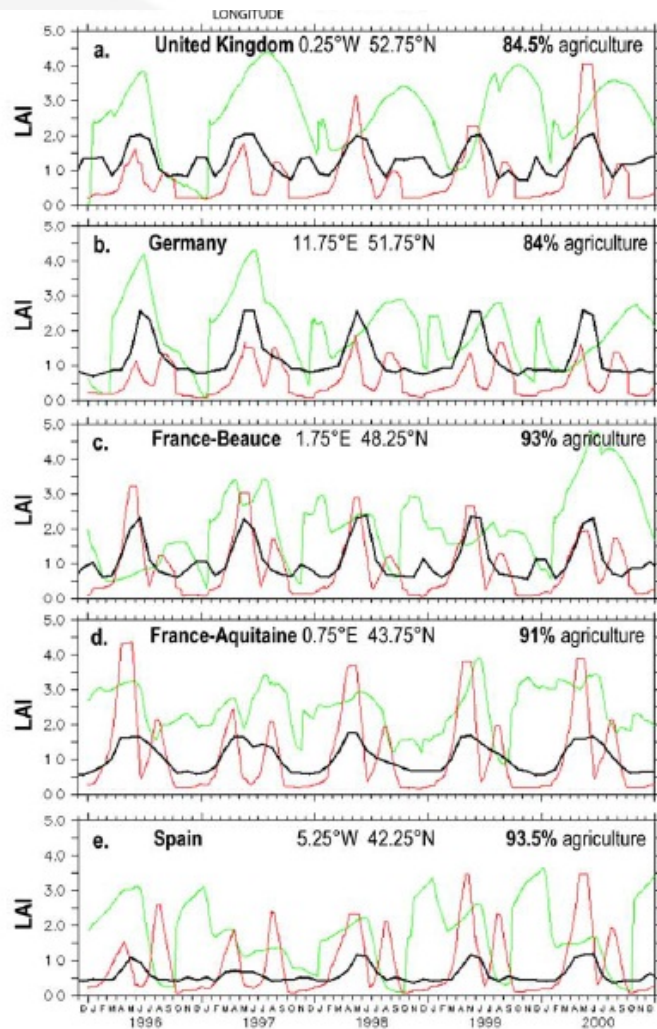


Un travail sur la phénologie des cultures

- Développement du modèle ORCHIDEE-STICS



Evaluation du LAI



■ Données

■ ORCHIDEE

■ ORCHIDEE-STICS

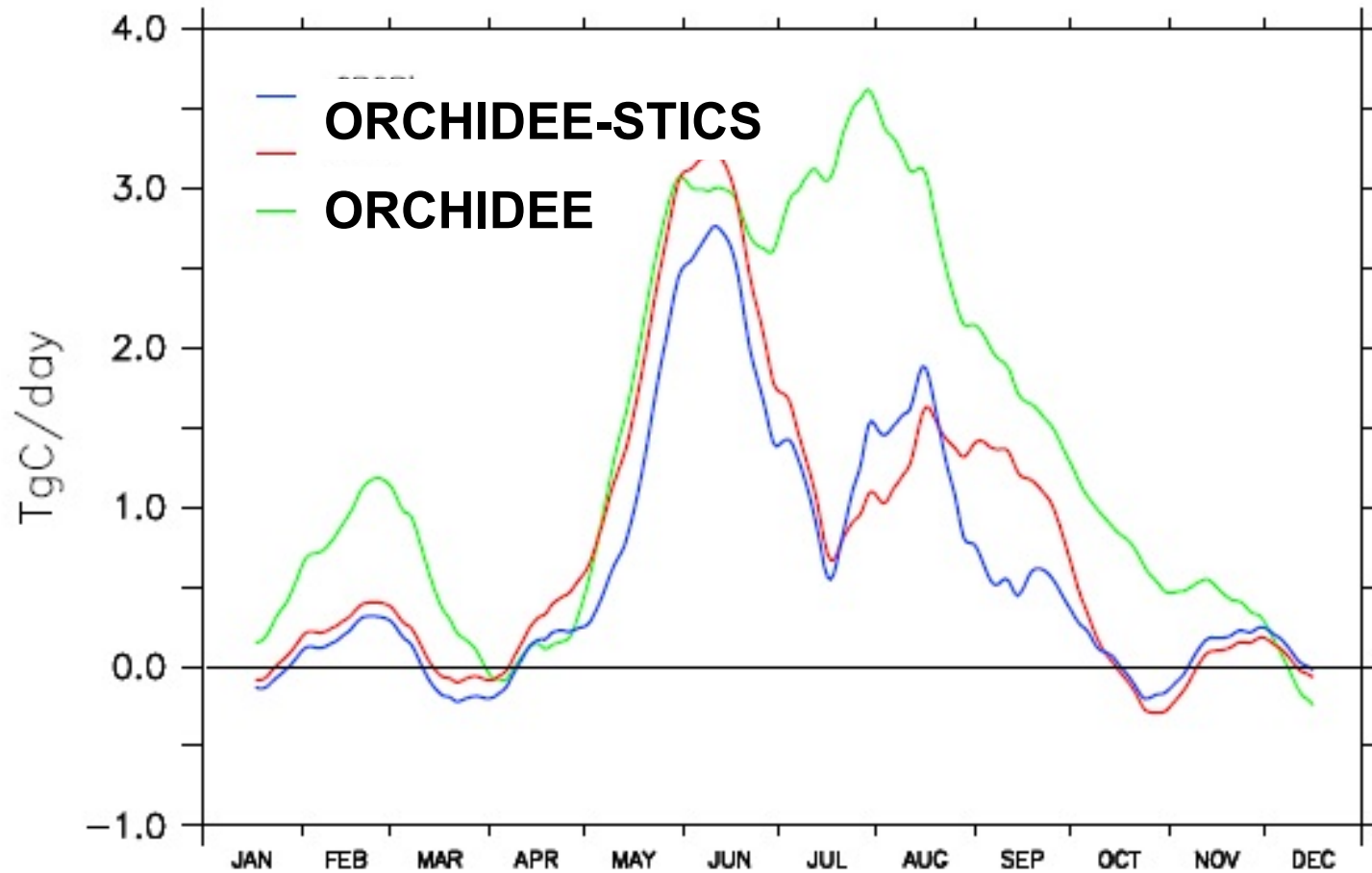
Smith et al., 2010



LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT & DE L'ENVIRONNEMENT
WAGALAM – Journée du 13 juin 2014



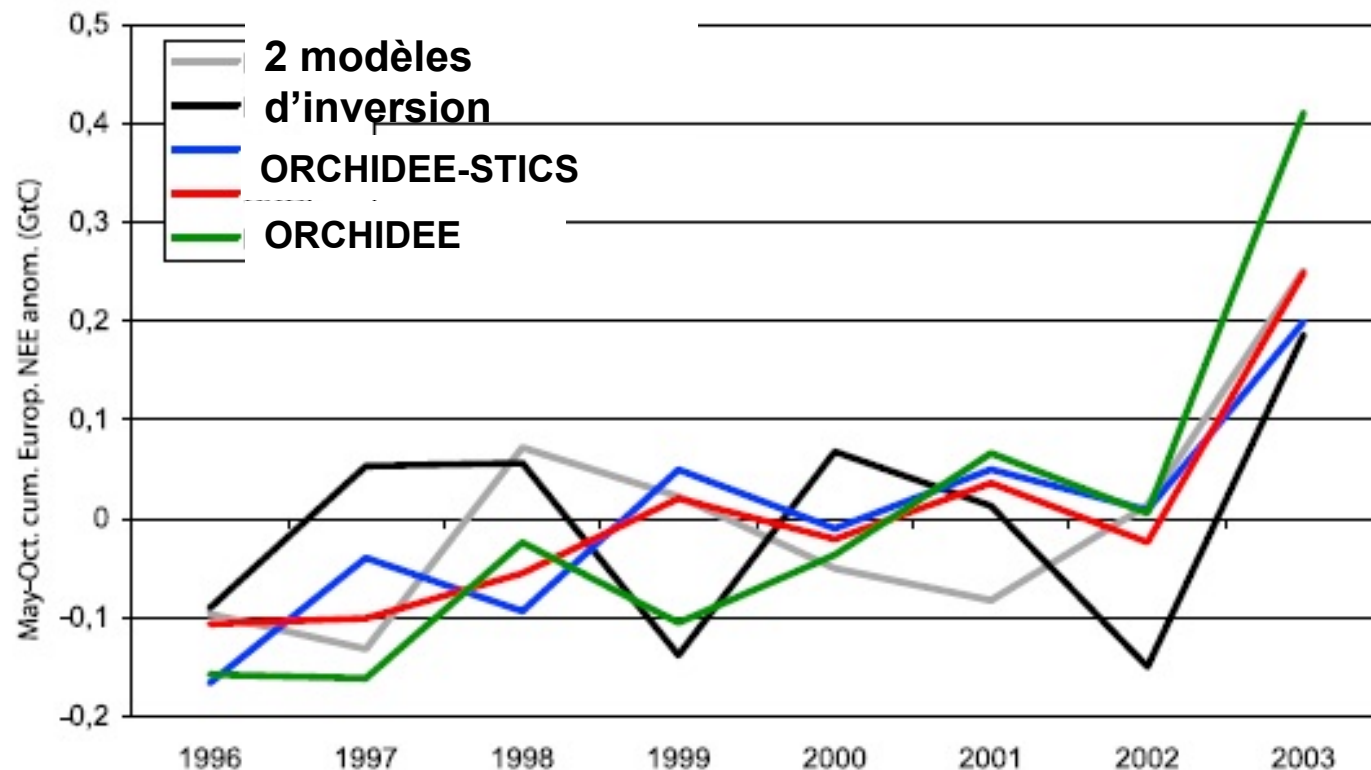
Anomalie 2003 de la NEE à l'échelle européenne



Smith et al., 2010

Comparaison avec approche ascendante

- Anomalie 2003 du flux de Carbone sur la période Mai-Octobre



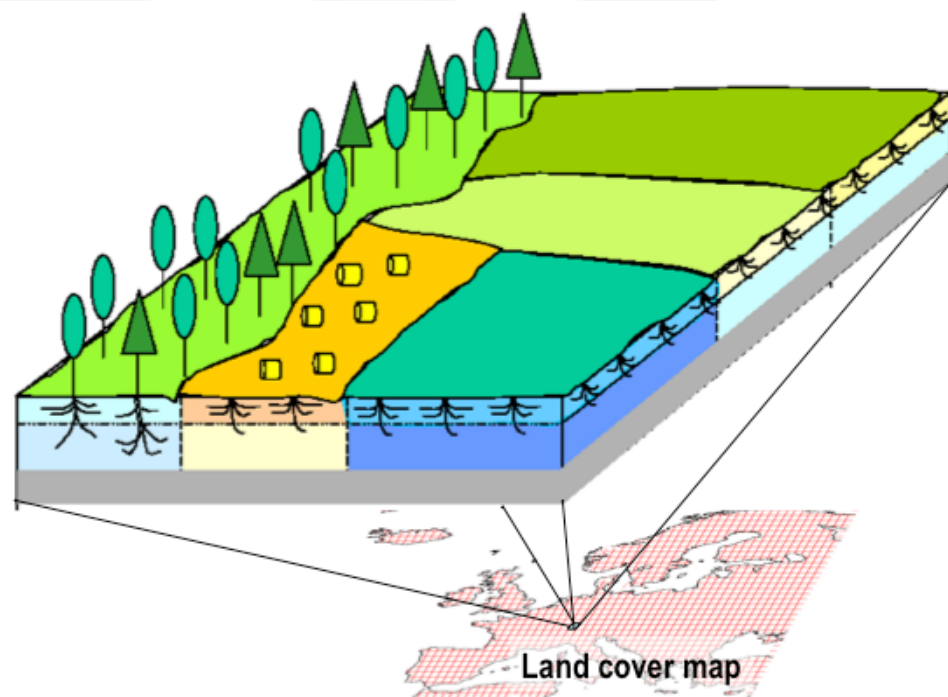
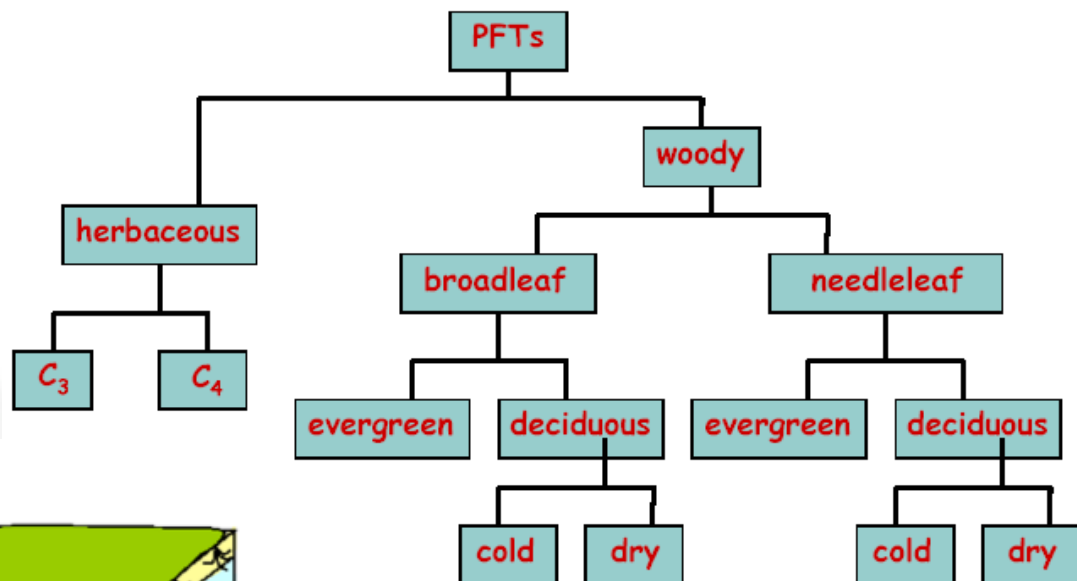
Smith et al., 2010



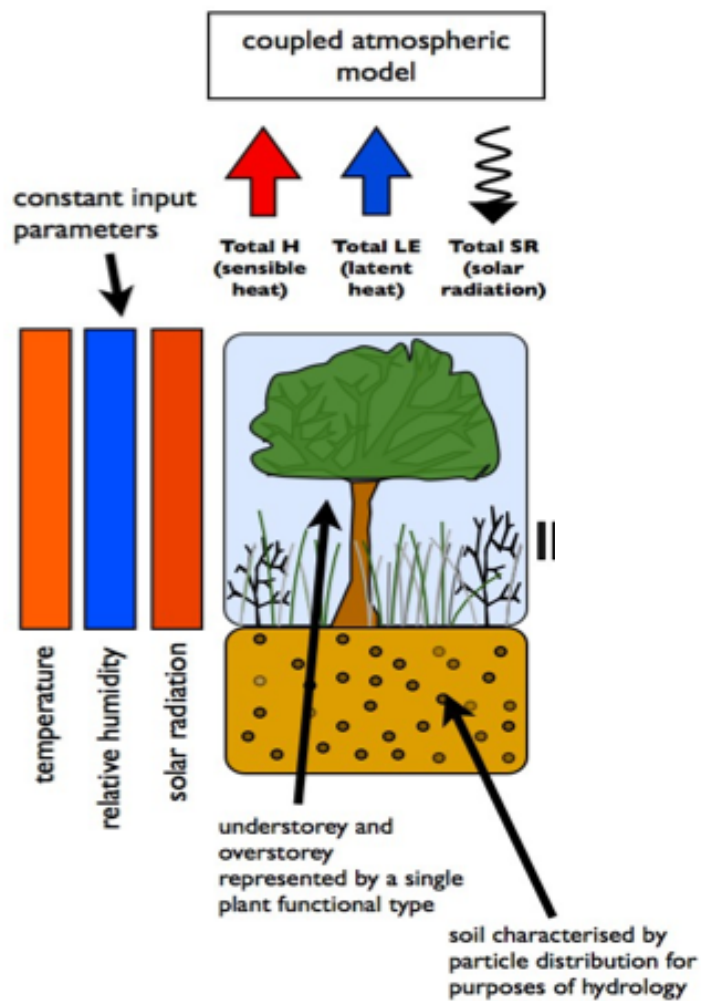
LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT & DE L'ENVIRONNEMENT
WAGALAM – Journée du 13 juin 2014



Une mosaïque de végétation



Un bilan d'énergie mono-couche



From J. Ryder



LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT & DE L'ENVIRONNEMENT
WAGALAM – Journée du 13 juin 2014



La représentation des surfaces



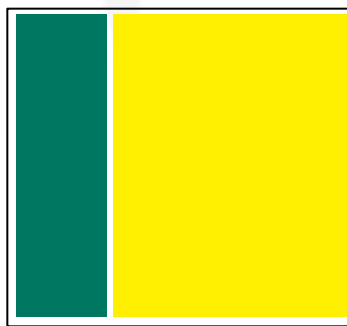
LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT & DE L'ENVIRONNEMENT
WAGALAM – Journée du 13 juin 2014



La représentation des surfaces



ORCHIDEE



LABORATOIRE DES SCIENCES D'
WAGALAM – Journée du 13 juin 201

1ENT



La représentation des surfaces

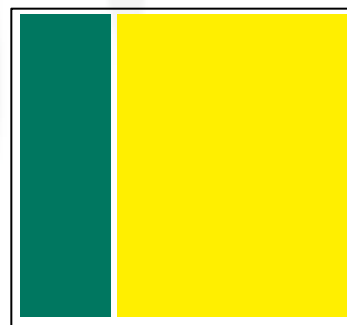


LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT & DE L'ENVIRONNEMENT
WAGALAM – Journée du 13 juin 2014



Institut
Pierre
Simon
Laplace

La représentation des surfaces



ORCHIDEE

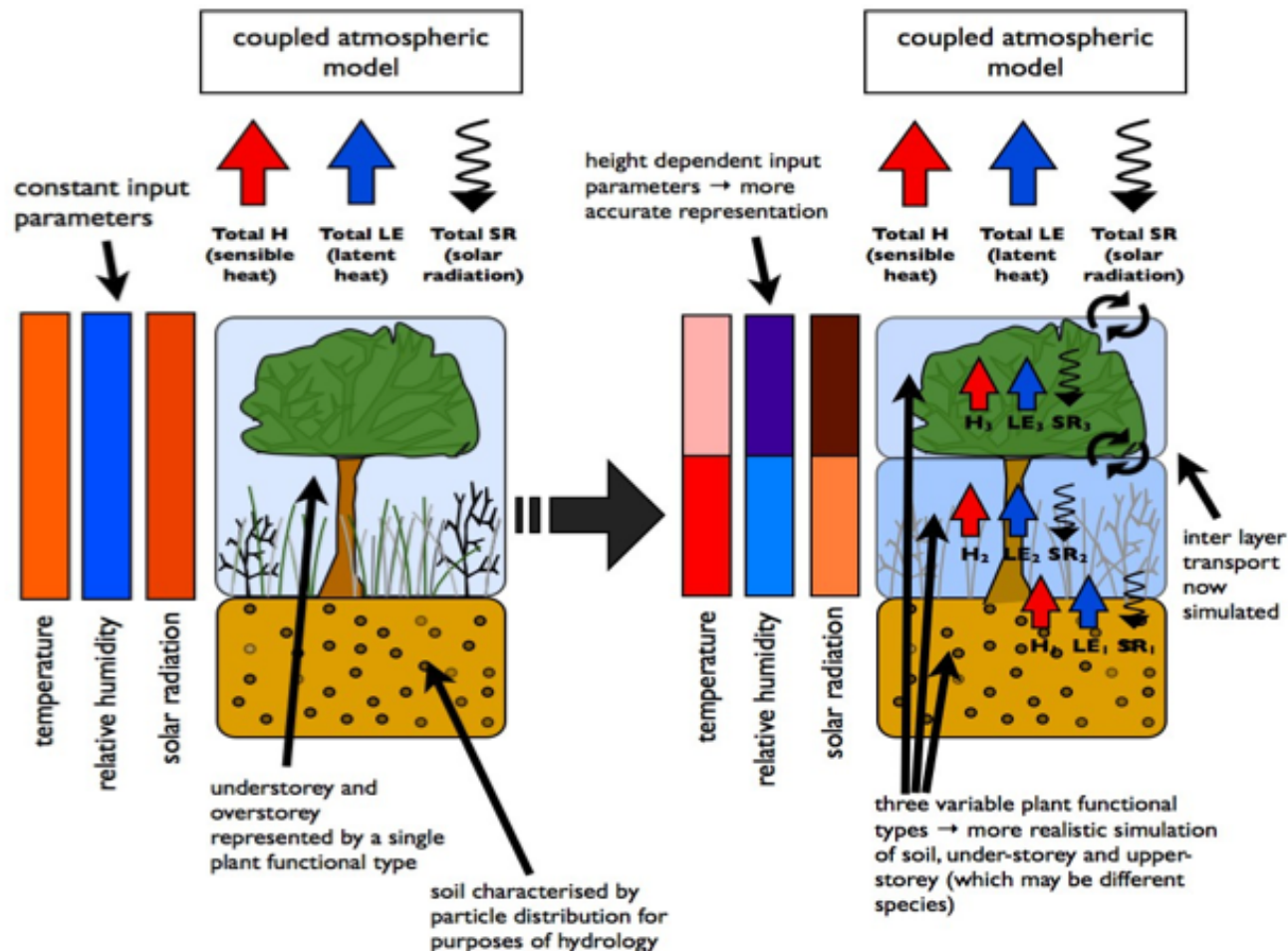


LABORATOIRE DES SCIENCES D'
WAGALAM – Journée du 13 juin 201

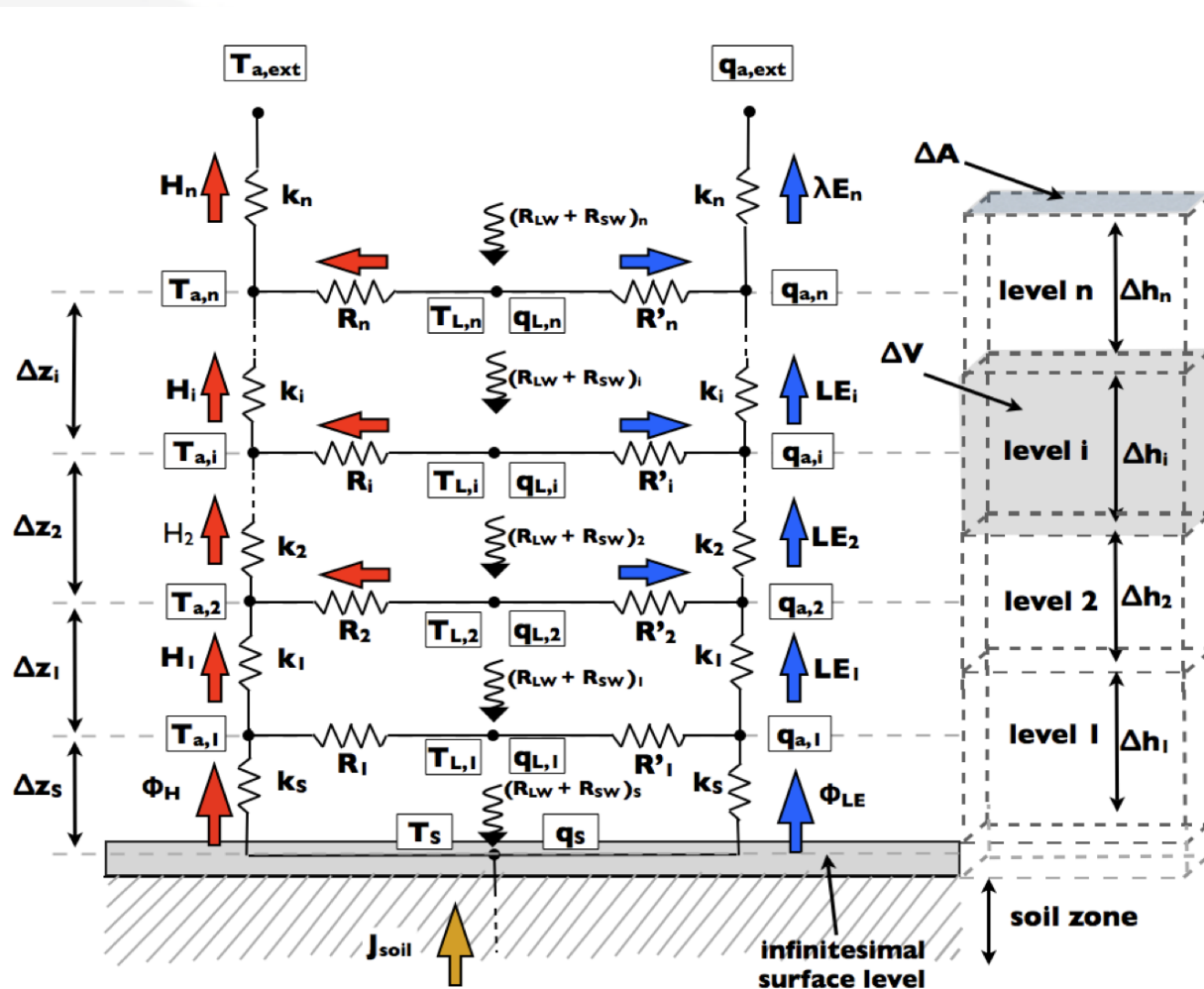
AENT



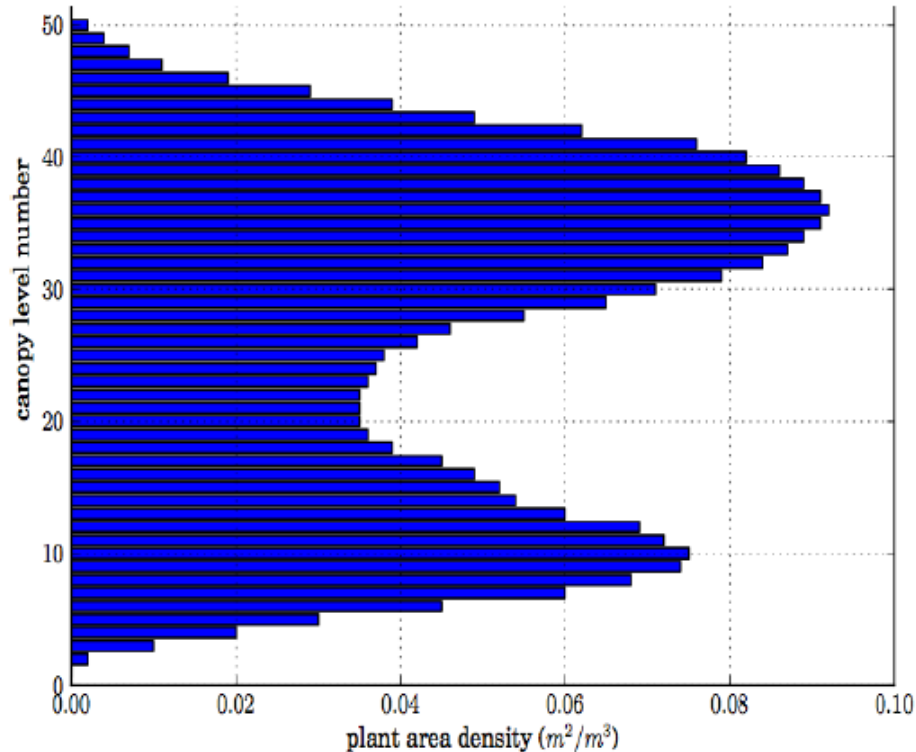
Vers un bilan d'énergie multi-couche



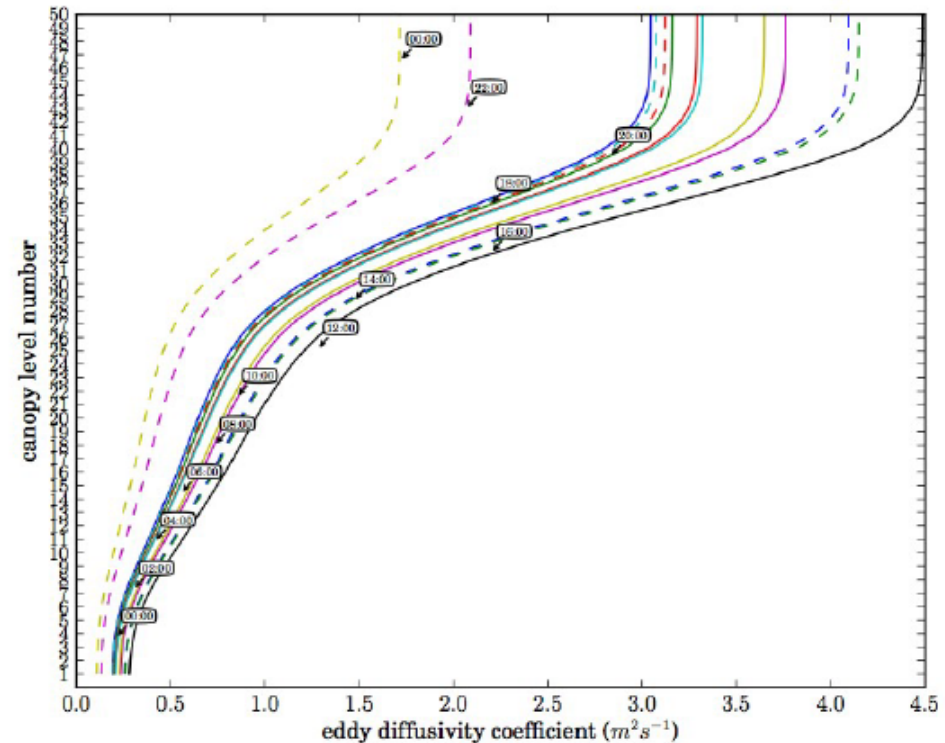
Vers un bilan d'énergie multi-couche



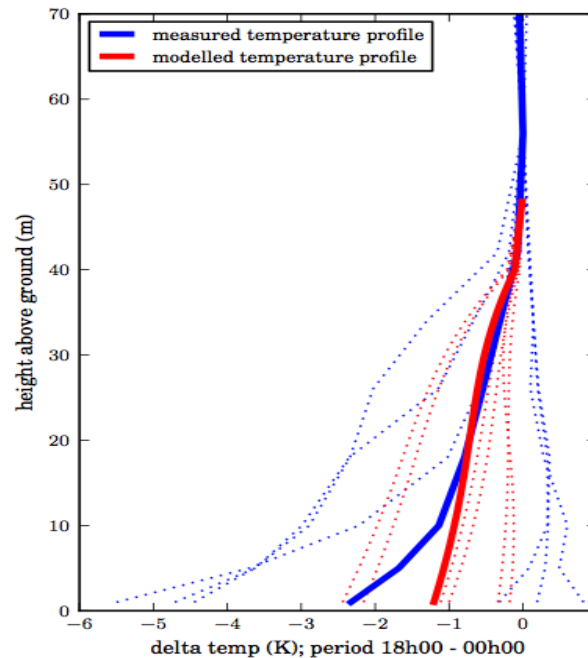
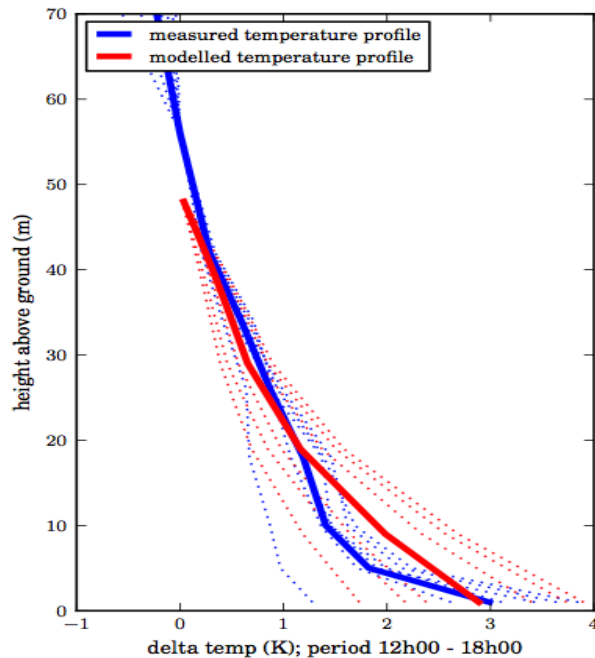
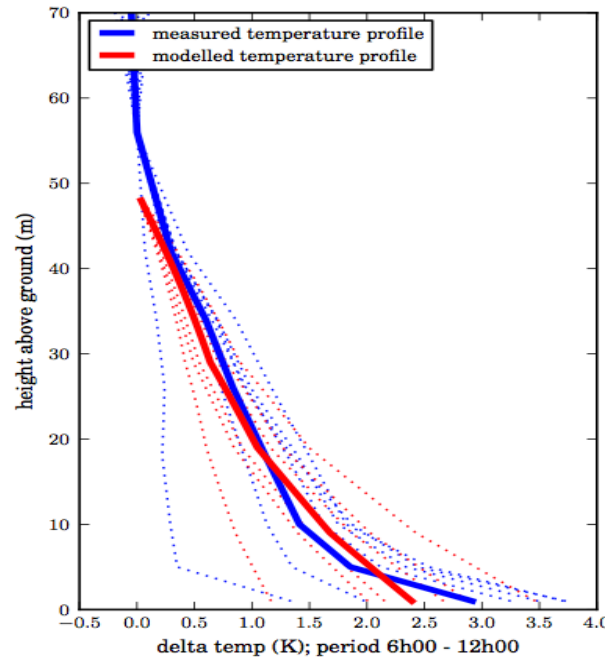
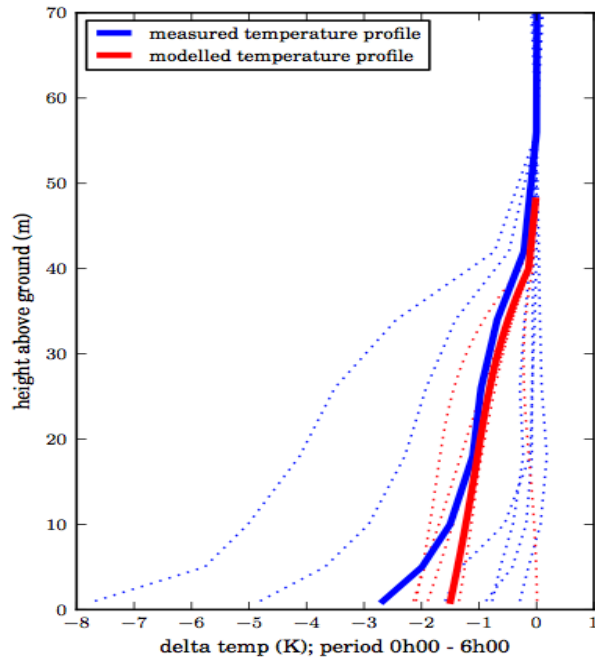
Plant area density (m^2/m^3)



Eddy diffusivity profile (m^2/s)



- - profile shown at different times of day
- transport closure model based on canopy structure
- implementation of further factor to account for near field canopy turbulence effects

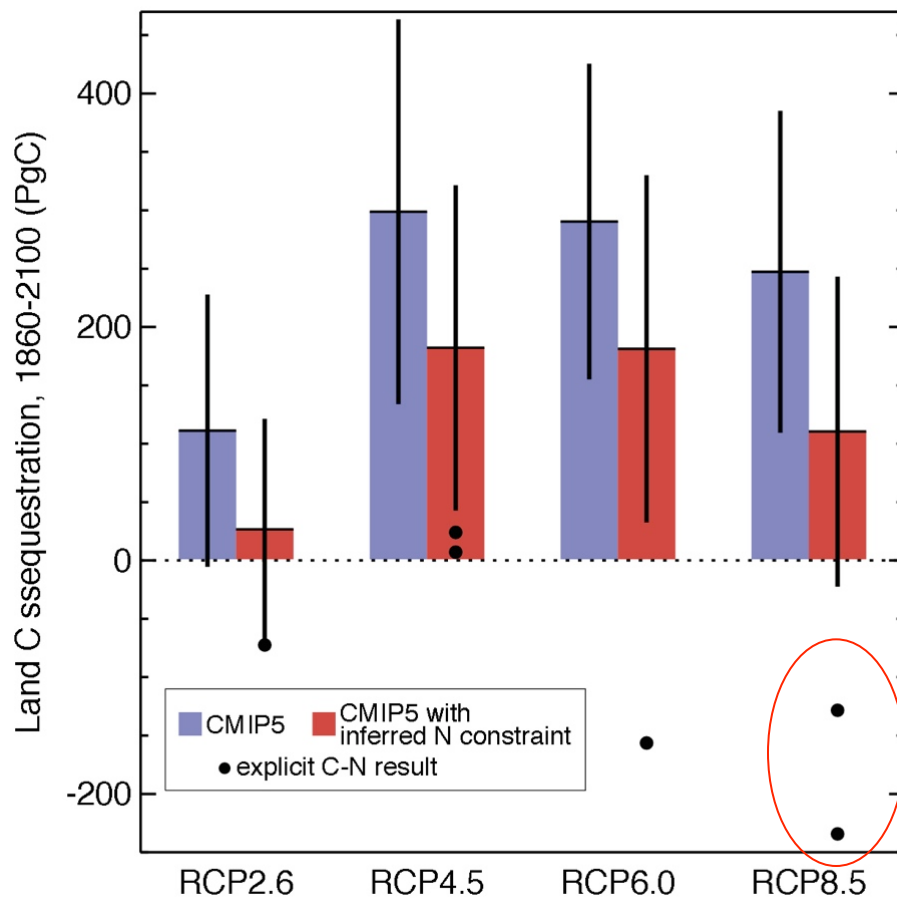


8 – plot of the mean modelled temperature gradients within the canopy (expressed as a difference from the temperature at the canopy top) against the measured temperature gradients for the same period. Also shown are the equivalent measurement date for individual days, as dotted lines)

NT

Limitation de la productivité par l'azote

- Puits de Carbone dans la biosphère terrestre (1860-2100) – Modèles CMIP5



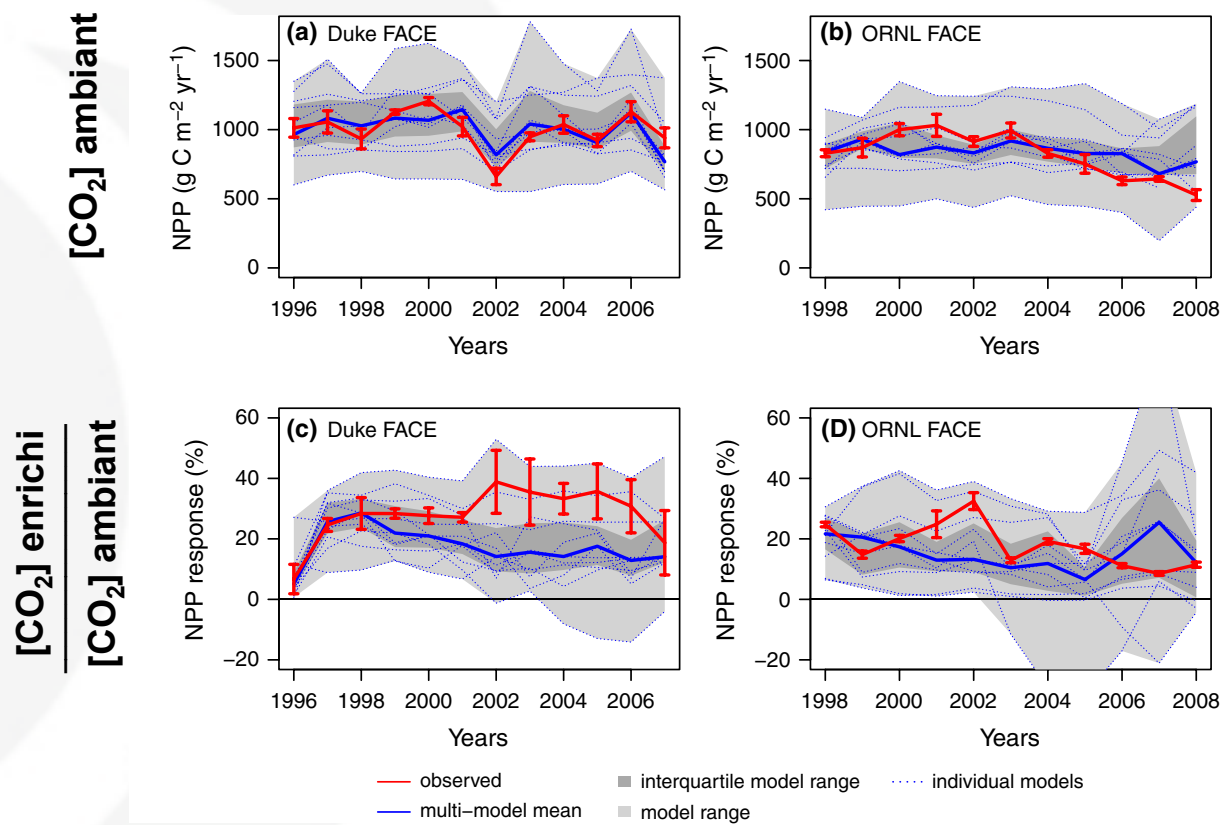
Deux modèles couplant C et N dans CMIP5

IPCC, WGI, Chapitre 6, 2014



Modèles de végétation couplant C et N

- Intercomparaison de 12 modèles couplant C et N sur deux sites FACE



Zaehle et al., 2014

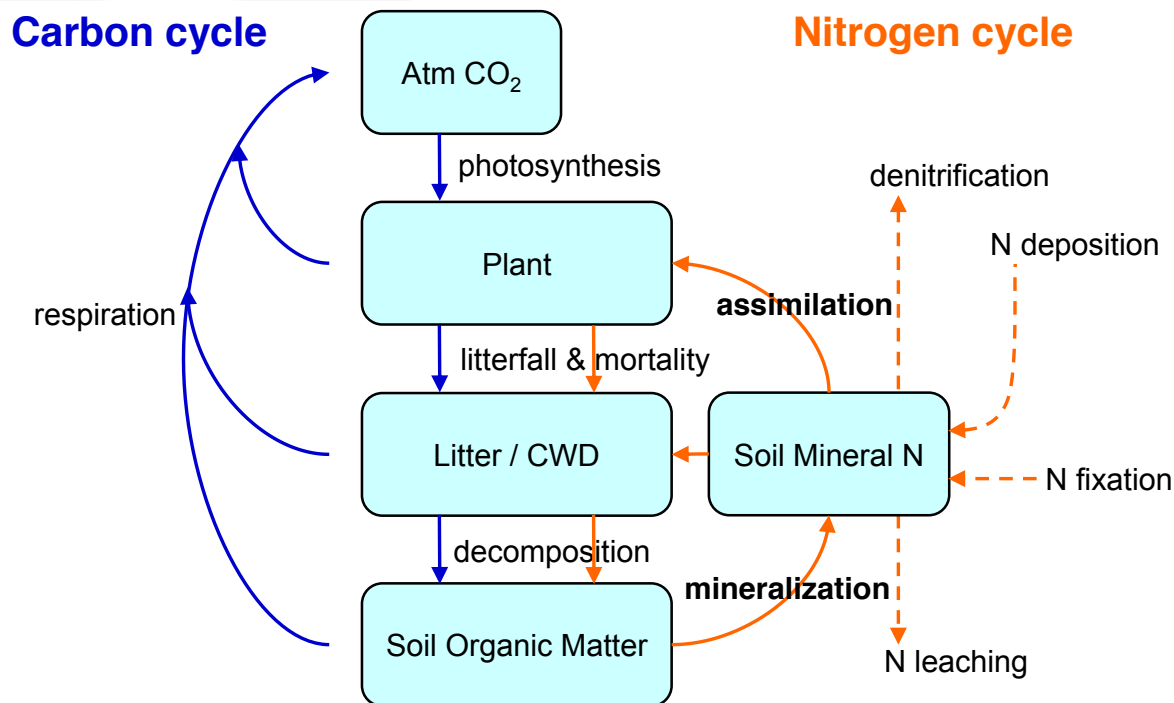


LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT & DE L'ENVIRONNEMENT
WAGALAM – Journée du 13 juin 2014



Les cycles du C et de l'N dans ORCHIDEE

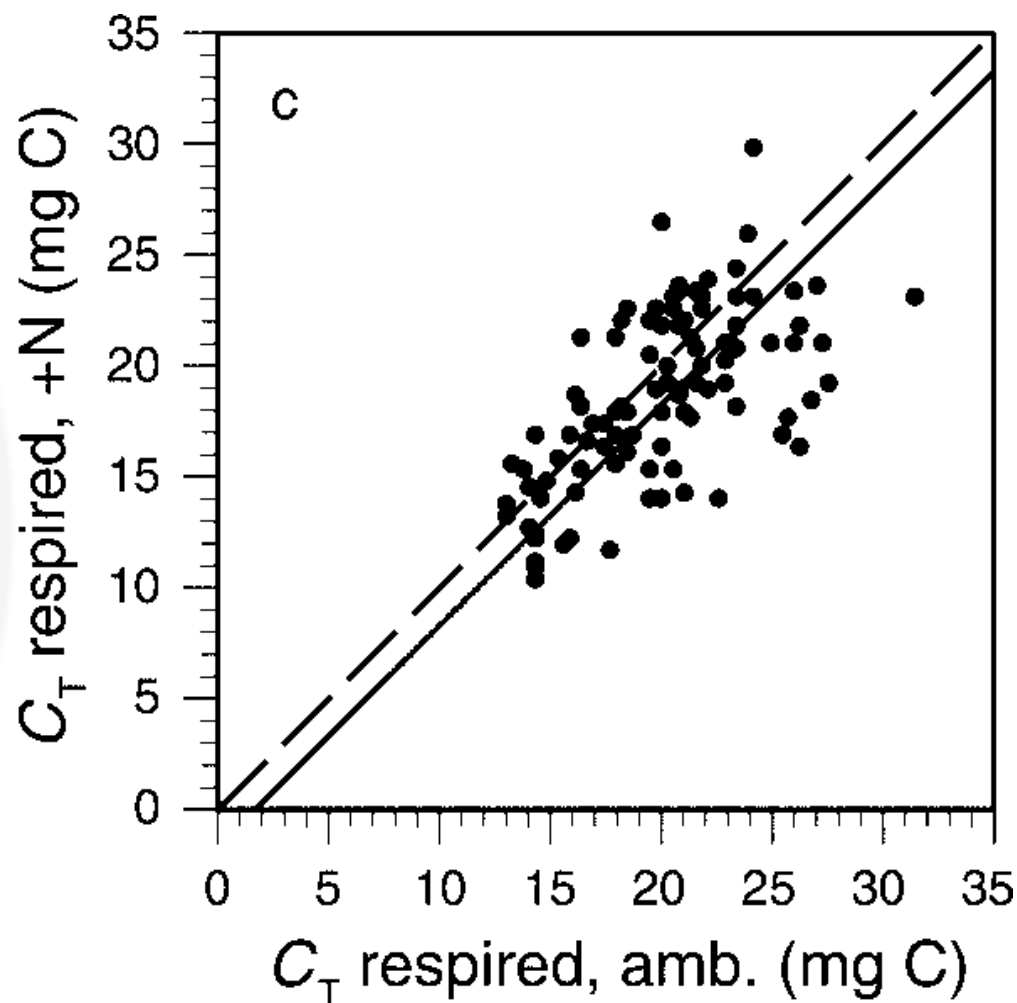
- Travail de Sönke Zaehle (2007- 2010)
 - Basés sur une version nommée O-CN (Zaehle et al., 2010a,b)
 - Principal focus: Réponse des flux de C à l'état azoté
- Un travail de merge dans le trunk d'ORCHIDEE en cours



From S. Zaehle

L' IMPORTANCE DE L' N POUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL

- La disponibilité en azote contrôle la respiration hétérotrophe (Craine et al., 2007).
- Lorsque l'azote est limitant la décomposition des MOS est accélérée (N-mining)



L' IMPORTANCE DE L' N POUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL

- L'effet N-mining peut induire des bilans de C négatifs (Fontaine et al., 2004)

Table 1 Soil carbon balance

	Low nutrient	High nutrient
(a) ^{13}C added	495	495
(b) ^{13}C lost as CO_2	-365 ± 21	-318 ± 3
(c) ^{13}C remaining in soil	110 ± 11	140 ± 4
(d) ^{12}C lost as CO_2 because of PE	-140 ± 3	-72 ± 15
Soil carbon balance (c + d)	-30 ± 11	$+68 \pm 19$

Data are for the two nutrient treatments at day 70.

Mean $\pm$ standard error are expressed in mg C kg^{-1} soil.

PE, priming effect.



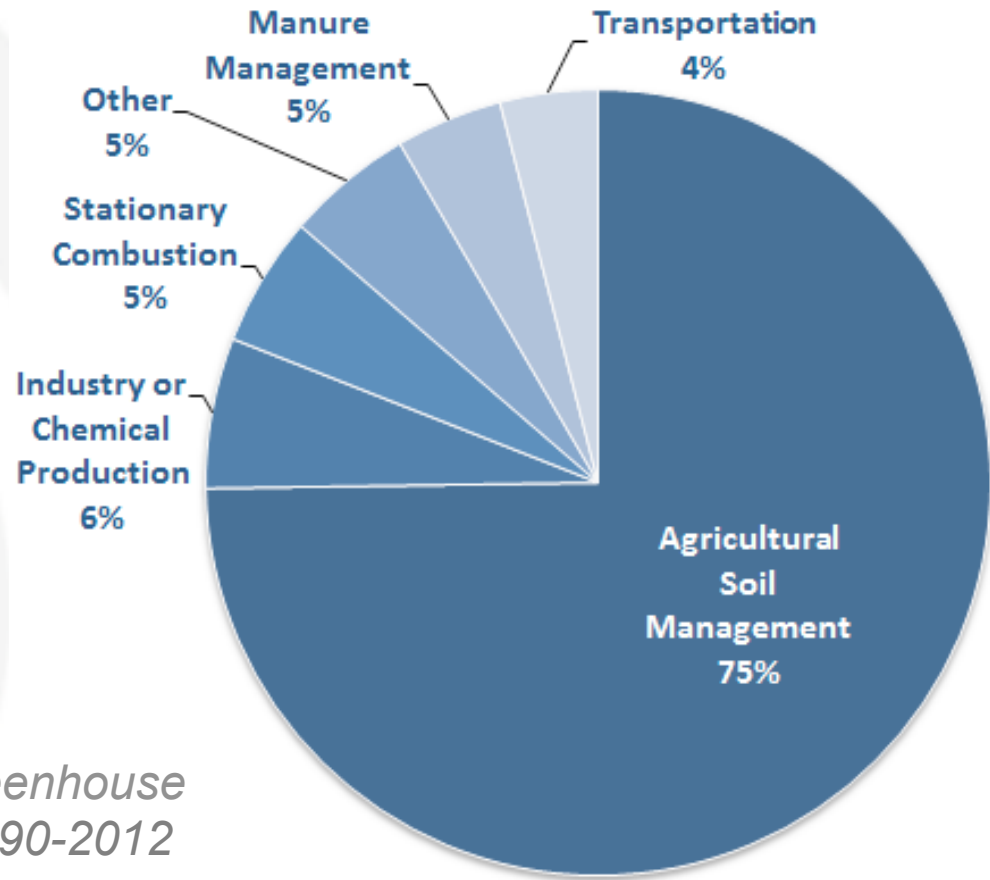
L' IMPORTANCE DE L' N POUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL

- Important de représenter les interactions stoichiométriques qui contrôlent la décomposition.
- Décomposition préférentielle du carbone labile sauf en cas de limitation par l'azote. Investir dans des enzymes à cout énergétique fort mais qui rendent l'azote disponible.
- Ajustement du C:N de la communauté microbienne
- ...



L' IMPORTANCE DE L' N POUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL

- L'N est également minéralisé dans sols et peut être source de GHG.

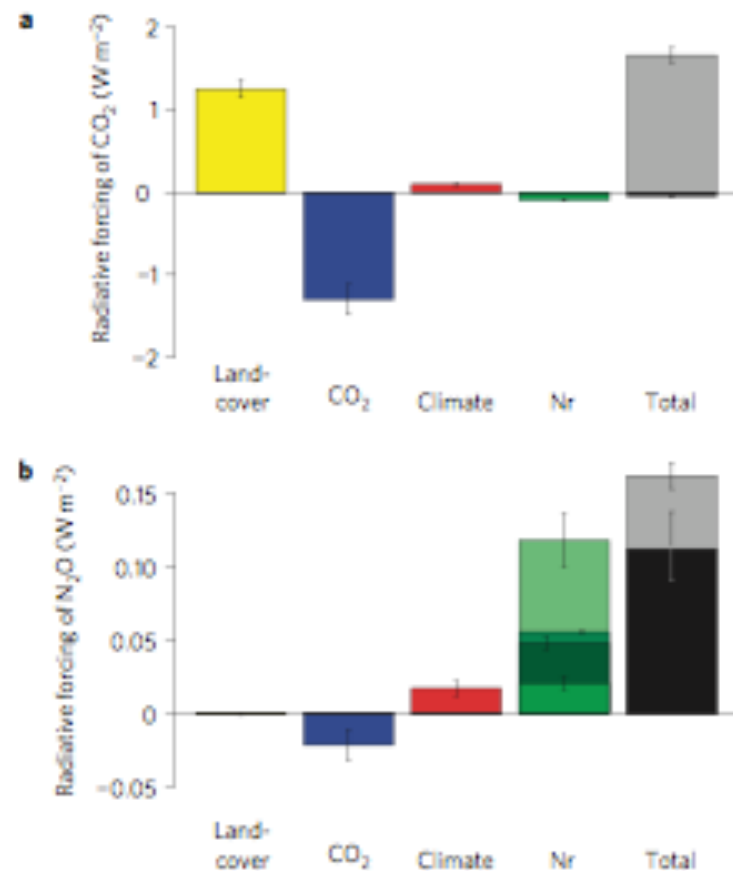


Source: *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2012*



L' IMPORTANCE DE L' N POUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL

- Primordiale de mieux comprendre et de mieux représenter les processus de nitrification/dénitrification
- Le puits de C induit par les entrées anthropiques d'azote (0.096 W m^{-2}) est plus que compensé par les émissions de GHG azotés (0.125 W m^{-2}) .



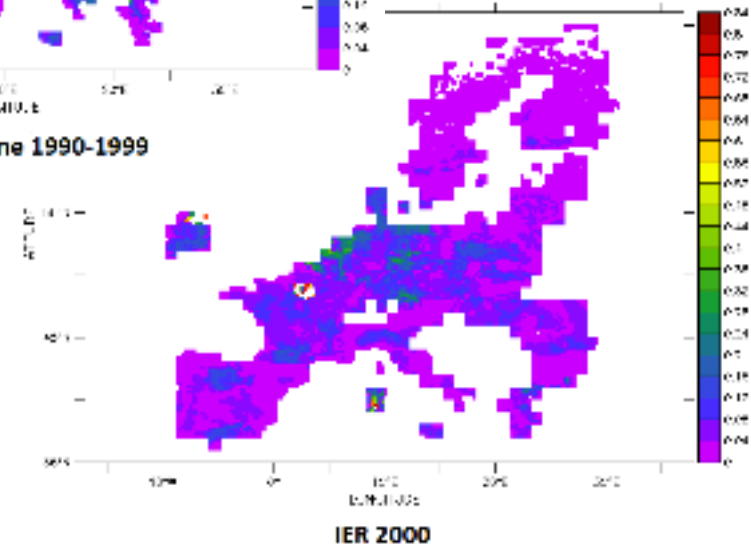
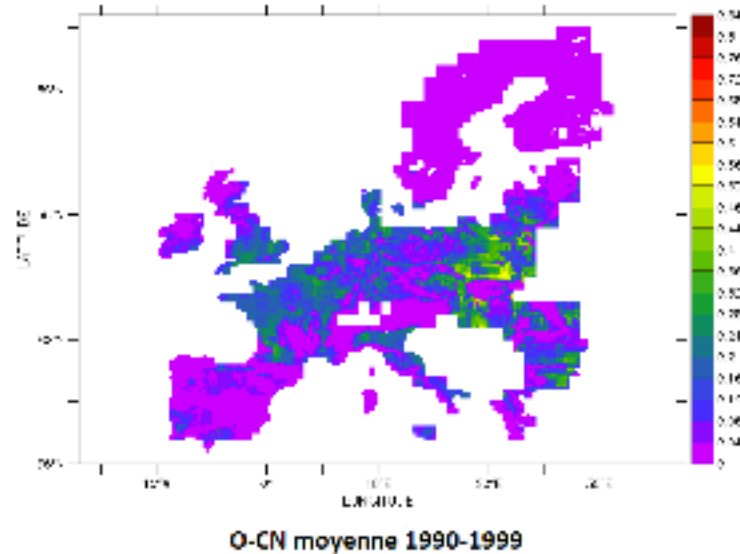
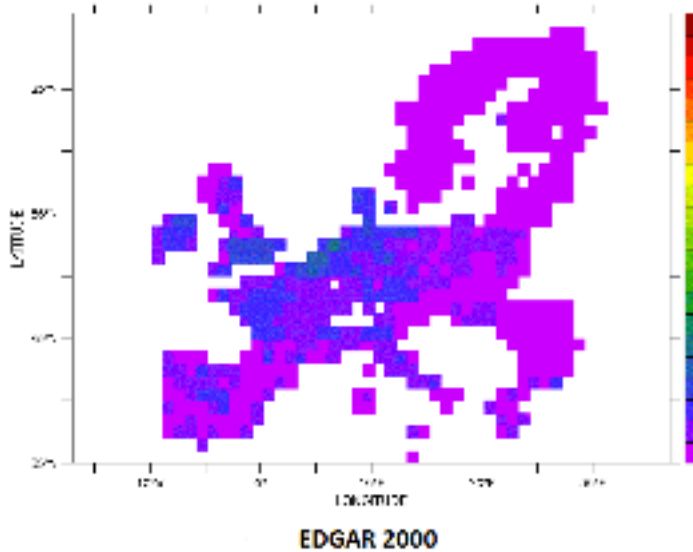
Zaehle et al., (2011)



L'IMPORTANCE DE L'N POUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL

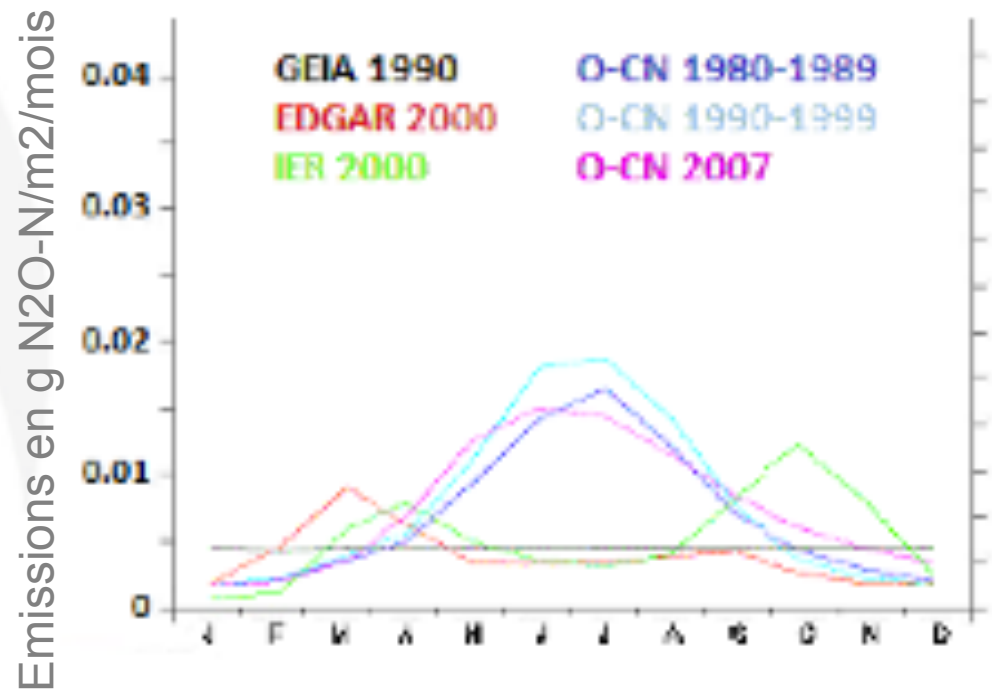
- La complexité du phénomène rend les modèles largement perfectibles

Prieur 2012, *Thèse*



L' IMPORTANCE DE L' N POUR LE FONCTIONNEMENT DU SOL

- Mais des données à grandes échelles manquent pour contraindre les modèles...



Prieur 2012, *Thèse*



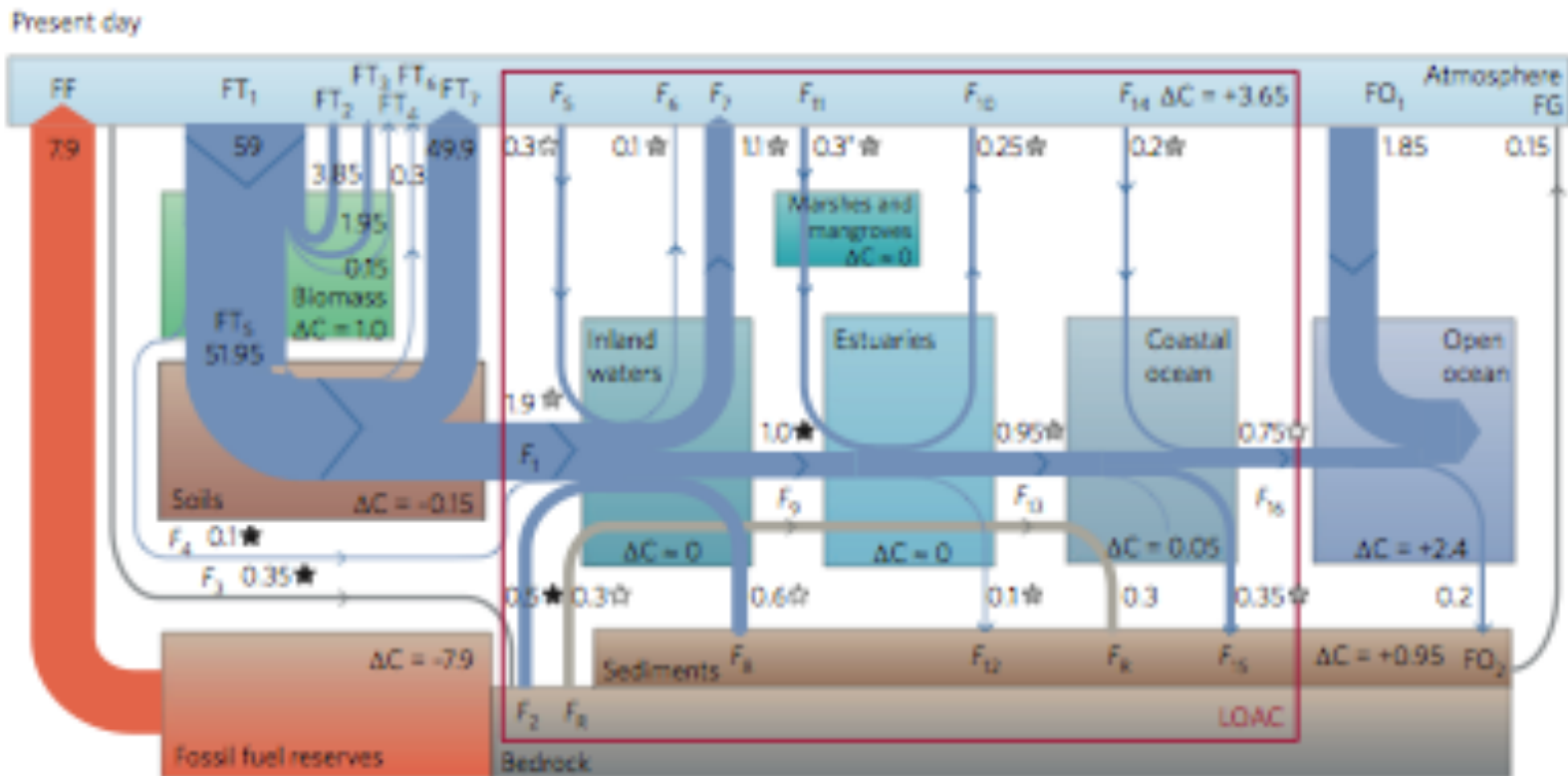
LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT & DE L'ENVIRONNEMENT



Institut
Pierre
Simon
Laplace

COMMENT REPRESENTER L'EROSION

- Les flux latéraux sont largement ignorés dans les ESM
- L'érosion est une part importante des flux latéraux



Regnier et al. (2013)

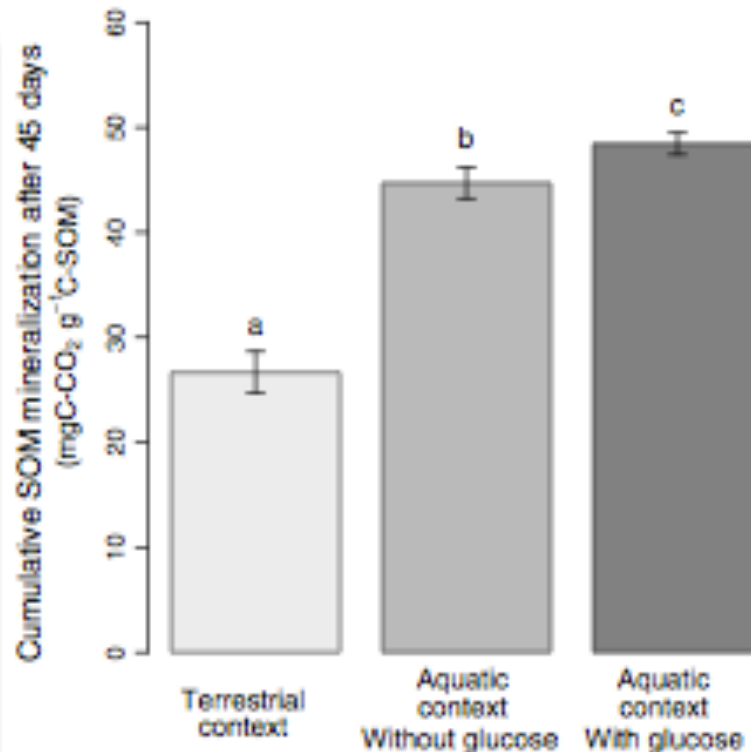


LABORATOIRE DES SCIENCES DU CLIMAT & DE L'ENVIRONNEMENT



COMMENT REPRESENTER L'EROSION

- L'érosion déplace entre 0.54 et 3.75 Tg de OC ans⁻¹
- Affecte plus d'1 milliard d'hectares dans le monde.
- Est une source ou un puits de C?



Guenet et al. (2014)



COMMENT REPRESENTER L'EROSION

- Les modèles utilisent généralement l'équation de perte de sol universelle de Williams (1995) adaptée à leurs problématiques
- Le modèle SWAT propose une approche empirique applicable aux ESM pour l'érosion par la pluie.

Erosion = f(indice d'érosion, pratique culturale, couvert végétal, topography, fraction de rock)

- Erosion par le vent: WEPS basé sur les mêmes principes.



Conclusion

- Insertion de légumineuses dans des rotations
 - Cycle N (émissions N₂O)
 - Interactions C/N (productivité)
 - Phénologie (bilan C, énergie)
- Inter-cropping
 - Erosion
 - Bilan (énergie/eau/C)
- Agroforesterie
 - Bilan d'énergie
 - Bilan d'eau

