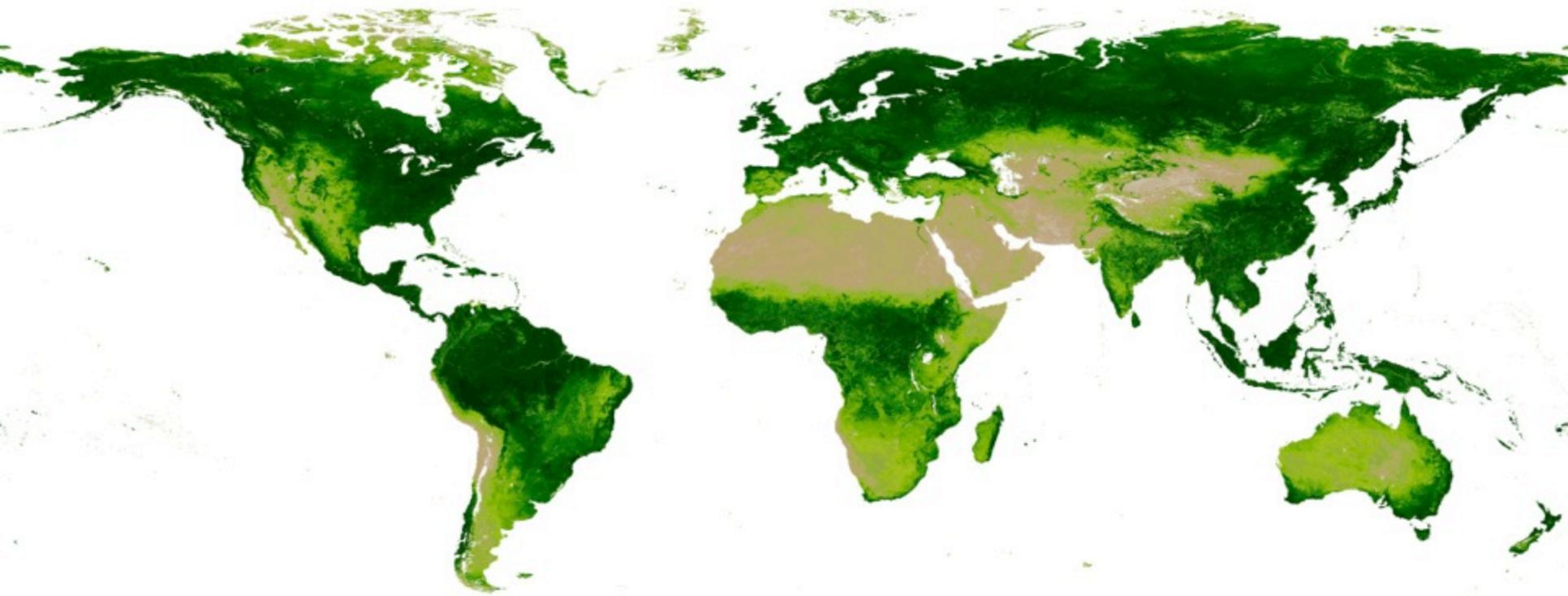




Agriculture, sylviculture et gaz à effet de serre: observations du réseau Ecosystèmes-Fr de l'infrastructure ICOS.

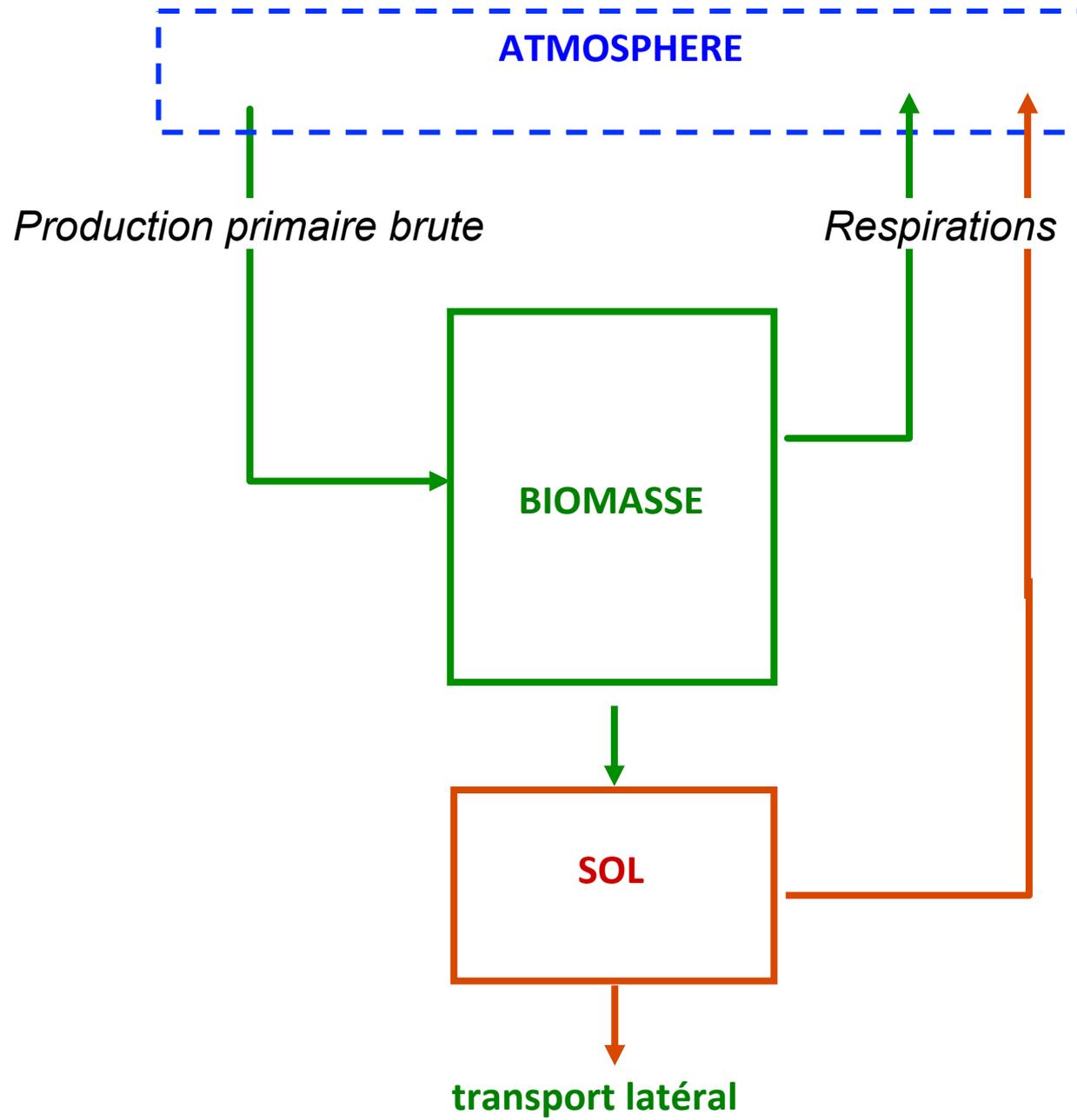
D. Loustau, S. Lafont, B. Longdoz, E. Ceschia, T. Tallec, R. Joffre, K. Klumpp, B. Loubet, A. Chabbi, G. Simioni, S. Garrigues, D. Bonal, B. Mary, S. Conil

L' écosystème continental

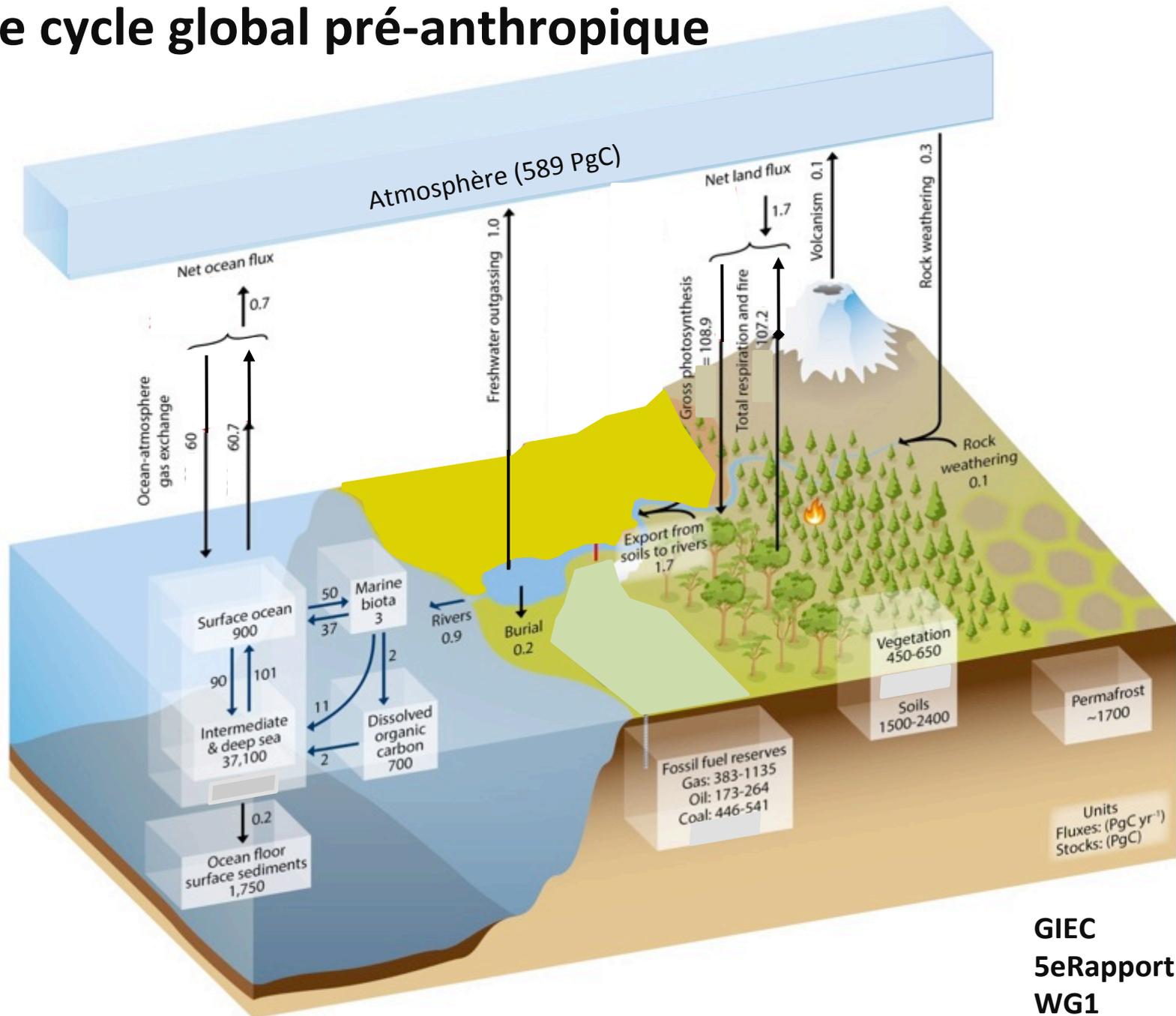


NDVI MODIS, index de végétation, été 2013.

Le cycle rapide du carbone dans l'écosystème continental.

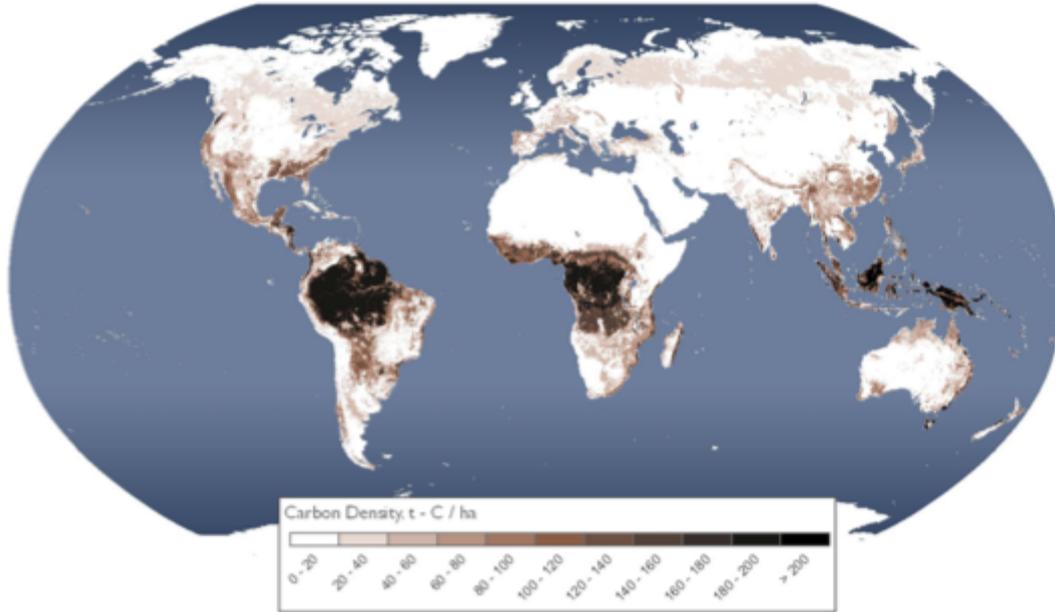


Le cycle global pré-anthropique



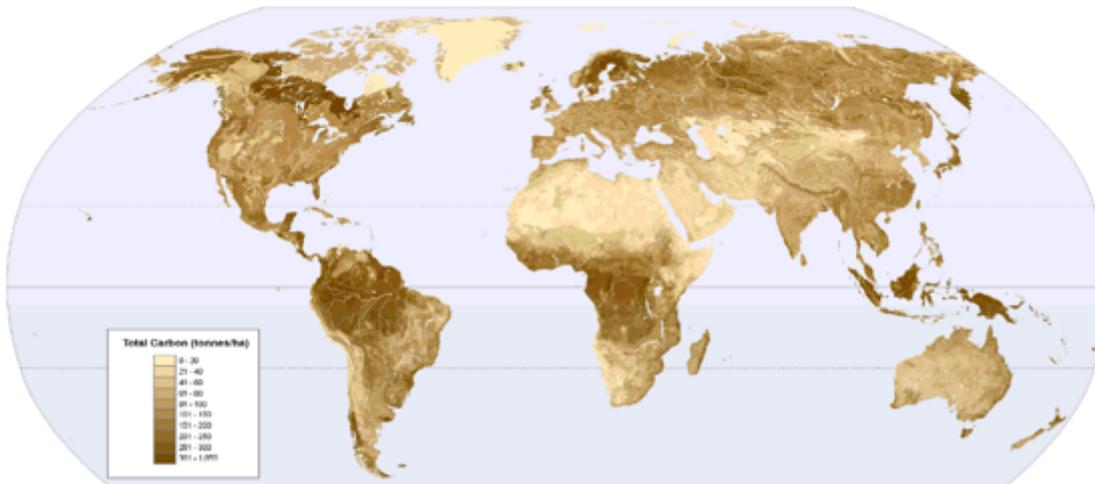
Les stocks de carbone biosphériques continentaux.

Global Above- and Below-ground Living
Biomass Carbon Density



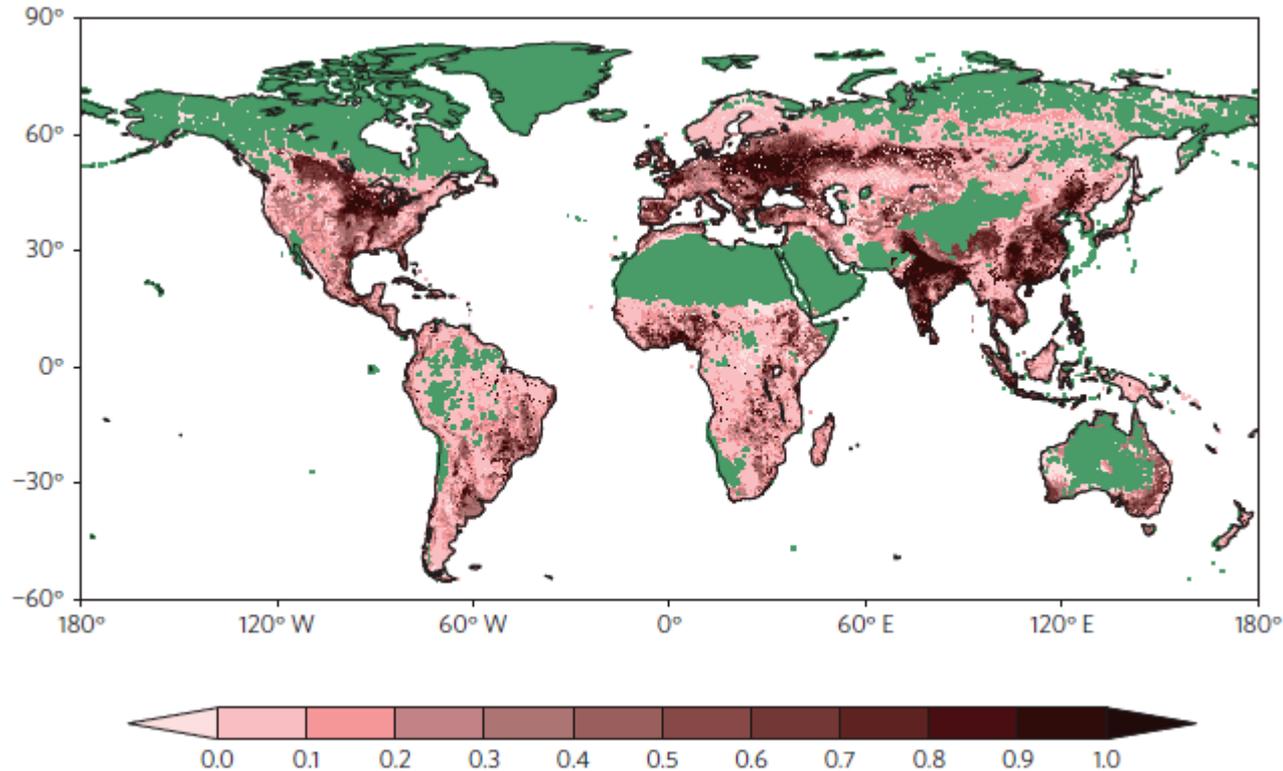
- Biomasse

Ruesch, et al. 2008. New IPCC Tier-1 Global Biomass Carbon Map For the Year 2000.



L'écosystème continental anthropisé.

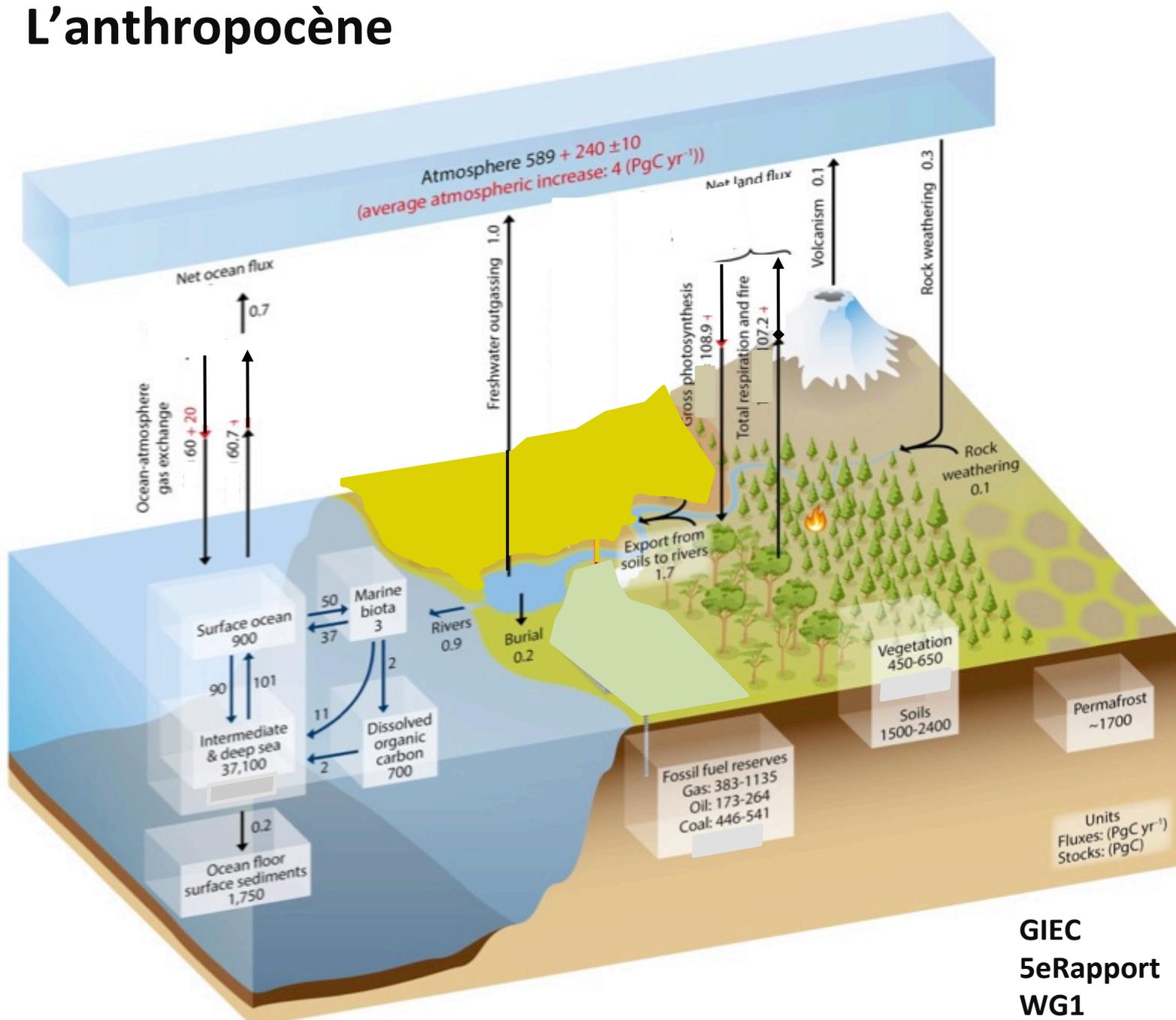
Intensité d'anthropisation des écosystèmes continentaux.



% de la surface du point de grille où la végétation a été convertie.

Les surfaces en vert sont considérées comme non anthropisées.

L'anthropocène



GIEC
5eRapport
WG1

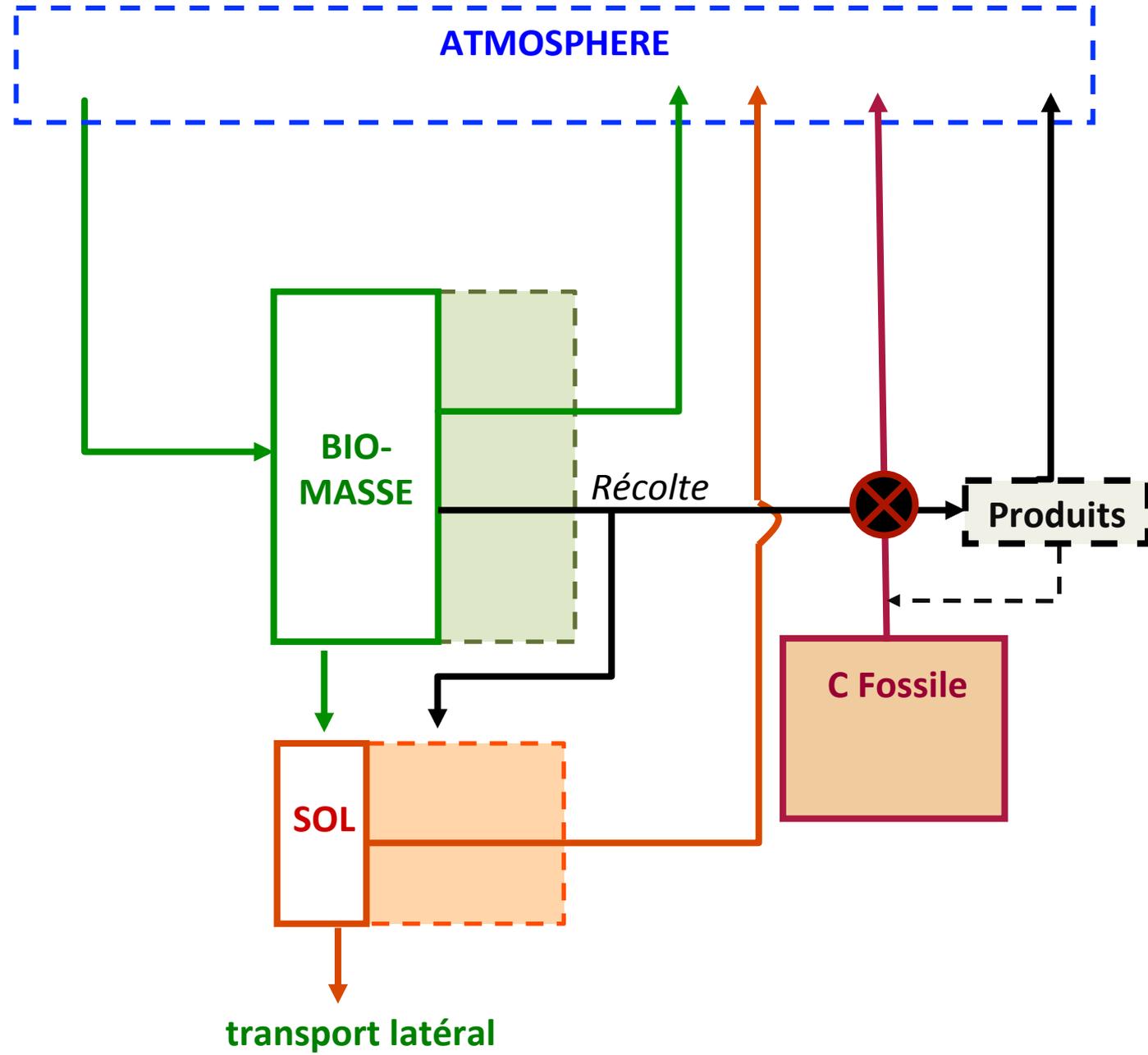
- 1. Déforestation
- 2. Carbone Lent
↓
Rapide
- 3. Rétroactions

Le cycle rapide du carbone dans l'écosystème anthropisé.

Fragmentation du paysage
Rugosité
Flux convectifs
Albedo

Composition spécifique ou variétale
Taille, élagage, récoltes
Adventices
Maladies, herbivorie

Amendements
Fertilisation
Travail du sol
Drainage



Le cycle rapide du carbone dans l'écosystème anthropisé.

Les constats :

La biosphère terrestre séquestre l'équivalent de 25 à 30% des émissions de carbone fossile.

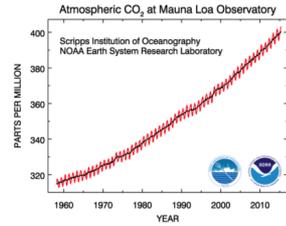
Les agrosystèmes sont soumis à une intensification culturelle croissante.

Les questions :

En quoi l'intensification culturelle des agrosystèmes modifie t elle le cycle du carbone continental?



Les approches depuis 1956.

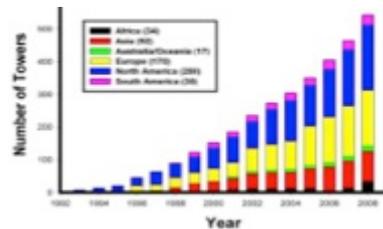


- Biomasse, productivité primaire

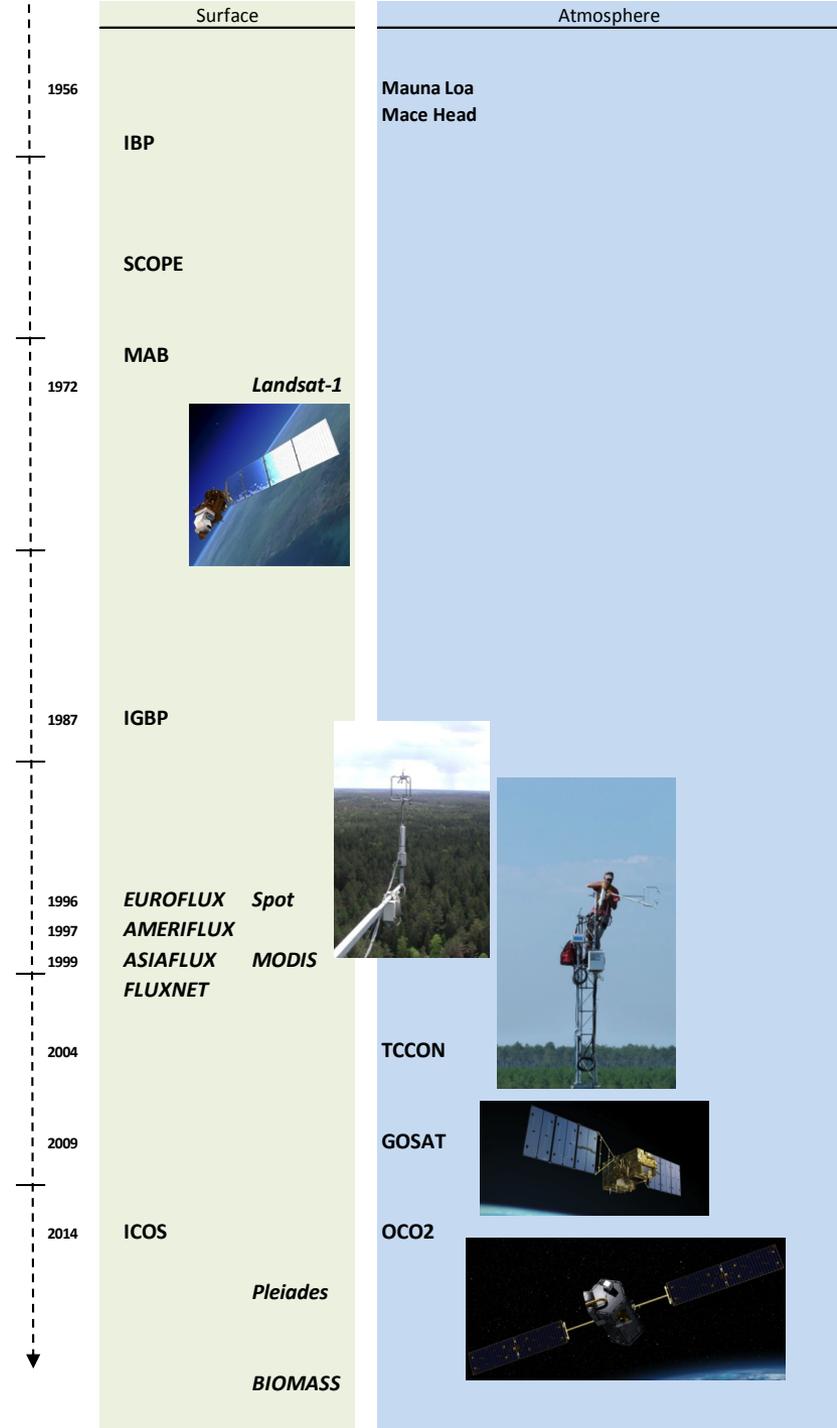
- Occupation des terres
- Bilan global du carbone
- Changement global

- Monitoring in situ des flux de gaz à effet de serre continent-océan-atmosphère

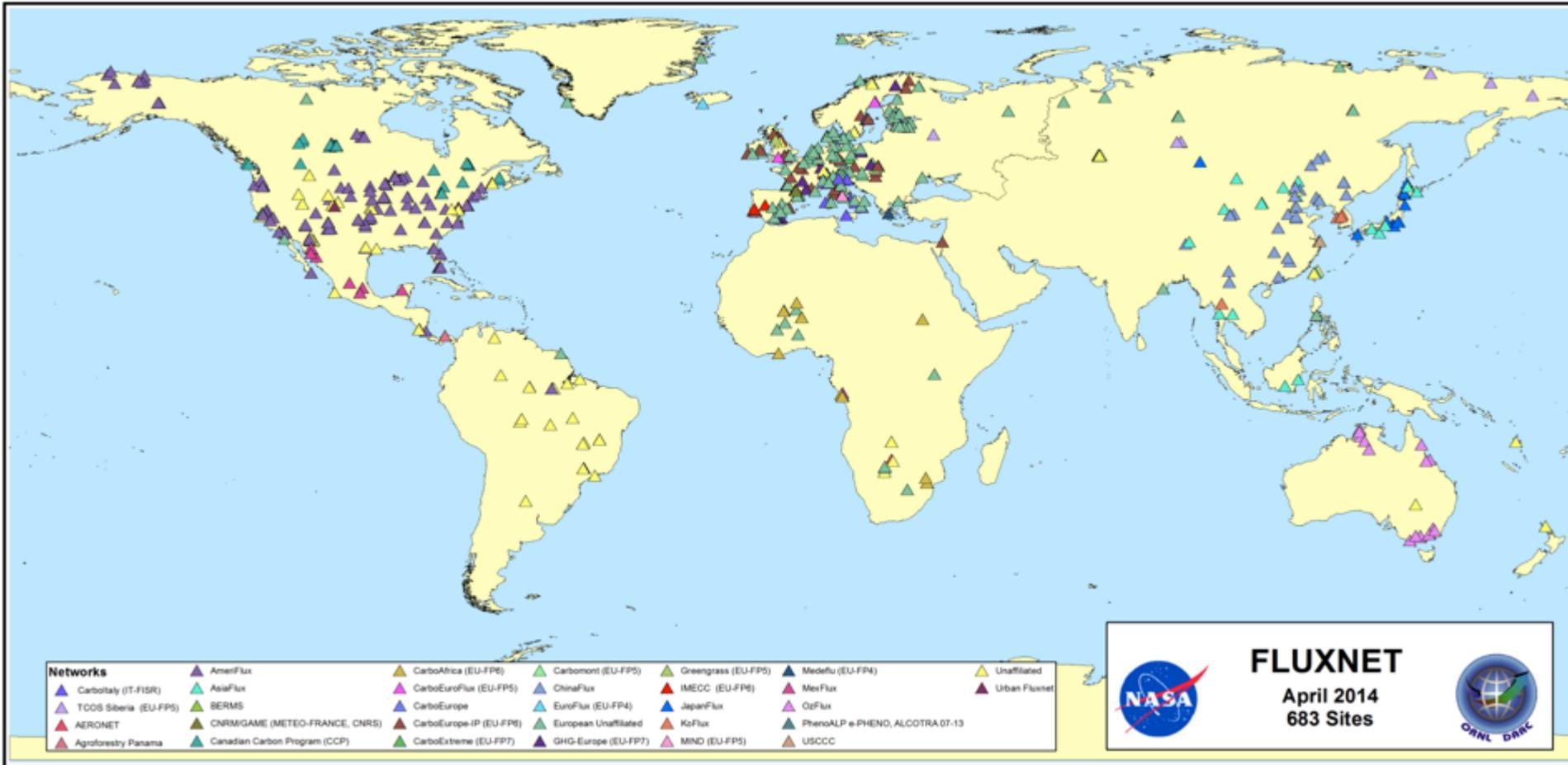
683 Sites instrumentés (2014)



- Monitoring et observations globales



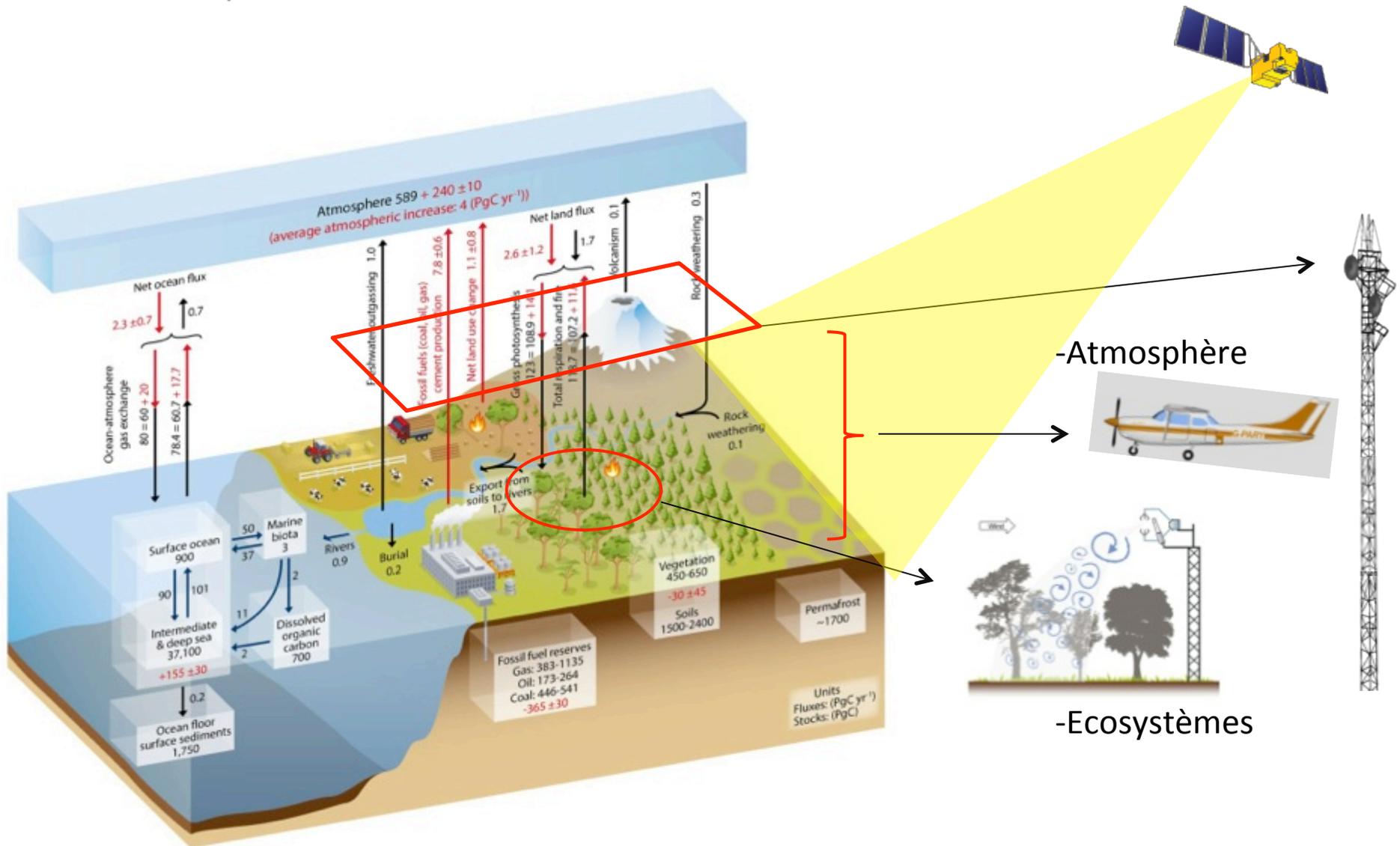
Monitoring in situ des flux continent – atmosphère.



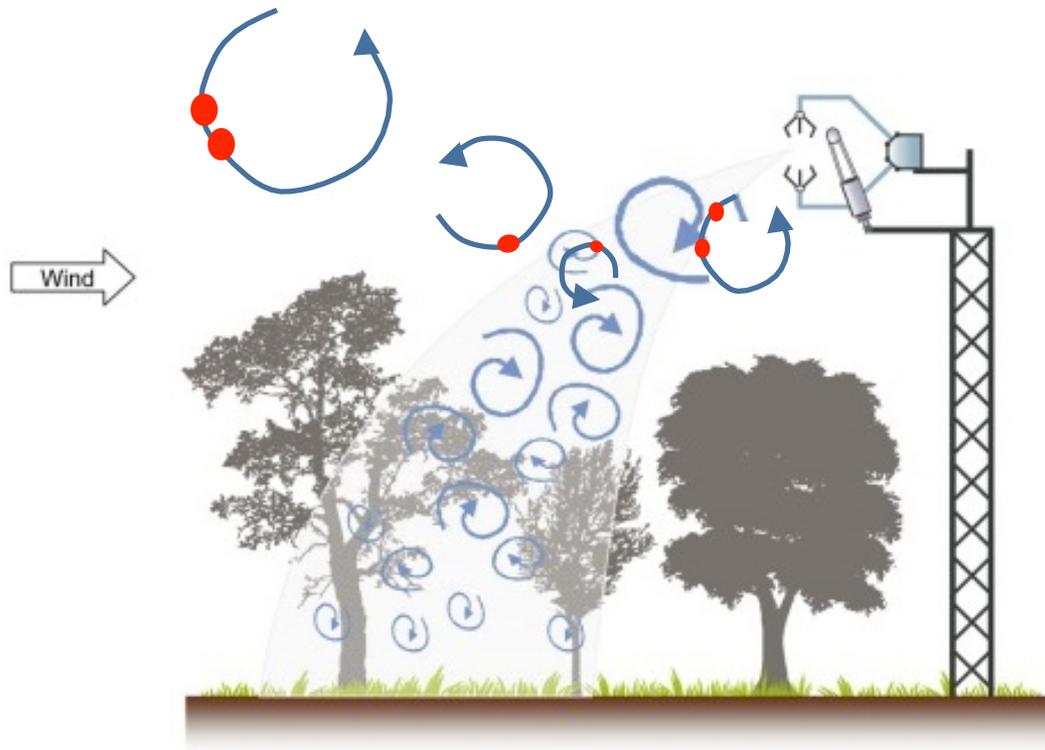
Cycle du carbone: la stratégie d'observation ICOS

ICOS

INTEGRATED
CARBON
OBSERVATION
SYSTEM

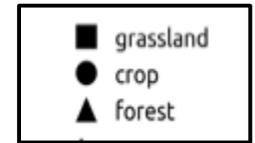
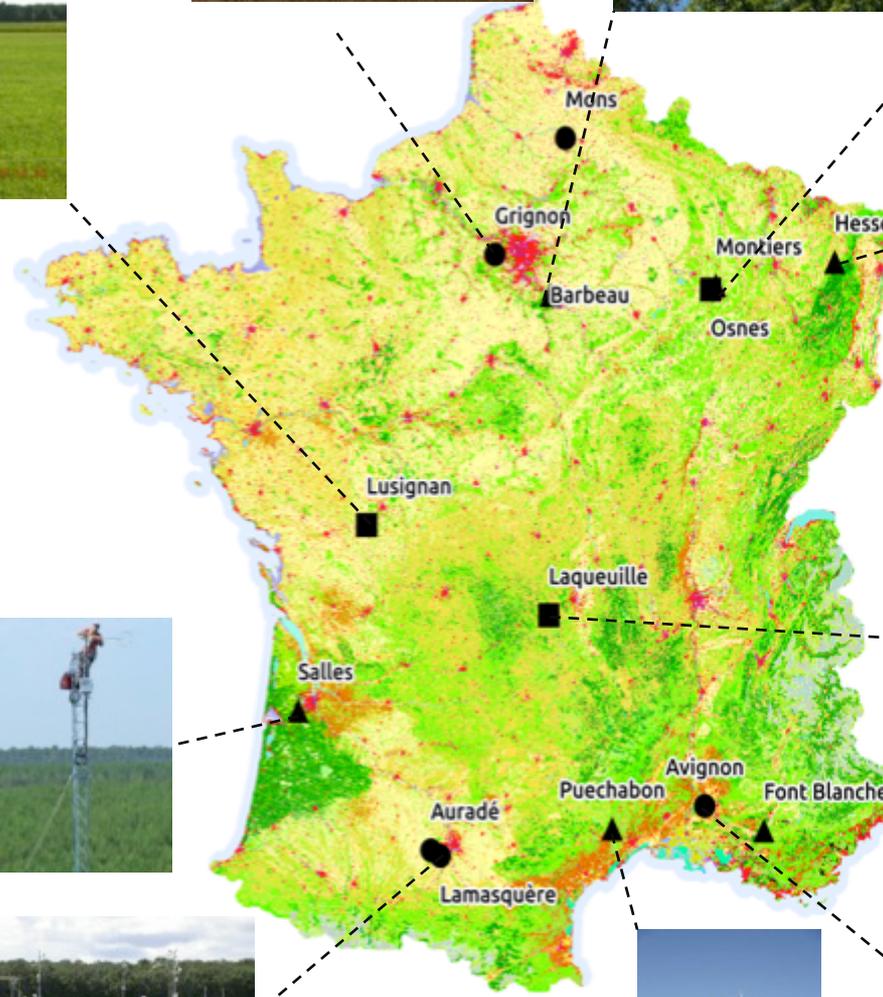


Le principe de mesure des flux turbulents

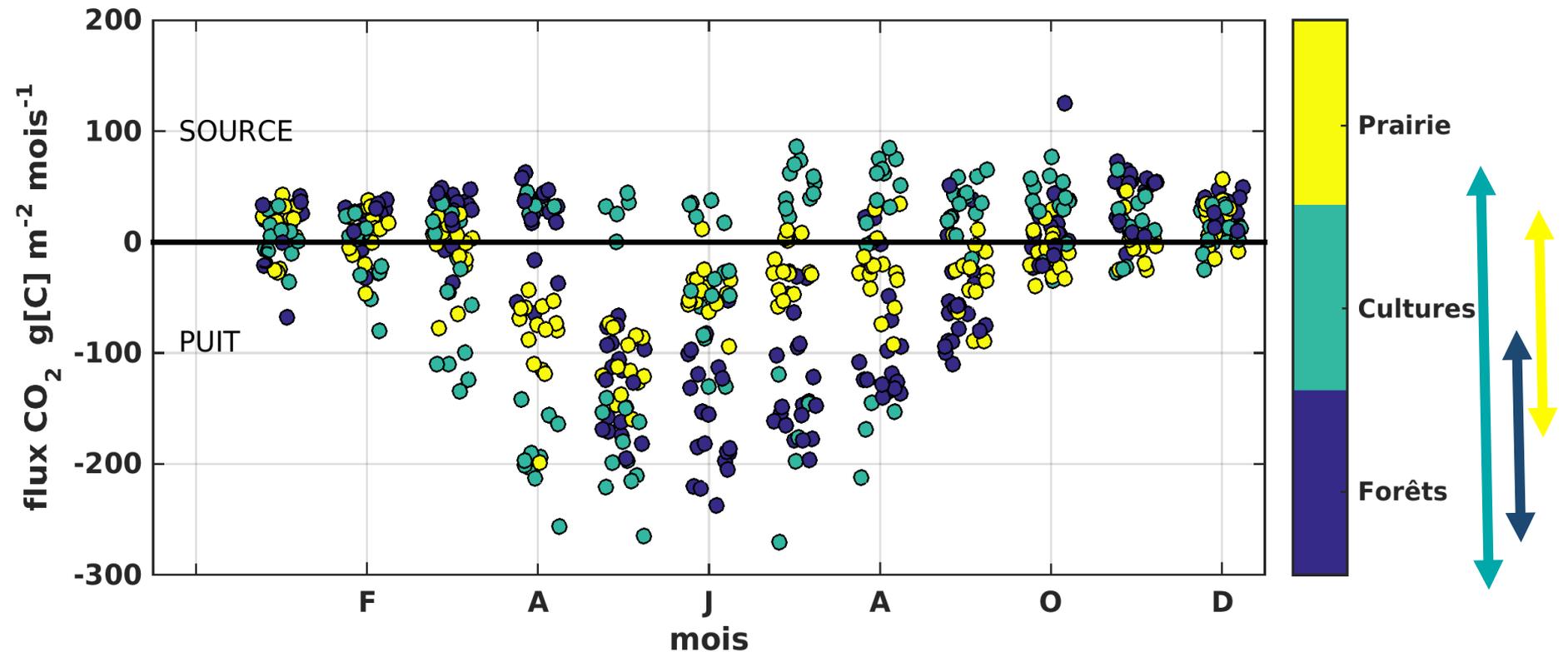


Flux net = Co variance de la vitesse verticale de vent $\uparrow \downarrow$ et de sa concentration [CO₂]

Données analysées



Patron saisonnier des flux de CO₂

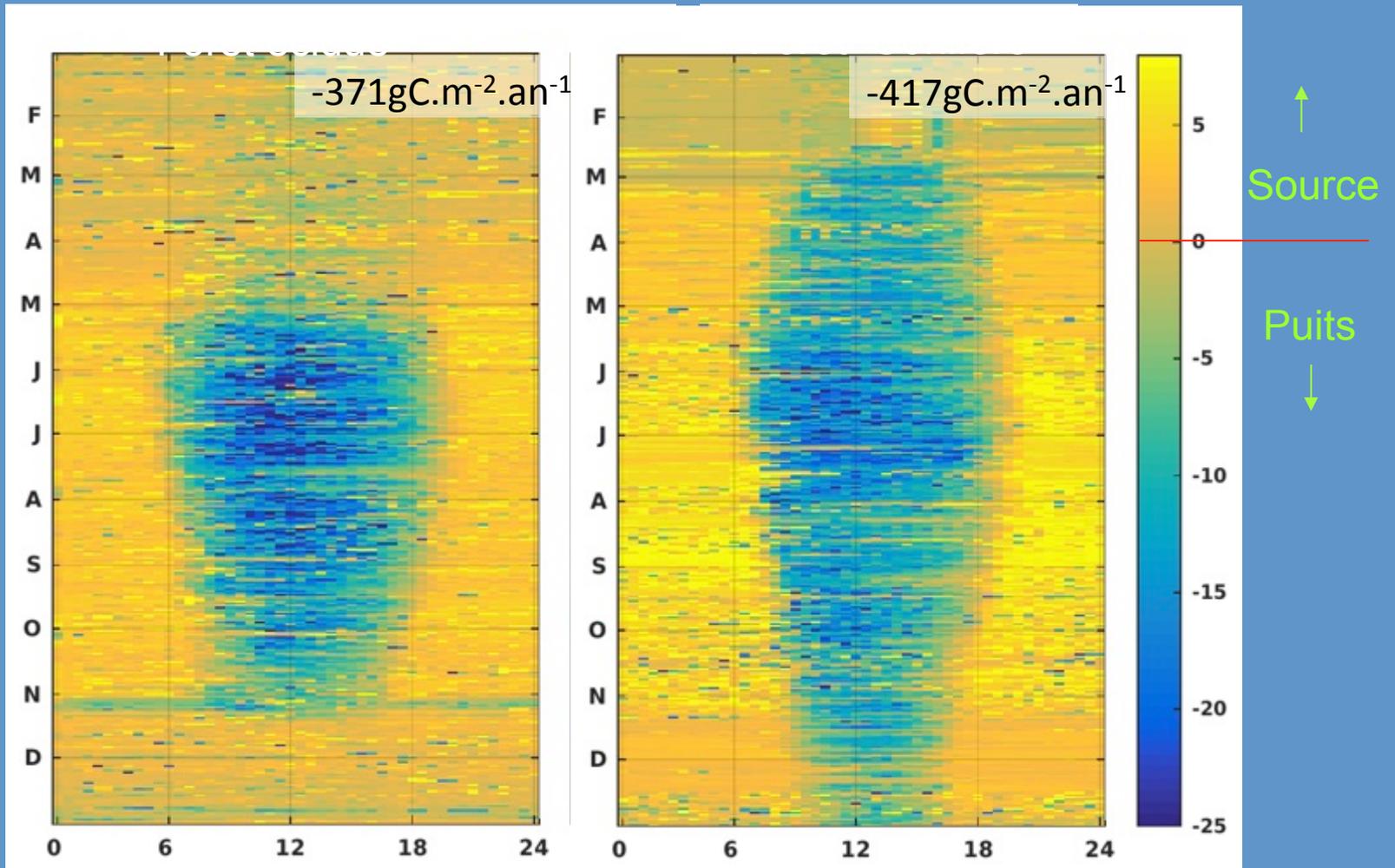


L'anthropisation accroît la variabilité des flux.

Signature haute fréquence des échanges de CO₂ végétation - atmosphère

Forêt feuillue(hêtraie)

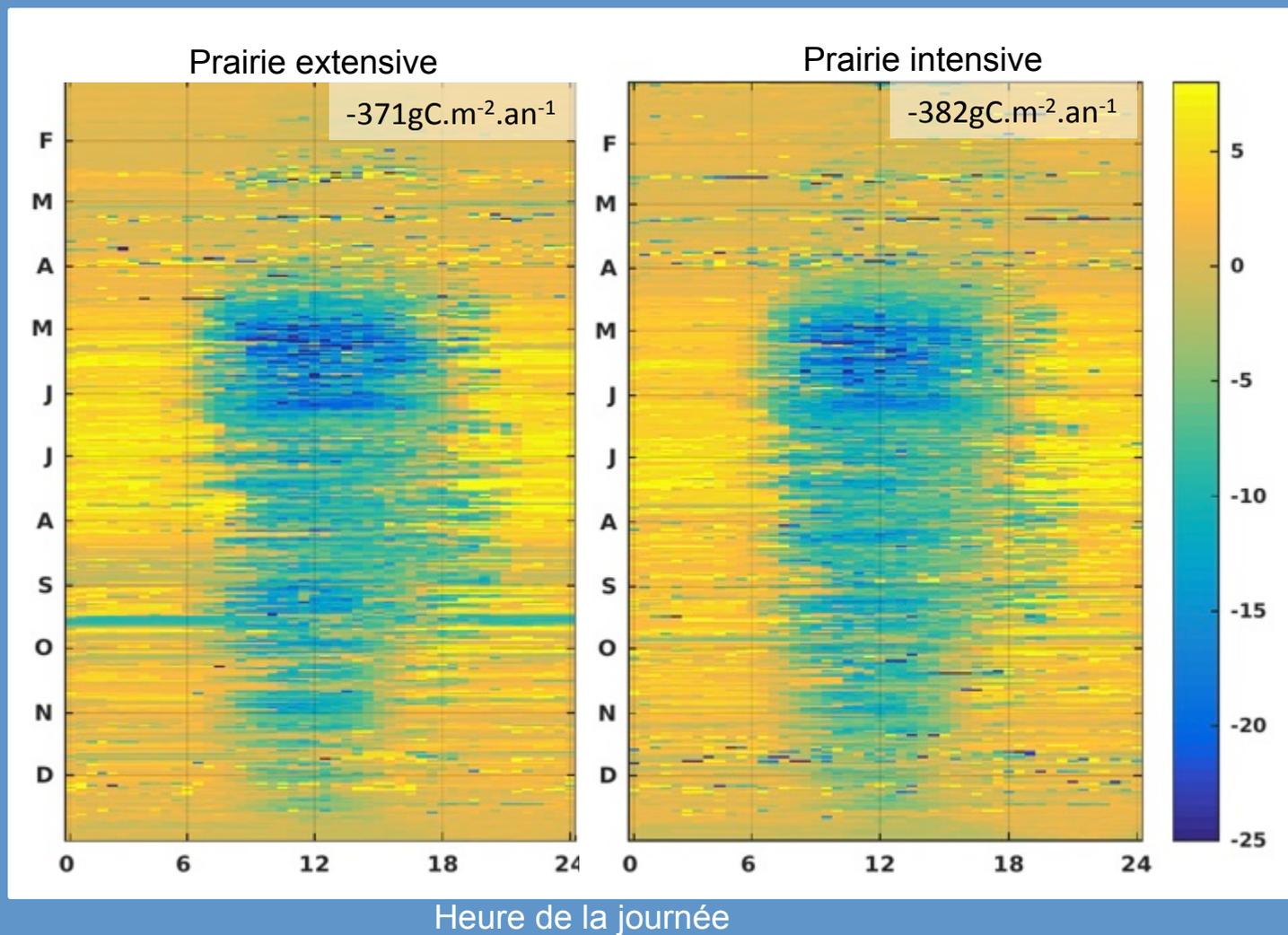
Forêt conifère (Pin m.)



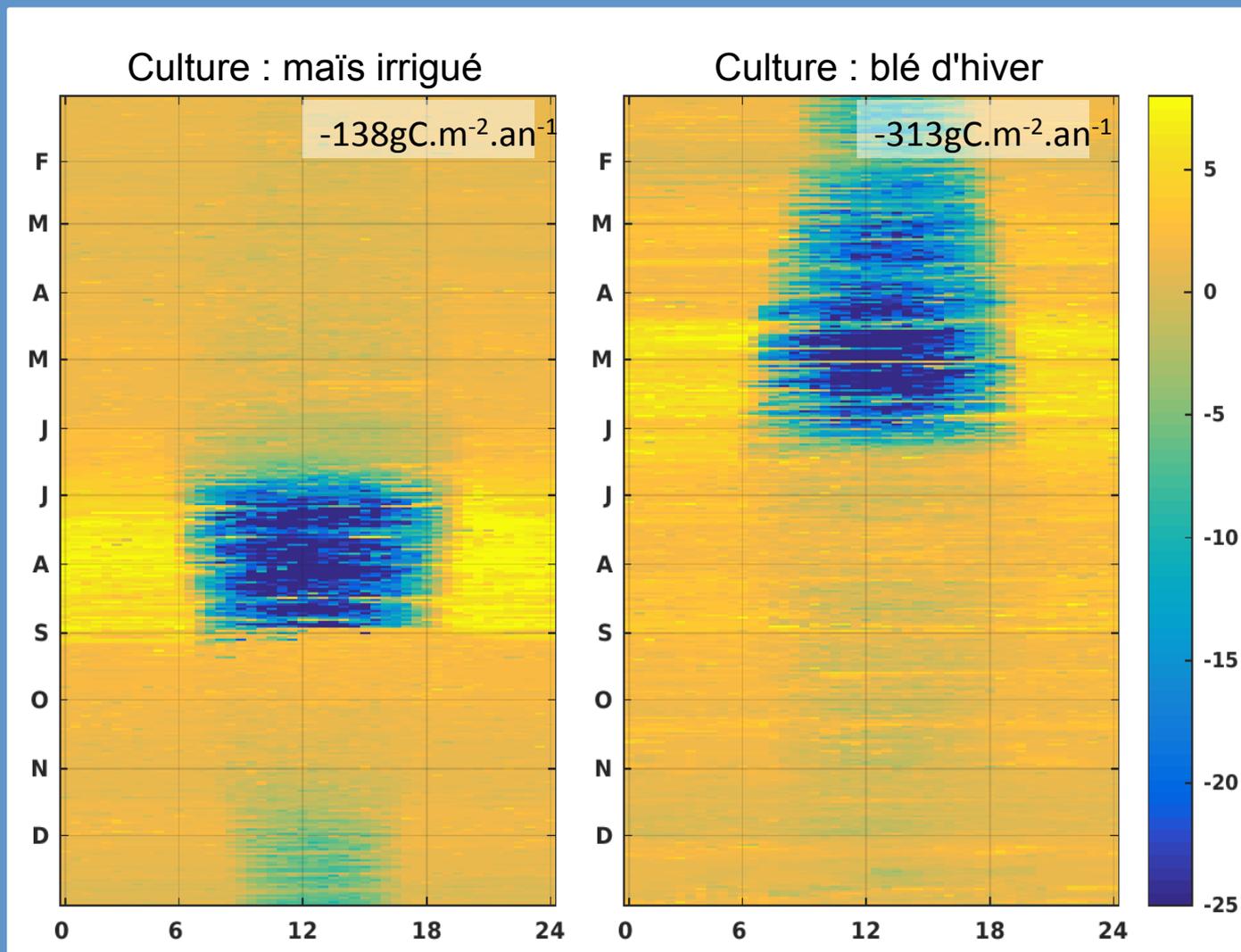
Heure de la journée

$\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Signature haute fréquence des échanges de CO₂ végétation - atmosphère



Signature haute fréquence des échanges de CO₂ végétation - atmosphère



Heure de la journée

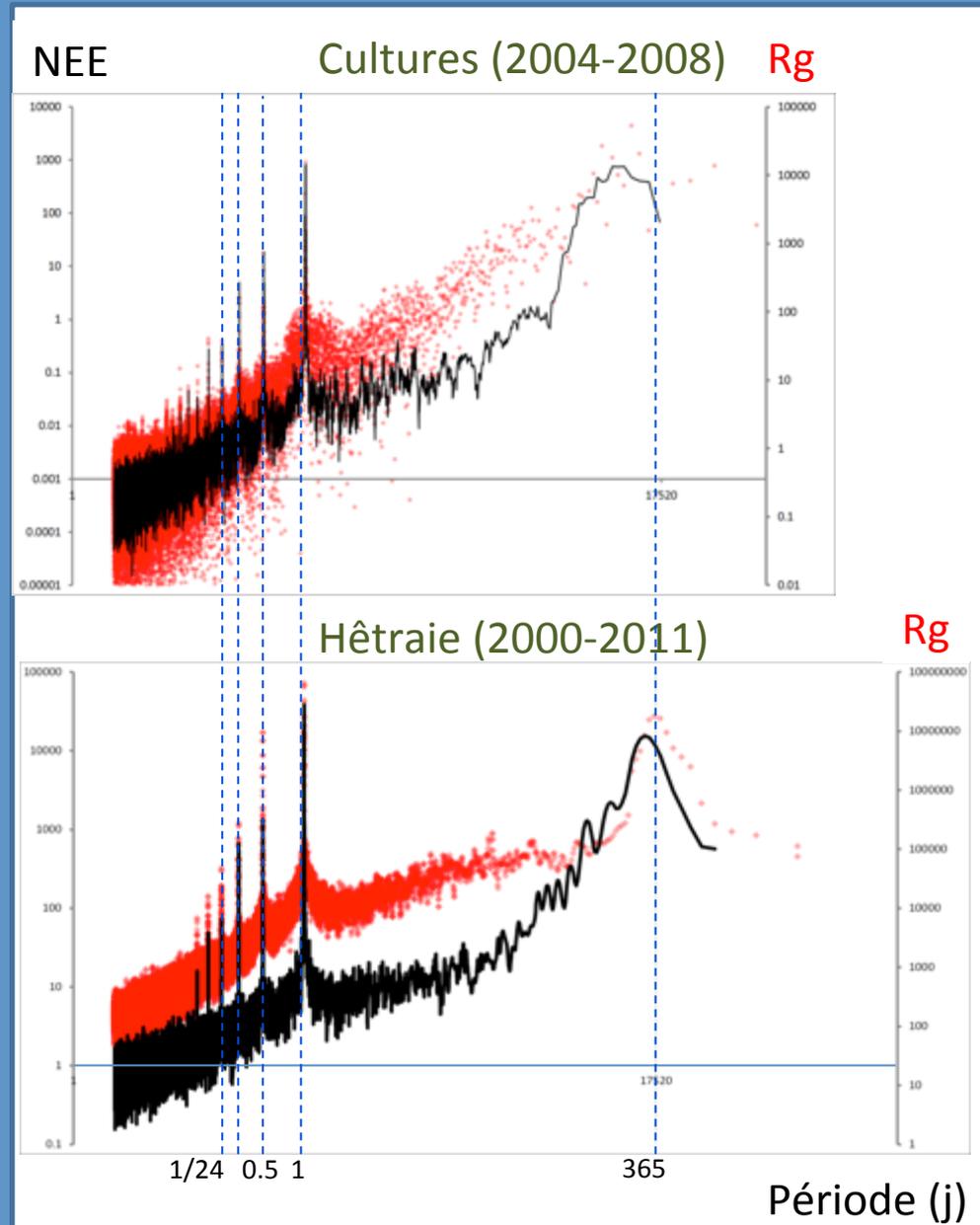
Signature haute fréquence des échanges de CO₂ végétation - atmosphère

Densités spectrales du flux de CO₂ et de Ray^t Solaire

Les spectres temporels de flux de CO₂ sont remarquablement conservatifs.

La variance temporelle à haute fréquence est contrôlée par les facteurs météorologiques (Rg)

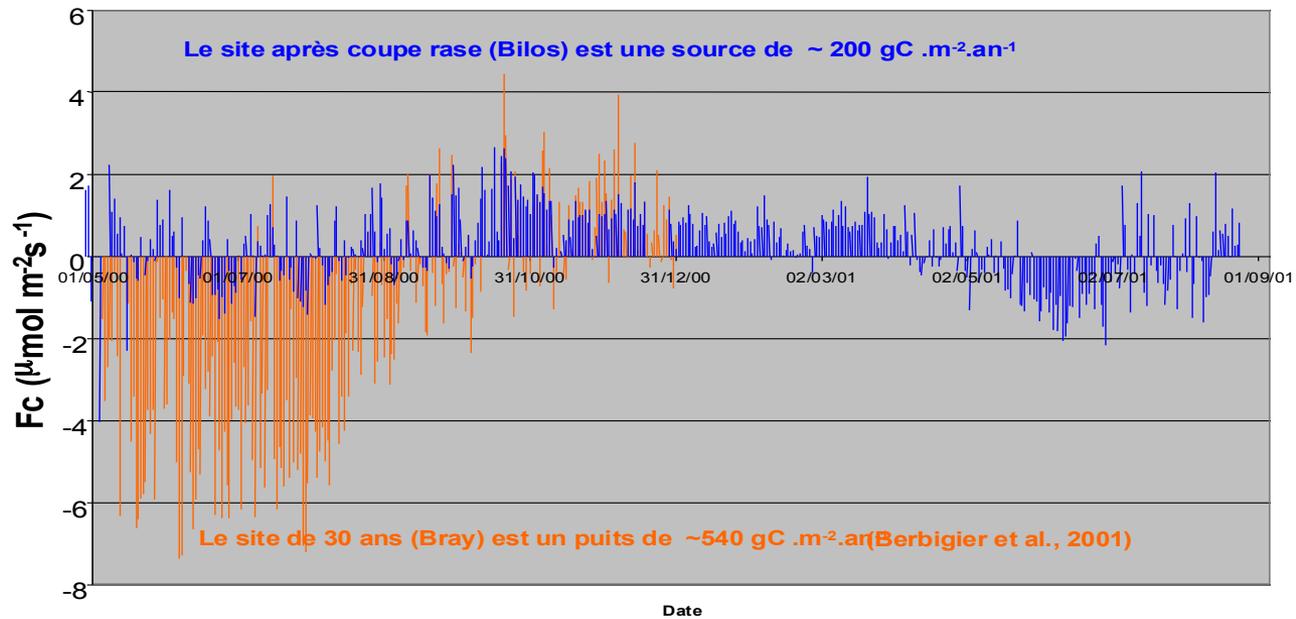
Les séries temporelles sont trop limitées pour faire ressortir l'impact des pratiques.



- Cycle multi décennal
- Intrants et exports très faibles
- Couvert ~continu, stocks de carbone important
- Cycle de végétation naturel
- Faiblement voire pas anthropisé



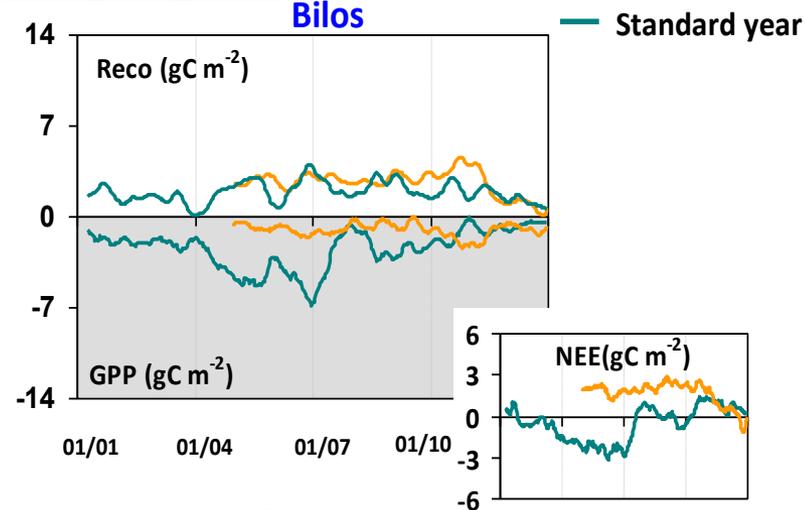
Les cas des forêts gérées



Les évènements à basse fréquence ont des impacts différenciés suivant le stade de vie



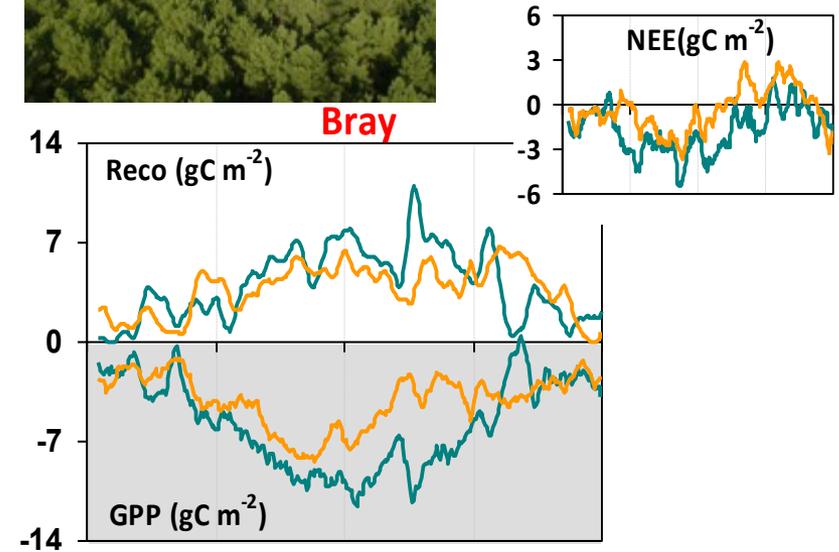
Jeune régénération



- La sécheresse inverse le sens du bilan net

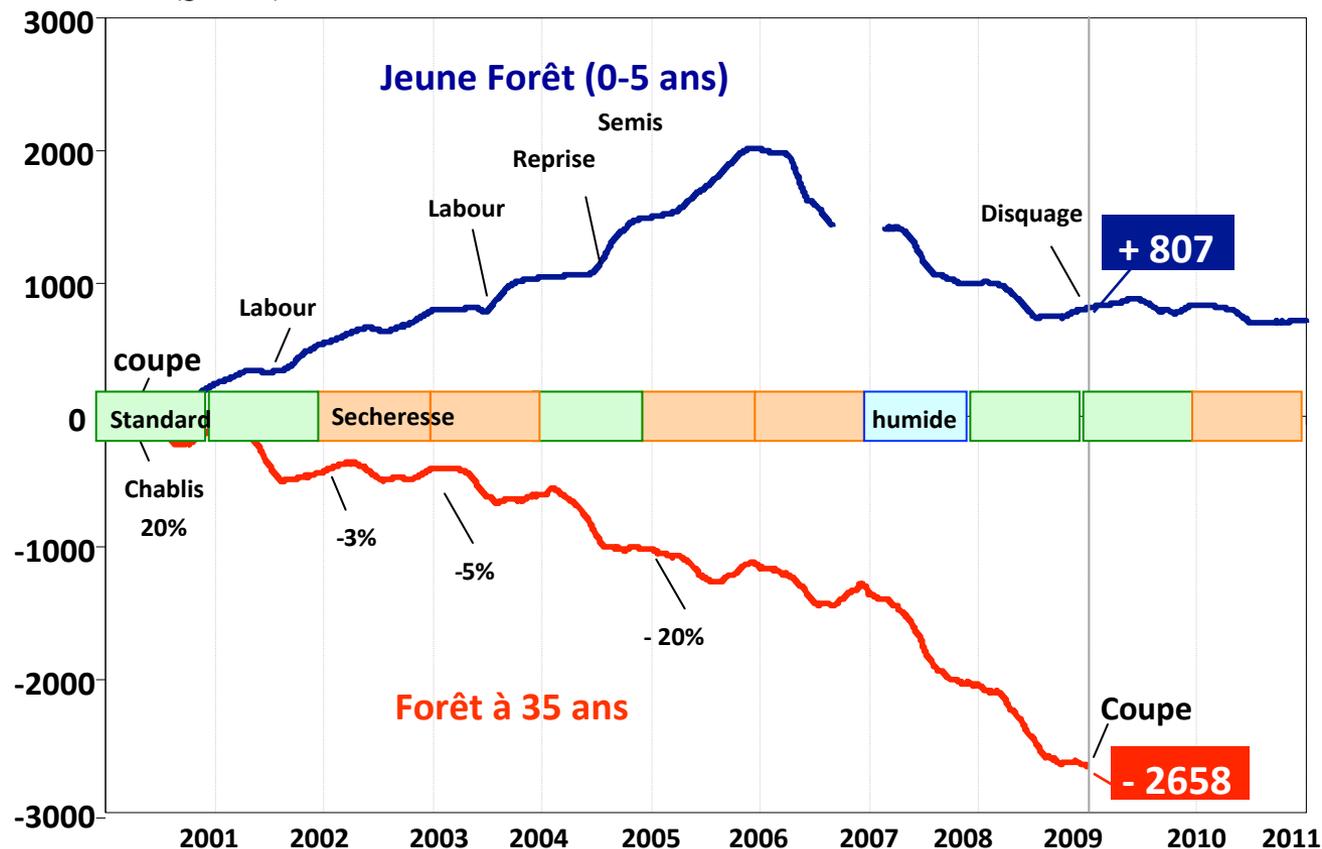


Couvert adulte



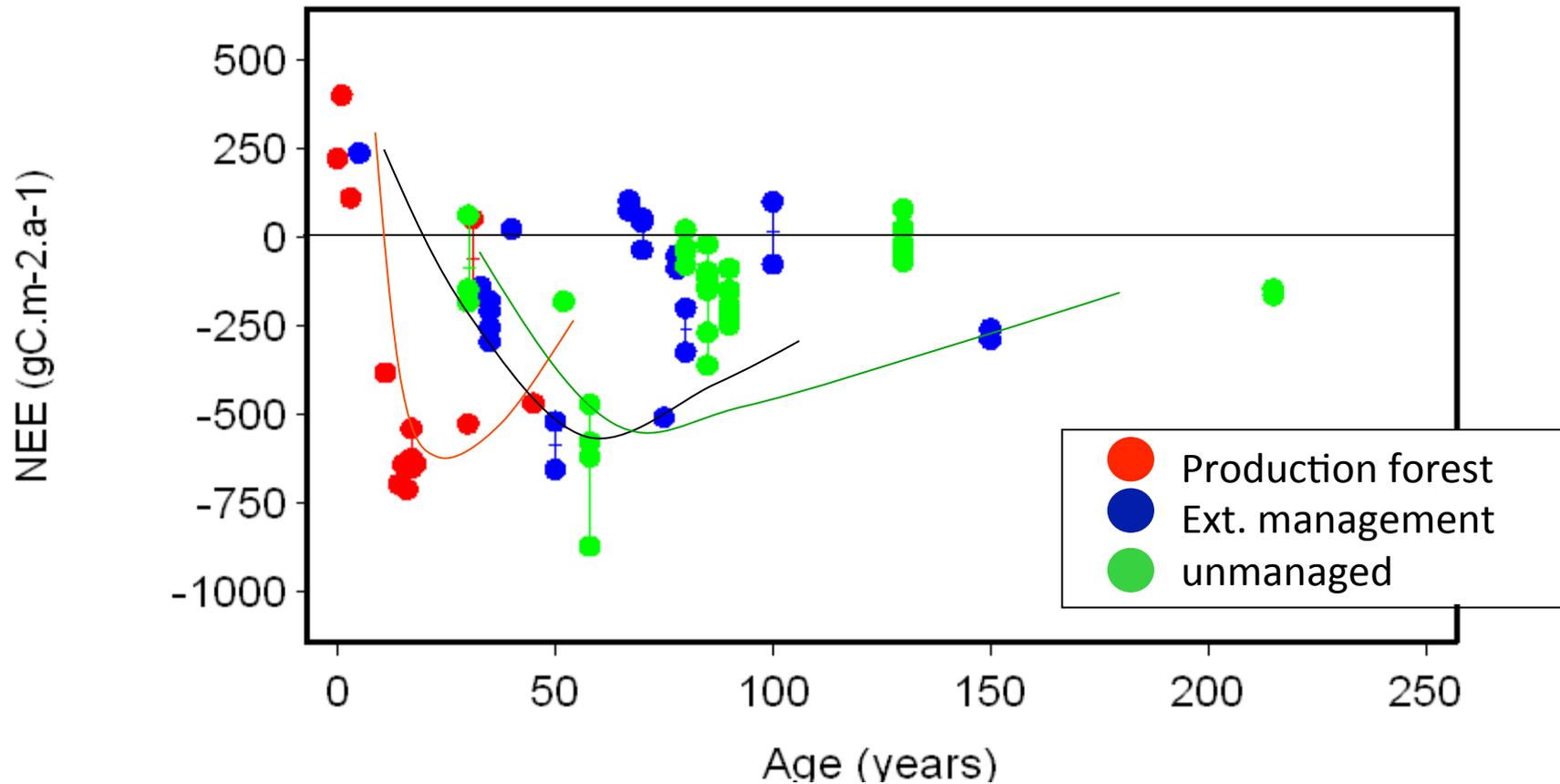
- Et réduit voire annule les composantes du bilan de la forêt adulte, photosynthèse et respiration.

Bilan net cumulé (gC . m⁻²)



- Le flux net des jeunes forêts est contrôlé par les opérations culturales
- La forêt adulte répond aux variations climatiques.

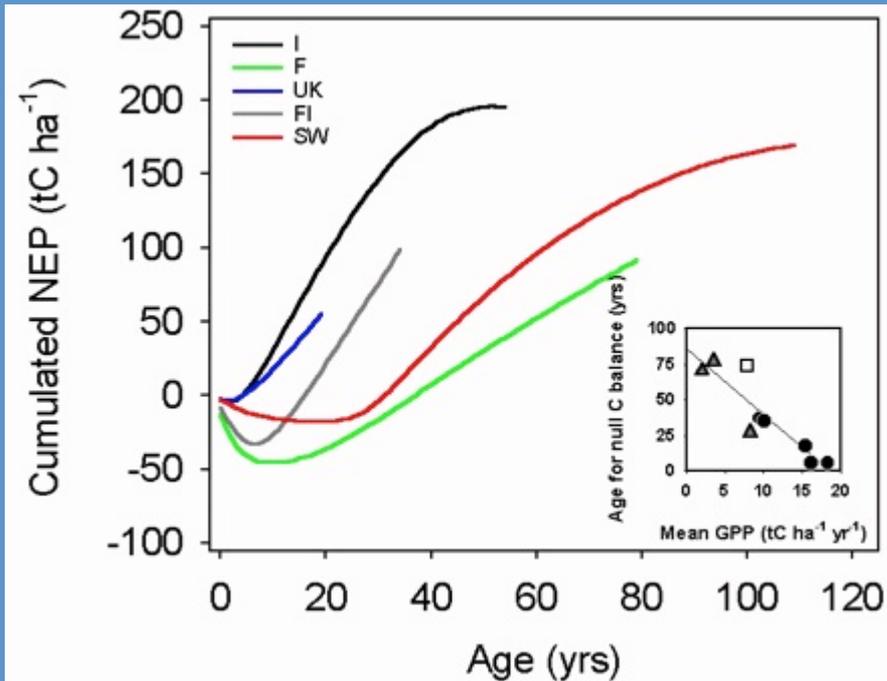
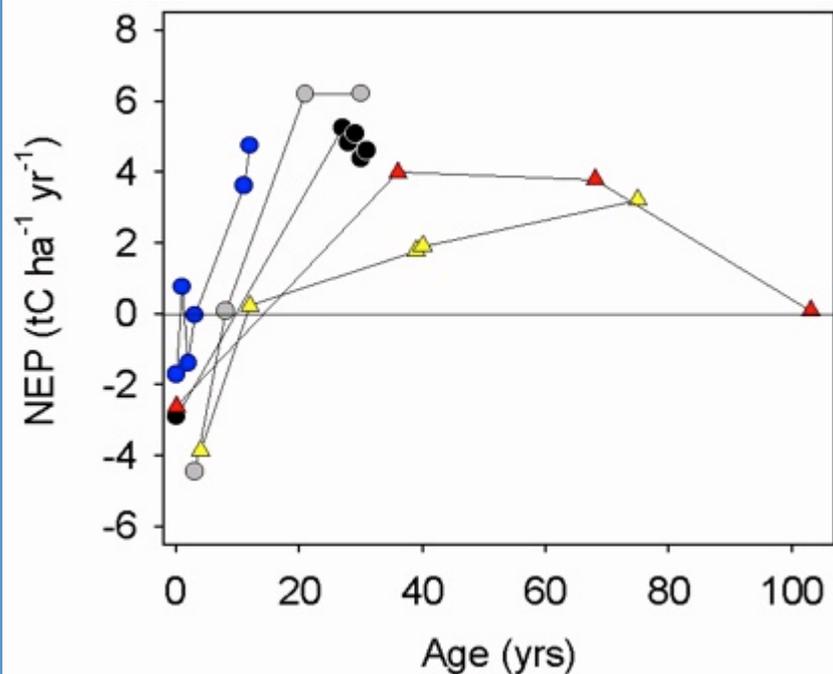
L'intensification sylvicole amplifie la variance à basse fréquence: l'effet âge



Synthèse de 85 années de mesure sur 28 stations en forêts

- Raccourcissement des rotations
- Amplification des flux

Caractérisation de 5 chronoséquences



Le retour à la neutralité post perturbation est plus rapide pour les forêts les plus productives

Magnani et al. *Nature*, 2007.



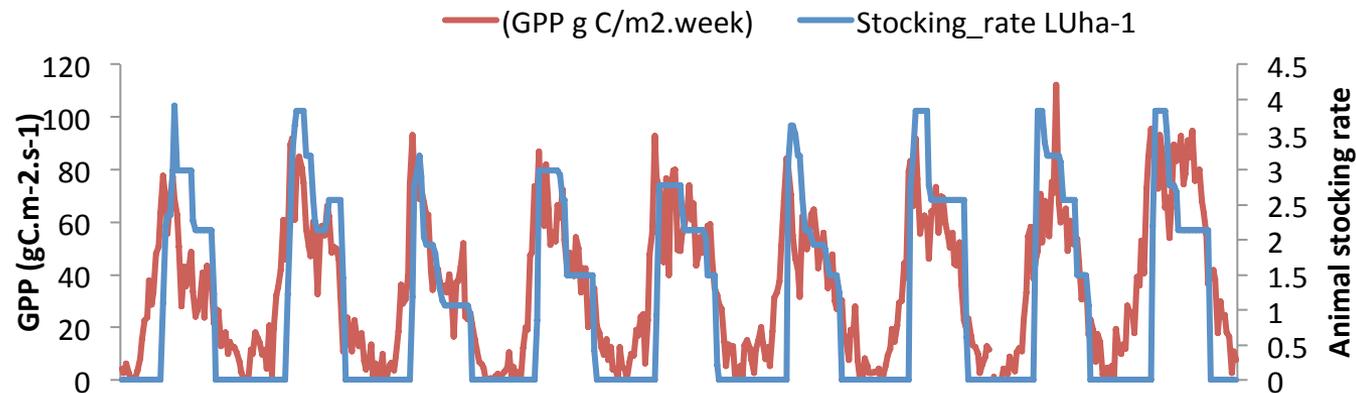
Cas des prairies

- Cycle annuel / pluriannuel
- Intrants et exports élevés
- Couvert continu, fauche ou pâture
- Cycle de végétation contrôlé

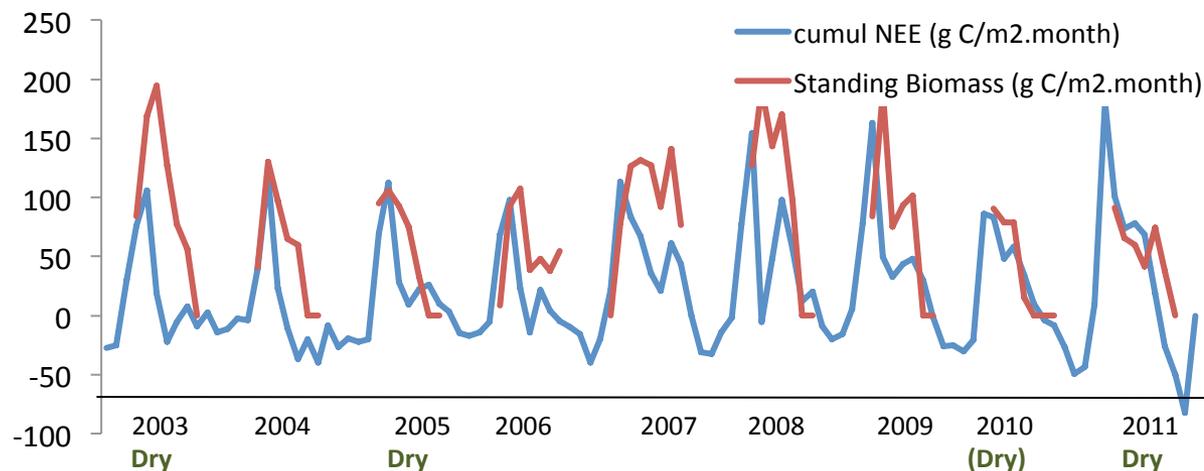


• Contrôle culturel du flux de CO₂

Les flux de CO₂ photo-synthétique est contrôlé par la charge en bétail



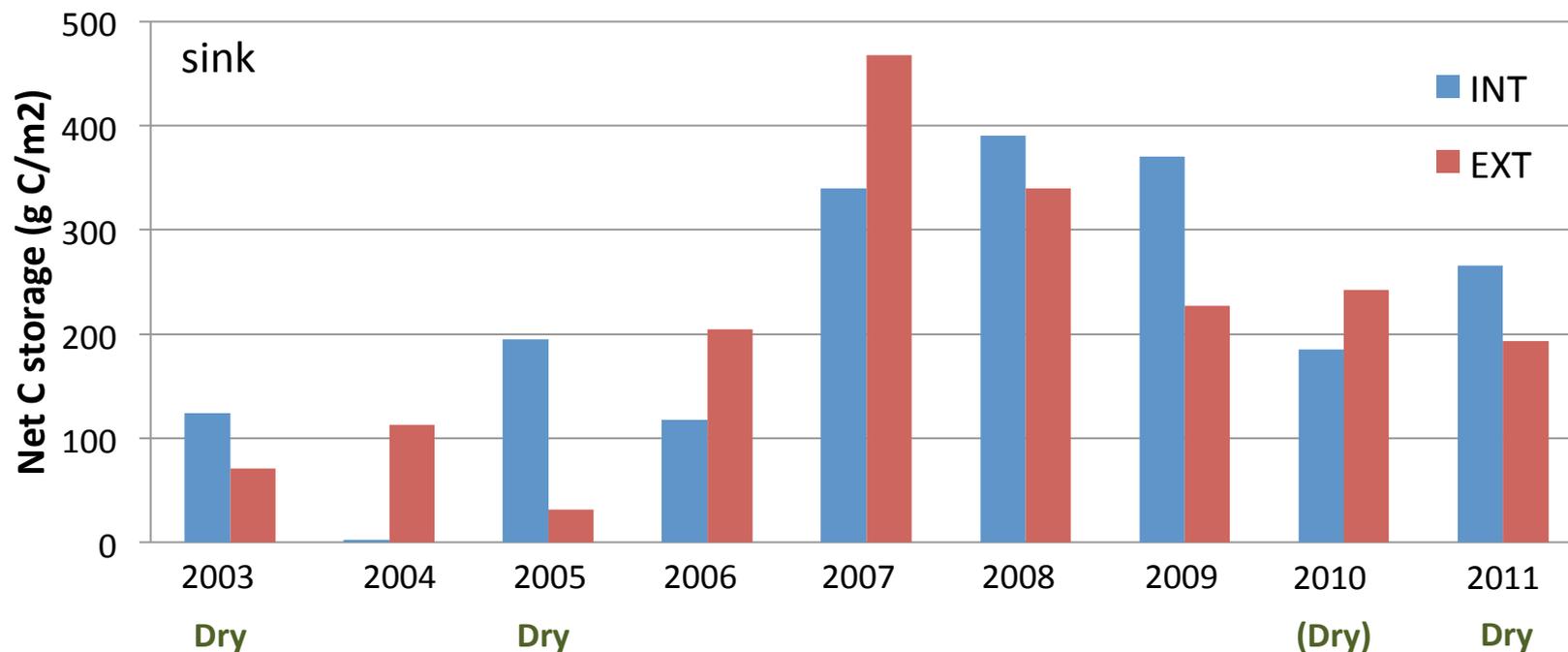
Le flux net est corrélé à au stock de biomasse sur pied



Prairies de Laqueuille, Massif Central.

Bilan net de carbone de la prairies:

CO₂ et CH₄ *in situ*, bétail, méthane, intrants

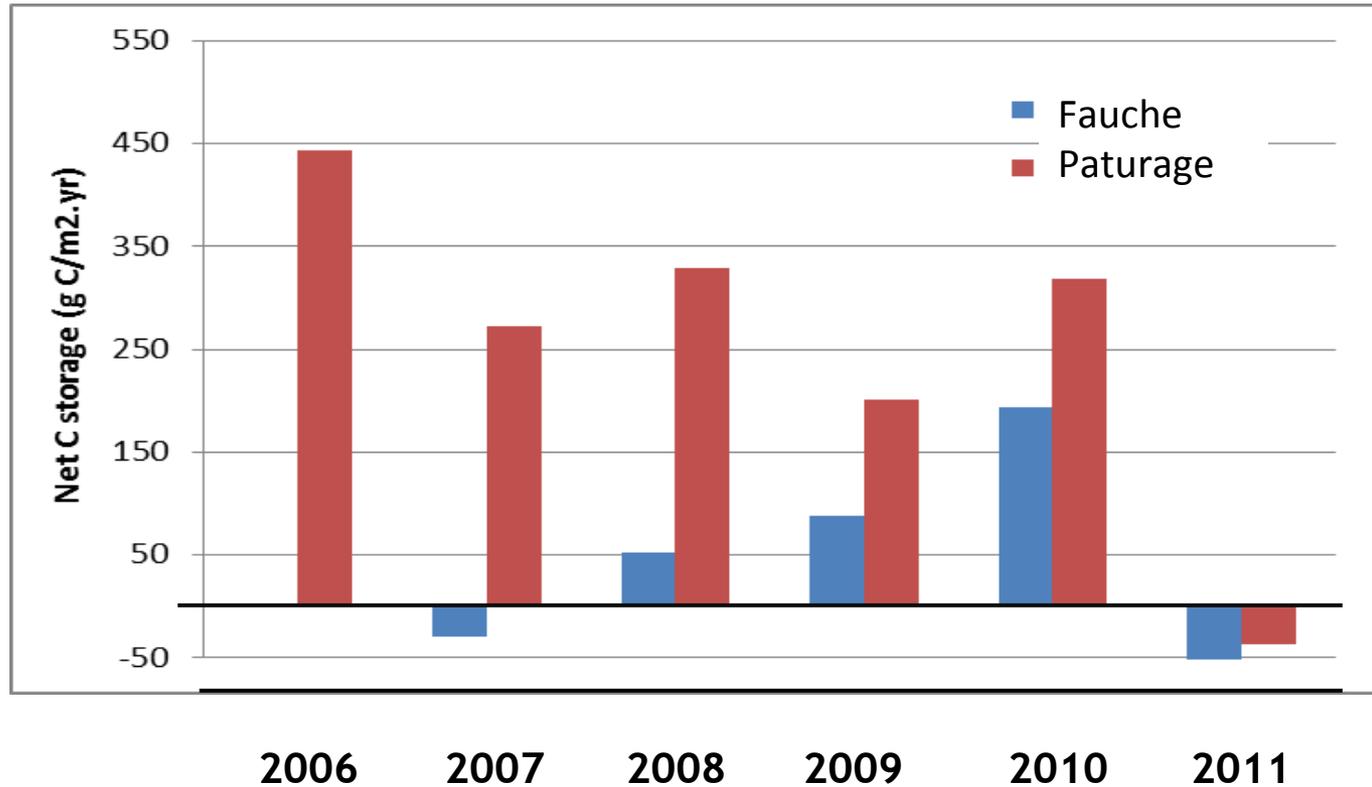


- Forte variabilité du flux net dans le deux cas
- Le bilan de carbone est plus négatif (séquestration) sous régime intensif en année sèche (e.g. 2003, 2005, 2011, ...)

$$(NCS = NEE + F_{manure} - F_{CH4-C} - F_{harvest} - F_{animal-products} - F_{leach}) \text{ Prairies de Laqueuille, Massif Central.}$$

Bilan net de carbone

Prairies de Lusignan
Poitou



- Le mode de conduite est le principal facteur du bilan de carbone.
- L'intensification amplifie les fluctuations basse fréquence

$$(NCS = NEE + F_{manure} - F_{CH4-C} - F_{harvest} - F_{animal-products} - F_{leach})$$

Cas des cultures

- ✓ Cycle annuel de végétation entièrement contrôlé
- ✓ Intrants et exports élevés
- ✓ Couvert temporaire
- ✓ Travail du sol

Données des stations de :
Auradé, Lamasquère (Midi Pyrénées),
Grignon (Bassin parisien)



Analyse comparée du bilan de grandes cultures

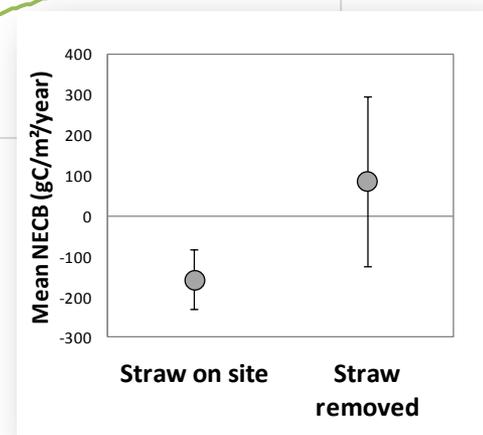
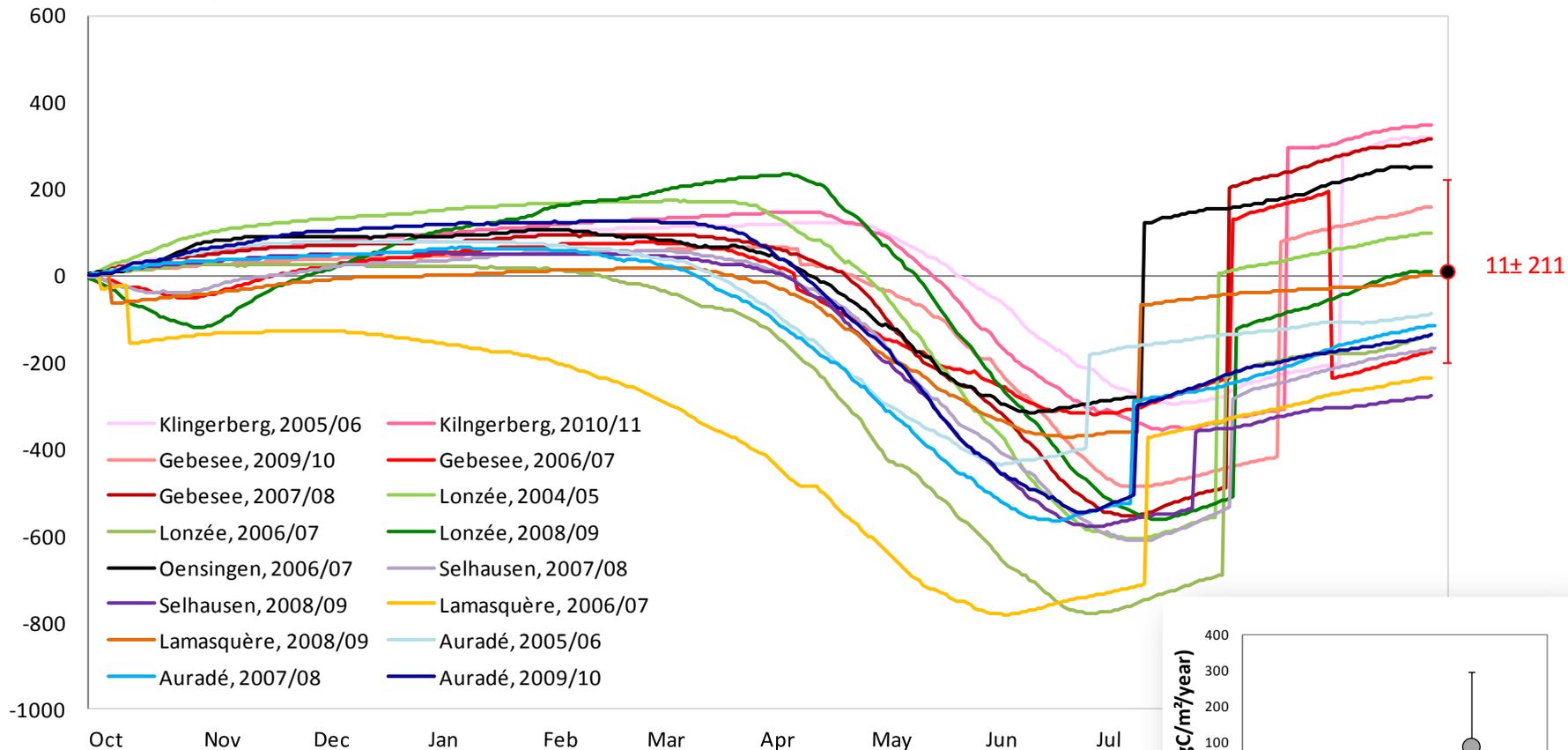


- 20 sites de grande culture comparés
- 76 années de mesure analysées
- 17 espèces cultivées

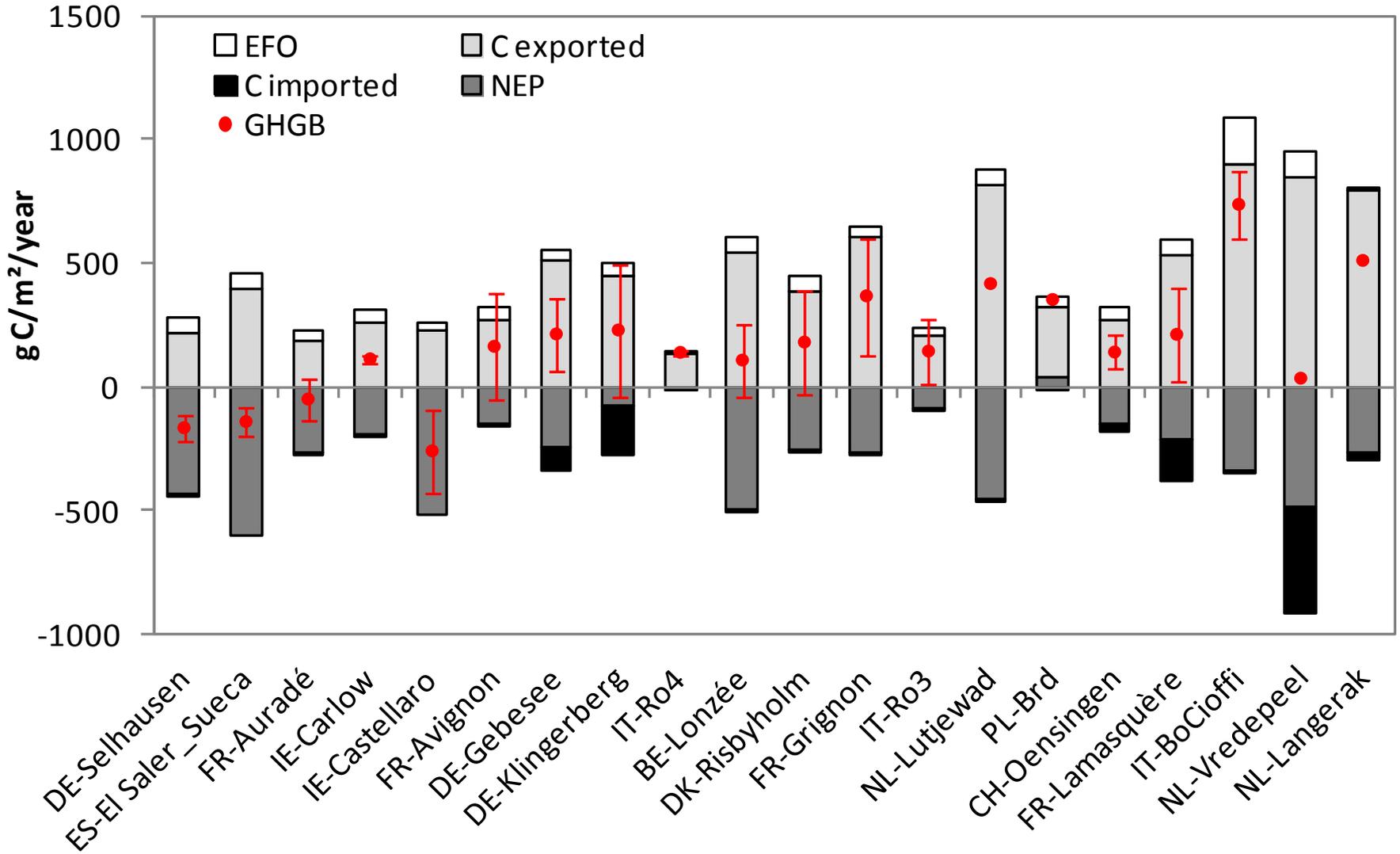
(Ceschia , Tallec et al. 2013)

Impact des exportations et de la gestion des résidants sur le bilan net de carbone des cultures

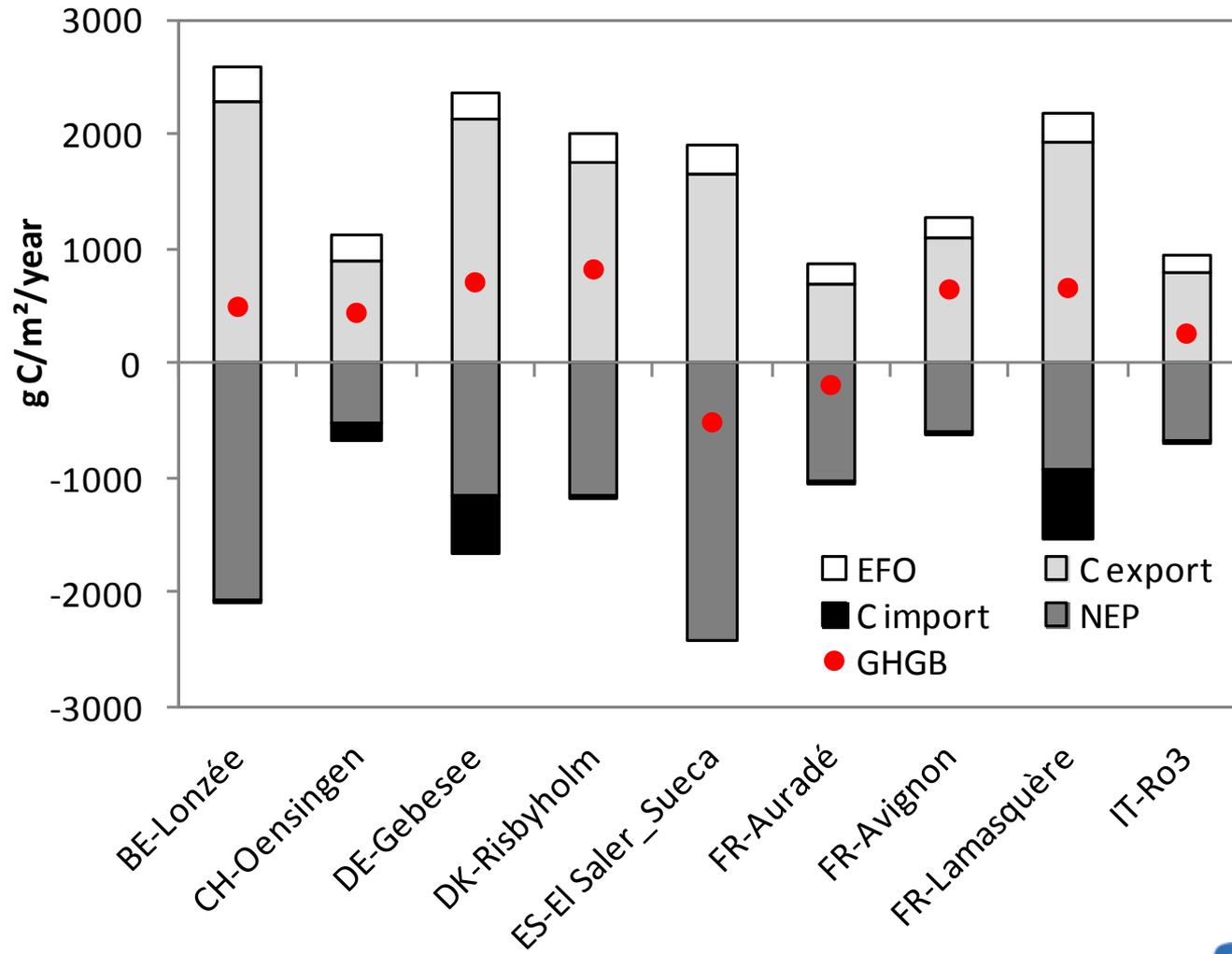
Bilan NEE- Export



Bilan moyen annuel en carbone de 20 grandes cultures



Bilan cumulé sur une succession culturale complète (4 années)



Prise en compte des autres ges que CO₂: azote, méthane

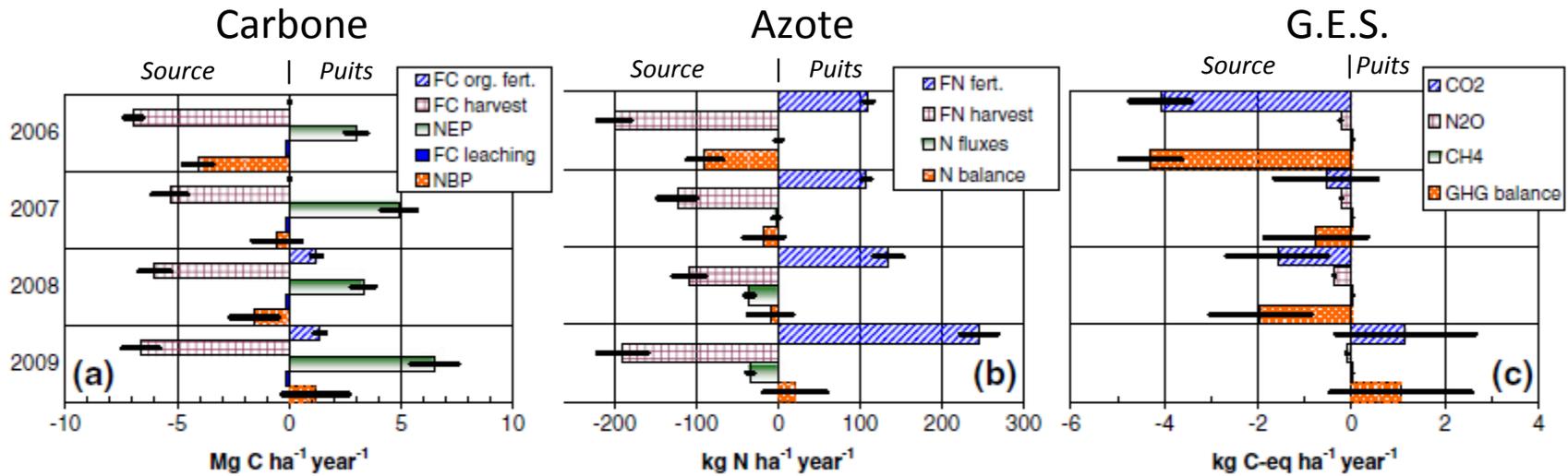
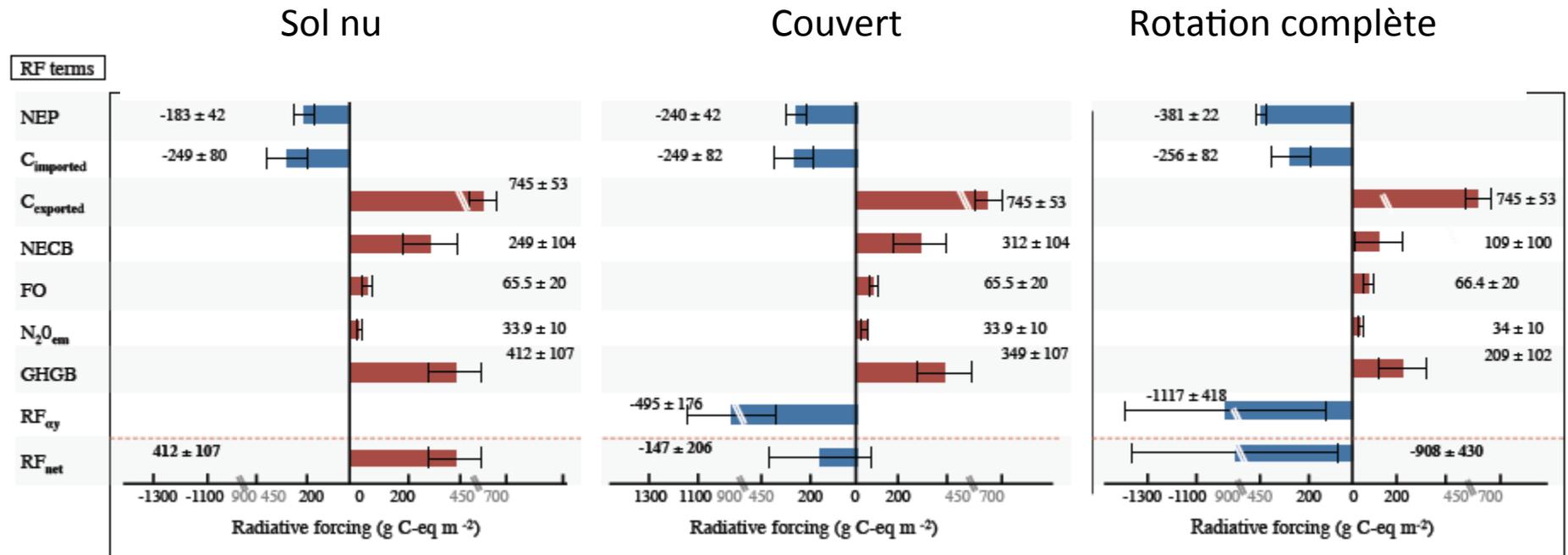


Fig. 8 Carbon (a), nitrogen (b) and greenhouse gas (c) balances of the field over the period 2006–2009. “N fluxes” is the sum of dry and wet deposition, N leaching, N₂O and NO_x

fluxes and NH₃ volatilization. For the C and N balances, positive numbers denote a gain for the field while negative ones denote a loss

Le régime d’apport – export détermine le bilan annuel en carbone de la culture.

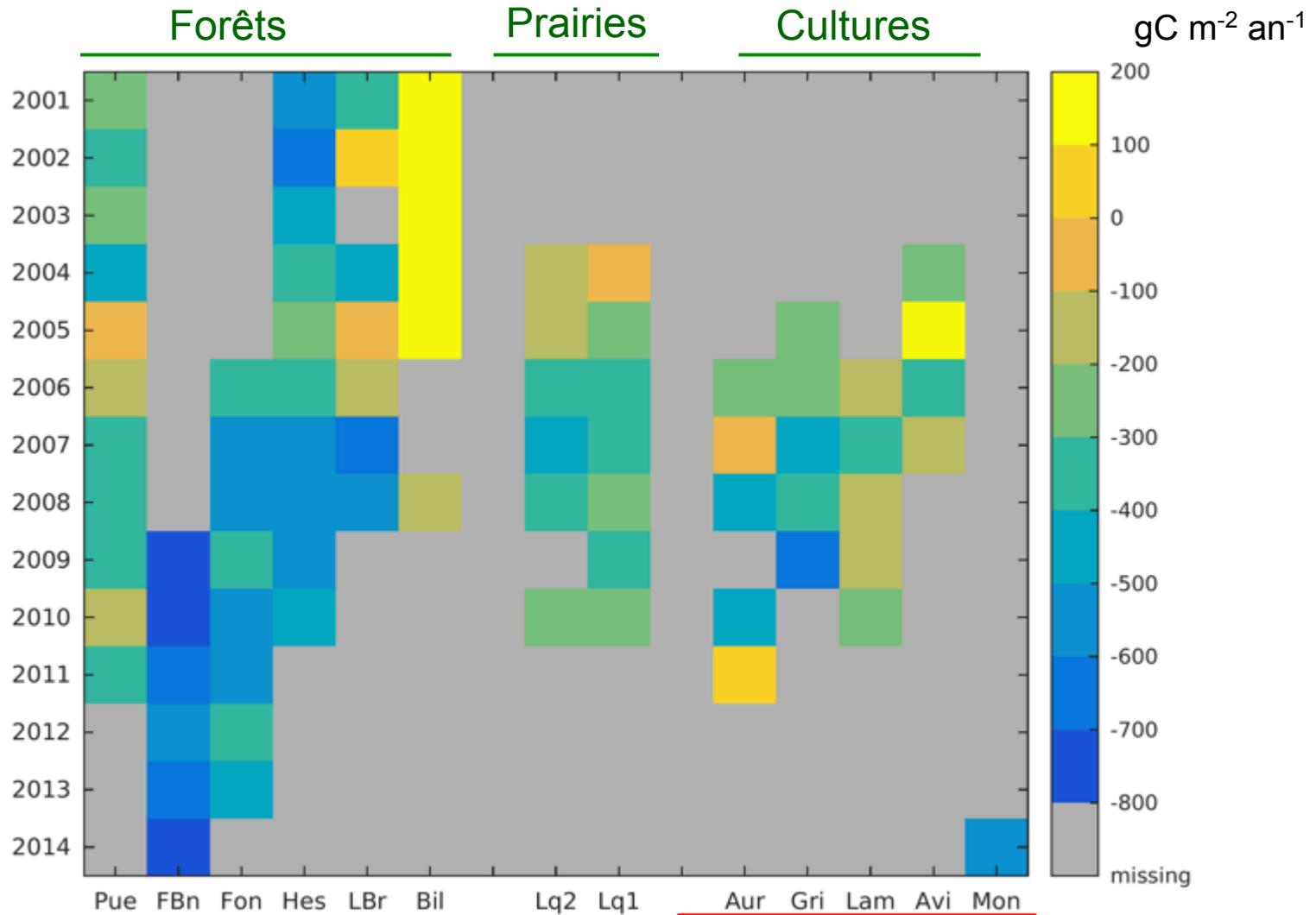
Prise en compte des impacts : bilan climatique exhaustif.



Les impacts radiatifs (albedo) sont aussi importants que le bilan en gaz à effet de serre.

(Ceschia et al. sous presse)

Essai de synthèse: variabilité basse fréquence des échanges annuels de CO₂.



Artificialisation



L'anthropisation des agrosystèmes:

Est sans effet sur la variabilité haute fréquence des flux.

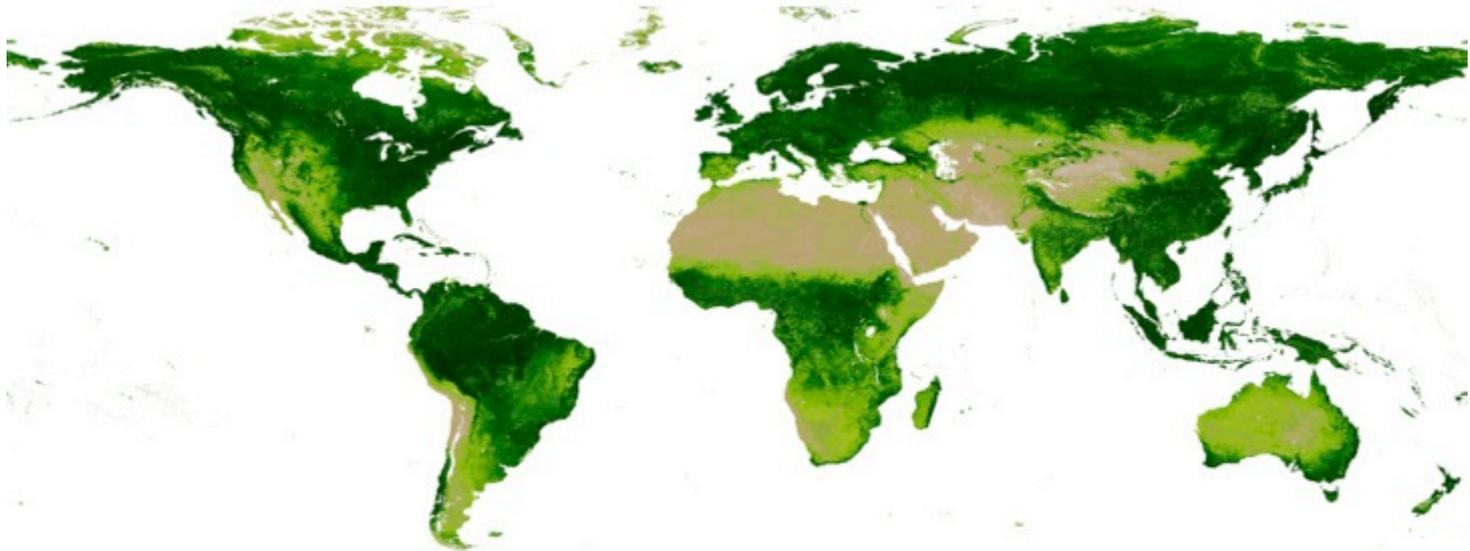
Accroît la variabilité à basse fréquence des flux nets de CO₂

Diminue la résilience du bilan de carbone

Réduit considérablement les stocks de biomasse et du sol

Amplifie les flux (+ et -) échangés entre surface et atmosphère

Sous la verdure.....



les pratiques et la gestion contrôlent le bilan de carbone à moyen et long termes de 60% de terres émergées.