



**HAL**  
open science

## Les forêts : Réservoir de Carbone ? Illustration avec différents écosystèmes

Damien Bonal, Laurent Saint-André

► **To cite this version:**

Damien Bonal, Laurent Saint-André. Les forêts : Réservoir de Carbone ? Illustration avec différents écosystèmes. Salon International de l'Agriculture, Feb 2008, France. 21 p. hal-01032109

**HAL Id: hal-01032109**

**<https://hal.science/hal-01032109>**

Submitted on 6 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Les Forêts : Réservoir de Carbone ? Illustration avec différents écosystèmes



Forêt tropicale humide



Forêt tempérée



Plantation  
Eucalyptus



**Damien Bonal**, INRA Kourou, UMR Écologie des Forêts de Guyane

**Laurent Saint-André**, CIRAD, UPR Écosystèmes de Plantations

*Avec l'aide de nombreux contributeurs de l'Inra (ex. André Granier), du Cirad (Y. Nouvellon, C. Marsden, O. Roupsard, JM. Harmand), et de partenaires à l'étranger (UR2PI, ESALQ, USP etc...)*



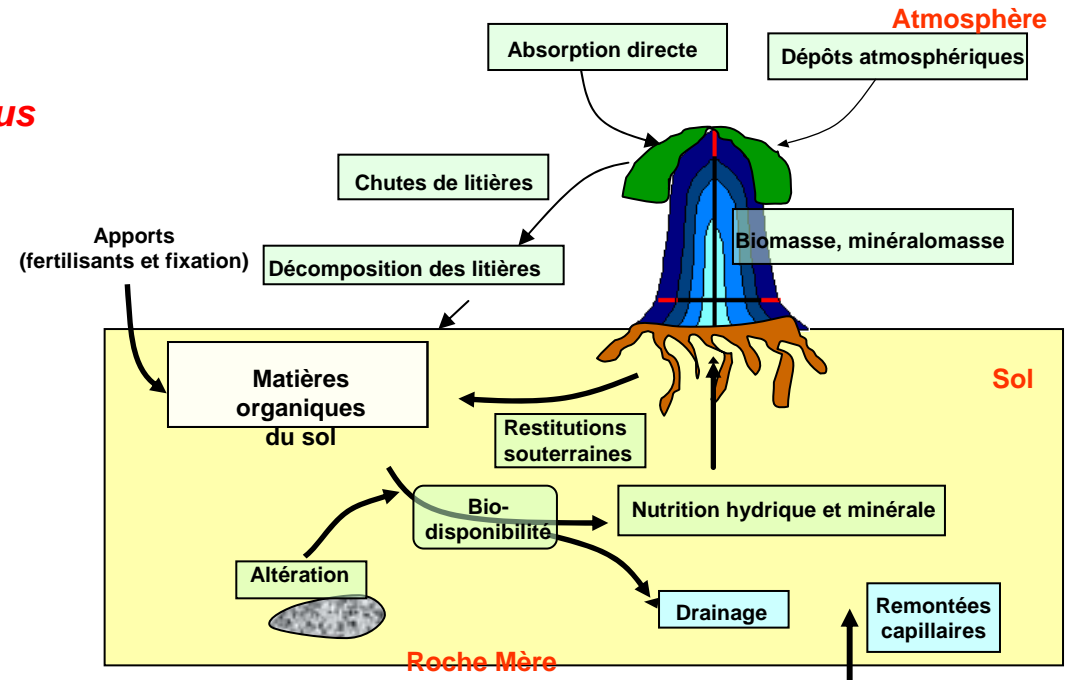
# Qu'est ce qu'un écosystème forestier ?

- Des stocks et flux de matières (C, H<sub>2</sub>O, Minéraux)
- Des dynamiques de populations (Arbres, Populations microbiennes, etc..)

qui interagissent avec deux matrices (Atmosphère et Sol)

*Ils sont soumis à une anthropisation plus ou moins marquée*

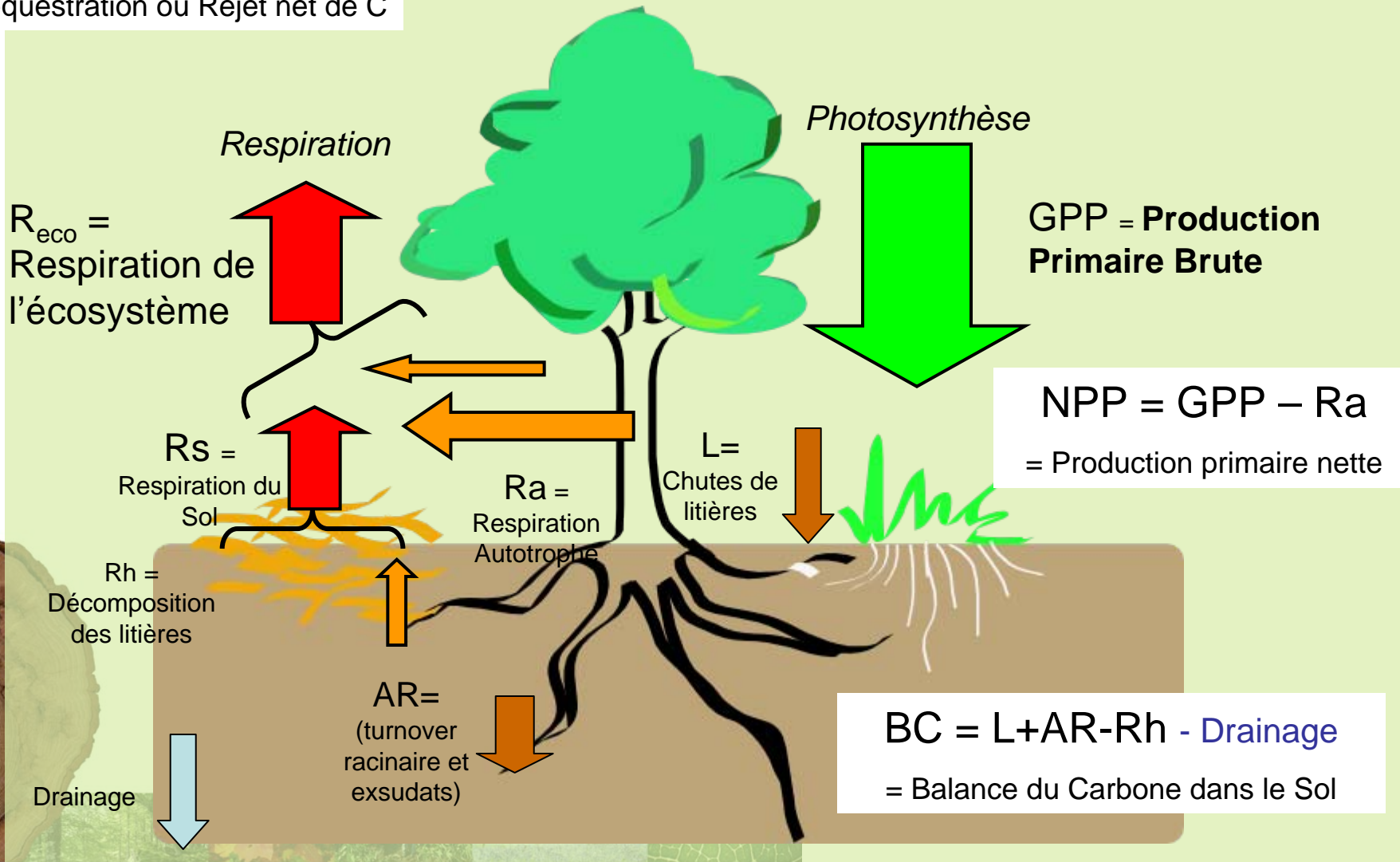
*Ils sont complexes, verticalement, spatialement, et temporellement*



# Cycle du carbone dans un écosystème forestier ?

Net Ecosystem Exchange :  $NEE = GPP - Reco$

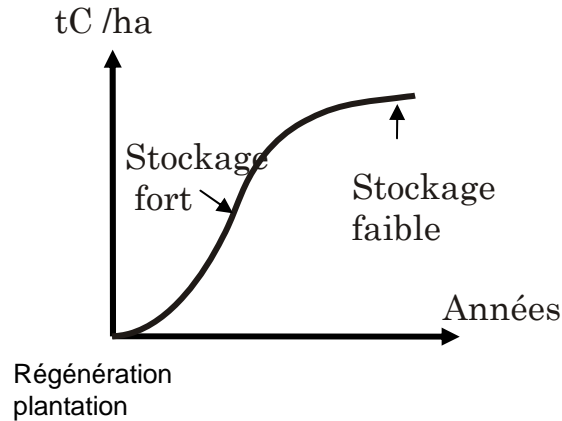
Séquestration ou Rejet net de C



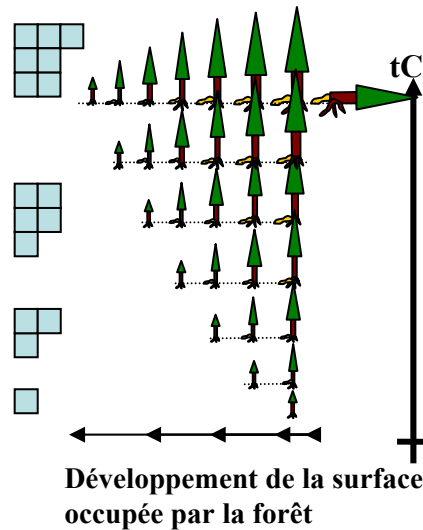


# Séquestration de carbone dans un écosystème forestier ?

Notion 1 :  
Croissance  
du peuplement



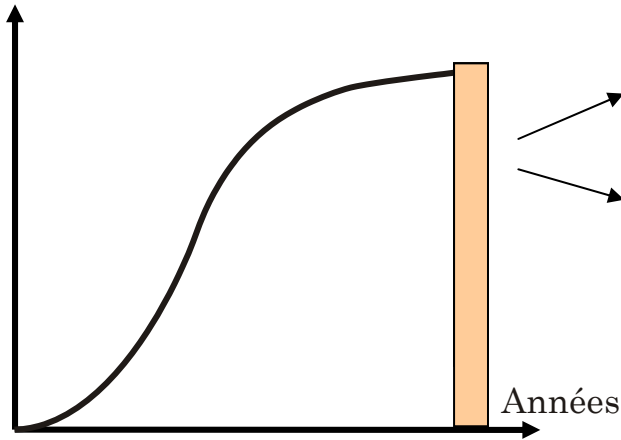
Et son corollaire,  
le réservoir permanent dans un massif



Carbone stocké en permanence dans le massif forestier  
Arbres (aérien/souterrain) / Litière / Sol

## Notion 2 : le produit forestier

tC /ha

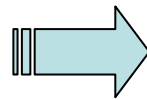


Produits forestiers avec une durée de vie définie, stockage plus ou moins long

Et/Ou bois énergie, comme substitution à du pétrole, ou qui permet d'éviter la déforestation des forêts naturelles

Eclaircies, Exploitation à faible impact en forêt dense tropicale, etc...)

Ou Exploitation totale (en fin de rotation pour la plupart des massifs gérés)



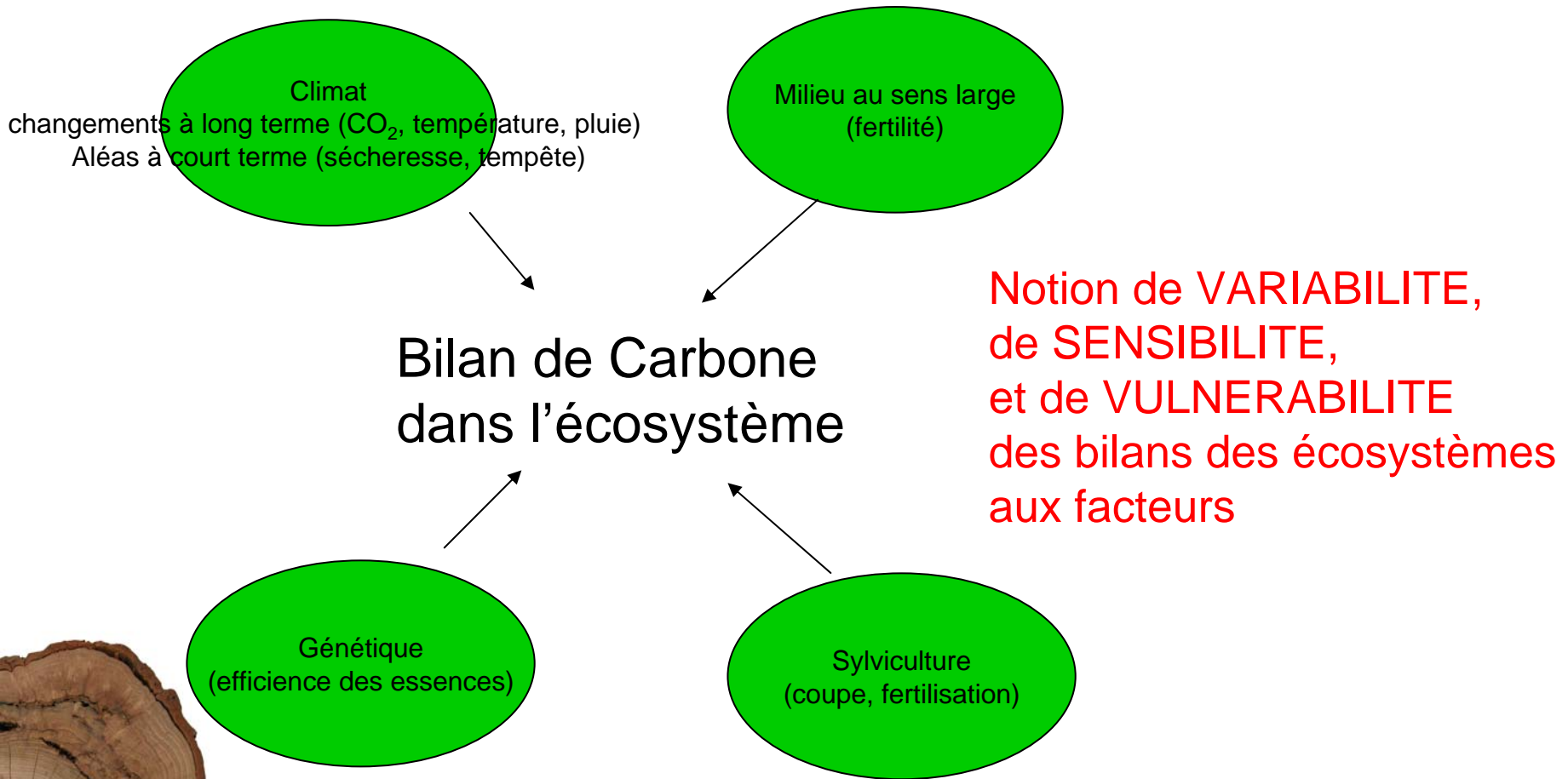
Et son corollaire, impact de la gestion

- sur la fonction de stockage (augmentation ou diminution des flux)

ou

- sur le réservoir de carbone que constituent les forêts (augmentation ou diminution du stock)

# Facteurs majeurs influençant les bilans de carbone dans un écosystème



# Séquestration de carbone dans un écosystème forestier ?

Trois exemples pour illustrer les problématiques inhérentes :

- **Changement d'usage des terres**
- **Influence des changements climatiques**
- **Impact de la gestion**
- **Conservation de la biodiversité**



Plantation  
Eucalyptus



Forêt tempérée



Forêt tropicale humide

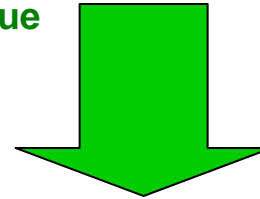




## Mesures par « corrélations turbulentes » des flux de CO<sub>2</sub> et calculs des bilans



Capture du  
CO<sub>2</sub> atmosphérique  
(GPP)



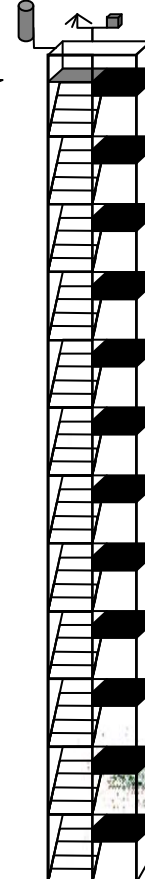
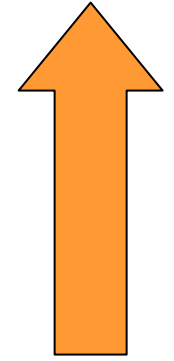
$$\text{NEP (Net Ecosystem Production)} = \sum \text{NEE}$$

$$\text{NEP} = \text{GPP} - \text{Re}$$

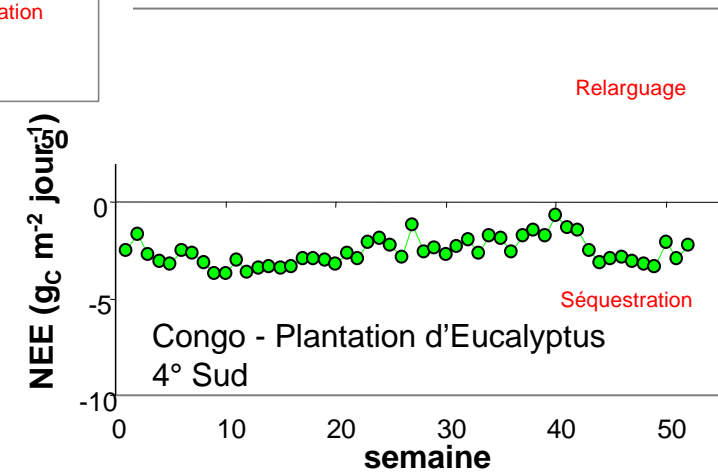
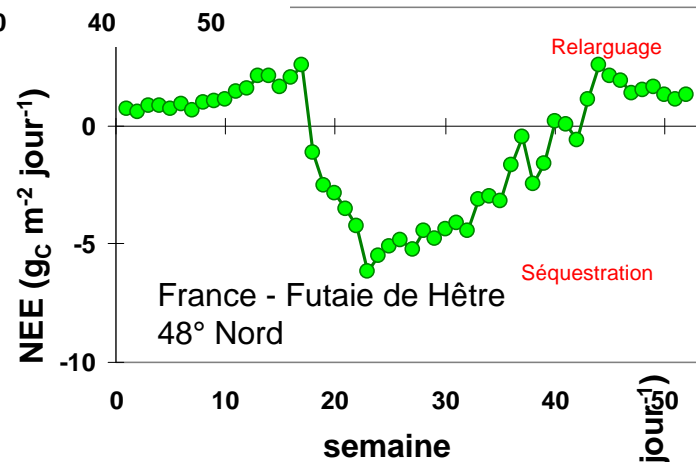
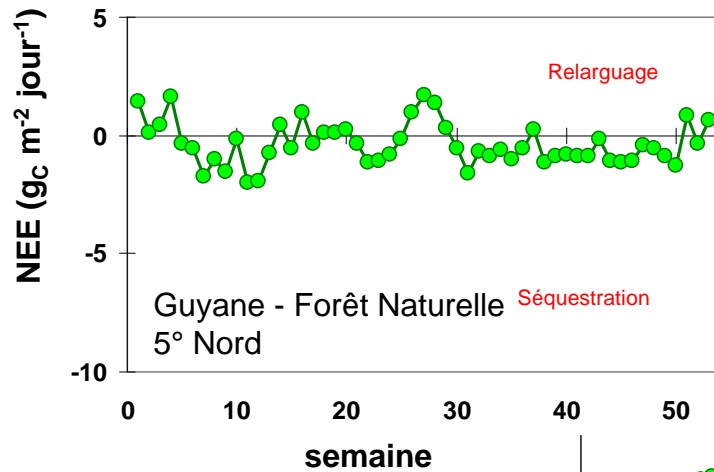
**Re** est obtenu à partir des mesures de flux (NEE) réalisées la nuit (pas de photosynthèse). Cette respiration inclut différentes composantes (arbres, décomposition de la litière..)

**GPP** est obtenue à partir de **NEP** et **Re**

Respiration de  
l'écosystème  
(Re)

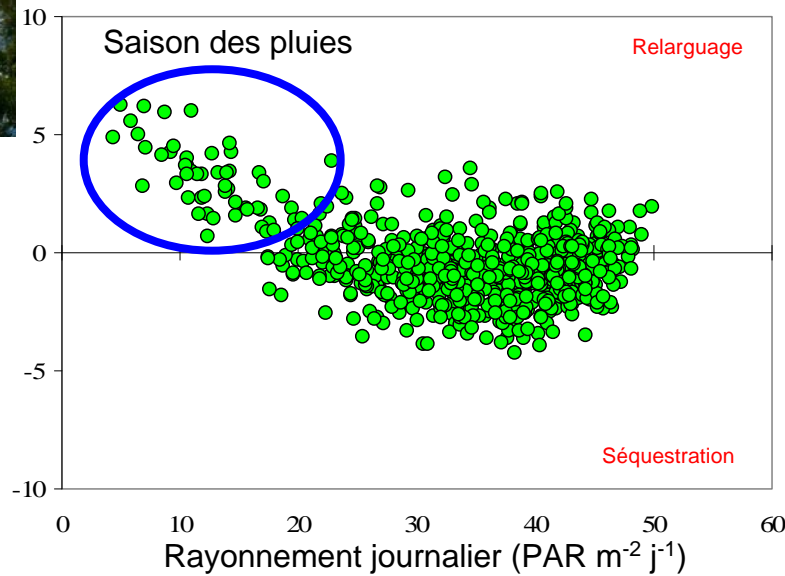


## Exemple Année 2005



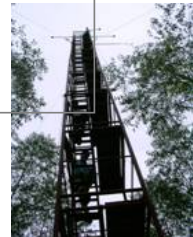
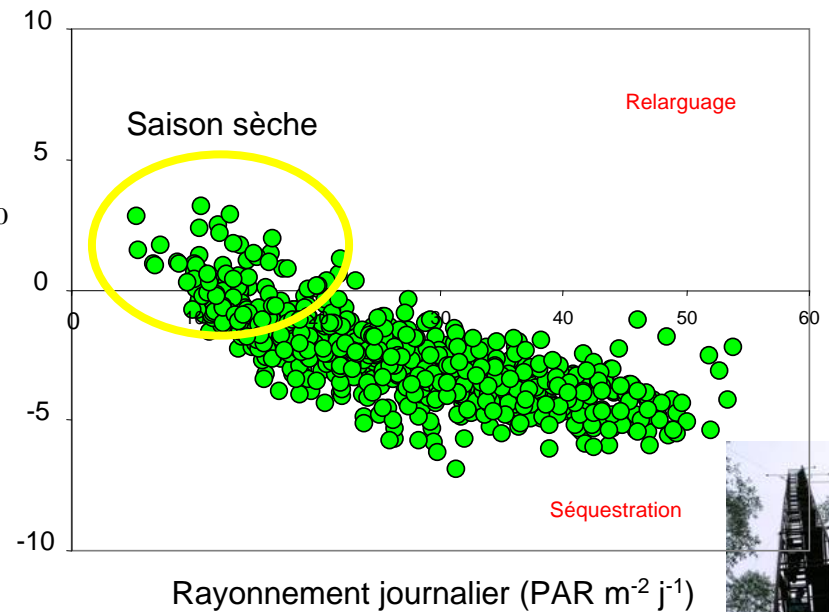
# Origine de la variabilité intra annuelle du bilan de carbone

## Guyane (Forêt Naturelle)

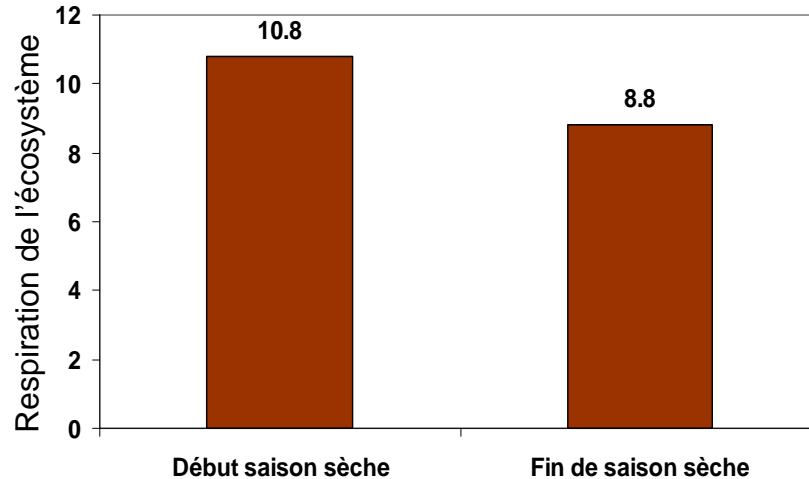


- Les variations saisonnières de NEE sont expliquées très largement par les différences d'ensoleillement (saison sèche / saison des pluies)

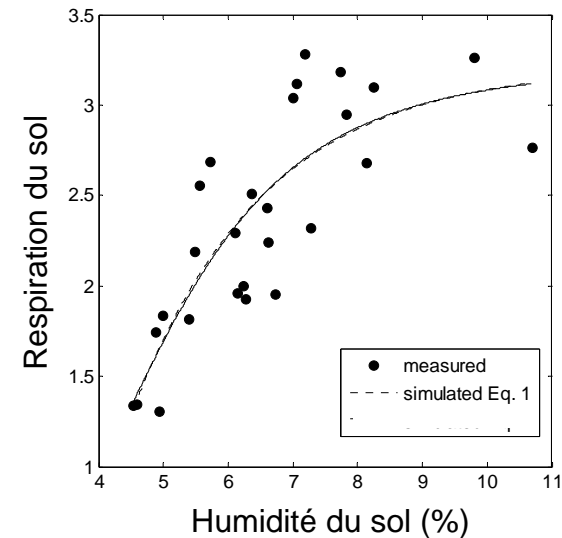
## Congo (Plantation d'Eucalyptus)



## Guyane (Forêt Naturelle)



## Congo (Plantation d'Eucalyptus)

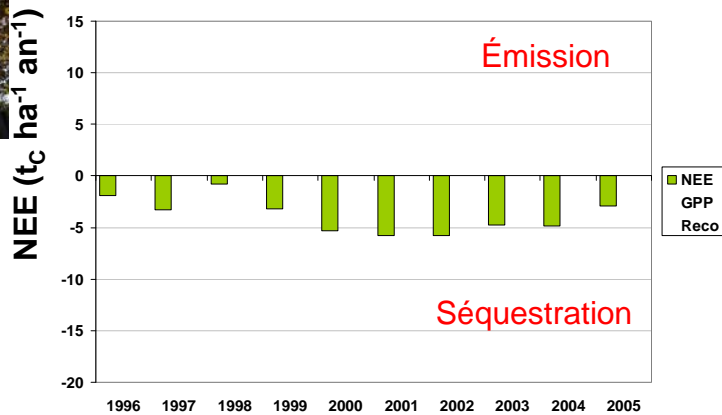


- Les variations saisonnières de la respiration de l'écosystème ( $R_{eco}$ ) sont expliquées principalement par l'humidité du sol. La diminution de  $R_{eco}$  en saison sèche est fortement liée à la diminution de la respiration du sol



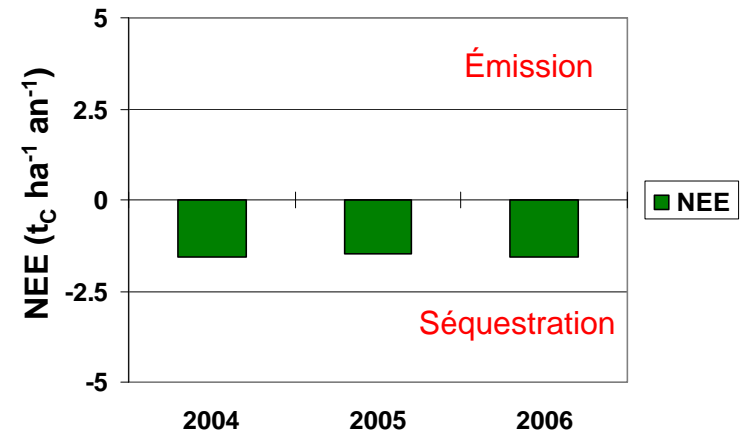


## France (Futaie de Hêtre)



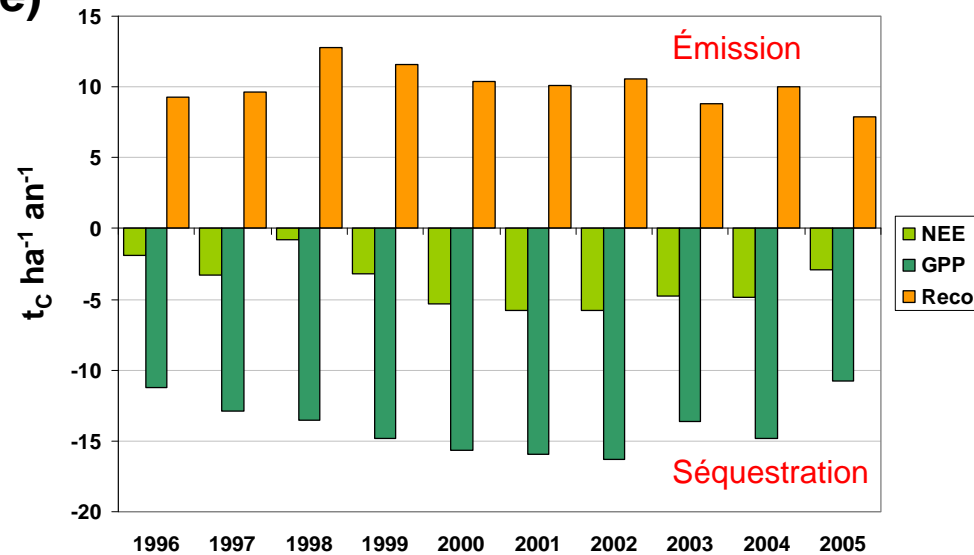
- Séquestration annuelle de carbone dans l'écosystème  
Moyenne de  $-3.9 \pm 1.7 \text{ t}_C \text{ ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$
- Accumulation principalement dans la biomasse aérienne  
c.à.d. Croissance des arbres
- Forte variabilité interannuelle de ce bilan  
Rapport de 1 à 7

## Guyane (Forêt Naturelle)



- Séquestration annuelle de carbone dans l'écosystème  
Moyenne de  $-1.5 \text{ t}_C \text{ ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$
- Accumulation à raison de 50% dans la biomasse aérienne  
c.à.d. augmentation du nombre d'arbres et de leur taille moyenne
- Faible variabilité interannuelle de ce bilan

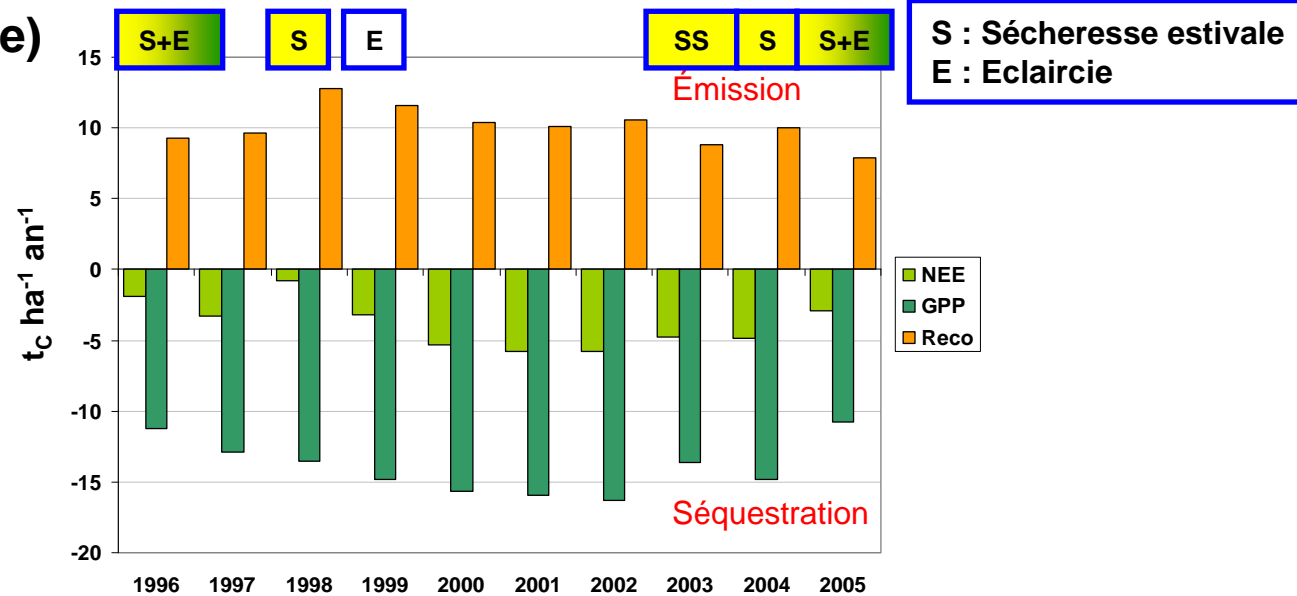
## France (Futaie de Hêtre)



- Respiration et photosynthèse brute évoluent différemment dans le temps
  - ✓ Augmentation de GPP avec l'âge, mais arrêt en 2003
  - ✓ Variations de  $R_{eco}$  difficilement expliquées



## France (Futaie de Hêtre)



- Forte influence du stress hydrique estival sur GPP et le bilan annuel
- Pas d'influence observée d'une éclaircie sur GPP ou le bilan annuel
- Effet modéré du stress hydrique sur  $R_{eco}$

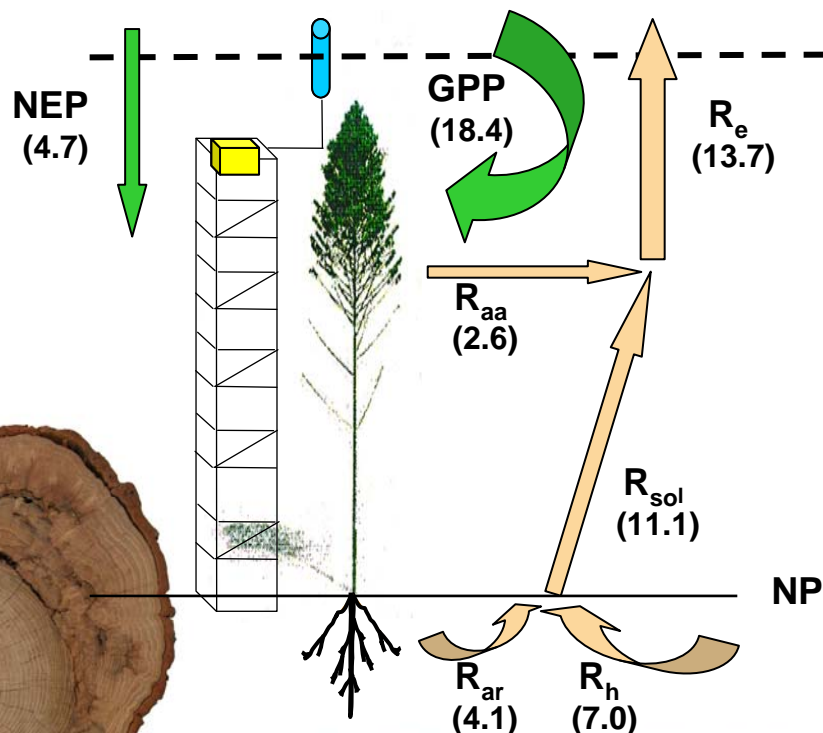


## Congo (Plantation d'eucalyptus)

### 1- A la plantation

Pas d'effet de la préparation du site (herbicide ou cover-crop) sur la respiration du sol

### 2- Dans un peuplement de 3-4 ans



Compartiment	$\Delta S$	Prod. De Litières	NPP tMS/ha/an	NPP tC/ha/an
Bois	8.6	1.4	10.0	5.0
Feuilles	0.1	4.8	4.8	2.4
<i>Total Aérien</i>	<i>8.7</i>	<i>6.2</i>	<i>14.8</i>	<i>7.4</i>
<i>Total souterrain</i>	<i>2.4</i>	<i>5.1</i>	<i>7.5</i>	<i>3.8</i>
<b>TOTAL</b>	<b>11.1</b>	<b>11.3</b>	<b>22.3</b>	<b>11.2</b>

$NPP = GPP - Ra = 11.7$

**Concordance des méthodes**



## Congo (Plantation d'eucalyptus)

### 3- A l'exploitation

Exportation de carbone =  $36.7 \text{ tC ha}^{-1}$   
soit une production moyenne de bois de  $5.2 \text{ tC ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$

### 4- Bilan général : Conséquence de l'afforestation

Augmentation des stocks de carbone =  $28.8 \text{ tC ha}^{-1}$

- $24.4 \text{ tC ha}^{-1}$  dans la biomasse sur pied
- $4.4 \text{ tC ha}^{-1}$  dans la litière au sol
- $0.0 \text{ tC ha}^{-1}$  dans les sols

sous réserve d'une gestion raisonnée (éviter les feux, conservation des rémanents, durée de la rotation respectée)

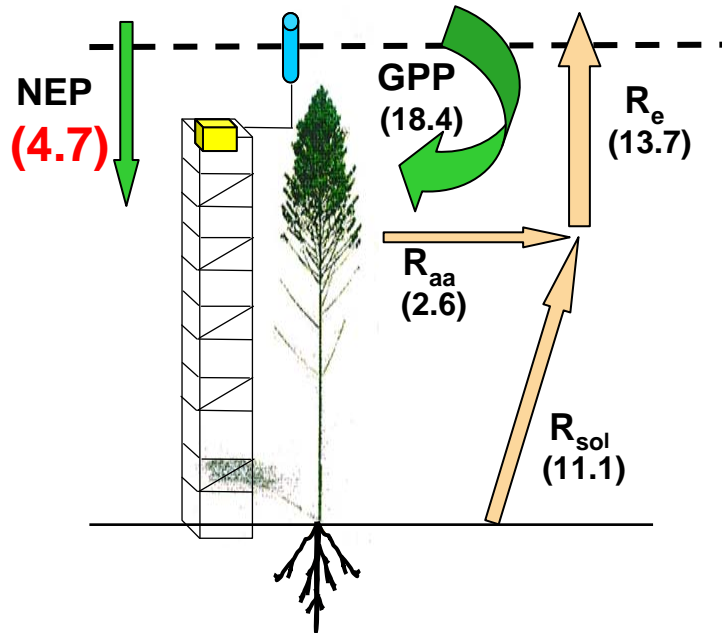


# Variabilité du bilan de carbone selon le clone d'Eucalyptus

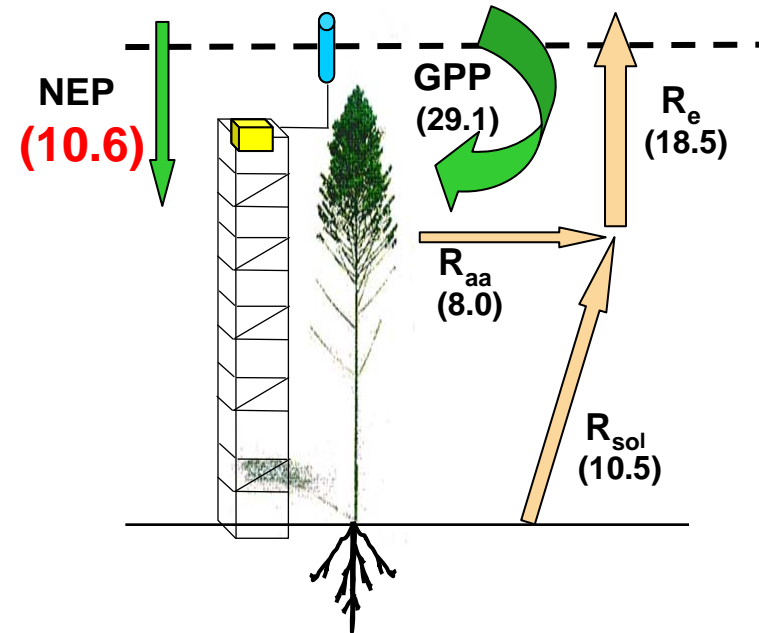
## Congo (Plantation d'eucalyptus)



### Clone N°1 : Pf1



### Clone N°2 : UxG



- Séquestration de carbone doublée chez le clone N°2, grâce notamment à une meilleure efficacité vis à vis de l'eau (g de C séquestré par g d'eau consommé)



Les trois sites étudiés illustrent que :

**Oui, les écosystèmes forestiers sont un réservoir de carbone et stockent aujourd'hui plus de carbone qu'ils n'en rejettent :**

## PUITS DE CARBONE POUR L'ATMOSPHERE

Les composantes du bilan ( $NEP = GPP - R_{eco}$ ) ne sont pas nécessairement pilotées par les mêmes facteurs et peuvent donc répondre de façon différente à une perturbation donnée (anthropique ou naturelle)

Cette complexité nécessite une intégration progressive des informations dans des modèles (Utilisation des réseaux, couplage entre observations et manipulation des écosystèmes, méta-analyses) pour répondre aux questions de la société :

- Changement d'usage des terres et Mécanismes de Développement Propre
- Forêt naturelle et Dégradation/Déforestation évitée
- Impact des changements climatiques / Négociations internationales
- Etc...

# Des approches multi-cycles...

## ✕ Carbone

Séquestration de C par les peuplements forestiers ?

## ✕ Eau

Quantité (et la qualité) des eaux ?

## ✕ Éléments minéraux

Fertilité des sols ?

Des cycles  
intimement liés

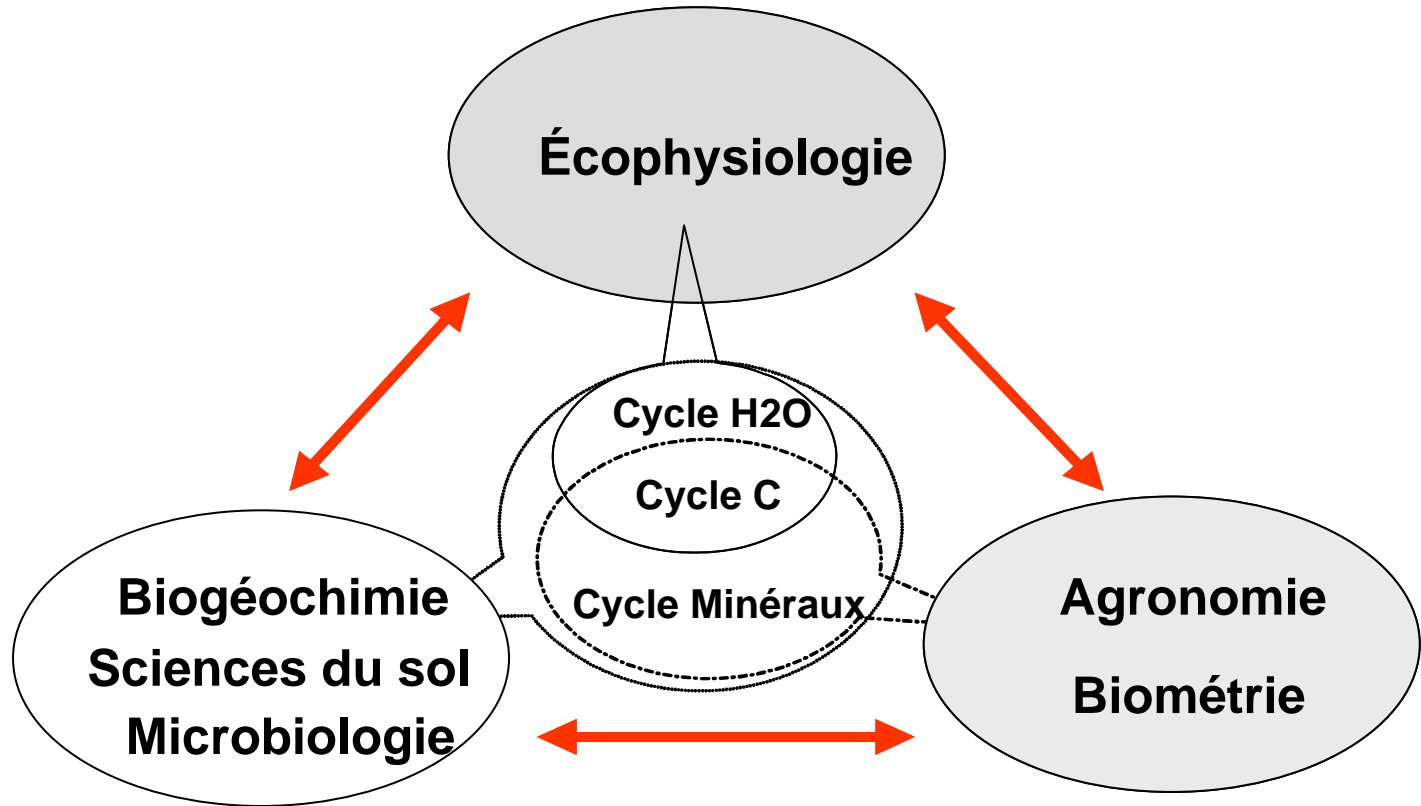
Qui dépendent étroitement de la gestion

Ainsi que des aléas climatiques (sécheresse, tempête, rayonnement)  
et des changements à long terme (CO<sub>2</sub>, température)





# Et nécessairement interdisciplinaires...



# Merci de votre attention

## Publications récentes des équipes sur le sujet

Marsden C., Nouvellon Y., Thongo M'Bou A., Saint-André L., Jourdan C., Kinana A., Epron D. 2008. **Two independent estimations of stand level root respiration on clonal Eucalyptus stands in Congo: up scaling of direct measurements on roots versus the trenched-plot technique.** *New Phytologist*, 177 (3), 676-687.

D'Annunzio R., Conche S., Landais D., Saint-André L., Joffre R., Barthes B., 2008 **Pairwise comparison of soil organic particle-size distributions under native savannahs and Eucalyptus plantations in Congo.** *Forest Ecology and Management* 255:1050-1056.

Bonal D, Bosc A, Goret JY, Burban B, Gross P, Bonnefond JM, Elbers J, Longdoz B, Ponton S, Epron D, Guehl JM, Granier A (2008) **The impact of severe dry season on net ecosystem exchange in the Neotropical rainforest of French Guiana.** *Global Change Biology*, sous presse.

Granier A, Reichstein M, Bréda N, Janssens I, Falge E, Ciais P, Grünwald T, Aubinet M, Berbigier P, Bernhofer C, Buchmann N, Facini O, Grassi G, Heinesch B, Ilvesniemi H, Keronen P, Knohl A, Köstner B, Lagergren F, Lindroth A, Longdoz B, Loustau D, Mateus J, Montagnani L, Nys C, Moors E, Papale D, Peiffer M, Pilegaard K, Pita G, Pumpanen J, Rambal S, Rebmann C, Rodrigues A, Seufert G, Tenhunen J, Vesala T, Wang Q (2007) **Evidence for soil water control on carbon and water dynamics in European forests during the extremely dry year: 2003.** *Agricultural and Forest Meteorology*, 143, 123-145.

