



**HAL**  
open science

## Interactions entre cycles CNP (S-K-Mg-Ca) dans les agro-écosystèmes: Intérêts – Outils – Verrous

Isabelle Bertrand, Valérie Viaud, Tanguy Daufresne, Sylvie Recous

### ► To cite this version:

Isabelle Bertrand, Valérie Viaud, Tanguy Daufresne, Sylvie Recous. Interactions entre cycles CNP (S-K-Mg-Ca) dans les agro-écosystèmes: Intérêts – Outils – Verrous. Cycles biogéochimiques (CNP et autres éléments) dans les agroécosystèmes: faut-il approfondir l'étude des interactions entre ces cycles?, Feb 2015, Paris, France. hal-02744126

**HAL Id: hal-02744126**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02744126>**

Submitted on 3 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.



# Interactions entre cycles CNP (S-K-Mg-Ca) dans les agro-écosystèmes

**Intérêts – Outils – Verrous**



**Isabelle BERTRAND, Valérie VIAUD,  
Tanguy DAUFRESNE, Sylvie RECOUS**



# SOMMAIRE

- **Analyse Bibliométrique**
- **Enjeux à différentes échelles spatiales**
- **Quels outils?**
- **Concepts et outils développés en écologie**
  - Quelle déclinaison dans les agro-écosystèmes?
- **Challenges**



\_01

# Analyse bibliométrique

*Collaboration Virginie Lelièvre*

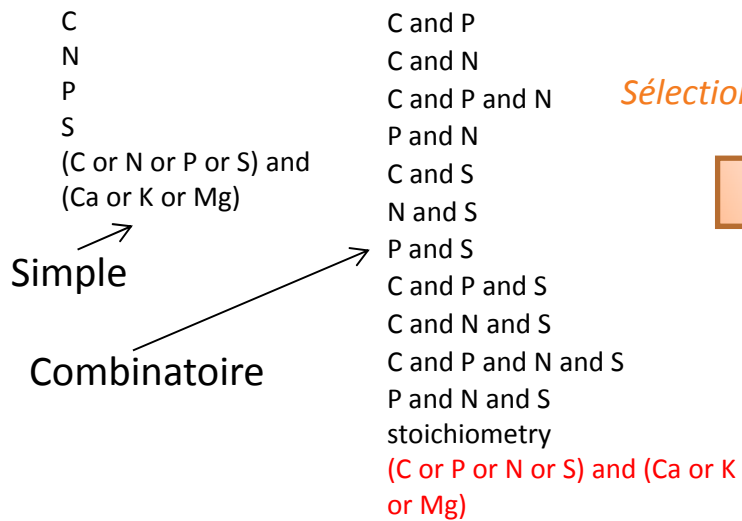


# Méthodologie

-Web of Science 1975-Actuel, articles et reviews

-Interrogations

-Hypothèse : Interrogation que sur les titres (10% de perte environ)



Sélection par SC



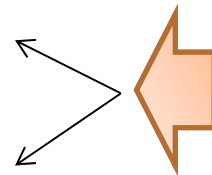
ENVIRONMENTAL SCIENCES OR MULTIDISCIPLINARY SCIENCES OR PLANT SCIENCES OR GEOSCIENCES MULTIDISCIPLINARY OR ECOLOGY OR SOIL SCIENCE OR MARINE FRESHWATER BIOLOGY OR AGRONOMY OR OCEANOGRAPHY OR WATER RESOURCES OR FORESTRY OR AGRICULTURE MULTIDISCIPLINARY OR LIMNOLOGY OR FISHERIES OR MICROBIOLOGY OR BIOTECHNOLOGY APPLIED MICROBIOLOGY



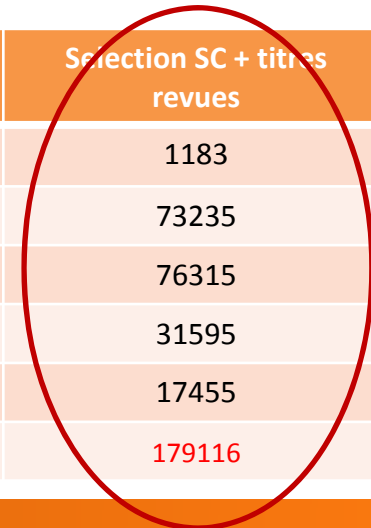
Sélection supplémentaire sur titres des revues

Ecosystèmes Aquatiques

Ecosystèmes Terrestres

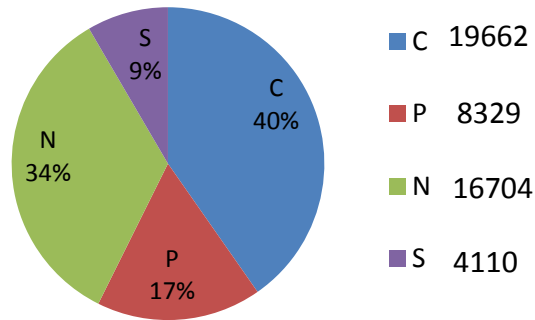


	Selection titres papiers	Selection SC + titres revues
Stoichio*	9832	1183
C	334855	73235
N	236861	76315
P	138456	31595
S	106383	17455
OR	728724	179116

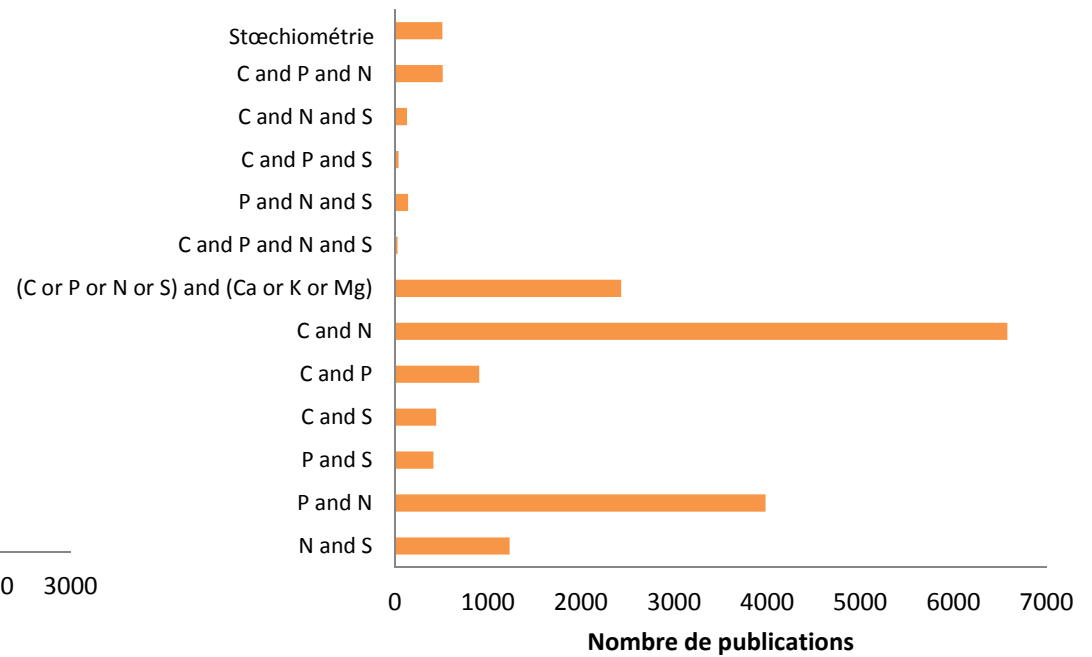
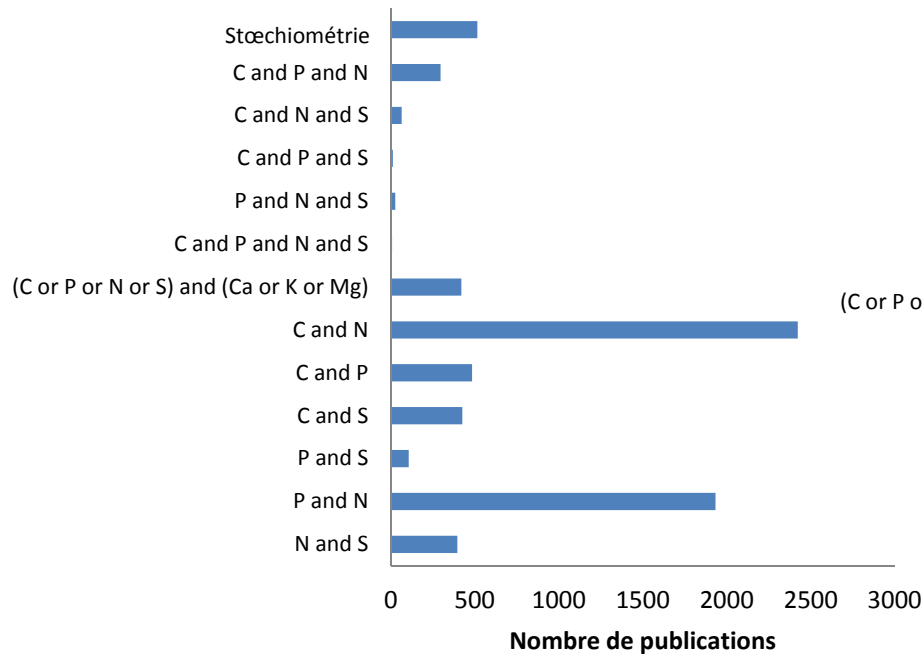
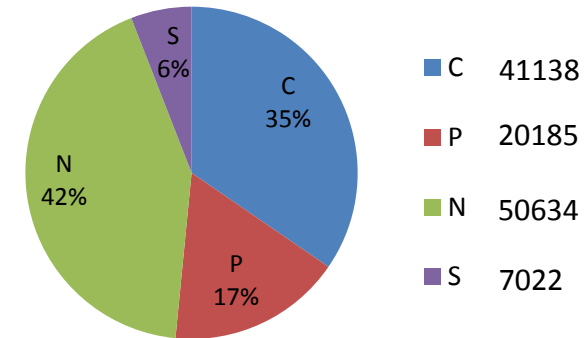


# Approches élémentaires et interactions dans les écosystèmes

## Ecosystèmes Aquatiques

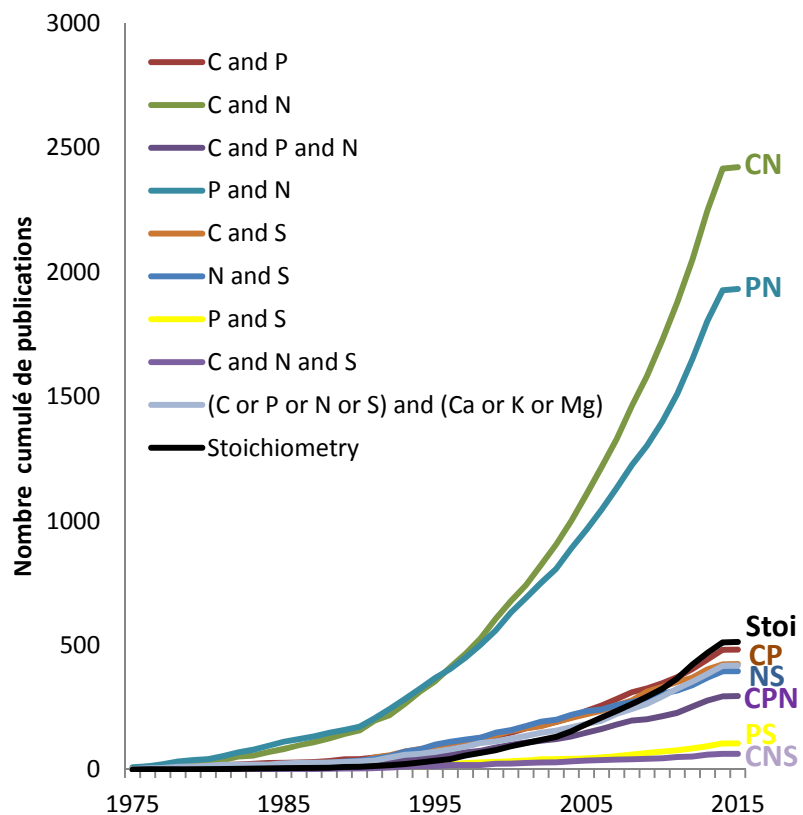


## Ecosystèmes Terrestres



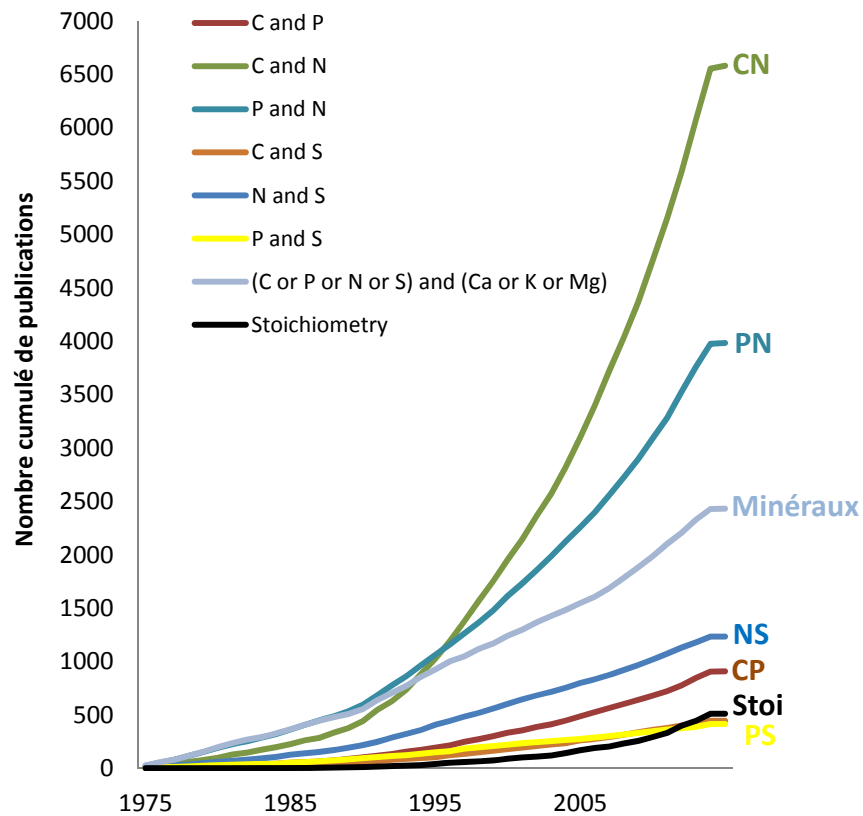
# Evolution temporelle

## Ecosystèmes Aquatiques



- Très tôt couplage CN et PN
- Depuis 1990 prise en compte du S et augmentation relative de stoechiometrie importante

## Ecosystèmes Terrestres



- Augmentation des publications pour C et N
- Les études avec S augmentent peu
- Apparition récente de la stoechiométrie



# Répartition au sein des écosystèmes terrestres

Milieux “peu anthropisés”: Forêts, prairies, pâtures, montagnes, tourbières, marais etc....

Milieux “anthropisés”: Terres cultivées, agro-écosystèmes, agroforesterie, etc....

Interactions	Peu Anthropisés	Anthropisés
Total	4045	8371
France	141	342
INRA	70	187

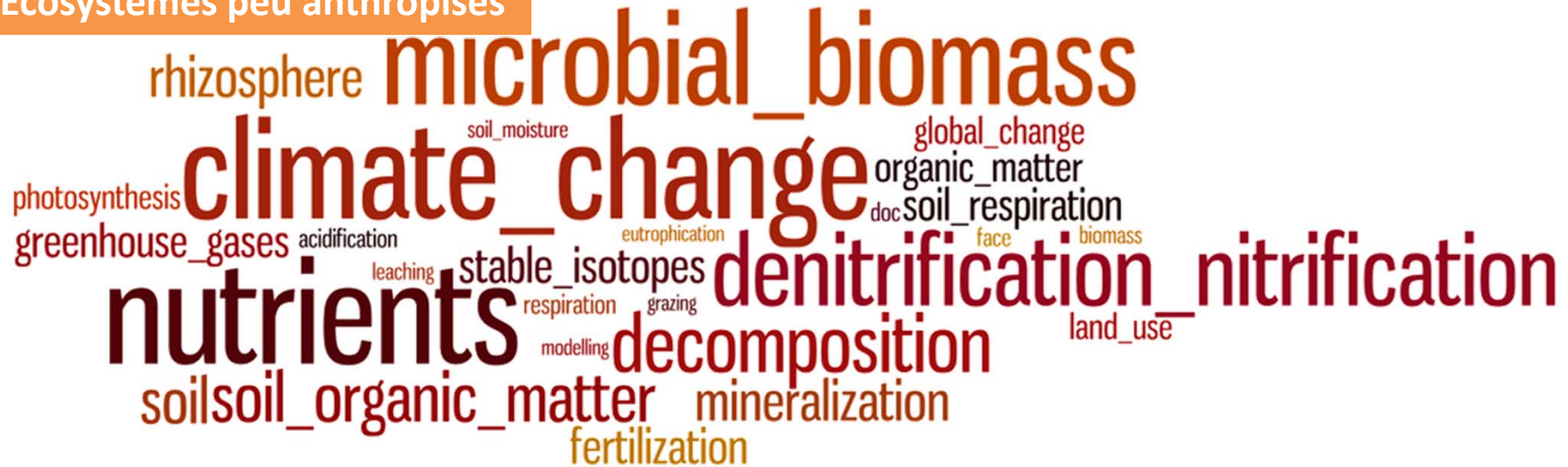
Pays	Nbre Pub	% 4045
USA	1375	34,0
Chine	476	11,8
Allemagne	403	10,0
Canada	287	7,1
New-Zealand	193	4,8
Suede	187	4,6
UK	183	4,5
Hollande	153	3,8
Brésil	150	3,7
Finlande	147	3,6
<b>France</b>	<b>141</b>	<b>3,5</b>
Japon	133	3,3

Pays	Nbre Pub	% 8371
USA	2207	26,4
Chine	919	11,0
Allemagne	656	7,8
Inde	598	7,1
Canada	584	7,0
Australie	475	5,7
Japon	378	4,5
Brésil	378	4,5
UK	372	4,4
<b>France</b>	<b>342</b>	<b>4,1</b>
Espagne	285	3,4
Hollande	283	2,0

# Quelles Finalités?

-Recherche dans les mots clés des auteurs puis tri

## Ecosystèmes peu anthropisés



## Ecosystèmes anthropisés





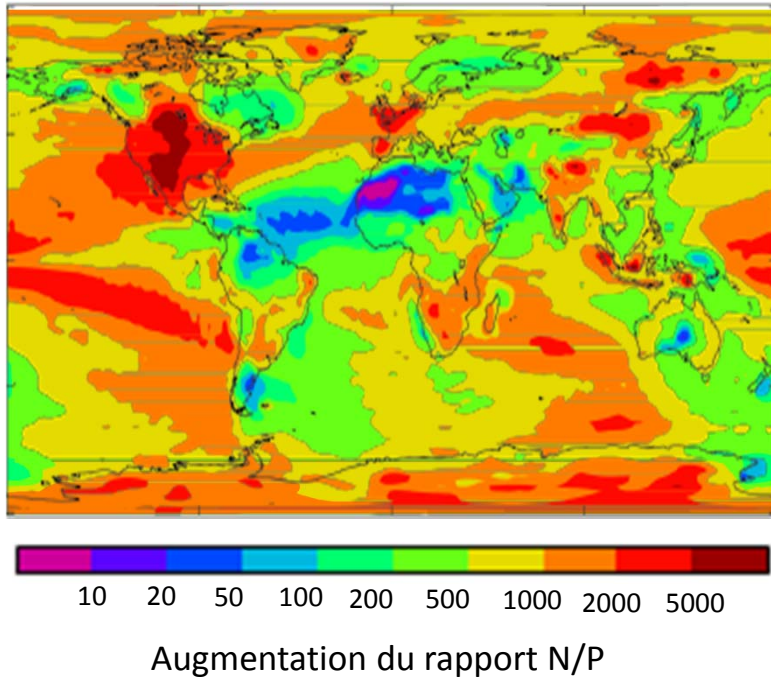
**\_02**

# **Pourquoi aborder les interactions? Quels Enjeux?**

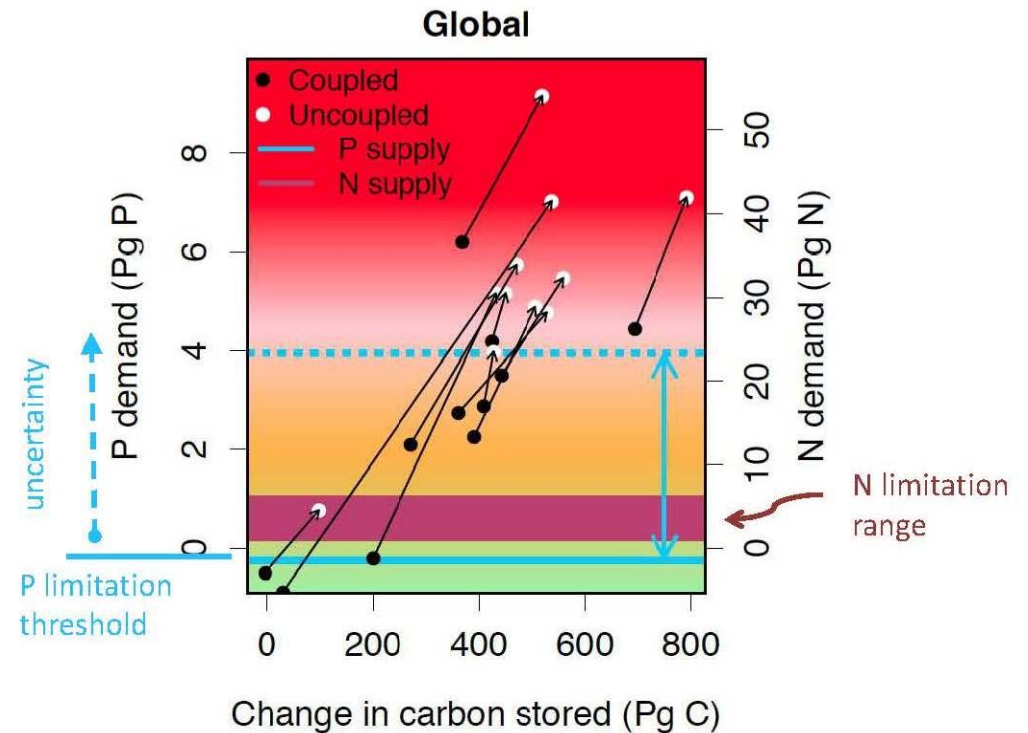


# Echelle Globale

Rapport N/P dépôts atmosphériques  
(2000-2010)



Simulations 2000-2099 C4MIP



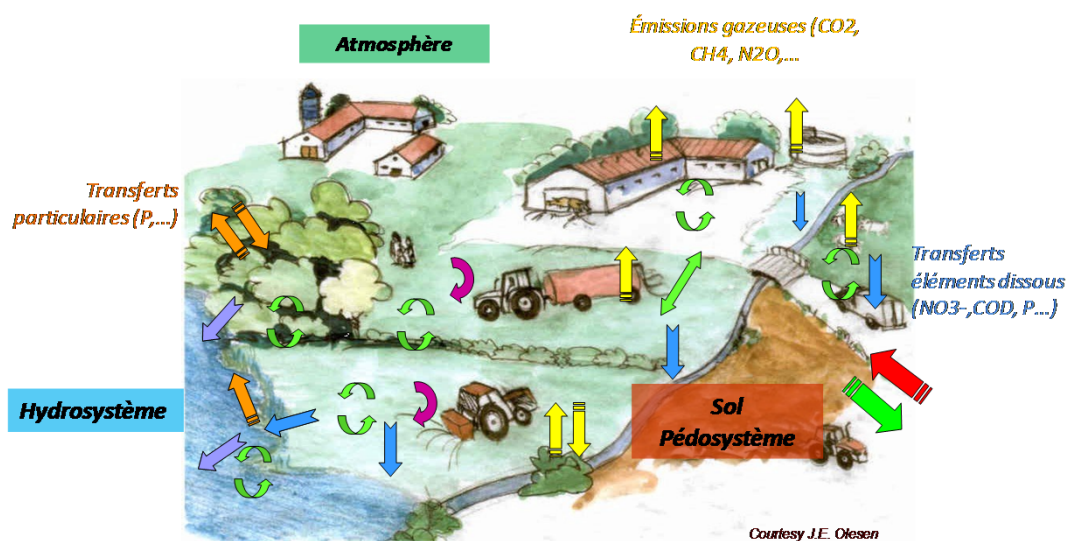
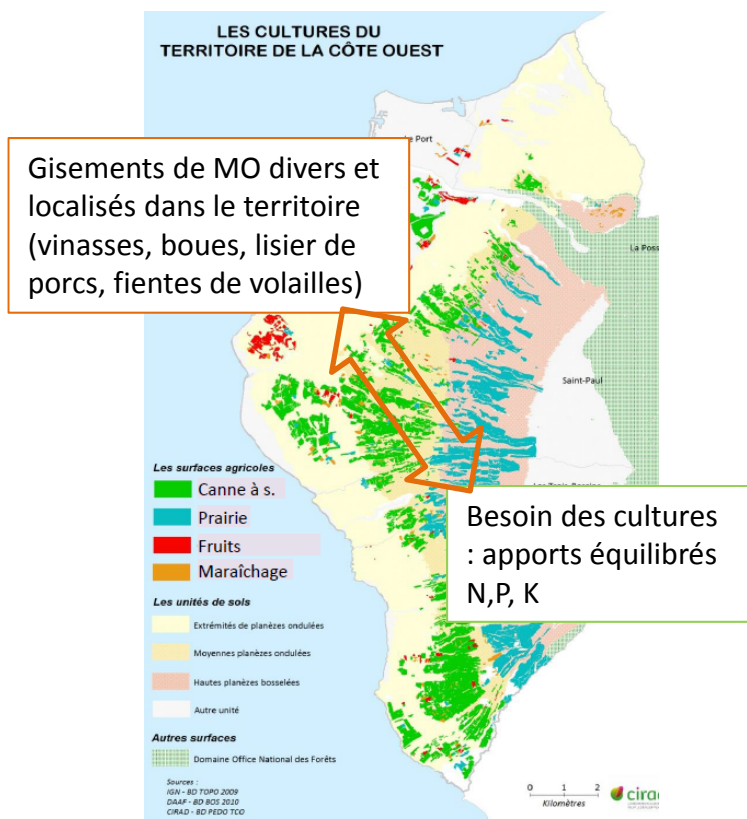
La faible disponibilité en N et P pourrait limiter le stockage de C dans les écosystèmes terrestres

- Mobiliser les stocks de P dans les sols
- Limiter le déséquilibre N/P des fertilisants

# Echelle Bassin Versant et Territoire

Gestion territorialisée des résidus organiques : recyclage et limitation de l'impact sur l'environnement

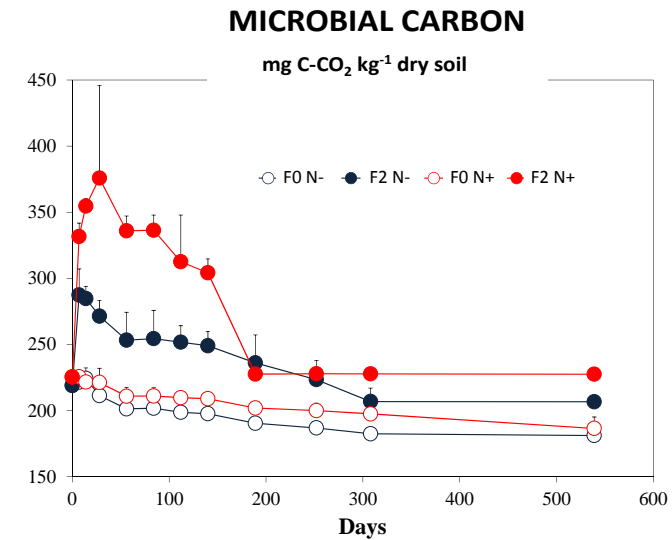
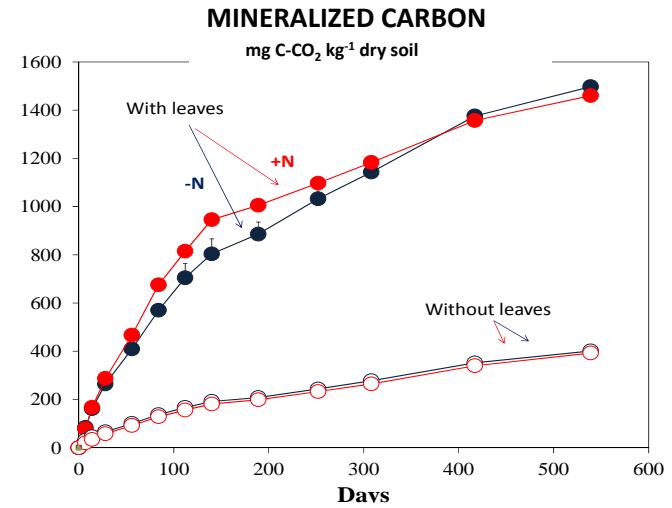
Projet CASDAR GIROVAR (2011-2015)



# Echelle locale (parcelle)



Disponibilité des nutriments :  
 -effets directs sur la photosynthèse,  
 la production de biomasse totale, la  
 composition de la biomasse, la  
 teneur en protéines, etc.

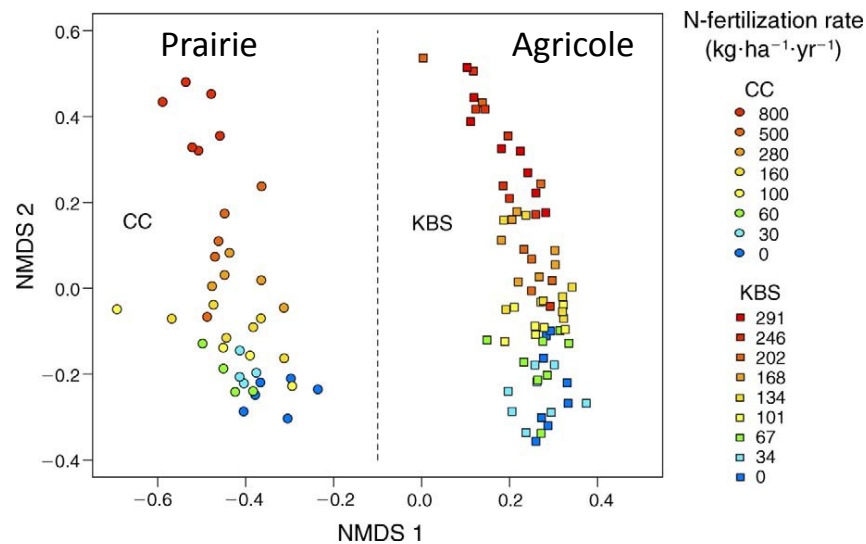
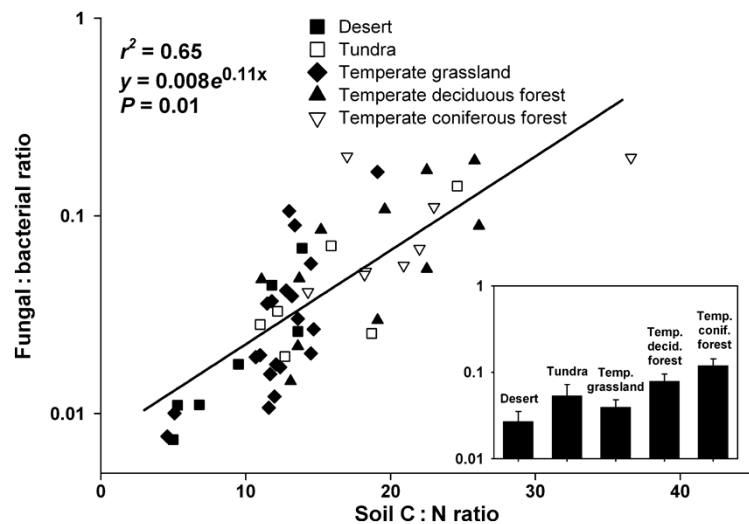


*Interactions C et éléments majeurs  
 dans le plante et à l'échelle peuplement*

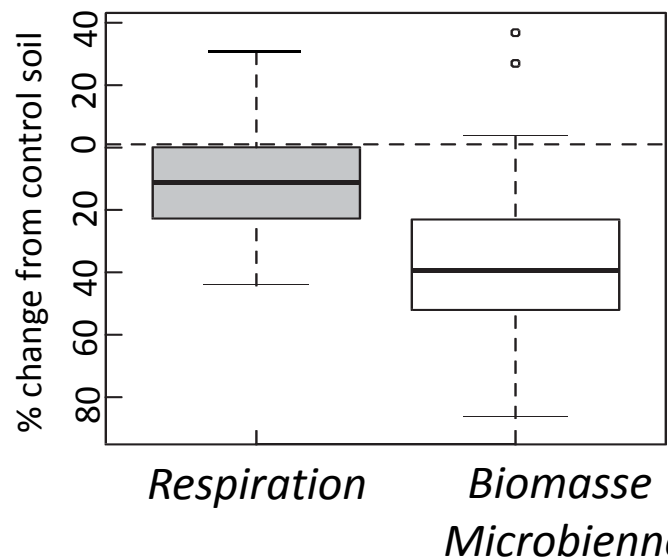
*Rétro-contrôle de la dynamique de C par  
 la disponibilité de N au cours de la  
 décomposition dans le sol*



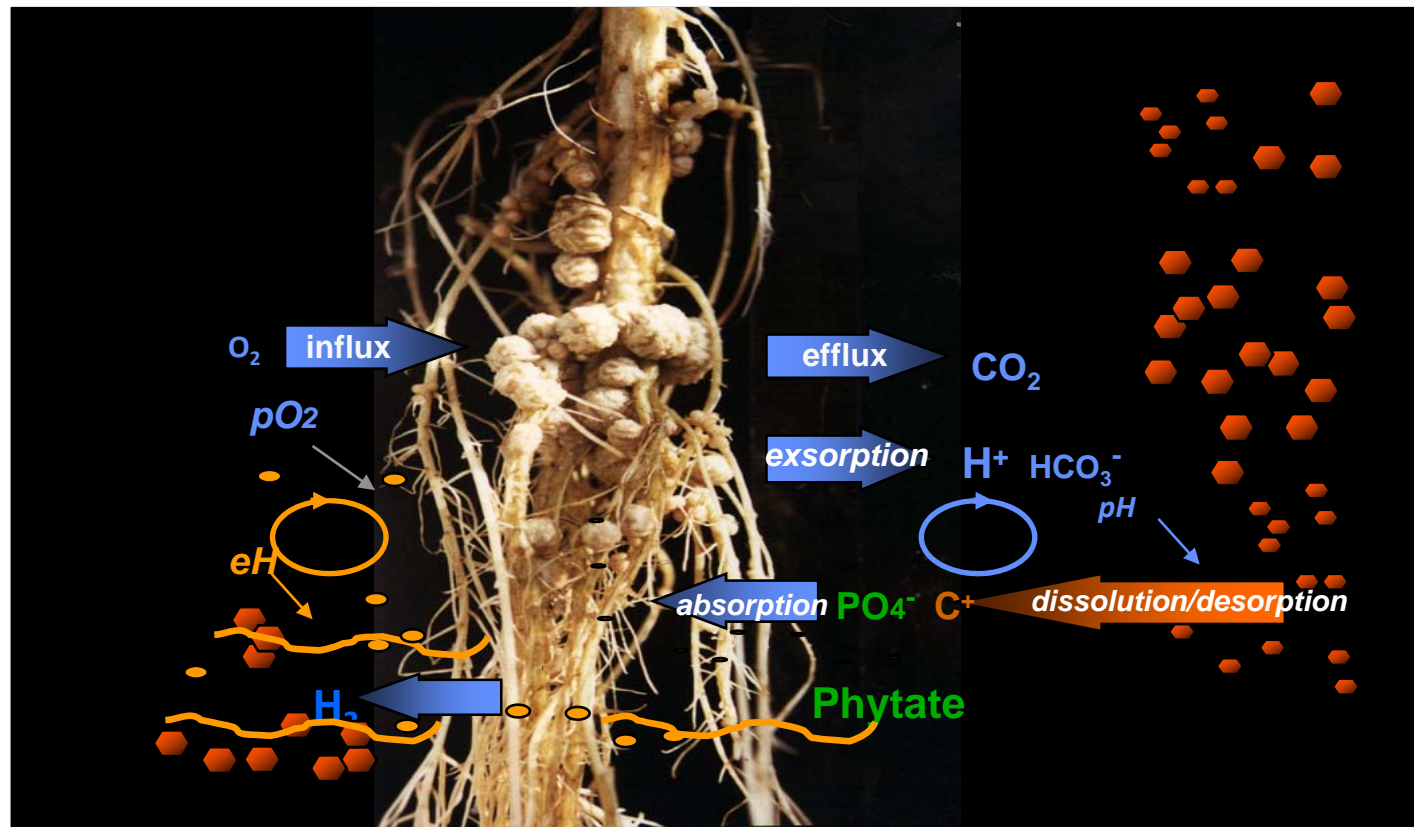
# Echelle de la communauté microbienne



- Renforcer les liens de causalité entre structure et fonctions
- Prise en compte simultanée de CNP
- Etudier davantage les écosystèmes agricoles



# Echelle des interactions organismes-plantes



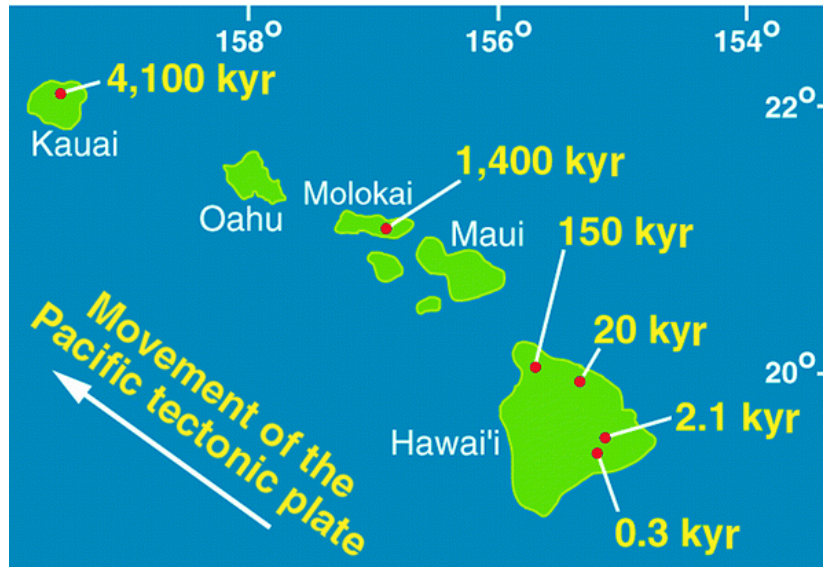
- Augmenter les synergies locales entre fixation de N et disponibilité en P
- Favoriser le développement des mycorhizes



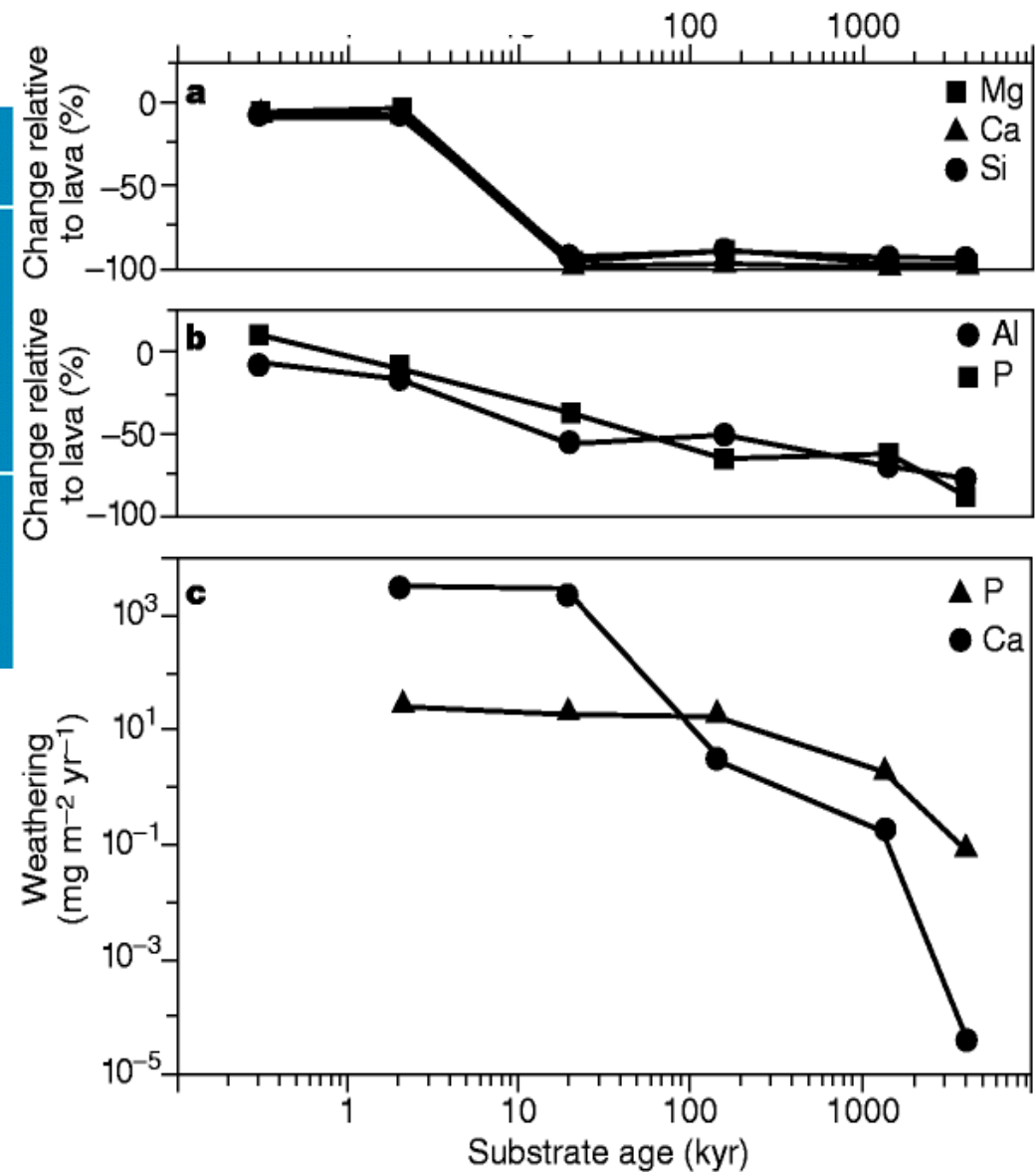
**\_03**  
**Les outils**



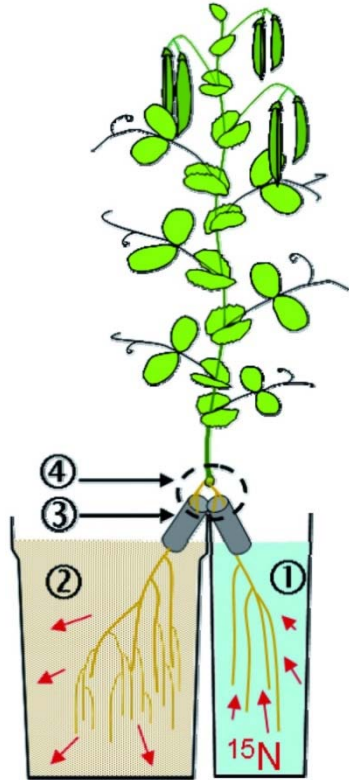
# Notion de gradients



- Très présente en écologie
- Permet de mettre en évidence les processus puis de les "borner"
- Le plus souvent, intègre la complexité des écosystèmes (below-above ground)



# Approches isotopiques



Méthode Split-root, combinée à l'utilisation d'isotopes  
Etude de la rhizodéposition



Monolithes de sols sous atmosphère  $^{13}\text{C}$ -CO<sub>2</sub>  
Interactions entre nutrition, peuplement et dynamique de C



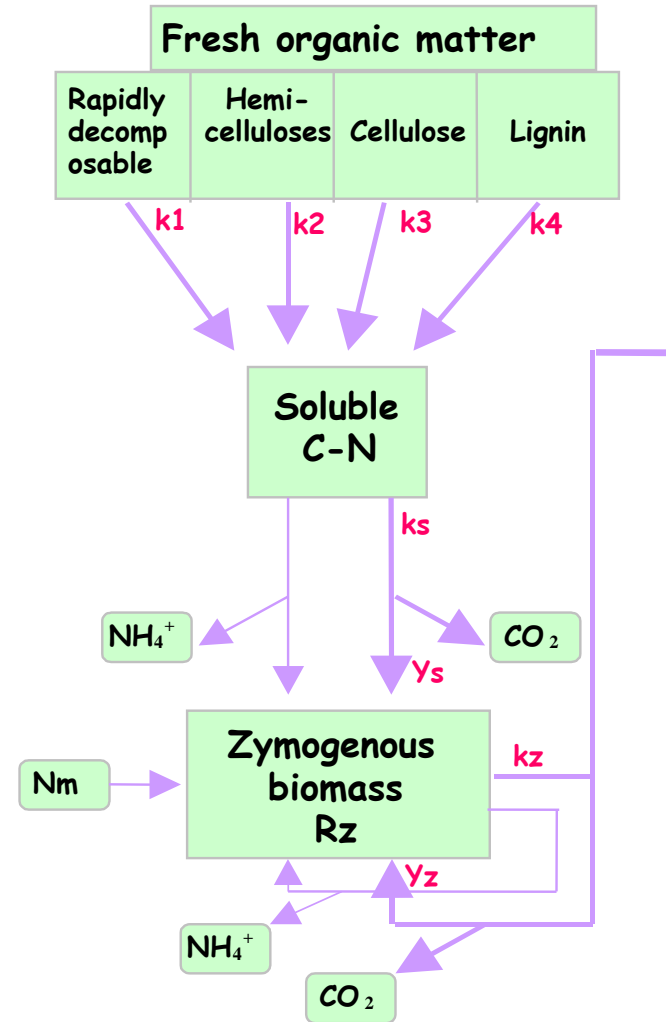
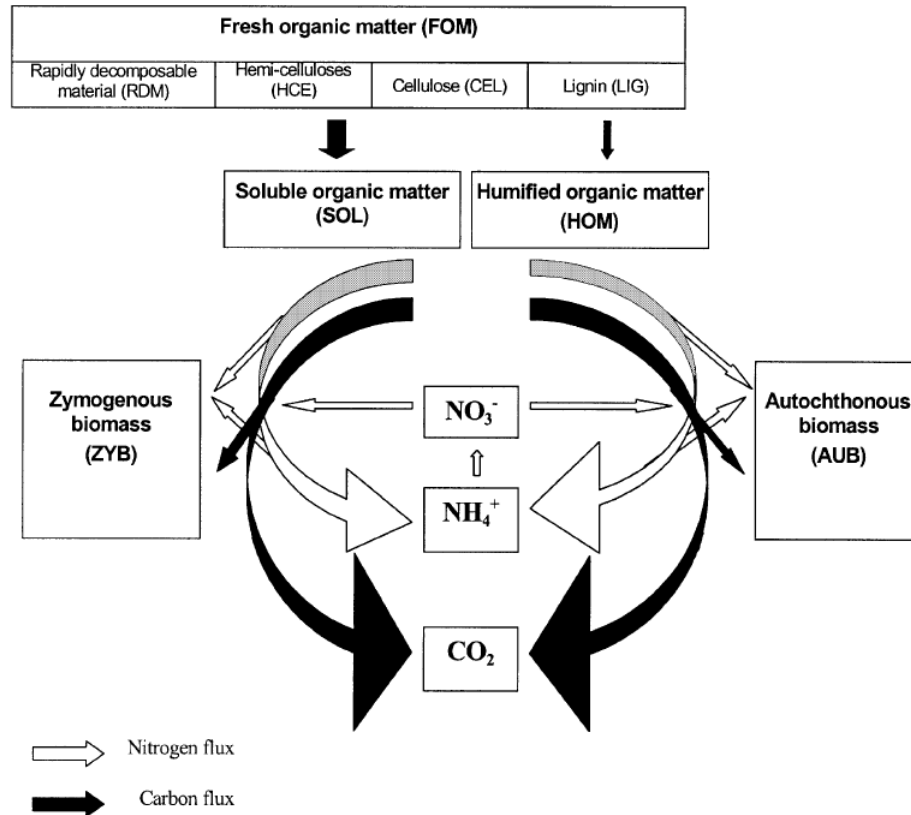
Utilisation de résidus de culture doublement marqués  $^{13}\text{C}^{15}\text{N}$ ,  $^{13}\text{C}^{35}\text{S}$

# Modèles de couplages empiriques

## Interactions C,N dans les modèles de dynamique de la MO

Exemple du modèle CANTIS

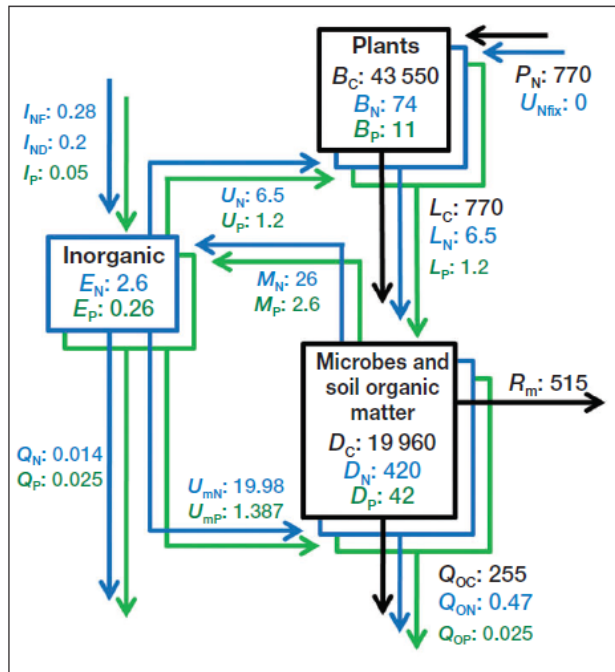
Stoichiométrie C:N + hypothèse d'homéostasie microbienne



# Modèles de couplage mécanistes

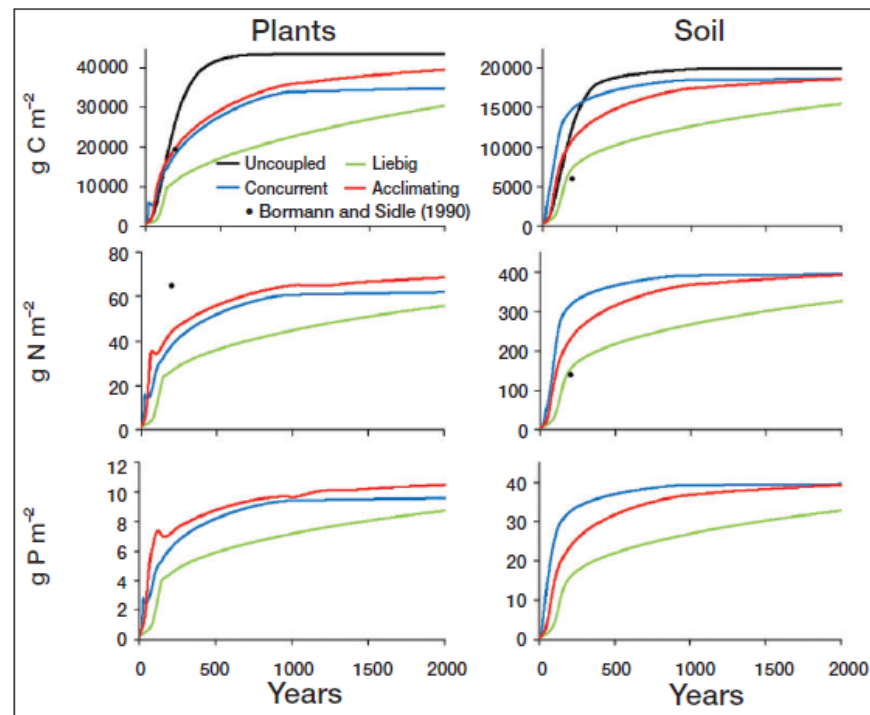
## Modélisation couplée des cycles C,N,P dans un écosystème forestier

Modélisation du cycle C, N, P dans un peuplement de pins Douglas mature



Accumulation de C, N, P dans le sol et dans les arbres prédite par 4 types de modèles

- Uncoupled : cycle du C indépendant des cycles N, P
- Liebig model : croissance des plantes et des microorganismes limitée par la disponibilité du nutriment le plus limitant
- Concurrent limitation model : croissance des plantes et des microorganismes augmente en fonction de la disponibilité de tous les nutriments
- Acclimating : ajustements des prélèvements de nutriments pour optimiser la croissance.

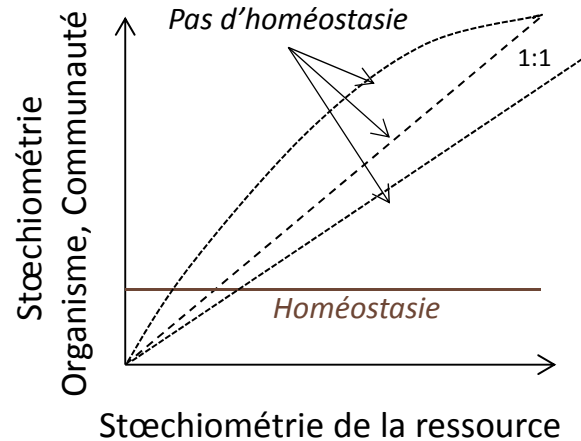


\_04

**Concepts et outils en écologie**  
*Transposition aux agro-écosystèmes?*



# Stœchiométrie



<i>Ecosystèmes</i>	<i>Application concept stœchiométrie</i>	<i>Rapports CNP</i>
Aquatiques	1958 Redfield et al.	106:16:1
Terrestres		
-Fôrets	2004 McGroody et al.	Feuilles 1212:28:1 Litières 3007:45:1
Sols "naturels"	2007 Cleaveland et Liptzin	MOS 186:13:1 BMS 60:7:1
Sols et sédiments	2009 Sinsabaugh et al.	<i>EEA Concept</i> <i>Eco-stœchiométrie Enzymatique</i> <i>Eco-enzymes 1:1:1</i>

## -La stœchiométrie structure la biologie des systèmes

-Les interactions biotiques sont régulées ET impactent la disponibilité des ressources

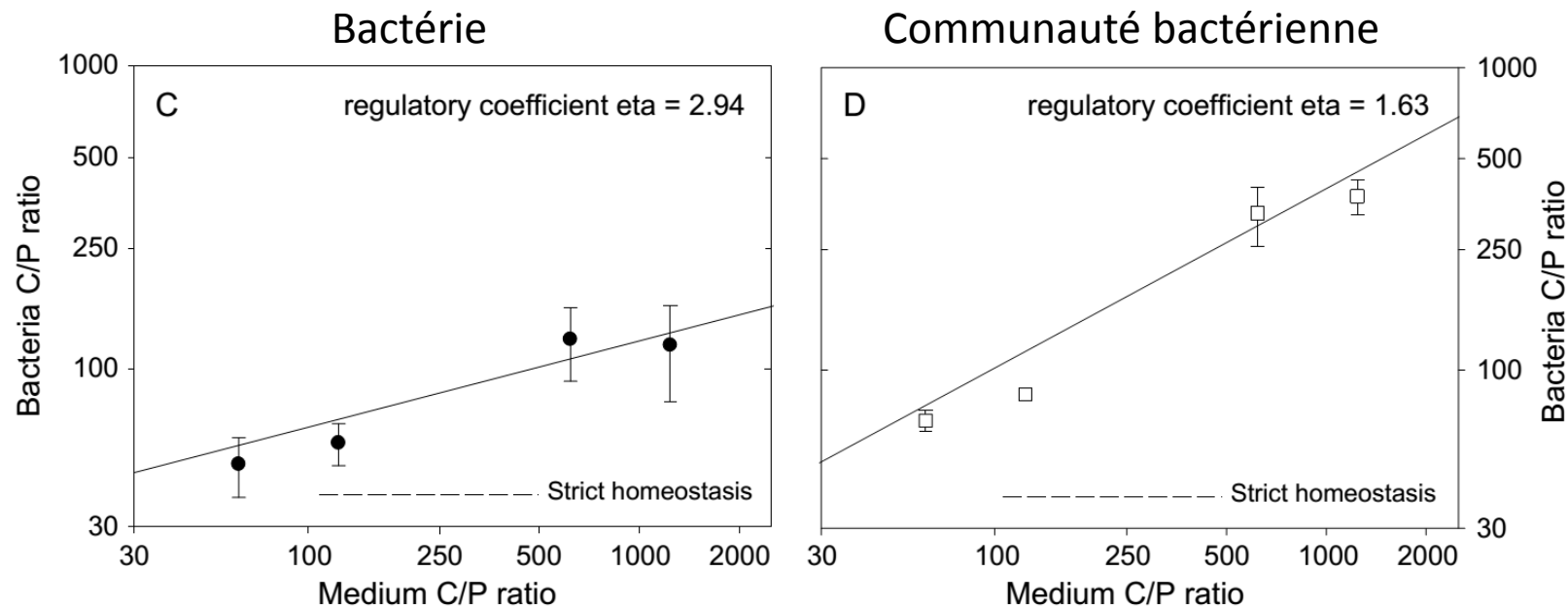


-La réponse d'un système à des changements environnementaux dépend de son **domaine de flexibilité stœchiométrique**



# Homéostasie et loi de Liebig

*Loi du minimum*: La différence entre la fourniture et la demande en nutriment gouverne la limitation en ressource et régule la croissance individuelle des plantes



Homéostasie du ratio C/P dans la biomasse d'une souche bactérienne d'une communauté bactérienne varie.

A l'échelle d'une communauté, la dépendance à une ressource limitante est moindre mais des co-limitations peuvent apparaître

# Quels impacts pour les écosystèmes?

Flexibilité stoechiométrique



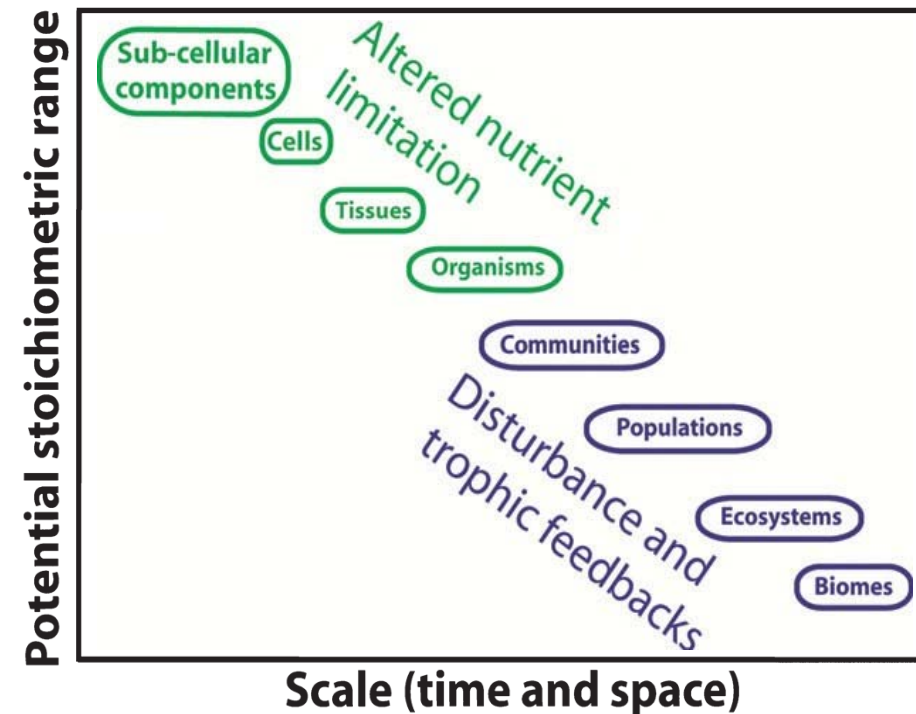
-Changer la composition chimique des plantes ou des décomposeurs



-Impact sur plusieurs niveaux trophiques et *in fine* stockage du C

A des échelles “petites”  
le changement dans la limitation en  
nutriments régule l’expression de la  
flexibilité stoechiométrique

A des échelles “larges” la dynamique  
de perturbation et les rétro-actions  
régule l’expression de la flexibilité  
stoechiométrique

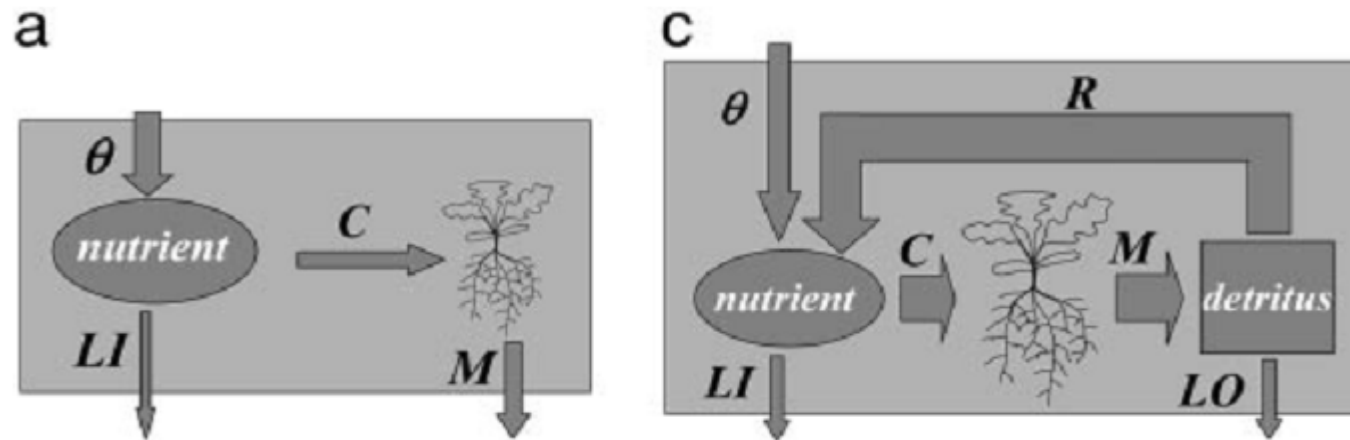


## Limites

Combien de flexibilité ont les systèmes pour maintenir des processus globaux (stockage C) sans réaliser un changement vers un nouvel état (transition de prairie vers garrigue par ex...) ?

# Quels outils?

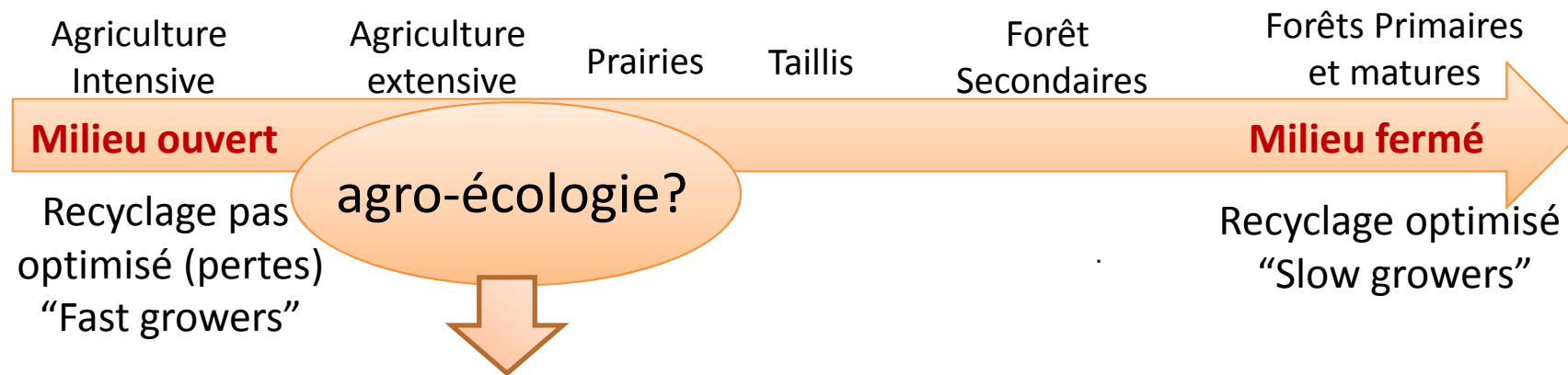
Modèles plante-nutriment de type « chémostat » ou de type « recyclage »



Chémostat : milieu dynamique contraint par les apports extérieurs

Système sol/plante : milieu dynamique moins contraint par apports extérieurs et plus par les flux de recyclage

# Application aux agro-écosystèmes?



*La flexibilité stoechiométrique peut-elle nous aider à évaluer les changements possibles en relation avec l'agro-écologie?*

## *Comment?*

- Déterminer des seuils de variations possibles sur des compartiments clés :
  - espèces végétales et litières agricoles,
  - biomasse microbienne de sols agricoles
  - amendements organiques
- Adopter la notion de gradients (de fertilisation et/ou de pratiques etc...)
- Extrapoler dans le temps et l'espace



**\_05**

**Difficultés à surmonter**  
***Challenges***

# Challenges

Coupler davantage les cycles des éléments notamment par la **modélisation**:

→ Par exemple développer les modules “phosphore” dans le cadre de la plateforme “sol virtuel” ?

Coupler davantage les cycles au sein des questions et échelles abordées

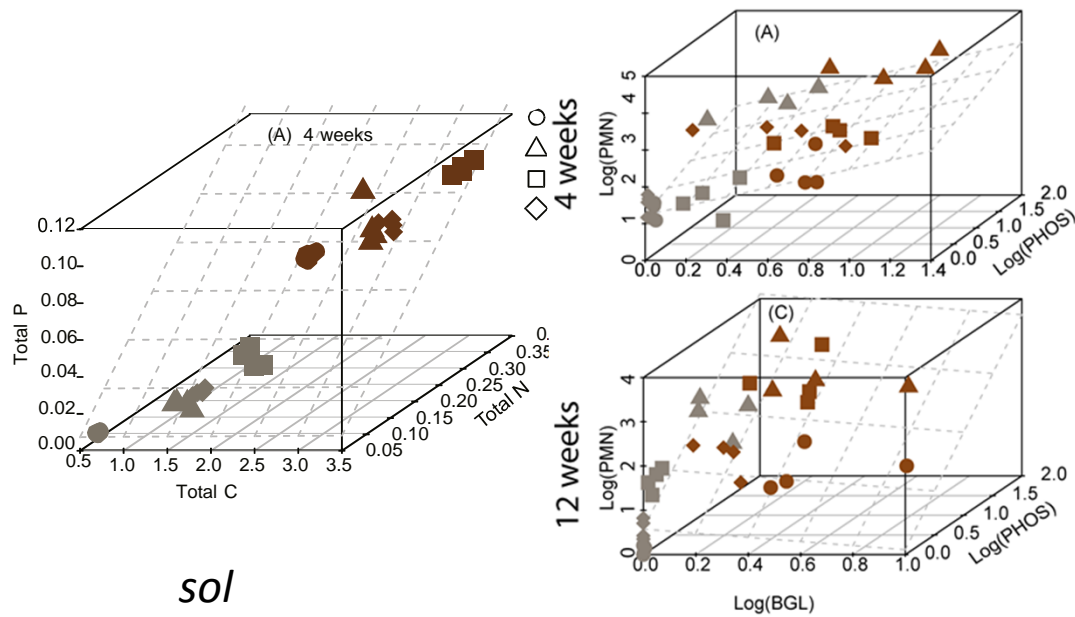
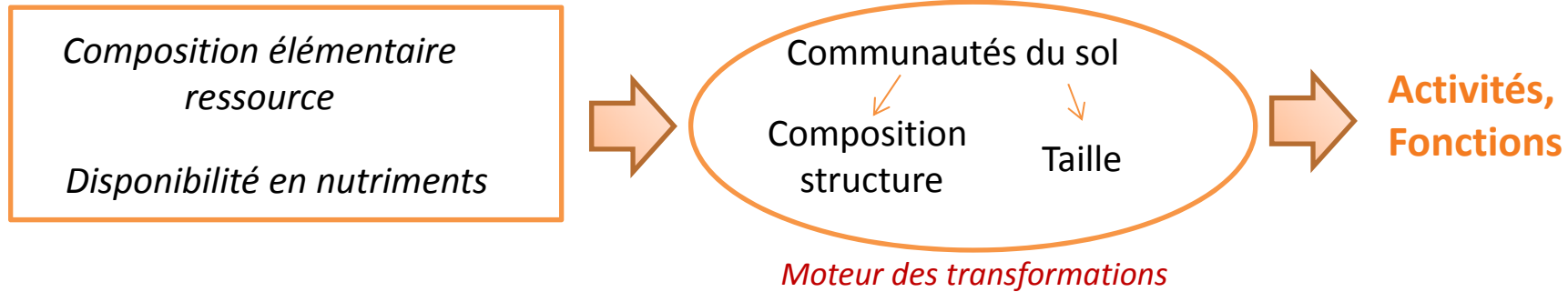
→ **Faire évoluer les spécialités** “par élément” des équipes et chercheurs, organisation issue du passé ?

Développer davantage l’approche **“gradient”** utilisée pour les écosystèmes naturels

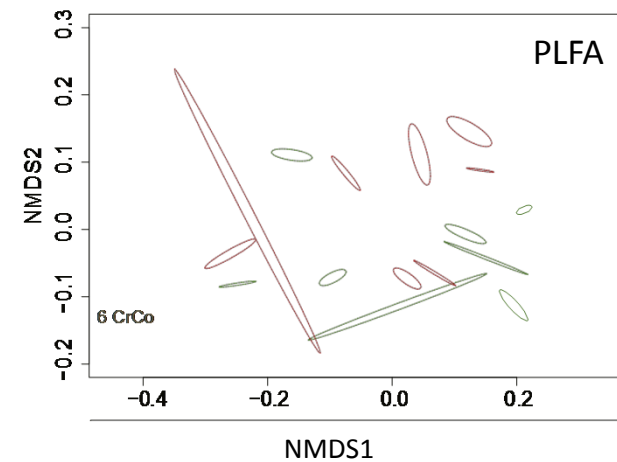
→ Les dispositifs SOERE (ACBB, PRO, ...) comportant plusieurs sites autour de questions communes peuvent-ils y contribuer ?

**MERCI DE VOTRE ATTENTION**

# Stratégies expérimentales



Enzymes (rapport C/nutriments  $\approx$  cte)

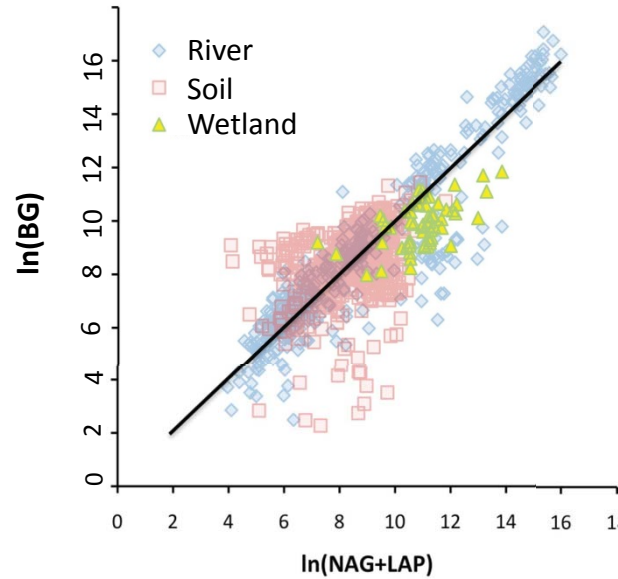


Changement de structure de communautés

## Eco-Enzymatic Activities (EEA Concept)

*Les communautés microbiennes  
hétérotrophes issues de différents  
écosystèmes partagent une  
"stoéchiométrie fonctionnelle"*

*-la fonction d'acquisition  
de nutriments organiques*



Relations entre les activités  
d'acquisition du C et de:

- N organique
- P organique

