

# Les organismes du sol comme indicateurs du fonctionnement des sols en grandes cultures

**J. Amossé, V. Coudrain, M. Bertrand, N. Brunet, H. Boizard, E. Bourgeois, M. Chauvat, N. Cheviron, D. Cluzeau, A. Duparque, M. Hedde, J. Léonard, P-A. Maron, S. Recous**

INRA Agronomie Grignon, AgroImpact Laon, FARE Reims, ECOSYS Versailles, AgroEcologie Dijon; Univ. Rouen, Ecodiv EA1293, Univ. Rennes EcoBio, Agro-Transfert Ressources et Territoires



Avec la participation de



# Objectifs du projet SOFIA



=> Impact des changements de pratiques agricoles sur les caractéristiques du sol, leurs fonctions et les services écosystémiques

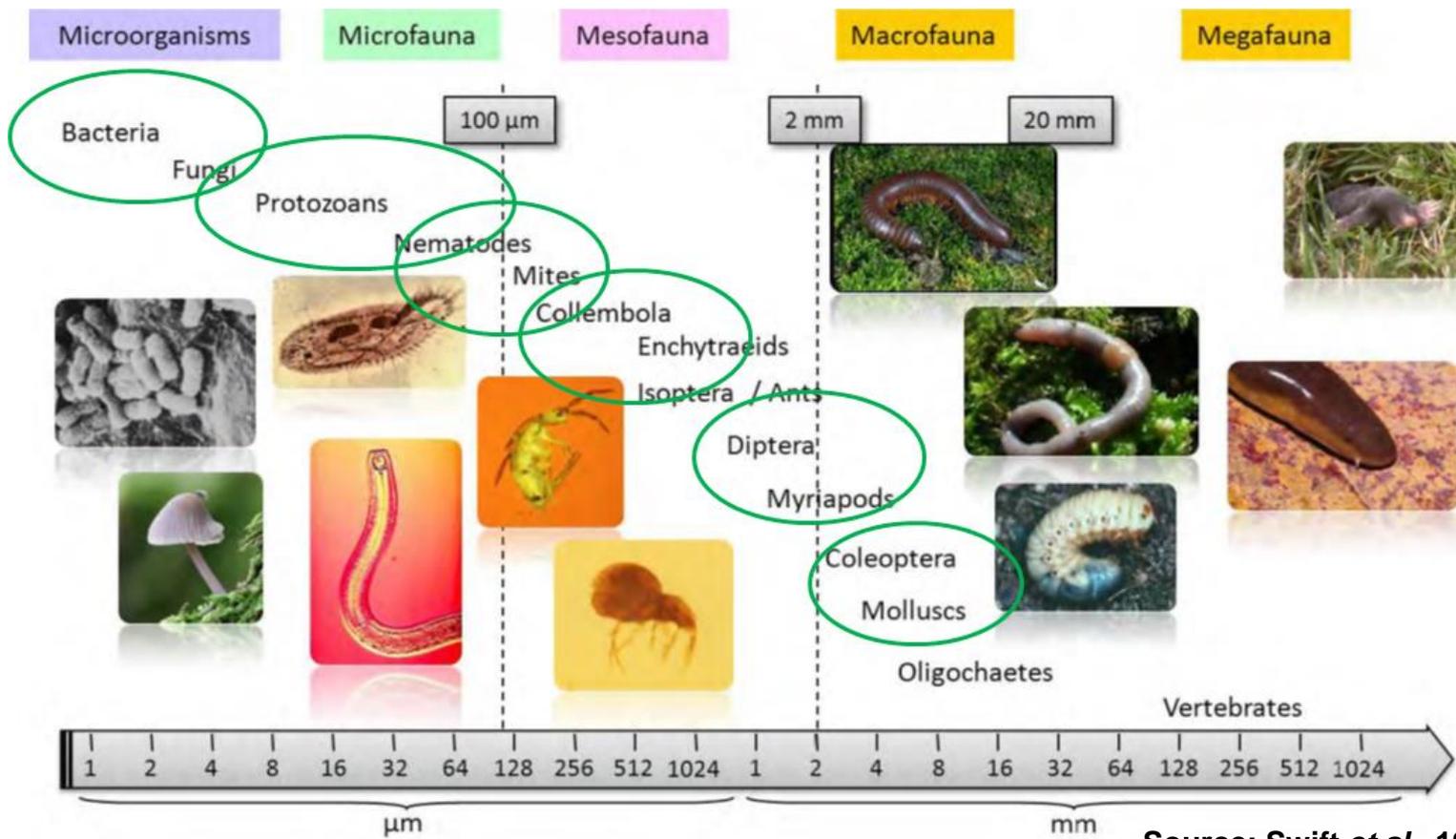
Services écosystémiques et variables fonctionnelles			Variables d'état et biologiques
<b>Approvisionnement</b>	<b>Support</b>	<b>Régulation</b>	
Rendement	Décomposition OM (C et N, sachets de litière)	Emissions de N <sub>2</sub> O et de CO <sub>2</sub>	Macrofaune
	Minéralisation N Nitrification potentielle Organisation		Mésafaune
	Respiration (C-CO <sub>2</sub> ) Quotient respiratoire (C-CO <sub>2</sub> /Cmicrobien)		Microfaune
	Structuration du sol		Microorganismes
			Chimique (C <sub>org</sub> , N <sub>tot</sub> , pH...)
			Physique (MWD, teneur en eau, T°C...)
			Activités enzymatiques (C, N, P, S)



# Objectifs du projet SOFIA



- > Relations entre diversité fonctionnelle multi-trophique et fonctions ?
- > Quels indicateurs « précoces » du changement de fonctionnement d'un sol ?



Source: Swift et al., 1979

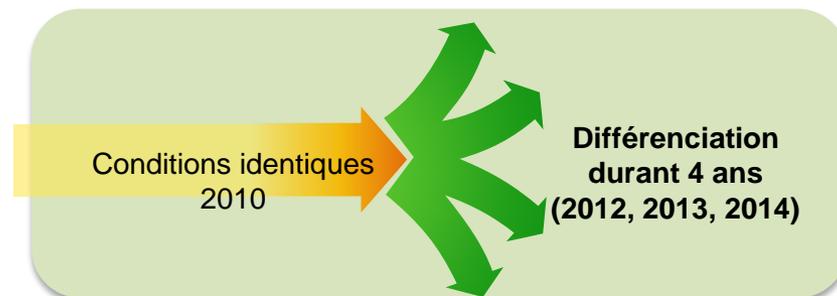
# Dispositif expérimental (SOERE ACBB)

Estrées-Mons, Picardie

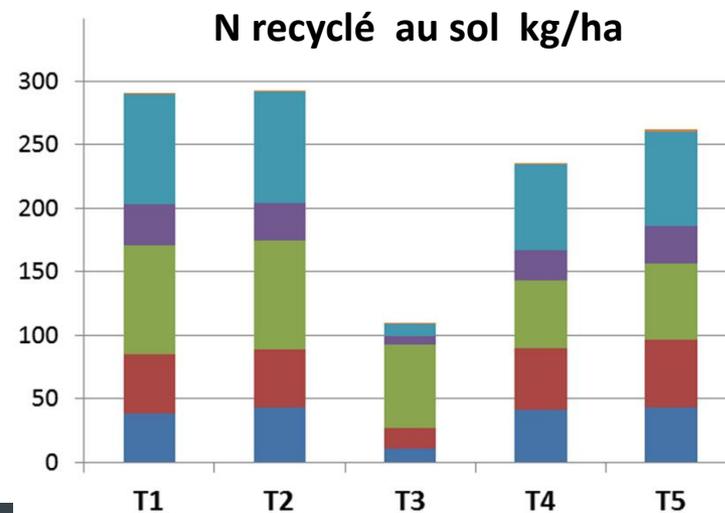
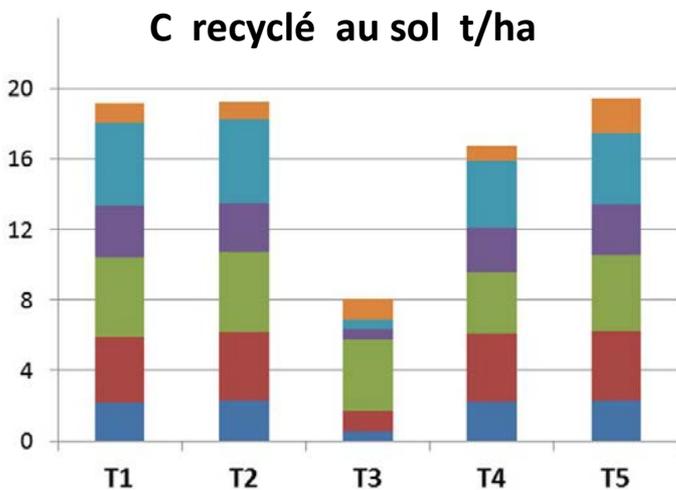
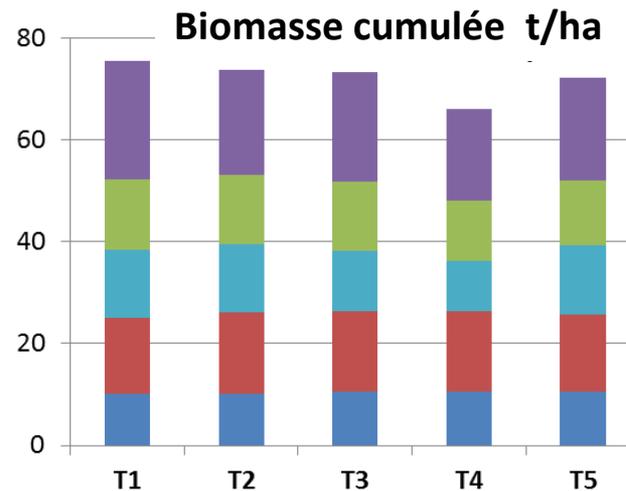
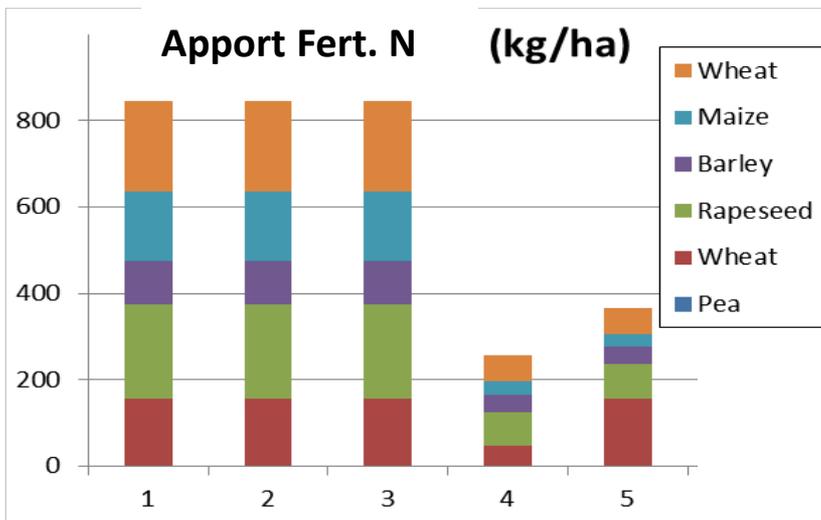


	Traitement	Rotation (6 ans)	Travail du sol	Résidus de culture	Apport N minéral	Interculture
<b>T1</b>	<b>CONV</b>	Pois, colza, blé, orge, maïs, blé	<b>labour</b>	restitution	référence	pas de légumineuses
<b>T2</b>	<b>RT</b>	Pois, colza, blé, orge, maïs, blé	<b>superficiel</b>	restitution	référence	pas de légumineuses
<b>T3</b>	<b>RT-RR</b>	Pois, colza, blé, orge, maïs, blé	superficiel	<b>exportation</b>	référence	pas de légumineuses
<b>T4</b>	<b>RN</b>	Pois, colza, blé, orge, maïs, blé	labour	restitution	<b>40 % de la référence</b>	pas de légumineuses
<b>T5</b>	<b>RN-LEG</b>	Pois, colza, blé, orge, maïs, blé	labour	restitution	référence	<b>légumineuses</b>
<b>T6</b>	<b>RR-PER</b>	<b>Switchgrass</b>	superficiel	exportation	référence	pas de légumineuses

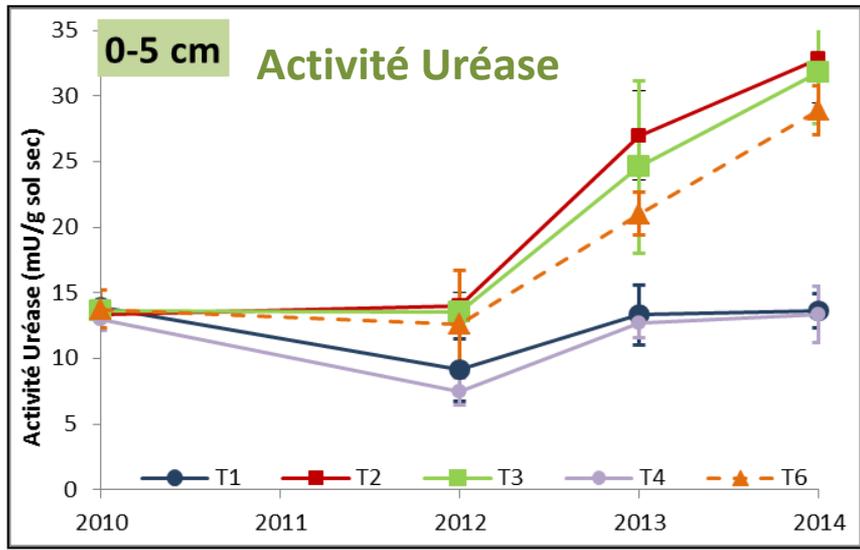
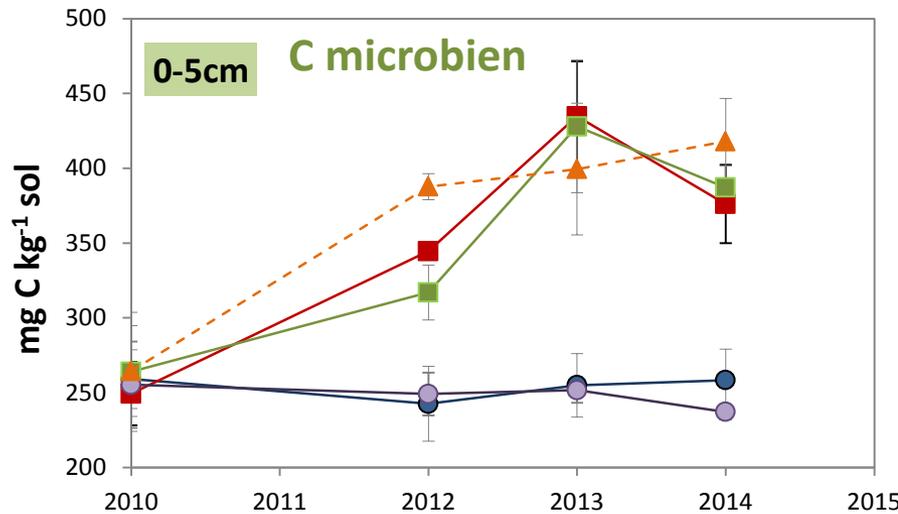
Limon profond, pH 8, 17% argile  
Rotation de cultures annuelles



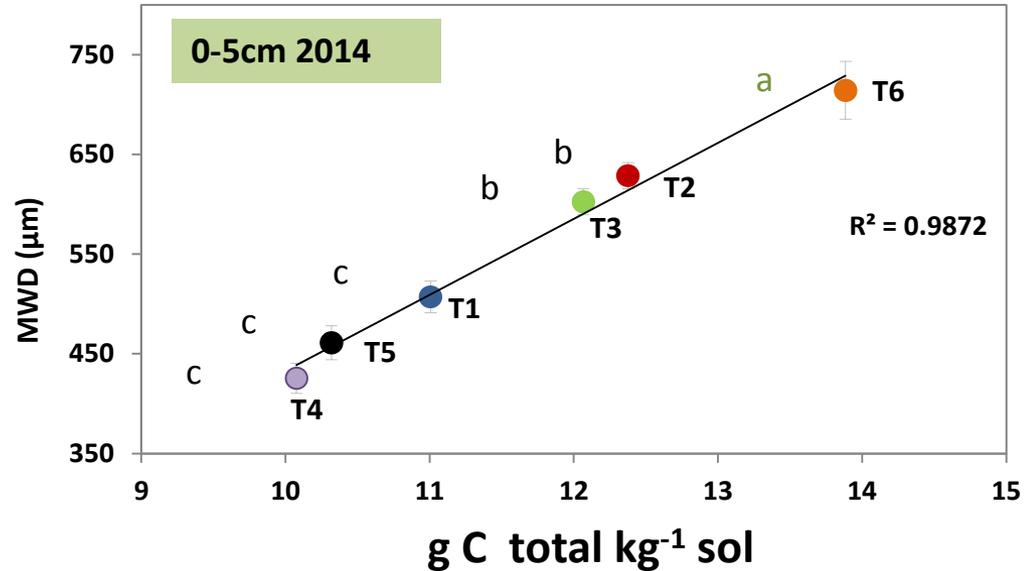
# Caractéristiques des traitements



# Carbone, agrégation et activités enzymatiques

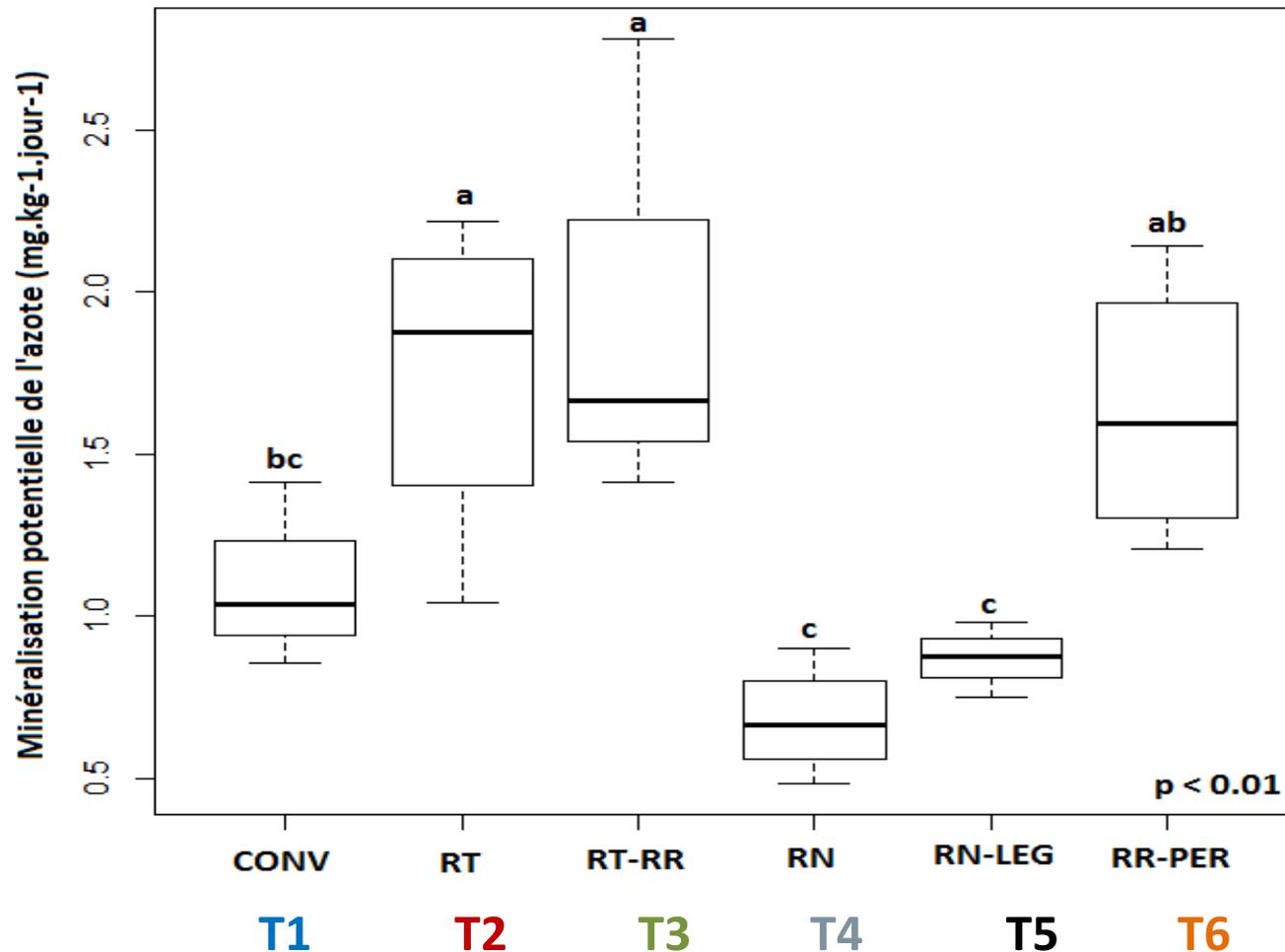


L'agrégation (MWD) est corrélée à la teneur en C total dans la couche 0-5cm





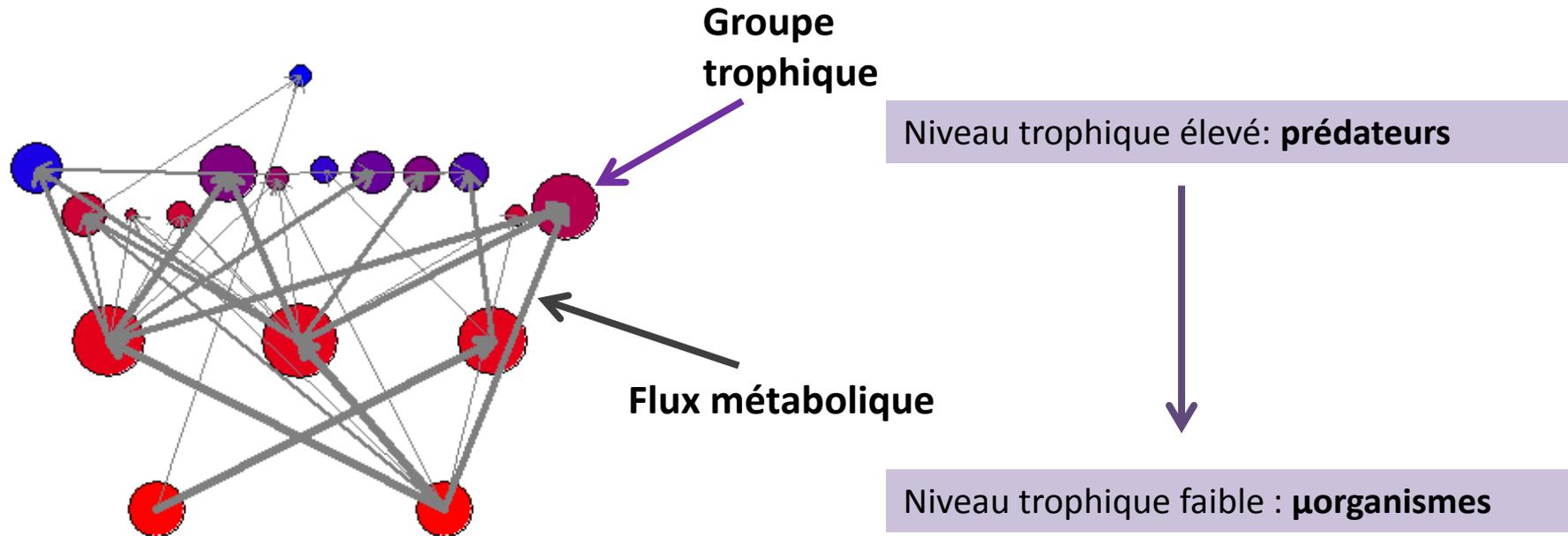
## Minéralisation potentielle de l'azote , année 2014, couche 0-5cm



# Méthodes d'analyse des données



**Analyse des réseaux trophiques par modélisation des flux métaboliques (de Ruitter et al., 1995; Barnes et al. 2014)**



**Un groupe trophique:** même prédateurs et même proies

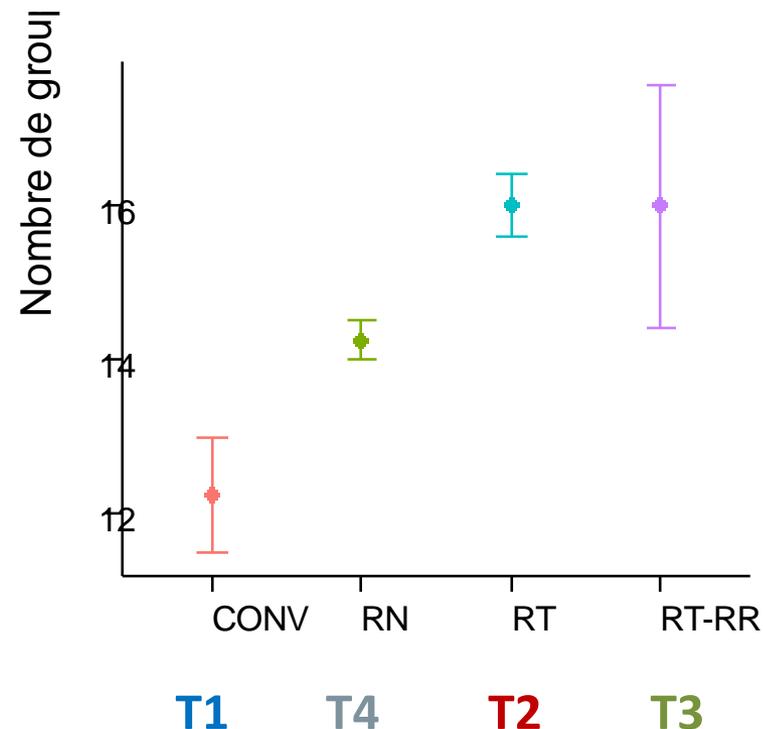
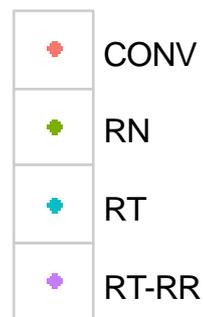
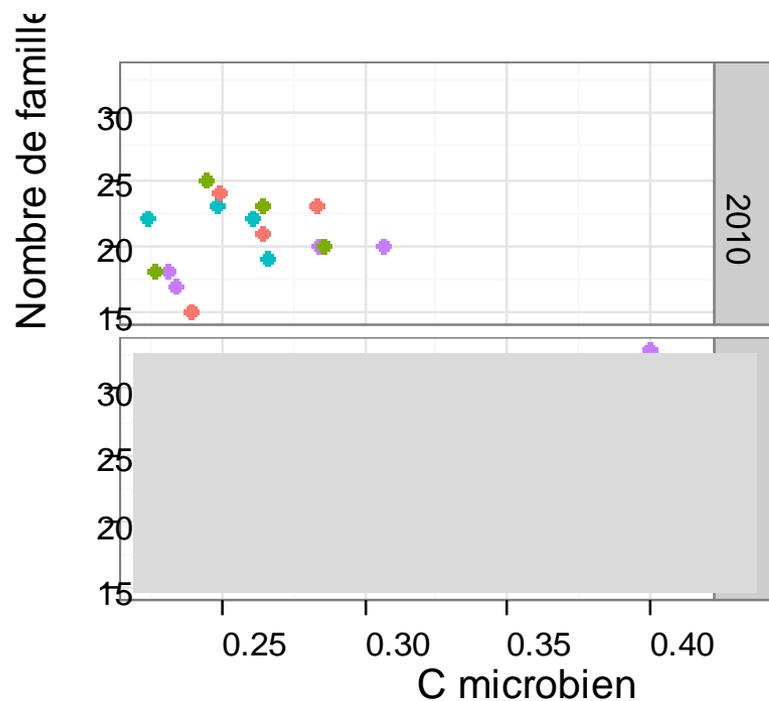
**Un flux métabolique:** énergie (kJ/jour) calculée en utilisant les biomasses, énergie consommée et coefficient d'assimilation à chaque niveau

*Au plus, 4 niveaux trophiques dans un écosystème*



## Richesse en familles et groupes trophiques

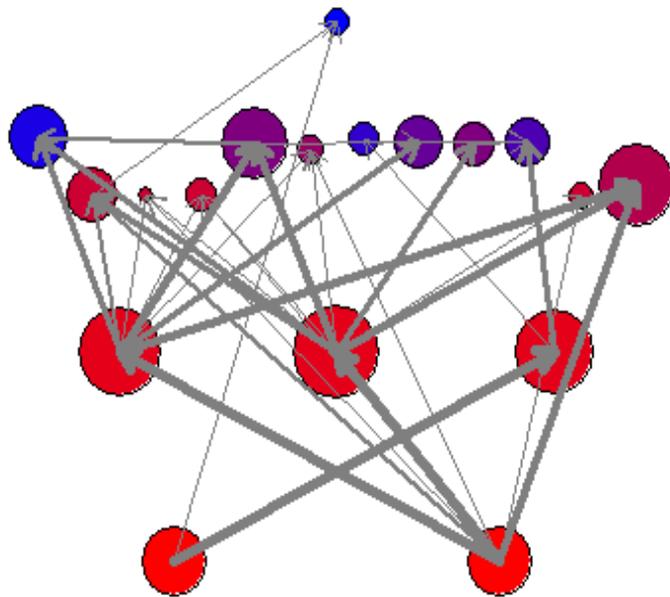
(2010, 2014)



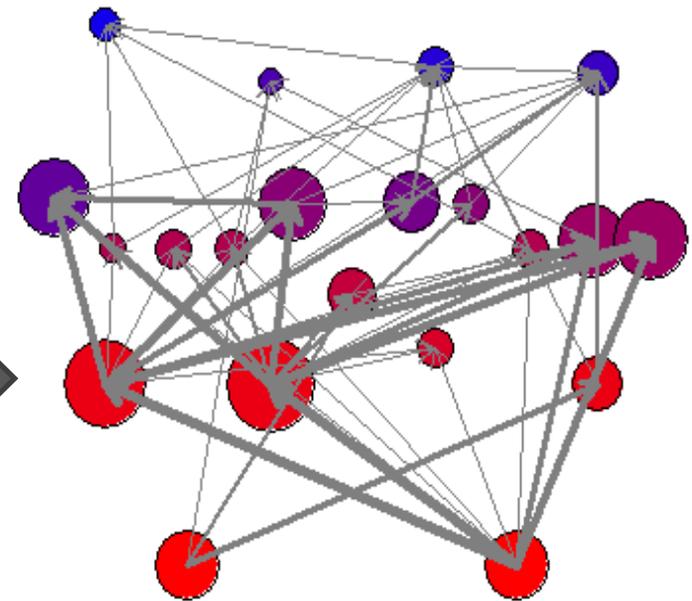
# Modélisation des réseaux trophiques



Réseau initial en 2010

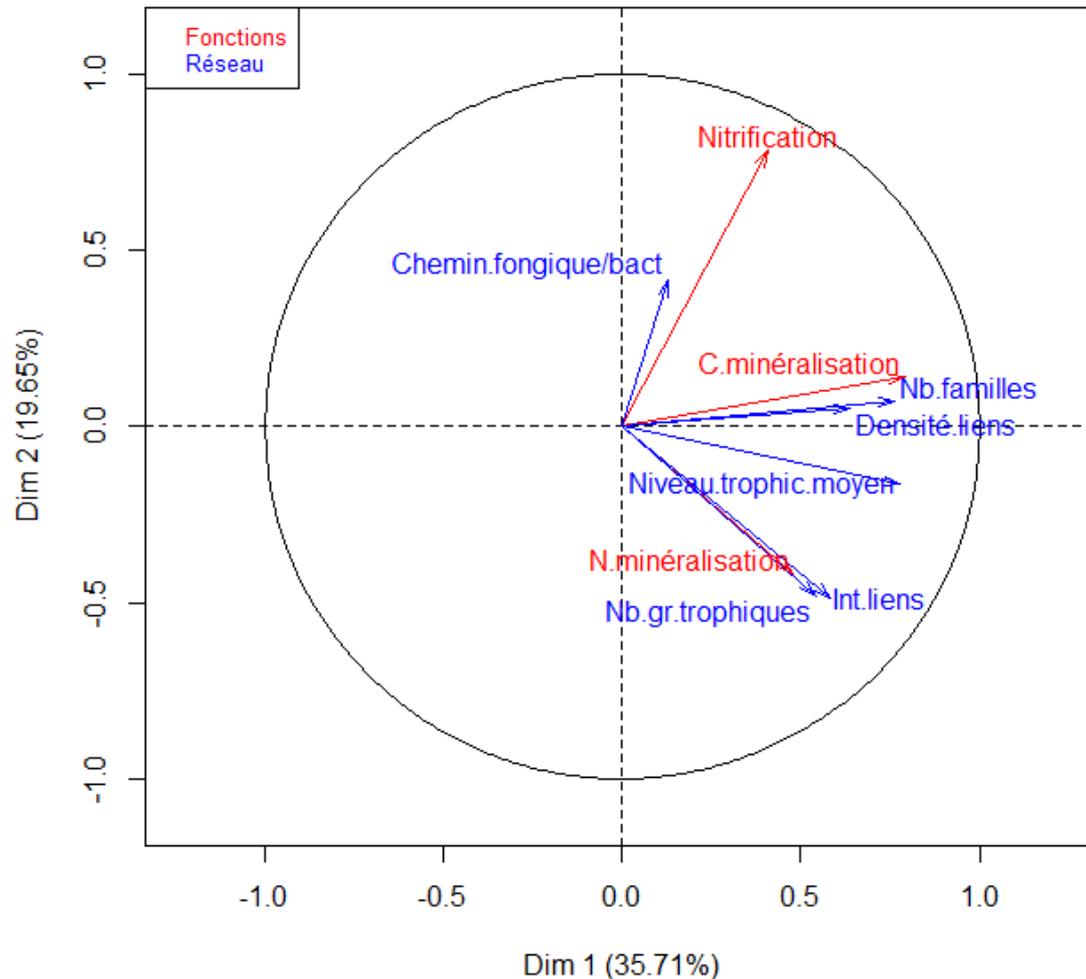


Réseau sur traitement T2  
(RT, travail réduit en 2014)



- **Augmentation de la complexité entre 2010 et 2014**
- **Plus forte diversité des prédateurs (niveau le plus élevé) dans les systèmes les moins perturbés (RT)**

# Relation entre indicateurs de diversité et flux N et C



## Analyse multifactorielle

- **Densité.liens**= complexité du réseau
- **Niveau.trophic.moyen**= moyenne pondérée des niveaux trophiques
- **Nb.familles**= nombre de familles
- **Int.liens**= intensité moyenne des liens

Valérie Coudrain, Travail en cours



## Utilisation et comparaison de deux méthodes statistiques:

- évaluer les erreurs de prédiction (RMSEP) des modèles afin de choisir le modèle le plus précis
- identifier les variables les plus explicatives d'une fonction donnée

### Random Forest (RF, Breiman *et al.*, 2001; non-linéaire)

- modèle basé sur des relations non linéaires : construction d'arbres de décision indépendants et de façon aléatoire
- calcul de l'augmentation de l'erreur moyenne au carré (% MSE) pour chaque variable: plus l'augmentation de la MSE est grande et plus la variable est importante

### Partial List Squares (PLS, Wold *et al.*, 1983; linéaire)

- modèle basé sur les relations linéaires entre les X (variables explicatives) et les Y (variable à expliquer)
- calcul de l'importance de projection pour chaque variable (VIP) , plus la VIP est grande et plus la variable est importante

## Variabes testées:

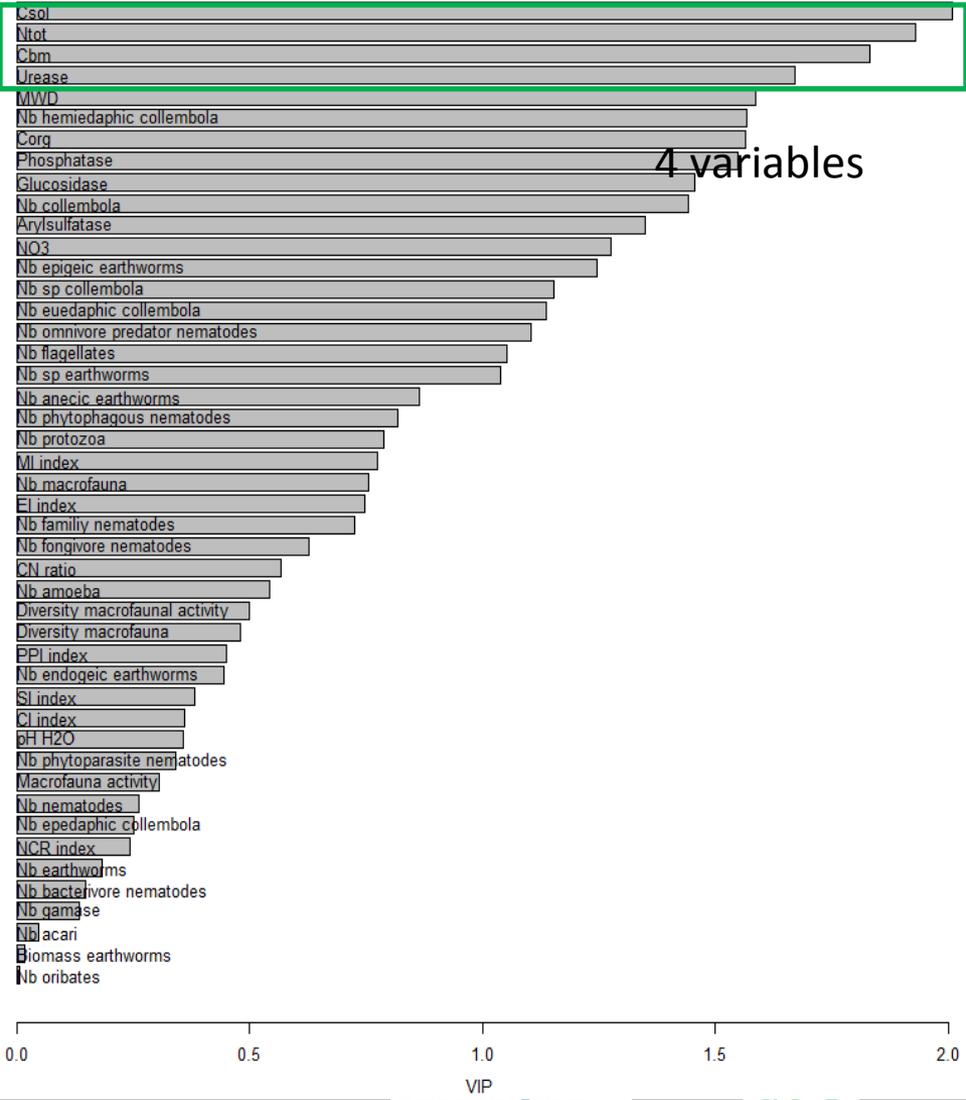
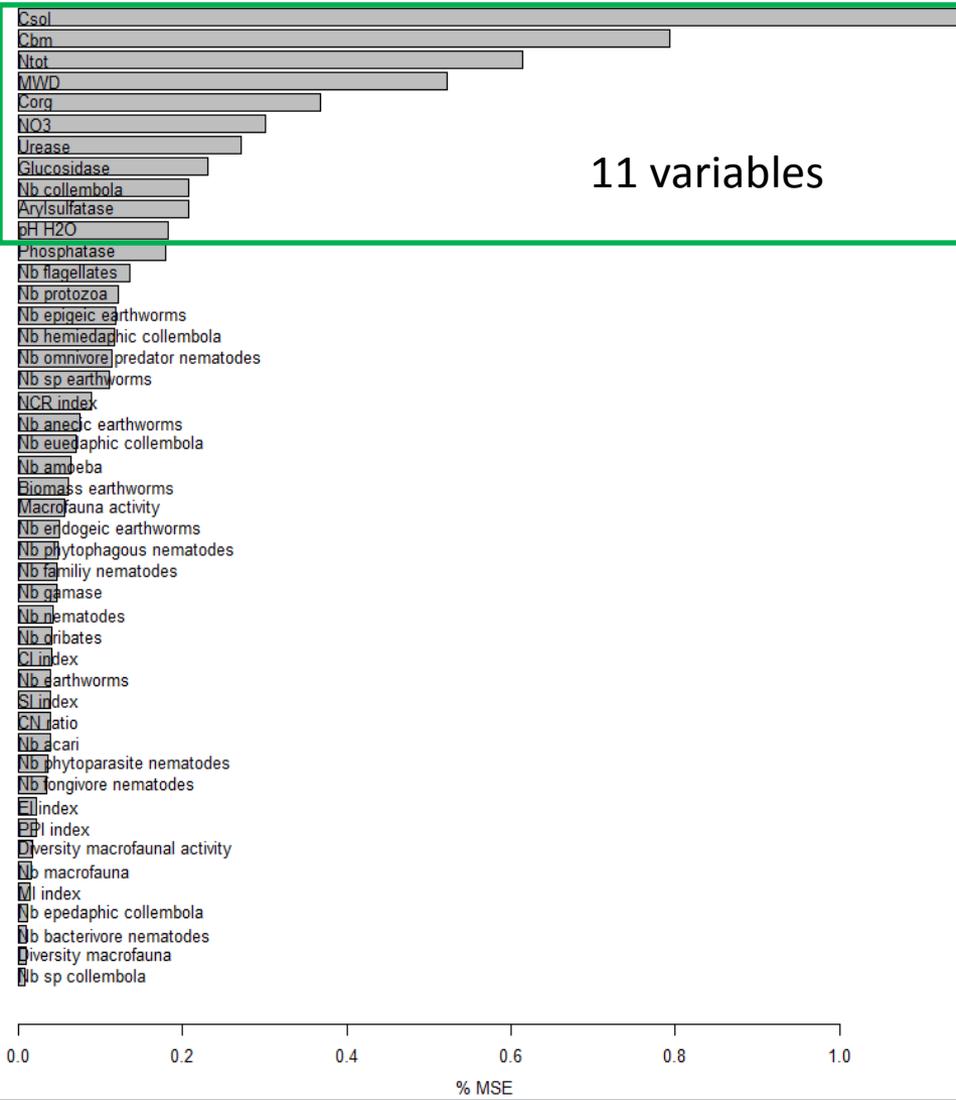
- 12 variables physico-chimiques (pH, carbone, taille des agrégats...), 34 variables biologiques (diversité, abondances, biomasse, indices),
- 1 variable fonctionnelle: minéralisation potentielle de l'azote

# Hiérarchie des variables (RF et PLS)



RF

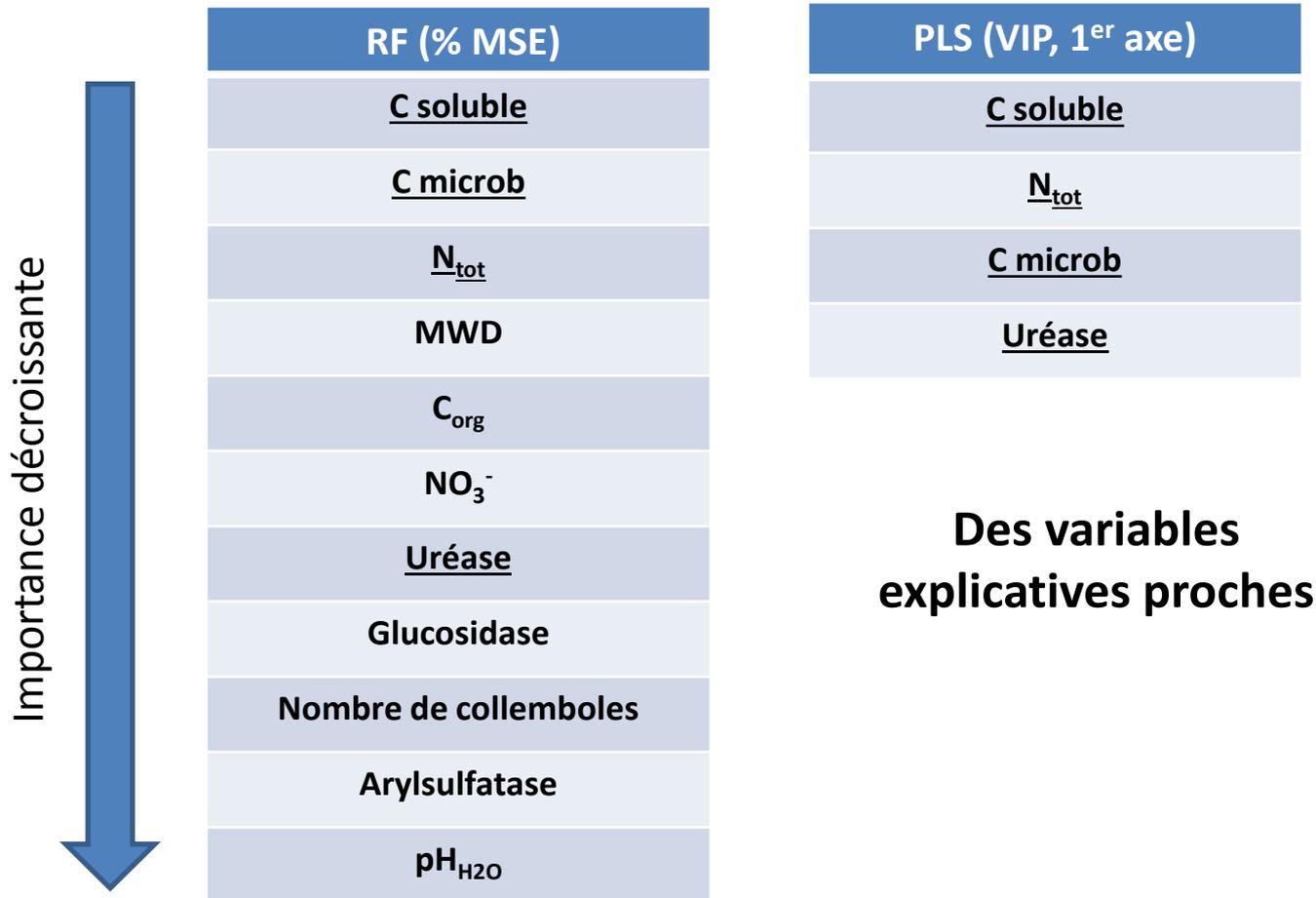
PLS



# Hiérarchie des variables (RF et PLS)



## Comparaison des variables les plus explicatives entre les deux modèles



# Conclusions



- Après le changement des pratiques culturales => **différenciation significative des caractéristiques physico-chimiques et biologiques des systèmes étudiés** (à partir de + 2 ans) pour C total, minéralisation, activités enzymatiques
  - L'effet le plus rapide observé pour **la réduction du travail du sol** (stratification des propriétés des sols, impacts sur les communautés) - et de la fertilisation azotée sur les émissions de N<sub>2</sub>O.
- **Un impact sur les communautés du sol, bien que peu visible** (difficulté liée au petit nombre d'échantillons (suivi annuel) et à la durée après changement, 4 ans)
  - Révélé par la modélisation des réseaux trophiques : réduction des perturbations (suppression du labour profond) = **nouvelles familles de prédateurs** complexifiant le réseau trophique (araignées, carabes, collemboles)
- **Meilleure prédiction de la minéralisation brute d'azote** avec la méthode Random Forest
  - Le **C soluble, le C de la biomasse microbienne, N total** restent les variables qui expliquent le mieux la minéralisation de l'azote !

**Merci pour votre attention !**



Projet SOFIA

**Les autres acteurs biologiques de SOFIA**

