



# ➤ Systèmes agricoles diversifiés - Biodiversité des sols

Mickael Hedde – Eco&Sols, Montpellier -AgroEcoSystem

Annette Bérard – EMMAH, Avignon -AgroEcoSystem



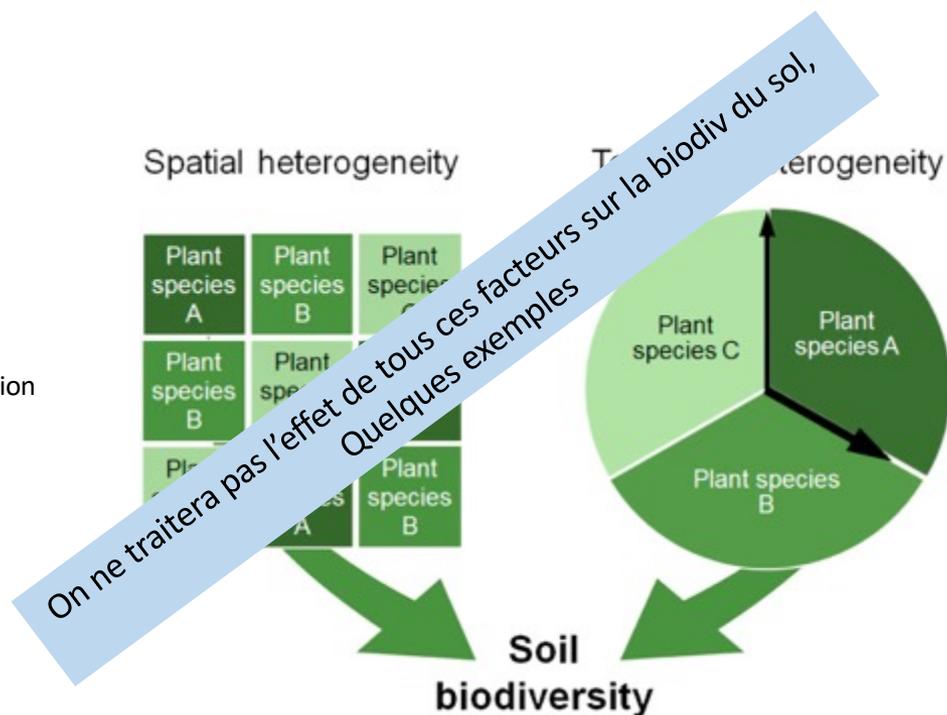
RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**INRAE**

# ➤ Cadrage sur les systèmes agricoles diversifiés

- Diversification dans la parcelle
  - Associations variétales
  - Associations de cultures
  - Agroforesterie
- Diversification dans le temps
  - Intercultures
  - Diversification des cultures, allongement de la rotation
- Diversification dans l'espace agricole
  - Assolement de la ferme
  - MAEC
  - Paysage
- Polyculture-élevage

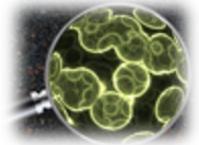


Eisenhauer (2016) *Pedobiologia*

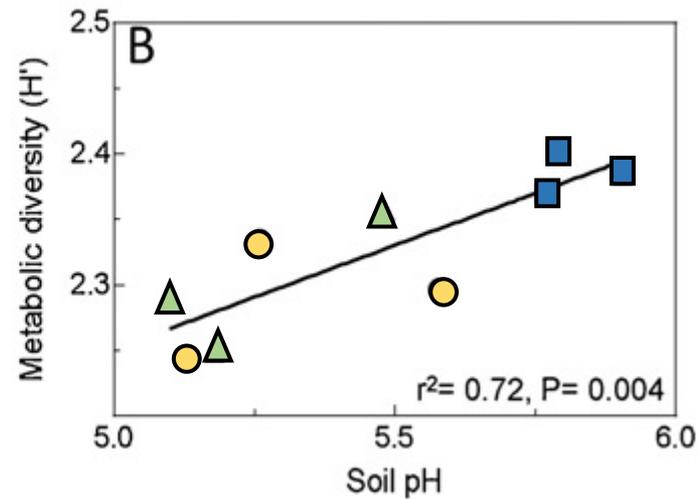
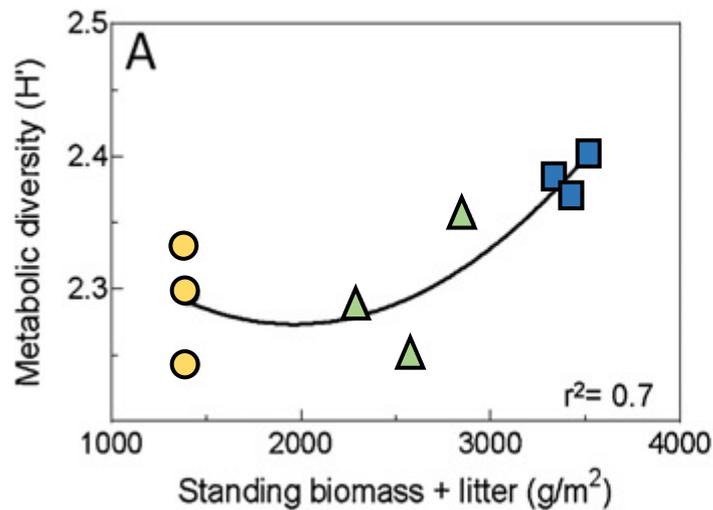


# ➤ Effet de la diversification sur la biodiversité des sols: rotations de cultures

Exemple diversification de la rotation des cultures sur l'activité des communautés microbiennes



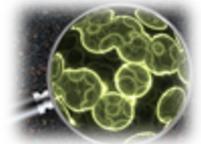
● jachère/soja, blé/soja (2 espèces) ▲ orge/soja, blé/soja (3 espèces) ■ pois fourrager/maïs, blé/soja (4 espèces)



D'Acunto et al. (2018) *Agric.Ecosys. Environm.*

# ➤ Effet de la diversification sur la biodiversité des sols : interactions avec le milieu

Communautés microbiennes en agroforesterie

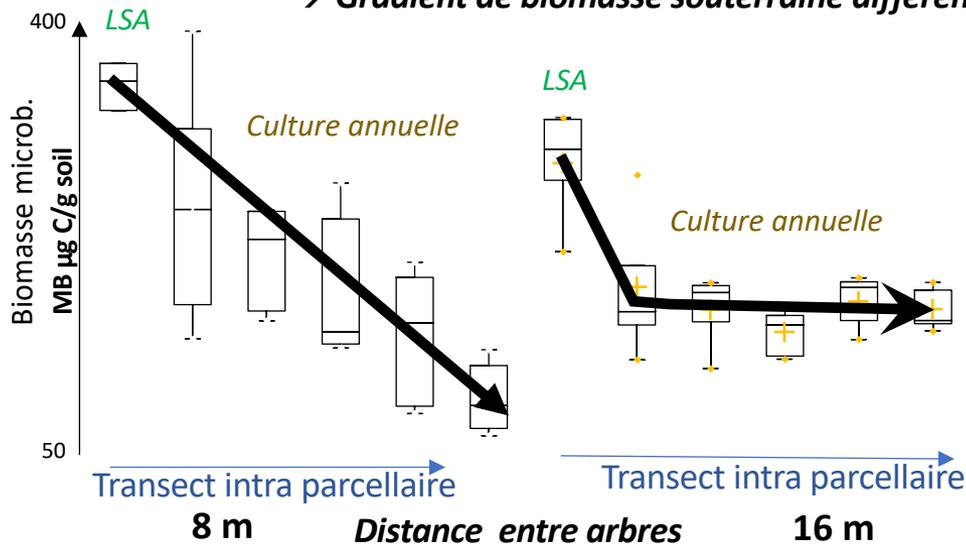


**Gradient de biomasse microbienne active entre LSA et culture annuelle**

Distance entre arbres

→ diversité aérienne différente du LSA

→ **Gradient de biomasse souterraine différent**

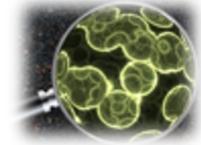


Projet INRAE-AgroEcoSystem SALSA

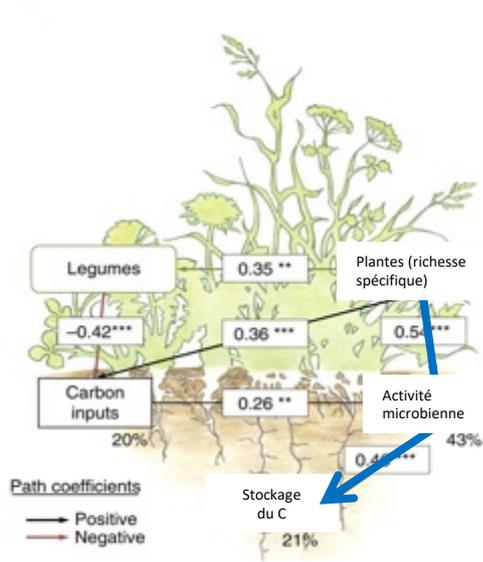
INRAE

Systèmes agricoles diversifiés – Biodiversité des sols  
2023/05/22 Bérard – Hedde

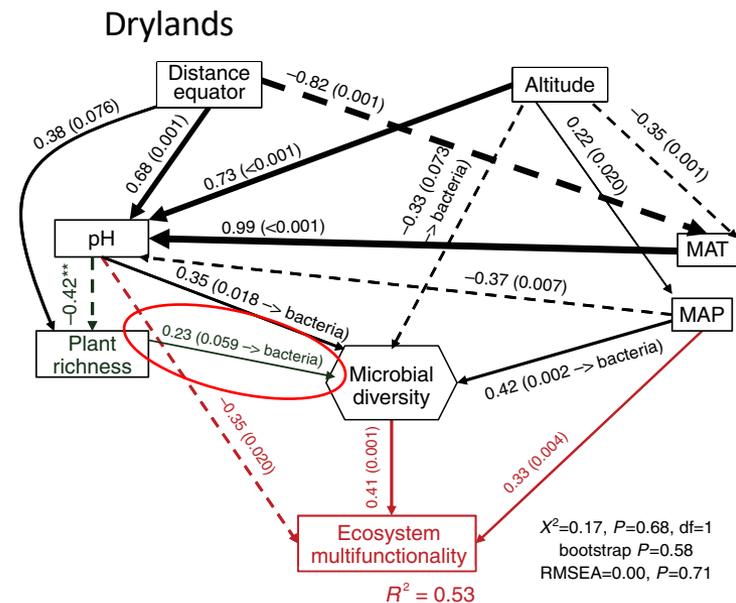
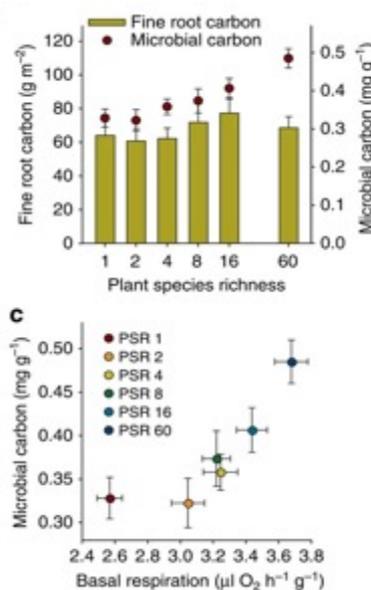
# ➤ Effet de la diversification sur la biodiversité des sols : interactions avec le milieu/pratiques



Effet de la diversification végétale sur les microorganismes, conséquences sur services écosystémiques



Lange et al. (2015) Nature Comm.

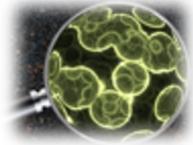


Delgado-Baquerizo et al. (2016) Nature Comm.



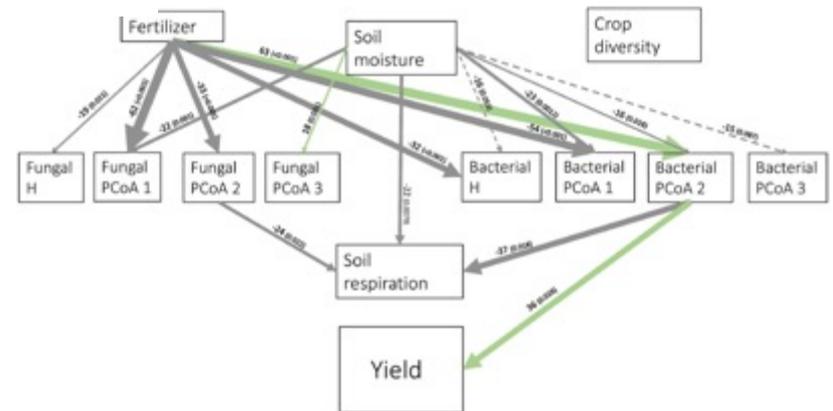
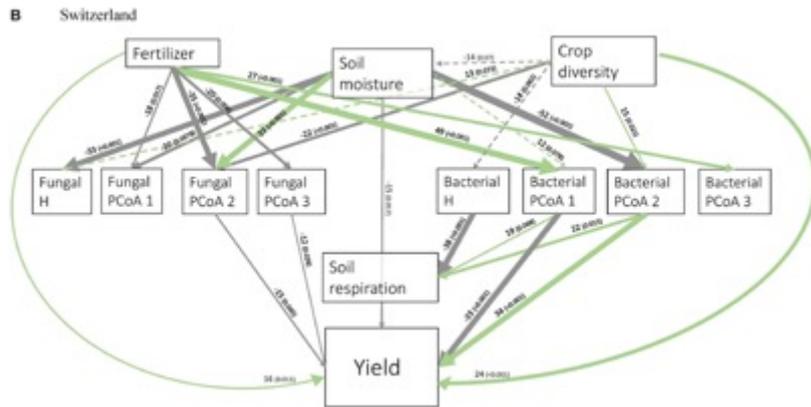
INRAE

# ➤ Effet de la diversification sur la biodiversité des sols : interactions avec le milieu/pratiques



Effet de la diversification végétale sur les microorganismes, conséquences sur services écosystémiques

...variables



**Suisse**- ressources abondantes  
Effet de la diversité des cultures sur la composition des communautés microbiennes (PGPR)

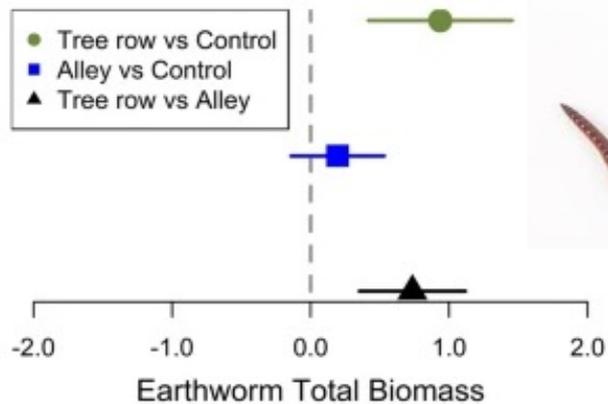
Stefan et al. (2021) Fr. Microb.

**Espagne**- ressources limitées  
Peu d'effet de la diversité des cultures sur les communautés microbiennes, l'effet des intrants (fertilisation apportée) est plus important

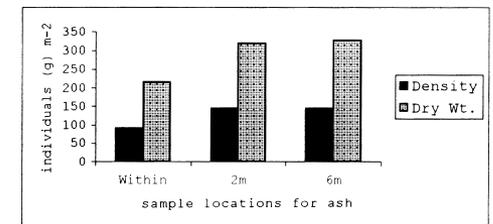
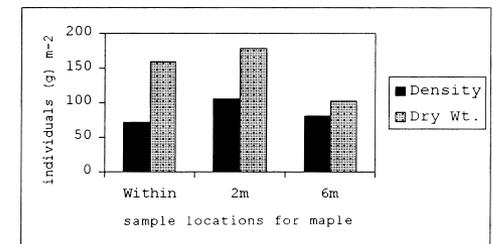
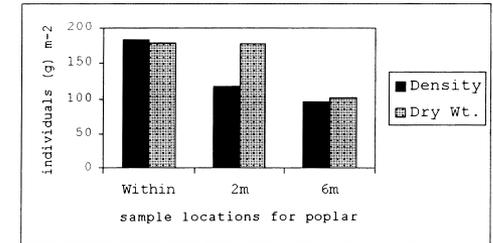


# ➤ Effet de la diversification sur la biodiversité des sols : interactions avec le milieu

## Densité de vers de terre en agroforesterie



12 SAF en France  
Cardinael et al. (2019) BFS



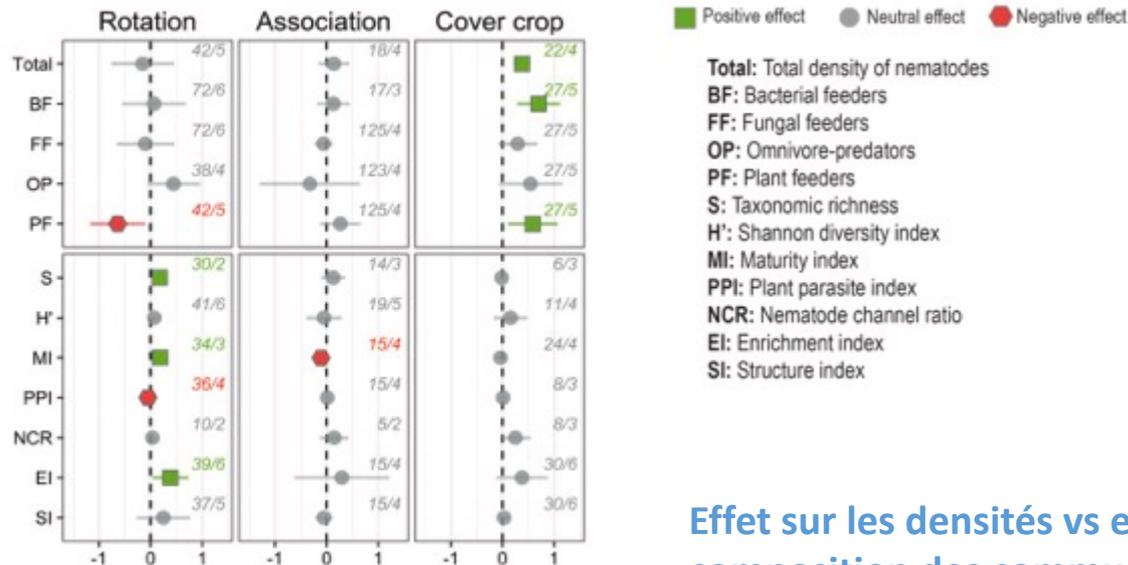
Price & Gordon (1998) Agrofor. syst

# ➤ Effet de la diversification sur la biodiversité des sols

Metaanalyse de la réponse des communautés de nématodes

> Les indices donnent des images différentes

## B Vegetal diversity

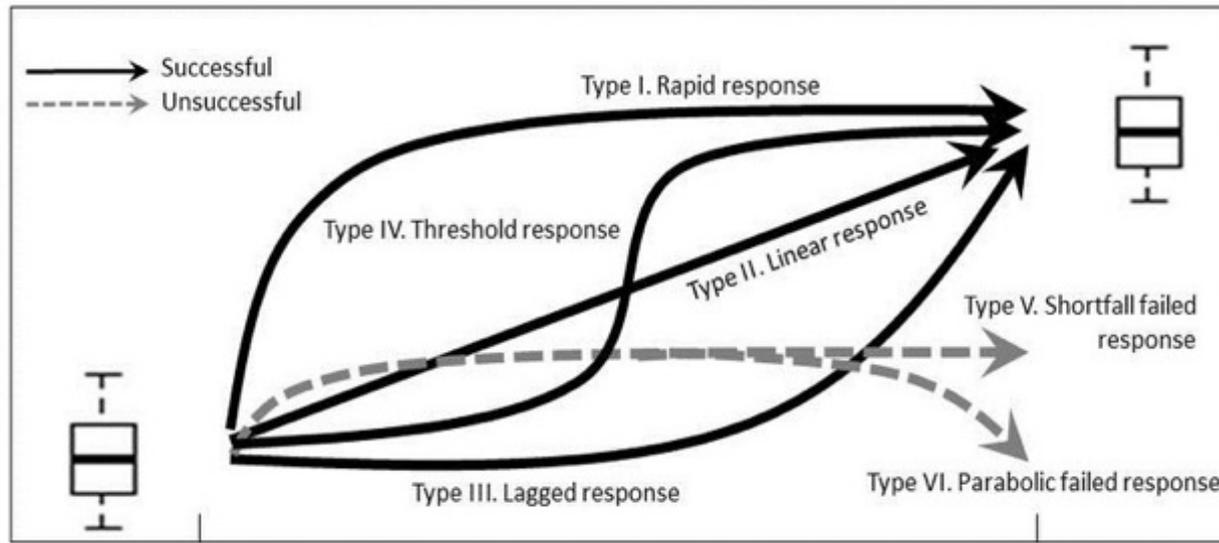


Puissant et al. (2021) SBB

Effet sur les densités vs effets sur la composition des communautés



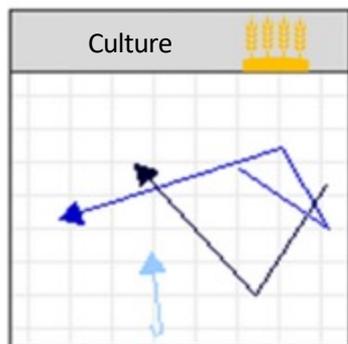
## ➤ Trajectoires temporelles des communautés et des interactions



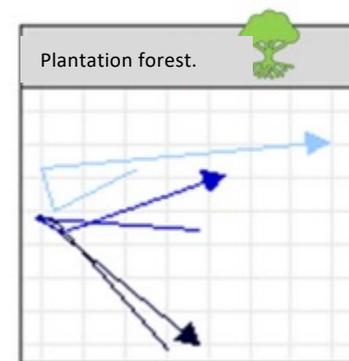
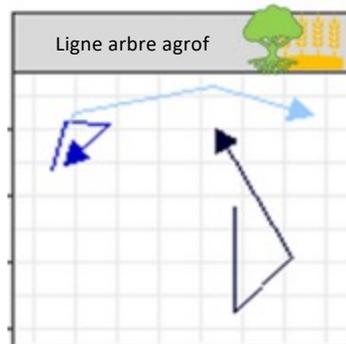
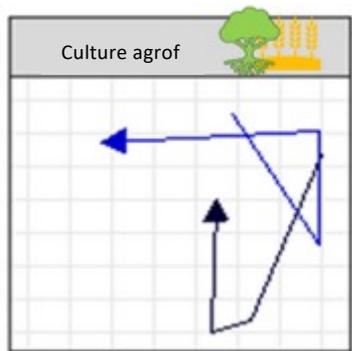
# ➤ Trajectoires temporelles



Essai DIAMs



← Communautés des sols cultivés



→ Communautés des sols de plantations

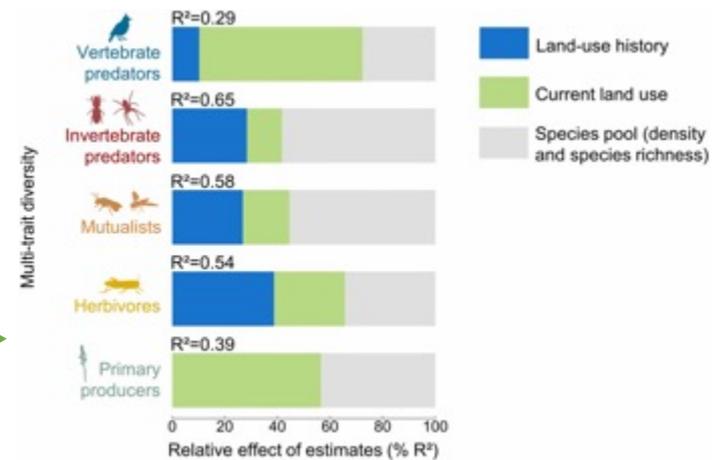
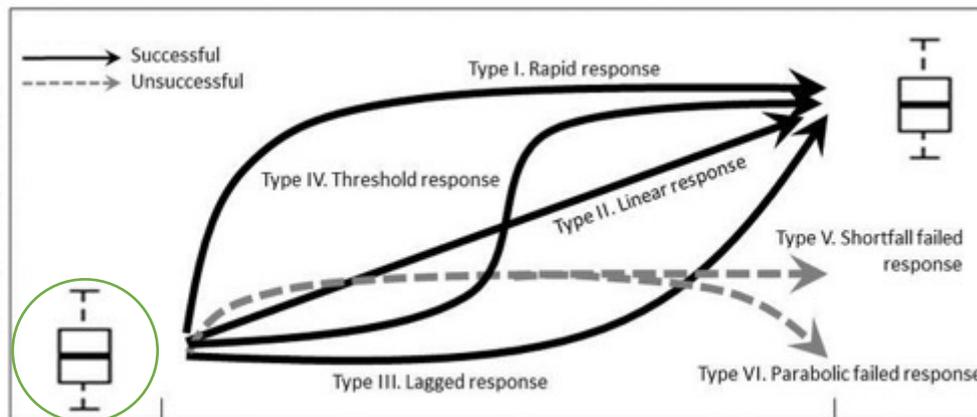
PCoA : dissimilarité de composition des communautés



**INRAE**

Systèmes agricoles diversifiés – Biodiversité des sols  
2023/05/22 Bérard – Hedde

# ➤ Trajectoires temporelles – effet d’héritage



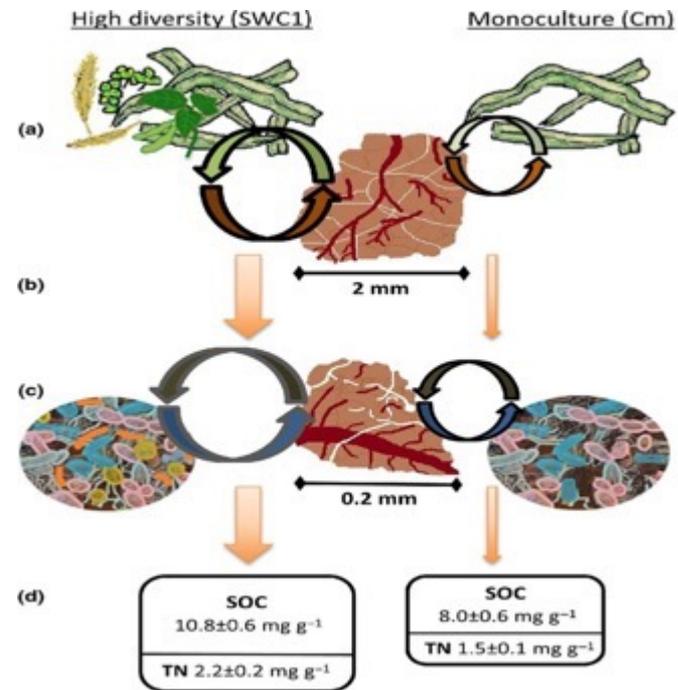
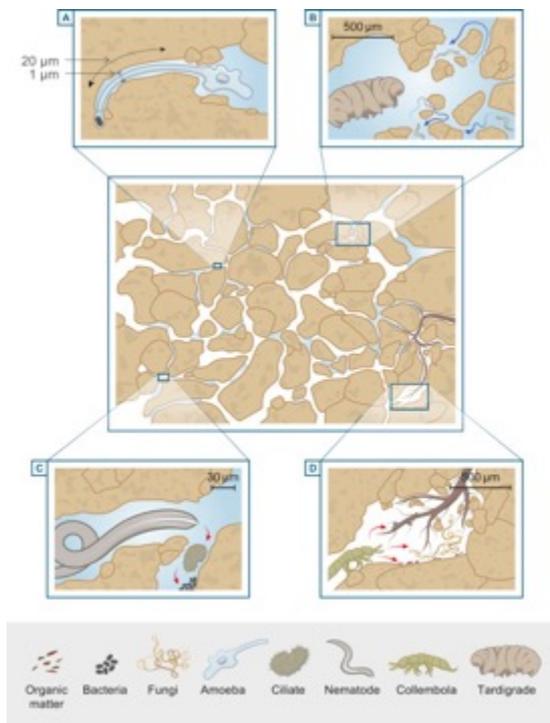
Le Provost et al. (2021) PNAS



INRAE

# ➤ Une modification de l'habitat, des ressources et des interactions

Diversifier les SdC modifie l'organisation spatiale du sol, et donc les interactions entre organismes



Erktan et al. (2021) *Soil Biol Bioch*

Tiemann et al. (2015) *Ecol. Letters*

INRAE

Systèmes agricoles diversifiés – Biodiversité des sols  
2023/05/22 Bérard – Hedde

## ➤ Effet sur les communautés d'organismes

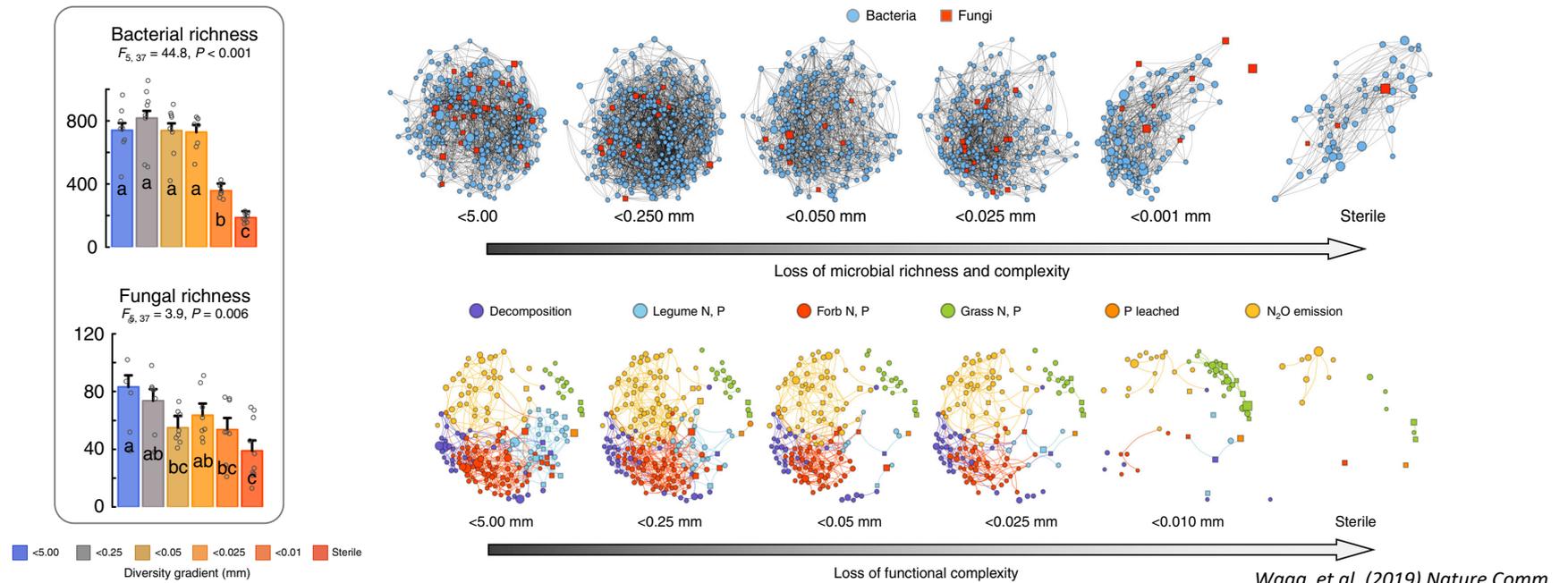
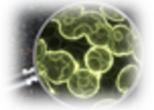
- Globalement effets bénéfiques, souvent dépendant des contextes
- Comprendre les mécanismes qui se cachent derrière les patrons
  
- Des approches en silo (bactéries, vers de terre, nématodes, ...)
- Réseau d'interaction ?
  
- Conséquence sur les fonctions écologiques portées par la biodiversité des sols ?





# ➤ Biodiversité et fonctionnement des sols

- Perte de richesse spécifique → Perte d'interactions
- Perte d'interactions → Perte de fonctions ...

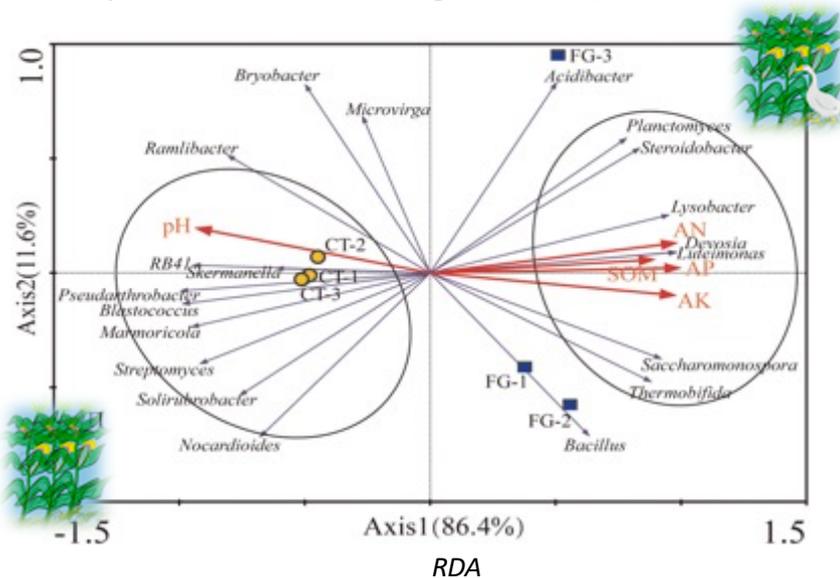


# ➤ Comment les organismes des sols participent aux fonctions écologiques des sols

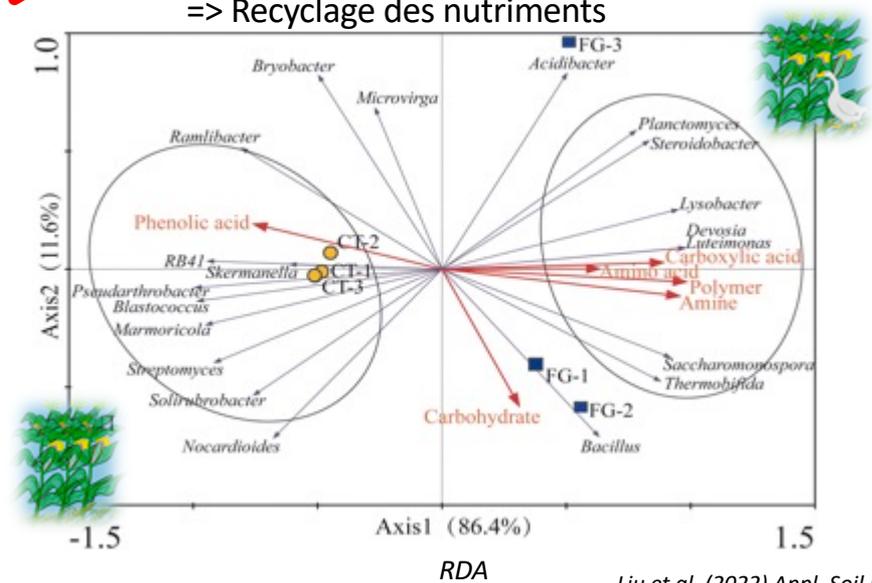


Exemple de l'effet du pâturage intégré dans culture sur la diversité bactérienne du sol et les fonctions (cataboliques)

Composition bactérienne (genus level)



Structure catabolique bactérienne  
=> Recyclage des nutriments



Liu et al. (2022) Appl. Soil Ecol.



INRAE

Systèmes agricoles diversifiés – Biodiversité des sols  
2023/05/22 Bérard – Hedde

- Plus de diversité = plus de fonctions ??
- Oui, mais ....
- Attention aux raccourcis
  
- Besoins d'améliorer notre compréhension de ces systèmes
  
- Utilisation de l'approche par les traits des organismes ?
- Modélisation des réseaux trophiques et non trophiques

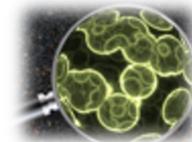


## ➤ Besoins méthodologiques

Evaluation de la biodiversité des sols, de interactions et des fonctions dans un monde de plus en plus hétérogène



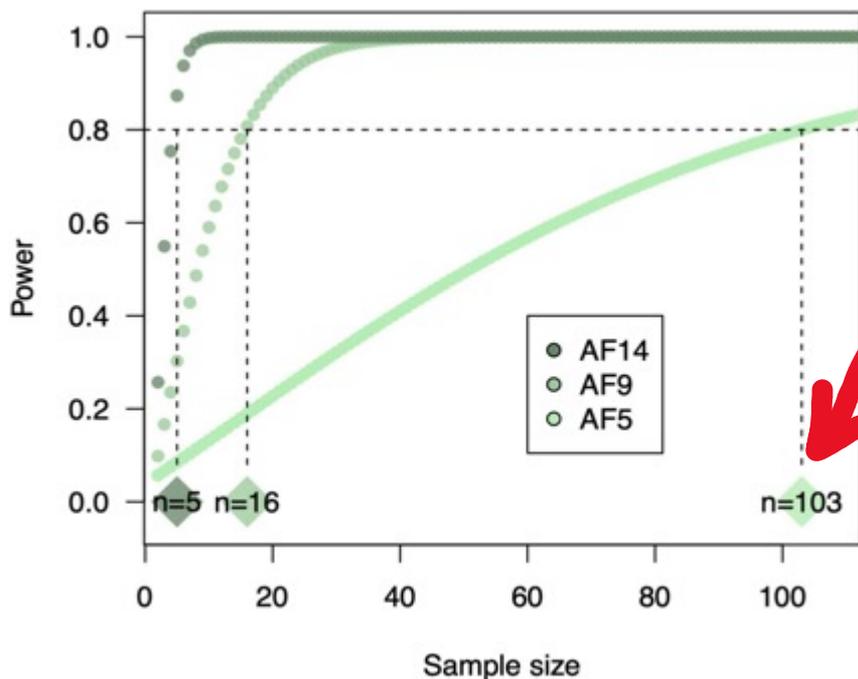
## ➤ Besoins/questions méthodologiques



Hétérogénéité → Diversité → Hétérogénéité ...

Comment aborder cette hétérogénéité pour évaluer la diversité biologique et ses fonctions associées ?

→ *Changement de paradigme pour nos méthodes d'observation ...*



**Taille de l'échantillon pour la caractérisation microbienne du sol:**  
103 répétitions pour détecter statistiquement la réponse de la diversité bactérienne du sol à 5 ans d'agroforesterie !  
(16 et 5 répétitions pur des systèmes d'agroforesterie de 9 et 14 ans)

Wooliver et al., 2022 Front. In Microb.



INRAE

Systèmes agricoles diversifiés – Biodiversité des sols  
2023/05/22 Bérard – Hedde

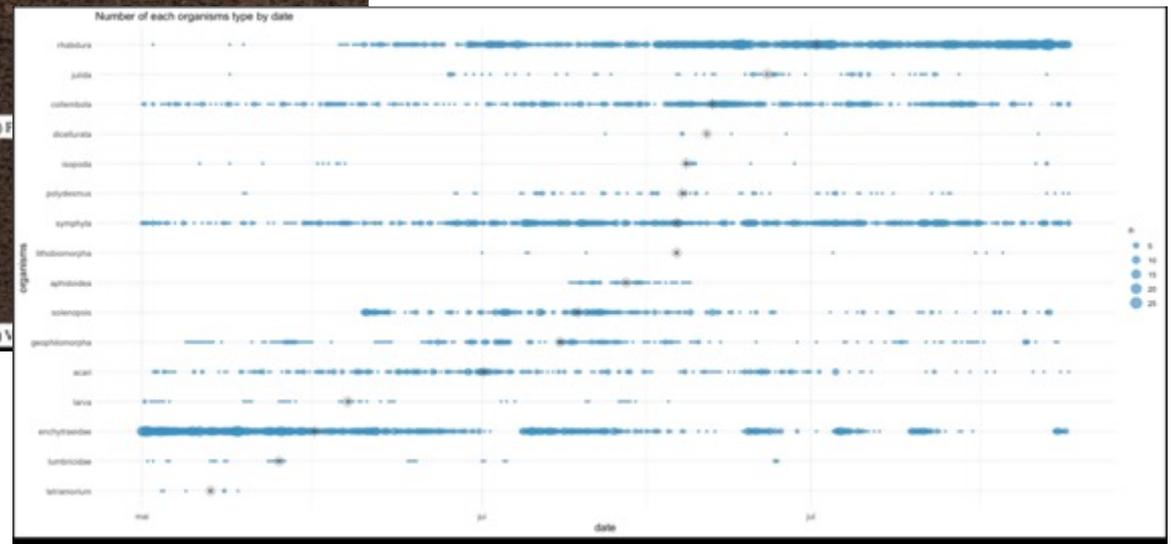
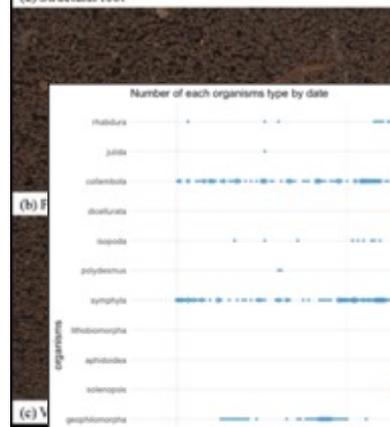
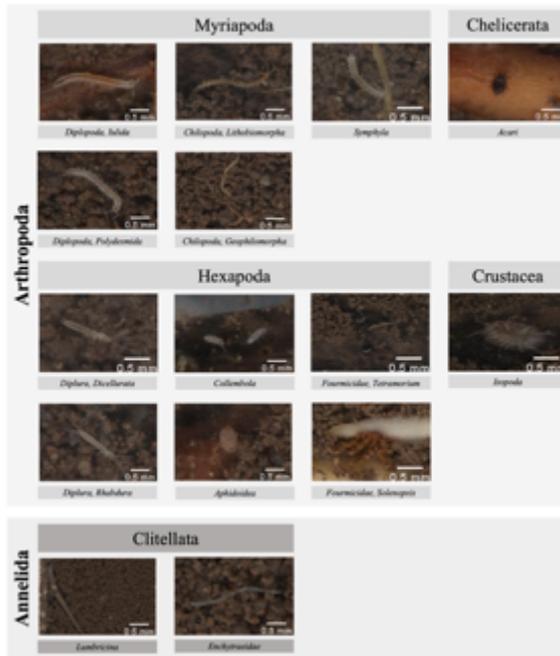
# ➤ Besoins méthodologiques

De nouveaux capteurs: acoustiques, camera ... et les workflow d'analyses !



# ➤ Besoins méthodologiques

De nouveaux capteurs: acoustiques, camera ... et les workflow d'analyses !



## ➤ Conclusions

### De manière générale :

Diversité des cultures → diversité des communautés biologiques du sol → fonctions/services accrus ....??

la biodiversité des sols et ses fonctions dépendent aussi d'autres paramètres (et contextes) du milieu, pratiques, pédoclimat, histoire des parcelles et histoire des espèces, des communautés et des interactions

### Où « creuser plus » ?

Mieux comprendre les processus biologiques dans le sol en lien avec la diversité des cultures  
Quelles interactions systèmes agricoles diversifiés/Changement Climatique sur biodiversité du sol et ses fonctions ?

Peu d'informations sur la biodiversité impactée au-delà de la parcelle (espace agricole, échelle territoriale ..)  
et dans le temps (héritage, trajectoires différentes selon les communautés) ... et croisement espace/temps  
Peu d'informations sur les effets de systèmes agricoles mixtes (polyculture-élevage)

Comment aborder cette hétérogénéité favorisée par la diversité des systèmes agricoles et source de biodiversité ?  
Lien biodiversité aérienne – souterraine





@Annette Bérard



**INRAE**

Systèmes agricoles diversifiés – Biodiversité des sols  
2023/05/22 Bérard – Hedde