

# Ecologie Microbienne des sols et transition agroécologique

**Nicolas Chemidlin Prévost-Bouré**  
**Institut Agro Dijon, UMR Agroécologie**



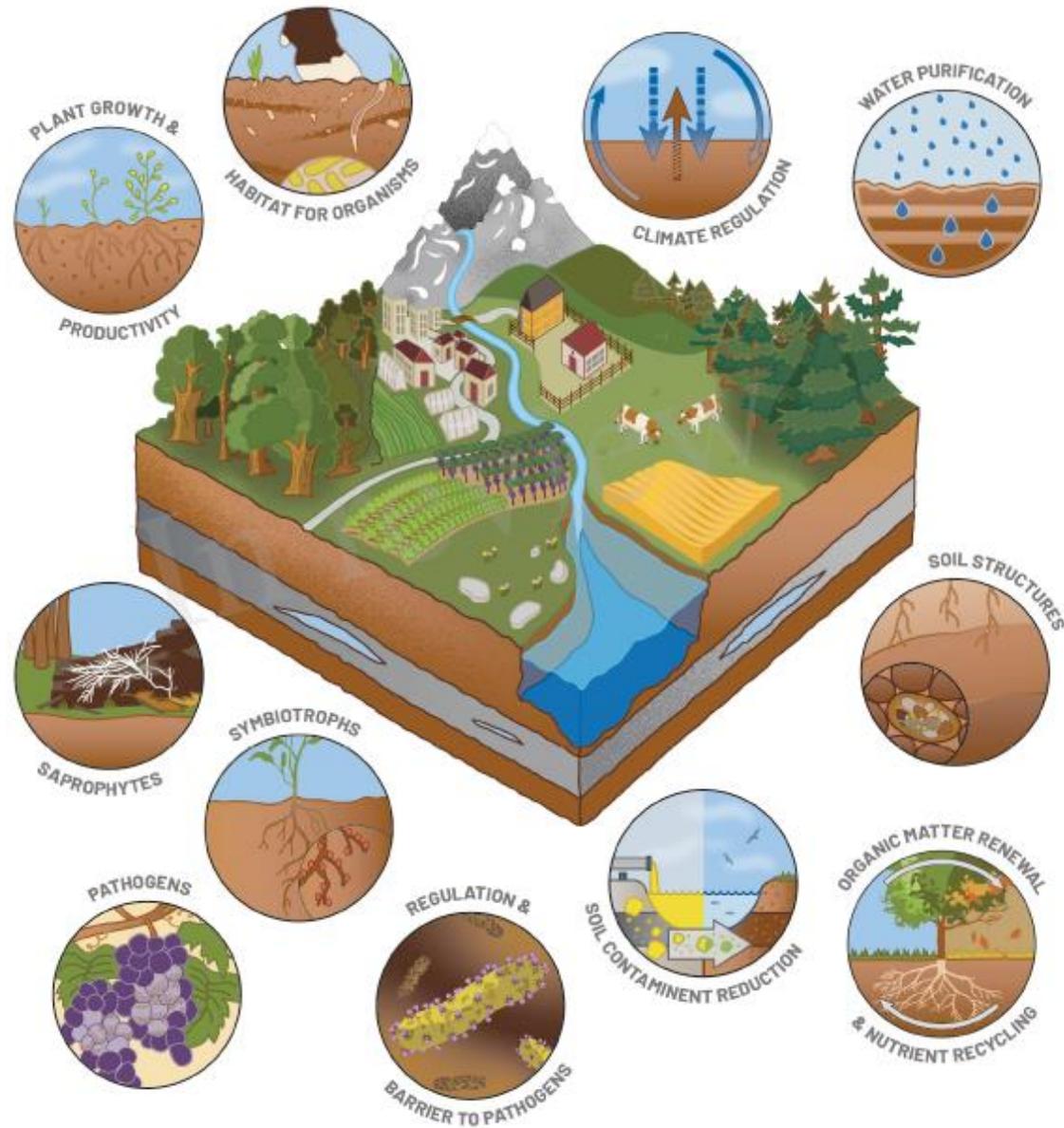
# Le sol: au coeur des objectifs de développement durable et de notre alimentation



&



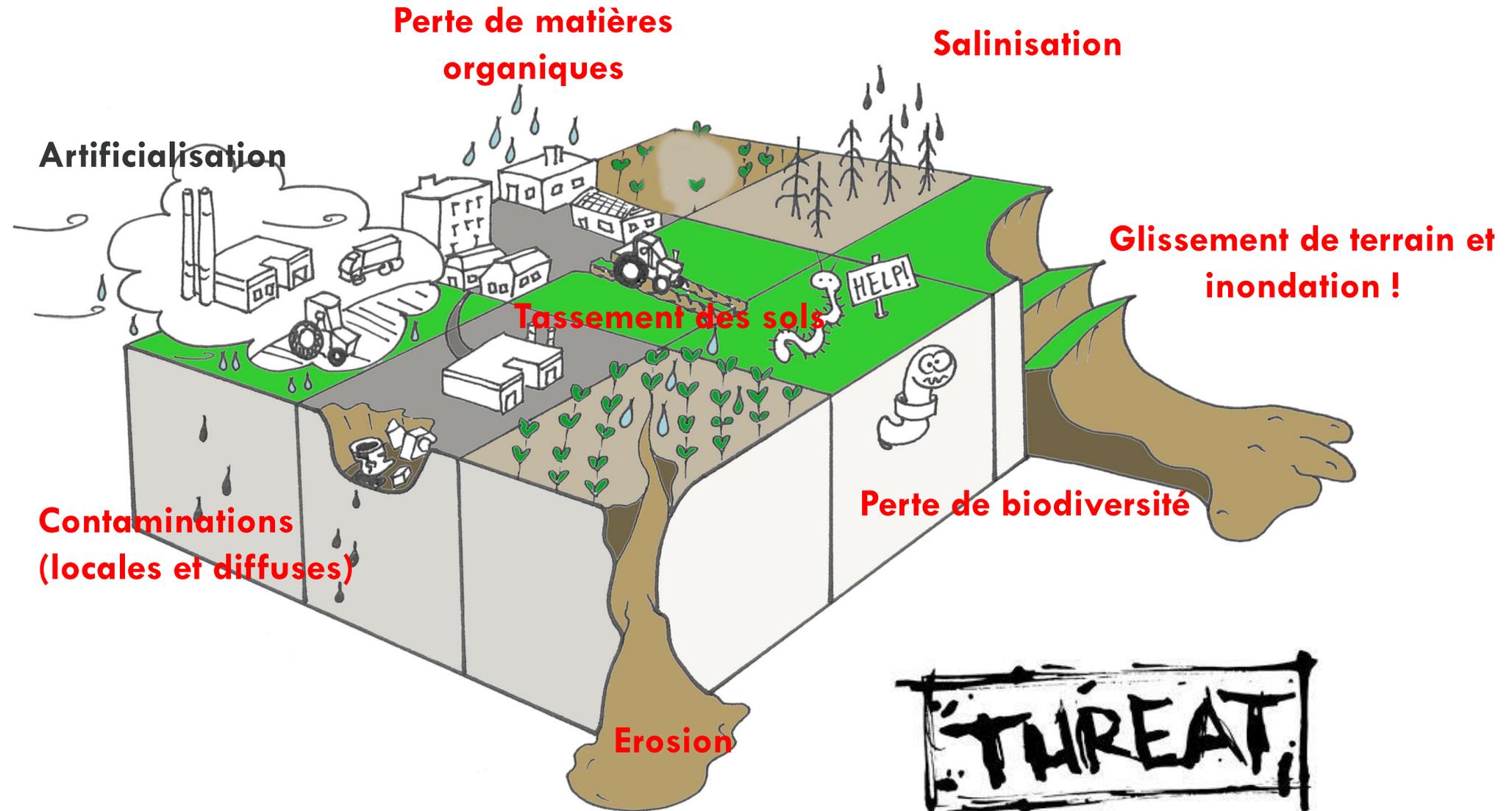
# Les services écosystémiques rendus par le sol



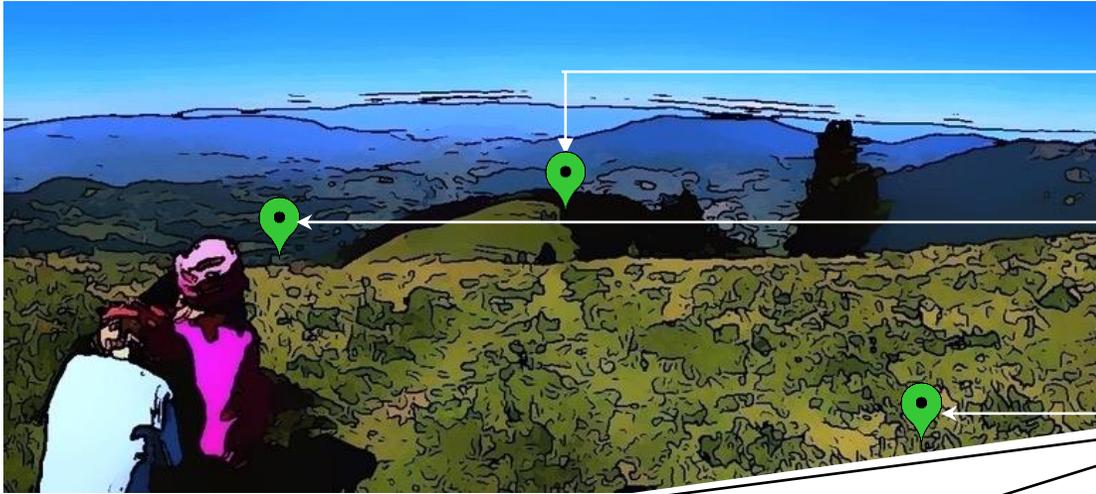
33 trillions \$ / an

95% des produits alimentaires  
⇕  
Le sol comme origine!

# Le sol soumis à des menaces majeures!



# Les sols: des écosystèmes d'une extrême biodiversité, particulièrement microbienne!

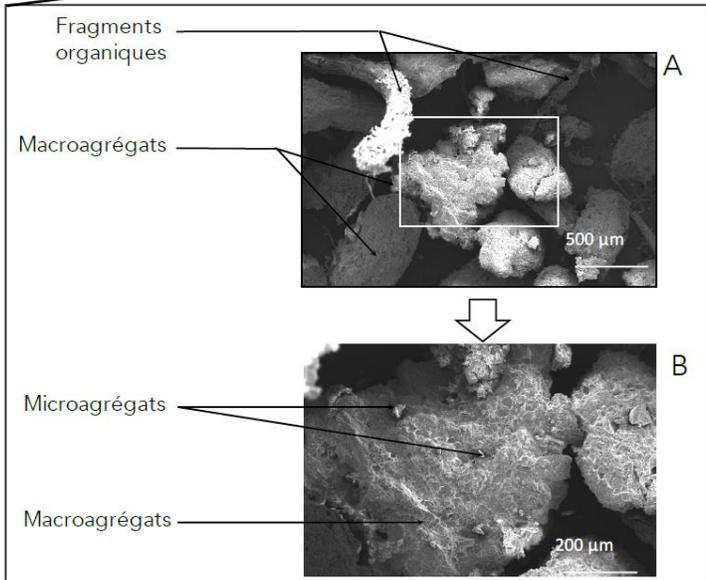


**$10^9$  bactéries -  $10^6$  espèces**

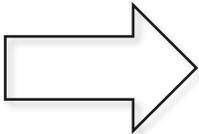
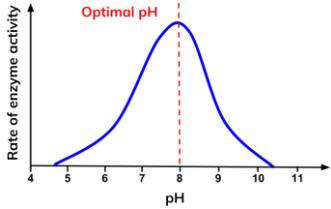
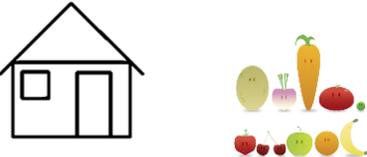


1g de sol

**$10^6$  champignons -  $10^3$  à  $10^4$  espèces**



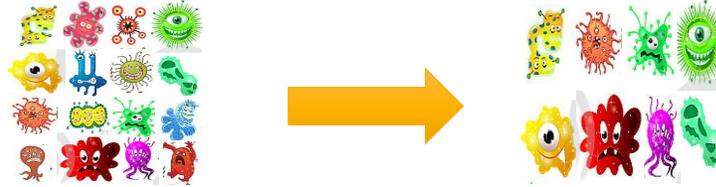
## Niches écologiques



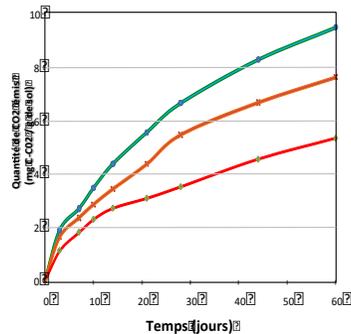
**Abondance & Diversité élevées**

# L'abondance et la diversité des microorganismes des sols supportent l'intensité et la stabilité des fonctions biologiques

## Baisse de 30% de la diversité microbienne d'un sol



**Baisse de 40%** de la minéralisation de la MO



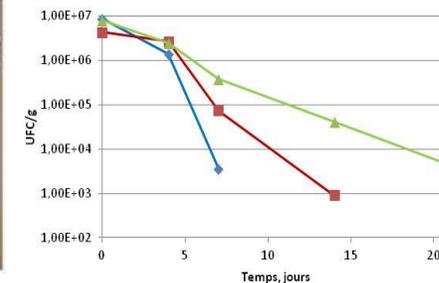
**Perte de 50%** de la productivité végétale



**Perte de 50%** de la stabilité structurale du sol



**Augmentation du temps de survie (x5)** des pathogènes dans le sol

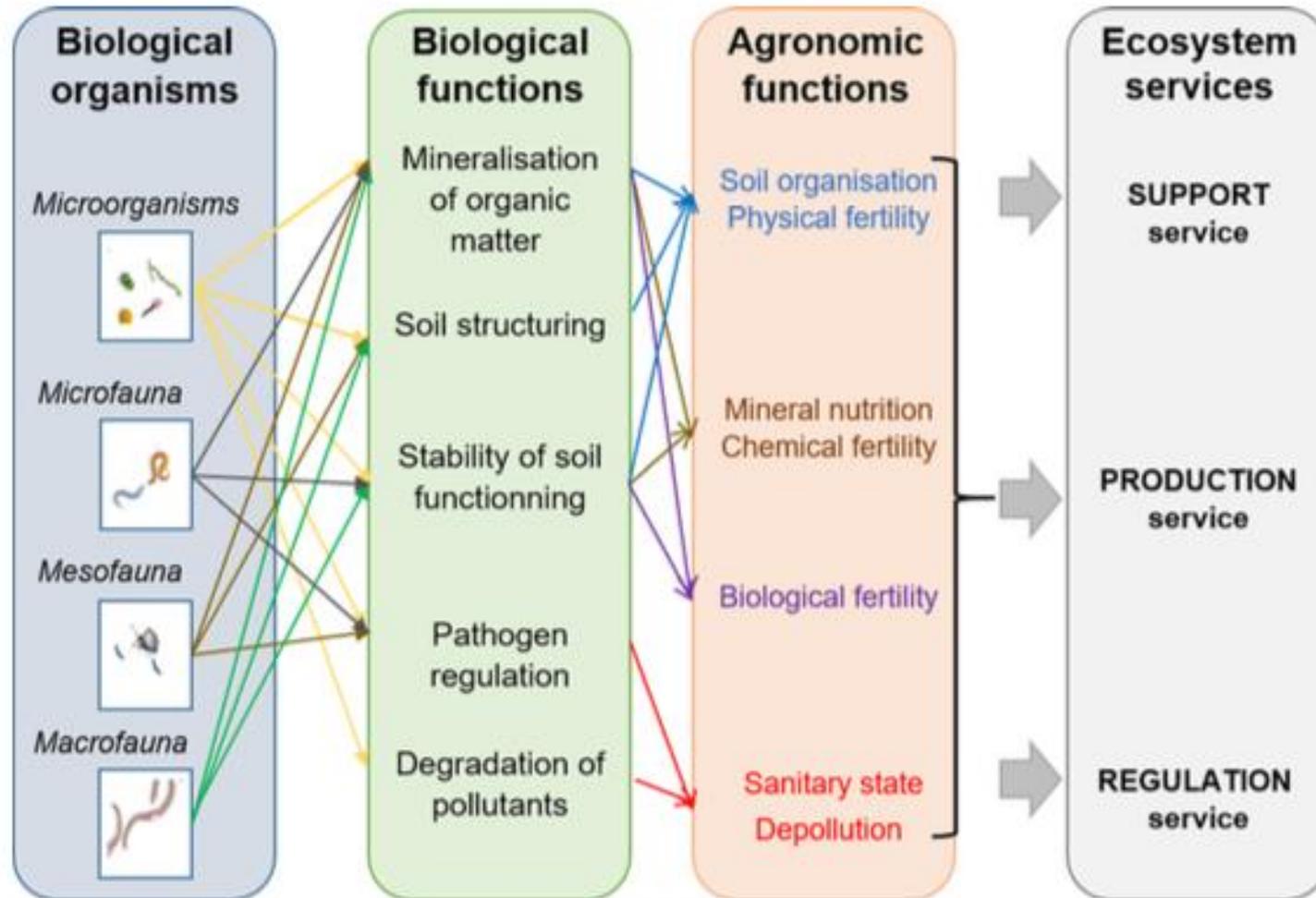


**Fertilité biologique**

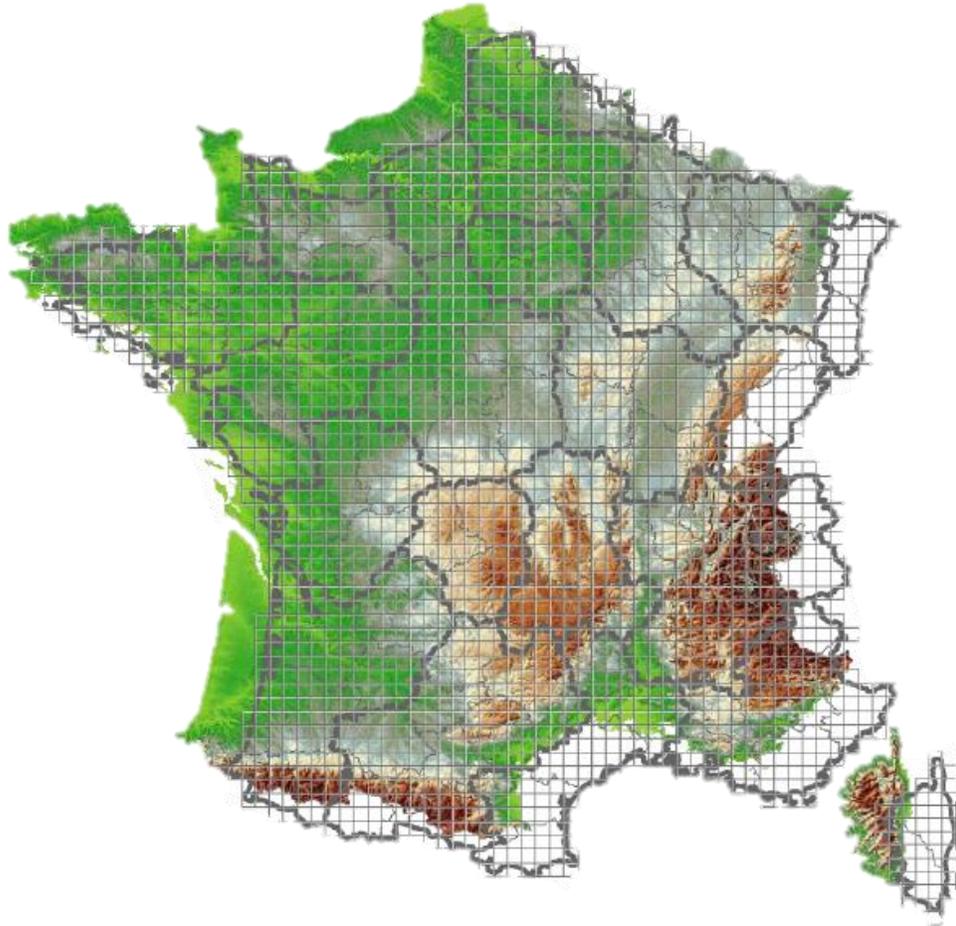
**Fertilité physique**

**Effet barrière**

# → Les microorganismes du sol sont incontournables pour la Transition Agroécologique!



# Etat des lieux de l'abondance et de la diversité des communautés microbiennes des sols et sensibilité aux pratiques agricoles



## Propriétés du sol



## Modes d'usage

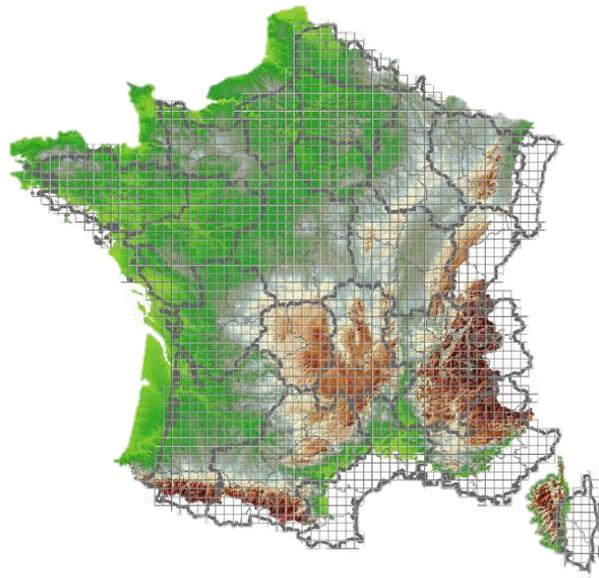


## Pratiques agricoles

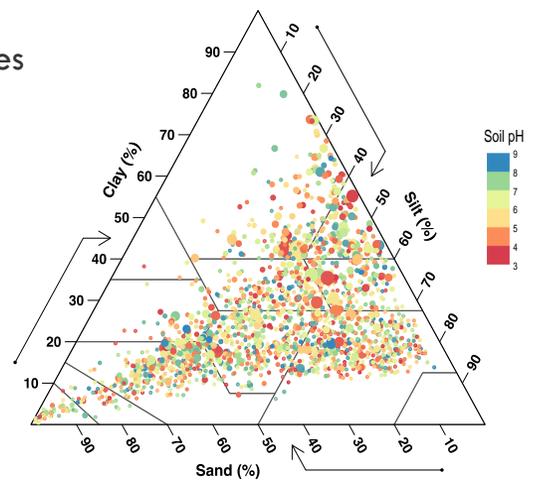


# Le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS)

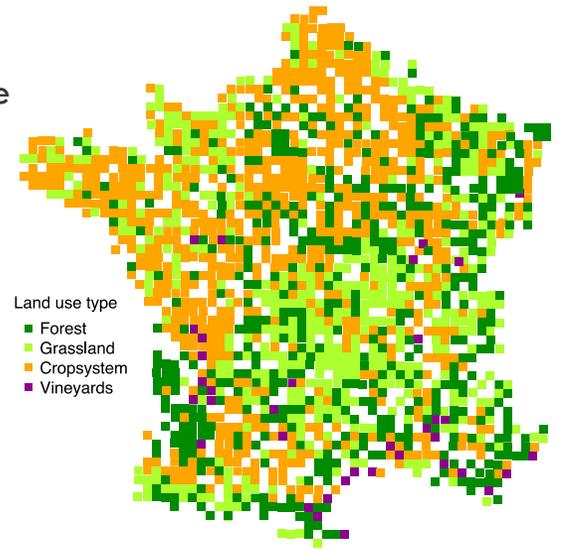
- mis en place en 2002 par l'INRA
- échantillonnage des sols français sur une grille de 16 x 16 km → 2200 sites



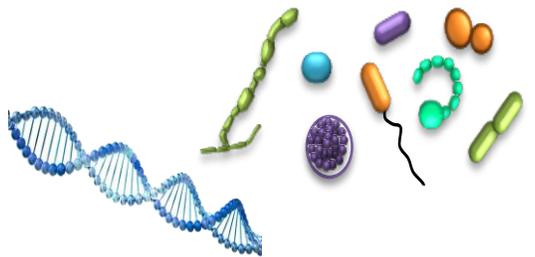
Classes texturales



Mode d'usage



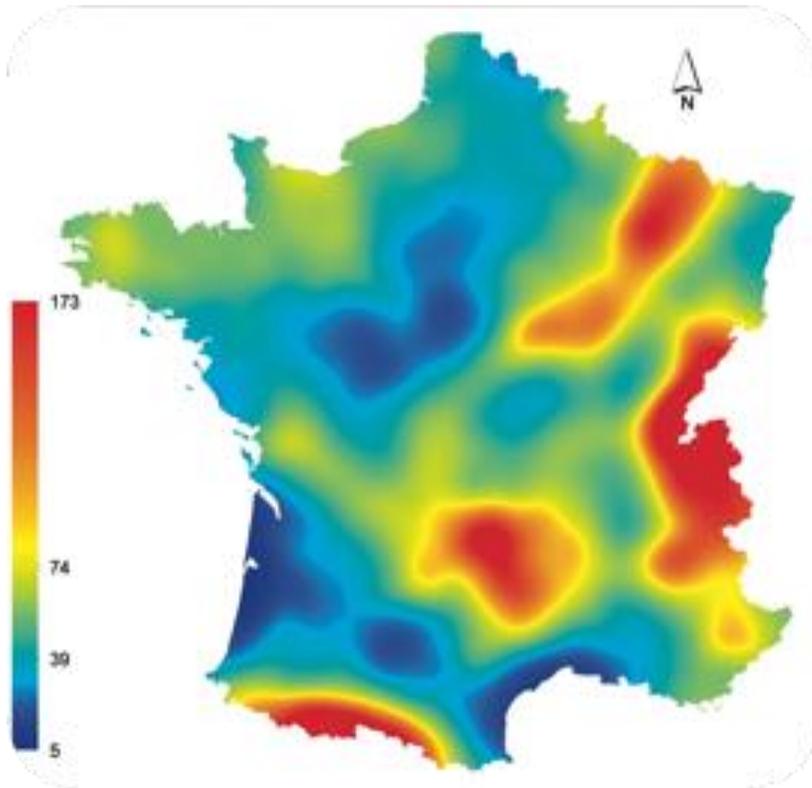
Grande variabilité de types de sols et de modes d'usage



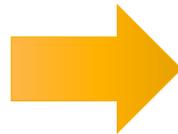
Application d'outils de microbiologie moléculaire  
Abondance, diversité des communautés microbiennes  
**Biogéographie Microbienne**

# Dès 2011, une cartographie française de l'abondance des communautés microbiennes des sols français!

## Biomasse moléculaire Microbienne



- Pas de sols morts ! Mais des sols plus ou moins vivants !
- Des variations aux causes naturelles... et moins naturelles !

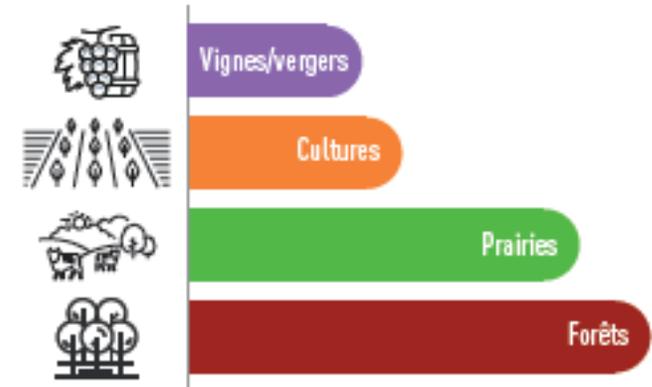


## Effet sol



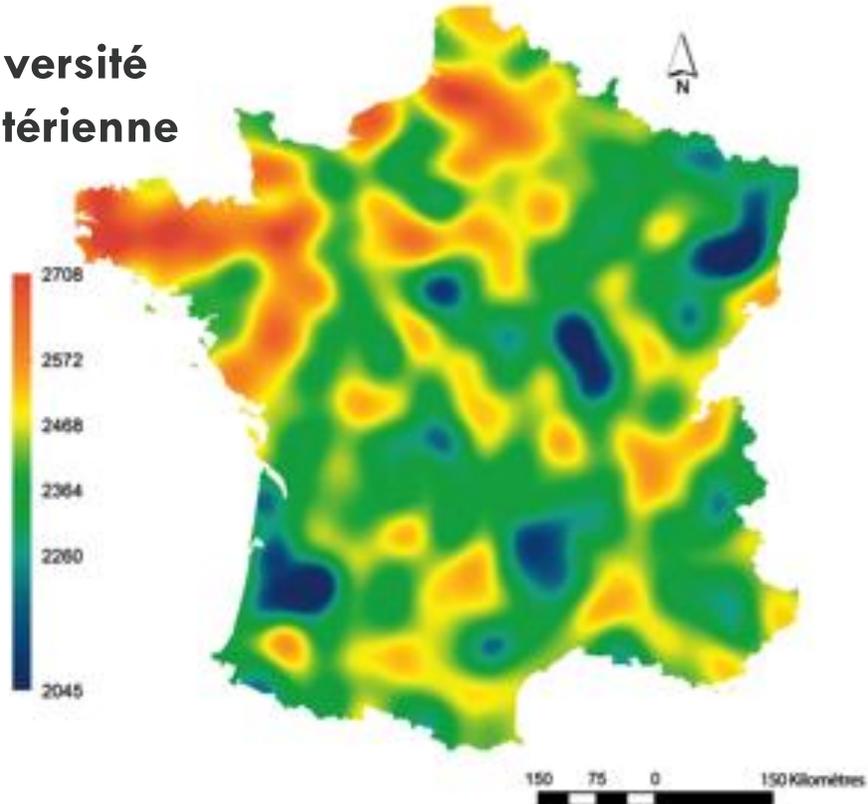
Carbone, pH,  
Granulométrie, C/N, ...

## Effet mode d'usage

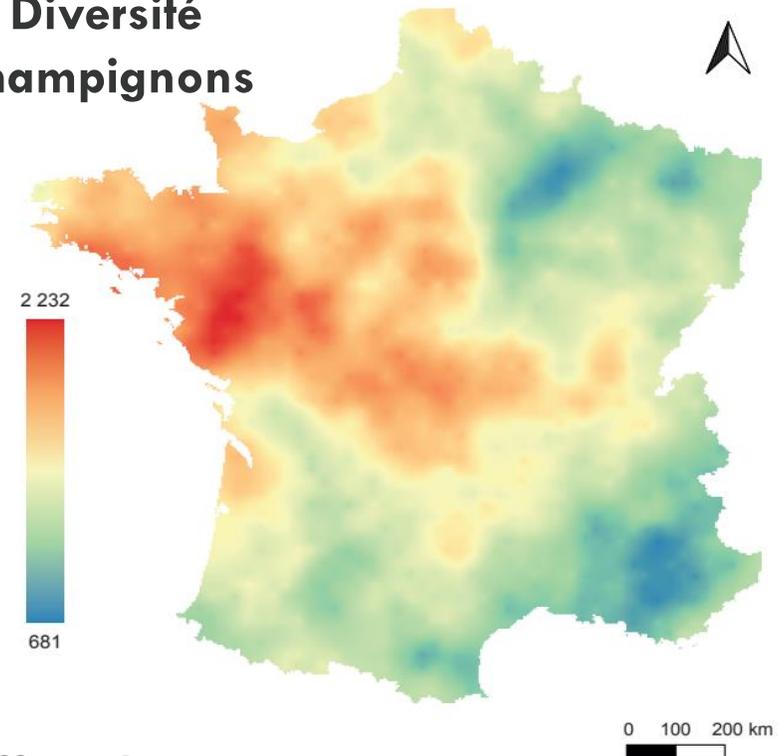


# Aujourd'hui: La France, première nation à avoir des cartes de Biodiversité microbienne de ses sols!

## Diversité bactérienne



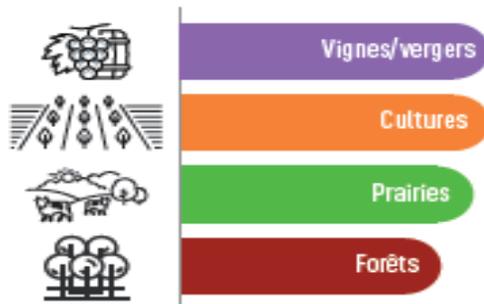
## Diversité champignons



### Effet sol



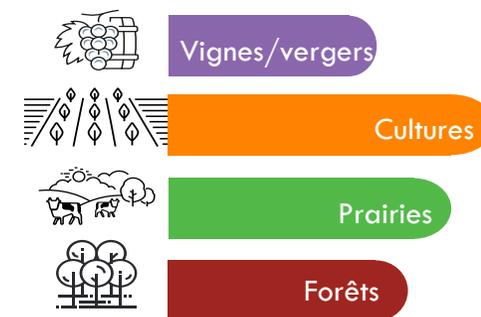
### Effet mode d'usage



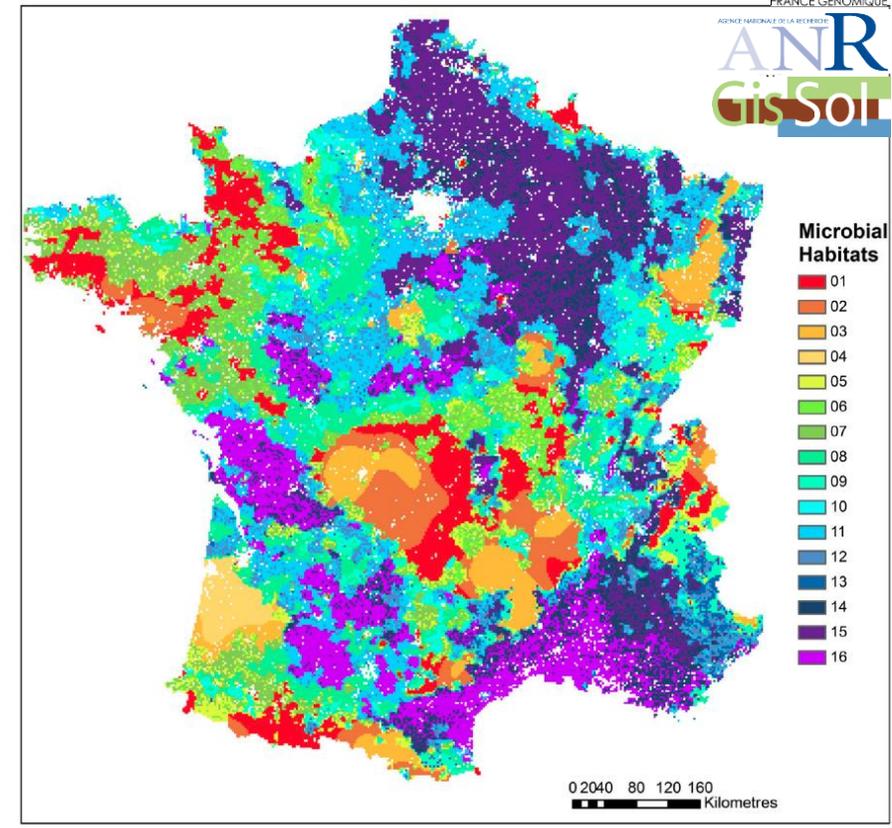
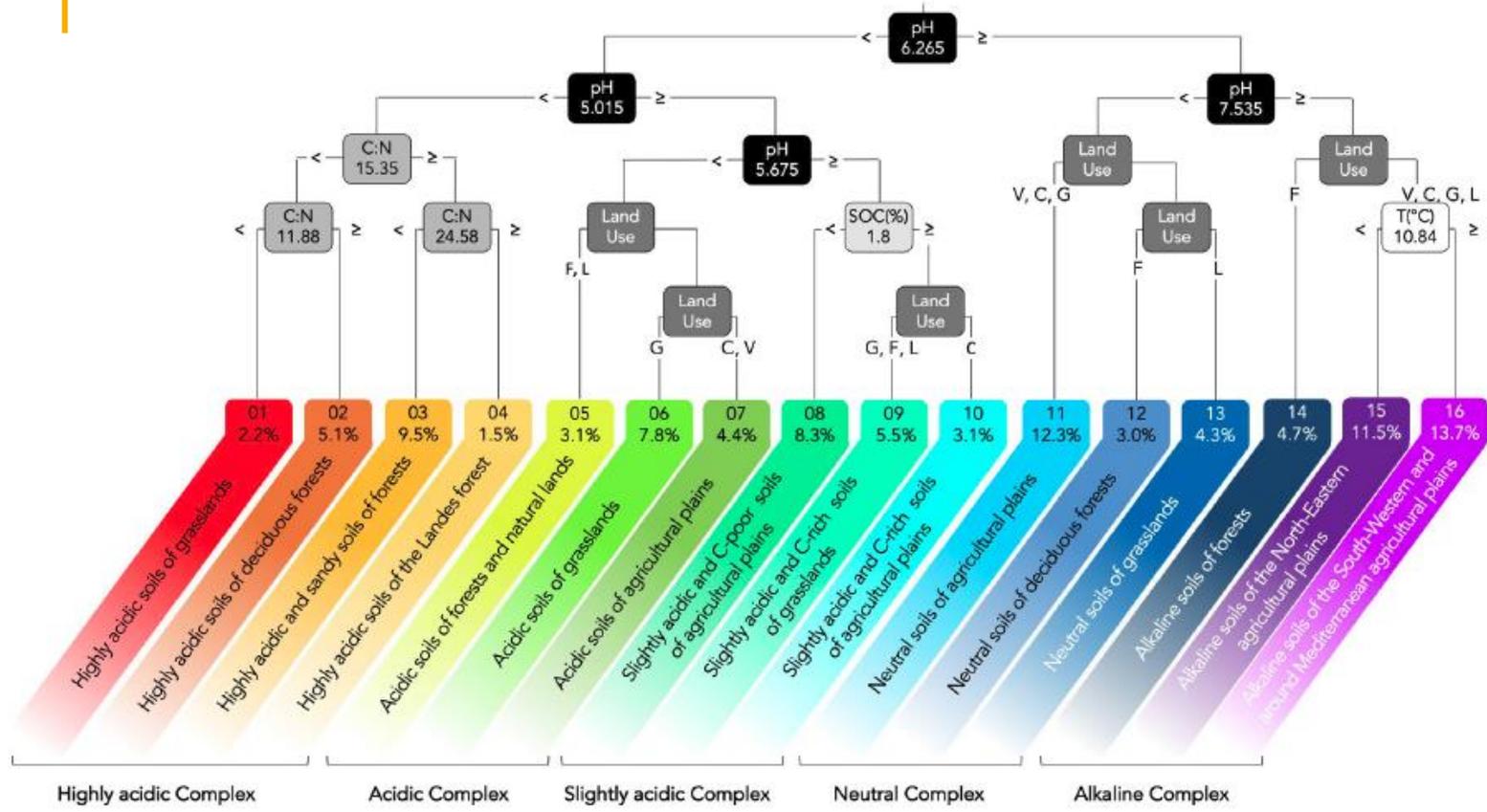
### Effet sol



### Effet mode d'usage



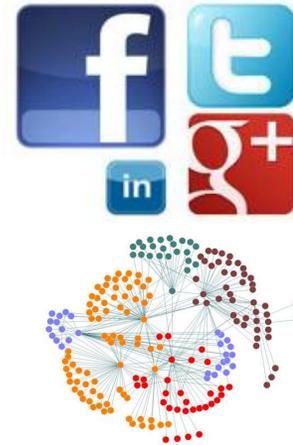
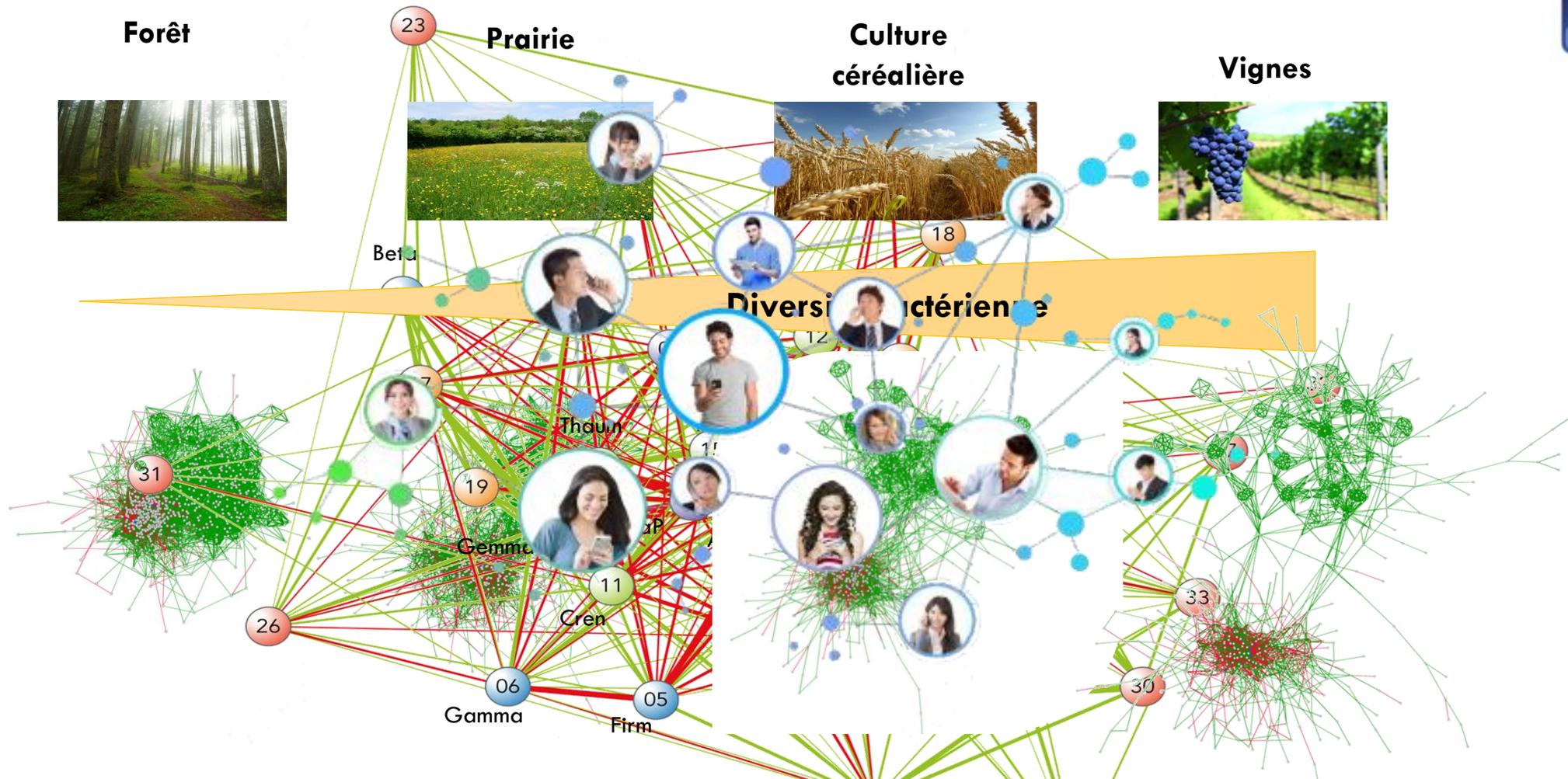
# Et des habitats microbiens



➔ Traduisent la relation entre une composition de communauté microbienne et son environnement

# L'augmentation de diversité dans les sols agricoles est-elle bénéfique ?

## Réseaux d'interactions bactériens !



Les réseaux de bactéries du sol sont **moins complexes et cohésifs** dans les sols agricoles.

→ Moins de coopération entre les espèces

→ Fonctionnement du sol affecté !

# L'échelle du paysage pour caractériser la sensibilité des communautés microbiennes des sols aux pratiques agricoles!



MICSCAPE



REGION  
BOURGOGNE  
FRANCHE  
COMTE

## Zone atelier de Féney

15km Sud de Dijon, 1200ha



types de sol

Description des pratiques agricoles



Monitoring temporel des communautés microbiennes des sols

2011 → 2019

Compréhension la réponse des communautés microbiennes des sols aux pratiques agricoles

Distribution spatiale et dynamique temporelle

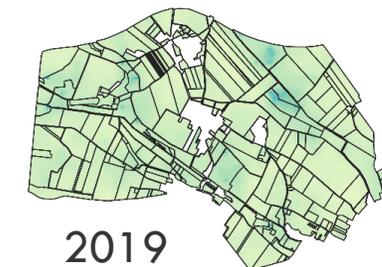
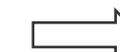
Abondance

Diversité

Composition



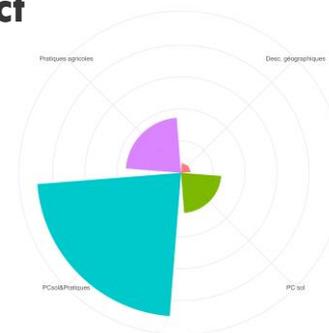
2011



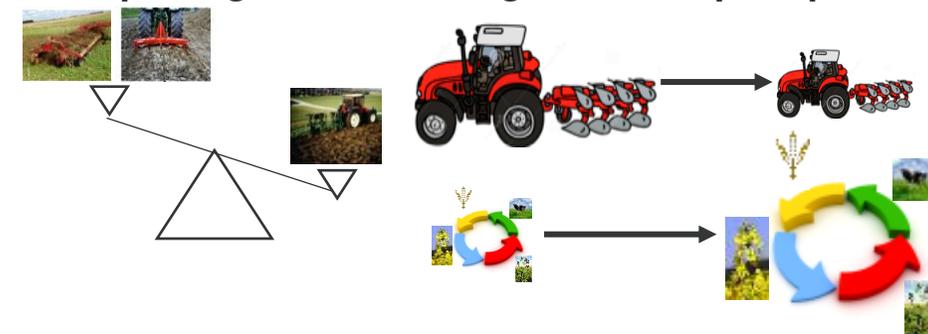
2019

Déterminisme & Impact

Physico-chimie, usage des sols



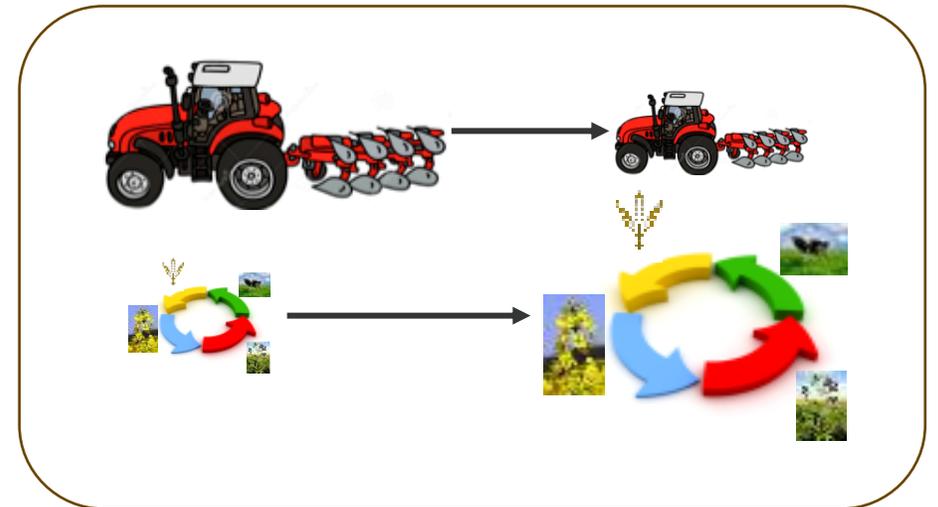
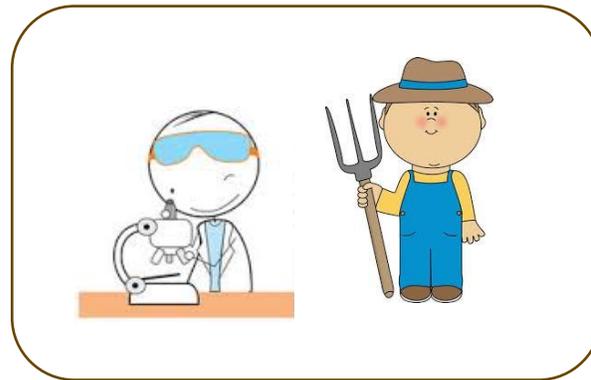
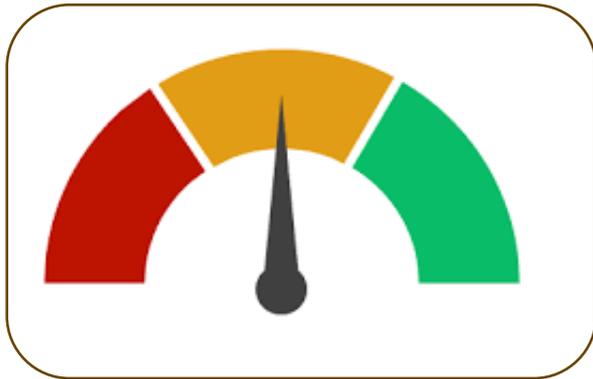
Pratiques agricoles et changements de pratiques



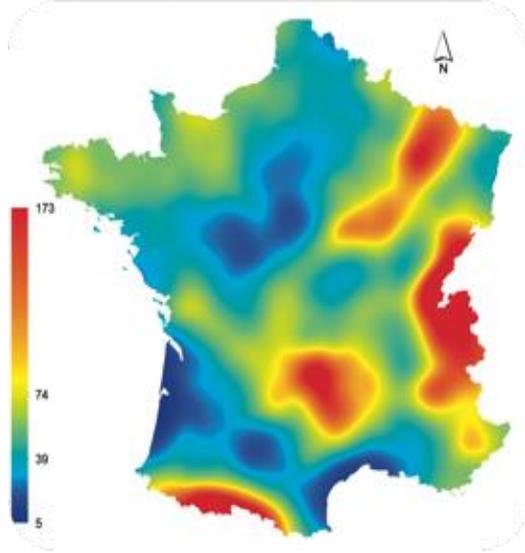
PhDs: Constanças F. (2015); L. Dunn (2022)

Constanças et al., 2014, ASD; Constanças et al., 2015a & 2015b, MicrobiologyOpen; Dunn et al., 2021, Plos One

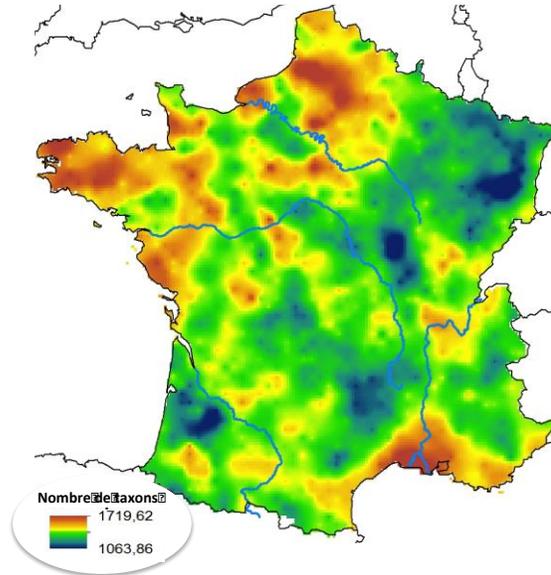
# Les communautés microbiennes des sols: Des bioindicateurs pour évaluer l'impact des pratiques agricoles et induire du changement!



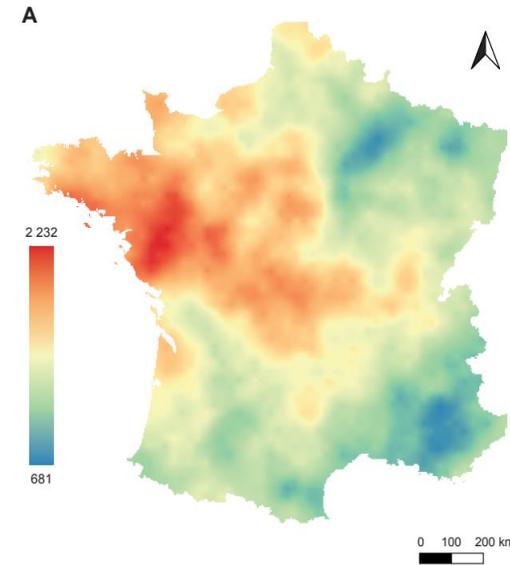
# Des Bioindicateurs reconnus



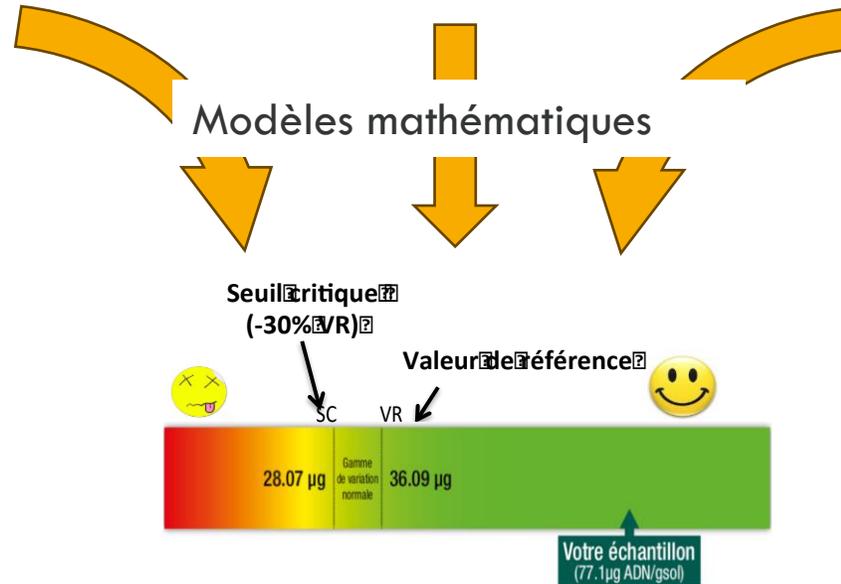
Biomasse moléculaire microbienne



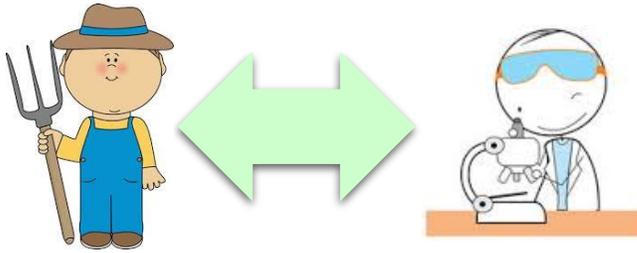
Diversité bactérienne des sols



Diversité des champignons du sol



# Des Bioindicateurs opérationnels pour le changement!



## Réseau de 250 fermes et domaines



○ Formation grande culture    ● Formation viticulture

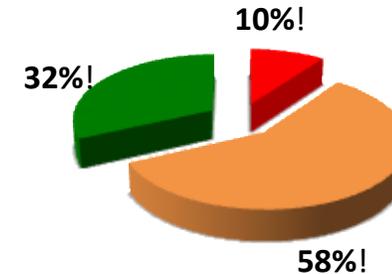


97% de mise en œuvre

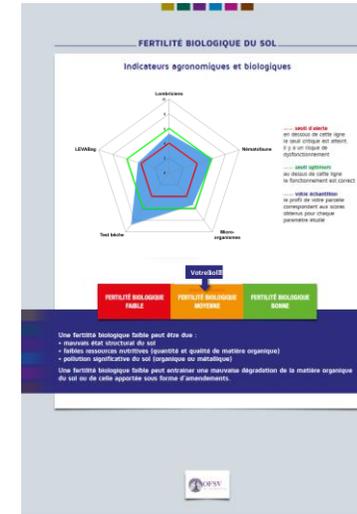
## Recherche Participative

### Co-construction & Échanges de savoirs :

- Tableau de bord de diagnostic
- Formations



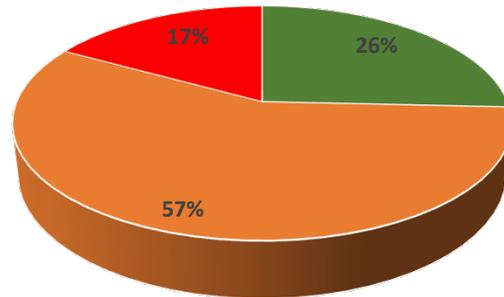
# Qualité globale des sols



**Patrimoine / Assurance critique à améliorer**

**Patrimoine / Assurance non critique à surveiller**

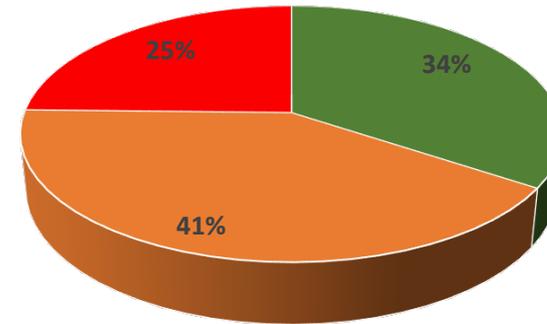
**Bon état du Patrimoine / Assurance**



**Fertilité biologique faible**

**Fertilité biologique moyenne**

**Bonne fertilité biologique**



**Les sols agricoles ne sont pas morts !**  
**Toutefois ils sont à surveiller !**

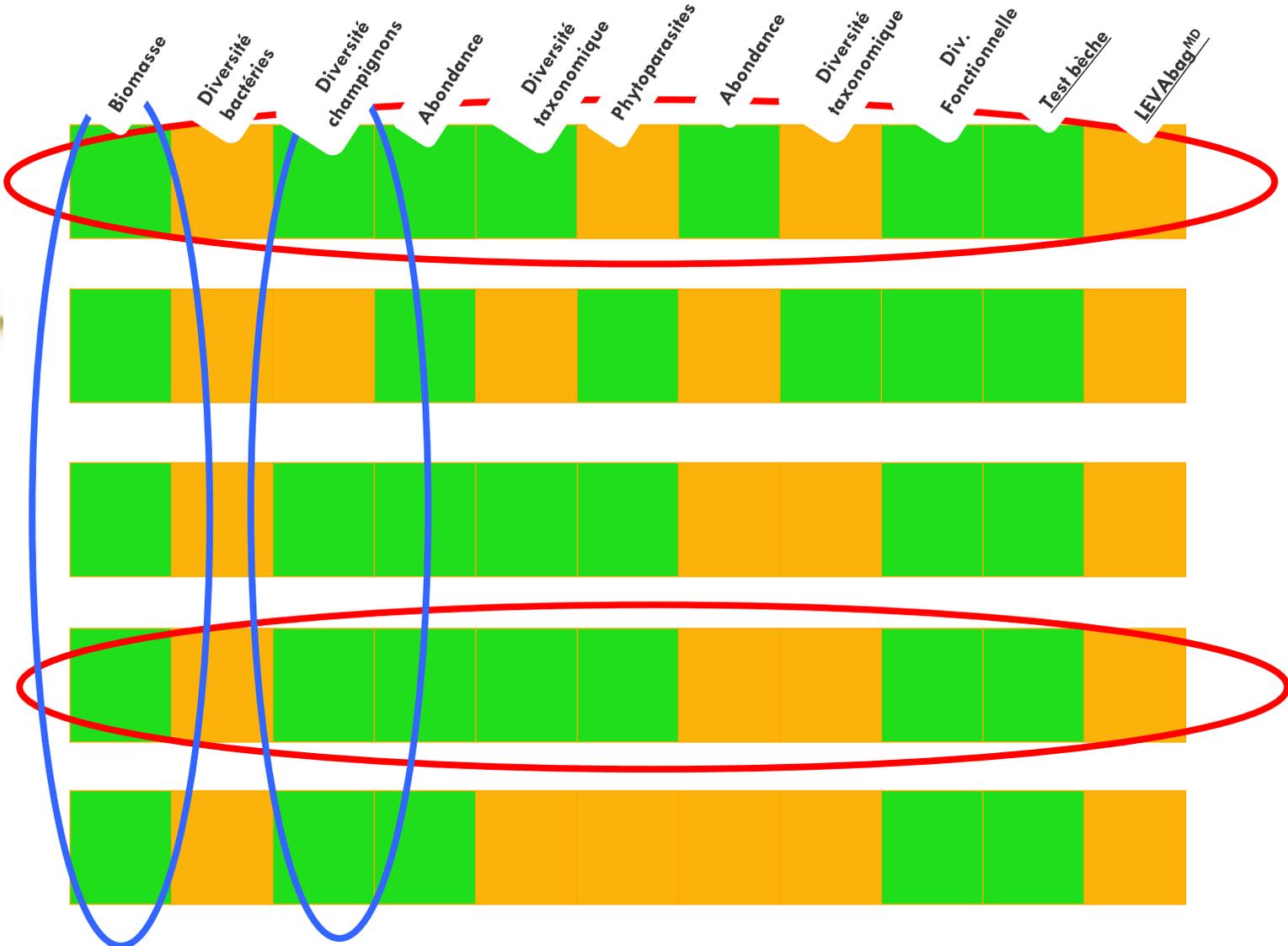
# Evaluation des systèmes de production



## Microorganismes

## Nématodes

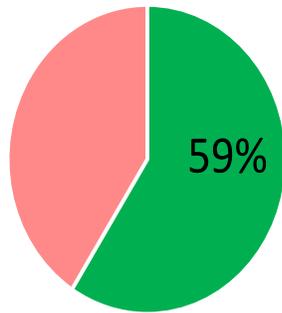
## Lombrics



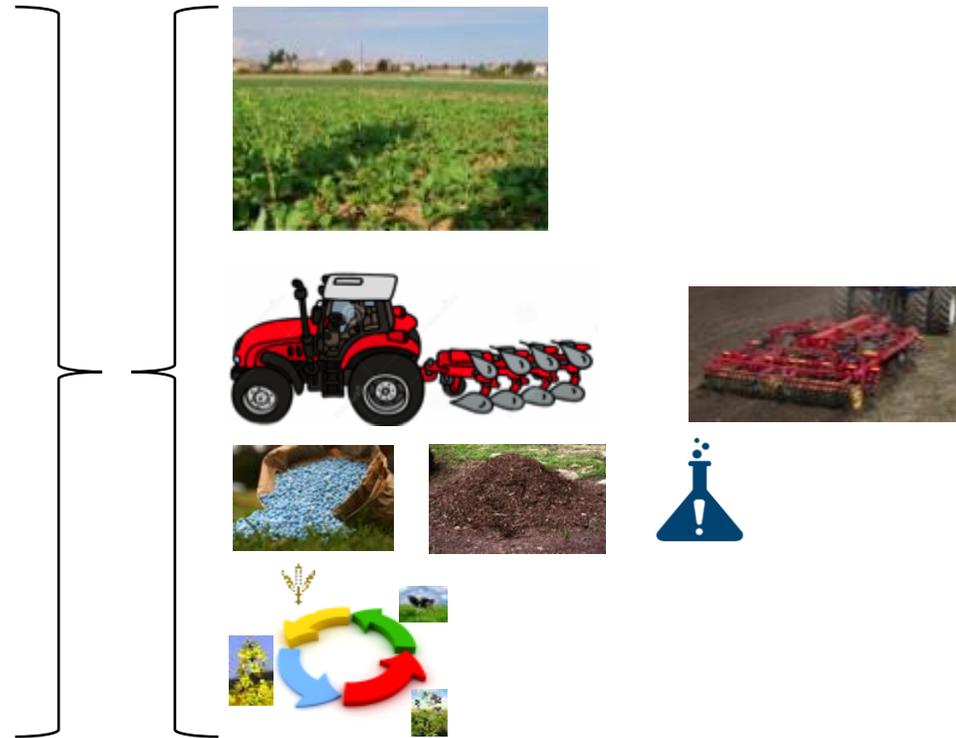
# Les bioindicateurs de qualité des sols contribuent au changements de pratiques!

Améliorer la qualité biologique d'un sol ne nécessite pas forcément de changer brutalement de système de culture

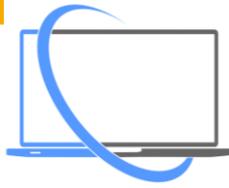
Efficacité de la méthode:



Changements  
de  
pratiques

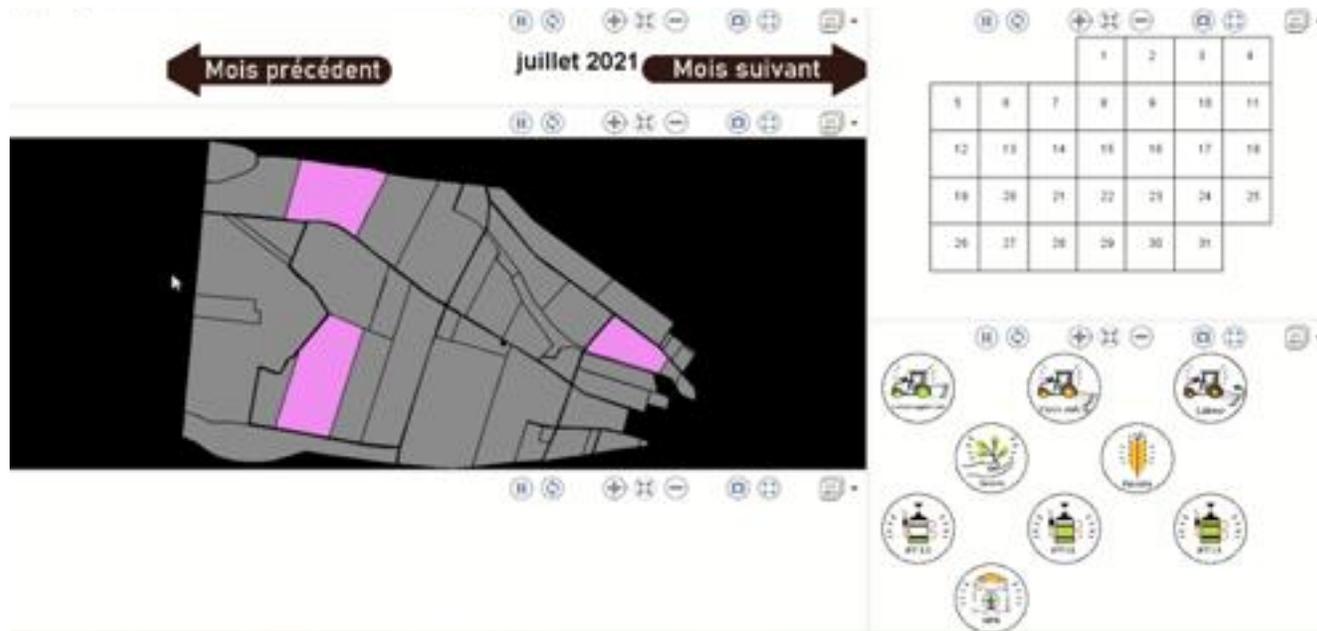


# Aller plus loin: des outils pour piloter les indicateurs



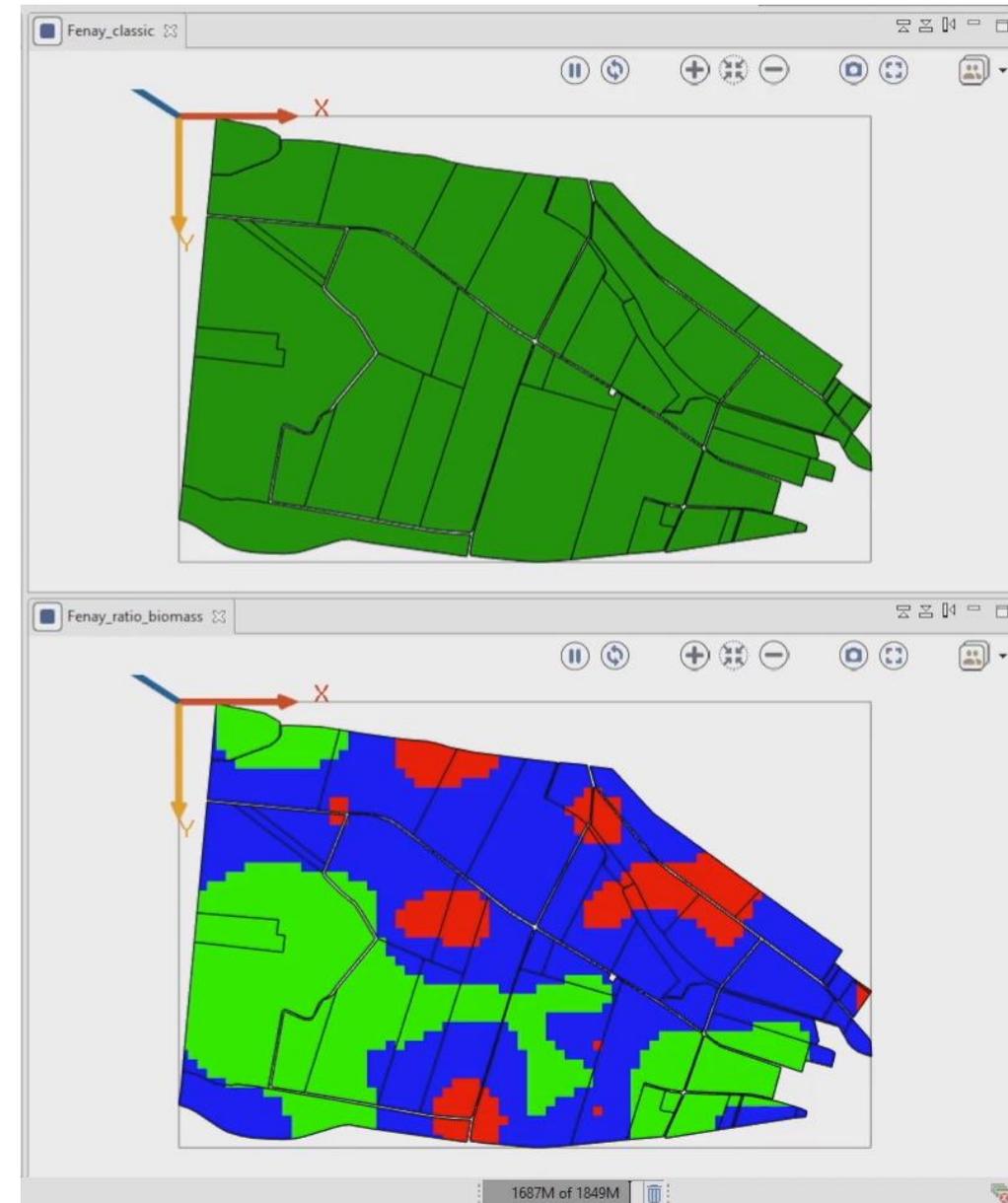
Modèle prédictif

Interface utilisateur



Modèle calibré et cross-validé

➔ Evaluation de l'opérationnalité en cours!



# La biodiversité microbienne des sols déterminante pour la qualité des produits!



# Évaluation des transferts microbiens du sol au lait en filière AOP Comté



Ressources en fourrages et surface de production limitées

Cahier des charges AOP

Fin des quotas laitiers



**Enjeu:** Assurer la durabilité des productions

→ Améliorer la performance des systèmes prairiaux

→ Préserver les équilibres agroécologiques

## En filière AOP Comté



Diversité des sols



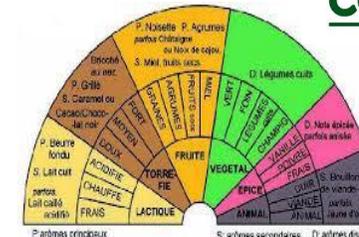
Communautés microbiennes du sol et de la phyllosphère



Diversité floristique

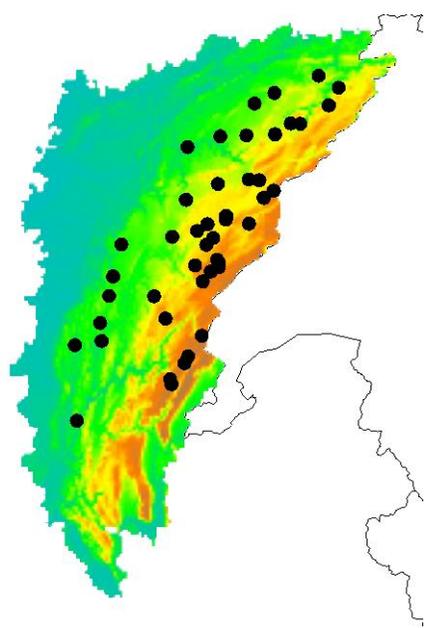


Communautés microbiennes du lait cru

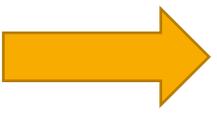
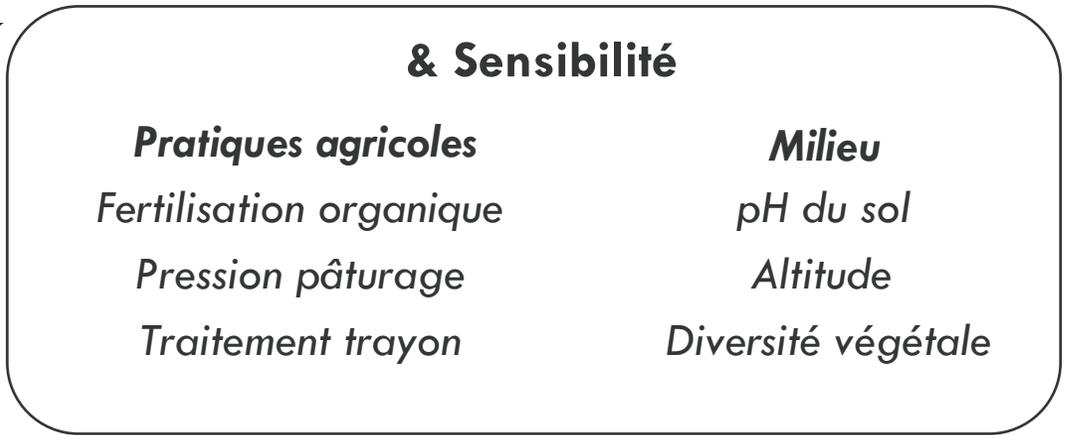
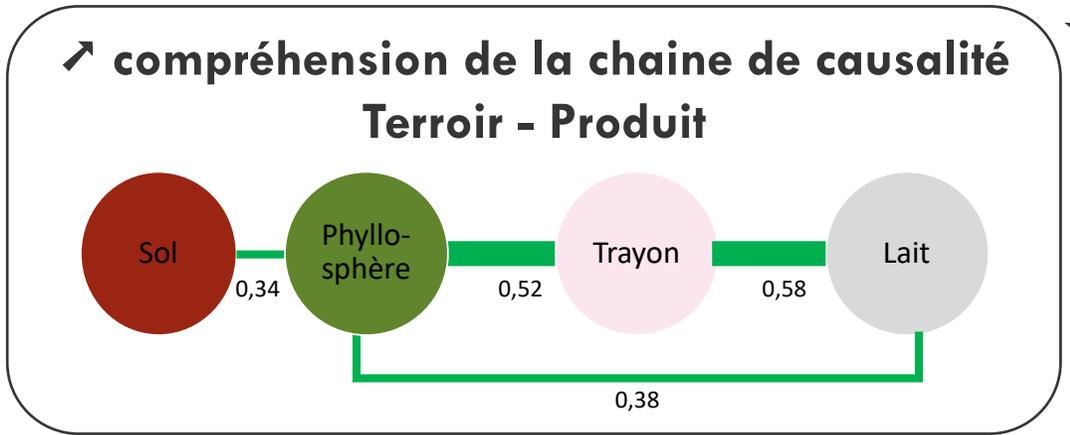
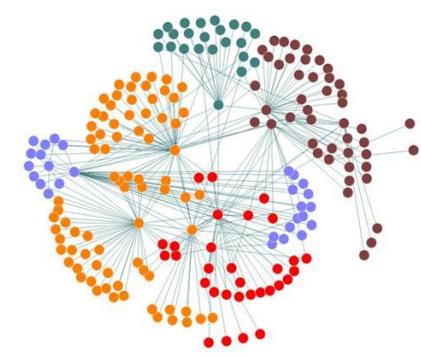


Typicité





Animaux  
Biodiversité  
microbiennes  
Communautés  
Lait  
Plantes  
Terroir  
Transferts  
SOI  
AOP



**La durabilité de la production est en lien étroit avec la durabilité des écosystèmes prairiaux.**

# Conclusion



## Communautés microbiennes des sols:

- Extrêmes abondance et diversité
- Grande diversité de fonctions de services
- Variations liées aux propriétés des sols et aux actions anthropiques: usage des sols et pratiques agricoles

Role central dans le fonctionnement des sols

## En France:

- Premiers référentiels nationaux & sensibilité aux pratiques agricoles
  - Bioindicateurs de qualité microbiologique des sols opérationnels
  - Outils pour l'accompagnement des changements de pratiques et de la transition agroécologique
- La diversité microbiologique des agroécosystèmes supporte la qualité des produits

Transition agroécologique

Durabilité des productions