

Ecologie Microbienne des sols et transition agroécologique

Nicolas Chemidlin Prévost-Bouré
Institut Agro Dijon, UMR Agroécologie



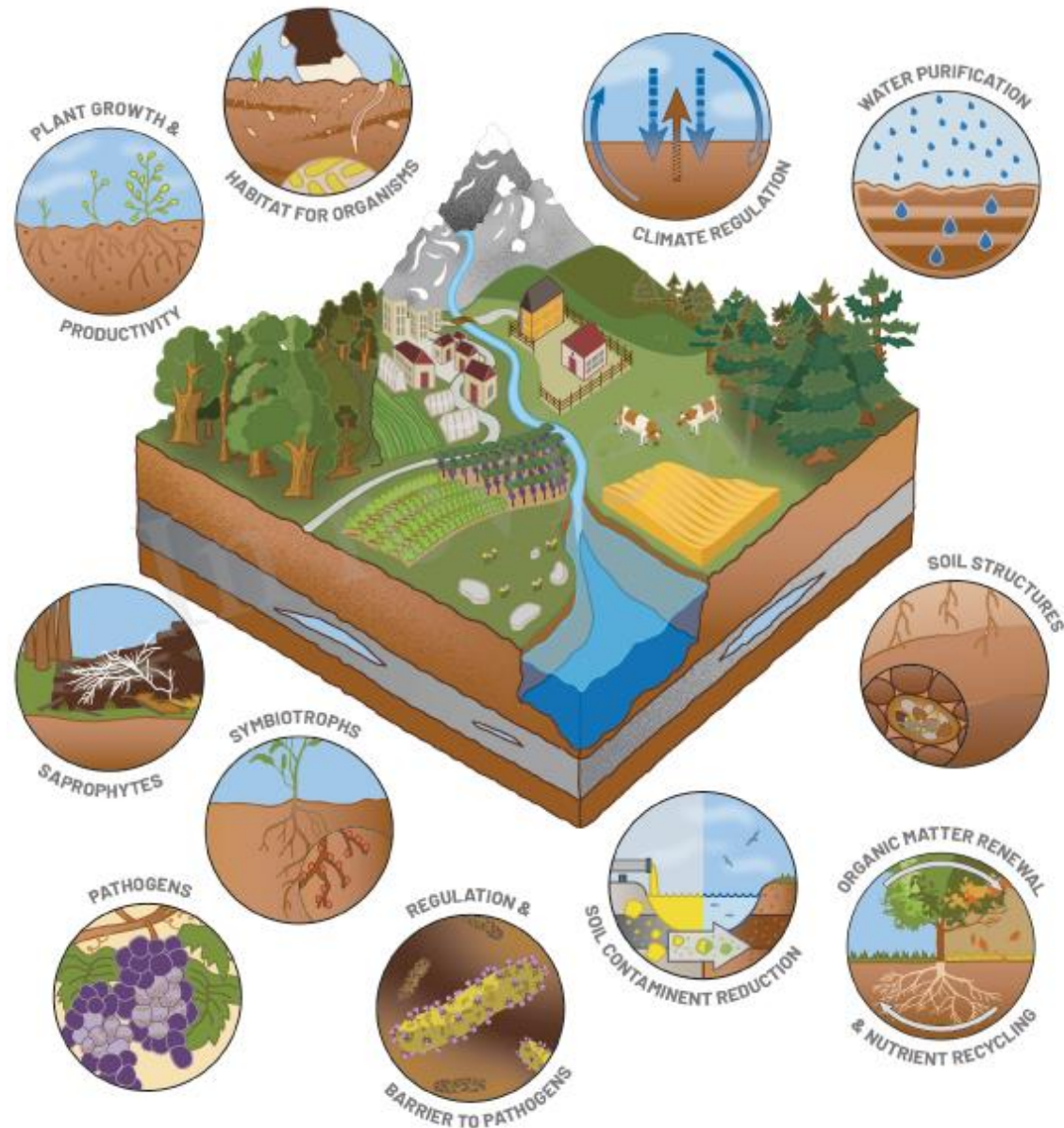
Le sol: au coeur des objectifs de développement durable et de notre alimentation



&



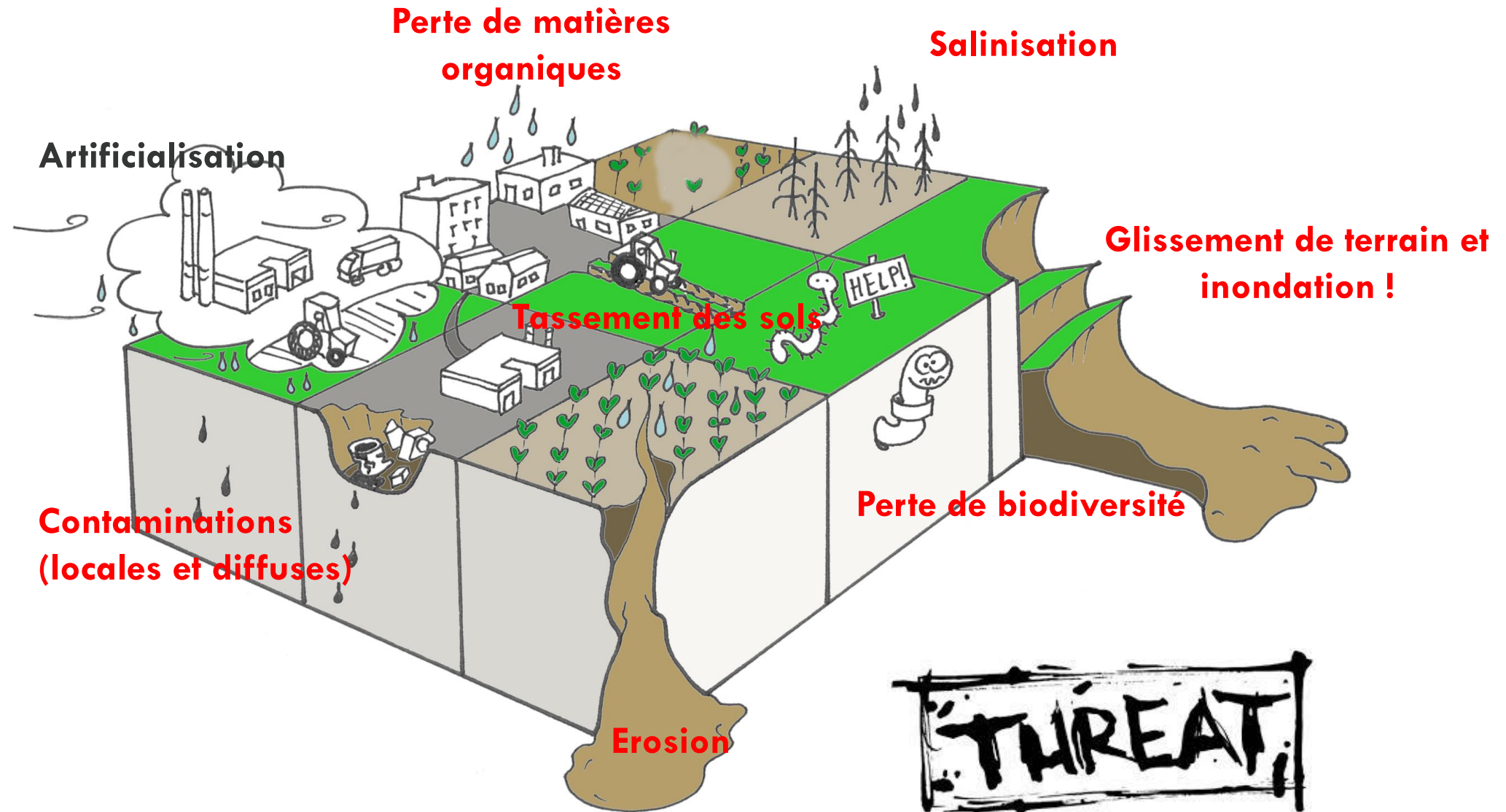
Les services écosystémiques rendus par le sol



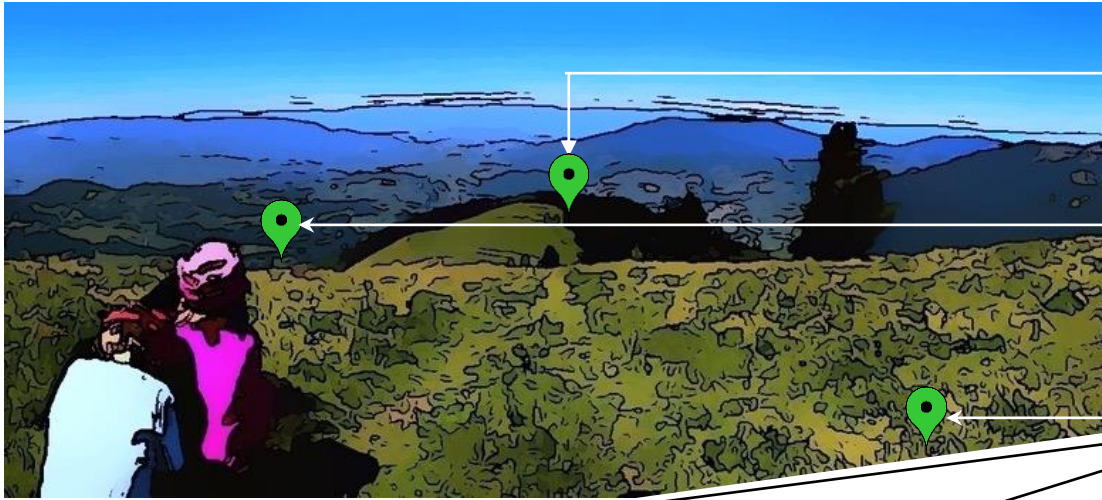
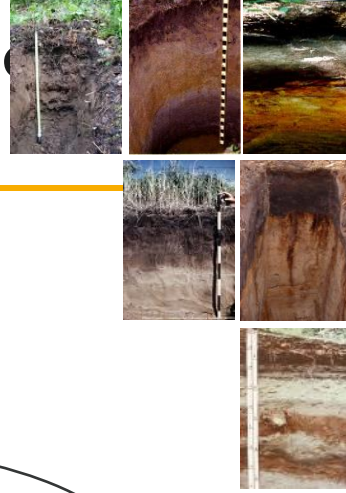
33 trillions \$ / an

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!

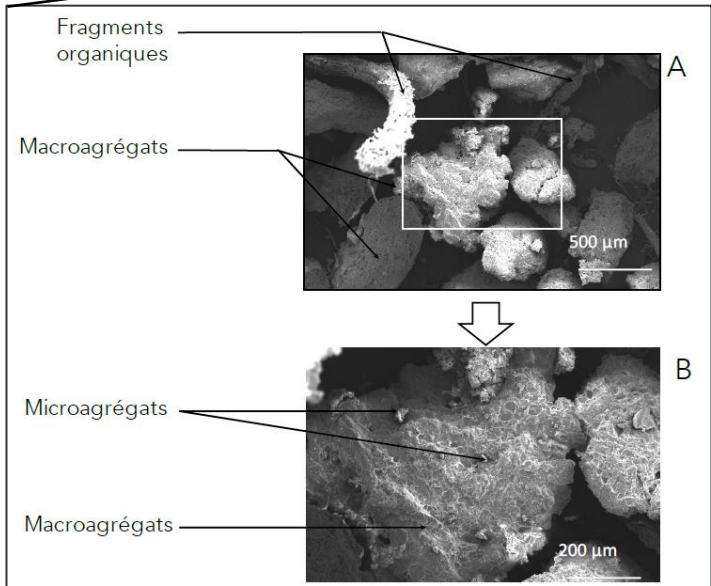


10^9 bactéries - 10^6 espèces

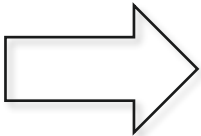
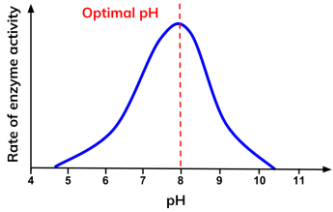
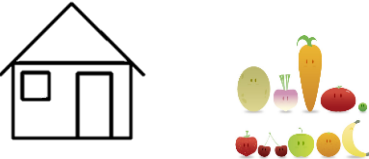


1g de sol

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



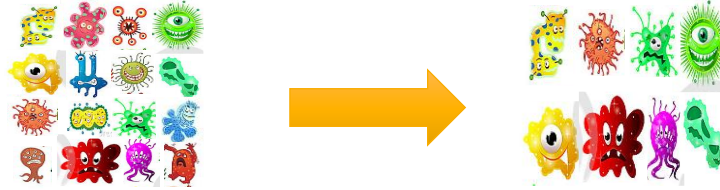
Niches écologiques



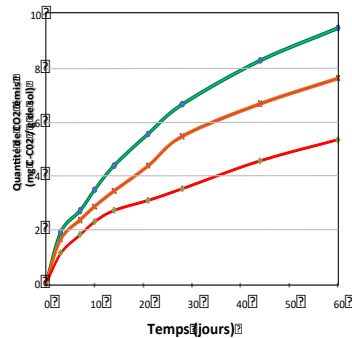
Abondance & Diversité élevées

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



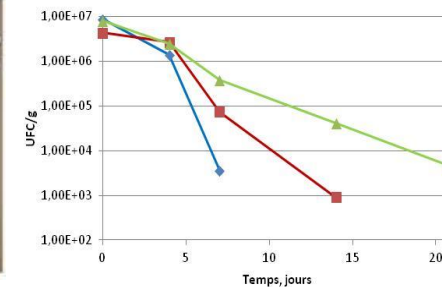
Perte de 50% de la productivité végétale



Perte de 50% de la stabilité structurale du sol



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

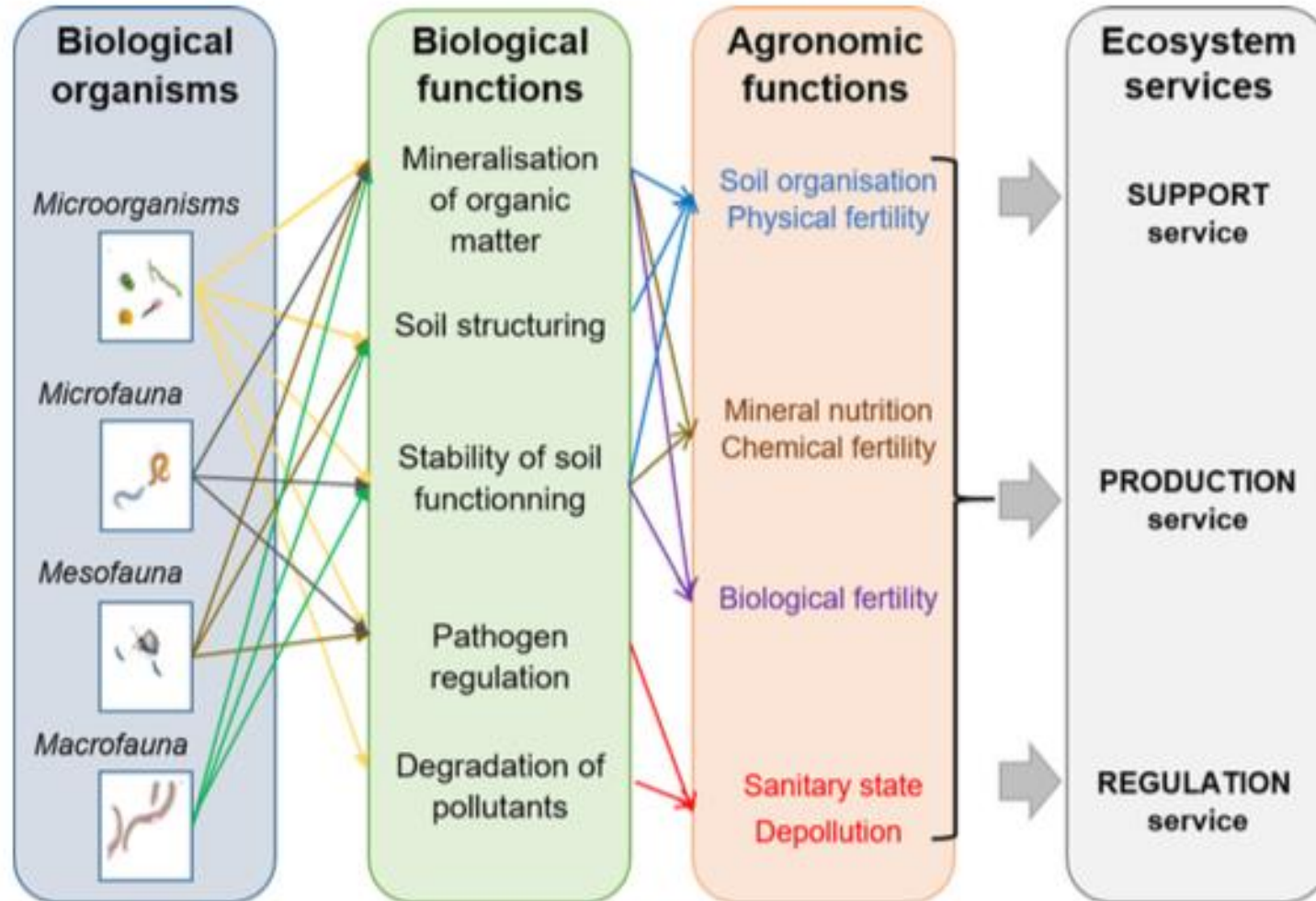


Fertilité biologique

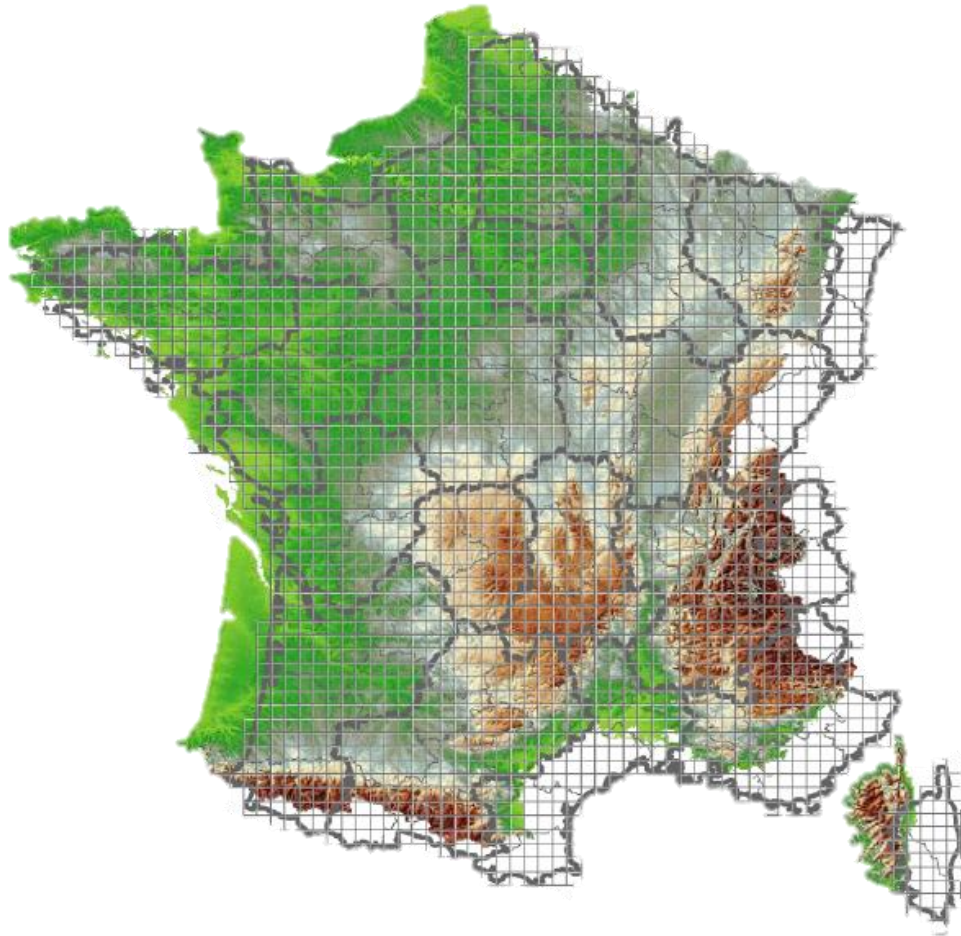
Fertilité physique

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

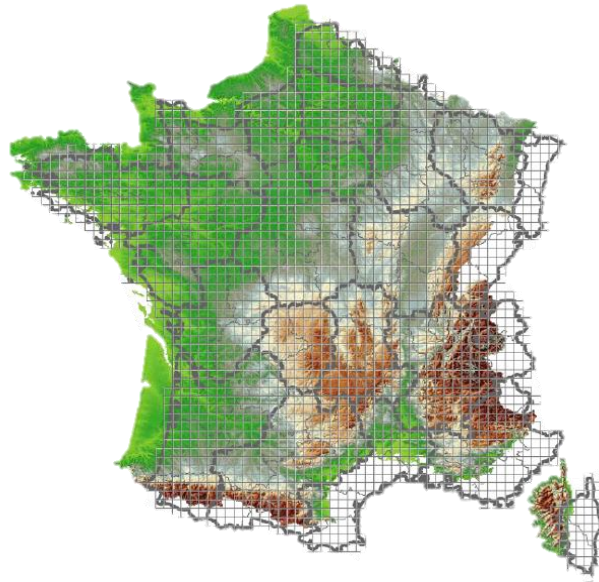


Pratiques agricoles

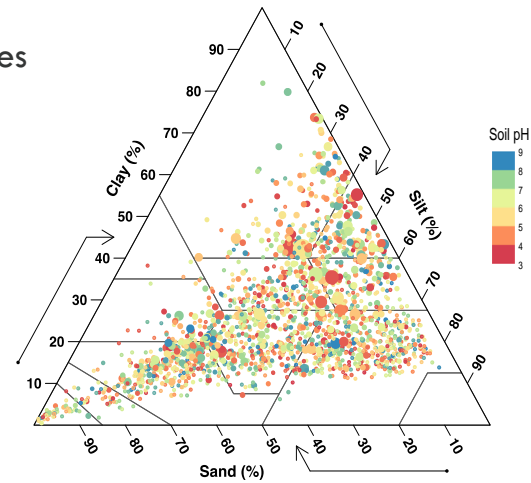


Le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS)

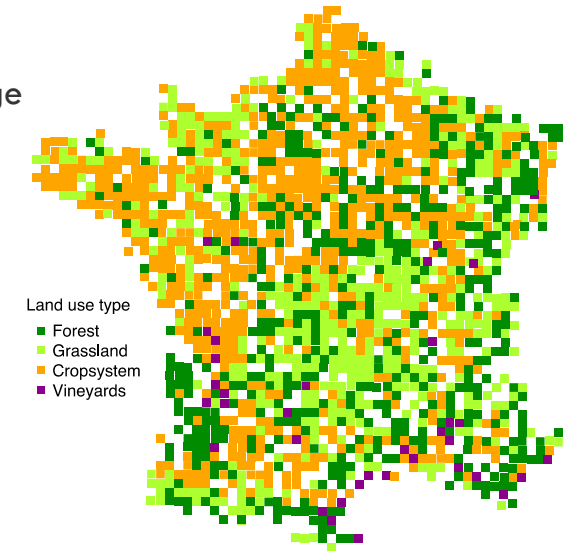
- mis en place en 2002 par l'INRA
- échantillonnage des sols français sur une grille de 16 x 16 km → 2200 sites



Classes
texturales



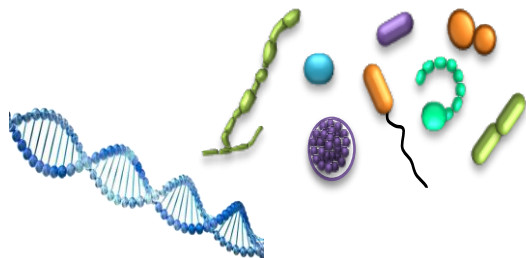
Mode
d'usage



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

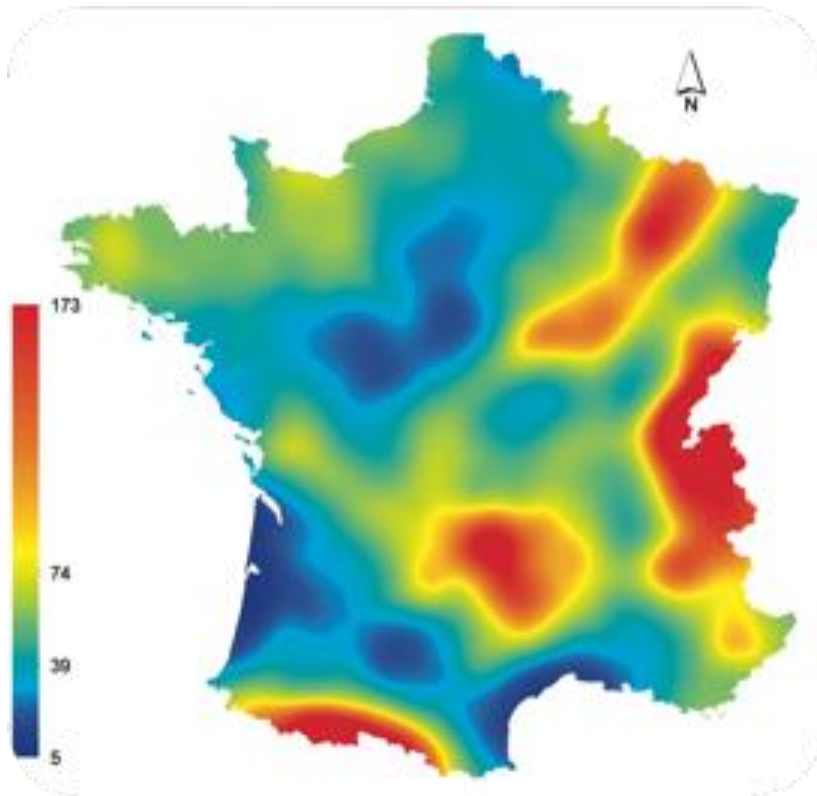


Application d'outils de microbiologie moléculaire
Abondance, diversité des communautés microbiennes
Biogéographie Microbienne

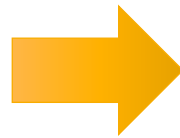


Dès 2011, une cartographie française de l'abondance des communautés microbiennes des sols français!

Biomasse moléculaire Microbienne



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

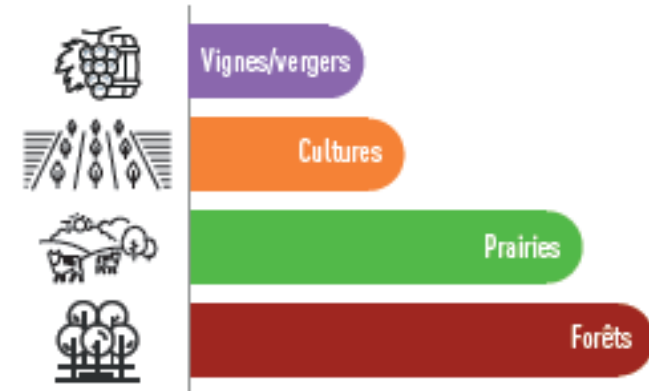


Effet sol



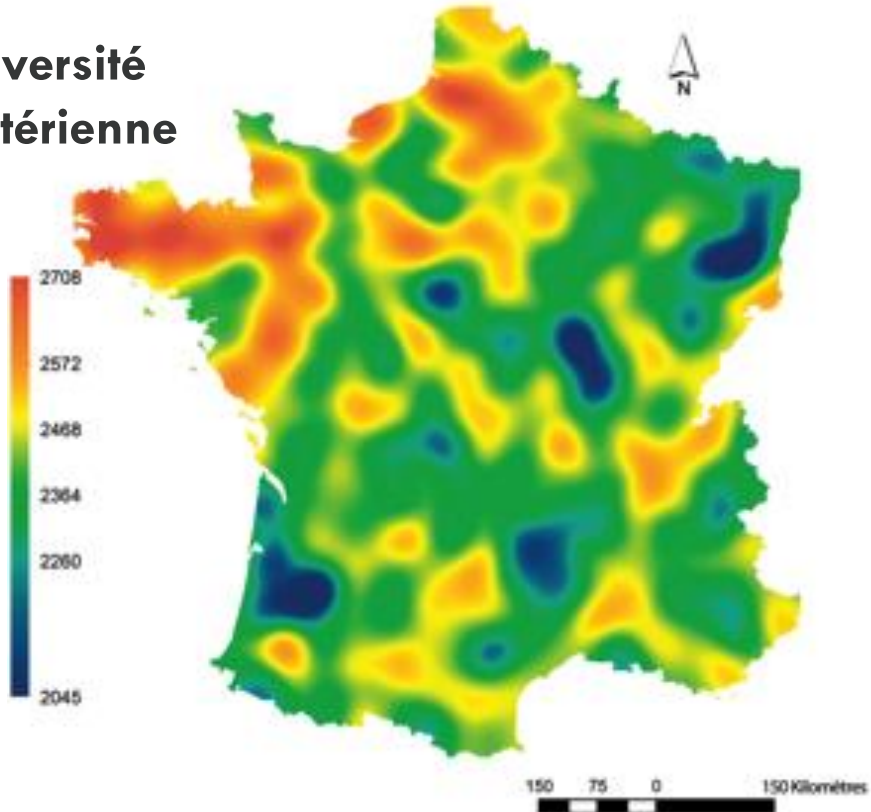
Carbone, pH,
Granulométrie, C/N, ...

Effet mode d'usage

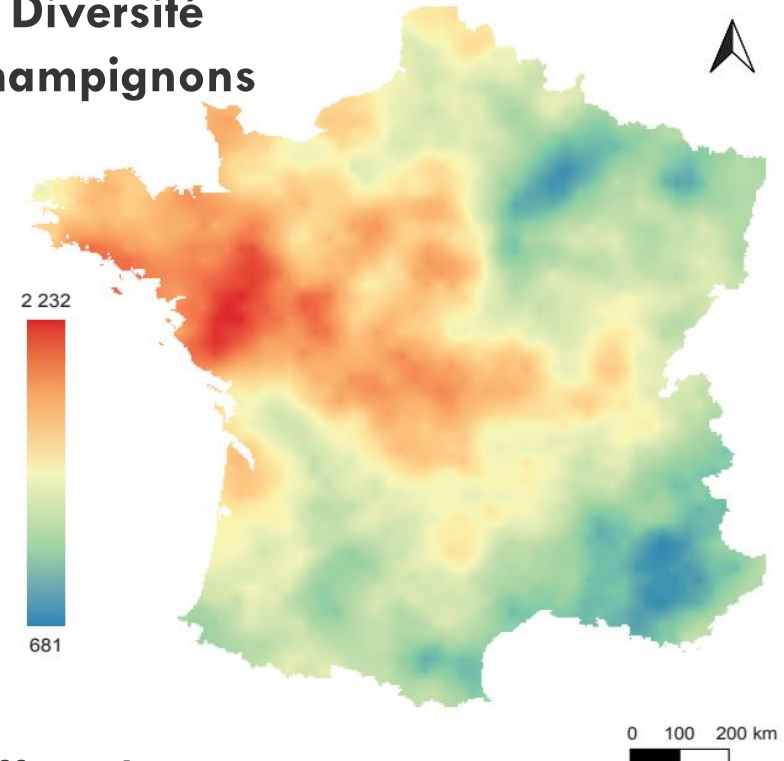


Aujourd'hui: La France, première nation à avoir des cartes de Biodiversité microbienne de ses sols!

Diversité bactérienne



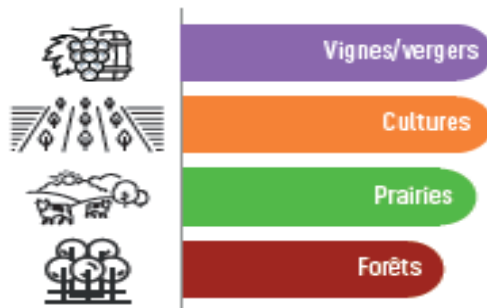
Diversité champignons



Effet sol



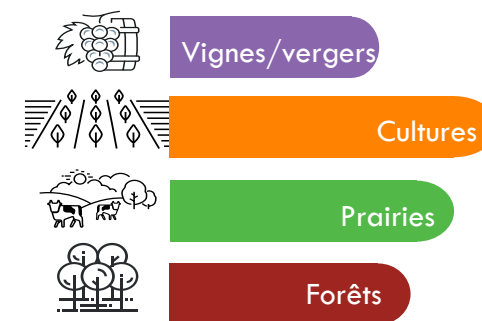
Effet mode d'usage



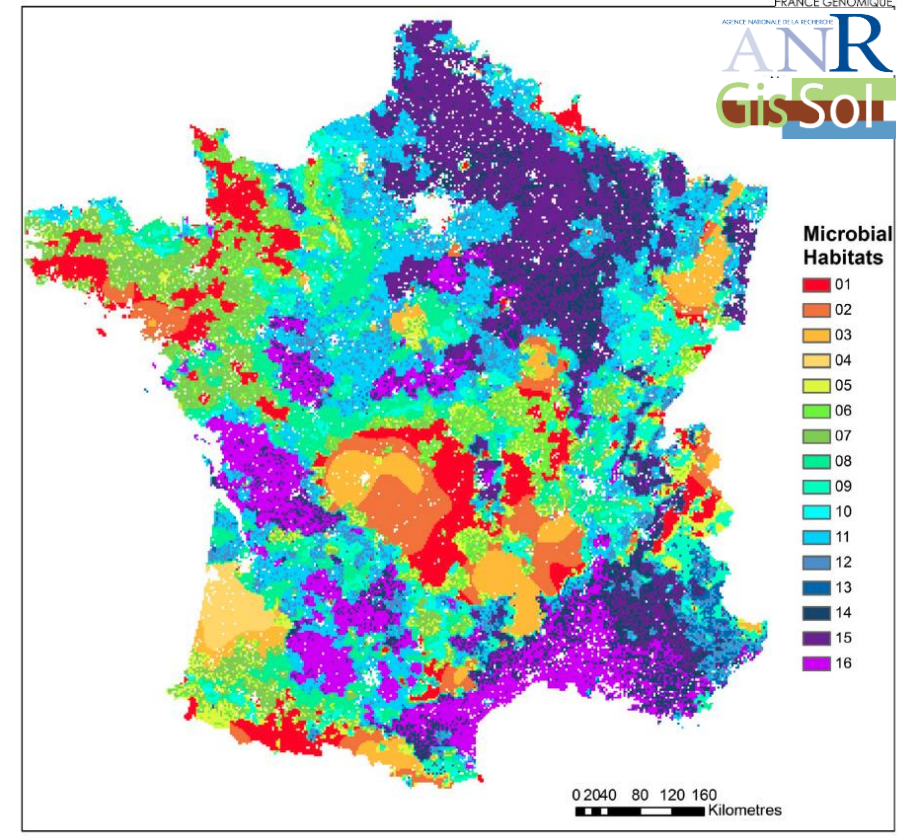
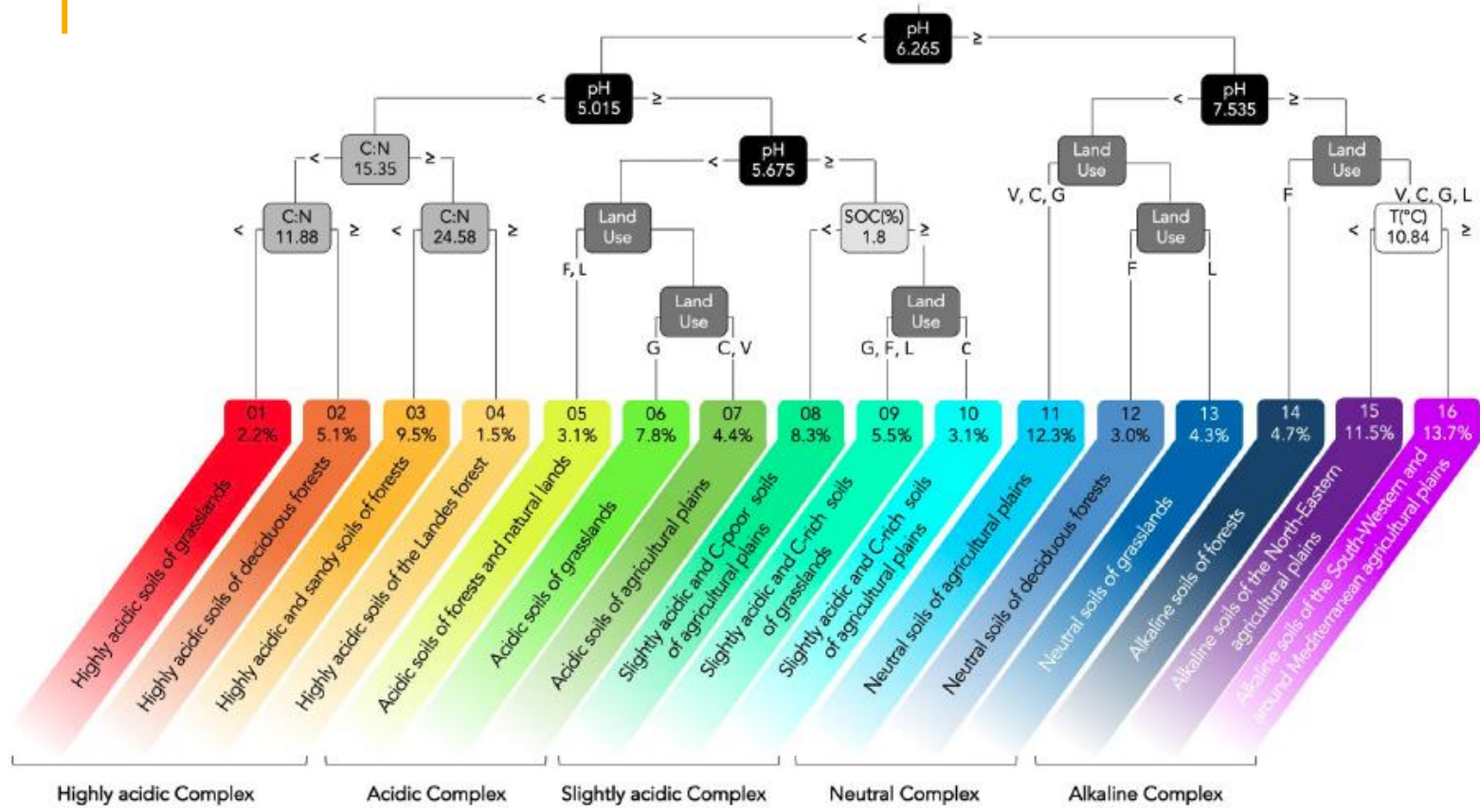
Effet sol



Effet mode d'usage

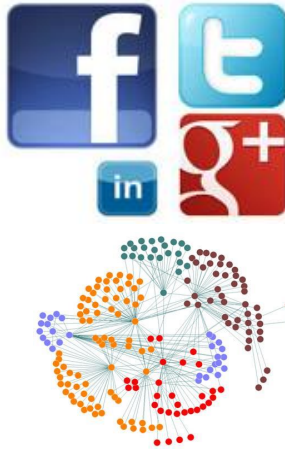
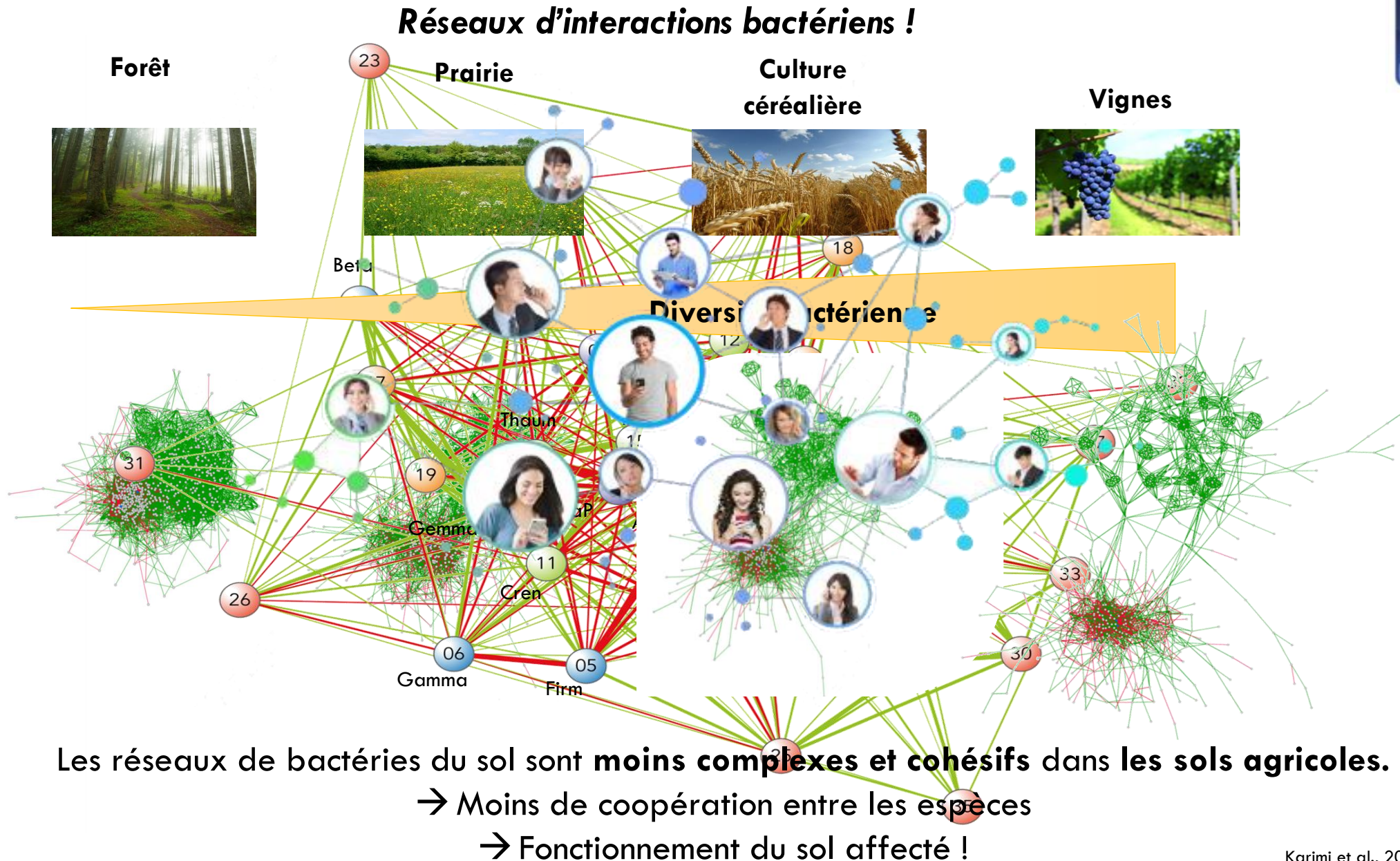


Et des habitats microbiens

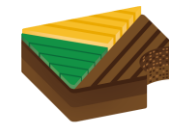


➔ Traduisent la relation entre une composition de communauté microbienne et son environnement

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



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



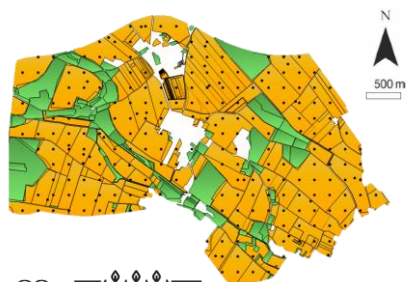
MICSCAPE



RÉGION
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

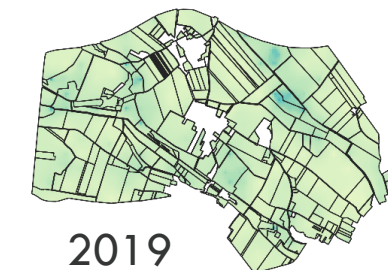
Abondance

Diversité

Composition



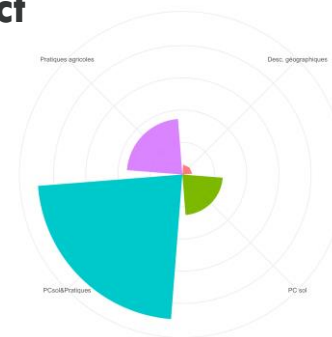
2011



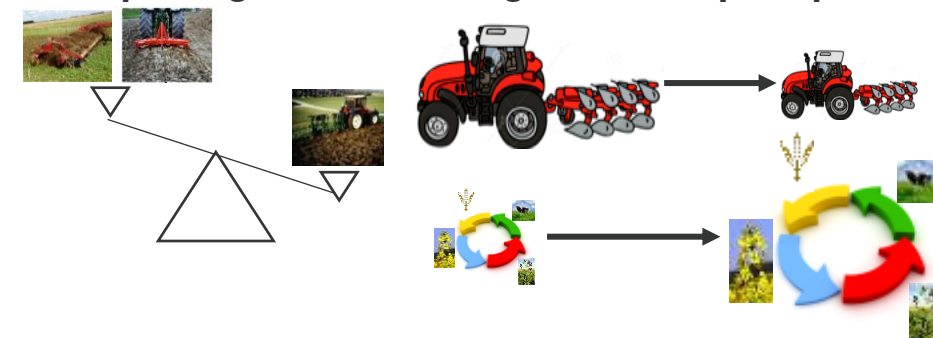
2019

Déterminisme & Impact

Physico-chimie, usage des sols



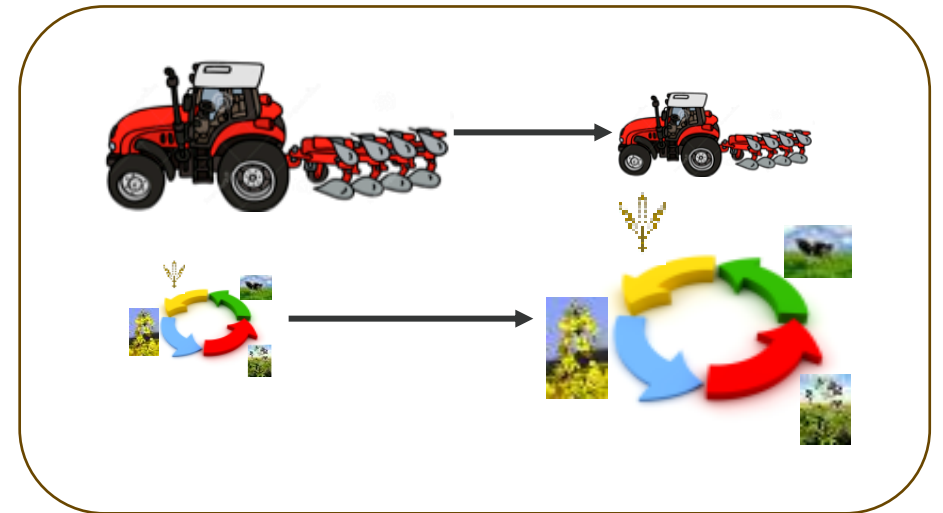
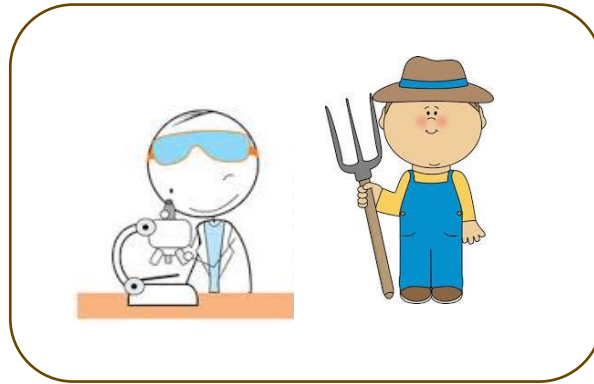
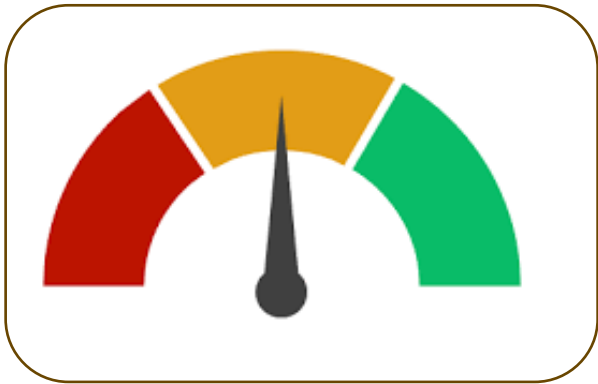
Pratiques agricoles et changements de pratiques



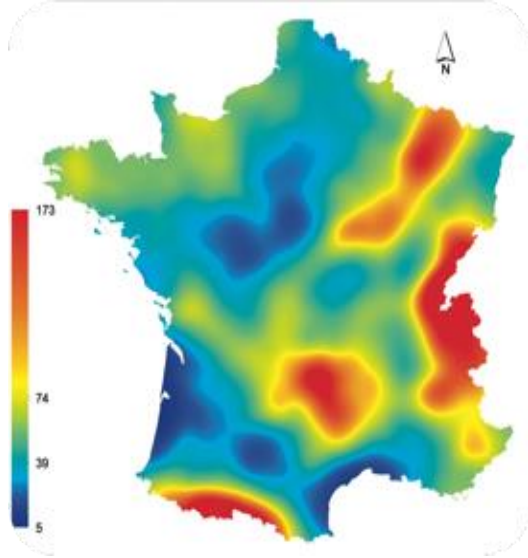
PhDs: Constanças F. (2015); L. Dunn (2022)

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

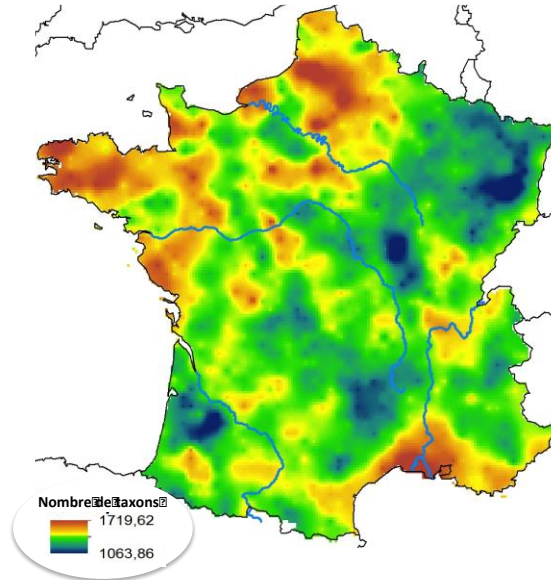
Les communautés microbiennes des sols: Des bioindicateurs pour évaluer l'impact des pratiques agricoles et induire du changement!



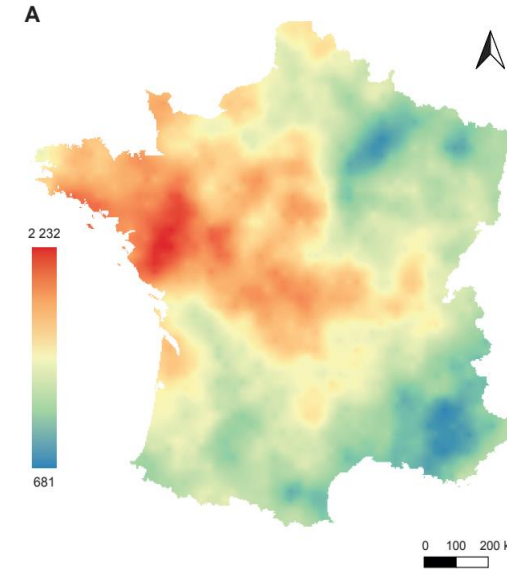
Des Bioindicateurs reconnus



Biomasse moléculaire microbienne



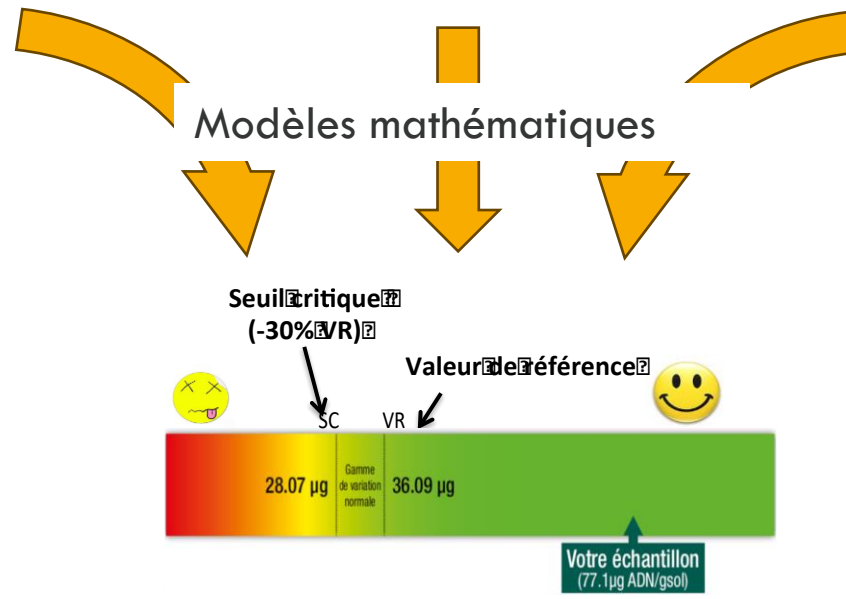
Diversité bactérienne des sols



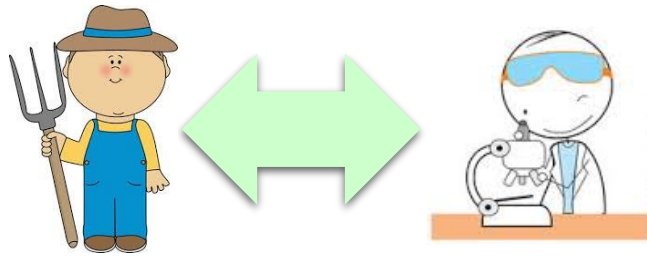
Diversité des champignons du sol



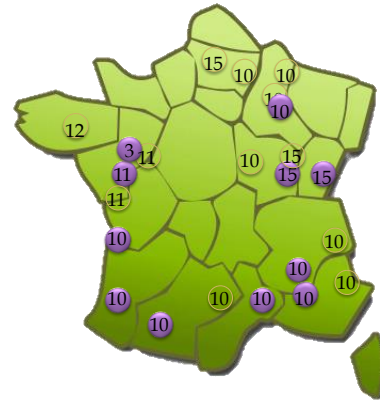

 « Indicateur national sol »



Des Bioindicateurs opérationnels pour le changement!



Réseau de 250 fermes et domaines



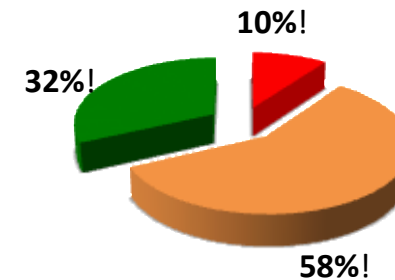
○ Formation grande culture ● Formation viticulture



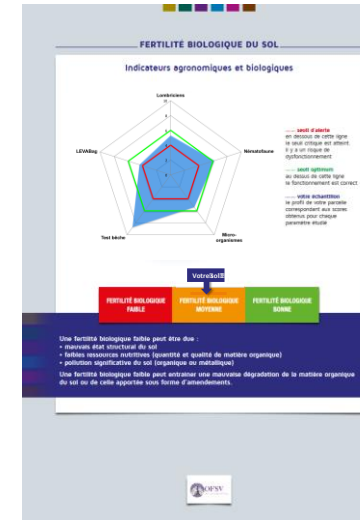
97% de mise en œuvre

Recherche Participative Co-construction & Échanges de savoirs :

- Tableau de bord de diagnostic
- Formations



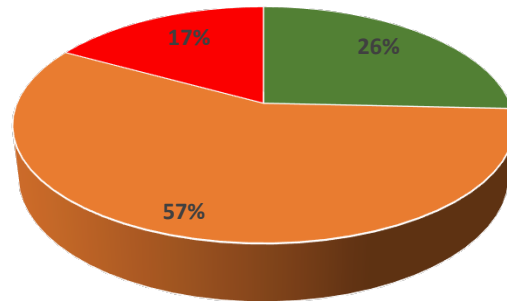
Qualité globale des sols



Patrimoine / Assurance critique à améliorer

Patrimoine / Assurance non critique à surveiller

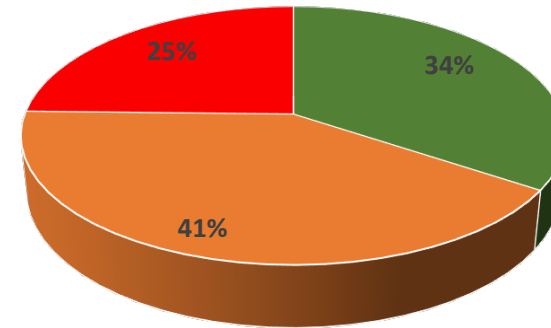
Bon état du Patrimoine / Assurance



Fertilité biologique faible

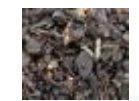
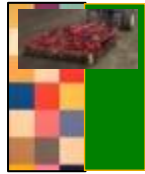
Fertilité biologique moyenne

Bonne fertilité biologique



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

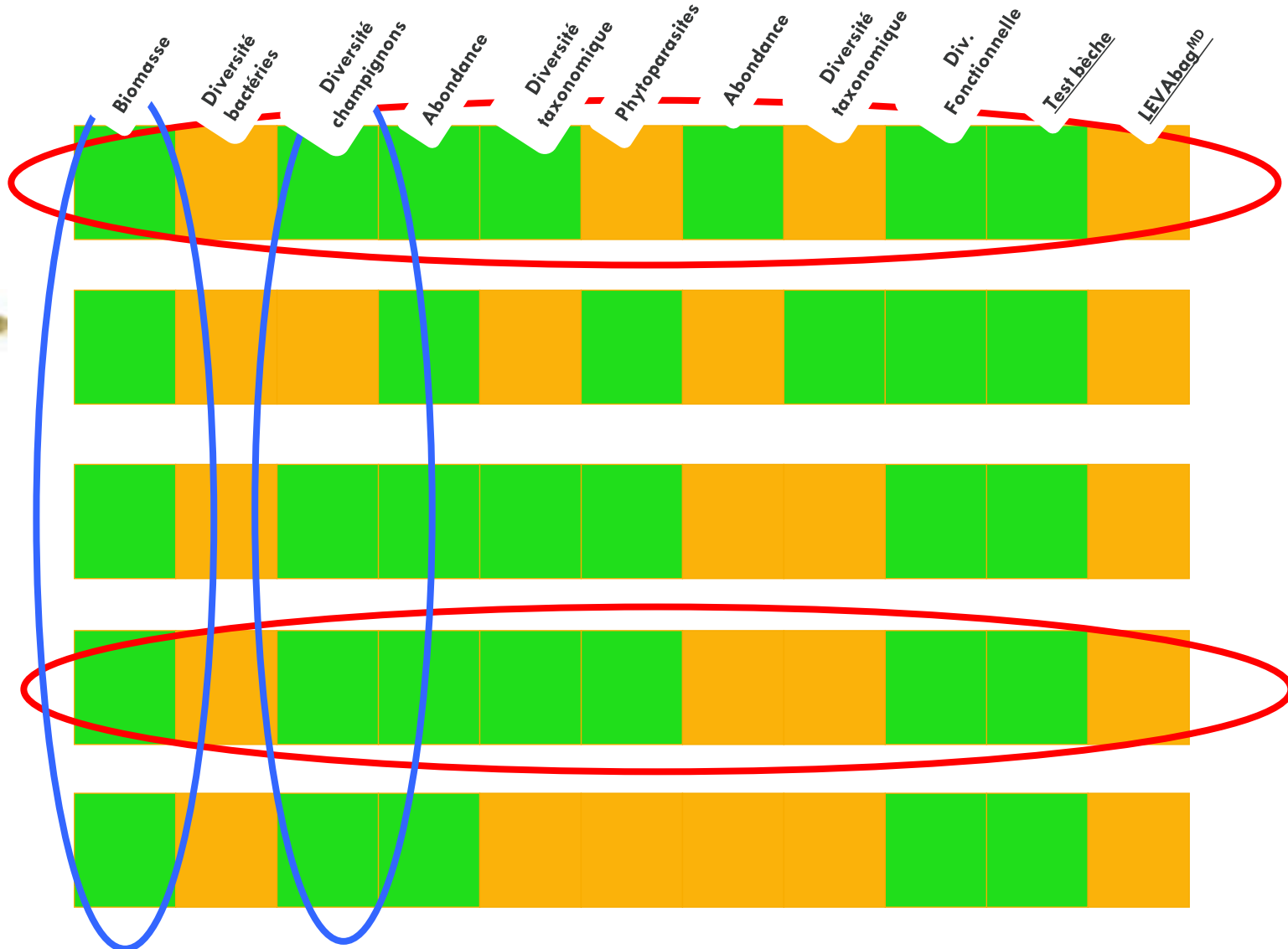
Evaluation des systèmes de production



Microorganismes

Nématodes

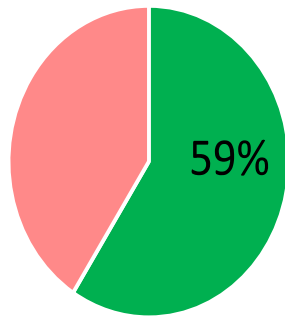
Lombrics



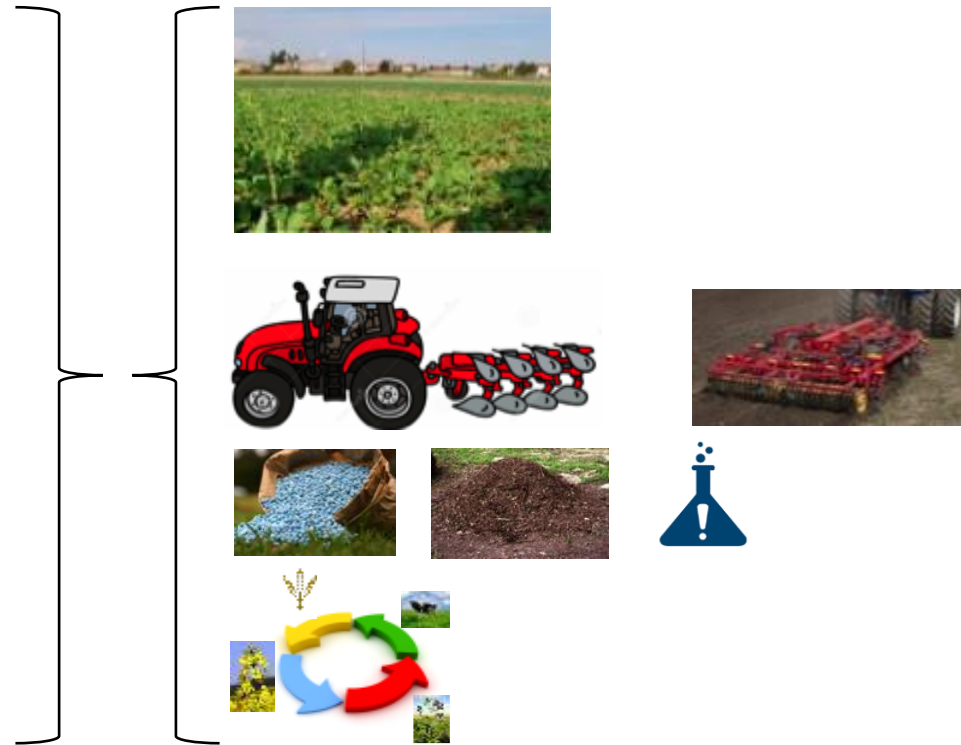
Les bioindicateurs de qualité des sols contribuent au changements de pratiques!

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

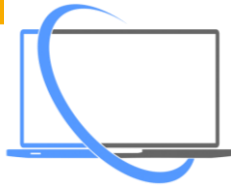
Efficacité de la méthode:



Changements
de
pratiques



Aller plus loin: des outils pour piloter les indicateurs



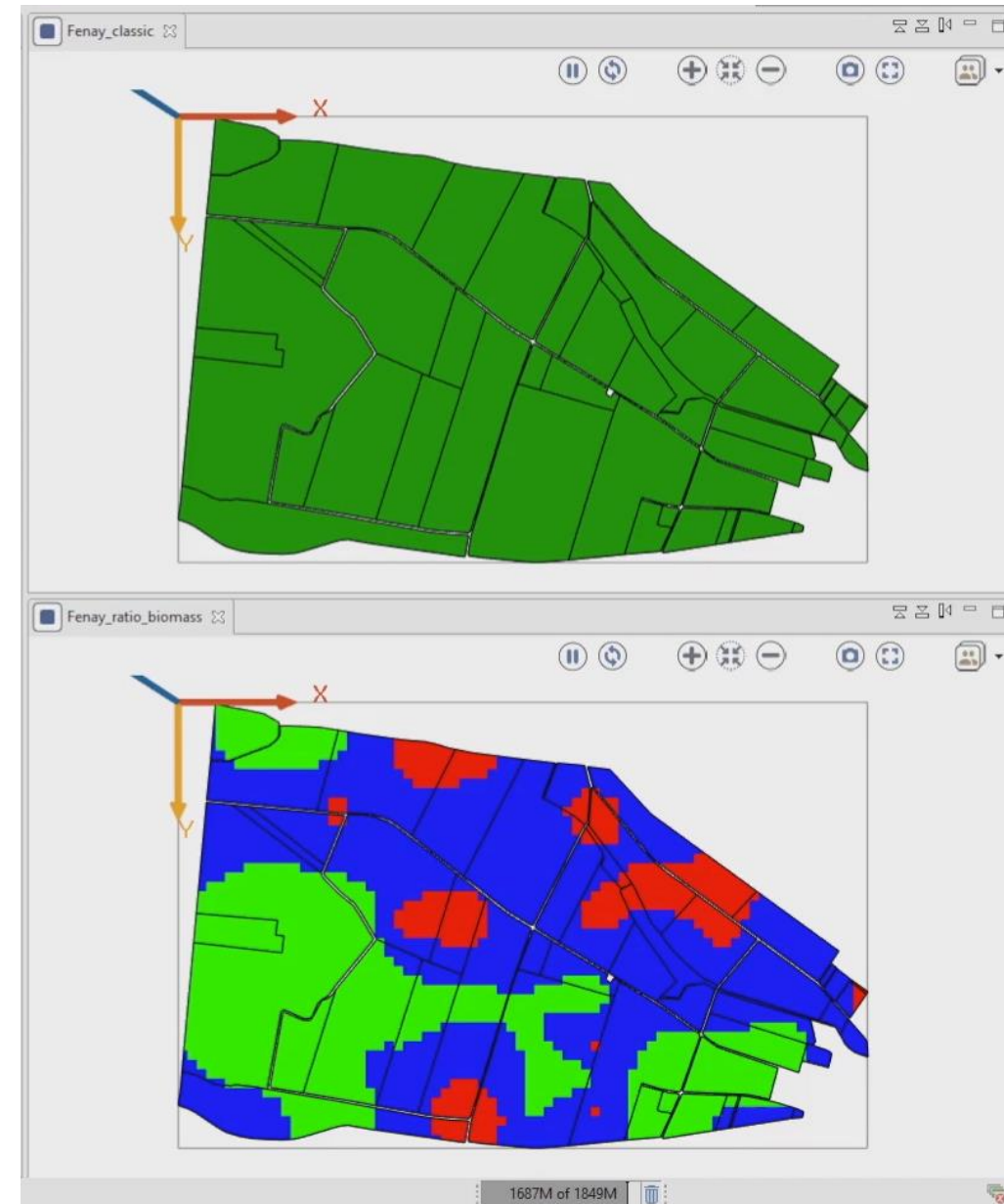
Modèle prédictif

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

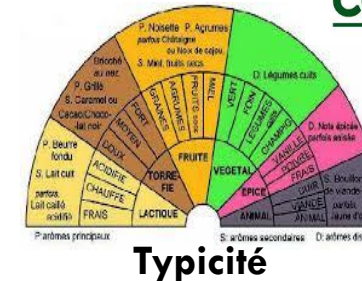
Communautés microbiennes du sol et de la phyllosphère

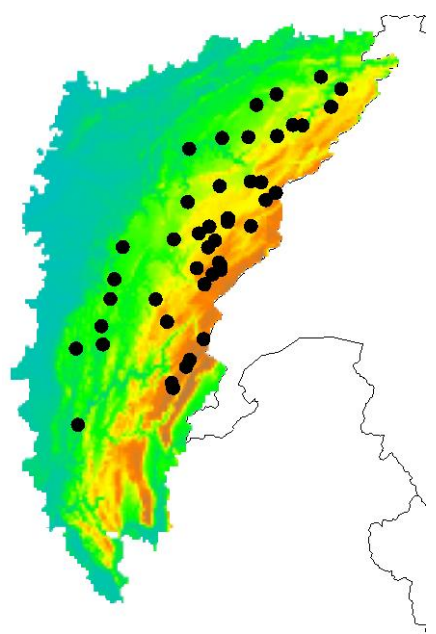


Diversité floristique

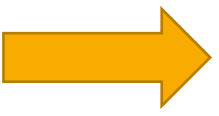
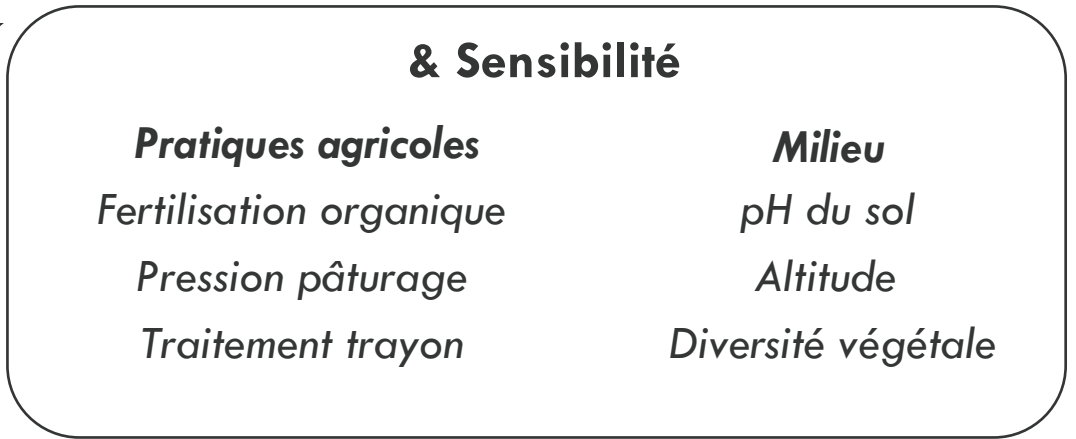
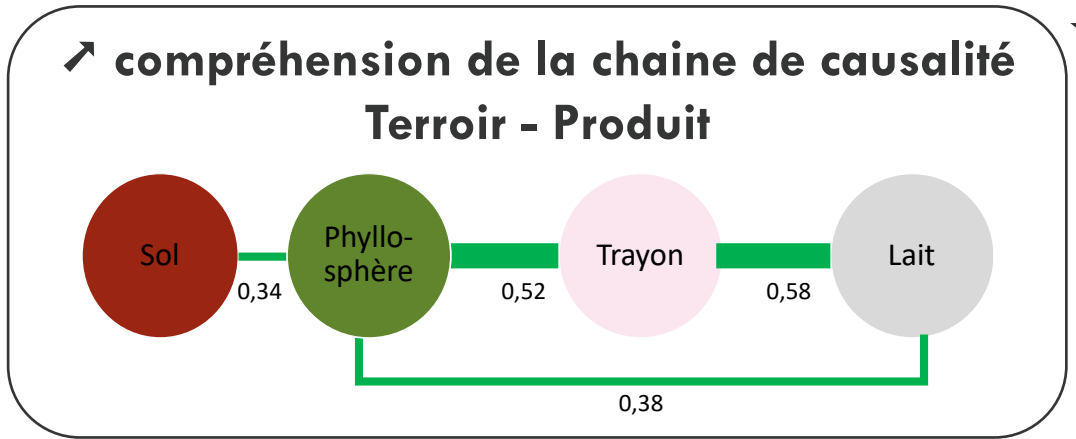
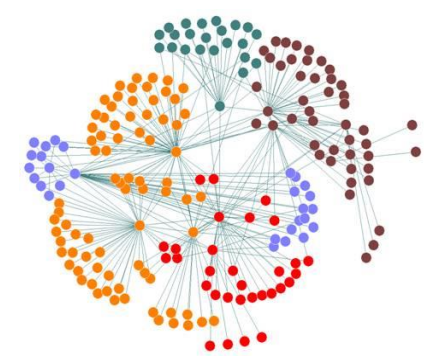


Communautés microbiennes du lait cru





Animaux
 Biodiversité
microbiennes
 Communautés
 Lait
 Plantes
 Terroir
 Transferts
 AOP
 Sol



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

Conclusion



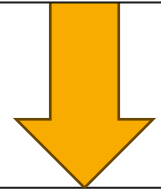
Communautés microbiennes des sols:

- 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

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

Role central dans le fonctionnement des sols



Transition agroécologique



Durabilité des productions