

La caractérisation des communautés microbiennes du sol à l'échelle de la France pour évaluer l'impact des modes d'usage



Carrefours de l'innovation
agronomique

B Karimi, L Ranjard
UMR Agroécologie



Agroécologie
Dijon
Unité de Recherche



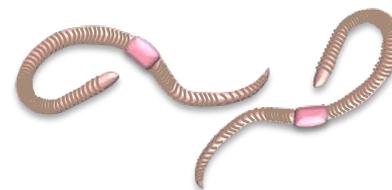
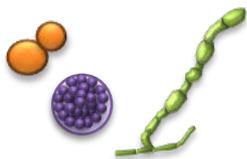
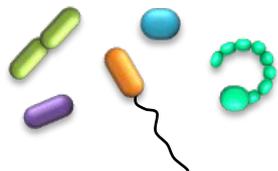
Sol

OBSOLETE

simple support
inerte de
construction et de
production



Ecosystème avec un **patrimoine biologique**
à même de rendre des **services** pour les sociétés humaines



Agroécologie

La biologie du sol porte ses services

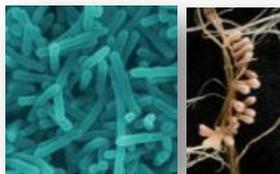


Bras de levier pour créer des systèmes de culture innovants



Les communautés microbiennes, acteurs essentiels de la qualité des sols

1- Enorme
abondance &
diversité



10^9 bactéries
 10^6 espèces



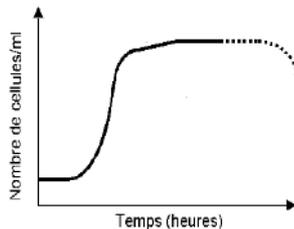
10^6 champignons
 10^3 espèces



2- Enorme
capacité
d'adaptation



Petite taille



Temps de génération court

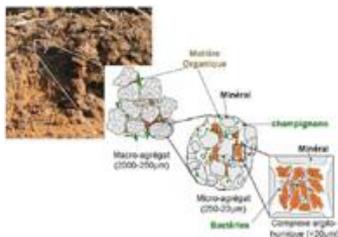


Plasticité du génome



Réponse rapide aux
modifications
environnementales

3- Implications
dans de
nombreuses
fonctions



Structuration du sol



Minéralisation matière organique,
recyclage carbone, nutriments



Dépollution du sol



Lutte contre
pathogènes

Et pourtant ... Manque de connaissances sur cette biodiversité et sa régulation !

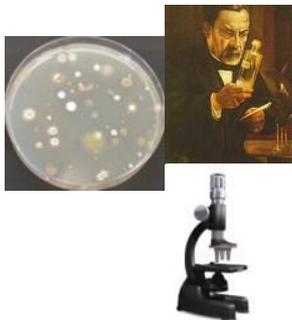
10^{30}
bactéries sur terre



10^{12}
espèces bactériennes

15 000 espèces décrites

Pallié par de nouveaux outils ... moléculaires !



ADN
Métagenome du sol



Abondance
Diversité
Composition
Fonctionnalité



Qui rendent possible l'investigation à de plus **grandes échelles**



Echelle spatiale

Agrégats



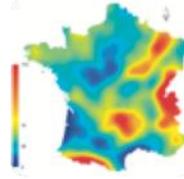
Parcelles



Paysage



Territoire



Continent



Monde !



Nbre de sites
Analyses
Variabilité env.
Démonstration

Restreint
Factorielle
Faible

Robuste
mais peu générique



Analyse de l'effet
des **pratiques**

Important
Nuage de points, Spatialisation
Forte

Robuste (si échantillonnage suffisant)
et générique



Analyse de l'effet
des **modes d'usage**

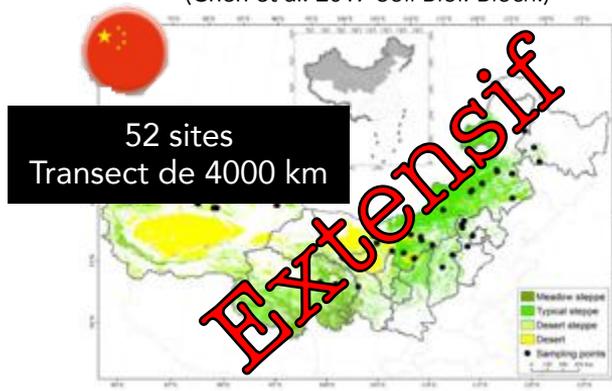


Les réseaux d'observation des sols en Europe et dans le monde: bref aperçu

(Powell et al. 2015 Nat Comm)



(Chen et al. 2017 Soil Biol. Bioch.)



(Griffiths et al. 2011 Env. Microb.)



Barham et al.,
2018 Nature



Delgado Baquerizo et al.,
2018 Science

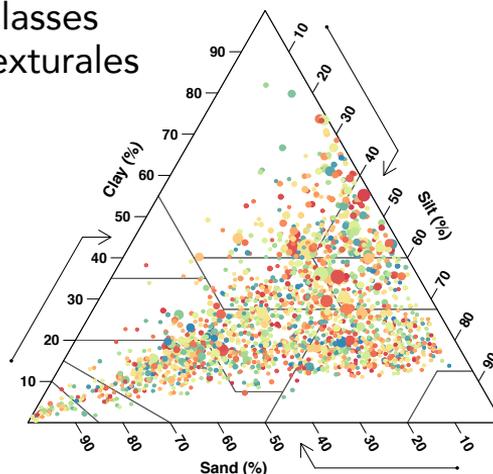


Extensif & Intensif



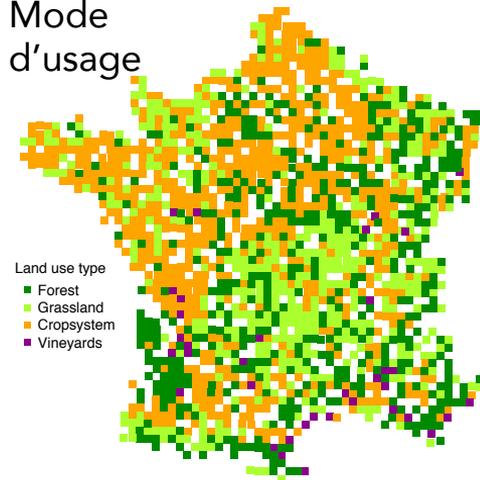
2200 sites sur la France

Classes
texturales



Représentatif du pédoclimat et des modes d'usage

Mode
d'usage

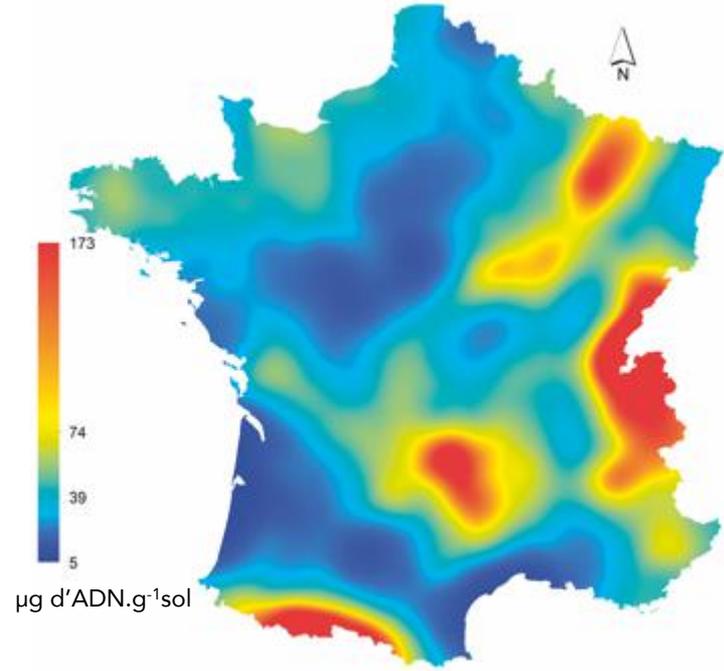
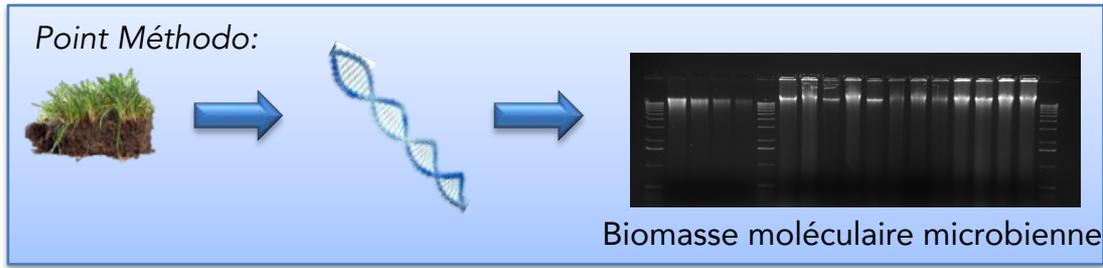


Land use type
■ Forest
■ Grassland
■ Cropsystem
■ Vineyards

Depuis 2006, Application des outils moléculaires pour mesurer l'abondance et la diversité microbienne

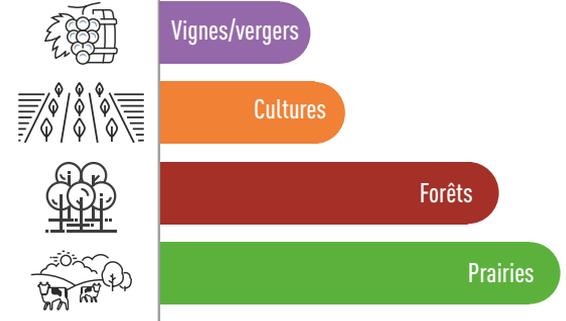


Abondance des microorganismes



Type de sol > Mode d'usage >> climat

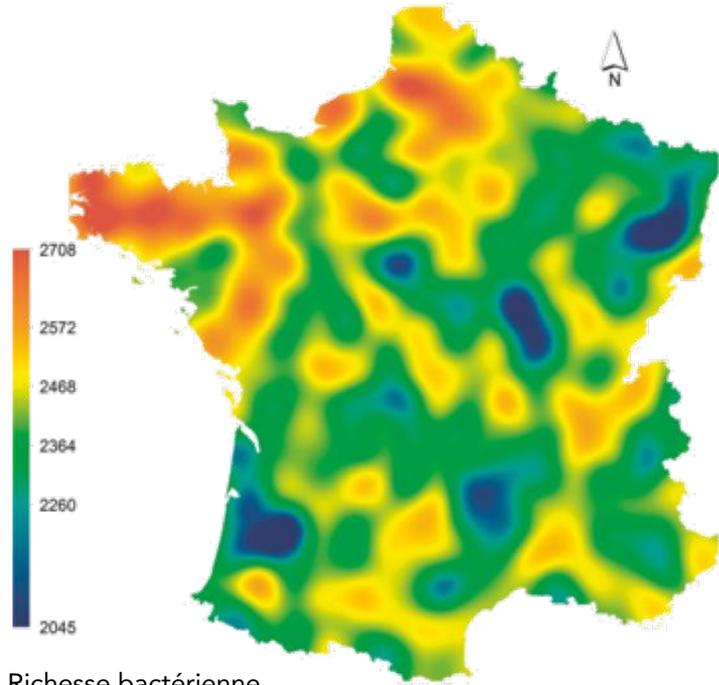
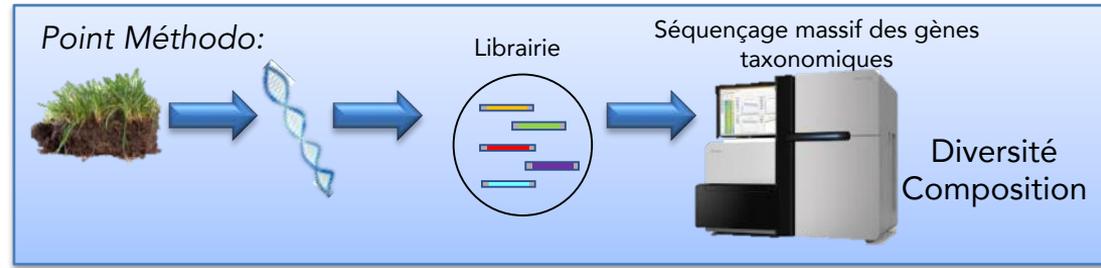
Effets +
C_{org} > pH ≥ Texture fine
Effet -
C/N



Dequiedt et al., 2011 *Global Ecology and Biogeography*
Horrigue et al., 2016 *Ecological Indicators*



Diversité des bactéries du sol



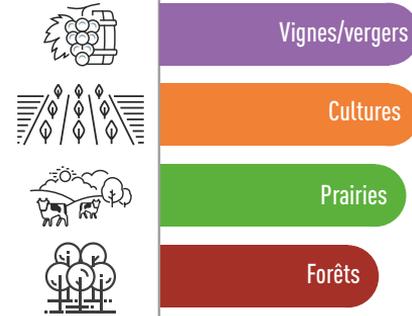
Richesse bactérienne
(Nombre de taxons)



Type de sol > Mode d'usage >> climat



Effets +
pH > Texture grossière
Effet -
C/N ≥ Texture fine



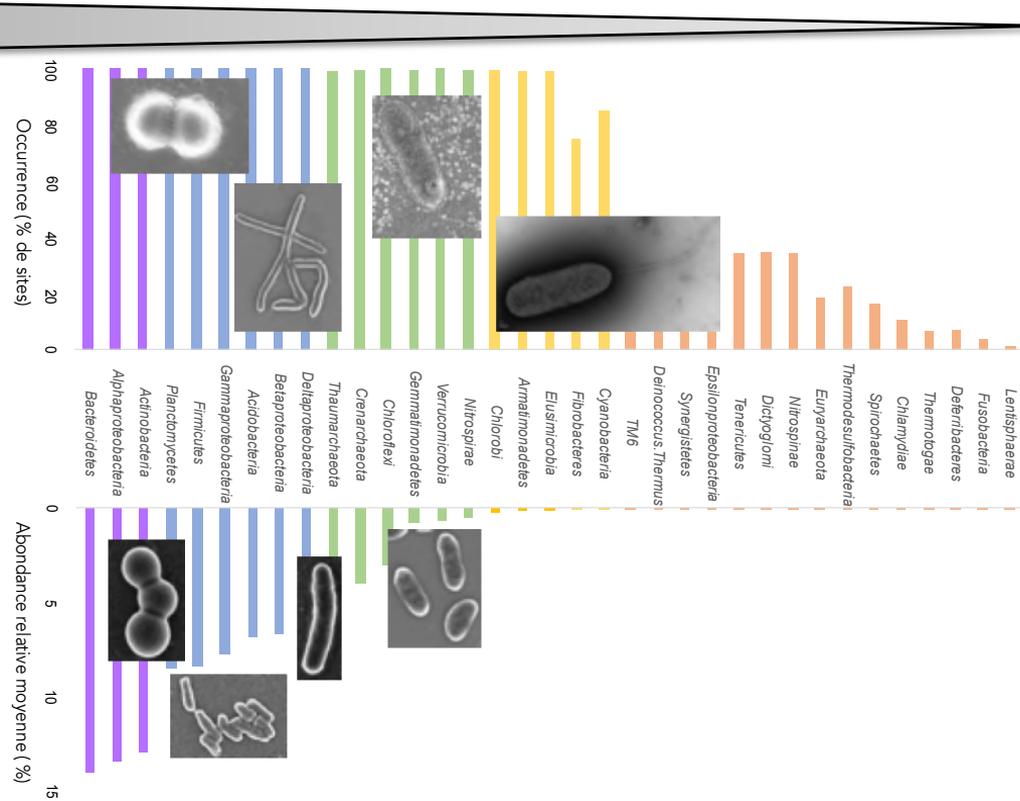
Terrat et al. 2017 *PlosOne*



Distribution des taxons bactériens dans les sols de France : Vers un atlas microbien ...

UBIQUITAIRE

RARE



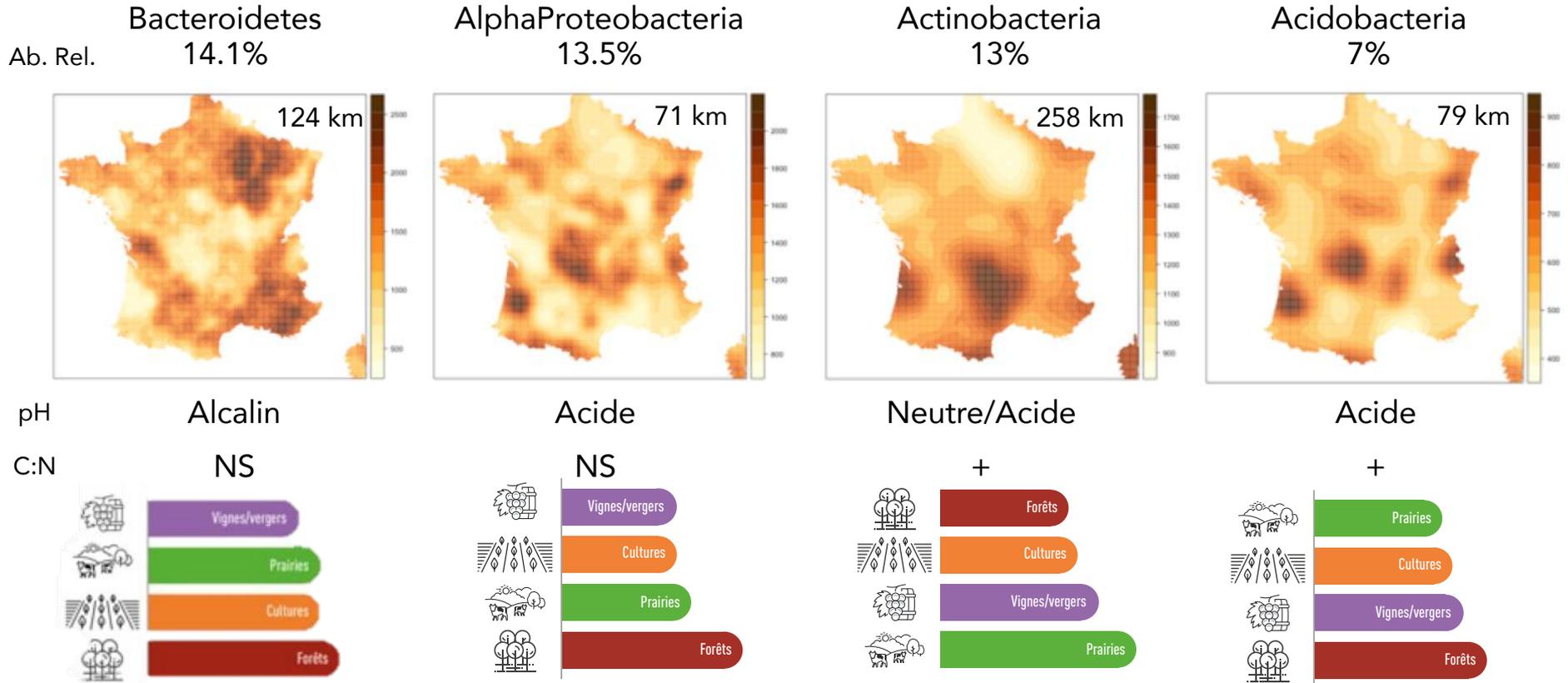
Karimi et al., 2018 Science Advances

MAJORITAIRE

MINORITAIRE



Distribution des taxons bactériens dans les sols de France : Vers un atlas microbien ...

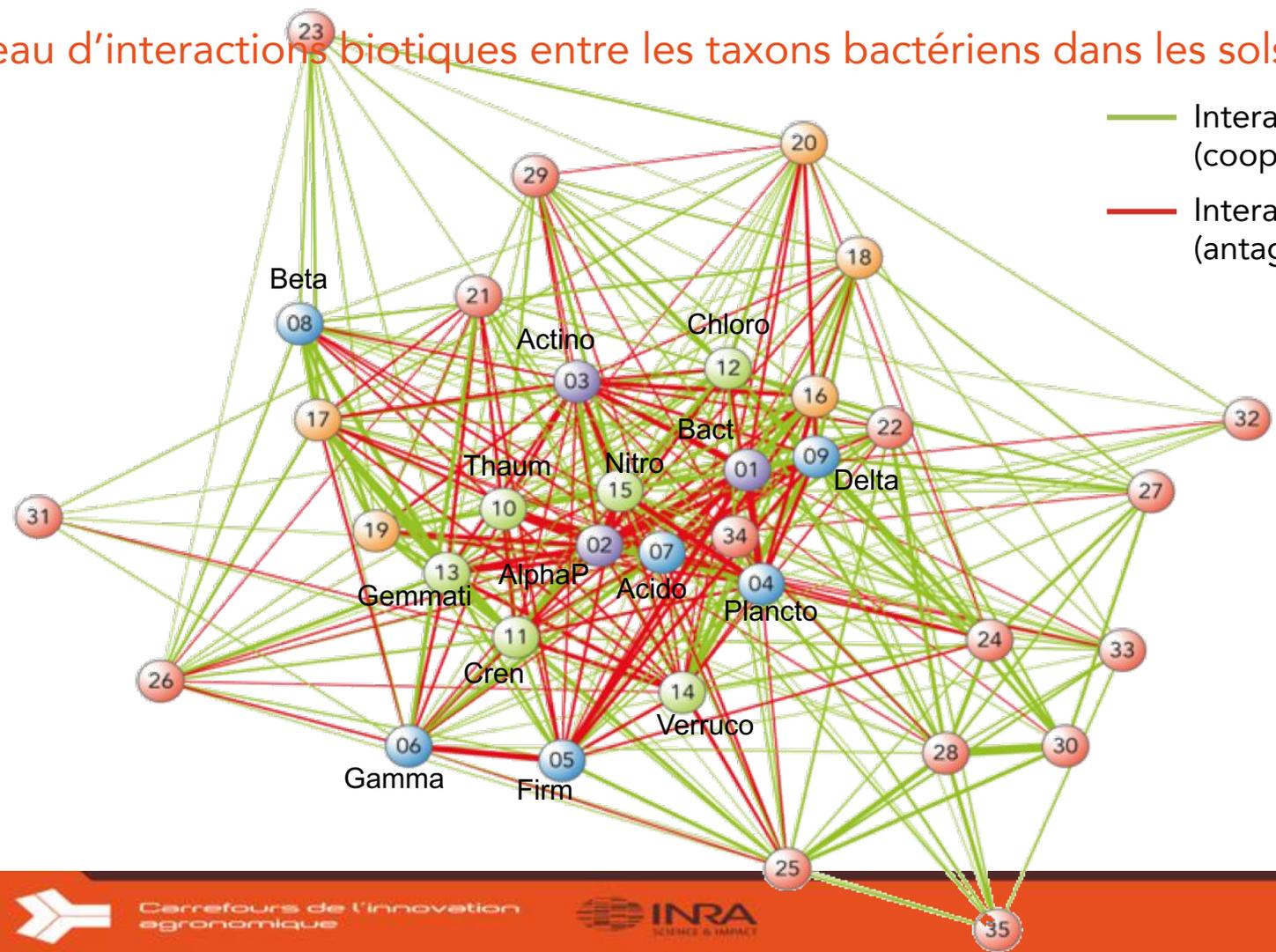


Karimi et al., 2018 *Science Advances*

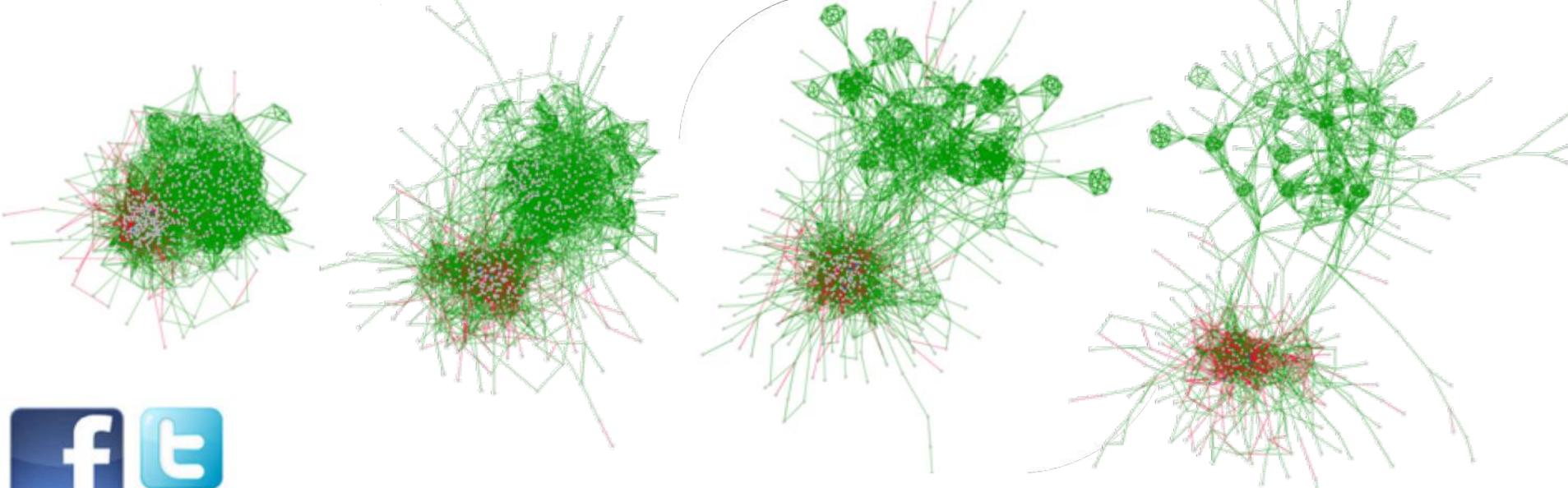


Réseau d'interactions biotiques entre les taxons bactériens dans les sols français

- Interactions positives (coopération, facilitation)
- Interactions négatives (antagonisme)



Réseaux bactériens par mode d'usage



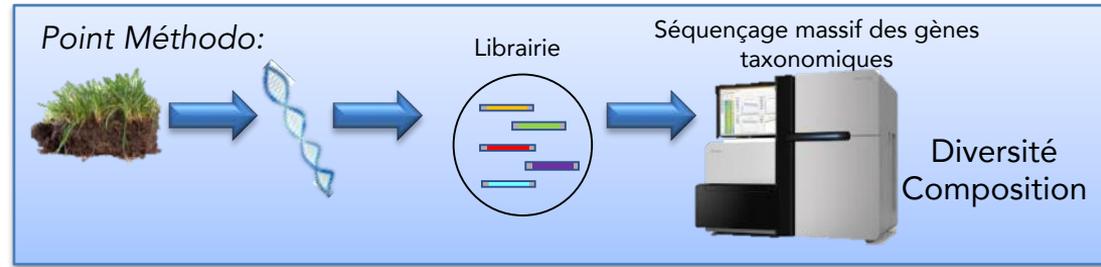
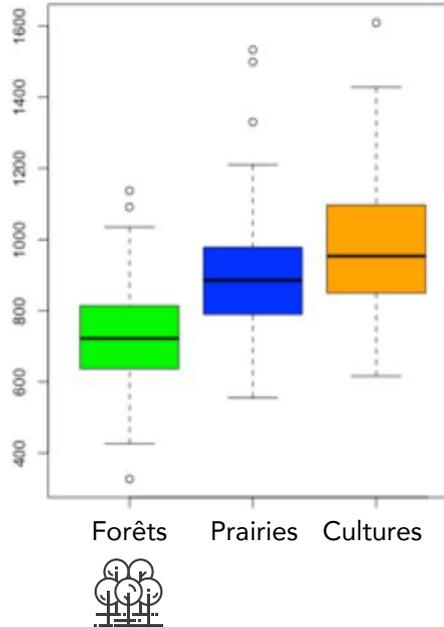
Les réseaux de bactéries du sol sont **moins complexes et cohésifs** dans les sols agricoles

Karimi et al., 2018 *Soil Biol. Bioch.*



Et les champignons ? Les premiers résultats

Richesse en champignons
(Nombre de taxons)



Données partielles, environ 10% du RMQS
(240 sites)

+43% taxons entre Forêts et Grandes Cultures

Quelle qualité de diversité?



Et les champignons ? Les premiers résultats

Point Méthodo:

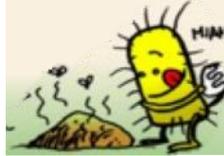
Diversité
Composition



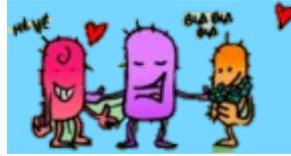
FUNguild
database



Groupes
fonctionnels ou
trophiques



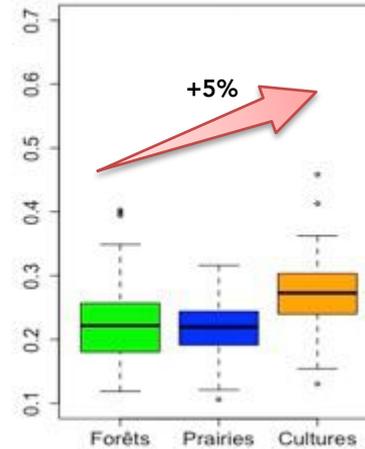
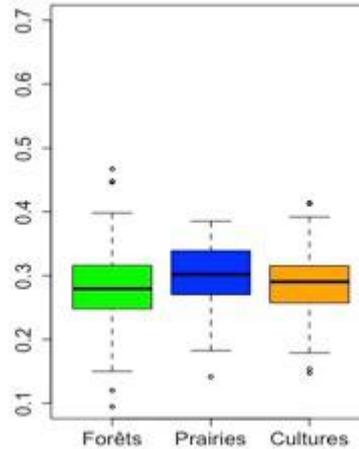
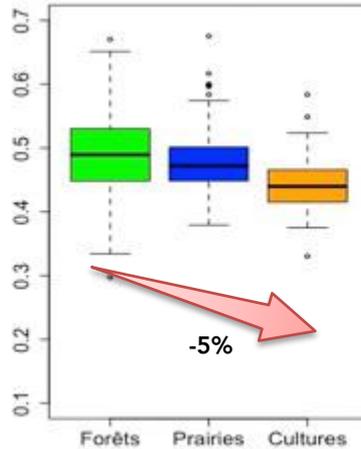
Saprophytes



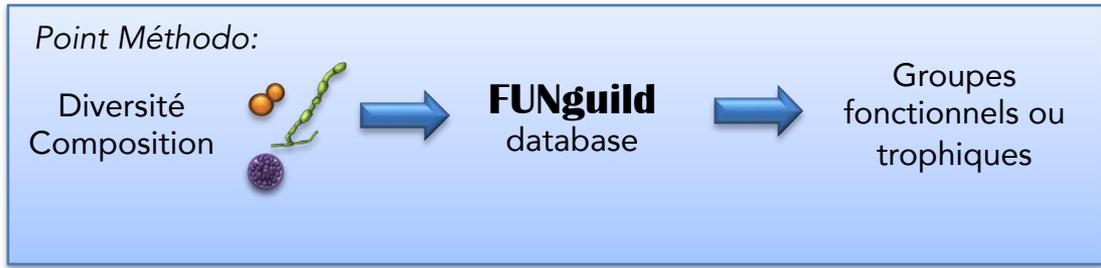
Symbiotiques



Pathogènes



Et les champignons ? Les premiers résultats



Saprophytes



Systèmes naturels ou semi-naturels



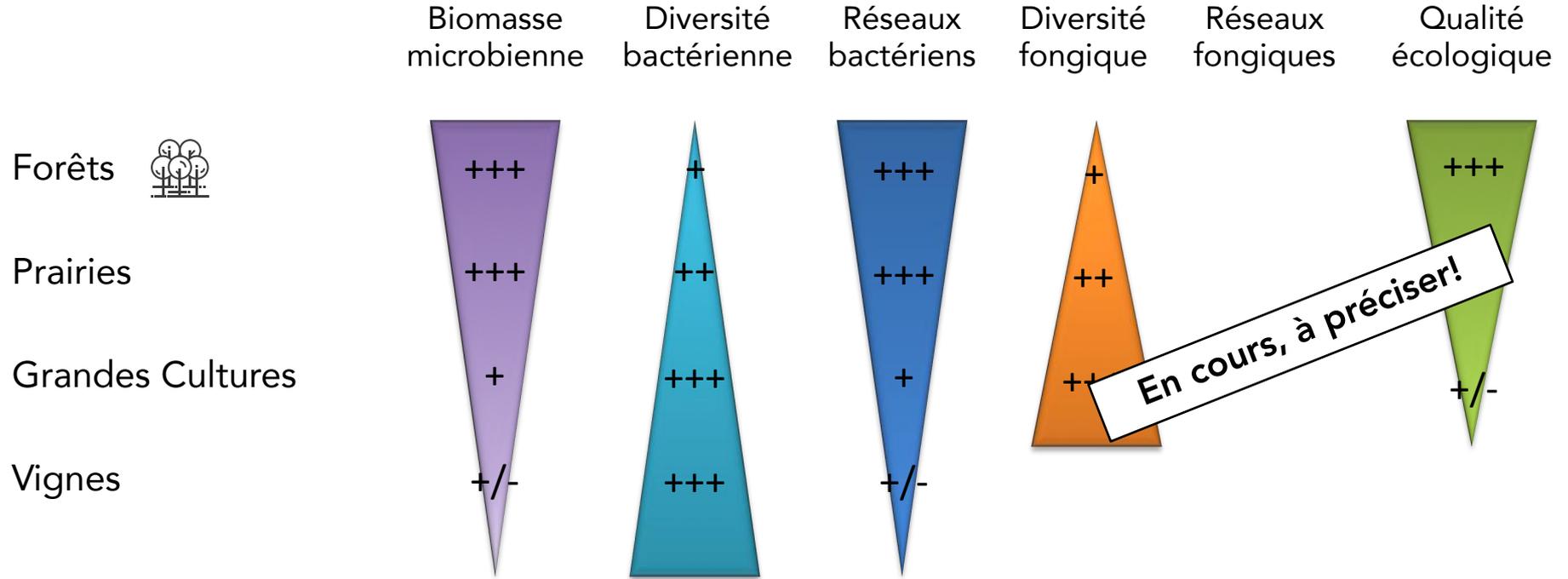
Pathogènes



Systèmes cultivés



Bilan de l'effet des modes d'usage à l'échelle de la France



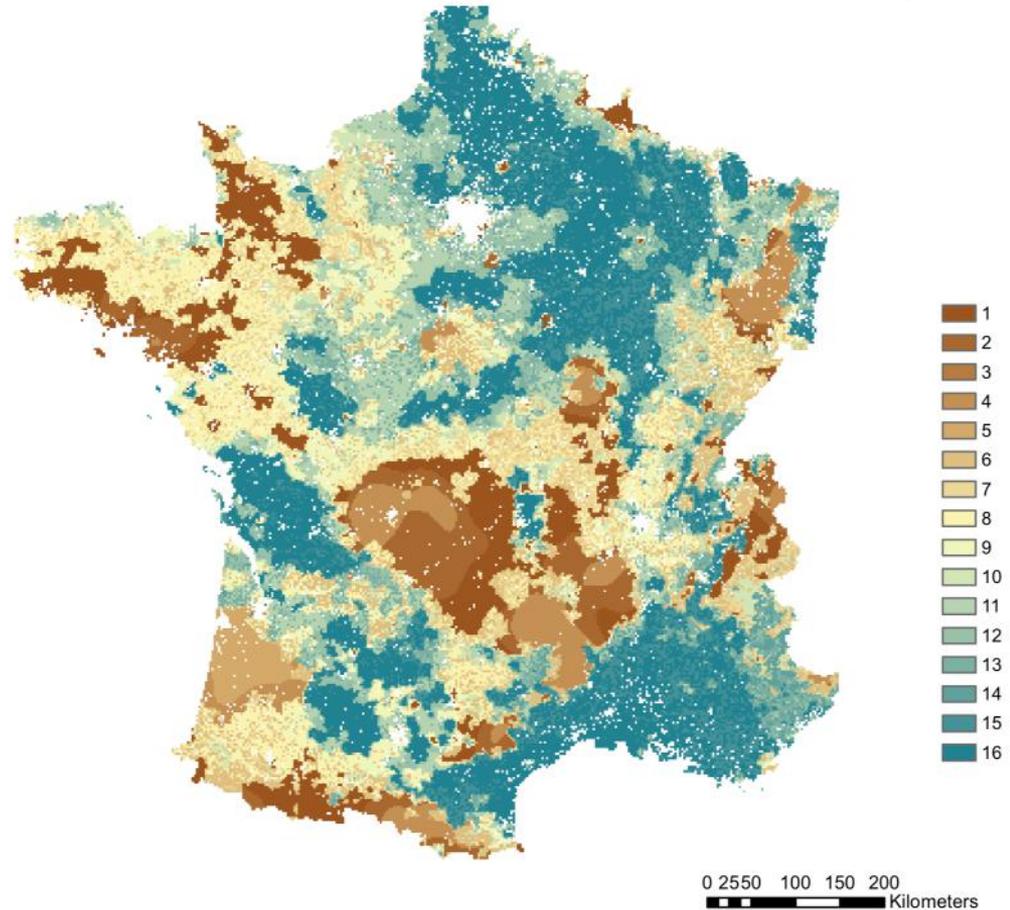
Des habitants aux habitats microbiens

Une communauté spécifique à un environnement donné



Des habitants aux habitats microbiens

16 habitats différents qui se répartissent sur le territoire français
(Données en cours de publication)



Des habitants aux habitats microbiens

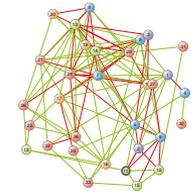
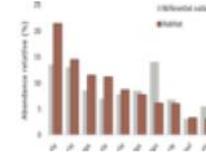
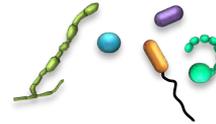
Des habitats microbiens principalement **caractérisés par** :

- le pH du sol
- les modes d'usage



... et **spécifiques** en termes de :

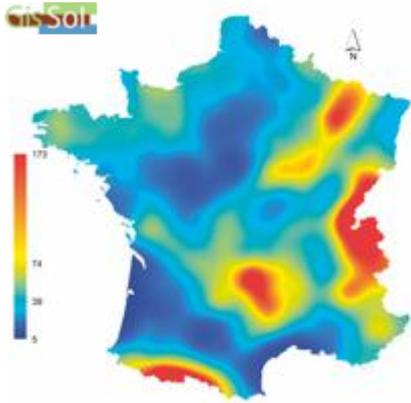
- Diversité
- Composition
- Réseau d'interaction



La diversité des habitats microbiens,
un enjeu majeur pour la **qualité des sols et de l'environnement**

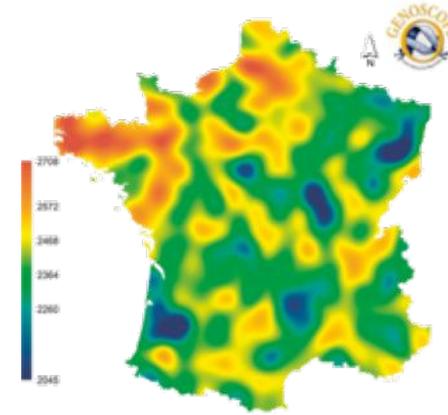


Biomasse moléculaire microbienne



Dequiedt et al., 2011 Glob Ecol Biogeo;
Horrigue et al., 2016 Ecol Indic

Diversité bactérienne des sols



Ranjard et al., 2013 Nature Comm;
Terrat et al., 2017 Plos One

Forte influence du type de sol
Faible influence du climat
Influence significative du mode d'usage

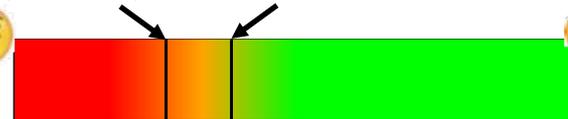


Modèle prédictif :

$$Y = \beta_0 + \sum (\beta_j X_j + \beta_j X_j^2) + \sum \sum \beta_{jk} X_j X_k + \varepsilon$$

Seuil critique (-30% VR)

Valeur de référence

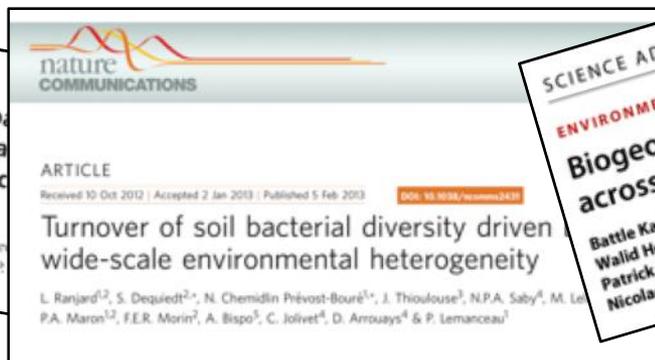
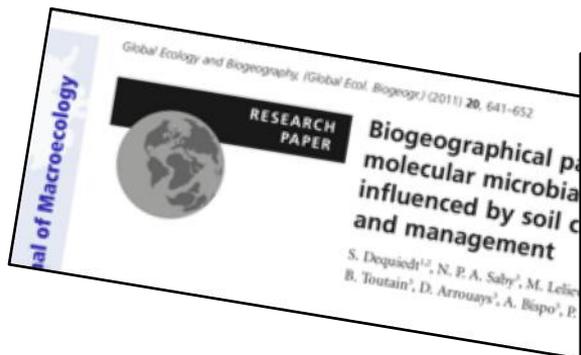


Bilan d'une décennie de recherche !

✔ Production de connaissances sur les microorganismes du sol

🎯 Articles académiques dans des revues internationales à haut facteur d'impact

Une vingtaine d'articles en anglais : *Soil Biology and Biochemistry*
Global Ecology and Biogeography
Nature Communications
Science Advances



Bilan d'une décennie de recherche !

- ✔ Production de connaissances sur les microorganismes du sol
- 🎯 Articles académiques dans des revues internationales à haut facteur d'impact
- 🎯 Rédaction d'un ouvrage grand public « **Atlas français des bactéries du sol** »

Sortie prévue fin 2018


biotope
ÉDITIONS



MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Journée de lancement
18 janvier 2019
Auditorium de la Grande Galerie
de l'Evolution, MNHN (Paris)



Carrefours de l'innovation
agronomique



INRA
SCIENCES & IMPACT

Bilan d'une décennie de recherche !

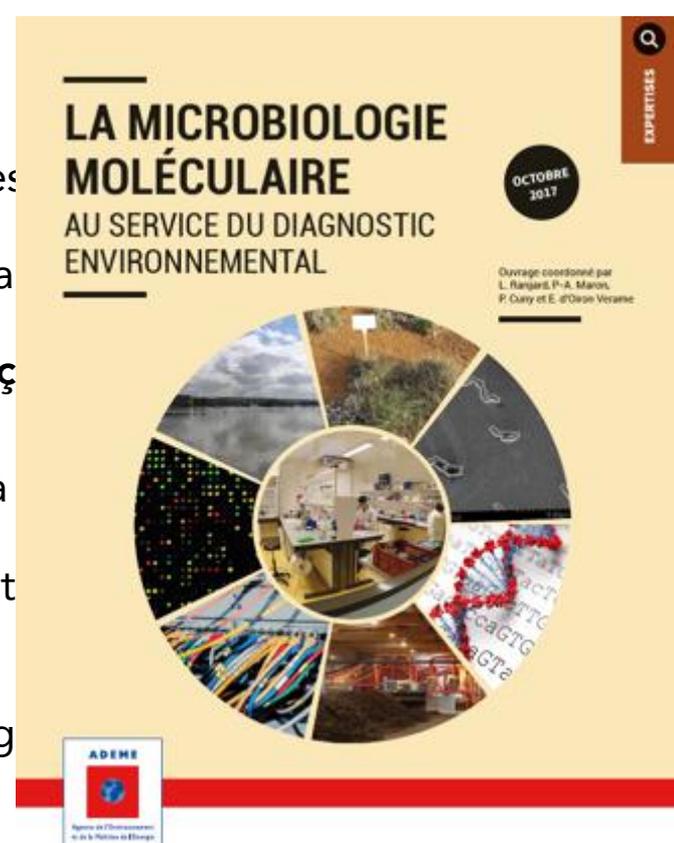
- ✔ Production de connaissances sur les microorganismes du sol
 - 🎯 Articles académiques dans des revues internationales à haut facteur d'impact
 - 🎯 Rédaction d'un ouvrage grand public « **Atlas français des bactéries du sol** »
- ✔ Identification d'une diversité d'habitats microbiens à l'échelle du territoire français
 - 🎯 **Conservation** des habitats microbiens au même titre que les habitats floristiques et faunistiques ?

1^{ère} directive habitat faune-flore :
Convention de Rio (1992)



Bilan d'une décennie de recherche !

- ✓ Production de connaissances sur les microorganismes
 - 🎯 Articles académiques dans des revues internationales
 - 🎯 Rédaction d'un ouvrage grand public « **Atlas français** »
 - ✓ Identification d'une diversité d'habitats microbiens à l'échelle nationale
 - 🎯 **Conservation** des habitats microbiens au même titre que les habitats faunistiques ?
 - ✓ Mise en place d'indicateurs de la qualité microbiologique des sols + référentiel d'interprétation associé
 - 🎯 Proposition d'**outils opérationnels de diagnostic de la qualité des sols**
- <http://www.ademe.fr/biologie-moleculaire-service-diagnostic-environnemental>





Merci pour votre attention

