



**HAL**  
open science

# Biologie du sol : comment la diagnostiquer et la piloter en agriculture

Antonio Bispo, Lionel Ranjard

► **To cite this version:**

Antonio Bispo, Lionel Ranjard. Biologie du sol : comment la diagnostiquer et la piloter en agriculture. Rencontre Agroécologie, Salon International de l'Agriculture SIA 2016, Mar 2016, Paris, France. 2016. hal-01604096

**HAL Id: hal-01604096**

**<https://hal.science/hal-01604096>**

Submitted on 2 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

# Rencontres Agriculture & Innovation 2025

au salon international de l'agriculture

#AI2025

**Biologie du sol : comment la diagnostiquer et la piloter en agriculture ?**

1<sup>er</sup> mars 2016 / de 10h à 12h

**Antonio Bispo (Ademe) et Lionel Ranjard (Inra)**

SIA2016

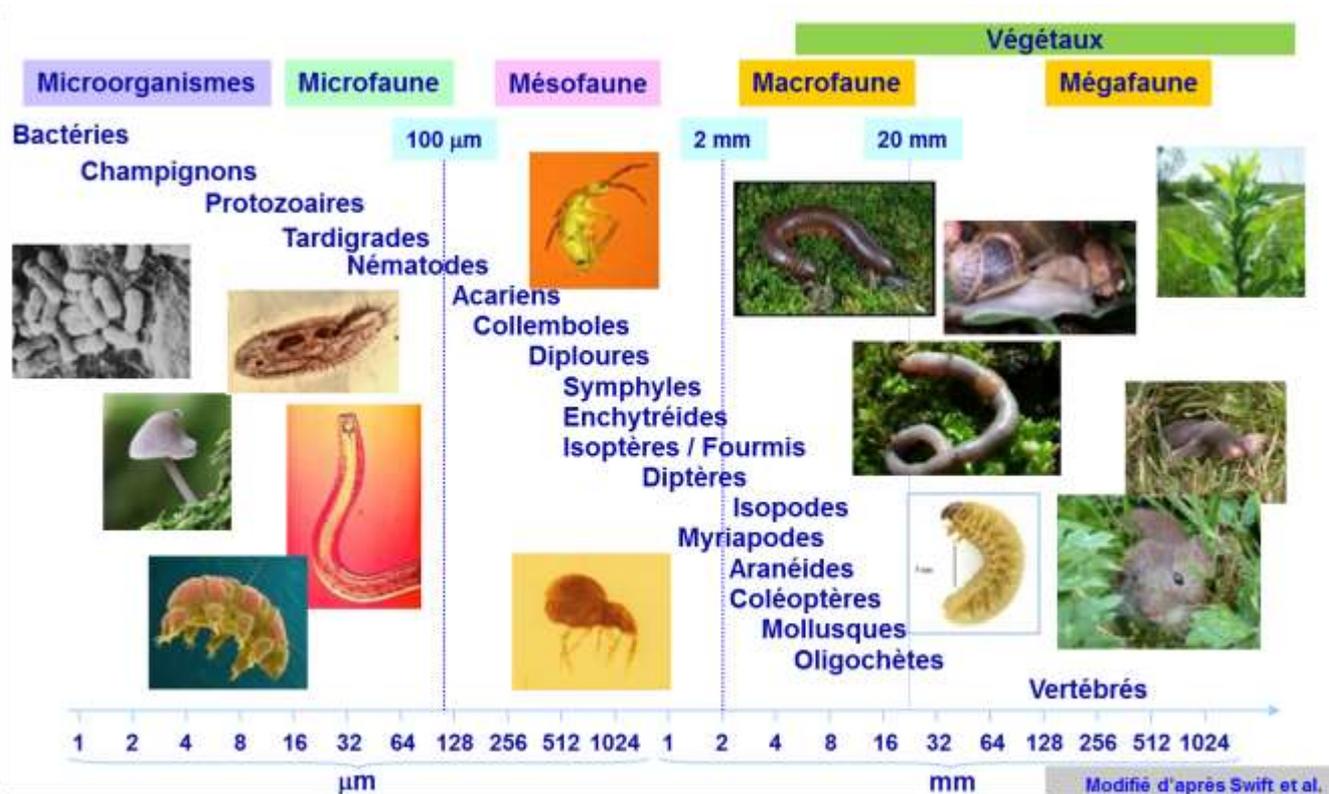
## Contexte agricole

- **Produire plus pour satisfaire la demande agricole... et limiter la consommation d'espace**
- **Produire mieux (moins d'intrants : engrais, produits phytosanitaires)**
- **Utiliser mieux les sols et miser sur la biologie des sols**
  - ➔ **Disposer d'outils pour diagnostiquer l'état des sols**
  - ➔ **Proposer des options pour piloter l'activité biologiques**





## Une diversité d'acteurs...





# Rencontres Agriculture & Innovation 2025

au salon international de l'agriculture

#AI2025

SIA2016



### Famille Microfaune & Microstorgonomes

#### Les bactéries

- Les rhizobactéries
- Les actinobactéries
- Les cyanobactéries
- Les champignons
- Les virus

### Famille Mésofaune

#### L'acararien

- Le tardigrade
- Les entomozoaires
- Le protozoaire
- Le collembole
- L'acararien
- Le diplopode

### Mesofauna family

#### Tardigrade

- Tardigrade
- Enchytraéide
- Proturan
- Collembola
- Mite
- Dipluran

A tardigrade, also called a water bear, hunts rotifers, nematodes and protozoans.

### Famille MacroFaune

#### La Larve de coléoptère

- La chenille
- Le ver de terre
- Le fourmi
- Le taupin
- La termitte

### MégaFaune

#### Le taupin

- Le taupin
- Le taupin
- Le taupin

### Le taupin

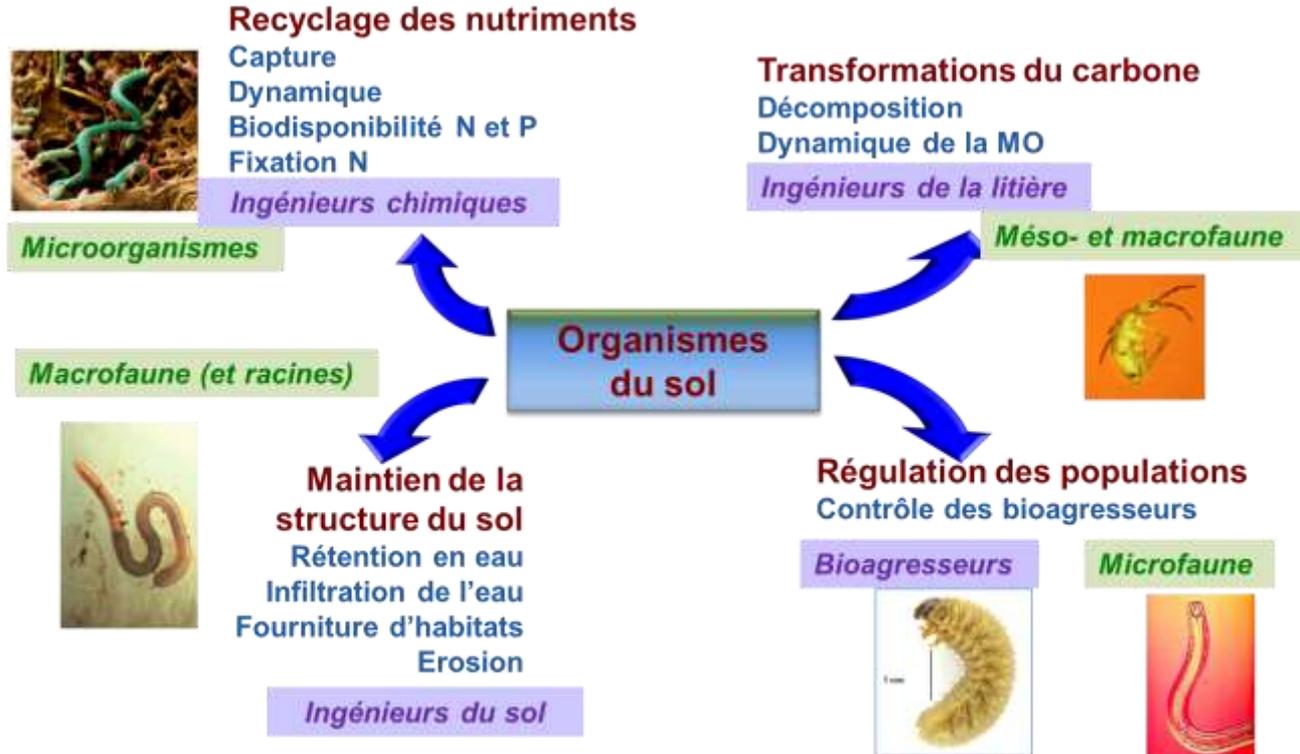
Le taupin vit sous terre dans les jardins qui elle creuse et profite de...



[www.gessol.fr](http://www.gessol.fr)



## ... pour une diversité de fonctions



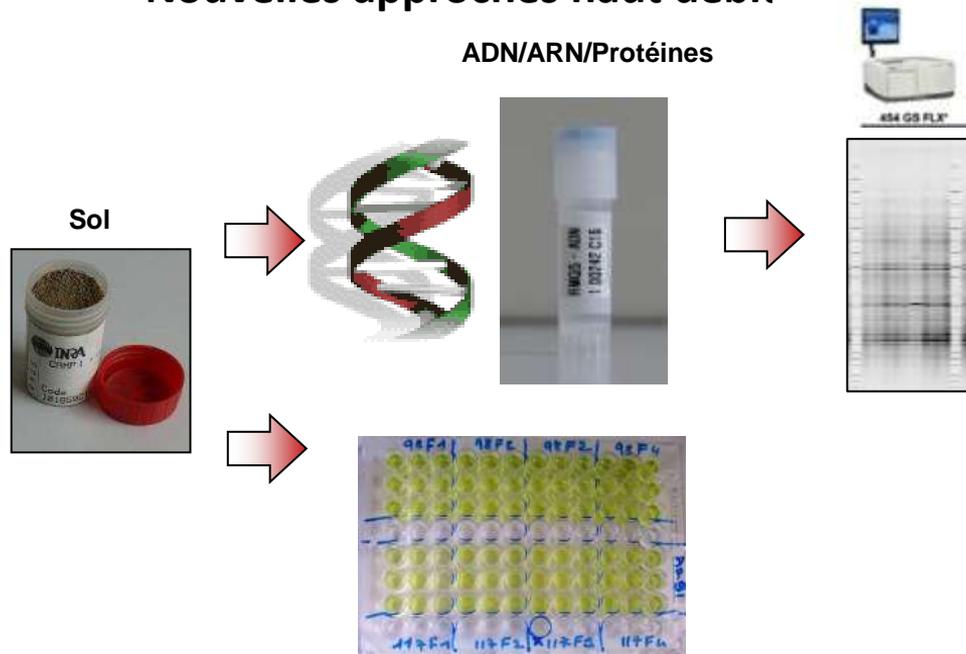
d'après Blanchart et al.

## Un continent méconnu en pleine exploration...

### Classiques ... mais plus systémiques

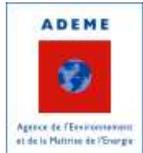


### Nouvelles approches haut débit



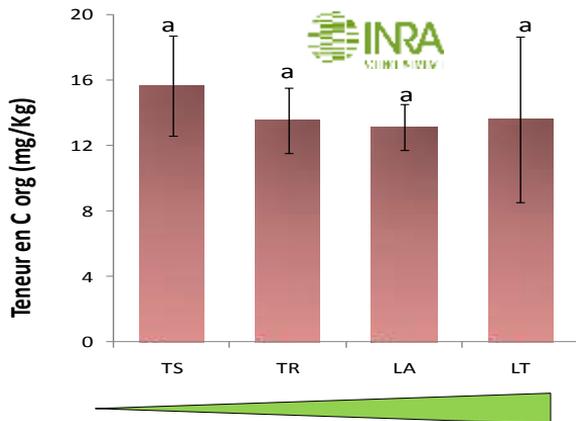
## ... depuis plus 15 ans en France et en Europe

- **1998 à 2002** : Programme MEDDE Gessol
  - Développement de l'extraction de l'ADN des sols
  - Estimation du potentiel indicateur de la macrofaune
- **2004 à 2012** : Relance des recherches par l'ADEME
  - Appel national pour le développement et l'évaluation d'outils de bioindications appliqués les sols naturels, agricoles et forestiers
  - Soutien aux projets liés au RMQS du GIS Sol : distribution géographique de la biodiversité
- **2002 à 2015** : Programme AgrInnov CASDAR du MAAF pour évaluer le potentiel de développement des outils de bioindication pour l'agriculture et la viticulture
- **Parallèlement** : divers programmes EU (ex : ENVASSO, EcoFinders) et des projets portés par des instituts (ex : Arvalis)

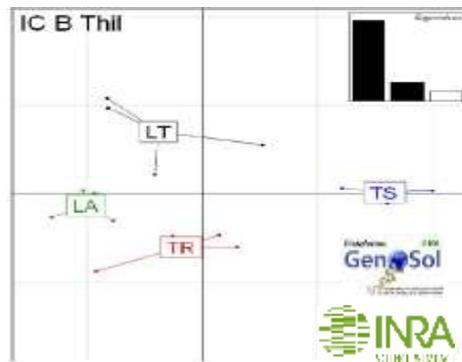


## Quelques résultats

### Teneur en carbone organique du sol



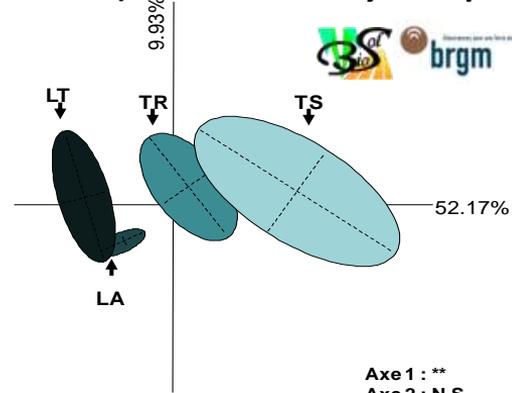
### Diversité fonctionnelle (Nématodes)



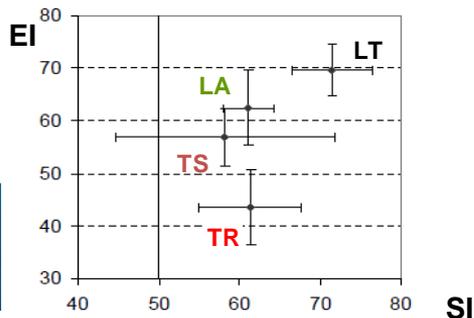
### Diversité microbienne (empreinte ADN)



### Activités enzymatiques (13 activités enzymatiques)



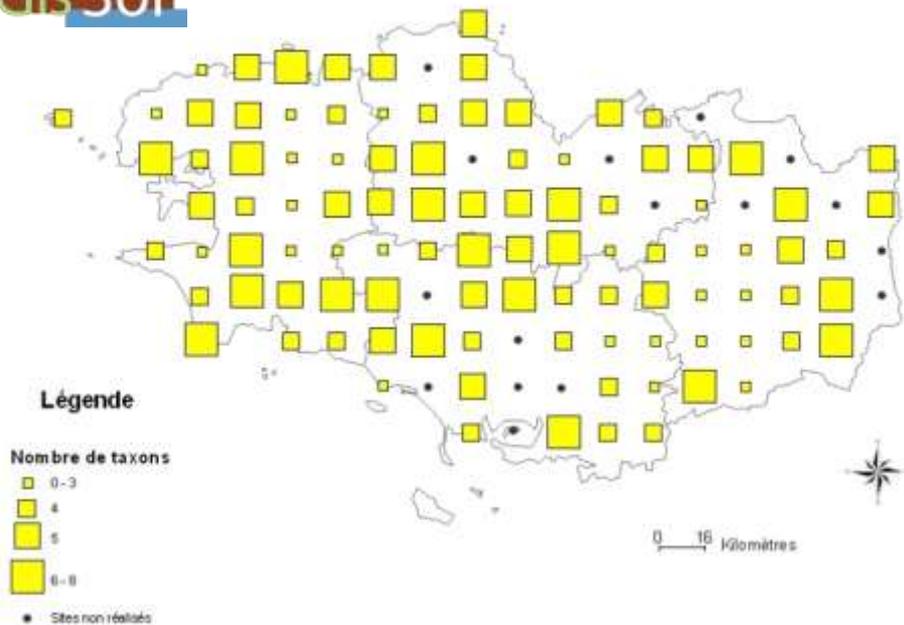
Axe 1 : \*\*  
Axe 2 : N.S.



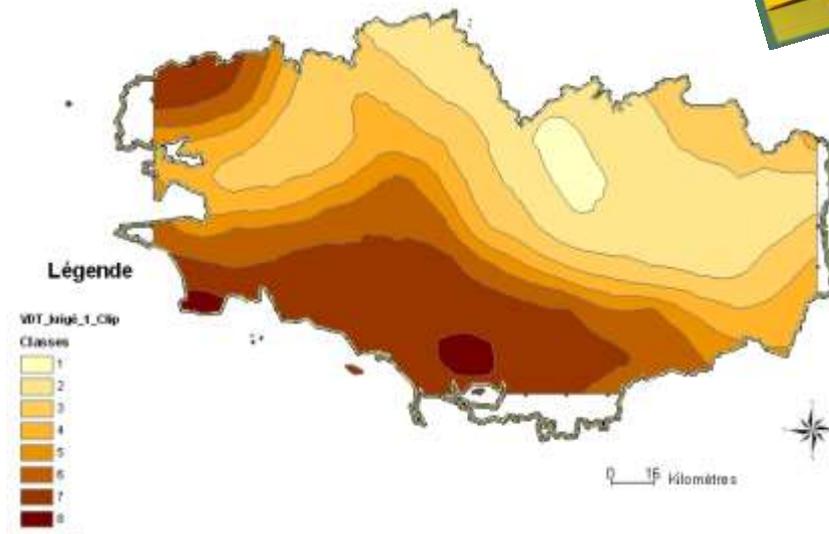
## Quelques résultats



Richesse taxonomique des collemboles  
sur les sites RMQS BioDiv



Abondance lombricienne des 13 taxons  
sur les sites RMQS BioDiv



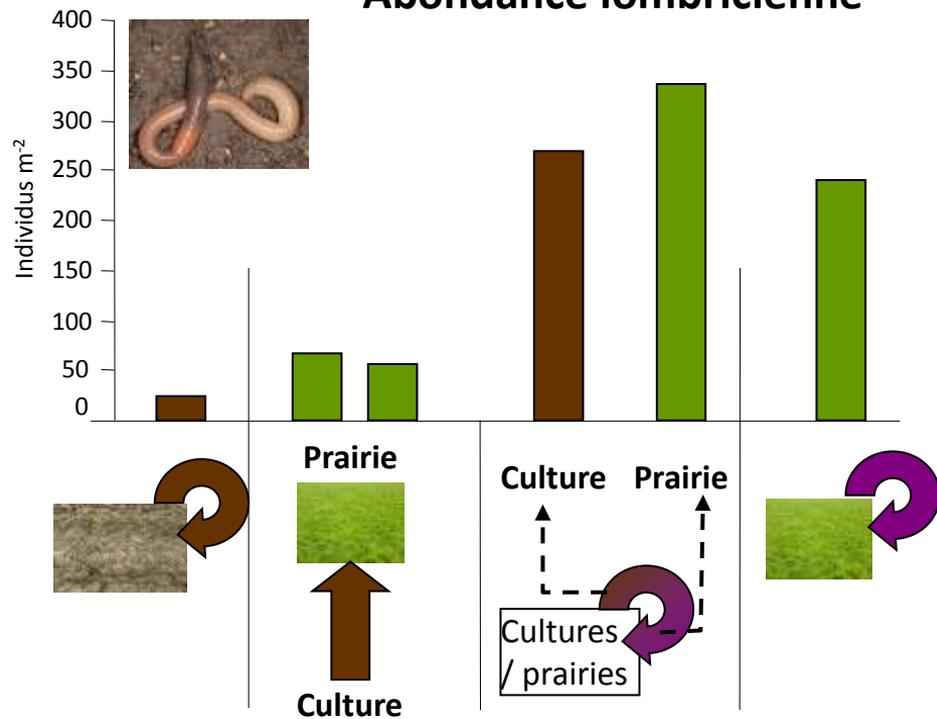
Source : Université de Rennes 1, UMR Ecobio



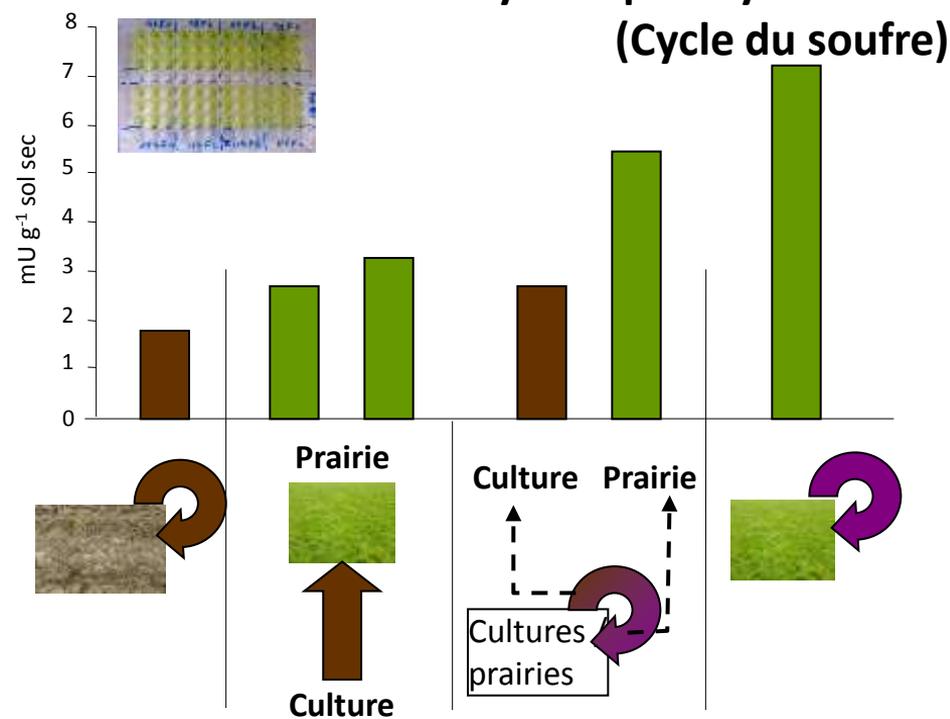
Yvetot

## Quelques résultats

### Abondance lombricienne



### Activité enzymatique arylsulfatase (Cycle du soufre)



## Des propositions d'outils et d'indicateurs selon les besoins

Besoins	Famille	Paramètres
Gestion de la matière organique	Microbiologie	Abondance : biomasses bactérienne & fongique Diversité des communautés (ARISA, PLFA) Activités : minéralisation C&N, ergostérol
	Faune	Abondance des lombriciens Diversité fonctionnelle des nématodes
Effet des différents systèmes/pratiques (épandage, labour, protection des cultures, rotations) (n=4)	Microbiologie	Abondance : Biomasses bactérienne & fongique Diversité des communautés Activités liées au soufre, N et P
	Faune	Diversité fonctionnelle des lombriciens (catégories écologiques) Diversité fonctionnelle des nématodes Diversité des collemboles (en arboriculture)



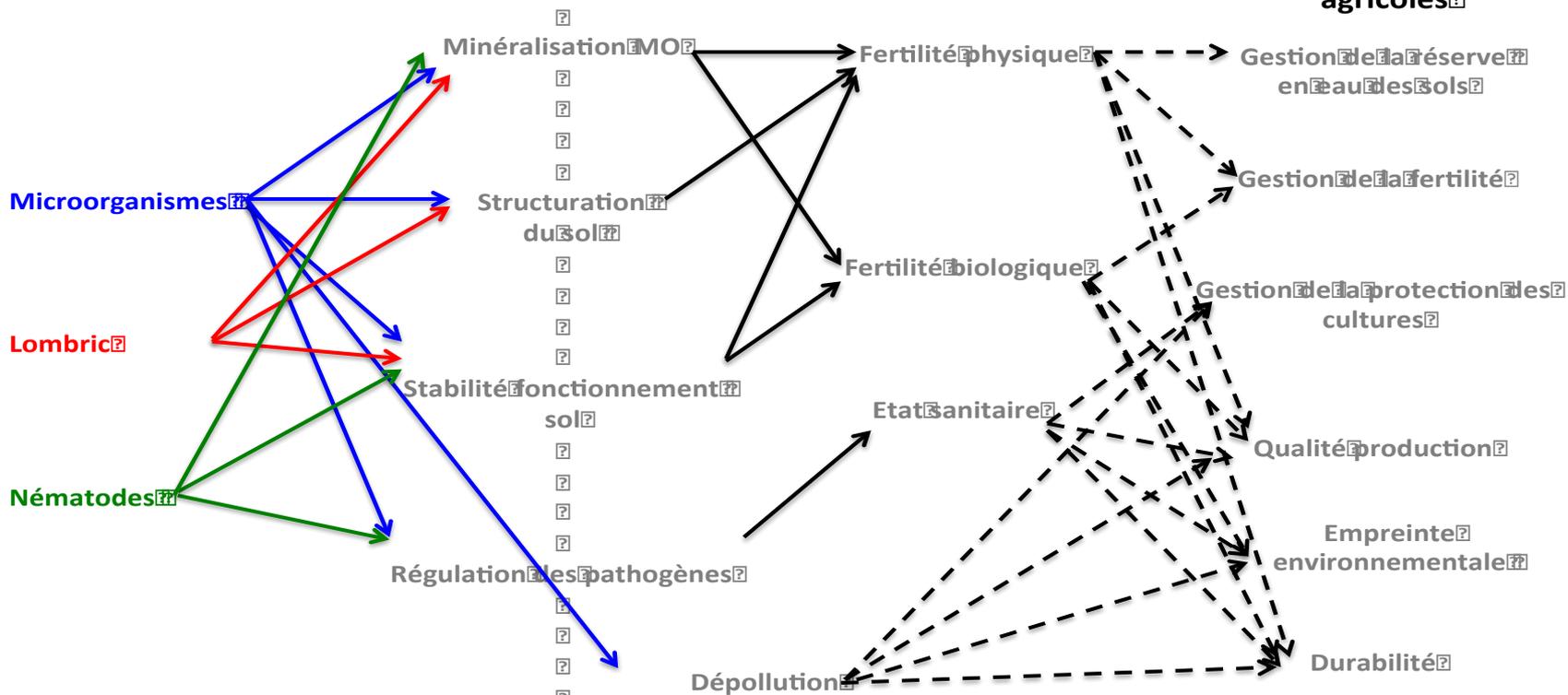
## Des indicateurs pour des fonctions d'intérêts agricoles

Patrimoine biologique

Fonctions biologiques

Fonctions agronomiques

Questionnements agricoles



## Site web

<http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/ADEME-Bioindicateur/index.php>



Outils disponibles :

- Base de données
- Choisissez votre indicateur
- Fiches descriptives

A venir en 2016 :

- Vidéos sur les outils
- Protocoles simplifiés
- Les batteries types

## Les microorganismes : bioindicateurs pertinents

### Enorme abondance et diversité



$10^9$  bactéries  
 $10^6$  espèces



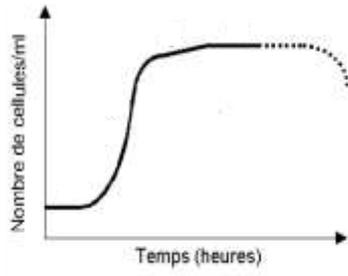
$10^6$  champignons  
 $10^3$  espèces



### Enorme capacité d'adaptation



Petite taille



Temps de génération court



Plasticité du génome



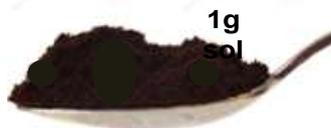
Réponse rapide aux  
modifications  
environnementales

## Les microorganismes : bioindicateurs pertinents

### Enorme abondance et diversité



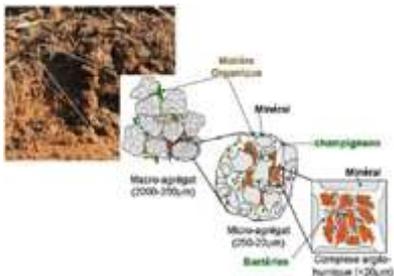
$10^9$  bactéries  
 $10^6$  espèces



$10^6$  champignons  
 $10^3$  espèces



### Implications dans de nombreuses fonctions



Structuration du sol?



Minéralisation matière organique, recyclage carbone, nutriments?

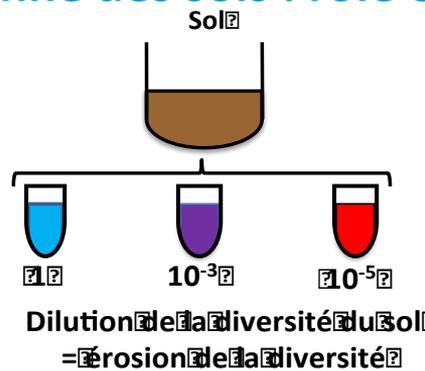


Dépollution du sol

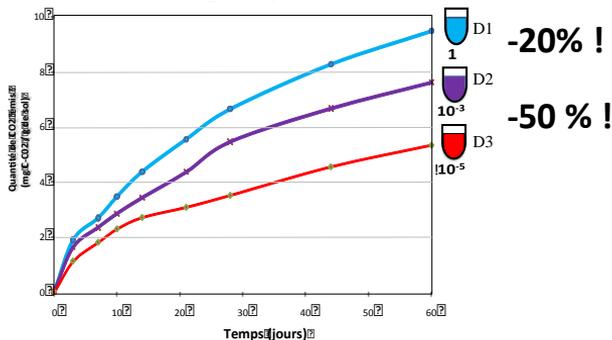


Lutte contre pathogènes

# La biodiversité microbienne des sols : rôle et fonctions

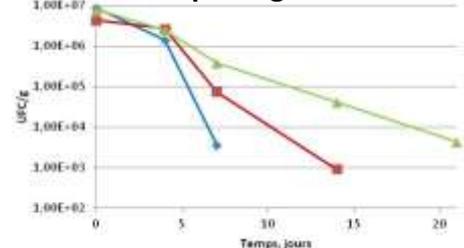


## Minéralisation de la matière organique



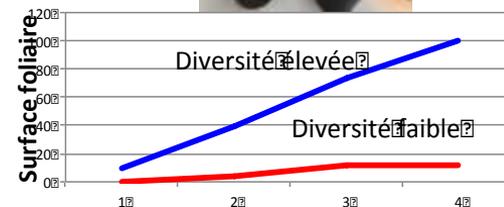
**Biodiversité = Fertilité**  
(Maron et al., UMR Agroécologie)

## Survie de pathogènes dans le sol



**Biodiversité = Barrière aux pathogènes**  
(Piveteau et al, UMR Agro écologie)

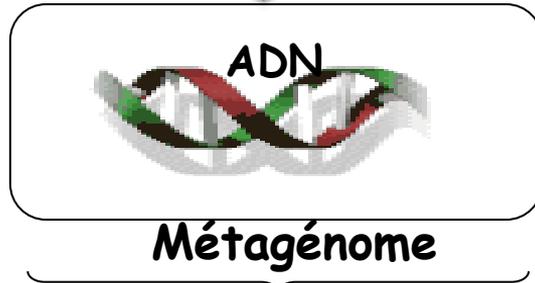
## Croissance végétale



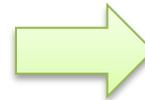
**Biodiversité = Production primaire**  
(Maron et Ranjard., UMR Agro écologie)

## Abondance et diversité microbienne des sols : de nouveaux outils

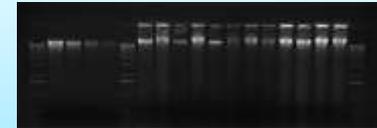
**Sol**



Abondance  
Diversité  
génétique/taxonomique/fonctionnelle



Quantité ADN sol



Biomasse moléculaire microbienne



Indice de diversité  
Séquençage massif

## Biomasse / Biodiversité microbienne : variation et déterminisme

Biomasse moléculaire microbienne



Diversité bactérienne des sols



Biomasse microbienne des sols

RMQS



Quantité d'ADN (pg/g de sol)

- Plus de 125
- Entre 100 et 125
- Entre 50 et 100
- Entre 25 et 50
- Moins de 25

Source : © Nina Dixon / plateforme Genosol - Gis Sol, 2015.  
Traitement : Gis Sol - SOCS, 2013.



« Indicateur national sol »

Dequiedt et al., 2011 Glob Ecol Biogeo

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

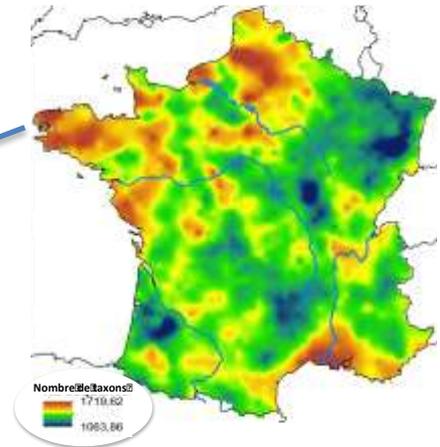


Modèle prédictif :

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

Valeur de référence écologique pour un type pédoclimatique

**Diagnostic d'état biologique**



Nombre de taxons

- 77-10.62
- 1003.86



« Indicateur national sol »

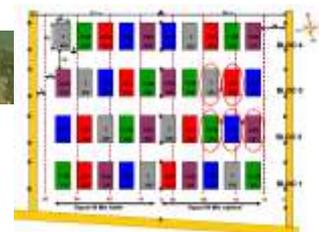
Ranjard et al., 2013 Nature Comm; Horrigue et al., 2016 Ecol Indic.

## Impact des pratiques agricoles

Sites expérimentaux  
(SOERE, Arvalis, ADEME, ...)

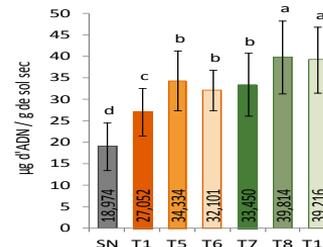


Sensibilité et robustesse des  
indicateurs  
Analyse fine de l'impact des  
pratiques

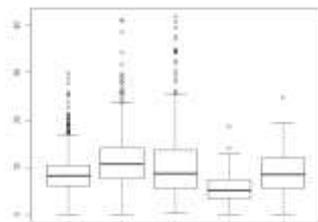


QualiAgro

INRA  
SCIENCE & IMPACT



ARVALIS  
Institut du végétal



Labour intensif :  
Rotation diversifiée :  
Amendements organiques :  
Sols peu couverts :



Pilotage de la biologie  
par les pratiques



Impact des pratiques

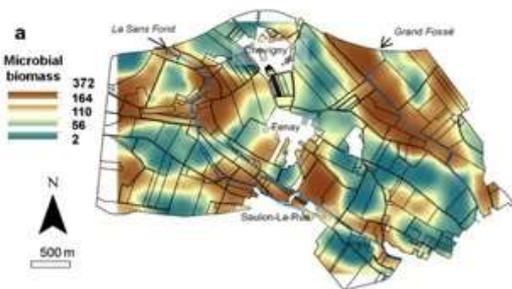
≠

Impact de l'ITK

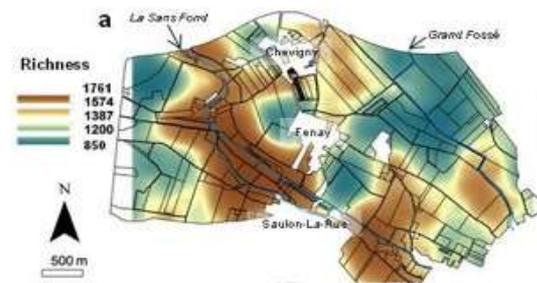
## De la parcelle au paysage

Parcellaire agricole  
Paysage Féney (Côte d'or, 12km<sup>2</sup>)

### Biomasse microbienne



### Diversité bactérienne



Analyse réelle des ITK  
et pratiques

Monitoring du paysage

Développer des OAD pour  
gérer le parcellaire agricole  
et piloter la biologie des sols



## Bilan

- Une recherche nationale à la pointe des travaux sur la biodiversité des sols
- Une connaissance accrue de l'état biologique des sols (*qui ne sont pas morts...*)
- Des outils opérationnels, validés et éprouvés

## Perspectives

- Intensifier la R&D pour approfondir les liens entre diversité/fonctions et pratiques
- Poursuivre le développement de nouveaux bioindicateurs
- Industrialiser les indicateurs déjà opérationnels
- Développer une nouvelle filière économique de prestation analytique
- Diffuser cette connaissance à tous les acteurs du développement agricole
- Développer le « conseil » associée à ces indicateurs pour aller au-delà du diagnostic



Transition  
agro-  
écologique



**Merci pour votre attention**