



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^{er} mars 2016 / de 10h à 12h

Antonio Bispo (Ademe) et Lionel Ranjard (Inra)

SIA2016

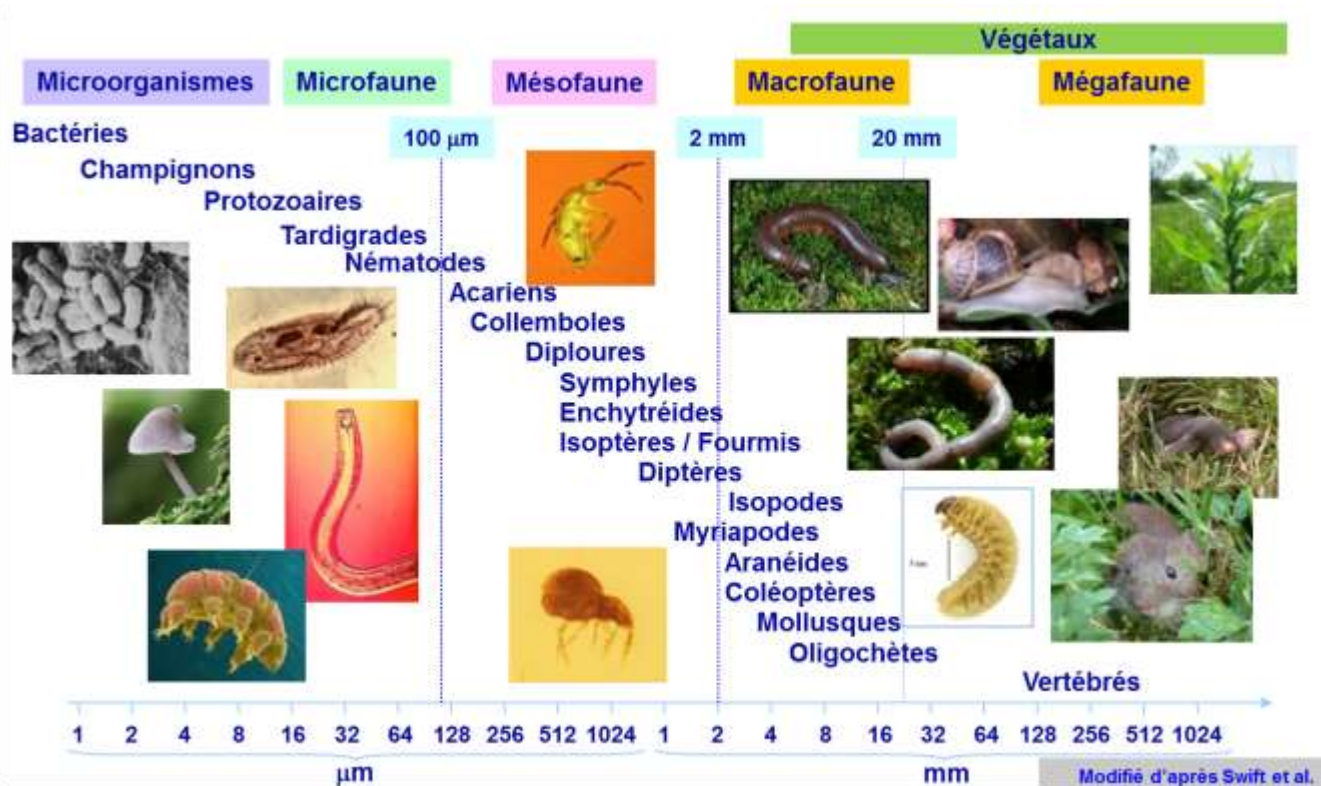
Contexte agricole

- **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 protozoaires

Famille Mésafaune

l'acarien

- Le tardigrade
- Les enchytrées
- Le protozoaire
- Les collemboles
- L'acarien
- Le diplopode

Mesofauna family

Tardigrade

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

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

© JRC - Eye of science

Famille MacroFaune

La Larve de coléoptère

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

Mégafaune

Le taupin vit sous terre dans les grottes qu'il creuse et profite de...

Les coléoptères aquatiques, appelés viridans, les sols et s'attaquent aux...

taille réelle 4 cm

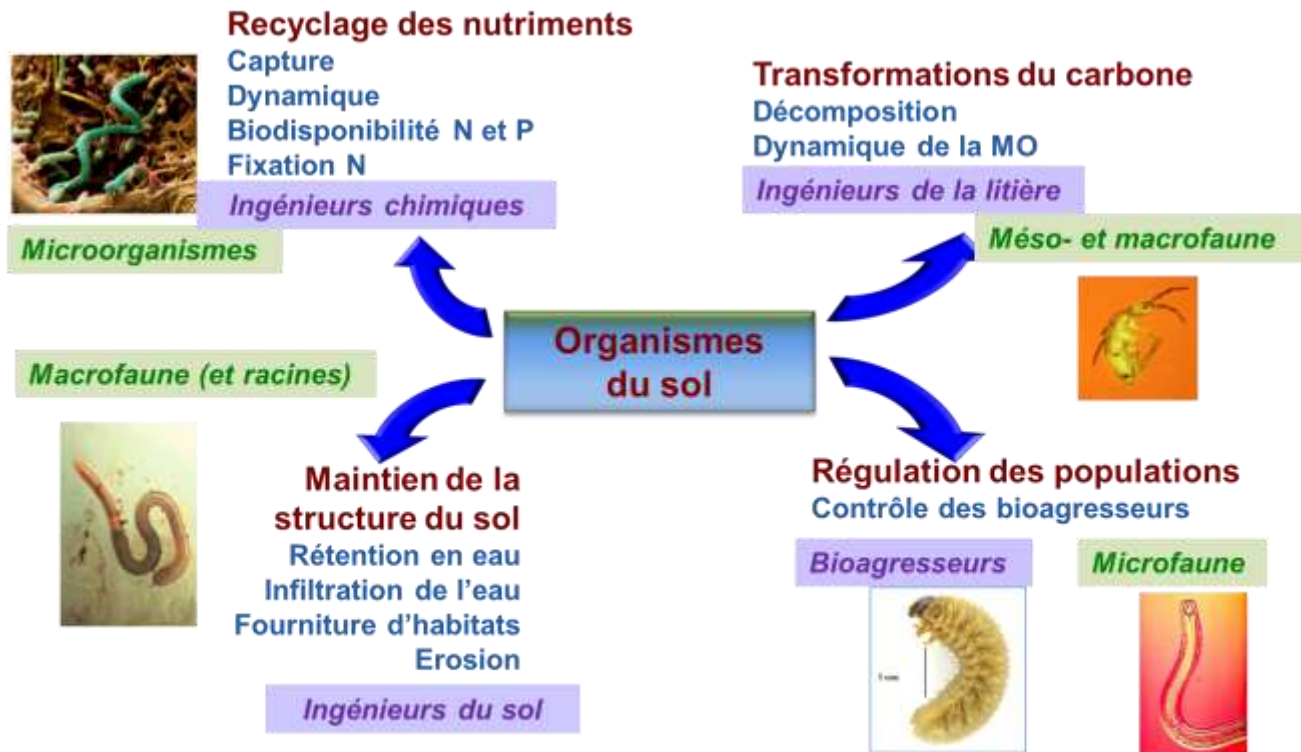


L'acarien, ennemi des champignons, mange généralement des déchets végétaux mais il peut aussi être prédateur.

www.gessol.fr



... pour une diversité de fonctions

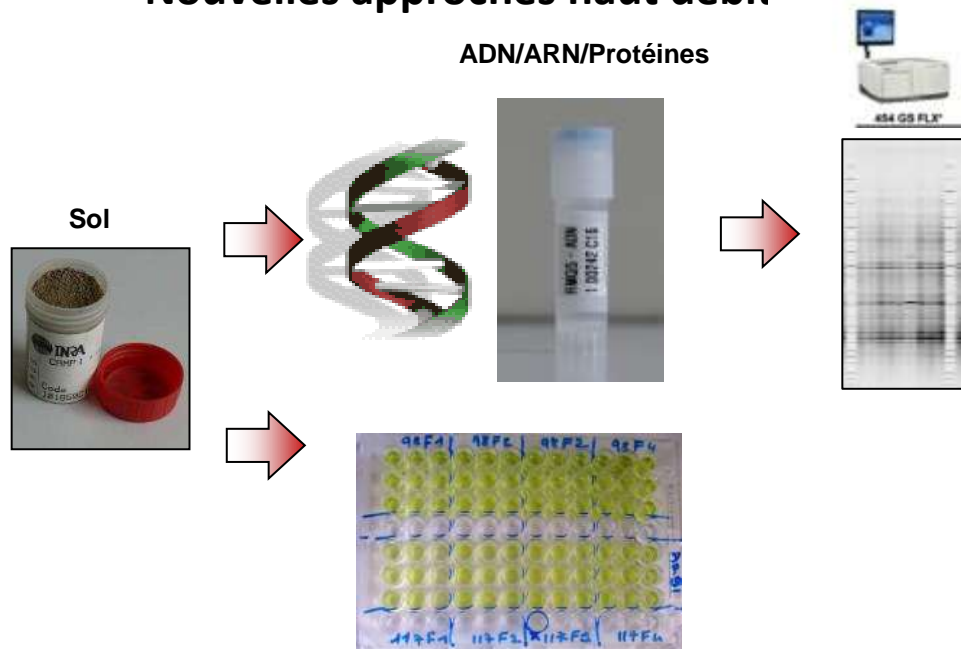


Un continent méconnu en pleine exploration...

Classiques ... mais plus systémiques



Nouvelles approches haut débit



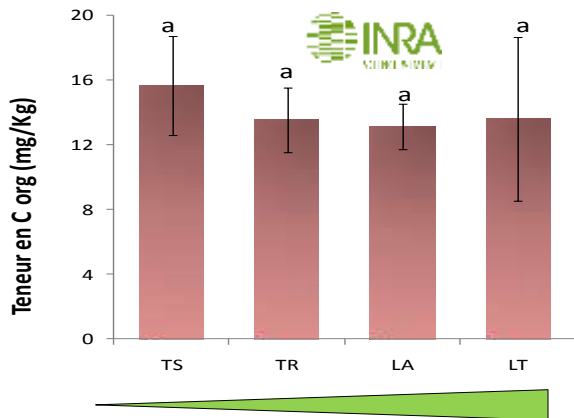
... depuis plus 15 ans en France et en Europe

- **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)

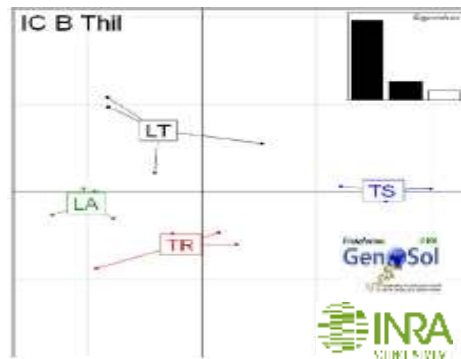


Quelques résultats

Teneur en carbone organique du sol



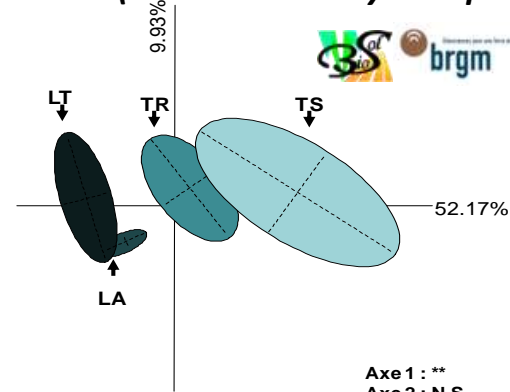
Diversité fonctionnelle (Nématodes)



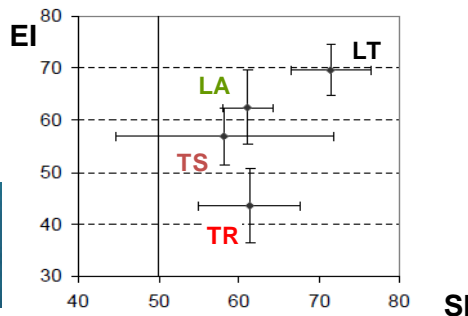
Diversité microbienne (empreinte ADN)



Activités enzymatiques (13 activités enzymatiques)



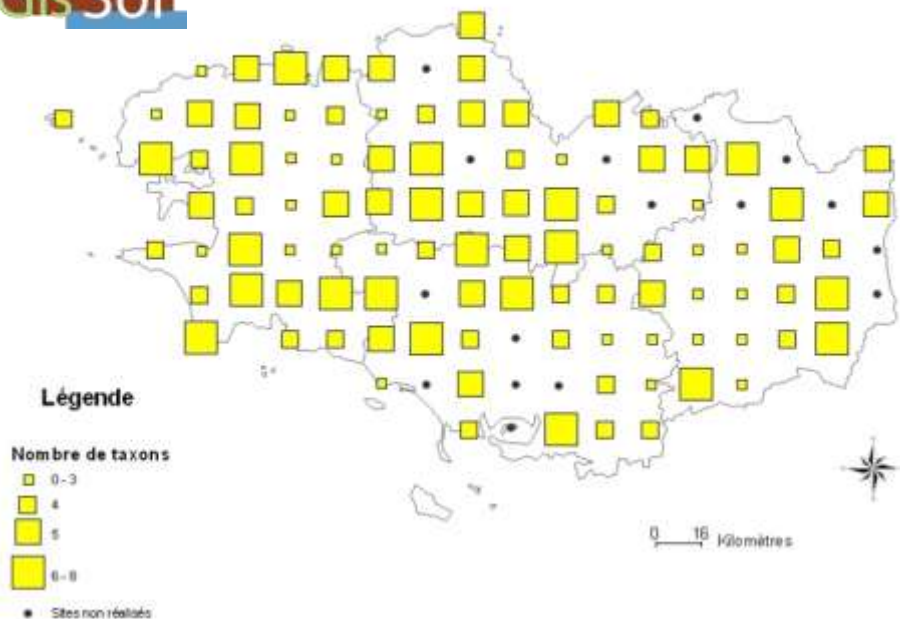
Axe 1 : **
Axe 2 : N.S.



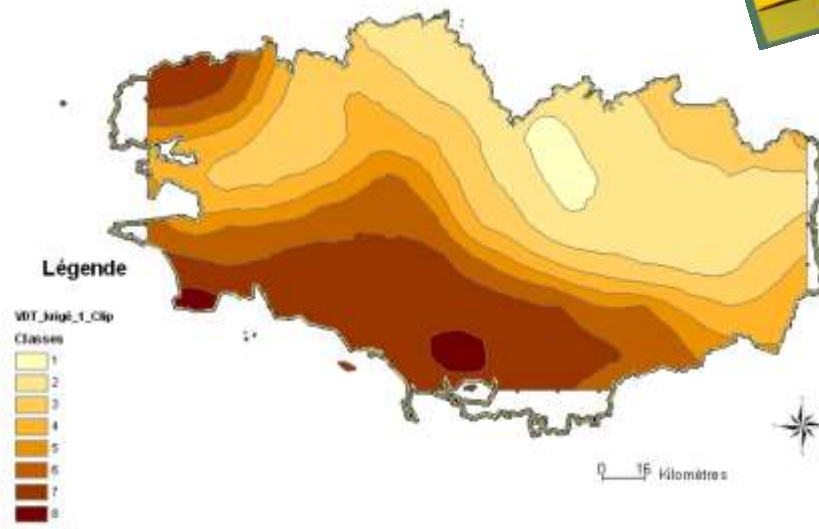
Quelques résultats



Richesse taxonomique des collemboles
sur les sites RMQS BioDiv



Abondance lombricienne des 13 taxons
sur les sites RMQS BioDiv



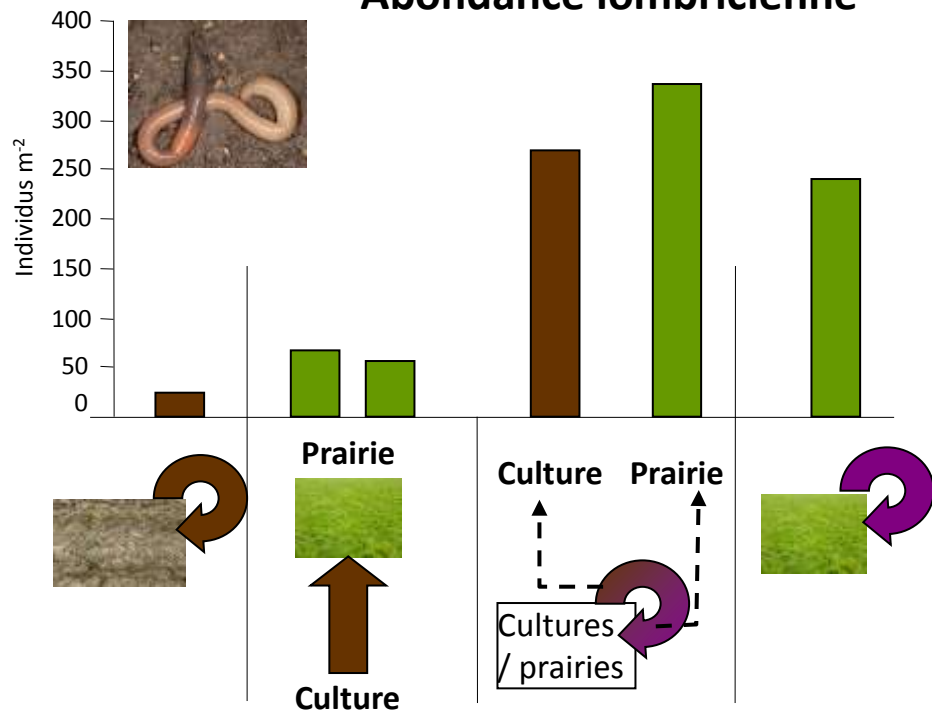
Source : Université de Rennes 1, UMR Ecobio



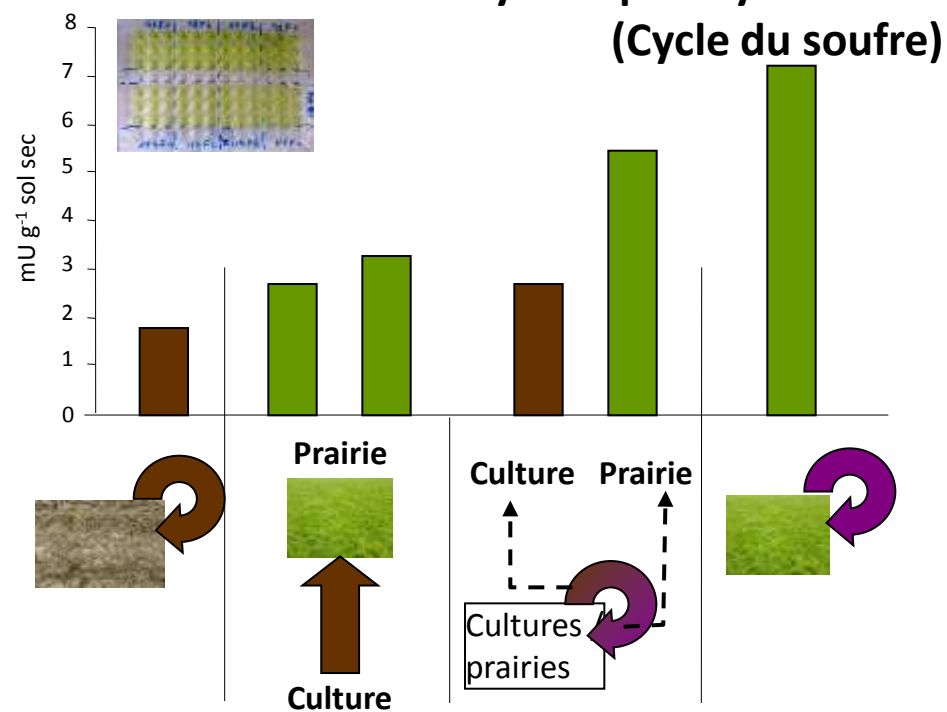
Yvetot

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)



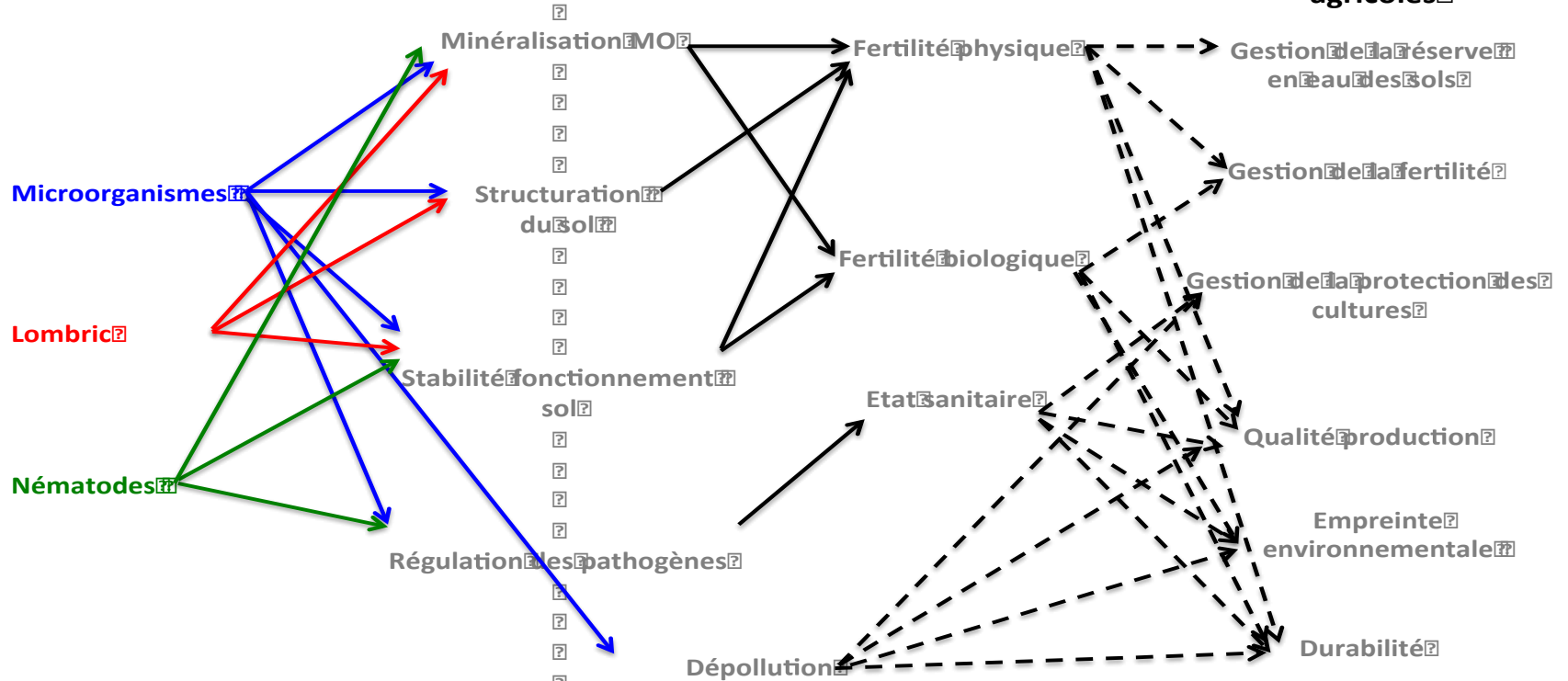
Des indicateurs pour des fonctions d'intérêts agricoles

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



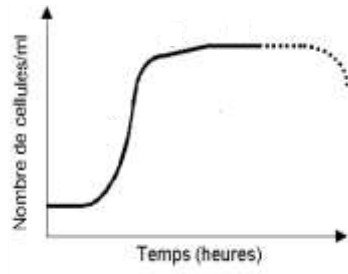
10^6 champignons
 10^3 espèces



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



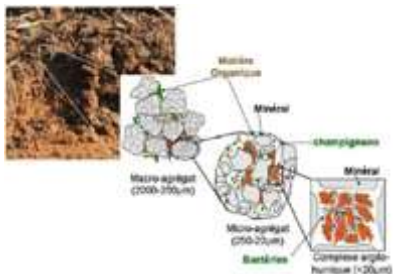
10^9 bactéries
 10^6 espèces



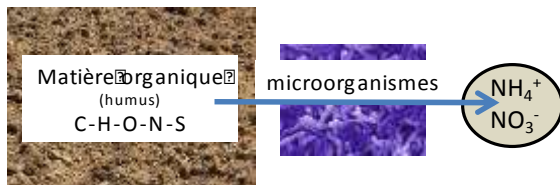
10^6 champignons
 10^3 espèces



Implications dans de nombreuses fonctions



Structuration du sol?



Minéralisation matière organique, recyclage carbone, nutriments?

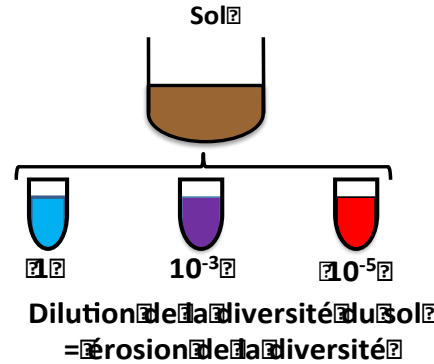


Dépollution du sol

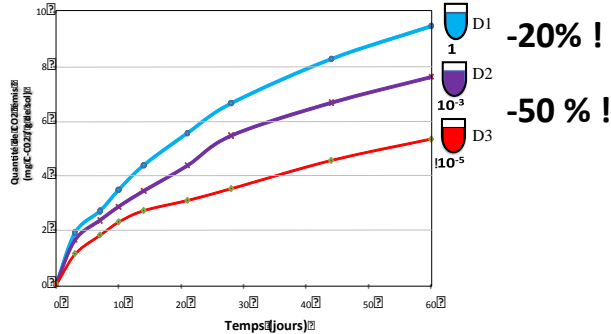


Lutte contre pathogènes

La biodiversité microbienne des sols : rôle et fonctions

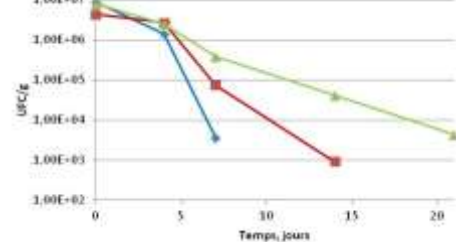


Minéralisation de la matière organique



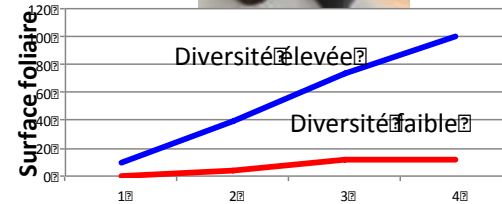
Biodiversité = Fertilité
(Maron et al., UMR Agroécologie)

Survie de pathogènes dans le sol



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

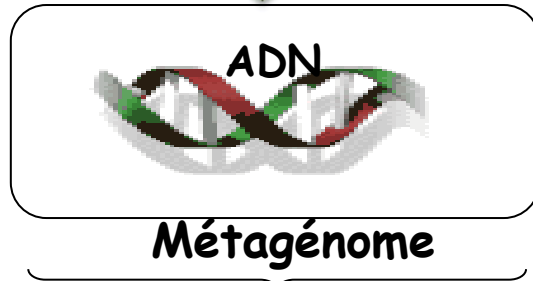
Croissance végétale



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

Abondance et diversité microbienne des sols : de nouveaux outils

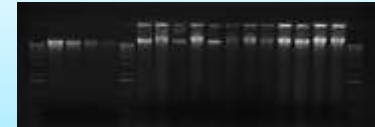
Sol



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 : © Inra Dijon / 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

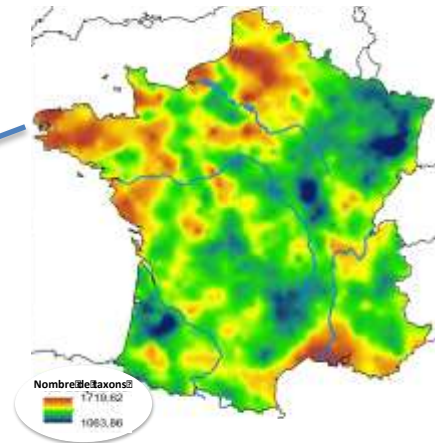


Modèle prédictif :

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

Valeur de référence écologique pour un type pédoclimatique

Diagnostic d'état biologique



« Indicateur national sol »

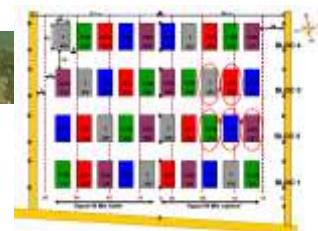
Ranjard et al., 2013 Nature Comm; Horrigue et al., 2016 Ecol Indic.

Impact des pratiques agricoles

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

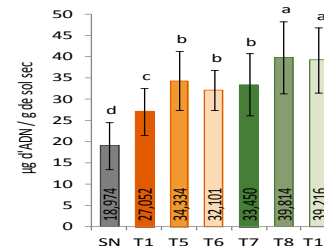


Sensibilité et robustesse des
indicateurs
Analyse fine de l'impact des
pratiques

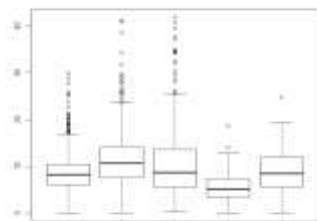


QualiAgro

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

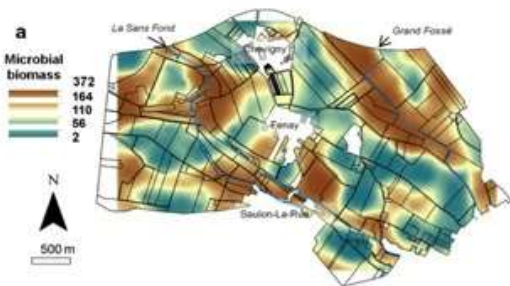
≠

Impact de l'ITK

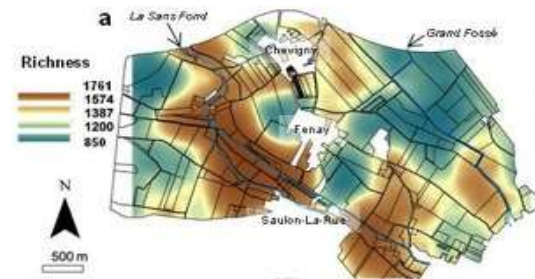
De la parcelle au paysage

Parcellaire agricole
Paysage Féney (Côte d'or, 12km²)

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

Transfert vers les agriculteurs

CASDAR AgrInnov (2012-2015)



Former et équiper les agriculteurs

Réseau Agrinnov (250 fermes)



Formation biologie du sol

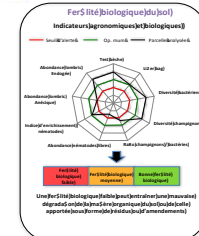
Tableau de bord de bioindicateurs



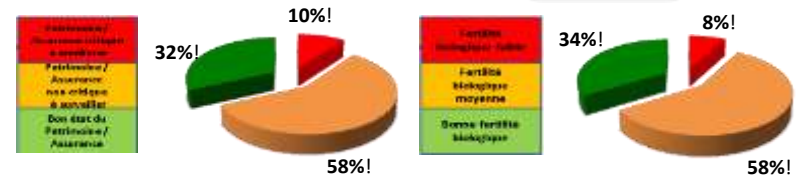
Diagnostic de la qualité biologique des sols agricoles

Identifier les pratiques les plus innovantes

97% !



Bilan



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

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