



# BIOINDICATEURS DE L'ETAT DU SOL

## PRINCIPE ET EXEMPLES D'APPLICATION

Guénola PERES (Agrocampus Ouest)

Isabelle GATTIN (UniLaSalle)

Lionel RANJARD et Samuel DEQUIETD (INRA Dijon)

Cecile VILLENAVE (Elisol-Montpellier)

Mickael HEDDE (Eco&Sols Montpellier)

Jean-François VIAN (ISARA Lyon)

**Antonio BISPO (Infosol INRA)**

**Cécile GRAND (ADEME)**

**Antoine PIERART (ADEME)**

COMIFER , le 20 Juin 2018





## **La biologie des sols....**

- **Une diversité immense : 25% de la biodiversité terrestre serait dans les sols**
- **Un rôle crucial dans le fonctionnement des sols et à la base des nombreux services rendus par les sols**
- **... mais une biodiversité encore mal connue car peu emblématique et difficile d'accès**

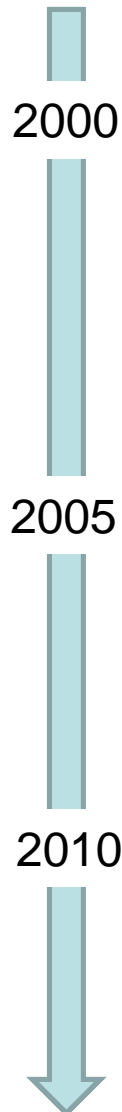


en plus c'est beau...  
[www.gessol.fr](http://www.gessol.fr)





# DEPUIS 15 ANS PLUSIEURS PROGRAMMES DE RECHERCHE CLÉS ...



- Le **programme GESSOL** du MEDDE finance des projets ([www.gessol.fr](http://www.gessol.fr)) :
  - Microbiologie des sols : développement de l'extraction de l'ADN des sols et de son analyse
  - Mesure de la macrofaune totale des sols
- Mise en place de programmes **nationaux et européens**
  - Le programme EU ENVASSO propose des outils de surveillance de la qualité des sols intégrant la biodiversité des sols
  - Le programme ADEME teste **un ensemble d'outils Bioindicateurs sur 13 sites** à travers la France
  - Les projets implantés sur le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS) soutenus par l'ADEME et/ou l'ANR étudient la **répartition spatiale** des organismes du sol.
- Lancements de **projets EU d'ampleur** sur la biodiversité des sols et les services écosystémiques (ex : EcoFinders LANDMARK « soil quality and functions »)



# LE PROGRAMME ADEME – BIOINDICATEUR DE LA QUALITÉ DES SOLS (2004 – 2012)

## ○ **Origine :**

- Communication EU sur les sols (2002) considérant la biodiversité des sols
- Projet de « Directive cadre sur les sols » (2006)
- Emergence de projets de normalisation ISO sur la qualité biologique des sols

## ○ **Objectifs :**

- Acquisition de connaissances, mise en réseau et renforcement de l'expertise nationale
- Obtention d'un retour d'expérience sur les bioindicateurs (existants et en développement)
- Détermination de la pertinence des bioindicateurs pour différentes applications (surveillance, évaluation de risques, état biologique des sols)
- Proposition de batteries de bioindicateurs pertinents (sensibilité, reproductibilité, transférabilité)
- Développement de valeurs de référence, calibrage des réponses biologiques dans différents contextes



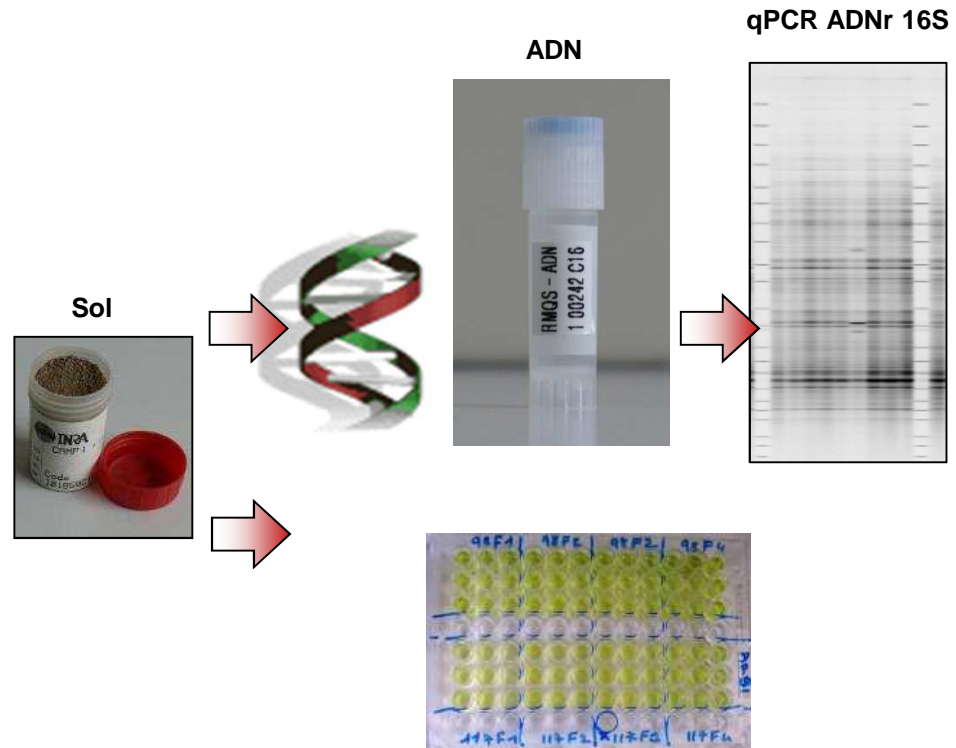
# Phase 1 du programme ADEME

## Tests d'outils existants et en développement

Classiques ...



Plus technologiques ... (*Méthodes basées sur l'extraction de l'ADN microbien ou des analyses biochimiques*)






# Phase 2 du programme ADEME


## Comparaison des outils sur les mêmes terrains

**Coordination ADEME (A. Bispo et C. Grand) & Univ. Rennes (Guénola Pérès)**




**Indicateurs Microbiens**

Quantité  
Activité  
Structure génétique



**Indicateurs Faune**

Quantité  
Composition communautés  
Bioaccumulation



**Indicateurs Flore**

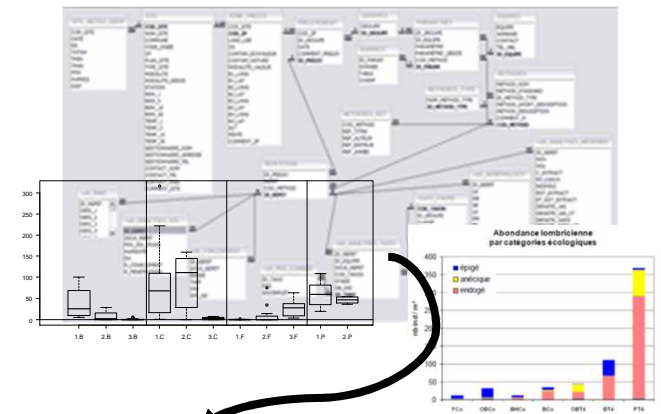
Marqueurs d'exposition  
Bioaccumulation



### 13 sites « atelier »

- Sites agricoles
- Sites forestiers
- Sites contaminés

### Base de données Traitement de données



### Proposition d'indicateurs & référentiels



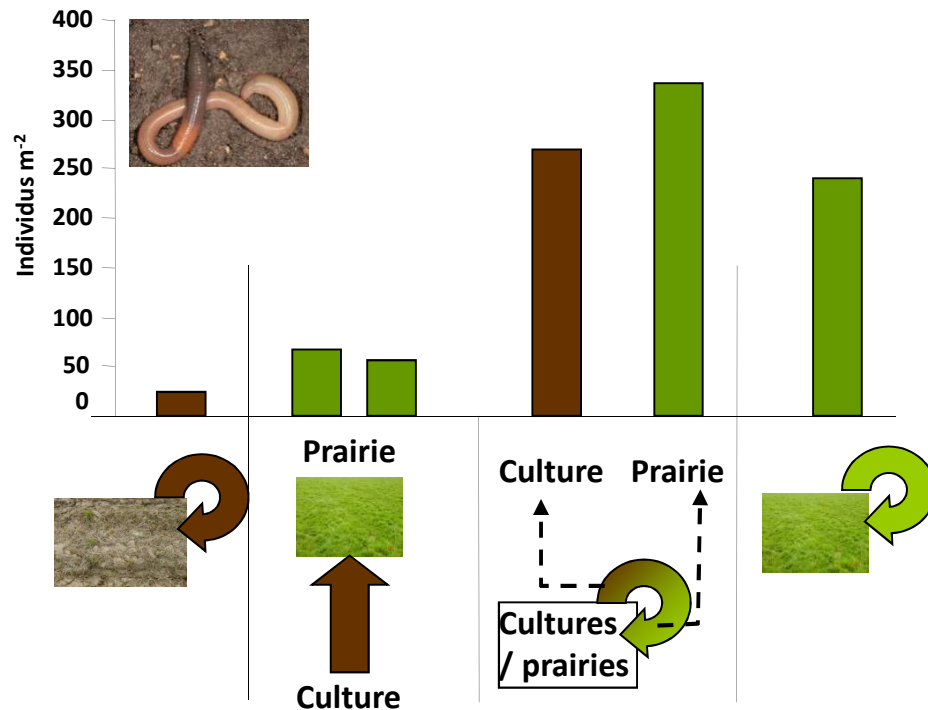
# Un réseau d'experts nationaux (22 équipes de recherche - 70 partenaires)



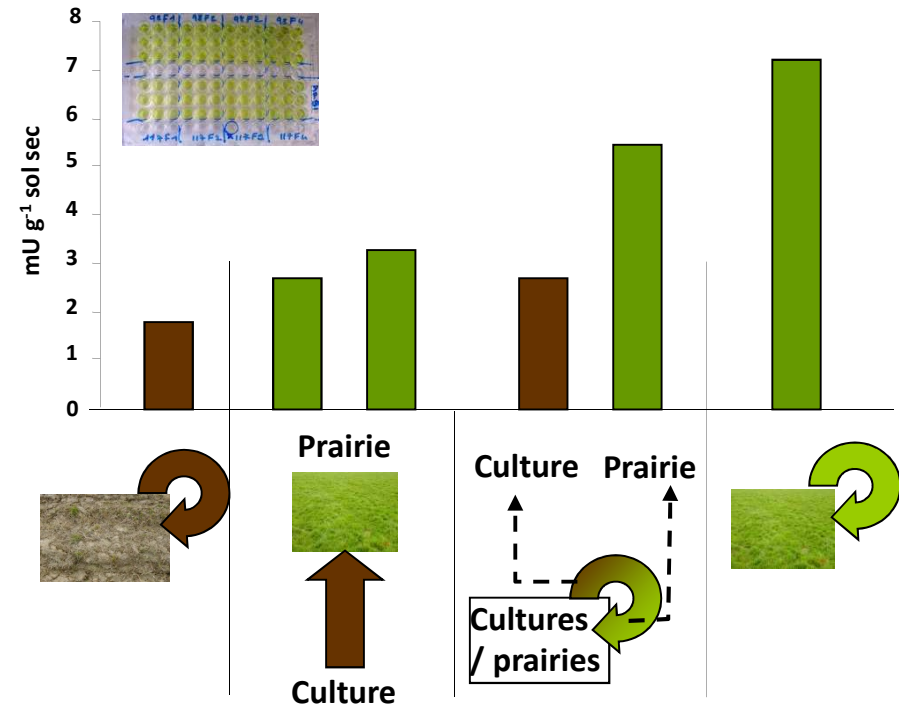


# Restauration de la composante biologique – Site Yvetot (ESITPA)

Abondance lombricienne

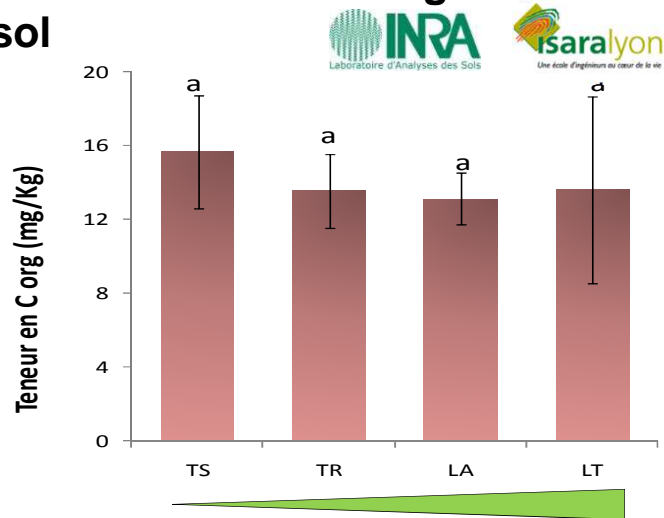


Activité enzymatique arylsulfatase (Cycle du soufre)



# Complémentarité des indicateurs chimiques et biologiques – Site Thill (ISARA)

## Teneur en carbone organique du sol

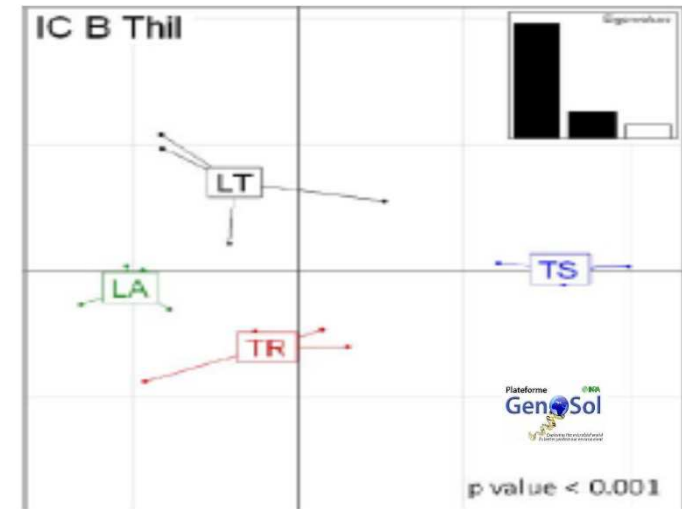


## Travail du sol



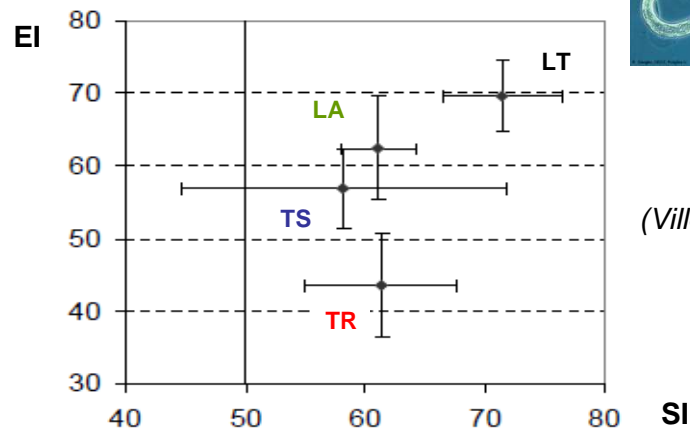
(Vian et al., 2013)

## Diversité microbienne (empreinte ADN)



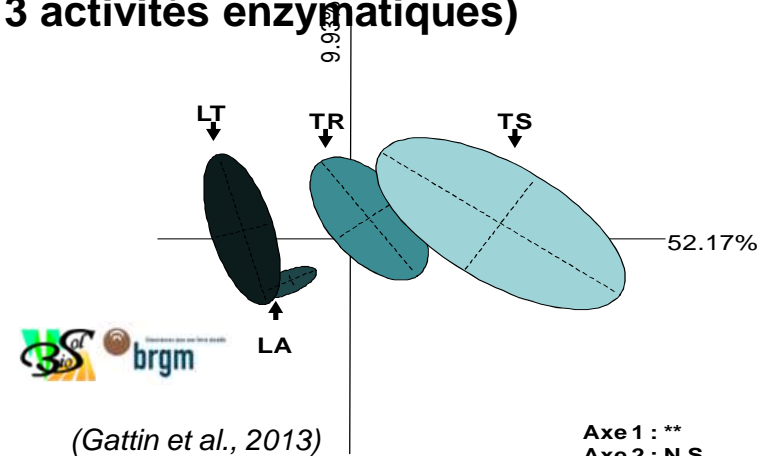
(Dequiedt et al., 2013)

## Diversité fonctionnelle (Nématodes)



(Villeneuve et al., 2013)

## Activités enzymatiques (13 activités enzymatiques)



(Gattin et al., 2013)

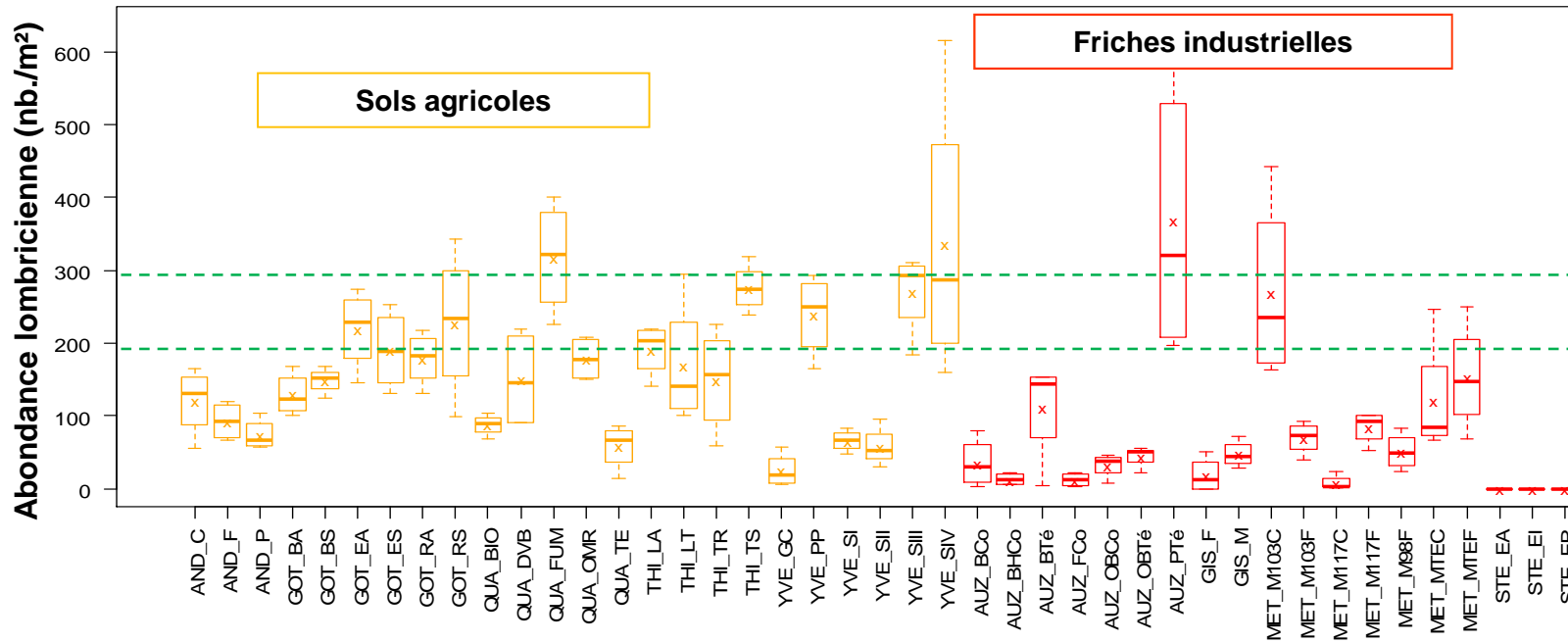
Axe 1 : \*\*  
Axe 2 : N.S.

# Des recommandations sur le choix des indicateurs ...

Besoins	Famille	Paramètres
<b>Gestion de la matière organique</b>	<b>Microbiologie</b>	<b>Abondance : biomasses bactérienne &amp; fongique</b> <b>Diversité des communautés</b> <b>Activités enzymatiques</b>
	<b>Faune</b>	<b>Abondance et diversité fonctionnelle des nématodes</b>
<b>Effet des différentes pratiques (labour, système de culture, rotations)</b>	<b>Microbiologie</b>	<b>Abondance : Biomasses bactérienne &amp; fongique</b> <b>Diversité des communautés</b> <b>Activités enzymatiques</b>
	<b>Faune</b>	<b>Abondance et diversité fonctionnelle des lombriciens (catégories écologiques)</b> <b>Abondance et diversité fonctionnelle des nématodes</b> <b>Diversité des collemboles (en arboriculture)</b>



# Une proposition de premiers référentiels

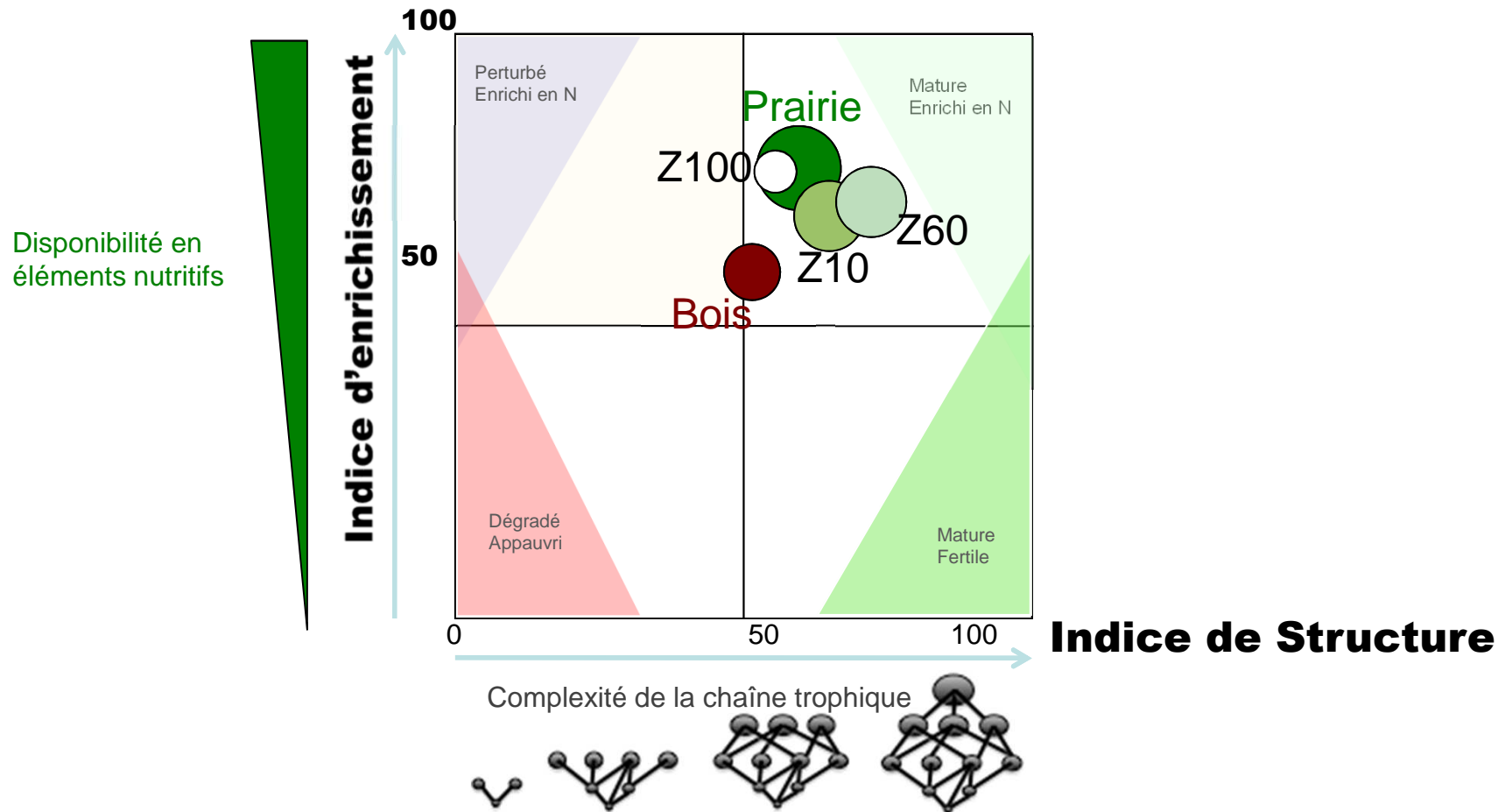


(Peres et al., 2013)



# Une proposition de premiers référentiels

Etude des communautés de nématodes

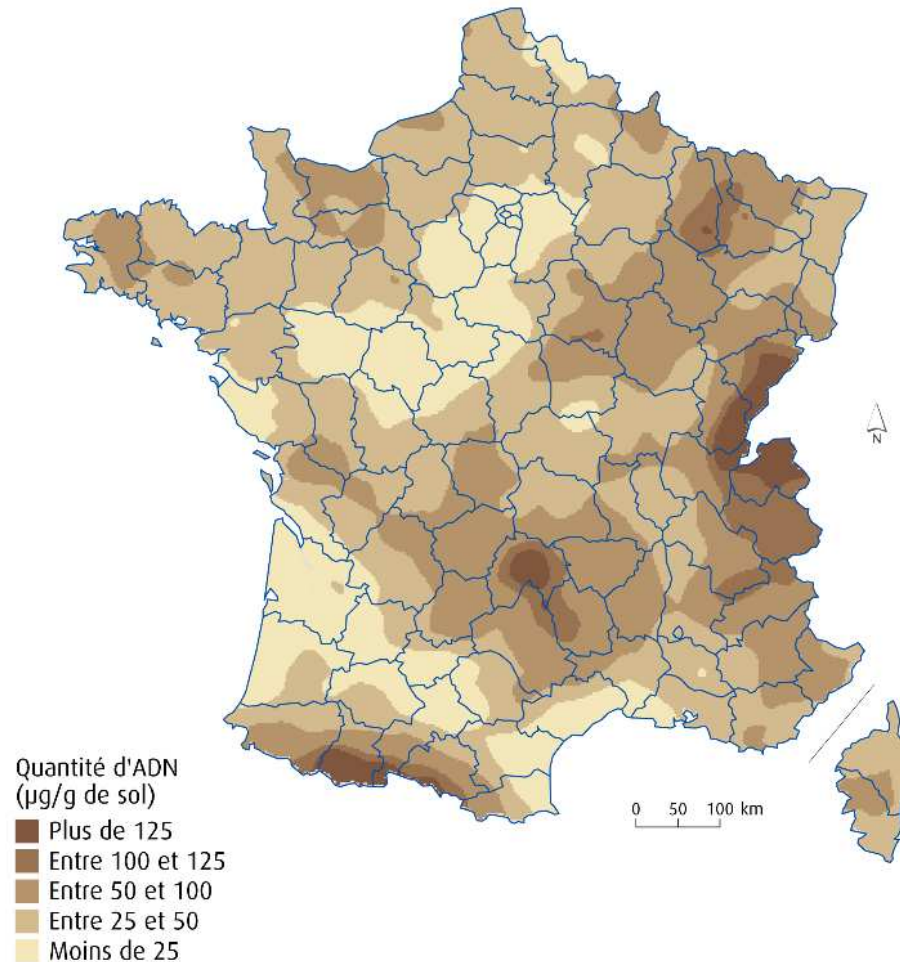


- SI (**Indice de structure** qui renseigne sur la stabilité du milieu) : **satisfaisant**
- IE (**Indice d'enrichissement**) qui renseigne sur le recyclage des nutriments: **satisfaisant**



# Une proposition de premiers référentiels

## Biomasse microbienne des sols



Source : © Inra Dijon / plateforme GenoSol – Gis Sol, 2015.  
Traitements : Gis Sol - SOeS, 2015

## Site web

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



Programme ADEME Bioindicat... +

ecobiosoil.univ-rennes1.fr/ADEME-Bioindicateur/index.php

Les plus visités | Accueil - Prévisions m... | Association Sportive A... | Banque - Votre banqu... | Boîte de réception - m... | Débuter avec Firefox | La meilleure façon d'e...

**BIOindicateurs** DES OUTILS BIOLOGIQUES POUR DES SOLS DURABLES

Accueil | Le programme | Outils disponibles | Communication | Accès privé | 

Outils disponibles :

- Base de données
- Choisissez votre indicateur
- Fiches outils1

A venir :

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





# Sur le site...

## • Références

### Ver de terre

Unité : Abondances: nombre d'individus par m<sup>2</sup> & Biomasse: g par m<sup>2</sup>

N= 47	MIN	MAX	AVG	STD
Abondance totale	0	636	117	113
Biomasse totale	0	423	56	62
Abondance Epigés	0	191	14	28
Abondance Anéciques	0	224	49	56
...		...		...
Richesss	0	9	4	2
Diversité	0.00	1.86	0.91	0.55
Equitabilité	0.00	1.00	0.62	0.32

## • Des contacts et des prestataires

...



## • Fiches « méthodes » décrivant les indicateurs



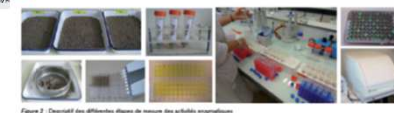
**FICHE OUTIL F2**  
**Les vers de terre**  
Cl. Pilon, D. Chomez, H. Hottel, N. Doléau, A. Cril...  
UMR 6050 EcoBio, Université de Rennes 1  
Contact : daniel.cabaret@univ-rennes1.fr

**FICHE OUTIL F1**  
**Les escargots**  
A. de Vuilleury, H. Puyat, G. Cril, UMR 6249 Chimie-Environnement, Desagreg...  
Contact : annette.devuilleury@univ-rennes1.fr

**FICHE OUTIL M1**  
**Les activités enzymatiques**  
Nathalie Chiffolleau, Jean-François Chiffolleau, UMR 6249 Chimie-Environnement, Desagreg...  
Contact : nathalie.chiffolleau@univ-rennes1.fr

**DESCRIPTION DE L'INDICATEUR**  
Nom de l'indicateur : Les escargots, bioindicateurs de la biodisponibilité de contaminants sur site – indice SET : Somme des Excès de Transfert.

**DESCRIPTION DE LA MÉTHODE**  
Malgré les grandes controverses portant sur l'interprétation des résultats issus des mesures d'activités enzymatiques dans les sols, nombre de techniques ont été développées pour un panel large d'enzymes, incluant des hydrolases et oxydoréductases. Celles-ci diffèrent par la nature du substrat utilisé, les conditions opératoires (notamment de pH), les temps d'incubation et les méthodes de détection (colorimétrie, fluorimétrie ou radiométrique).







## Bilan ...

### De quoi a-t-on besoin ?

1. Méthodes pour mesurer la biodiversité et l'activité biologique des sols
2. Références pour interpréter les résultats et poser un diagnostic
3. Recommandations pour maintenir, améliorer, orienter la biodiversité et l'activité biologique

### Qu'est-ce qu'on a ?

- Méthodes quantitatives de mesures de l'abondance et diversité des organismes du sol
- Des premiers référentiels d'interprétation (ADEME et autres programmes)
- Capable de poser un diagnostic

- **Comment traduire ces résultats sur la biologie du sol en résultats opérationnels (fonctions du sol) ?**



# Les outils disponibles



# Les outils disponibles

## Financements



### Financement de la R&D

- ➔ Biodiversité = une composante des APR :
- ➔ Acquérir connaissance sur le lien entre propriétés des sols et services écosystémiques, pour aider à l'arbitrage sur les usages des sols
- ➔ Les outils permettent de définir les fonctions et services écosystémiques pour *in fine* accompagner la gestion



# Les outils disponibles

## Financements

- Développement de technologies favorisant la production d'indicateurs efficaces



### AAP Agriculture et Industries agro-alimentaires éco-efficientes

- projets collaboratifs > 2M€
- Axes :
  - Transformation des systèmes agricoles vers l'agro-écologie
  - Développement de filières alimentaires garantissant une plus-value environnementale
- Clôtures : 19/02/2019 et 16/07/2019

- **Concours Innovation (vagues 2 et 3)**

- projets monopartenariaux [0,6 - 5M€]
- AAP Industries et agriculture éco-efficientes : clôture au 16/10/2018
- AAP Agriculture innovante : clôture au 06/05/2019





# Investissements d'avenir

## Projets retenus



Développement d'une filière technique et économique sur le diagnostic et le conseil pour une gestion agro-écologique des sols



Durée : 54 mois  
Démarrage : juillet 2017  
Montant total du projet : 5,4 M€  
Dont aide PIA : 2M€

### ALIVE

« All inventory using eDNA »



Développement/standardisation des méthodes innovantes d'inventaire de la biodiversité globale basées sur l'ADN environnemental.

Conception de nouveaux indicateurs de biodiversité permettant d'évaluer efficacement l'état de santé des écosystèmes.

Durée : 36 mois  
Démarrage : mai 2018  
Montant total du projet : XX M€  
Dont aide PIA : X M€



# Les outils disponibles

## Etudes, mise en cohérence

- Etre en cohérence avec les autres organismes



Agence française pour la biodiversité (AFB)

🕒 1er juin 2018

Pratiques agro-écologiques et itinéraires techniques favorables à la biodiversité des sols et à ses fonctions.

- Construction de référentiels

GisSol  
GROUPEMENT  
D'INTÉRÊT  
SCIENTIFIQUE SOL

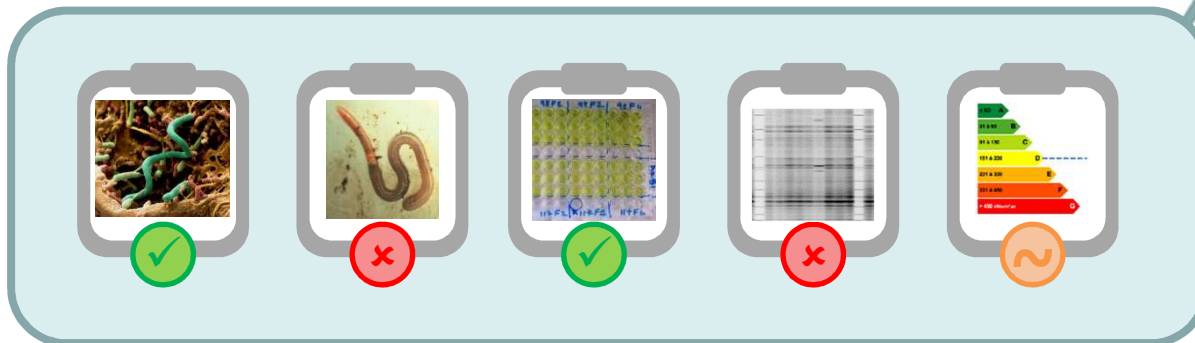


# Les outils disponibles

## Études, mise en cohérence

### ● Diffuser les savoirs

- Marché Diagnostics de la qualité des sols pour les gestionnaires des sols agricoles et forestiers
- Analyse comparative des outils et indicateurs disponibles
- Analyse stratégies de diffusions.
- Approche globale visant la préservation de la ressource " sols " et de ses différentes fonctions
- Recommandations (suites opérationnelles, établissements publics...)
- Travail en lien avec R-NEST
- Prestataire en cours de sélection





# Les outils disponibles

## La normalisation

- **Commissions AFNOR**
  - AFNOR/X31QS « Qualité du sol - Aspect généraux » est en charge de la normalisation sur les aspects généraux relatifs à la qualité du sol (présidence : Antonio Bispo - INRA)
  - AFNOR/T95E « Ecotoxicologie » - Méthodes biologiques de caractérisation des sols (présidence : Pascal Pandard - INERIS)
  
- **Commissions CEN TC 444 « Caractérisation environnementale des matrices solides »**
  - WG4 « Caractérisation Biologique » (présidence : Pascal Pandard - INERIS)
  
- **Commissions ISO/TC 190 « Qualité des sols »**
  - SC4 « Caractérisation Biologique » (présidence : Pascal Pandard - INERIS)





## MERCI DE VOTRE ATTENTION

