

Les enseignements du programme ADEME " Bioindicateurs de l'état biologique des sols "

Antonio Bispo, Guenola Peres, Mickael Hedde, Isabelle Gattin, Daniel Cluzeau, Nathalie Cheviron, Jennifer Hellal, Marina Le Guédard, Jean-Jacques Bessoule, Nuria Ruiz, et al.

▶ **To cite this version:**

Antonio Bispo, Guenola Peres, Mickael Hedde, Isabelle Gattin, Daniel Cluzeau, et al.. Les enseignements du programme ADEME " Bioindicateurs de l'état biologique des sols ". Séminaire national du " Programme Inventaire, Gestion et Conservation des Sols (IGCS) ", Dec 2013, Rennes, France. hal-01606698

HAL Id: hal-01606698
https://hal.science/hal-01606698

Submitted on 6 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



Les enseignements du programme ADEME « Bioindicateurs de l'état biologique des sols »

A. Bispo & G. Pérès
ADEME & Université de Rennes 1

M. Hedde, I. Gattin, D. Cluzeau, N. Cheviron, J. Harris-Hellal, M. Le Guedard, JJ. Bessoule, N. Ruiz, B. Pauget, A. De Vaufleury, C. Mougin, T. Beguiristain, L. Ranjard, S. Dequiedt, R. Chaussod, O. Faure, A. Hitmi, S. Criquet , M. Legras, N. Laurent, F. Vandenbulcke, K. Laval, N. Laurent, C. Gangneux, E. Nicolas, M. Coeurdassier, S. Ponton, J. Cortet, C. Villenave, J. Bodilis, L. Rougé, S. Taibi, J.C. Dur, J. Bodin, A. Alaphilippe, F. Douay, A. Hitmi, S. Houot, M. Guernion, P. Lepelletier, C. Repinçay, J.F. Vian, S. Conil, N. Raoult, P. Plassart, V. Mercier, H. Hotte, L. Galsomies, C. Grand



Le sol un milieu inconnu et vivant

Végétaux

Microorganismes | **Microfaune** | **Mésofaune** | **Macrofaune** | **Mégafaune**

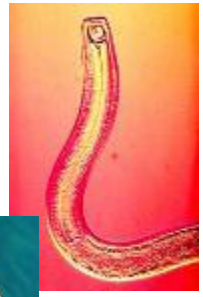
Bactéries
Champignons
Protozoaires
Tardigrades
Nématodes
Acariens
Collemboles
Diploures
Symphyles
Enchytréides
Isoptères / Fourmis
Diptères
Isopodes
Myriapodes
Aranéides
Coléoptères
Mollusques
Oligochètes
Vertébrés

100 µm | 2 mm | 20 mm













1 2 4 8 16 32 64 128 256 512 1024 | 1 2 4 8 16 32 64 128 256 512 1024

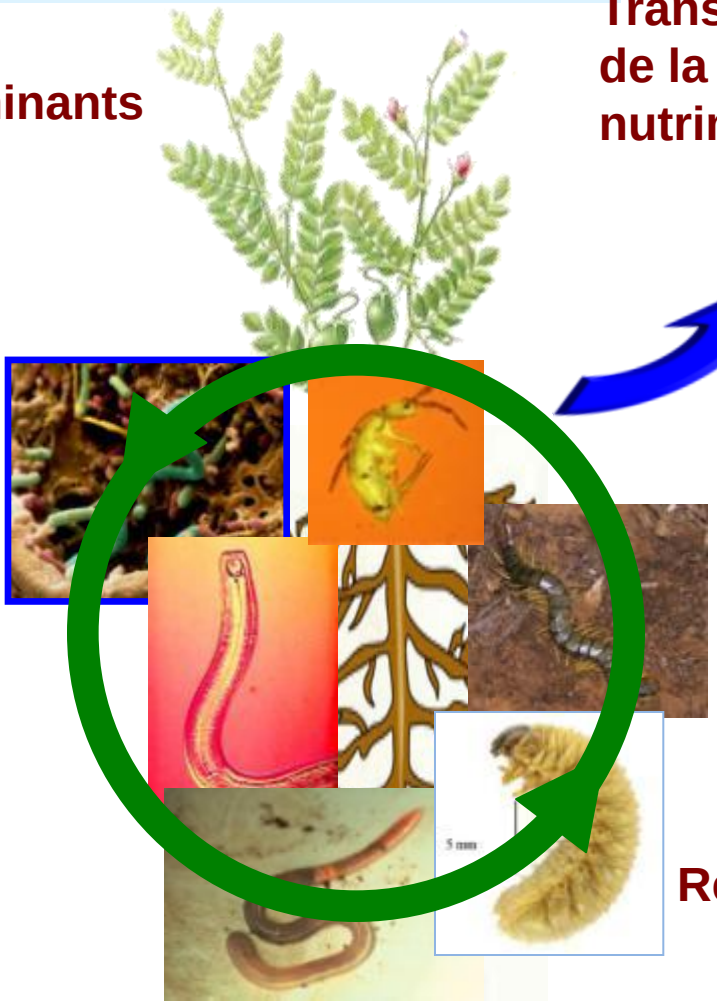
µm | mm

Blanchard, 2012, modifié de Swift et al. (1979)

Les 4 grandes fonctions biologiques

Dégradation des contaminants

Transformation et évolution de la MO - Recyclage des nutriments



Structuration des sol

Régulation des populations

SERVICES ECOSYSTEMIQUES

2004 : le contexte européen et national du lancement du programme

- **Au niveau européen : un intérêt grandissant pour les sols et la biodiversité des sols**
  - Communication sur les sols (2002) et mise en place groupes de travail EU (intégrant la biodiversité des sols)
  - Reconnaissance de l'importance des rôles exercés par les organismes du sol

  ➔ Projet de Directive Cadre pour la protection et/ou la surveillance des sols… (2004)

- **Au niveau national**
  - Démarrage du Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (GIS Sol)
  - AFNOR : développement de normes pour juger du « bon état écologique des masses d'eau » (DCE) et émergence de projets sur la qualité biologique des sols
  - Résultats d'autres programmes (ex : GESSOL, PNETOX) : les organismes du sol réagissent rapidement aux pressions environnementales



➔ des connaissances MAIS peu d'articulation à l'échelle nationale

➔ Le programme Bioindicateur

Objectifs initiaux du programme

- Acquisition de connaissances, mise en réseau et renforcement de l'expertise nationale
- Obtention d'un retour d'expérience sur les bioindicateurs
- Détermination de la pertinence des bioindicateurs pour différentes applications
- Définition de batteries de bioindicateurs pertinents
- Développement de valeurs de référence



Le programme ADEME « Bioindicateurs de qualité des sols) (2004-2012)

Phase 1



Indicateurs Microbiens
Quantité
Activité
Structure génétique



Indicateurs Faune
Quantité
Composition communautés
Bioaccumulation





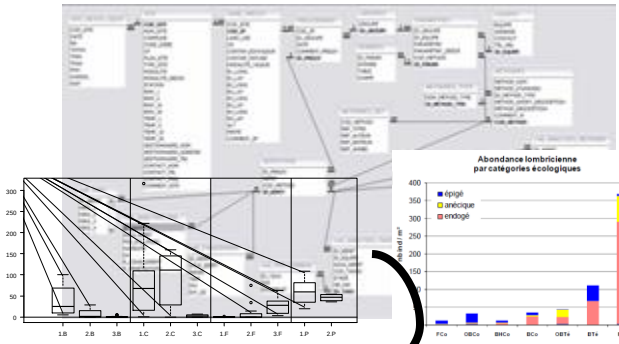
Indicateurs Flore
Marqueurs d'exposition
Bioaccumulation





13 sites « atelier »
Sites agricoles
Sites forestiers
Sites contaminés

Base de données
Traitement de données



Proposition d'indicateurs & référentiels

D'après : G. Péres, coordinatrice du programme (Université de Rennes 1)



Paramètres biologiques mesurés

1) Paramètres microbiens



Indicateurs de quantité

-Globaux (Bm, ADN)

-Non globaux (Bactérienne, champignons, pseudomonas)

Indicateurs d'activité

- Diversité métabollique potentielle
- Fonctions métabolliques (respiration, minéralisation)
- Activités Enzymatiques

Indicateur de structure génétique

-PCR TTGE (Bactérie, Champignon)

-PCR Empreinte ARISA (Bactérie)

2) Paramètres faune



Indicateurs globaux

-Macrofaune totale, IGQS, IBQS

Indicateurs -> mesure de communautés

- Lombricien,
- Collemboles, acariens
- Nématofaune







Indicateur -> mesure sur individu

- Biomarqueur moléculaire
- Bioaccumulation



3) Paramètres flore



Indicateurs -> état de l'écosystème

- Dendrochimie

Indicateurs -> effets individuels

- Lipides foliaires, photosynthèse
-Teneur en Acides Aminés
-Bioaccumulation des ETM







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

Localisation des sites



13 sites et 47 contextes (modalités)

Metaleurop (Contamination diffuse, Fonderie)

Yvetot (Prairie)

GIS- FI (HAP)

Feucherolles - QualiAgro (Déchets Organiques)

ANDRA(Site cultivé)

- **s. forestiers**
- **s. contaminés**
- **s. agricoles**

Thil (Travail du sol)

Crassier (métaux)

Gotheron (Phyto)

Auzon (Arsenic, Industrie phyto)

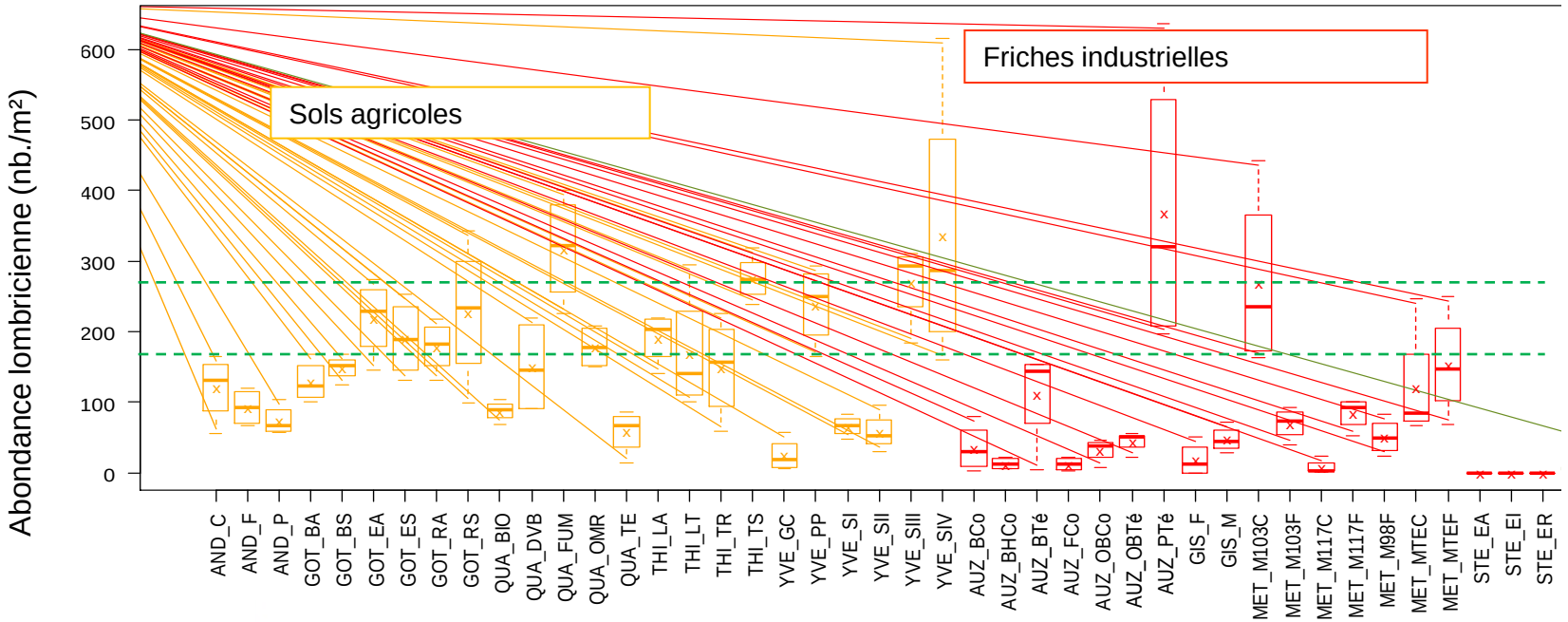
Quelques illustrations des résultats



1 - Référentiels



Gammes de variation des valeurs



- Implémentation d'une base de données
- Référentiel = Outil d'évaluation de dégradation de l'état biologique



2 – Sensibilité des indicateurs

Exemple : paramètres microbiens

Analyse univariée (Kruskall- wallis) ⟶ Score

0 Réponse non significative

1 Réponse significative à 5%

→ **Score Total**

Ubiquiste

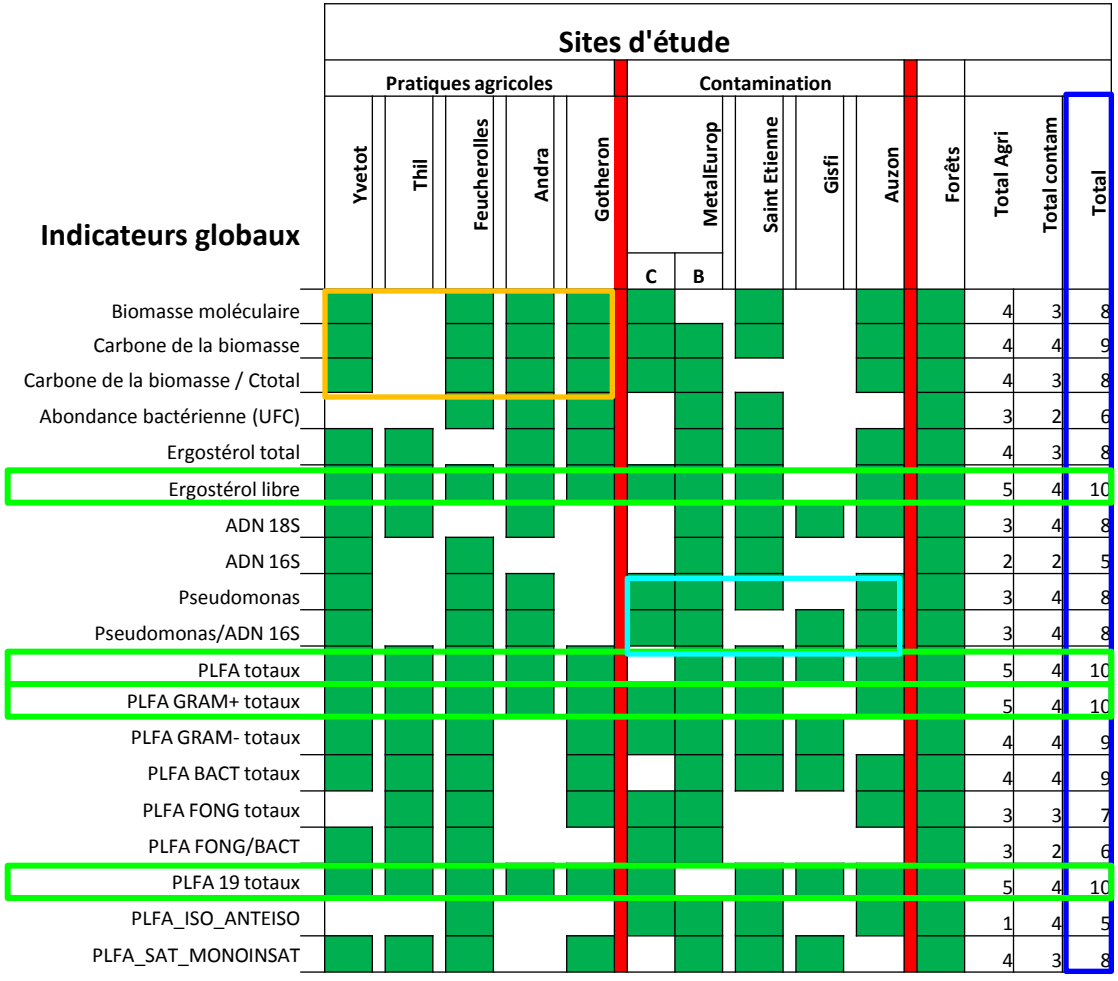
- Biomasse fongique (Ergosterol libre)
- Biomasse bactérienne et fongique (PLFA totaux)

Spécifique – Sols Agricoles

- Biomasse (moléculaire, Carbone)

Spécifique – Sols Contaminés

- Abondance bactérienne (Pseudomonas)

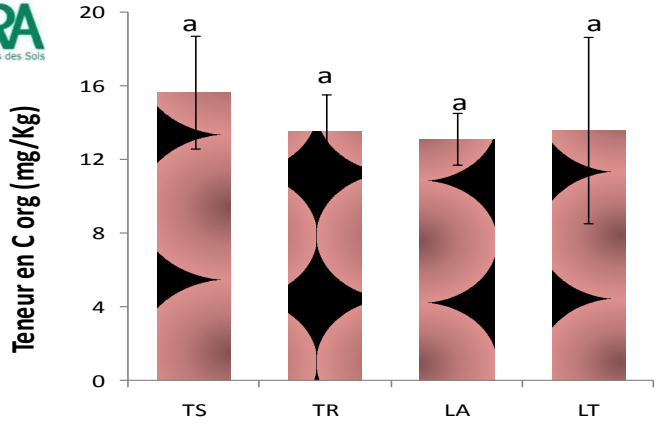


(Gattin et al., 2013)

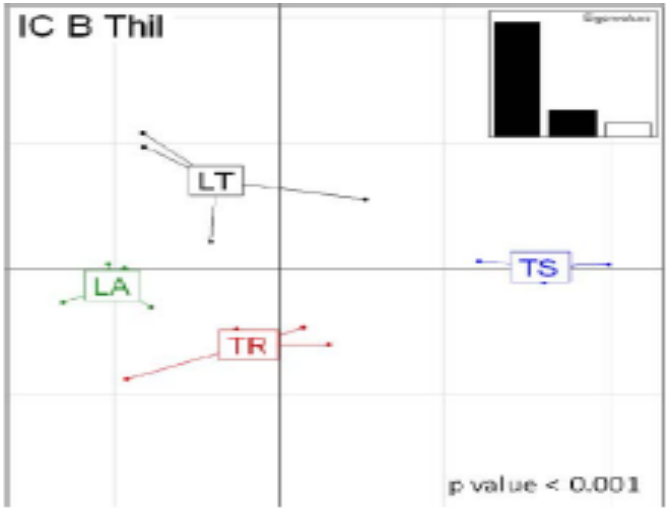
3- Complémentarité des indicateurs chimiques et biologiques

Site de Thill : impact de la réduction du travail du sol

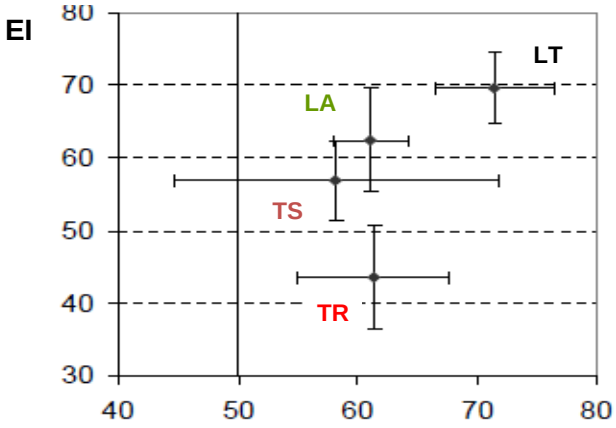
Teneur en carbone organique du sol



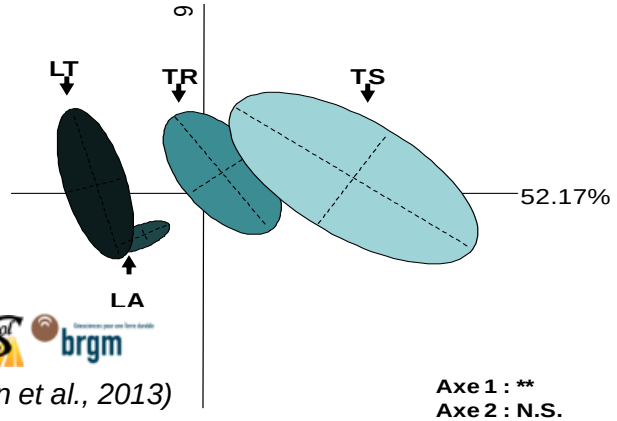
Diversité microbienne (empreinte ADN)



Diversité fonctionnelle (Nématodes)



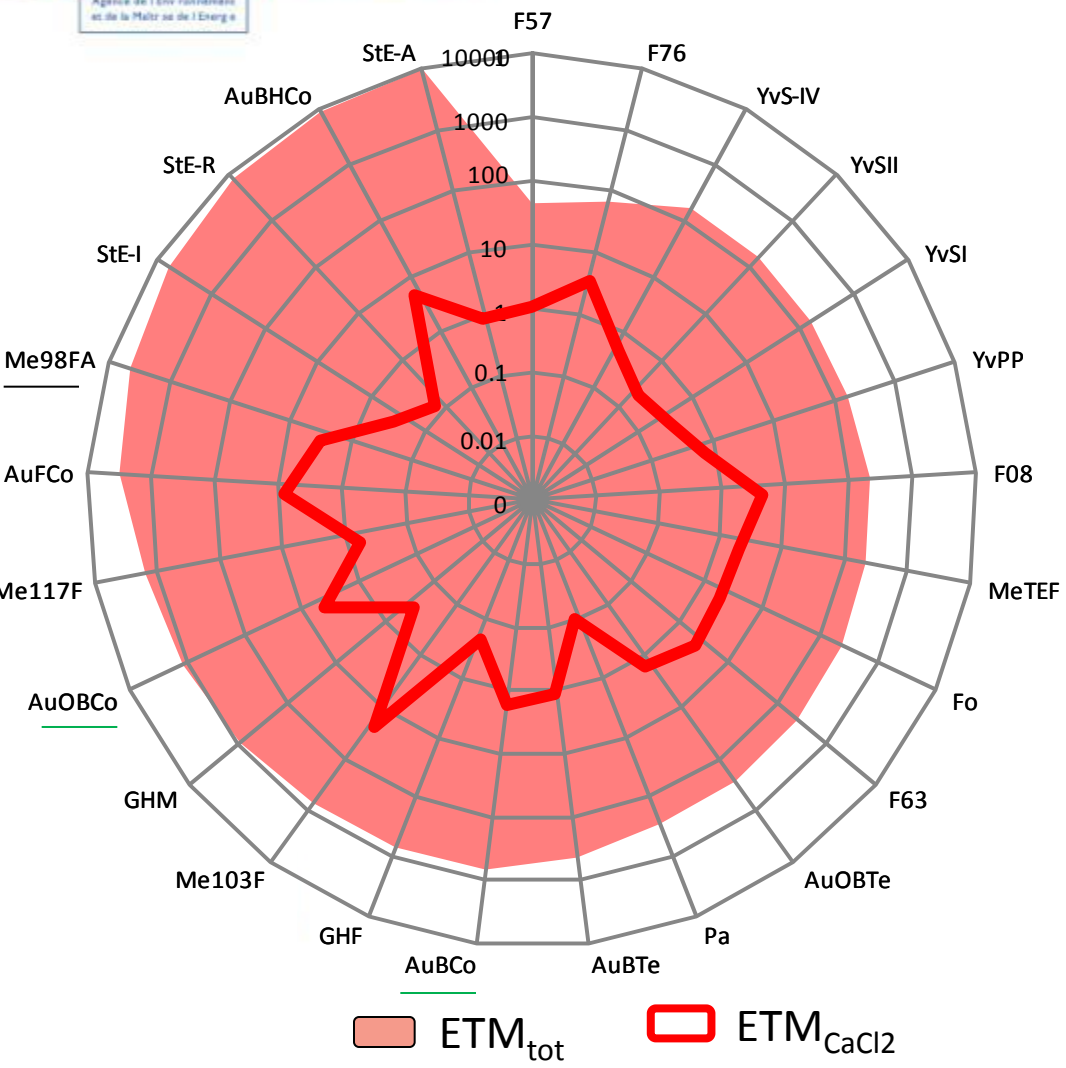
Activités enzymatiques (13 activités enzymatiques)



(Gattin et al., 2013)

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

3- Complémentarité des indicateurs chimiques et biologiques



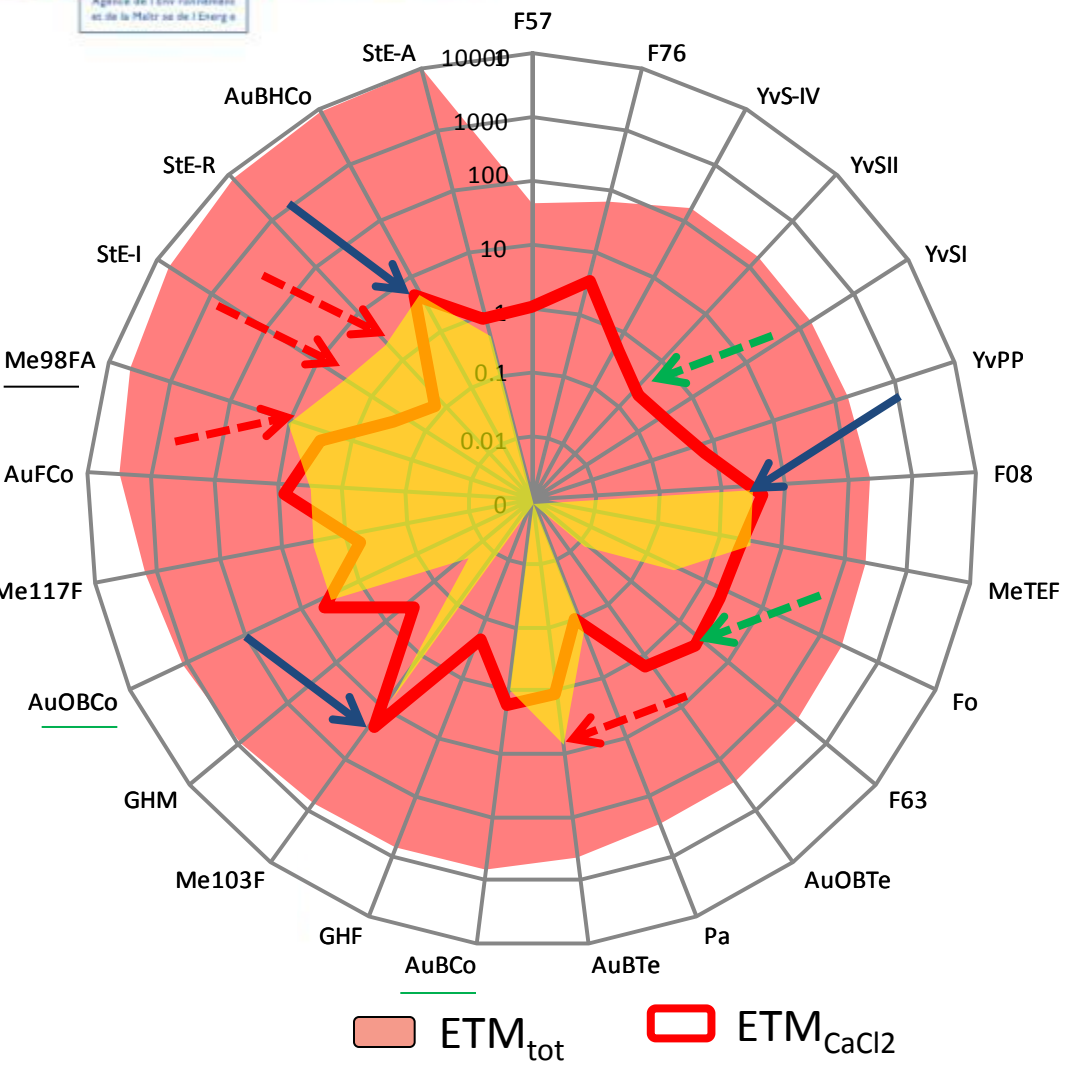
Question :

Les analyses physico-chimiques rendent-elles comptent de la biodisponibilité des ETM

(de Vaufleury et al., 2012)



3- Complémentarité des indicateurs chimiques et biologiques



Indicateurs d'accumulation

SET : Somme des Excès de Transfert (escargots)

→ **En accord** avec la Physico-chimie

-- > autre indication

↳ transfert vers le biologique

↳ absence de transfert

→Outils de diagnostic (Biodisponibilité)

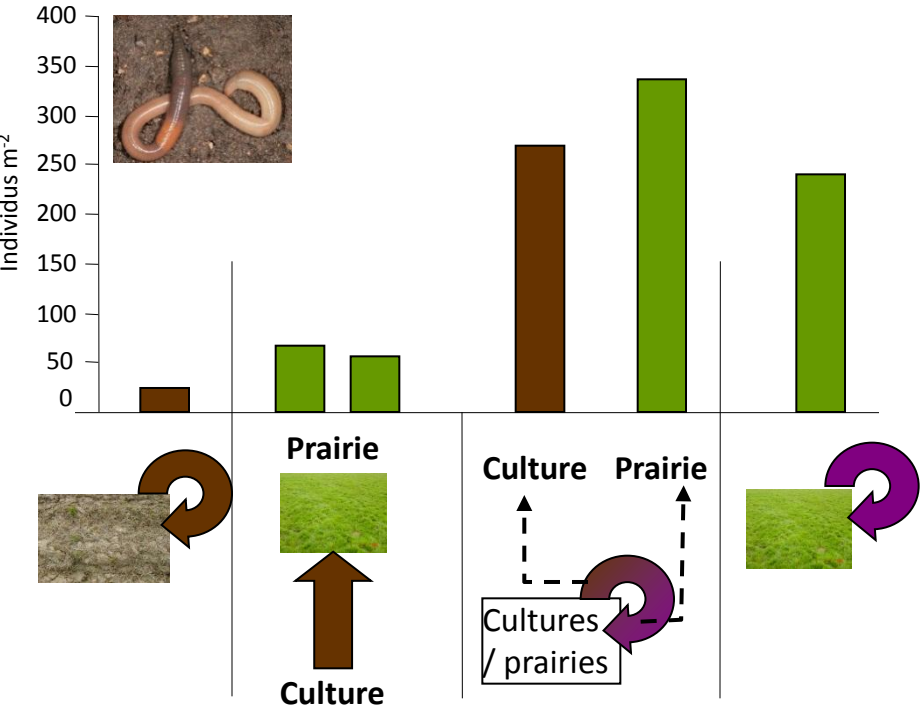
(de Vaufleury et al., 2012)



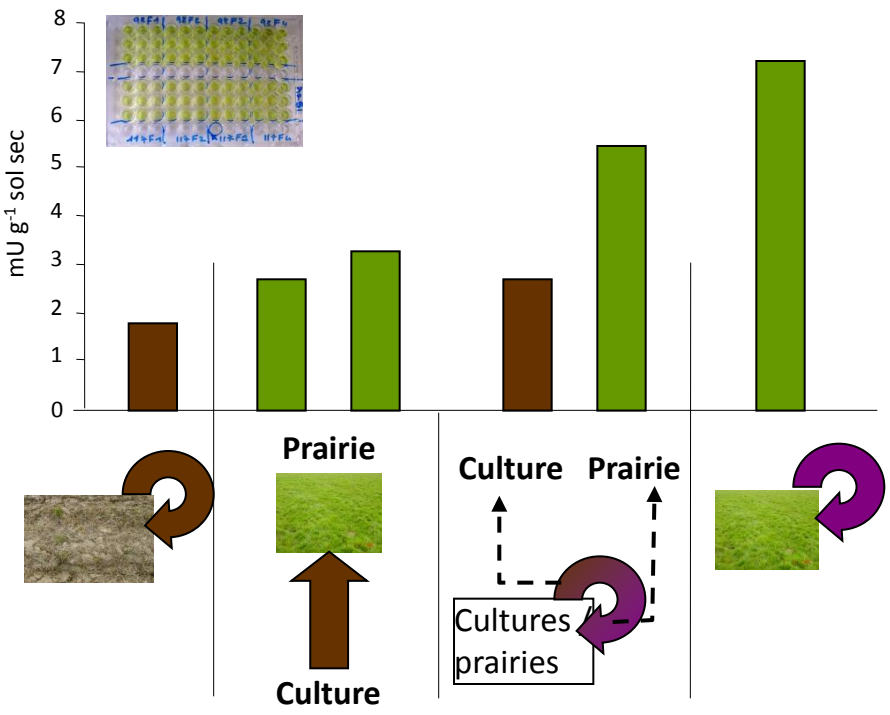
4- Restauration de la composante biologique

Site Yvetot : Rotation prairies/cultures

Abondance lombricienne



Activité enzymatique arylsulfatase (Cycle du soufre)

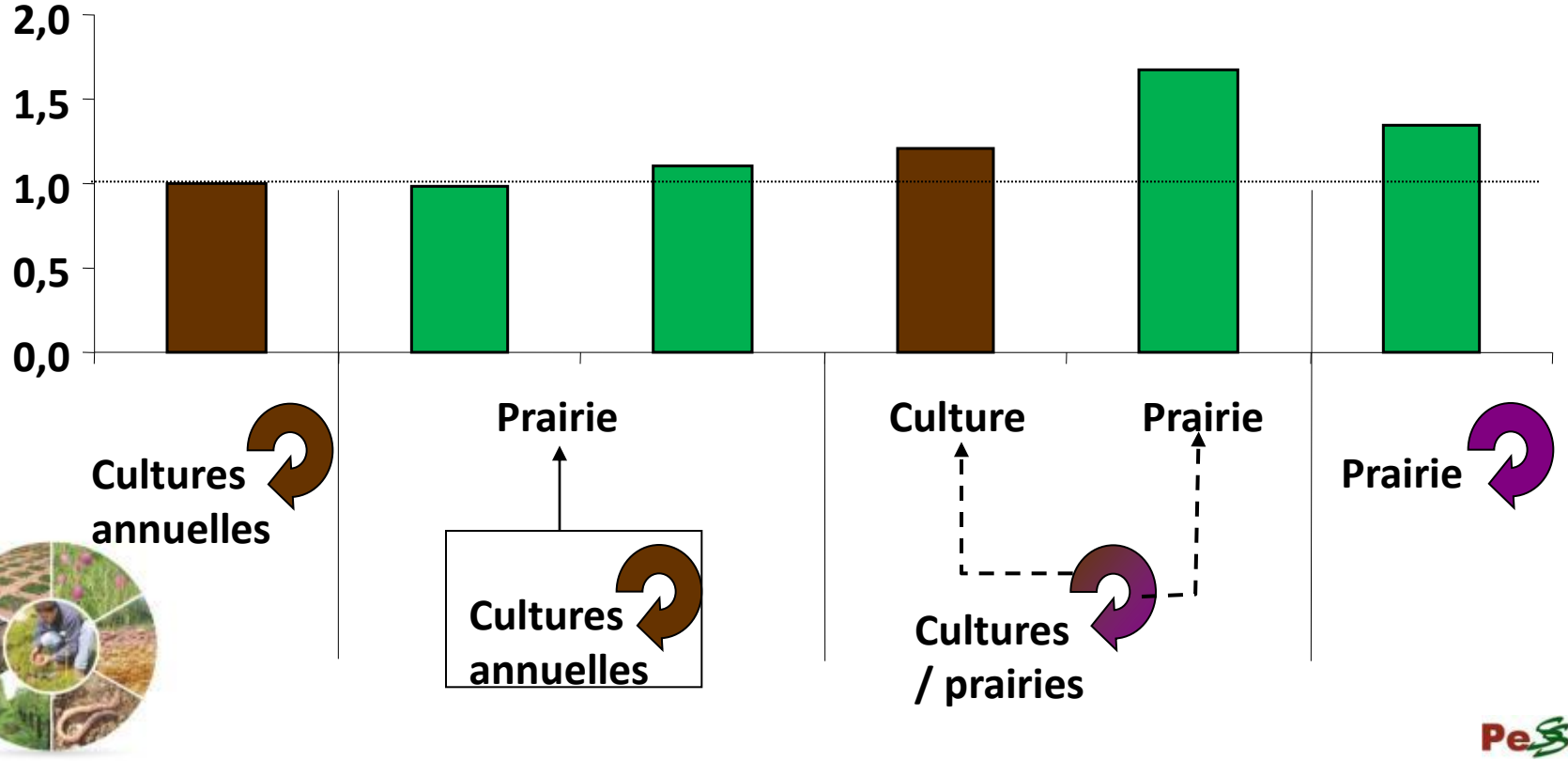


(Hedde et al., 2012)

5 - Lien avec les services écosystémiques

- Agrégation mathématique indicateurs biologiques, comparaison à une référence locale (Rutgers *et al.*, 2012)

  ➔ Premier pas vers les services écosystémiques potentiels



(Hedde et al., 2012)



Synthèse

Quels indicateurs pour quels objectifs en milieu agricoles et forestier?

Besoins	Famille	Paramètres
Gestion de la matière organique	Microbiologie	Abondance : biomasses bactérienne & fongique Diversité des communautés (ARISA, PLFA) Activités : minéralisation C&N, ergosterol
	Faune	Abondance des lombriciens Diversité fonctionnelle des nématodes
Effet des différentes pratiques (labour, système de culture, rotations)	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)



Synthèse

Quels indicateurs pour quels objectifs en milieu agricoles et forestier?

Besoins	Famille	Paramètres
Sols forestiers (premiers éléments)	Microbiologie	Abondance : biomasses bactérienne & fongique Diversité des communautés Activités : laccases, lipases, galactosidase
	Faune	Diversité fonctionnelle des nématodes Diversité des collemboles et des acariens IBQS
Surveillance	Microbiologie	Abondance : biomasses bactérienne & fongique Diversité des communautés *Option : activités C, N, P, S*
	Faune	Diversité fonctionnelle des nématodes Abondance et diversité fonctionnelle des lombriciens *Option : Diversité des collemboles et acariens (sols de forêt)*

Les suites en cours

- **Valorisation réalisées**
  - Normes internationales (stratégie d'échantillonnage, échantillonnage, analyses)
  - Fiches « outils »

http://www.ademe.fr


FICHEOUTIL F2

Les vers de terre

FICHEOUTIL FI

Les escargots

DESCRIPTION DE L'INDICATEUR

FICHEOUTIL MI

Les activités enzymatiques

DESCRIPTION DE L'INDICATEUR

DESCRIPTION DE LA MÉTHODE

- **Poursuivre l'exploration de la base de données**
  - Liens entre les différents indicateurs
  - Développement de référentiels et d'indices



Les suites en cours

- **Valorisation à venir**
  - **Interface web (présentation des bioindicateurs, référentiels, outil d'aide au choix des indicateurs, listes prestataires …)**





  - **Guides techniques/films/protocoles & kits de prélèvement….**
  - **Ouvrage de synthèse et articles**



Les enseignements

- Les sols ne sont pas morts… et des solutions existent pour améliorer leur statut biologique
- Les bioindicateurs sont complémentaires des analyses physico-chimique (ne s'y substituent pas)
- Les outils sont disponibles et mûrs…
- Les prestataires existent déjà… avec des prix comparables aux analyses physico-chimiques…



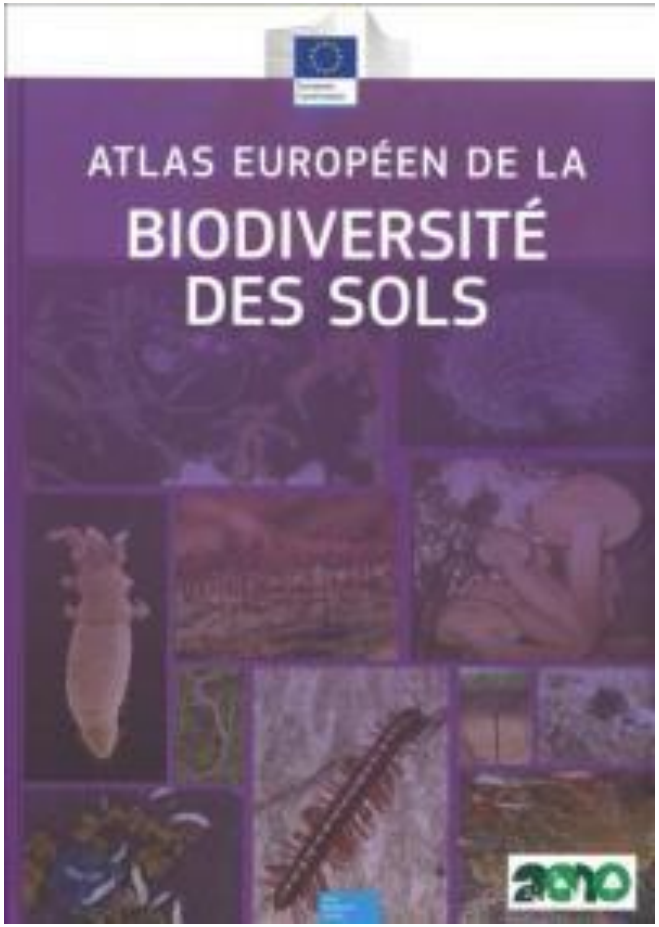
La bioindication, c'est déjà possible et ce sera nécessaire pour piloter des systèmes agroécologiques

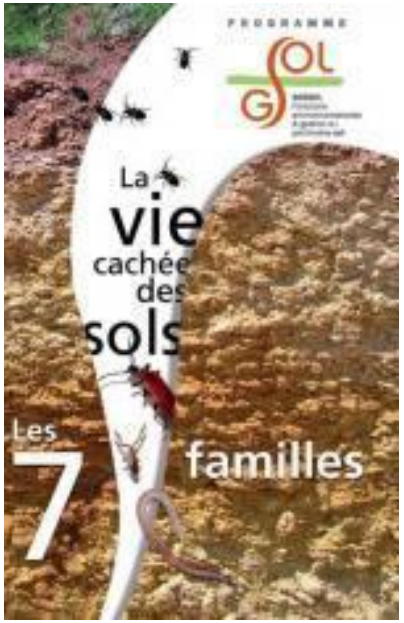


Merci de votre attention

http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/ADEME-Bioindicateur

De la recherche vers le grand public





www.gessol.fr