



***Des indicateurs pour évaluer
la qualité des sols et
éclairer les décisions de gestion***

Antonio BISPO
ADEME - Service Agriculture & Forêt
antonio.bispo@ademe.fr
Sols vivants – 19 Juin 2012

La qualité des sols ? Les qualités d'un sol ?

- Définitions multiples de la **qualité des sols** (soil quality - soil health) : *capacité d'un type de sol à fonctionner au sein d'un écosystème et d'un usage, permettant la production biologique, le maintien de la qualité de l'environnement et la préservation de la santé des plantes, des animaux et de l'Homme (Doran et Parkin, 1994)*
- Les qualités ou les propriétés recherchées sont **différentes pour chaque usage** (=> qualité pour quoi faire ?)
- Les notions de **durabilité** et de **services/fonctions** s'ajoutent peu à peu aux définitions (ne pas compromettre les usages futurs)

Choix d'indicateurs ? (adapté de Doran et Safley, 1997)

Idéalement, ils doivent être **liés ou corrélés** aux propriétés complexes du sol qu'on cherche à surveiller,

- être validés scientifiquement (ex : les variations naturelles de l'indicateur liées par exemple au climat doivent être identifiées),
- pouvoir rendre compte des méthodes de gestion des sols,
- être mesurées avec précision, fiabilité, et robustesse, et si possible, reposer sur des méthodes acceptées et partagées par tous,
- être faciles à utiliser (échantillonnage et détermination) et à interpréter,
- être déjà intégrés dans des bases de données existantes
- bien évidemment, être peu chers. . .

Des indicateurs utilisés depuis toujours (Ethnopédologie)

N. Barrera-Bassols, J.A. Zinck / Geoderma 111 (2003) 171–195

179

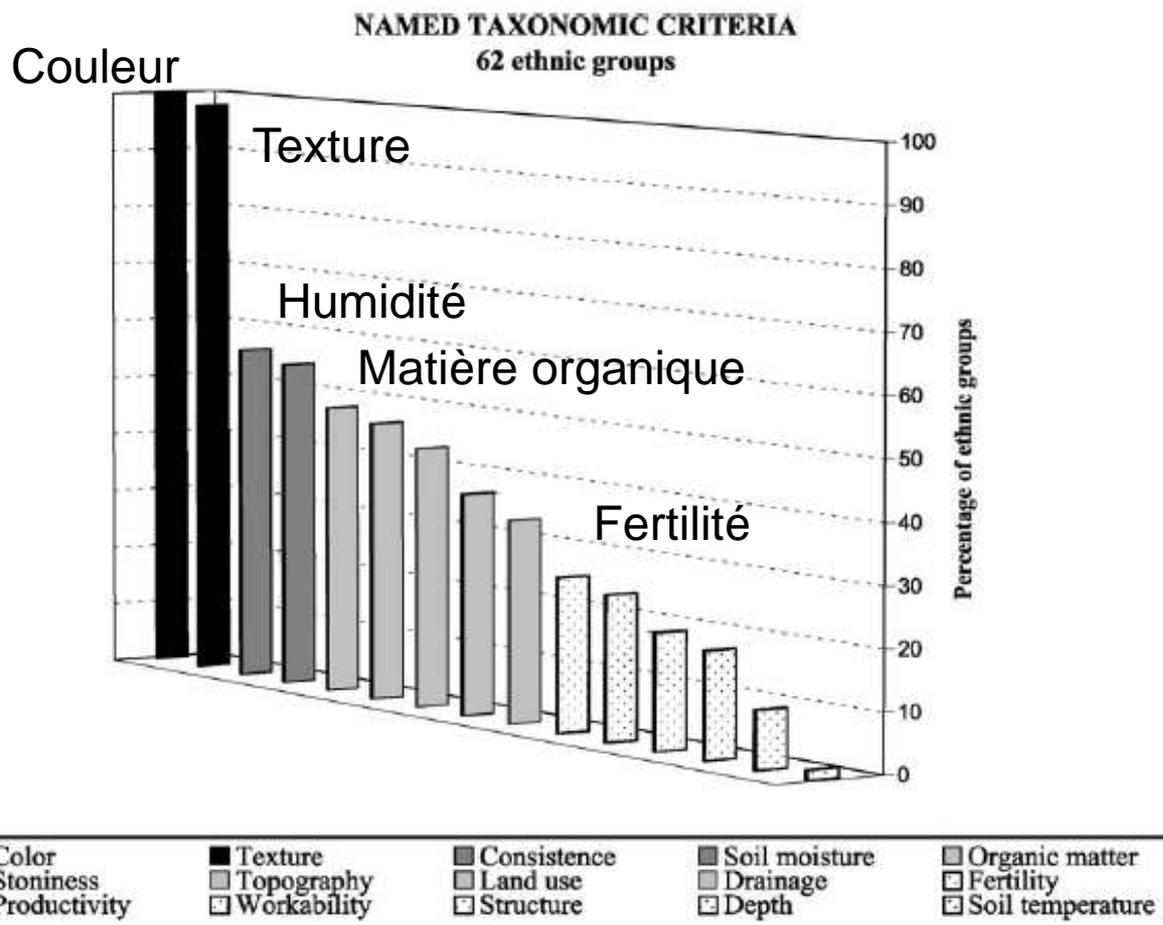


Fig. 3. Characteristics and qualities used by local peoples to classify soils.

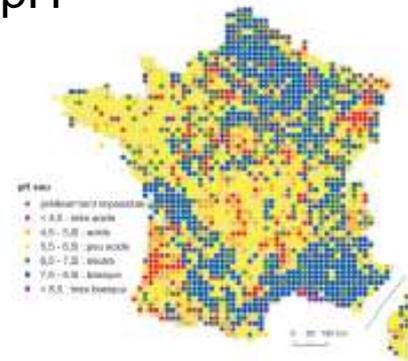
Exemple d'indicateurs

Propriétés	Indicateurs possibles
Physiques	Profondeur du sol, couleur, texture, structure, stabilité structurale, état de surface, masse volumique, porosité, perméabilité, humidité du sol, minéralogie, résistance à la compaction...
Chimiques	<p><u>Paramètres « agronomiques »</u> : pH, teneur en matière organique, fractionnement de la matière organique, quantité de calcaire actif, potentiel rédox, capacité d'échange cationique, teneur en éléments majeurs (N, P, K, Mg, Fe, Al) et en oligoéléments (Cu, Mg, Mn, Zn)</p> <p><u>Paramètres « environnementaux »</u> : teneur en contaminants métalliques (Cd, Hg, Pb) et organiques (hydrocarbures, pesticides, polychlorobiphényles)...</p>
Biologiques	<p><u>Microflore du sol</u> : dénombrements bactériens et fongiques, diversité basée sur des profils d'acides gras phospholipidiques (PLFA) ou des empreintes moléculaires, activités totales (respiration) ou spécifiques (nitrification), présence de mycorhizes, ergostérol...</p> <p><u>Faune du sol</u> : diversité et abondance des lombriciens, des collemboles, des acariens, des nématodes, activité de la faune du sol (dégradation de la litière, nombre de galeries, présence de turricules)...</p>

Indicateurs-physicochimiques

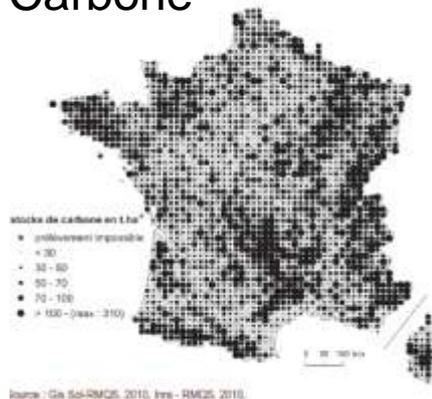
- De nombreux indicateurs mesurés en routine
- Des bases de données nombreuses (ex : BDAT, RMQS) (*D. Arrouays*)
- Des référentiels d'interprétation connus...

pH



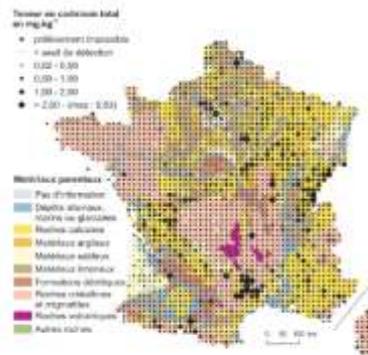
Source : Gs del, RMQS, 2011.

Carbone



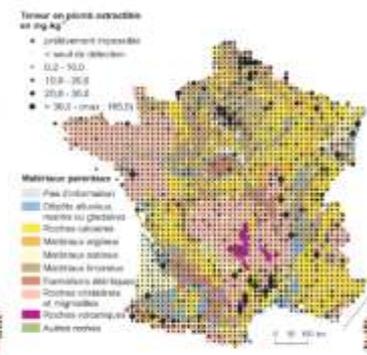
Source : Gs Sol-RMQS, 2010; Inra - RMQS, 2010.

Cd

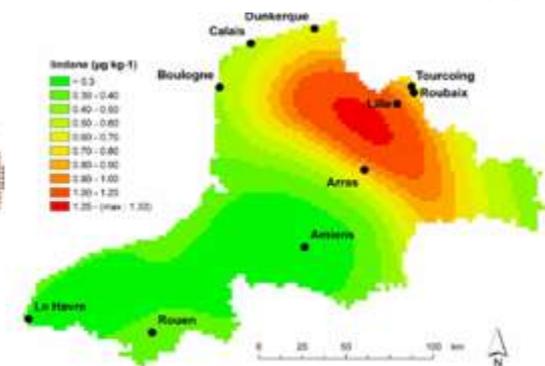


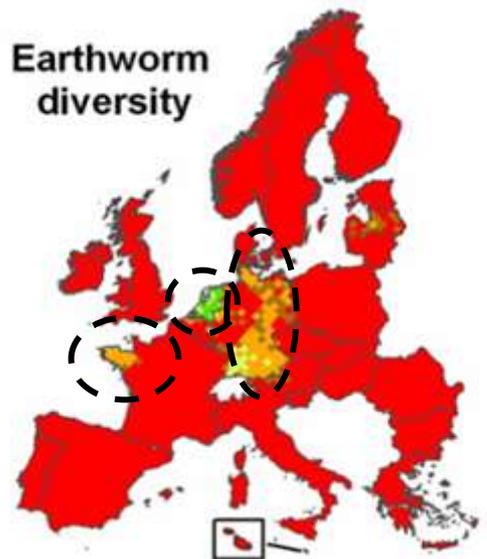
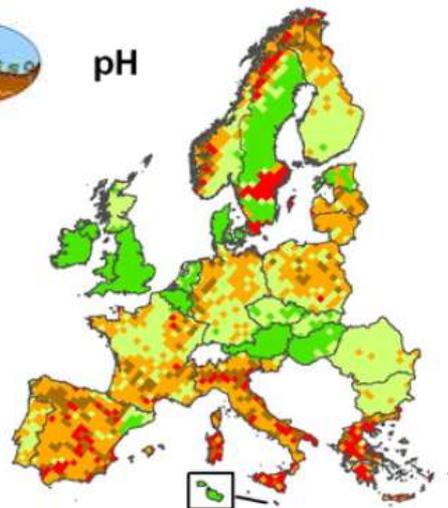
Source : Gs Sol-RMQS, 2011.

Pb



Lindane





Disponibilité des indicateurs biologiques

- Programme EU ENVASSO (2007)
 - Recenser les réseaux de surveillance de la qualité des sols
 - Lister les indicateurs utilisés
 - Proposer une homogénéisation EU
- Bilan
 - Indicateurs physico-chimiques très utilisés, partout en EU
 - Très peu d'analyses biologiques récurrentes (D, NL, F)

Quels indicateurs biologiques ?

Les rôles de la biodiversité du sol

La biodiversité du sol assure le fonctionnement du sol et des écosystème. Si les organismes du sol peuvent être classés suivant leur taille, ils peuvent aussi être regroupés selon leurs rôles, et ceci de différentes manières.

Régulateurs
sur leur activité. La présence d'une diversité de prédateurs permet par exemple de limiter la prolifération de certains champignons ou bactéries pathogènes des cultures.

Ingénieurs physiques
ainsi que le transfert de l'eau.

Ingénieurs chimistes
dégradation des polluants organiques comme les hydrocarbures et les pesticides.

1- Mille-pattes
2- Taupes
3- Champignons
4- Carabe
5- Colémboule
6- Escargot
7- Acarien
8- Ver du terre
9- Larve d'insecte
10- Nématode © C. Chen, NRA
11- Pseudo-scorpion
12-13-15 - Bactéries du sol
© Karl Ritz, Cranfield Univ, UK
14- Algue
© Karl Ritz, Cranfield Univ, UK

Chaque année, les organismes du sol peuvent recycler 25 t de matière organique sur une surface équivalente à un terrain de football, soit plus de 7 000 m².

- De nombreux candidats possibles !
(voir S. Barot)

- Quels critères de choix ?

- Protocole
- Validation
- Référentiel

Illustration issue de : La vie cachée des sols – Programme GESSOL
(téléchargeable sur : www.gessol.fr)

Le programme ADEME « Bioindicateurs de qualité des sols) (2009-2012)

Indicateurs Microbiens

Quantité
Activité
Structure génétique



Indicateurs Faune

Quantité
Composition communautés
Bioaccumulation



(Macrofaune, ver de terre, collemboles, acariens, nématodes)

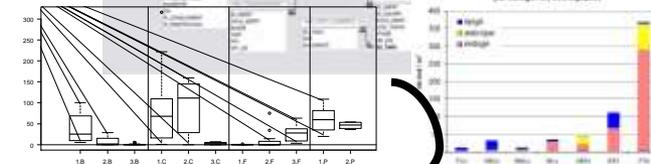
Indicateurs Flore

Marqueurs d'exposition
Bioaccumulation



13 sites atelier

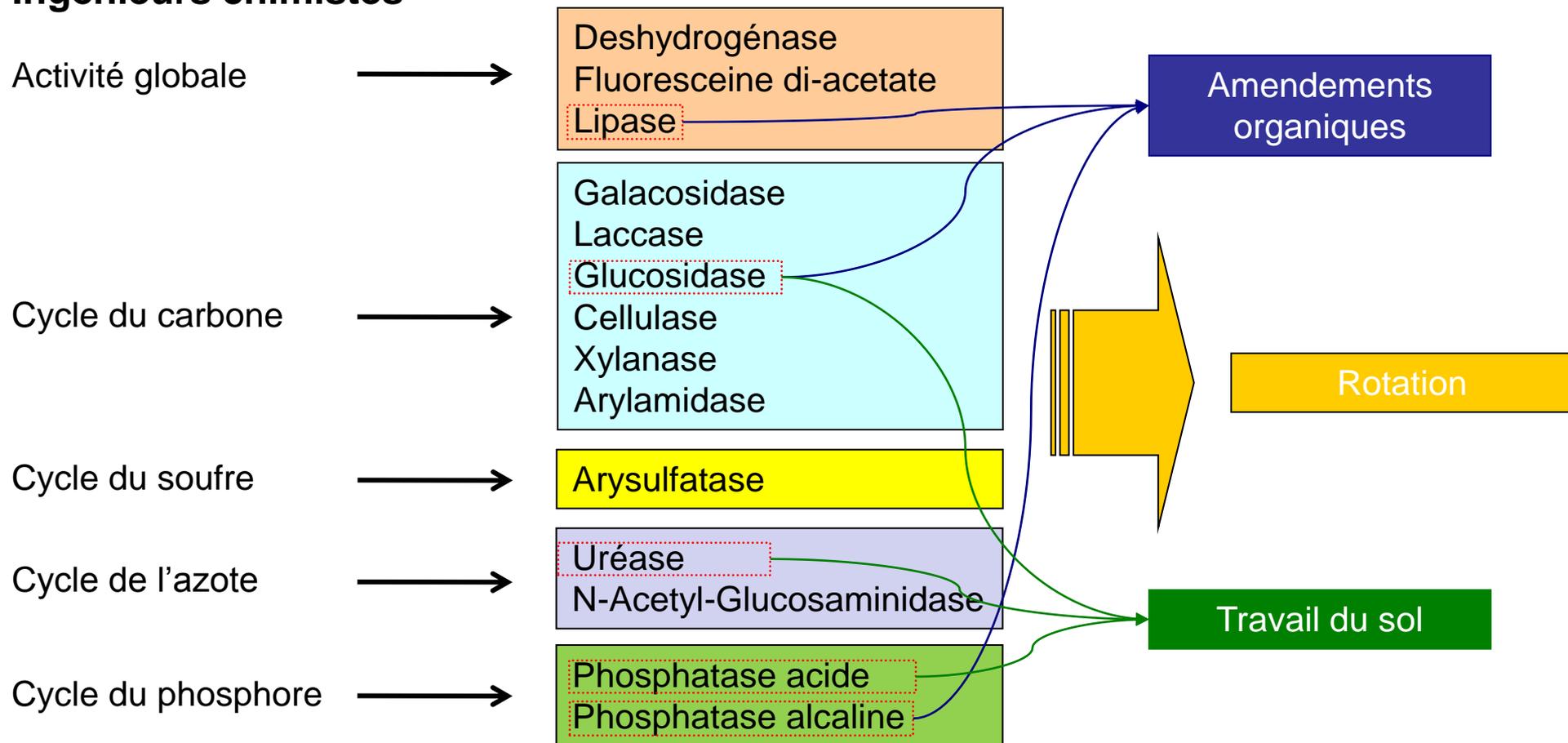
Sites agricoles
Sites forestiers
Sites contaminés



Proposition d'indicateurs & référentiels

Quelques premiers résultats (1) Activités bactériennes

Ingénieurs chimistes



Quelques premiers résultats (2) Faune du sol

Ingénieurs physiques

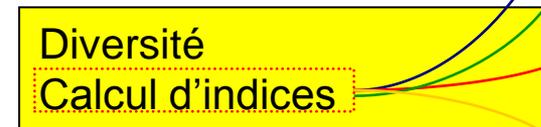
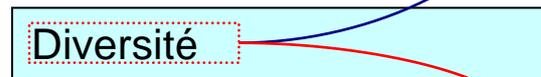
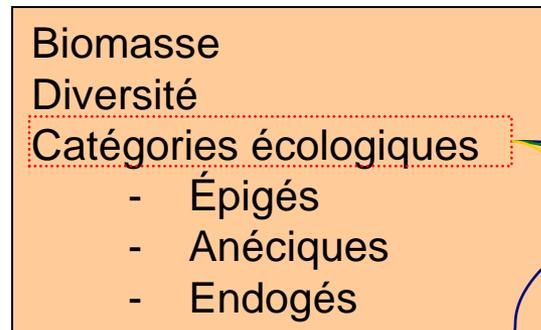
Vers de terre →

*Macrofaune totale
 (analyses en cours)*

Régulateurs

Collemboles &
 acariens →

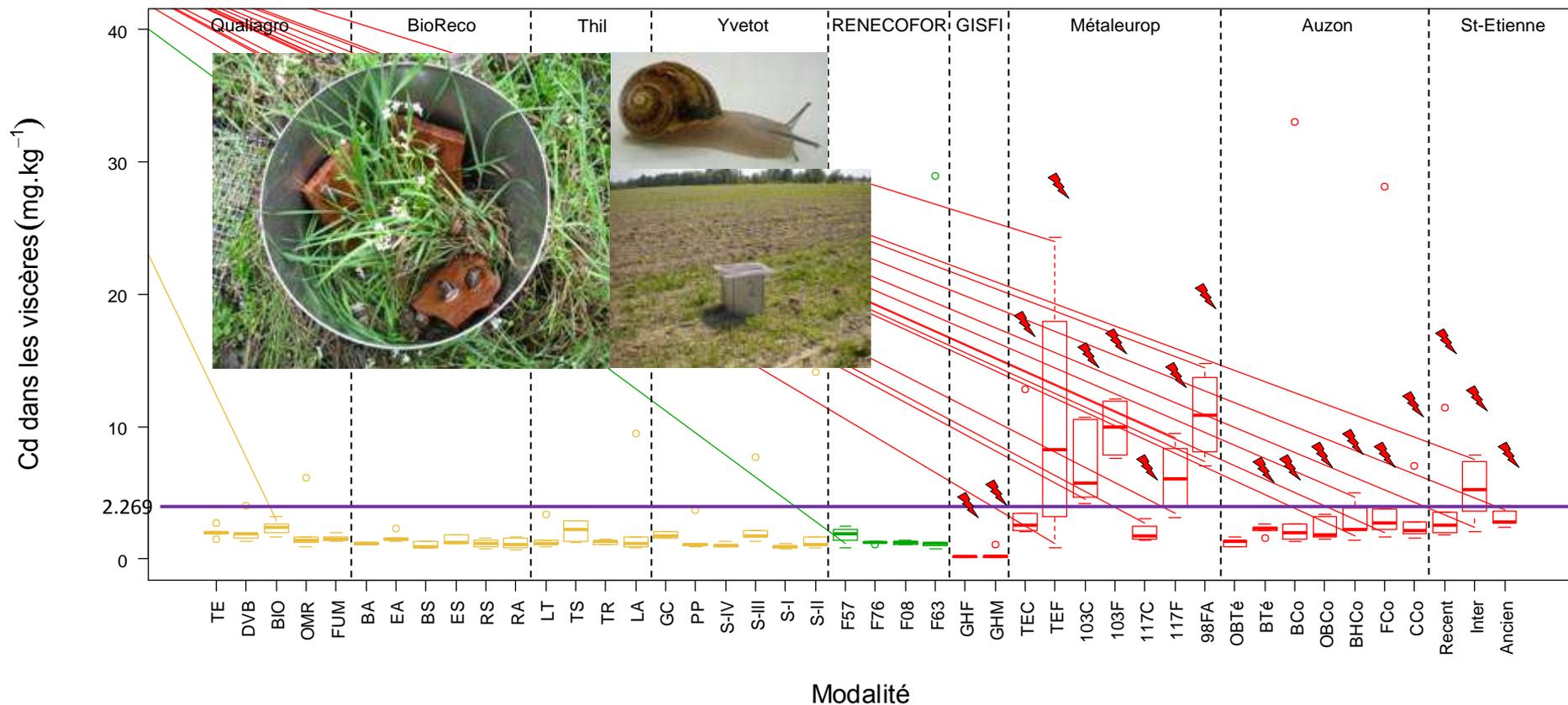
Nématodes →



Quelques premiers résultats (3) Transfert de contaminants

- Sites agricoles
- Sites forestiers
- Sites industriels
- Sol contaminé

Concentration en Cd dans les viscères



- **Proposition d'indicateurs**
 - *Pertinents pour **différentes questions***
 - *Possibilité de définir des **batteries type***
 - *Premiers **référentiels** pour interpréter les données*
- **Limites**
 - *Validation obtenue « que » sur 13 sites... mais existence d'autres programmes dont les résultats sont à considérer*
 - GIS SOL (National)
 - CASDAR Agrinnov (National)
 - GESSOL (National)
 - OPTV (National)
 - ENVASSO (EU)
 - EcoFinders (EU)

- **Freins principaux au développement : l'identification et l'interprétation...**
 - Temps nécessaire à l'identification
 - Manque de spécialistes
 - Manque de laboratoires formés
 - Manque de référentiels d'interprétation accessibles
 - Liens avec le service attendu...
- **Nouveaux outils et nouvelles approches :**
 - Identification moléculaire et traits
 - Constitution de référentiels et approches plus participatives
 - A terme, ne plus regarder des individus mais ce qu'ils font (notion de services).

Identifications moléculaires & traits

MOLECULAR ECOLOGY

Molecular Ecology (2012) 21, 2017–2030

doi: 10.1111/j.1365-294X.2011.05407.x

Tracking earthworm communities from soil DNA

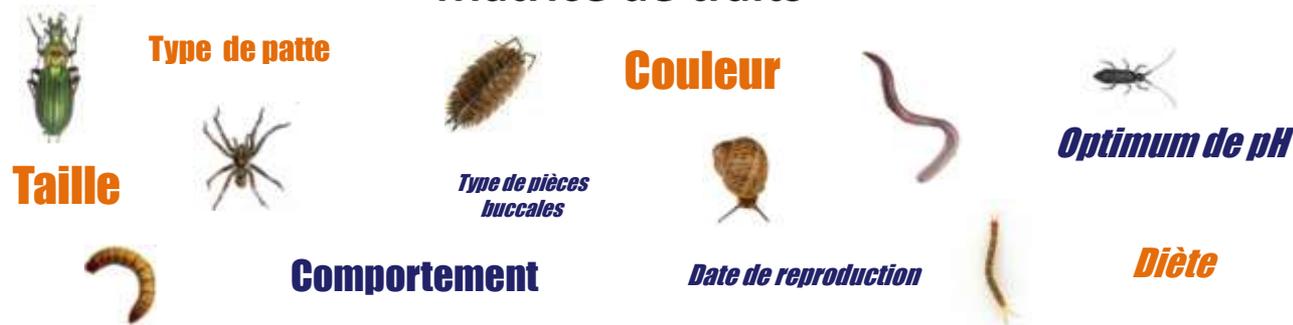
FRIEDERIKE BIENERT,* SÉBASTIEN DE DANIELI,+ CHRISTIAN MIQUEL,* ERIC COISSAC,*
 CAROLE POILLOT,* JEAN-JACQUES BRUN+ and PIERRE TABERLET*

*Laboratoire d'écologie Alpine, CNRS-UMR 5553, Université Joseph Fourier, BP 53, F-38041 Grenoble Cedex 9, France,
 +Mountain Ecosystems Research Unit, Cemagref Grenoble, 2, Rue de la Papeterie, BP 76, 38402 Saint-Martin-d'Hères, France



Projet BETSI (M. Hedde, INRA Versailles)

Matrice de traits



2 projets en cours :
 • GENOSOIL
 • TRACES

www.gessol.fr

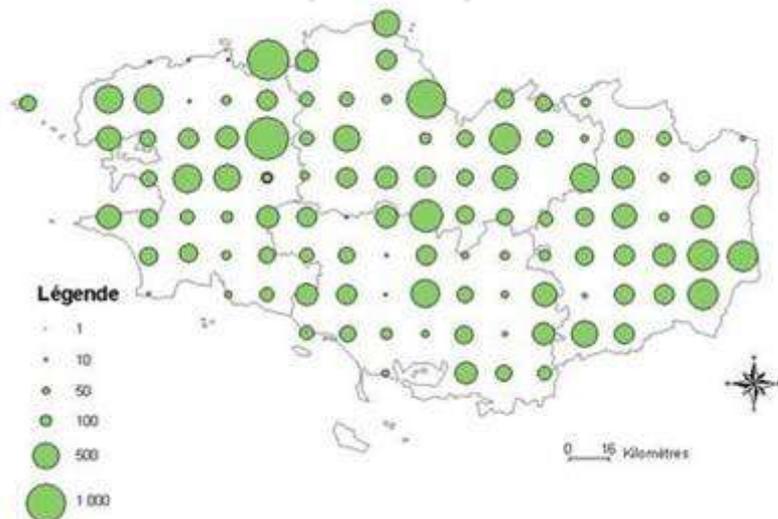
Des référentiels qui s'étoffent en lien avec le RMQS

Original article

Integration of biodiversity in soil quality monitoring: Baselines for microbial and soil fauna parameters for different land-use types

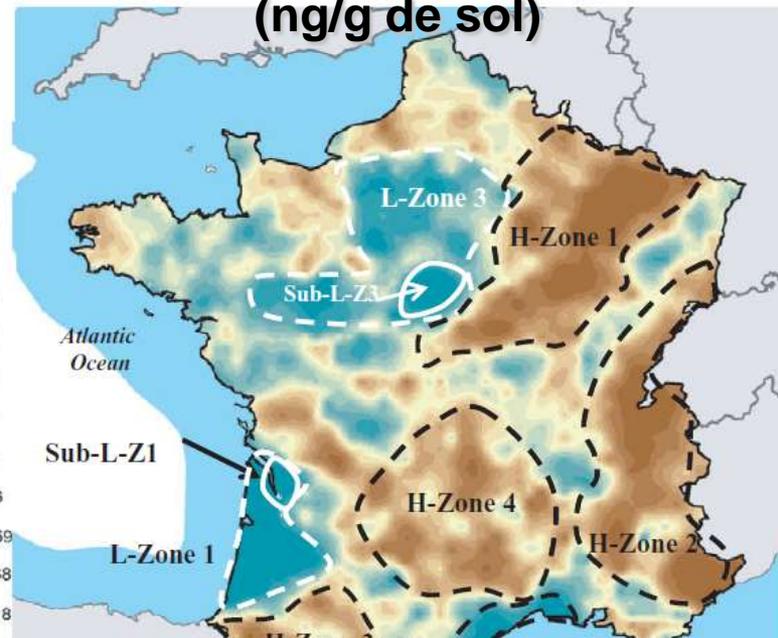
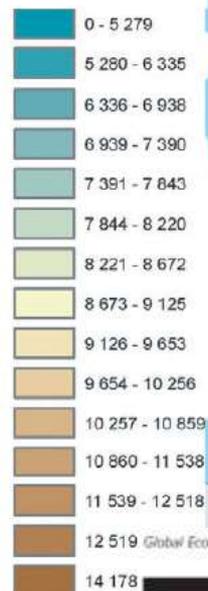
D. Cluzeau^a, M. Guernion^{a*}, R. Chaussod^b, F. Martin-Laurent^b, C. Villenave^c, J. Cortet^d, N. Ruiz-Camacho^e, C. Pernin^f, T. Mateille^g, L. Philippot^b, A. Bellido^a, L. Rougé^a, D. Arrouays^h, A. Bispoⁱ, G. Pérès^a

Abondance lombricienne (ind/m²)



Biomasse moléculaire bactérienne (ng/g de sol)

DNA recovery
ng-g⁻¹ soil



Biogeographical patterns of soil molecular microbial biomass as influenced by soil characteristics and management

S. Dequiedt^{1,2}, N. P. A. Saby³, M. Lelievre^{2,3}, C. Jolivet¹, J. Thionloue⁴, B. Tootain¹, D. Arrouays¹, A. Bispo⁵, P. Lemanceau¹ and L. Ranjard^{1,2*}



Observatoire Participatif des Vers de Terre

→ **Outil pédagogique d'observation** des **vers de terre** dans les **sols** (agricoles, naturels ou urbains) **adapté à des publics variés** (agriculteurs, scolaires, jardiniers,...)

→ **Outil pour établir de futur référentiels** en terme d'abondances lombriciennes

1. Prélèvement simplifié



2 arrosages



2. Détermination sur le terrain

Selon 3
Catégories
Ecologiques



Epigé



Anécique



Endogés

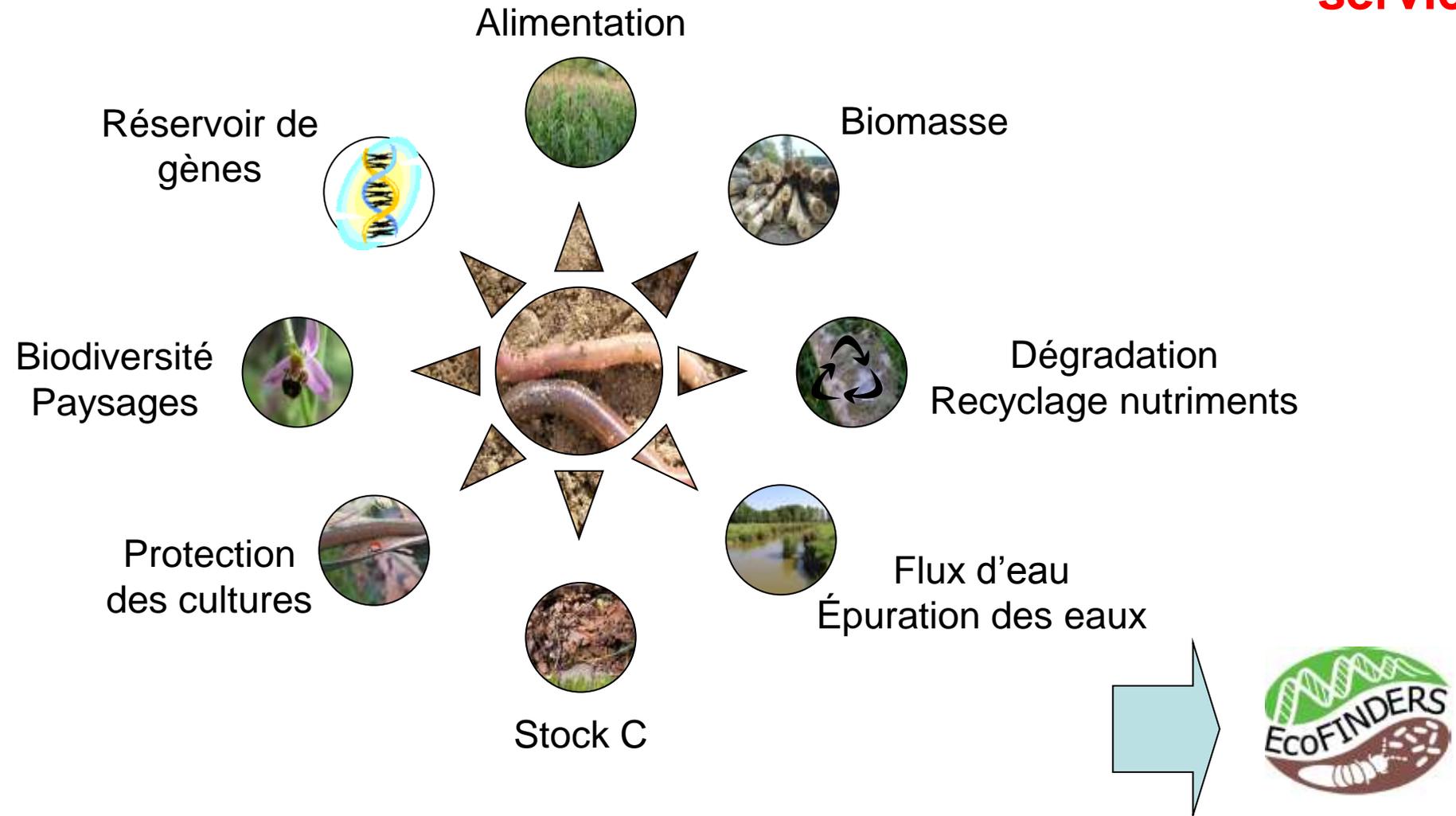


3. Saisie des données sur le site Web de l'OPVT

http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT_accueil.php

Crédits photos: A.Dewisme, université Rennes1

Liens Biodiversité des sols / services



- Intérêt croissant pour la vie des sols
- Demande en croissance sur la bioindication « sol »
- Les outils sont désormais **disponibles** et **validés**
- Les référentiels d'interprétation se constituent
- Des laboratoires se créent et/ou montent en compétence
- On peut passer à l'action...

Restitution du programme « Bioindicateurs de qualité des sols »
Rendez-vous le 16 octobre 2012
Maison de la Chimie, 28 rue Saint-Dominique, Paris



infos pratiques : <http://www2.ademe.fr>, rubrique Manifestations