



**HAL**  
open science

## Which bioindicators are suitable for soil quality monitoring and risk assessment? From relevance study to transfer tool development

Guenola Peres, Benjamin Pauget, Annette De Vaufleury, Michael Coeurdassier, Marina Leguedard, Jean-Jacques Bessoule, Samuel S. Dequiedt, Rémi Chaussod, Lionel Ranjard, Daniel Cluzeau, et al.

### ► To cite this version:

Guenola Peres, Benjamin Pauget, Annette De Vaufleury, Michael Coeurdassier, Marina Leguedard, et al.. Which bioindicators are suitable for soil quality monitoring and risk assessment? From relevance study to transfer tool development. 1st Global Soil Biodiversity Conference, Dec 2014, Dijon, France. hal-01209256

**HAL Id: hal-01209256**

**<https://hal.science/hal-01209256>**

Submitted on 29 Mar 2023

**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.



# Which bioindicators are suitable for soil quality monitoring and risk assessment? From relevance study to transfer tool development.

**G. Pérès**<sup>1,2</sup>, Pauget, B.<sup>3</sup>, De Vaufleury, A.<sup>3</sup>, Coeurdassier, M.<sup>3</sup>, Leguedard, M.<sup>4</sup>, Bessoule, J.J.<sup>4</sup>, Dequiedt, S.<sup>5</sup>, Chaussod, R.<sup>5</sup>, Ranjard, L.<sup>5</sup>, Cluzeau, D.<sup>2</sup>, Guernion, M.<sup>2</sup>, Rougé, L.<sup>2</sup>, Hedde, M.<sup>6</sup>, Cheviron, N.<sup>6</sup>, Dur, J.C.<sup>6</sup>, Nelieu, S.<sup>6</sup>, Mougín, C.<sup>6</sup>, Gattin, I.<sup>7</sup>, Gangneux, C.<sup>7</sup>, Laurent, N.<sup>7</sup>, Legras, M.<sup>7</sup>, Laval, K.<sup>7</sup>, Lepelletier, P.<sup>7</sup>, Taibi, S.<sup>7</sup>, Villenave, C.<sup>8</sup>, Faure, O.<sup>9</sup>, Hellal, J.<sup>10</sup>, Cortet, J.<sup>11,12</sup>, Beguiristain T.<sup>13</sup>, Leyval, C.<sup>13</sup>, Bodilis, J.<sup>14</sup>, Criquet, S.<sup>15</sup>, Hitmi, A.<sup>16</sup>, Ruiz, N.<sup>17</sup>, Vandenbulcke, F.<sup>18</sup>, Grand, C.<sup>19</sup>, Galsomies, L.<sup>19</sup>, Bispo, A.<sup>19</sup>

<sup>1</sup> Agrocampus-Ouest Rennes,

<sup>2</sup> University Rennes 1, France.

<sup>3</sup> Université France-Conté

<sup>4</sup> Université Victor Segalen Bordeaux 2

<sup>5</sup> INRA-Genosol, Dijon

<sup>6</sup> INRA-PESSAC, Versailles-Grignon

<sup>7</sup> ESITPA, Mont Saint Aignan Cedex

<sup>8</sup> ELISOL – IRD Montpellier

<sup>9</sup> ENS des Mines de St-Etienne,

<sup>10</sup> BRGM , Orléans cedex 2

<sup>11</sup> Univ. Montpellier III

<sup>12</sup> University Lorraine, Nancy

<sup>13</sup> LIMOS, UMR 7137 CNRS Nancy

<sup>14</sup> University Rouen

<sup>15</sup> University Aix-Marseille

<sup>16</sup> IUT de Clermont-Ferrand

<sup>17</sup> IRD Bondy,

<sup>18</sup> Université Lille,

<sup>19</sup> ADEME (French Environment and Energy Management Agency), Angers



## A large research network

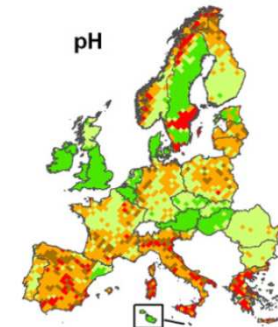
➔ large network of national experts: 22 french research teams (i.e. 70 members)



## Why do we need bioindicators ?

- ❖ Increasing degradation of soil
- ❖ Tools for soil quality assessment

→ Tools available :  
physical and chemical indicators usually used



**BUT : indicators based on biological parameters are still rare**



ADEME (French Agency for Environment and Energy Management) initiated a national research programme to develop such indicators :  
“**Bioindicator Programme**” (2006-2013).



## Objectifs of Bioindicator programme

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

- **develop and validate** methods for measuring soil biodiversity and functions
- **test the sensibility** of the bioindicators to different perturbations :
  - modification of soil uses
  - contamination,
- **calibrate bioindicators by initiating some referential values, endpoints**
- **provide and transfer relevant bioindicators and tools** to end-users (policy makers, farmers, research board) depending on the purpose
  - risk assessment
  - characterization
  - monitoring



## Strenght : test of large number of bioindicators (47)

### 1) Microorganisms

#### Parameters of quantity

- Global (Bm, DNA)
- No global (Fungial, Bacterial)



#### Parameters of activity (examples)

- Enzymatic Activities (12)
- Metabolical Functions (mineralization)

#### Parameters of diversity, genetical structure

- Bacterial, Fungial

### 3) Flora

#### Parameters -> individual effects

- Lipid Biomarkers
- Metal Bioaccumulation
- Free Amino acid content



### 2) Fauna

#### Global Parameter

- Total Macrofauna



#### Parameters → Community level

- Earthworms,
- Collembola, mites
- Nematodes



#### Parameters → Individual level

- Molecular earthworm biomarkers  
(metallothionein coding gene expression, Cd sensivity)



- Metal Bioaccumulation  
(snail, micromammal)





## Strenght : test of large number of bioindicators (47)

### 1) Microorganisms

#### Parameters of quantity

- Global (Bm, DNA) ★
- No global (Fungial, Bacterial) ★



#### Parameters of activity (examples)

- Enzymatic Activities (12) ★
- Metabolical Functions (mineralization) ★

#### Parameters of diversity, genetical structure

- Bacterial, Fungial ★

### 3) Flora

#### Parameters -> individual effects

- Lipid Biomarkers ★
- Metal Bioaccumulation ★
- Free Amino acid content ★



### 2) Fauna

#### Global Parameter

- Total Macrofauna ★



#### Parameters → Community level

- Earthworms, ★
- Collembola, mites ★
- Nematodes ★



#### Parameters → Individual level

- Molecular earthworm biomarkers ★  
(metallothionein coding gene expression, Cd sensivity)

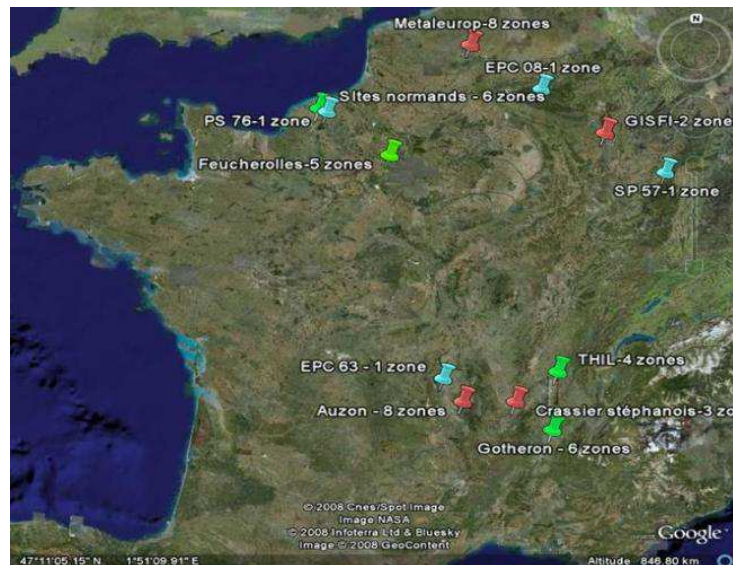


- Metal Bioaccumulation ★  
(snail, micromammal)





**13 sites → 47 plots**



ISO 23 611

**→ 188 samples**

**Forest sites**



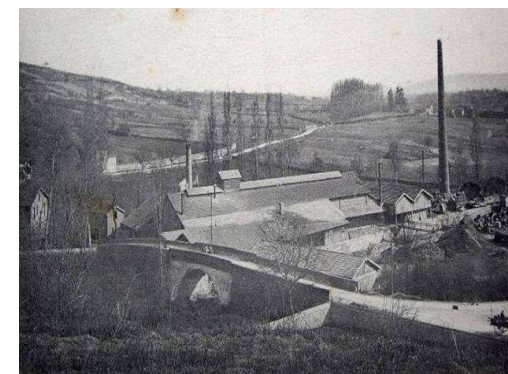
**4 sites (4 plots)**

**Agricultural sites**



**5 sites (25 plots)**

**Contaminated sites**



**4 sites (19 plots)**





**Microflora**  
Quantity  
Activity  
Genetical structure

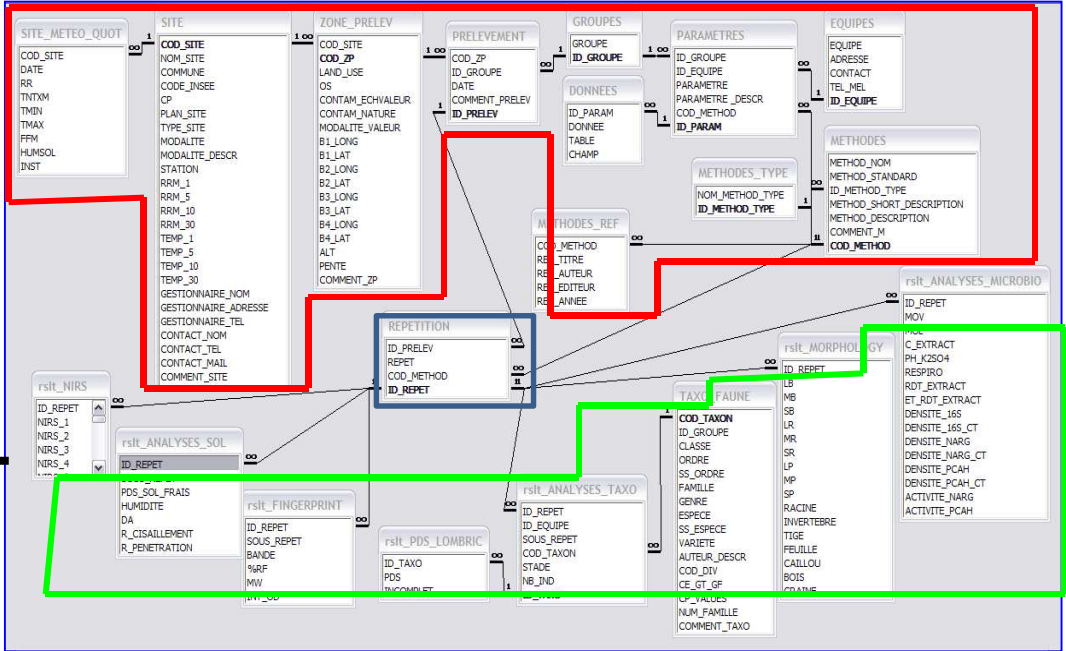
**Fauna**  
Quantity  
Community composition  
Bioaccumulation

**Flora**  
Exposure marqueurs  
Bioaccumulation

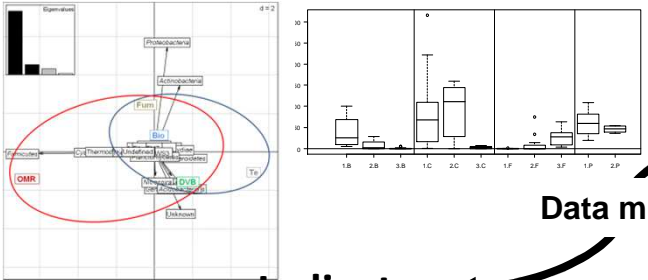


200.000 data

Data base



$$\log(Y+1) = x \log(A+1) + y \log(B+1) + \dots + z$$



Data mining

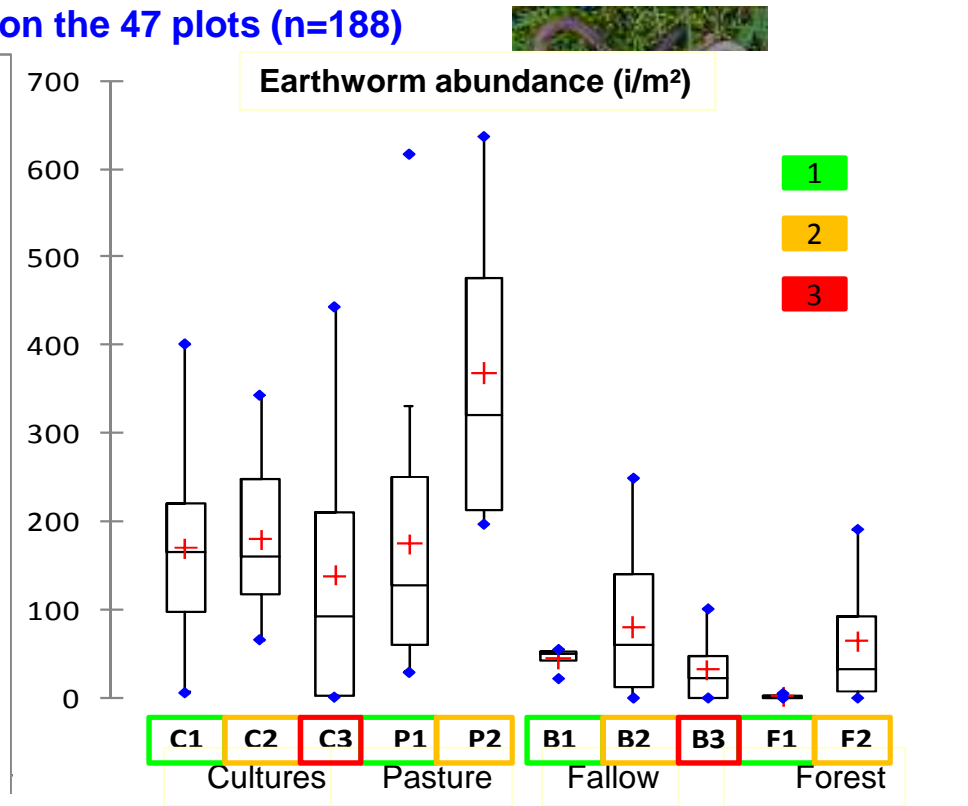
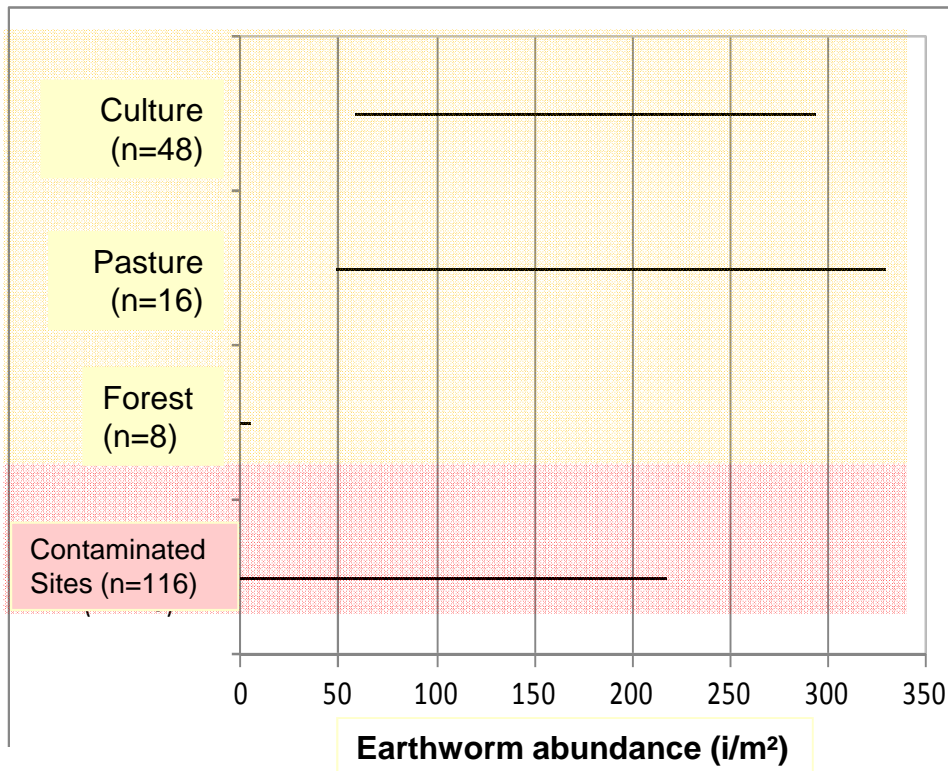
Indicators



## 1 – Tool : Initiation of a base of reference values



Example: variation range of earthworm abundances on the 47 plots (n=188)



→ calibration of the indicator (range of the biological responses depending on industrial, agronomic, pedological and climate contexts)

→ reference values → help in result interpretation

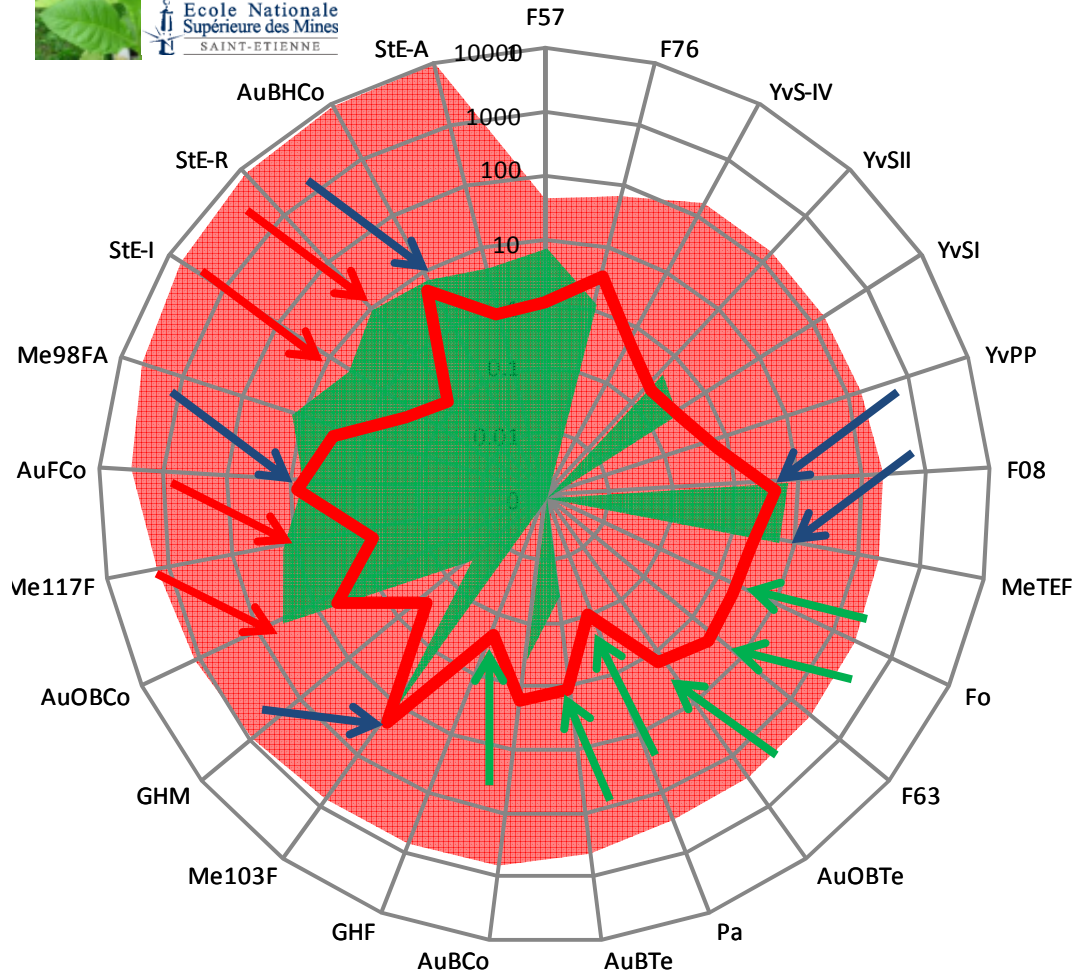


## 2 – Tools for Diagnostic (Bioavailability)

### Metal Transfer in Plant (CMT)



Ecole Nationale Supérieure des Mines SAINT-ETIENNE



MTE Total different MTE CaCl<sub>2</sub>

MTE CaCl<sub>2</sub> : bioavailability ? (ISO)

### Metal Transfer in Plant (CMT)

→ Consistence between CMT and MTE CaCl<sub>2</sub>

Inconsistence → new informations

→ Transfer soil- plant

→ No transfer soil- plant

MTE<sub>tot</sub>

MTE<sub>CaCl<sub>2</sub></sub>

CHRONO ENVIRONNEMENT

Laboratoire de BIOGENÈSE MEMBRANAIRE

Ecole Nationale Supérieure des Mines SAINT-ETIENNE

(de Vaufleury et al., 2012)

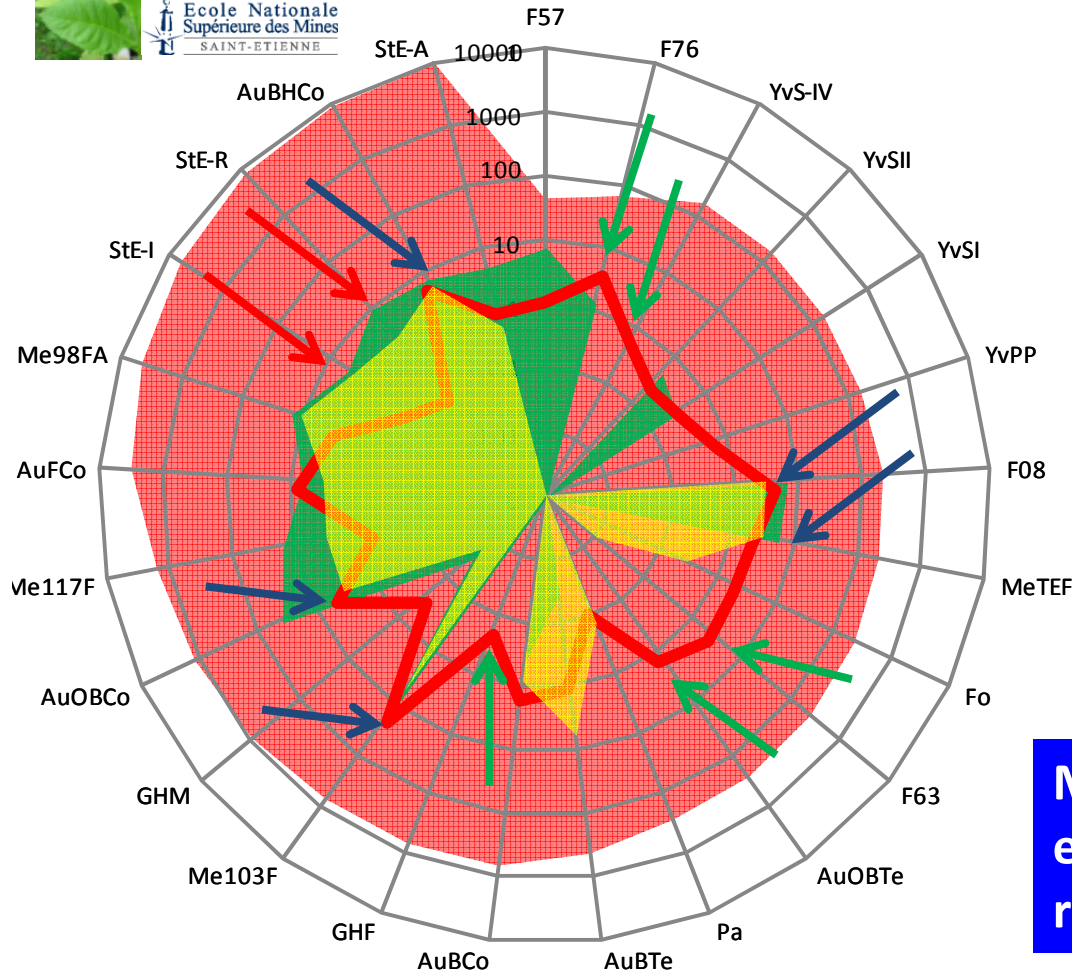


## 2 – Tools for Diagnostic (Bioavailability)

### Metal Transfer in Plant (CMT)



Ecole Nationale Supérieure des Mines SAINT-ETIENNE



MTE Total different MTE CaCl<sub>2</sub>

MTE CaCl<sub>2</sub> : bioavailability ? (ISO)

### Metal Transfer in Plant (CMT)

→ Consistence between CMT and MTE CaCl<sub>2</sub>

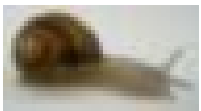
Inconsistence → new informations

→ Transfer soil- snail

→ No transfer soil- snail

**MTE CaCl<sub>2</sub> measurement is not able to estimate and predict biological responses (transfer)**

SET<sub>mod</sub>



B. Pauget et al., 2013

MTE<sub>tot</sub>

MTE<sub>CaCl<sub>2</sub></sub>

CHRONO ENVIRONNEMENT

Laboratoire de BIOGENÈSE MEMBRANAIRE

Ecole Nationale Supérieure des Mines SAINT-ETIENNE

(de Vaufleury et al., 2012)

### 3 - Test of sensibility of bioindicators



Uni-variated Analysis → scoring  
(Kruskall- wallis)

#### Examples microbial parameters



No significative response (> 0.05%)

Significative response (< 0.05%)

#### global

- Total PLFA (BM)
- Free ergosterol (BM f)
- Respiration
- Phosphatase alcaline (P)
- Arylamidase (N)

→ Identification of indicators

#### specific

##### Agricultural soil

- Laccase (C)

##### Contaminated soil

- Pseudomonas (AB bacteria)
- Arylsulfatases (S)
- Galactosidases (C)

Parameters of quantity	Study sites											Total		
	Pratiques agricoles					Contamination			Occupation					
	Yvetot	Thil	Feucherolles	Gotheron			MetalEurop		Saint Etienne	Auzon	Andra		Forêts	Gisfi
			V	A	S	C	B							
Biomasse moléculaire														10
Carbone de la biomasse														10
Abondance bactérienne (UFC)														8
Ergostérol total														9
Ergostérol libre														12
ADN 18S														8
ADN 16S														5
Pseudomonas														8
PLFA totaux														12
Parameters of activity														
Respiration														12
Minéralisation N														10
Arylsulfatase														10
Galactosidase														8
Uréase														10
Deshydrogénase														7
Laccase														11
Phosphatase acide														9
Phosphatase alcaline														12
Glucosidase														9
N-Aceyl-Glucosaminidase														5
Cellulase														6
Xylanase														6
Fluorescein di acetate														6
Lipase														9
Arylamidase														12
Puits positifs														5
AWCD														8



## Synthesis



## Which indicators for which purpose under cultivated soils ?

Purposes		Indicators
Organic matter	Microflora	Abundance (total, bacterial, fungal, PLFA, <i>ergosterol</i> ) Diversity Respiration Enzymatic activity (C, N)
	Fauna	Earthworms (density) Nematodes (diversity)



## Synthesis



## Which indicators for which purpose under cultivated soils ?

Purposes	Indicators	
Organic matter	Microflora	Abundance (total, bacterial, fungal, <i>PLFA</i> , <i>ergosterol</i> ) Diversity Respiration Enzymatic activity (C, N)
	Fauna	Earthworms (density) Nematodes (diversity)
Effect of practices (reduced tillage, rotations, agricultural system)	Microflora	Abundance (total, bacterial, fungal) Diversity Respiration Enzymatic activity (C, N, <b>P</b> )
	Fauna	Earthworms ( <b>functional groups</b> ) Nematodes ( <b>functional diversity</b> ) <b>Collembola (diversity) → orchards</b>



## Synthesis



Which indicators for which purpose  
under contaminated soils ?

Purposes		Indicator
Bioaccumulation	Flora	• Plant bioaccumulation
	Fauna	• Snail bioaccumulation





## Synthesis



## Which indicators for which purpose under contaminated soils ?

Purposes		Indicator
Bioaccumulation	Flora	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plant bioaccumulation</li> </ul>
	Fauna	<ul style="list-style-type: none"> <li>Snail bioaccumulation</li> </ul>
Effects linked to contamination (organic, metallic)	Microflora	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abundance (bacterial, fungal, PLFA, <i>ergosterol</i>, <i>pseudmonas</i>)</li> <li>Diversity</li> <li>Respiration</li> <li>Enzymatic activities (S, C)</li> </ul>
	Fauna	<ul style="list-style-type: none"> <li>Earthworm (abundance, diversity)</li> <li>Nematodes (abundance, diversity)</li> <li>Macrofauna (abundance, diversity)</li> </ul>
	Flora	<ul style="list-style-type: none"> <li>Test Oméga 3</li> </ul>



## What about monitoring ?

### Synthesis

Purpose	Famille	Paramètres
Monitoring	Microflora	Biomass (bacterial, fungal) Respiration Diversity <i>Option: activities (C, N, P, S)</i>
	Fauna	Earthworms (functional diversity) Nematodes (functional diversity) <i>Option: Microarthropods (under forest or orchards)</i>



**Transfer**

**Transfer**





# Tools for communication and transfer

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



## 1) Technical sheets

**FICHE OUTIL**

### Les escargots

A. de Vaulxay, B. Pignatelli, UMR 1045 Chrono-environnement, Besançon, Contact: [arnaud.vaulxay@univ-besancon.fr](mailto:arnaud.vaulxay@univ-besancon.fr)

**DESCRIPTION DE L'INDICATEUR**

**Nom de l'indicateur :** Les escargots, bioindicateurs de la biodisponibilité de contaminants sur site - Indice SET : Somme des Espèces de Transfert.

**Site d'application :** Diverses situations

**Scopes d'application :** Présence visible de sol, Présence invisible de sol, Diversité, Toxicité, Réponse

**Rôle écologique de l'organisme testé :** Les escargots sont des macro-invertébrés vivant à l'interface sol-plante et/ou sol-microorganisme. Ils ingèrent des végétaux et du sol, se déplaçant sur le sol et y pondent leurs œufs. Ils ingèrent donc de multiples sources et voies de contamination (cf. Fig. 1). Les escargots participent aux échanges avec le sol et sont des proies pour de nombreux consommateurs (invertebrés : vers, lézards, larves de carabes, ou vertébrés : oiseaux, petits mammifères comme les musaraignes, hérisson et l'homme).

**Les espèces à privilégier :** L'espèce *Helix aspersa* ou Petit Gris (photo ci-dessus) est une espèce très largement répartie dans le monde<sup>(1)</sup>. Son élevage étant possible (voir Annexe ISO 15920), on peut disposer d'escargots de pureté biologique connue pour les utiliser sur le terrain et analyser la biodisponibilité des contaminants du milieu (sol, plantes, air) par mesure de leur accumulation dans des organismes engagés pendant une durée déterminée.

**Type d'indicateur :** Bioindicateurs d'accumulation. Tonalité des concentrations internes est réalisée dans les viscères d'escargots exposés 28 jours sur site (= méthode statique<sup>(2)</sup> : seule durée d'exposition). Les analyses sont généralement faites dans cette partie du corps qui concentre souvent les contaminants (médula notamment : voir Gomot-de-Vaulxay & Pignatelli, ETC, 2002).

**DESCRIPTION DE LA MÉTHODE**

**Normes et/ou protocoles de référence**

Bioindicateur active in situ : des microcosmes (cylindres en acier inoxydable de 25 cm de diamètre sur 25 cm de hauteur fermés par une grille de maille 0,5 ou 1 cm, maintenue par 3 à 4 tiges en inox également) sont placés sur les zones d'étude (Fig. 2).

Dans chaque microcosme on place 15 escargots Petits gris subadultes (5-6 g) issus de l'élevage (voir annexe de l'ISO 15920) ou issus d'élevage local. Entre la fin de leur élevage et la pose sur le terrain ils peuvent être stockés au sec dans des boîtes en bois (type boîtes à carterelles). Ils sont humidifiés pour remettre en activité quelques heures avant d'être placés dans les microcosmes où ils seront exposés au sol ainsi qu'aux végétaux ayant poussé sur le site et à l'air ambiant afin d'être dans des conditions naturelles d'exposition (mêmes climatiques).

(1) Pour plus de détails, voir l'ISO 15920 (2005) ou sur site <http://www.iso.org/iso/15920.html>.  
(2) On évalue indirectement le statut nutritionnel des organismes par mesure de leur activité (voir [http://www.cetis.univ-rennes1.fr/IMG/pdf/2005\\_01\\_15\\_15920\\_01.pdf](http://www.cetis.univ-rennes1.fr/IMG/pdf/2005_01_15_15920_01.pdf)).

## 2) Data base for public → range values of the indicators

## 3) Tool for selection of the indicators



# Thank you for your attention

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



Laboratoire de  
**BIOGÈNESE MEMBRANAIRE**



Clermont-Ferrand Aurillac Le Puy-en-Velay

