



# Impacts de contaminations sur la végétation et la faune du sol

---

Amandine Liénard

Soil - Water - Plant Exchanges

9 novembre 2017



**LIÈGE université**  
**Gembloux**  
**Agro-Bio Tech**

# Exposé

---

1. Notion de stress biologique et conséquences sur les organismes
2. Concept de bio-indicateurs
3. Présentation de bio-indicateurs passifs et actifs

# Stress biologique

---

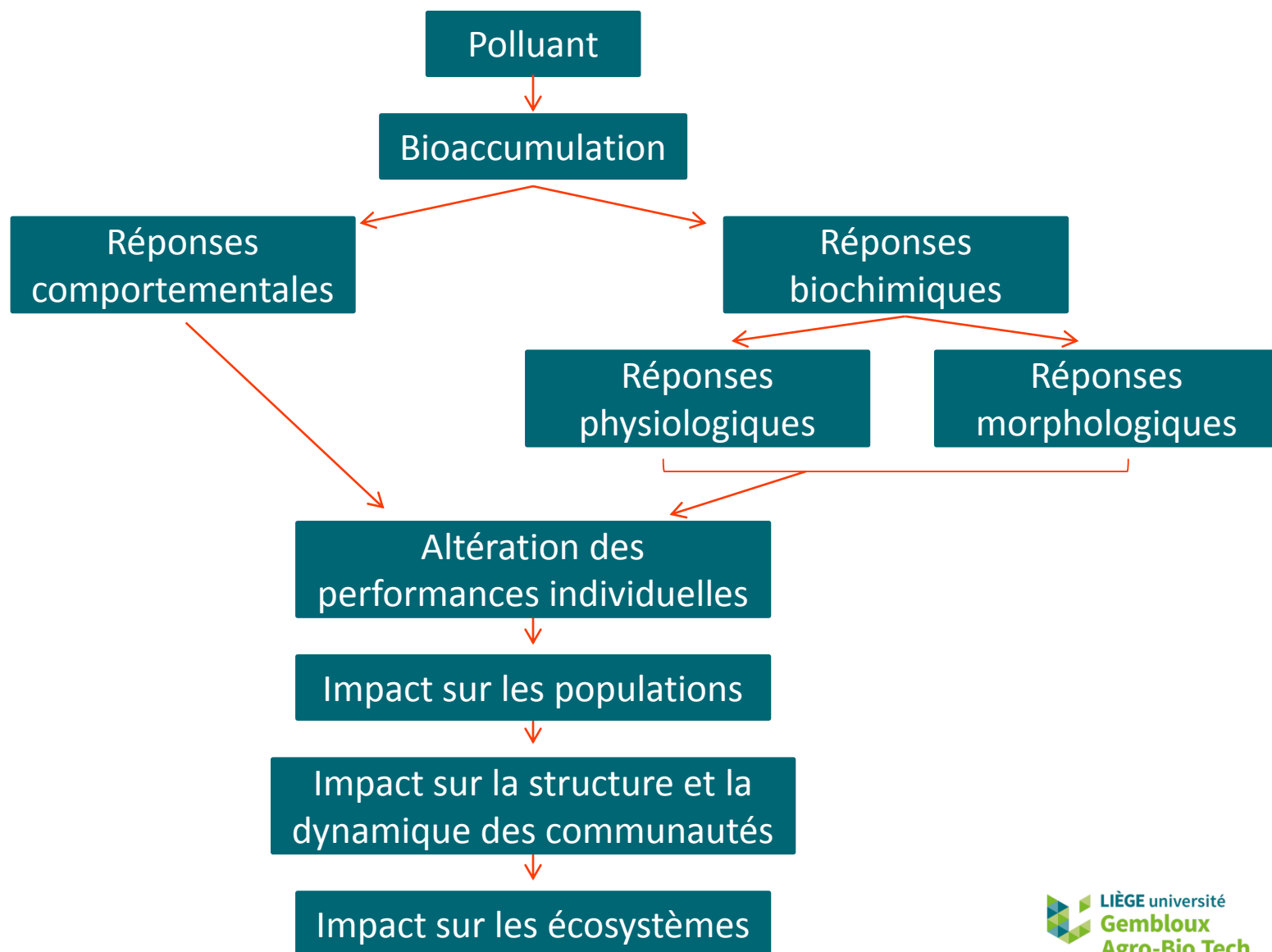
Hopkins 2003:

*Stress biologique est une force ou une influence hostile qui tend à empêcher un système normal de fonctionner*

Au sens du GRER:

*Stress biologique est un changement défavorable dans le fonctionnement général de l'écosystème ou d'au moins une niche de cet écosystème, en d'autres termes que la survie d'une espèce, d'une population ou d'une communauté d'espèces est menacée par une pollution*

# Conséquences des polluants sur les organismes



# Exposé

---

1. Notion de stress biologique et conséquences sur les organismes
2. Concept de bio-indicateurs
3. Présentation de bio-indicateurs passifs et actifs

# Bio-indicateurs

---

ADEME, 2017

*Les bio-indicateurs visent à évaluer l'accumulation et la biodisponibilité des contaminants du sol et/ou leur(s) effet(s) sur un organisme (ou une partie ou une communauté) suite à leur exposition in situ aux contaminants du sol.*

- Indication sur l'état et le fonctionnement du sol
- Caractérisation de la biodisponibilité des contaminants
- Renseignement sur les risques de transferts des contaminants dans l'écosystème

# Bio-indicateurs

---

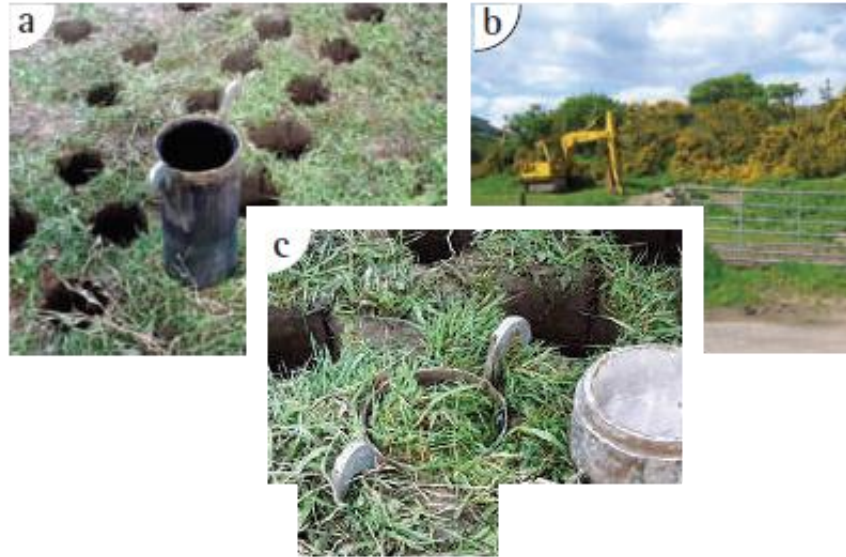
- Les réponses de l'organisme récepteur doit être associée à des fonctions du sol
- Respect des qualités de mesure en termes de précision, fiabilité et robustesse

Bio-indicateur passif >< Bio-indicateur actif



Organismes vivants sur le site

# Bio-indicateurs



Bio-indicateur passif >< Bio-indicateur actif



Organismes vivants sur le site



# Bio-indicateurs

---

- Les réponses de l'organisme récepteur doit être associée à des fonctions du sol
- Respect des qualités de mesure en termes de précision, fiabilité et robustesse

Bio-indicateur passif >< Bio-indicateur actif

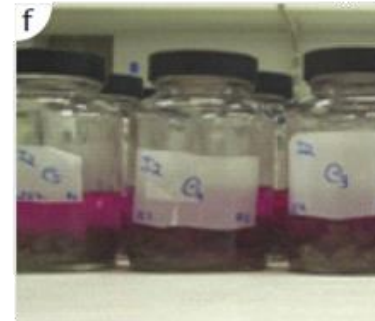


Organismes vivants sur le site



Organismes d'élevage introduits

# Bio-indicateurs



Bio-indicateur passif >< Bio-indicateur actif



Organismes vivants sur le site



Organismes d'élevage introduits

# Exposé

---

1. Notion de stress biologique et conséquences sur les organismes
2. Concept de bio-indicateurs
3. Présentation de bio-indicateurs passifs et actifs



# Bio-indicateurs passifs



Végétaux comme bio-indicateurs passifs

Accumulation d'éléments traces métalliques

Estimation de la phytodisponibilité globale  
des contaminants métalliques



# Bio-indicateurs passifs



Estimation de la phytodisponibilité globale des contaminants métalliques

Evaluation de la contamination secondaire des végétaux

## Prélèvement

- Echantillon composite de feuilles/tiges...
- Sélection parmi les espèces majoritaires

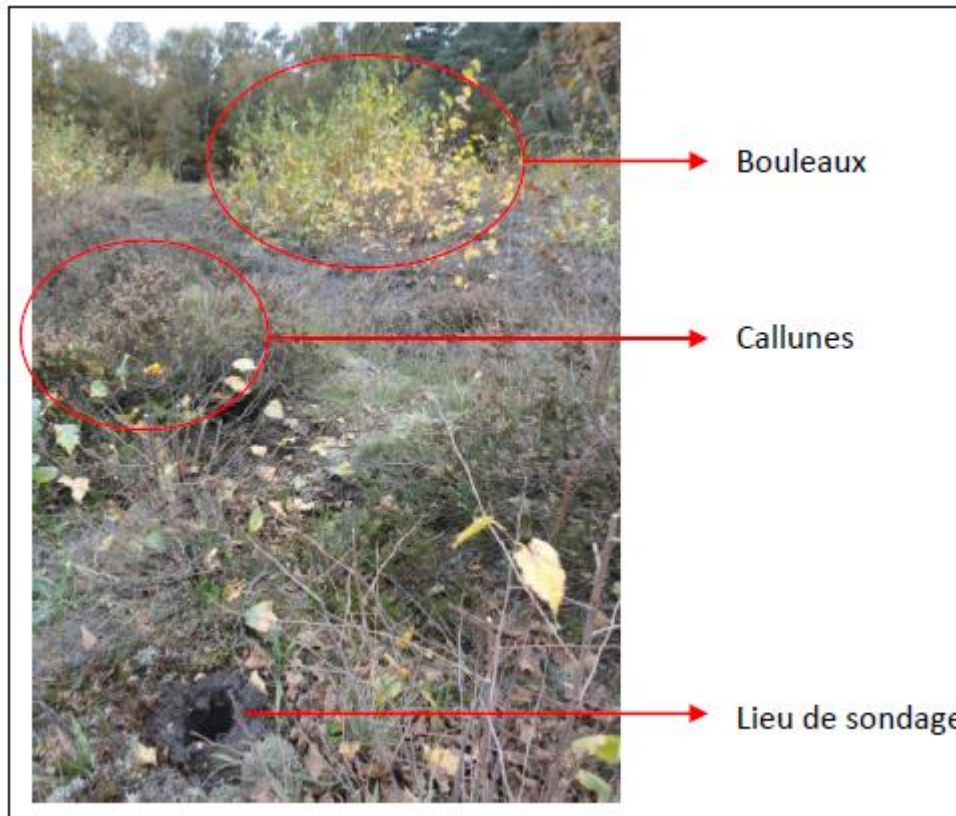
## Préparation des échantillons

- Laver – Sécher – Broyer – Minéraliser
- Interprétation
- Comparaison entre teneurs dans des échantillons témoins et des échantillons provenant de sites contaminés

# Bio-indicateurs passifs



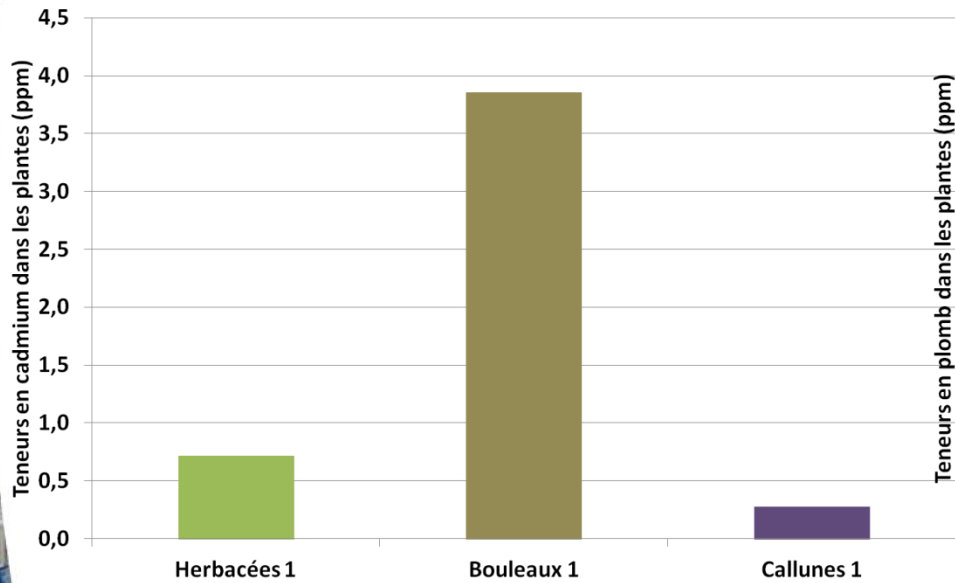
Exemple sur le site de la réserve de Sclaigieux



# Bio-indicateurs passifs



Station 1 - Cadmium



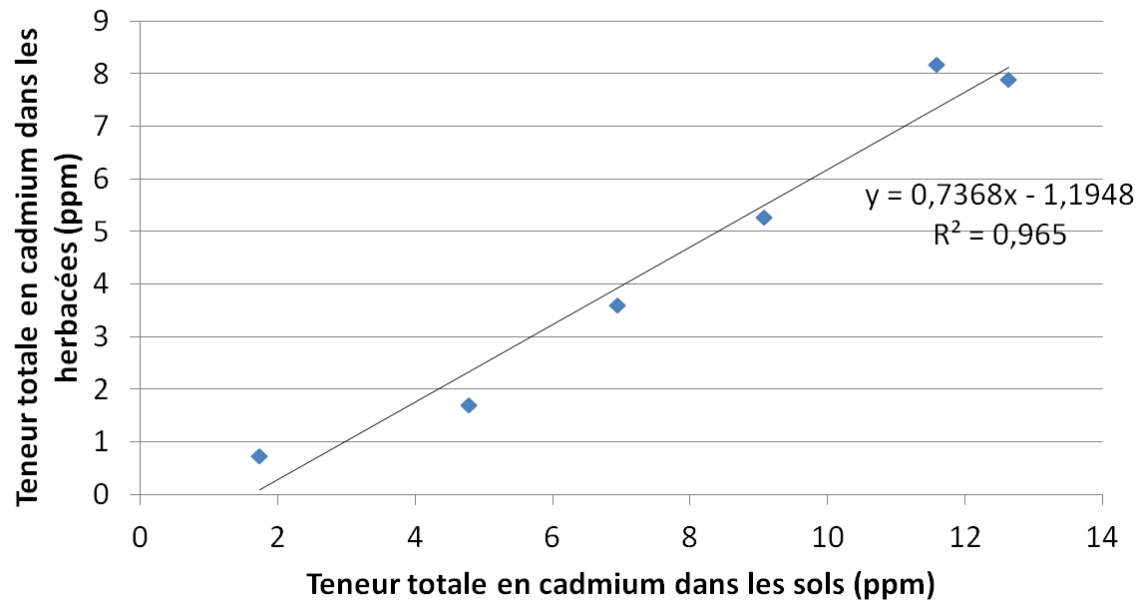
Station 1 - Plomb



# Bio-indicateurs passifs



Relation entre teneur en cadmium dans les herbacées  
et teneur totale dans le sol

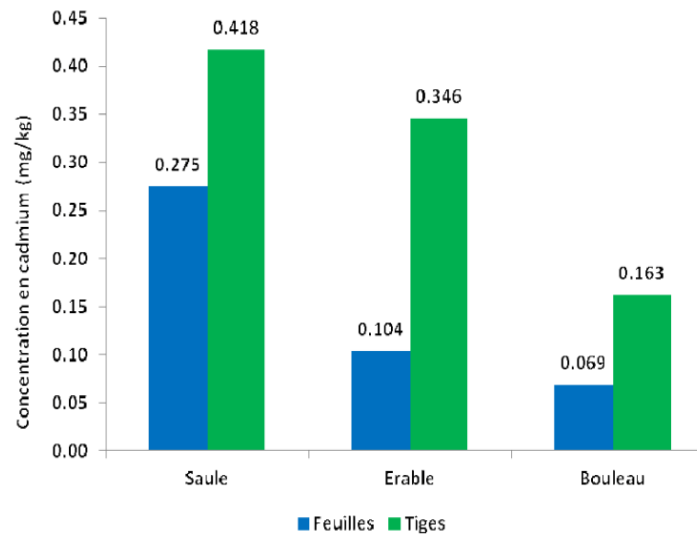




# Bio-indicateurs passifs



## Exemple sur le site du projet MEMORIS

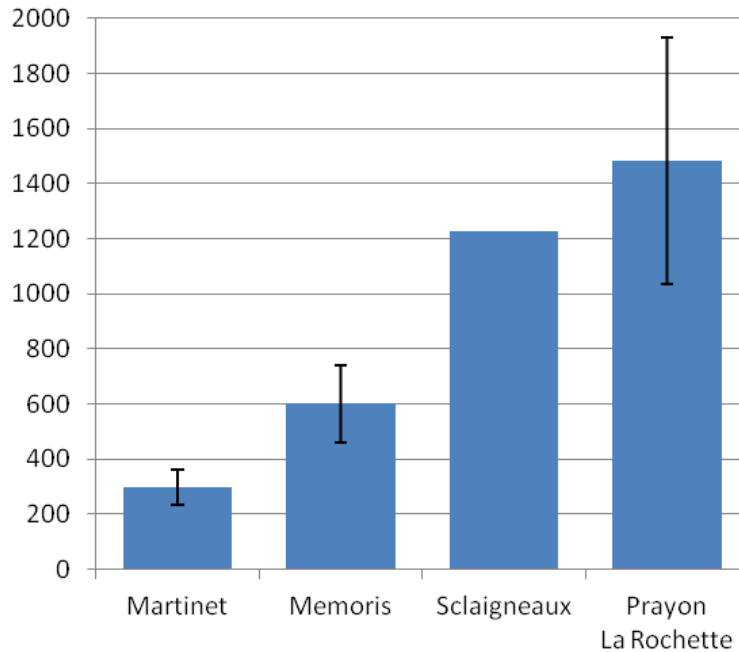


# Bio-indicateurs passifs



## Comparaison entre milieux industriels et milieux naturels contaminés

Relation entre concentrations en zinc dans les feuilles de bouleau et les sites



→ [Zn] dans les sols



Vigilance dans le choix du témoin

# Bio-indicateurs passifs



## Avantages

- Connaissance botanique limitée
- Matériel nécessaire basique

## Inconvénients/Contraintes

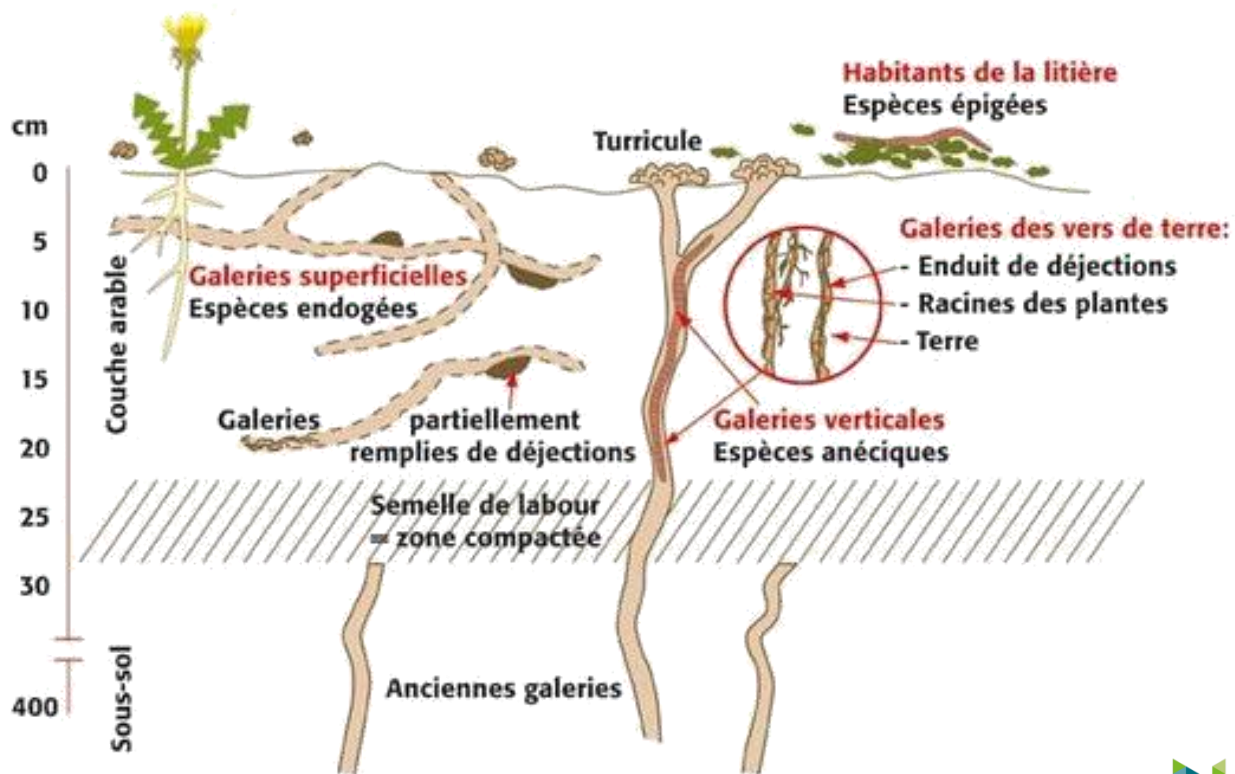
- Sélectionner des sites (contaminé et témoin)
- Représentativité des prélèvements
- Contraintes techniques :
  - Durée de conservation de l'échantillon frais (max 2 jours au frigo)
  - Période de prélèvements

# Bio-indicateurs passifs



Les communautés lombriciennes (vers de terre) comme bio-indicateur passif

Les vers de terre sont considérés comme des organismes « clés » du fonctionnement des sols



# Bio-indicateurs passifs



## Prélèvements et mesures

- Extraction à la bêche d'un bloc de 20 x 20 x 25 cm (R=6) → tri manuel



# Bio-indicateurs passifs



## Prélèvements et mesures

- Extraction à la bêche d'un bloc de 20 x 20 x 25 cm (R=6) → tri manuel
- Extraction chimique sur 1m<sup>2</sup>, 2 arrosages de 10l de solution moutardée (30g/l) (R=3, intervalle de 15 min)



Possibilité de réaliser une extraction à la bêche après un test moutarde

# Bio-indicateurs passifs



## Prélèvements et mesures

- Extraction à la bêche d'un bloc de 20 x 20 x 25 cm (R=6) → tri manuel
- Extraction chimique sur 1m<sup>2</sup>, 2 arrosages de 10l de solution moutardée (30g/l) (R=3, intervalle de 15 min)
- Périodes: printemps et automne
- Identification partielle sur site + quantification; identification complète à l'espèce en laboratoire

# Bio-indicateurs passifs

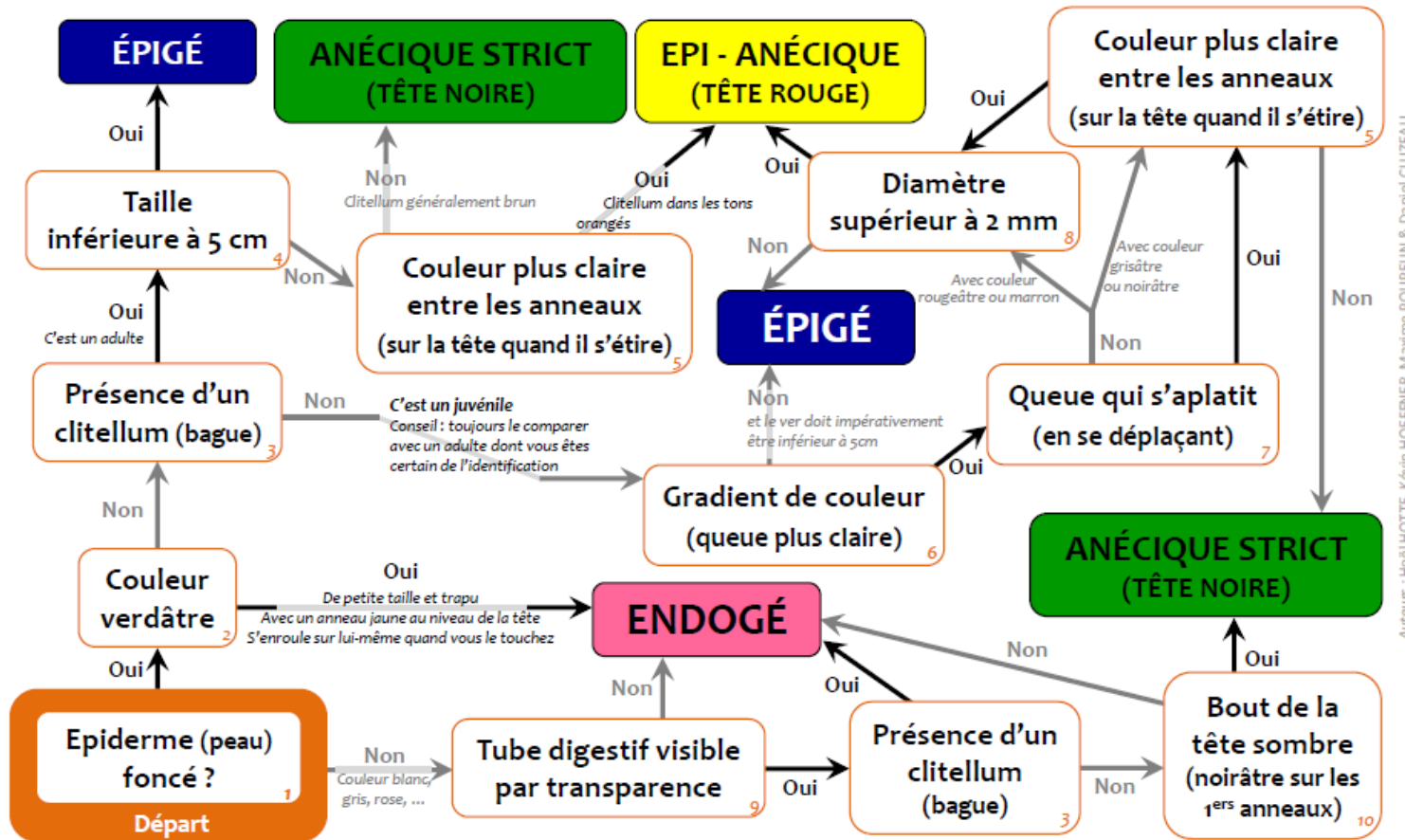


## Prélèvements et mesures



### Clé d'identification de lombriciens - en 4 groupes fonctionnels - (1/2)

OPVT  
Observatoire Participatif  
des Vers de Terre  
02.99.61.81.86  
ecobio@univ-rennes1.fr



Auteurs : HoëllHOTTE, Kévin HOEFFNER, Maxime POUPELIN & Daniel CLUZEAU



# Bio-indicateurs passifs



## Interprétation des résultats

### Interprétation des indices Vers de terre

État biologique	Etat satisfaisant	Etat intermédiaire	Etat dégradé
	Aucune préconisation	Mise en place d'une surveillance	Mise en place d'une mesure de gestion
Abondance total (nb i/m <sup>2</sup> )	Dépend de l'occupation du sol (végétation du site étudié, végétation) et des paramètres intrinsèques du sol (pédologie, texture, matière organique, pH : interprétation réalisée en utilisant le référentiel OPVT)		<40
Abondance des anéciques			et <5
Abondance des endogés (nb i/m <sup>2</sup> )			et <20
Richesse spécifique et indice de diversité (Shannon)			Richesse <3 ; Diversité <1

# Bio-indicateurs passifs



## Avantages

- Prélèvement ne demande aucune compétence spécifique

## Inconvénients/Contraintes

- A appliquer sur toutes les zones du site contaminé (durée importante)
- Représentativité des prélèvements
- Contraintes techniques importantes pour le test bêche en sol avec forte charge caillouteuse ou présence importante de remblais
- Identification jusqu'à l'espèce fastidieuse pour les novices

# Bio-indicateurs passifs



Les collemboles comme bio-indicateur passif



# Bio-indicateurs passifs



## Prélèvements et mesures

- Un carottier fendu qui ne comprime pas le sol
- Conservation et séchage (extraction à gradient) de l'échantillon dans le cylindre
- Les collemboles quittent le cœur du sol, ce qui permet de les collecter, de les dénombrer et de les identifier (au besoin)



# Bio-indicateurs passifs



Suivi de la faune sauvage comme bio-indicateur de son environnement



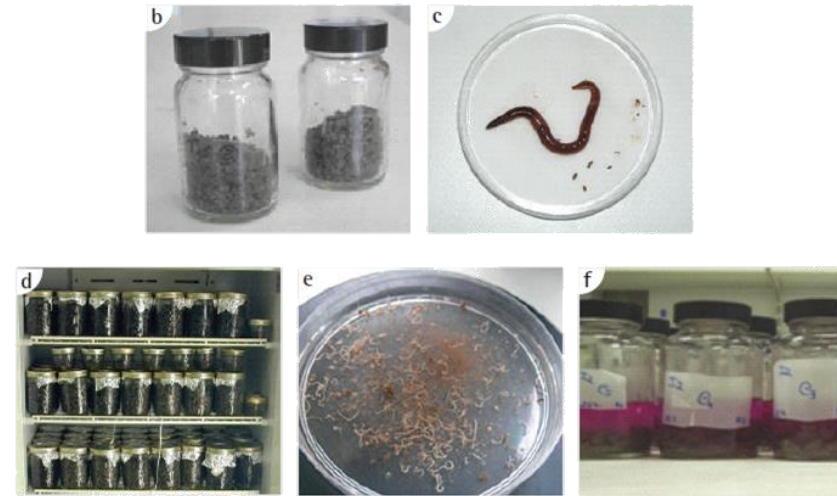
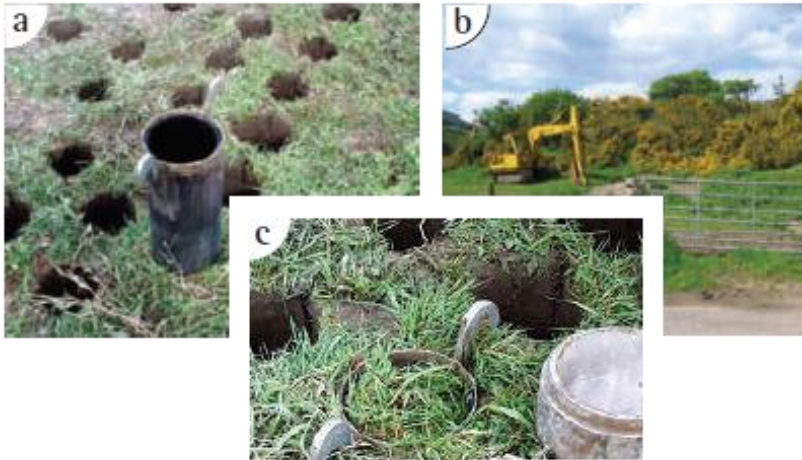
## Prélèvements et mesures

- Foie : Cd et Pb
- Rein : organochlorés et pesticides

## Contraintes

- Bio-indicateur qui dépend des battues
- Sanglier voyage → ajout du chevreuil qui est plus territorial

# Bio-indicateurs



Bio-indicateur passif >< Bio-indicateur actif



Organismes vivants sur le site



Organismes d'élevage introduits

# Bio-indicateurs actifs



Test de germination sur sol contaminé (7 – 14 ou 21 jours)

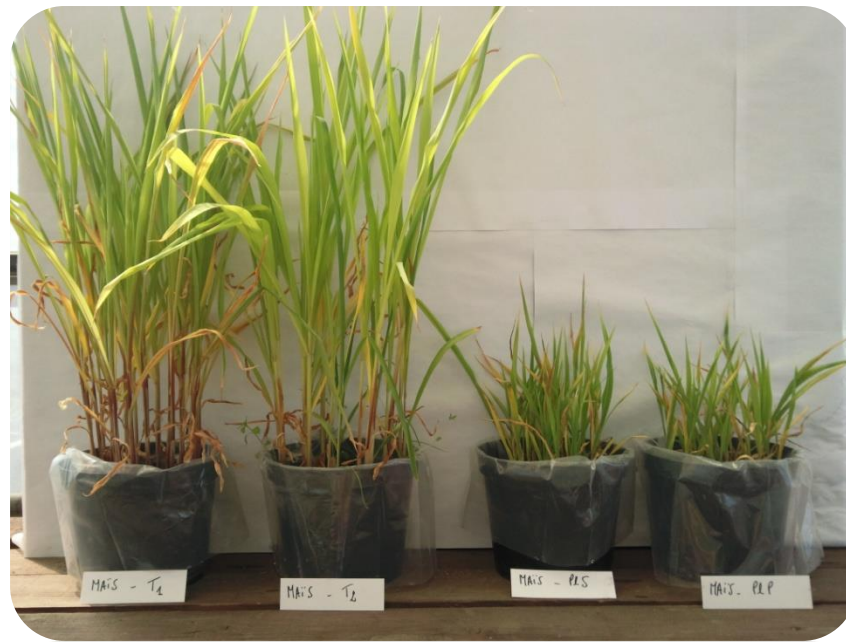


Déterminer l'effet de substances sur la germination (AFNOR X31-201) des végétaux (% de germination sur 25 graines – orge 85%, maïs 90%)

# Bio-indicateurs actifs



Test de croissance sur sol contaminé (60 jours)



Déterminer l'effet de substances sur la croissance (AFNOR X31-202) des végétaux



# Bio-indicateurs actifs



## Mise en place et mesures

- 25 graines (test germination)
- Sol témoin et sols contaminés (gradient de concentrations connues)
- Mesures du % germination, nombre de plantes par pot, matière fraîche, matière sèche et masse (fraîche/sèche) par plante

$$(M_{\text{témoin}} - M_{\text{contaminée}}) / M_{\text{témoin}}$$

- Comparaison des modalités par test statistique

# Bio-indicateurs actifs



Essai de reproduction chez le lombric : *Eisenia fetida* ou *Eisenia andrei*



Evaluer les effets des produits chimiques dans le sol sur le taux de reproduction (et d'autres critères sub-létaux)

# Bio-indicateurs actifs



## Mise en place

- Mise en contact de 10 individus par 500g de substrat (norme OCDE 2004)
- Prévoir de la nourriture (fumier de cheval, bouse de vache, flocon d'avoine)
- Durée du test 28 jours



# Bio-indicateurs actifs



## Validité et mesures

- Validité du test:
  - chaque expérience identique (sur 10 adultes) aura produit au moins 30 vers juvéniles à la fin de l'essai;
  - le coefficient de variation de la reproduction est  $\leq$  à 30%;
  - la mortalité adulte durant les quatre premières semaines de l'essai est  $\leq$  à 10%.
- Mesures du nombre d'adultes, de juvéniles, de cocons et leur poids



- Mesures des concentrations en métaux : bioaccumulation

# Bio-indicateurs actifs

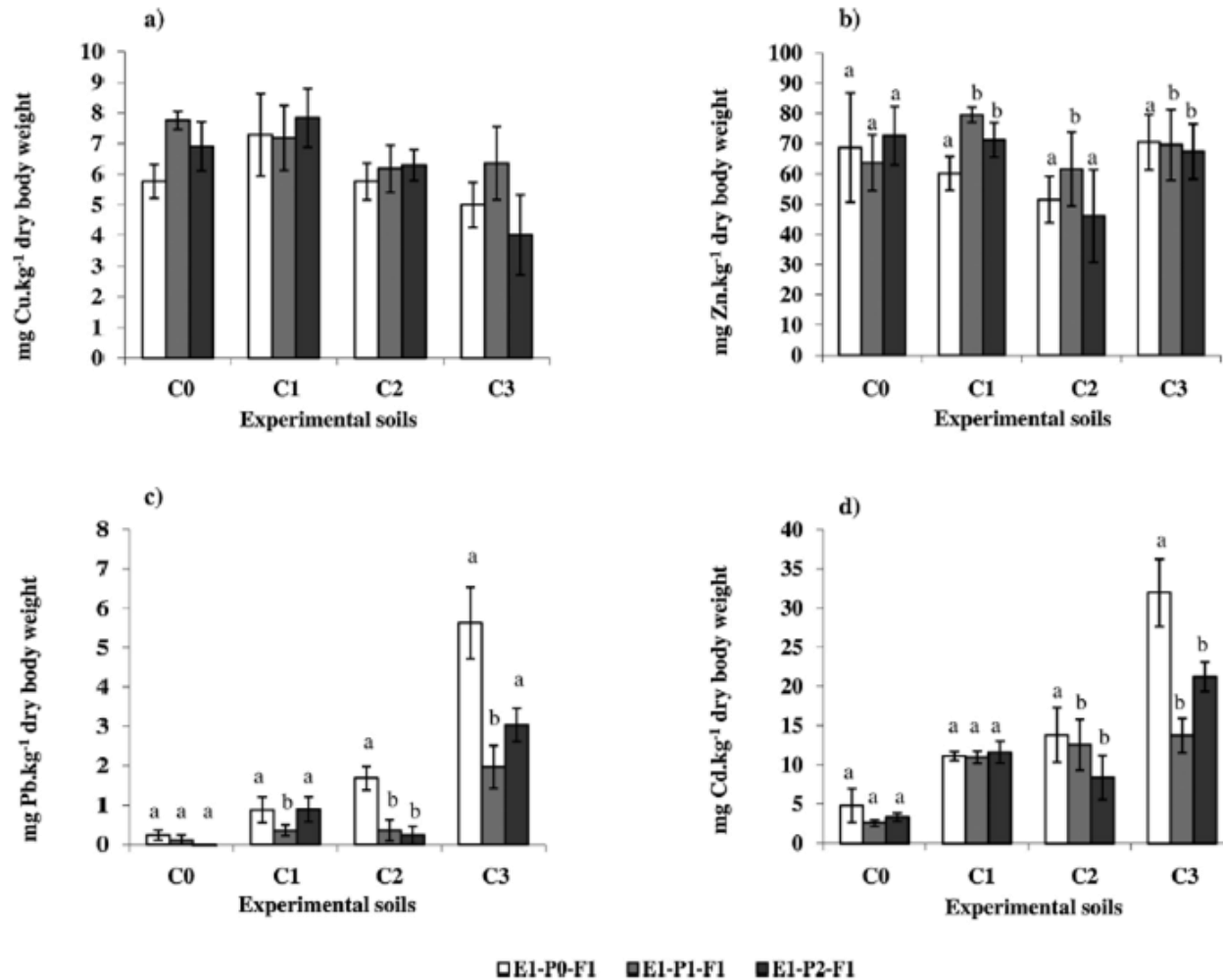
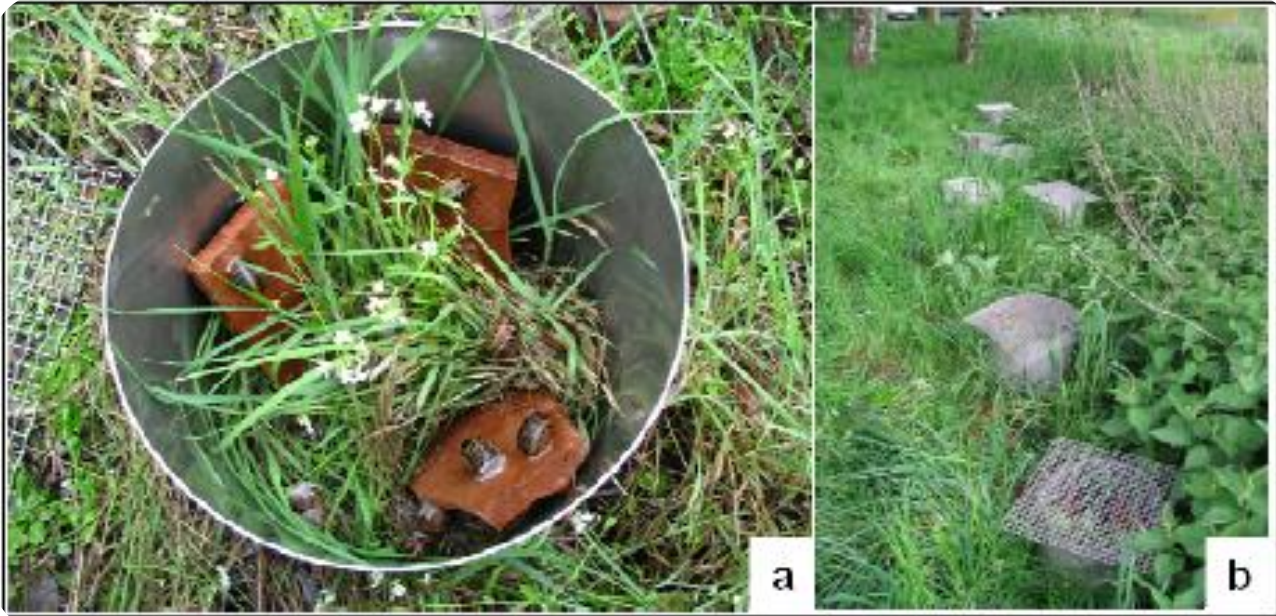


Fig. 1. Mean ( $\pm$ s.e) tissue concentrations (mg kg<sup>-1</sup> dry body weight) of Cu (a), Zn (b), Pb (c) and Cd (d) in *Eisenia fetida* (*E<sub>1</sub>*) specimens in the presence of food (*F<sub>1</sub>*), after 42 days exposure to control (*C<sub>0</sub>*) and contaminated (*C<sub>1</sub>*, *C<sub>2</sub>* and *C<sub>3</sub>*) soils, in the absence (*P<sub>0</sub>*) or presence of *Vicia faba* (*P<sub>1</sub>*) and *Zea mays* (*P<sub>2</sub>*) plants. Different letters indicate a significant difference according to Tukey's-test at  $P \leq 0.05$ .

# Bio-indicateurs actifs



L'escargot *Helix aspersa maxima* comme indicateur de zoodisponibilité des contaminants métalliques des sols

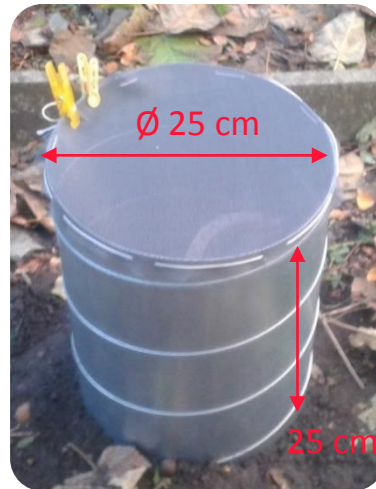


# Bio-indicateurs actifs



## Mise en place

- Mise en contact de 15 individus sub-adultes
- Durée d'exposition 28 jours
- Prévoir un abri et une grille de fermeture
- Période d'exposition: avril à novembre



# Bio-indicateurs actifs



## Mesures

- Mesures des concentrations en métaux dans les tissus mous (viscères)  
→ comparaison avec des concentrations internes de références CRef

### Interprétation de l'indice SET-Escargots

État des transferts	Aucun transfert anormal	Transfert faible à modéré	Transfert élevé
	Aucune préconisation	Mise en place d'une surveillance	Zone à risque (mesure de gestion) <small>ADEME, 2017</small>
Indice SET - Escargots	0 à 1	1 à 5	> 5

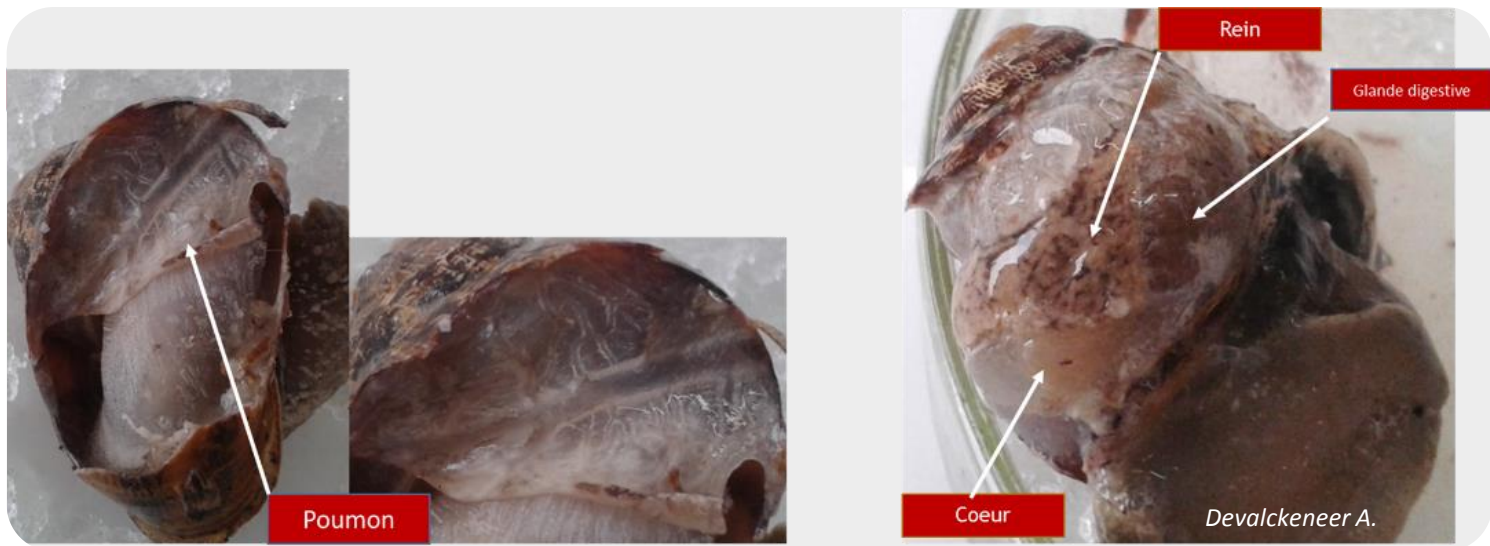


# Bio-indicateurs actifs



## Mesures

- Mesures des contaminants (pesticides, HAP, PCB,...) dans des organes spécifiques



- Mesures d'activités enzymatiques (AChE et GST) et RMN du proton  
→ bio-marqueurs

# Conclusions



- Les bio-indicateurs renseignent :
  - sur la biodisponibilité des contaminants seuls ou en cocktails
  - sur les risques liés à leurs transferts et l'impact global sur l'écosystème.
- Attention à leurs conditions d'application
- Les bio-indicateurs sont des outils complémentaires aux analyses physico-chimiques



Merci pour votre attention...



... des questions ?