

# **Application des bioindicateurs dans le cadre d'un projet de réaménagement urbain (Prairies Saint Martin)**

**Denis Piron, Lionel Berthier (Agrocampus Ouest)**

**Benjamin Pauget, Annette de Vaufleury (Université Besançon)**

**Marina Le Guedard, Jean-Jacques Bessoule (Université Bordeaux – LebAquitaine)**

**Olivier Faure (Ecole des mines, Saint Etienne)**

**Cecile Villenave (Elisol-Montpellier)**

**J.F Nau (EODD)**

**Guénola Pérès (Agrocampus Ouest)**

**Cécile Grand (ADEME)**



# Contexte général de l'étude

## Nouveau défi pour demain

- Restauration écologique et réhabilitation des écosystèmes dégradés
- Evaluation biodiversité, fonctions du sol et services écosystémiques (ex: habitat, capacité tampon, recyclage des nutriments)

## Objectifs des travaux de recherche

- Proposer une **boîte à outils** pour évaluer de **façon quantitative** la qualité et le fonctionnement biologique des sols dégradés
- **Améliorer la connaissance de la biologie du sol** afin de proposer une démarche d'évaluation des fonctions du sol (en fonction de l'usage) **pour préserver et restaurer les sols urbains**

## De quoi a-t-on besoin ?

1. **Méthodes / outils** pour mesurer la biodiversité et l'activité biologique des sols (ex: bioindicateurs)
2. **Référentiels** pour interpréter les résultats et poser un diagnostic
3. **Recommandations / conseils** pour maintenir ou améliorer la biodiversité et l'activité biologique des sols urbains

# Les Prairies Saint-Martin: vue sur plan

Site d'étude

## Composition actuelle du site



# Les Prairies Saint-Martin



Vues du projet :  
activités de  
loisirs



## Site d'étude

# Les Prairies Saint-Martin



Vues du  
projet :  
zones  
naturelles  
humides



# Les Prairies Saint-Martin: vue sur plan

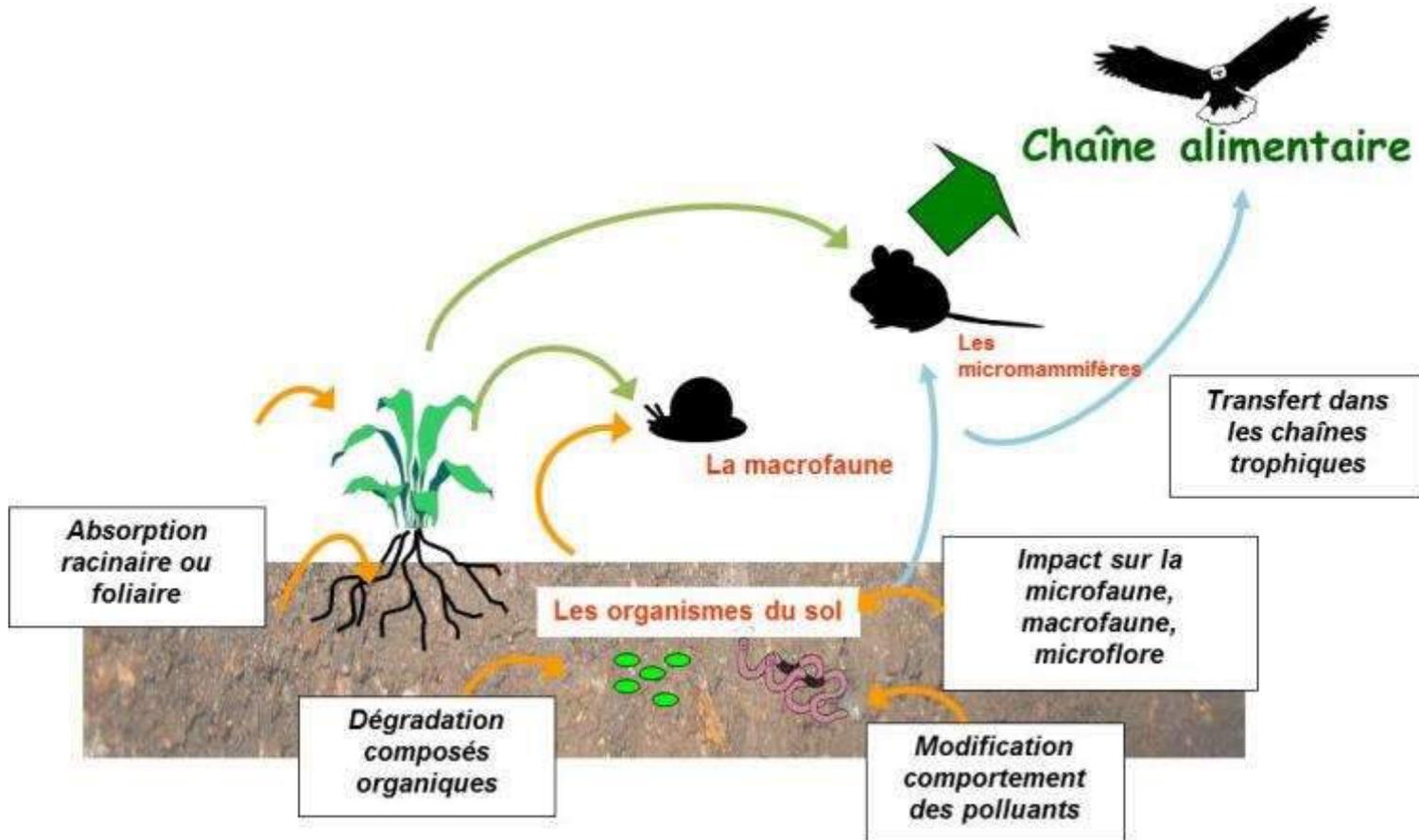




## Contexte des Prairies Saint Martin

- Une étude relative à l'évaluation des risques sanitaires réalisée en 2008 sur les jardins familiaux a montré un transfert des contaminants dans les légumes feuilles (salades): quels peuvent être les transferts actuels vers les végétaux et les animaux, et leurs effets ? **Analyse des transferts et effets des polluants présents dans le sol**  
(SET escargots, CET-Végétaux, Indice Oméga 3)
- La zone doit être réaménagée en Parc Naturel Urbain (PNU) à forte valeur écologique en conservant les habitats en place: quel sera l'état biologique des sols et la qualité du couvert végétal? **biodiversité et analyse fonctionnement du sol**  
(communautés biomasse bactérienne, vers de terre, nématodes)
- Quel sera le comportement des polluants dans les zones inondables (sol qui subira une alternance entre humidité/sécheresse) ? **Surveillance moyen terme**

## Besoin 1: connaître mobilité/ biodisponibilité des contaminants du sol et leurs effets sur les écosystèmes terrestres



- Les organismes du sol sont les premiers maillons de la chaîne trophique (bioindicateurs)

# Les outils biologiques : Bioaccumulation

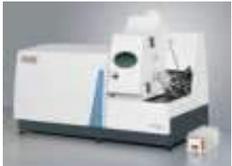
## CMT - Végétaux



Prélèvement d'un pool  
d'espèces végétales



ICP MS



**CMT : Charge  
Métallique Totale**  
 $CMT = \sum EC_{\text{métal}}$

## SET- Escargots



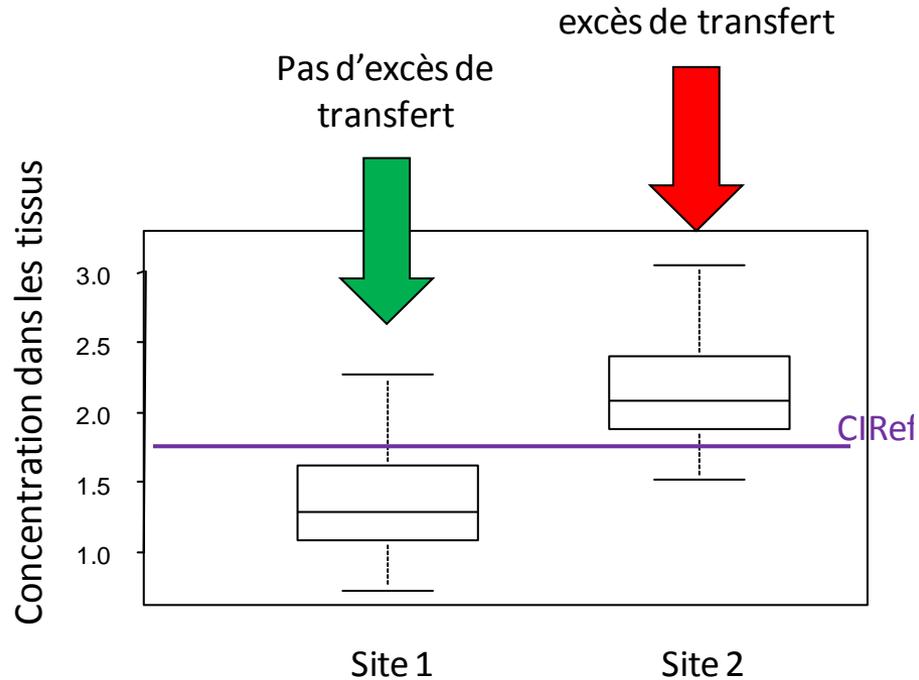
Exposition des escargots  
pendant 28 jours



ICP MS / AES



**SET : Somme des  
excès de transfert**  
 $SET = \sum(QA-1)$

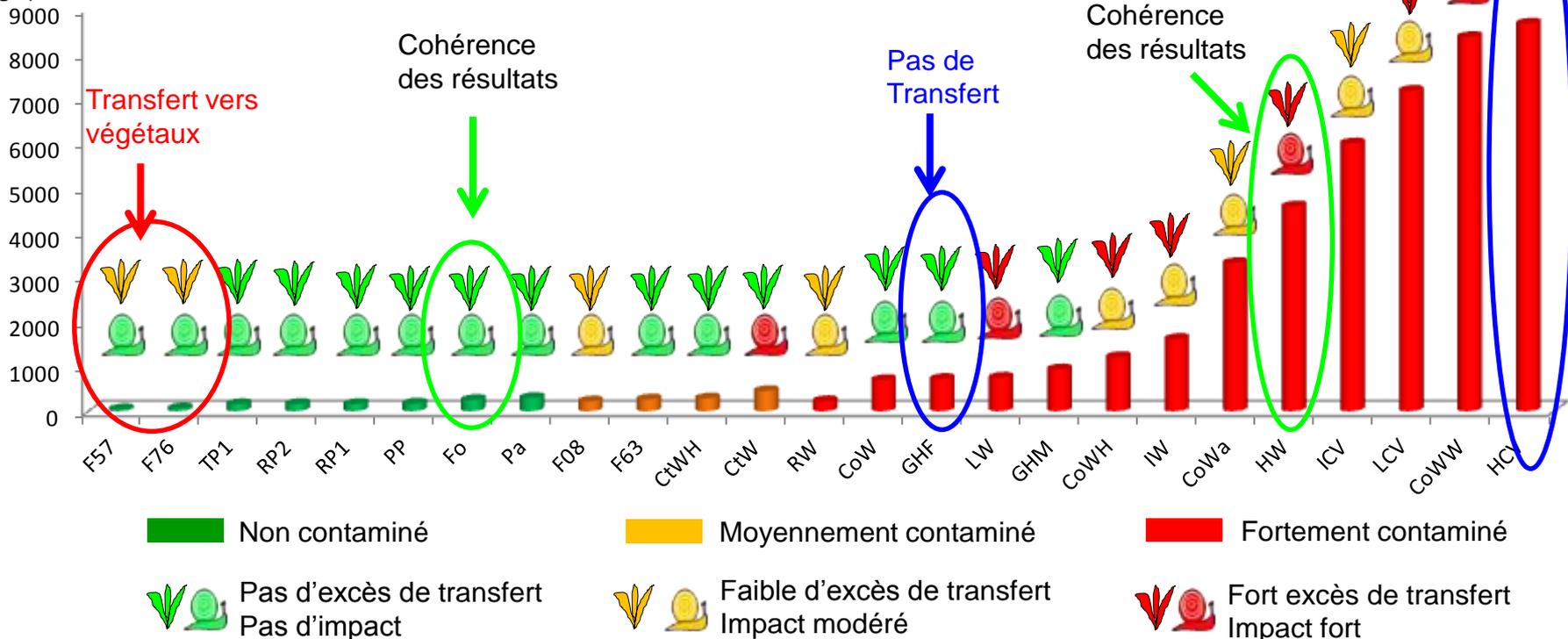


Pauget, B., et al., 2015. The SET and ERITME indices: Integrative tools for the management of polluted sites. *Ecol. Ind.* 53, 206-210.

## Des outils d'analyse des transferts des polluants

Résultats du programme Bioindicateur <https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/ADEME-Bioindicateur/>

ETM Totaux dans les sols  
(mg.kg<sup>-1</sup>)



- ➔ **Données physico-chimiques ne permettent pas de rendre compte des transferts vers les organismes vivants et leurs effets**
- ➔ **Nécessité d'outils complémentaires aux analyses physico-chimiques**  
(biodisponibilité, transfert, effets des contaminants)

## Les outils biologiques : Effets des contaminants

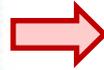
### Indice Oméga 3



Prélèvement feuilles  
d'espèces végétales



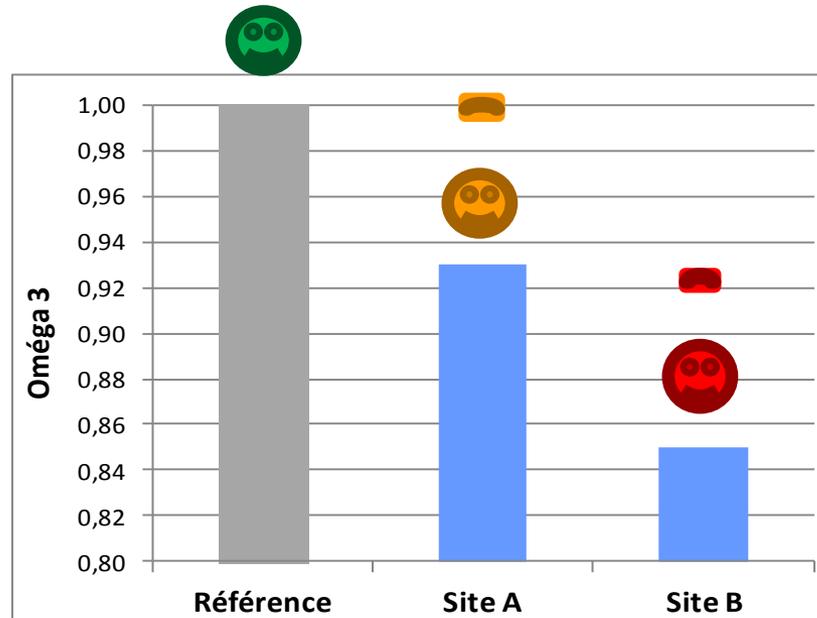
Chromatographie  
en phase gazeuse



Mesure de la teneur  
en Oméga3

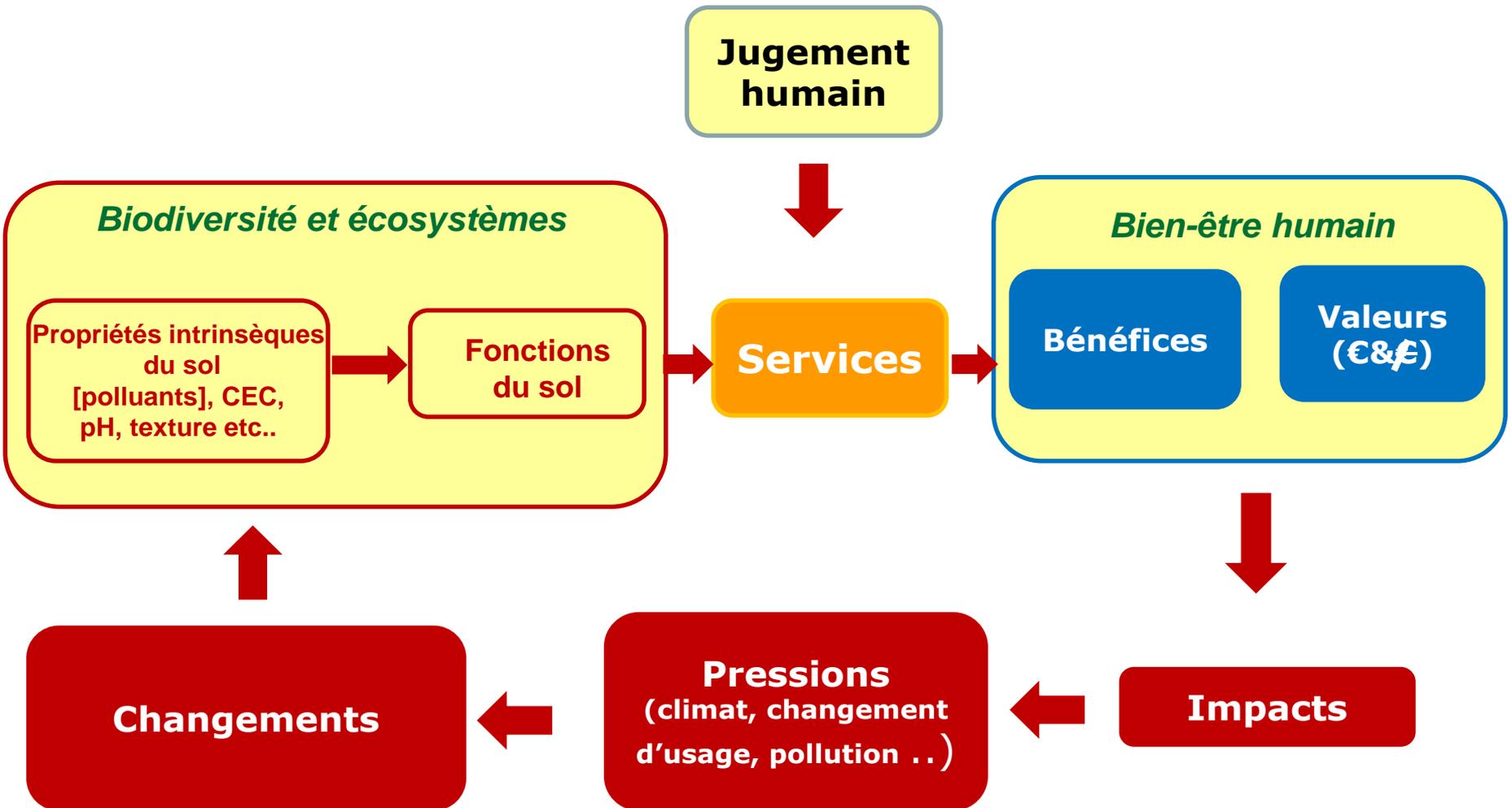


Calcul de l'indice  
Oméga 3  
$$\frac{(C18:3)}{((C18:0)+(C18:1)+(C18:2))}$$



## Besoin 2 – Améliorer la caractérisation biologique des sols

- Régénération écosystèmes endommagés
- Restauration fonctions écologiques dégradées



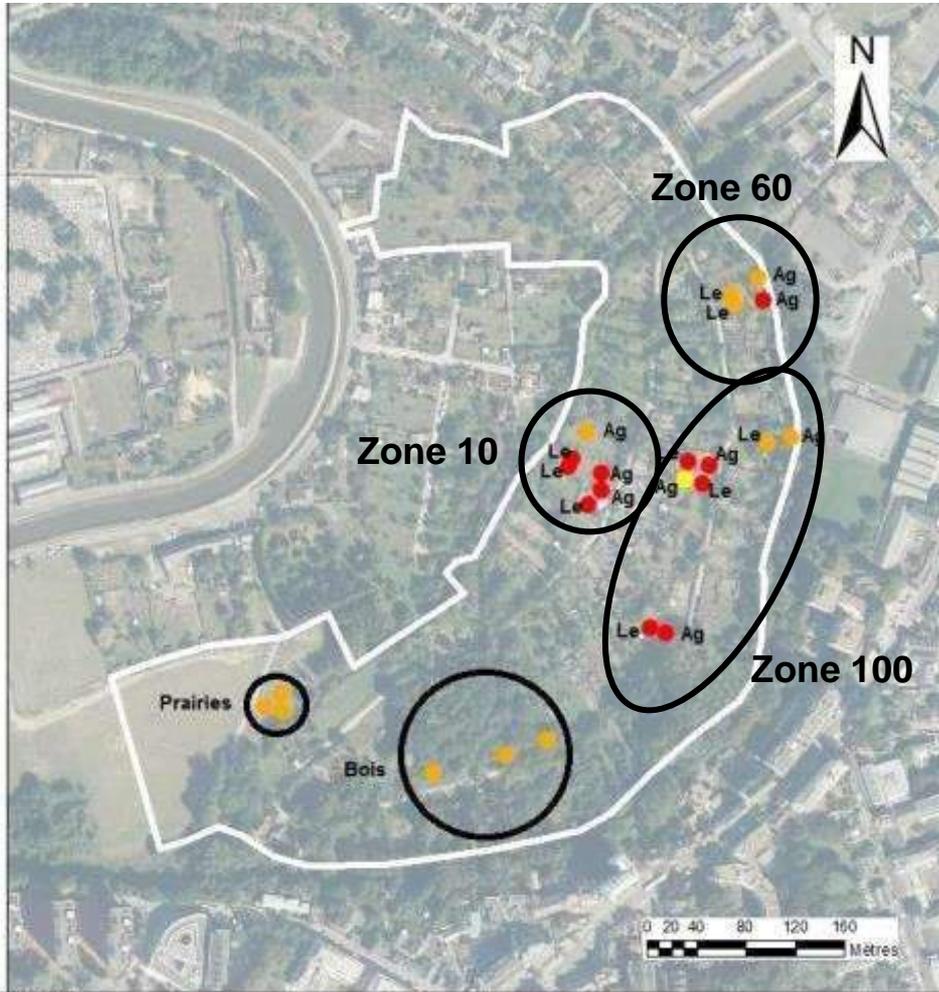


## Cas d'étude: prairies Saint-Martin

### 1. Caractéristique pédologique des sols des prairies Saint-Martin

- Différents types de paysages: prairies, bois, jardins familiaux;
- Texture: classes limon sablo-argileux (LSa) et limon argilo-sableux (LAS)
- Sols d'apport alluvial sont les plus représentés (55%) , le reste correspondant à des sols remaniés (anthropiques) se superposant aux alluvions
- Sols riches en matières organiques (comparé à la grande majorité des sols urbains)
- Sols très hydromorphes: sols qui présentent des engorgements en eau sur une période plus ou moins longue (période hivernale)

## 2. Caractérisation chimique des sols (Pb, Cd, Zn) des prairies Saint-Martin



### Prairie

- Pb: 104 - 153 mg/kg
- Zn: 186 - 321 mg/kg
- Cd : 0,6 à 1 mg/kg

### Bois

- Pb: 180 - 220 mg/kg
- Zn: 221 - **788** mg/kg
- Cd : 0,5 à 1 mg/kg

### Zone 10

- Pb: 111 - **525** mg/kg
- Zn: 314 - **692** mg/kg
- Cd : 0,6 à 1,3 mg/kg

### Zone 100

- Pb: 98 - 127 mg/Kg
- Zn: 297 - 333 mg/kg
- Cd : 0,7 à **8,5** mg/kg

### Zone 60

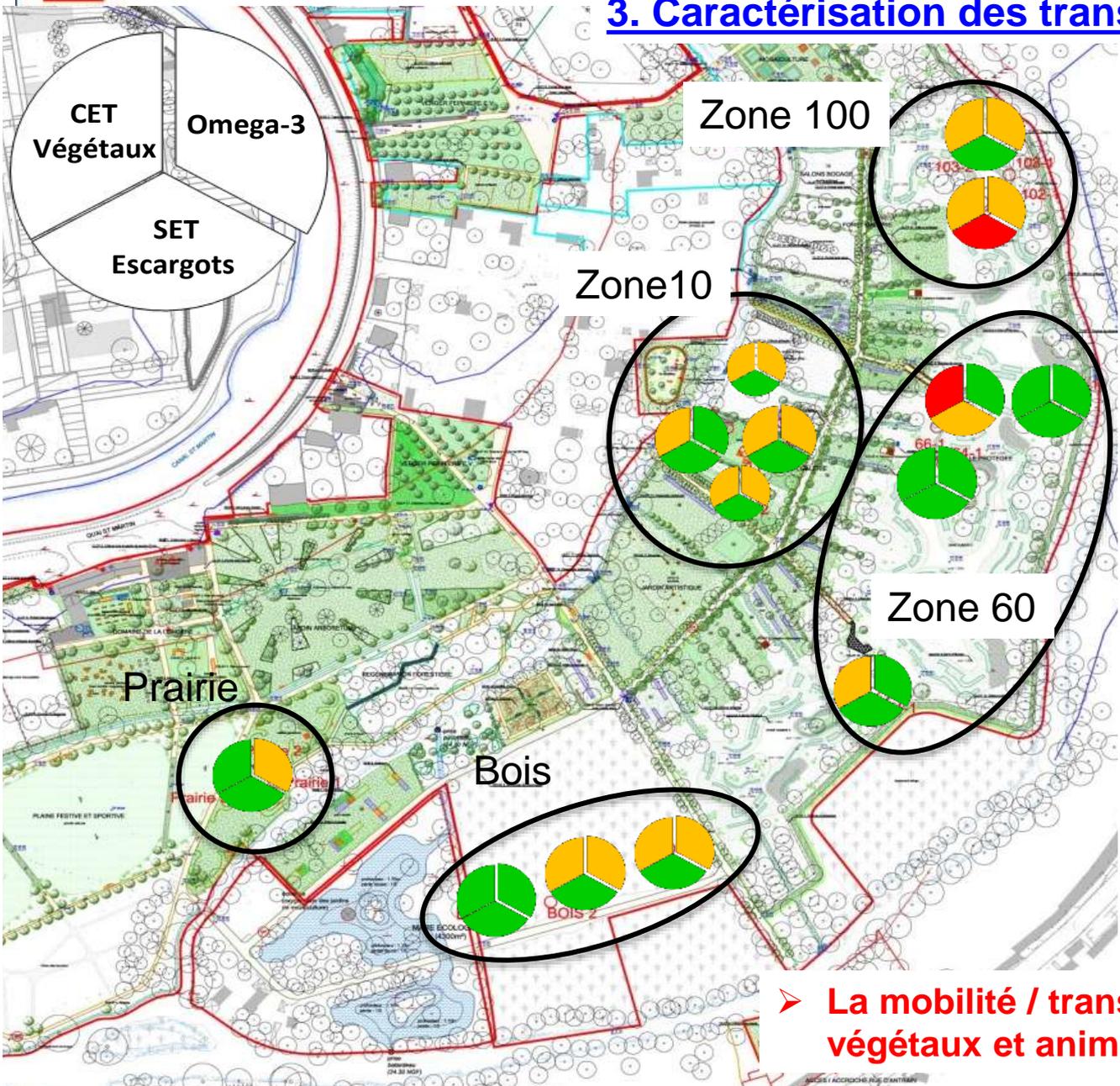
- Pb: 86 - **400** mg/Kg
- Zn: 209 - **588** mg/kg
- Cd : 0,6 à 1,6 mg/kg

#### Légende

Valeur Supérieure à la vibrisse externe régionale du RMQS (d'après Villaneau et al. 2008)

- |                  |                        |
|------------------|------------------------|
| ● Pb, Zn         | ● Ag Jardin d'Agrément |
| ● Cd, Pb, Zn     | ● Le Jardin Légumier   |
| ● Cd, Pb, Zn, Cu |                        |

### 3. Caractérisation des transferts des contaminants

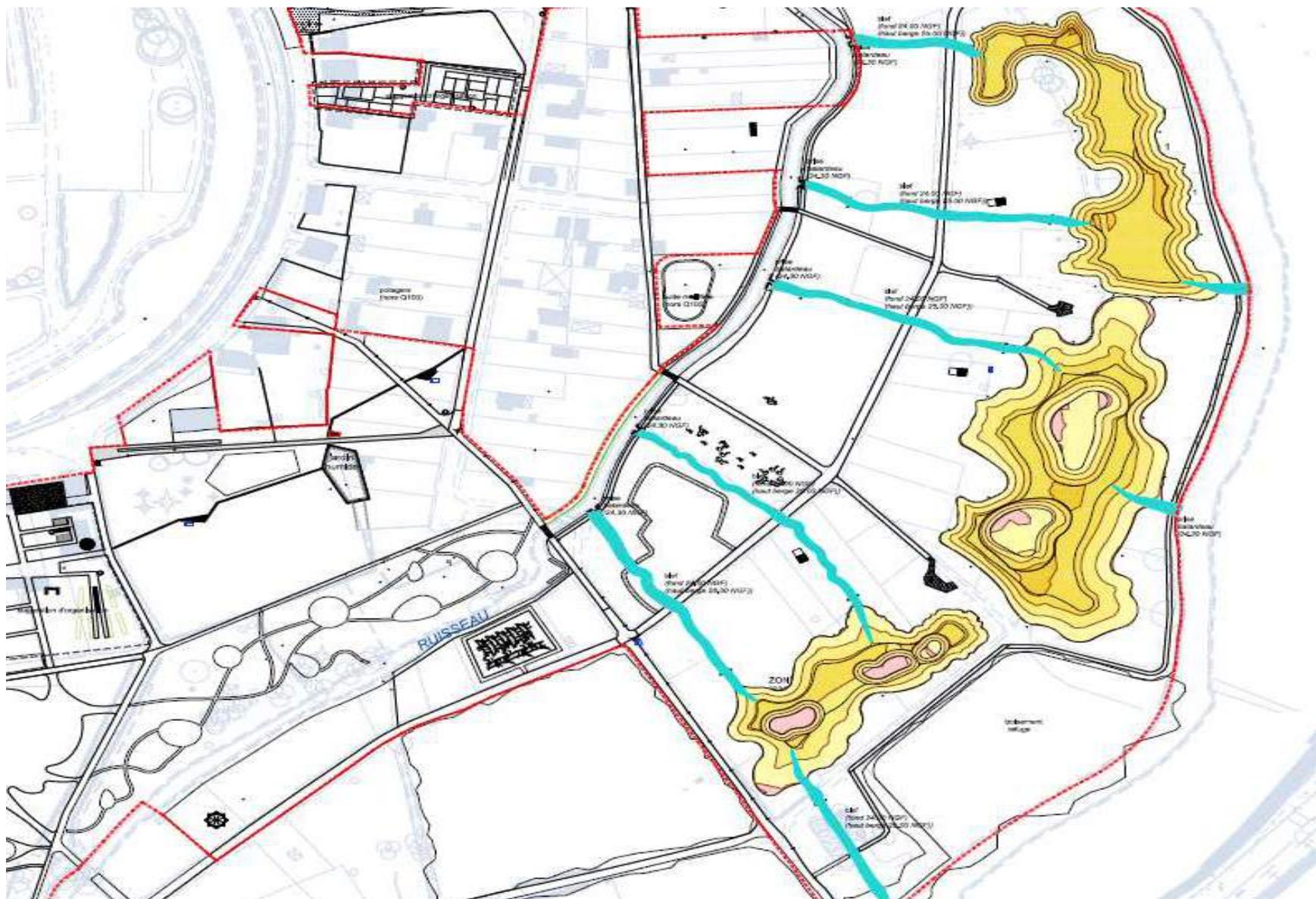


 aucun transfert anormal, pas ou peu d'impact  
→ aucune préconisation

 faible transfert et impact modéré  
→ mise en place d'une surveillance

 transfert élevé et impact fort  
→ zone à risque (mesures de gestion)

➤ **La mobilité / transfert peu élevé vers les végétaux et animaux**

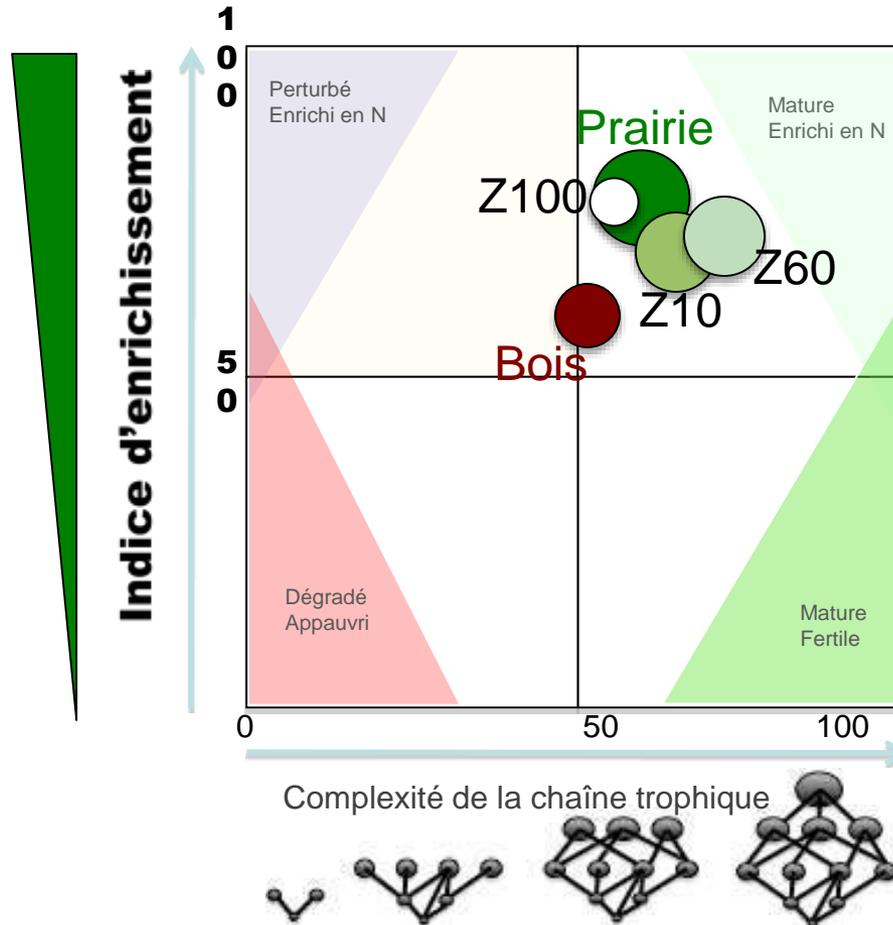


## 4. Caractérisation état biologique des sols

### 4.1) Application d'Indices nématodes

Communautés de la nématofaune

Disponibilité en éléments nutritifs

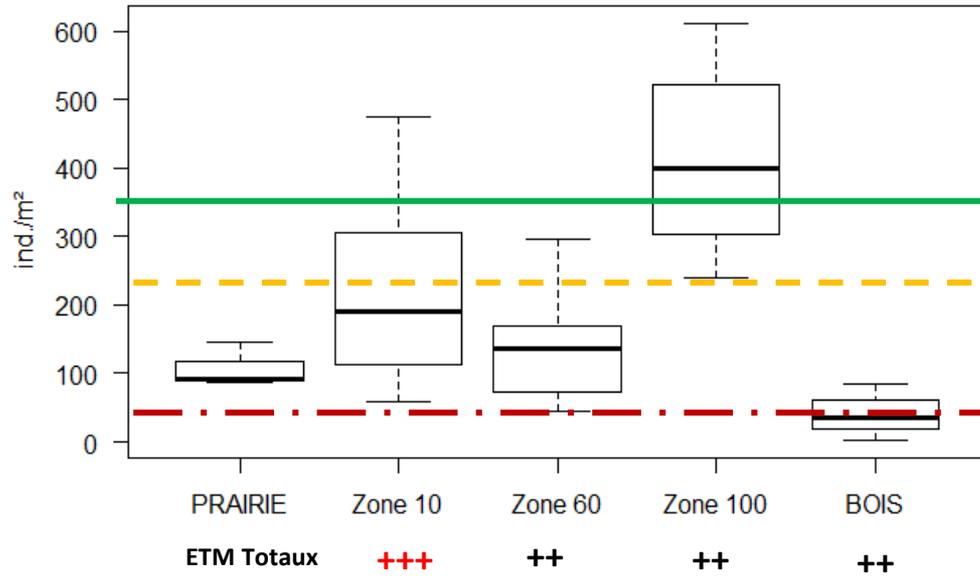


« Indices Nématodes » basées sur la BIODIVERSITE des nématodes

**Indice de Structure**

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

## 4.2) Application de paramètres lombriciens: Abondances totale et structure fonctionnelle



Référence Prairie (RMQS BioDiv)

Référence Culture (RMQS BioDiv)

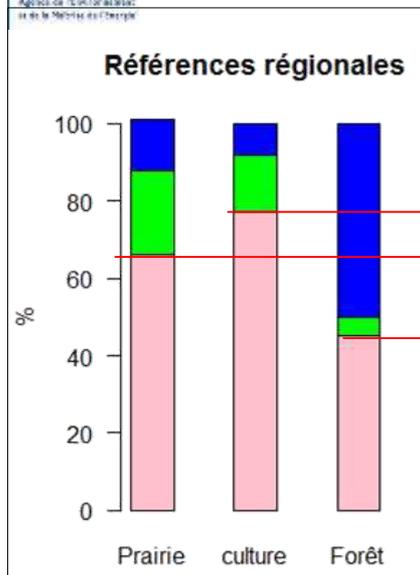
Référence Bois (RMQS BioDiv)

(Cluzeau et al., 2012)

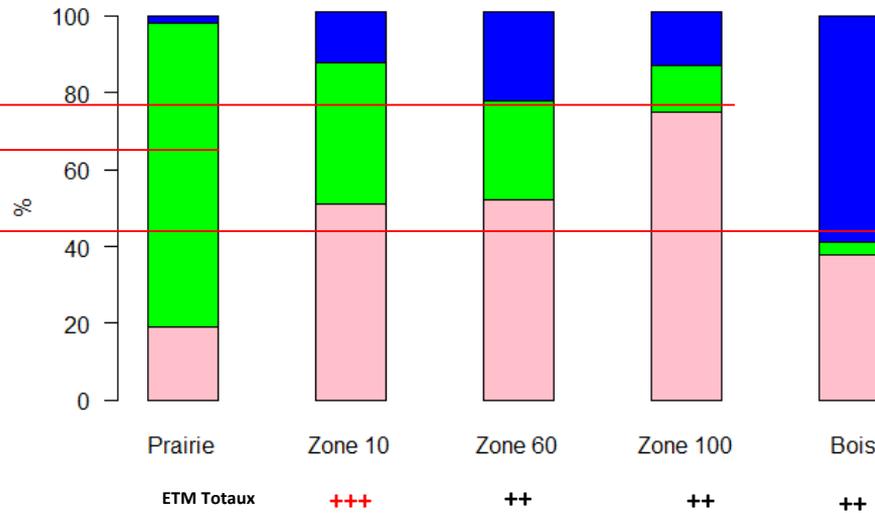
- **Bois** densité faible → en accord avec valeurs locales (Cluzeau et al. 2012)
- **Prairie** = abondances nettement inférieures aux valeurs de références locales:  
 → sol défavorable (historique parcellaire: remblais, zone de stockage)
- **Jardins** : Forte variabilité des abondances,
  - Zones 10 et 60 = faibles densités (< valeurs zones cultivées de référence)
  - Zone 100 : plutôt favorable aux lombriciens

➔ **Nécessité de caractériser la structure fonctionnelle = affiner diagnostic**

## 4.3) Application de paramètres lombriciens: Structure fonctionnelle



(Cluzeau et al., 2012)



Degré d'exposition  
aux contaminants du sol

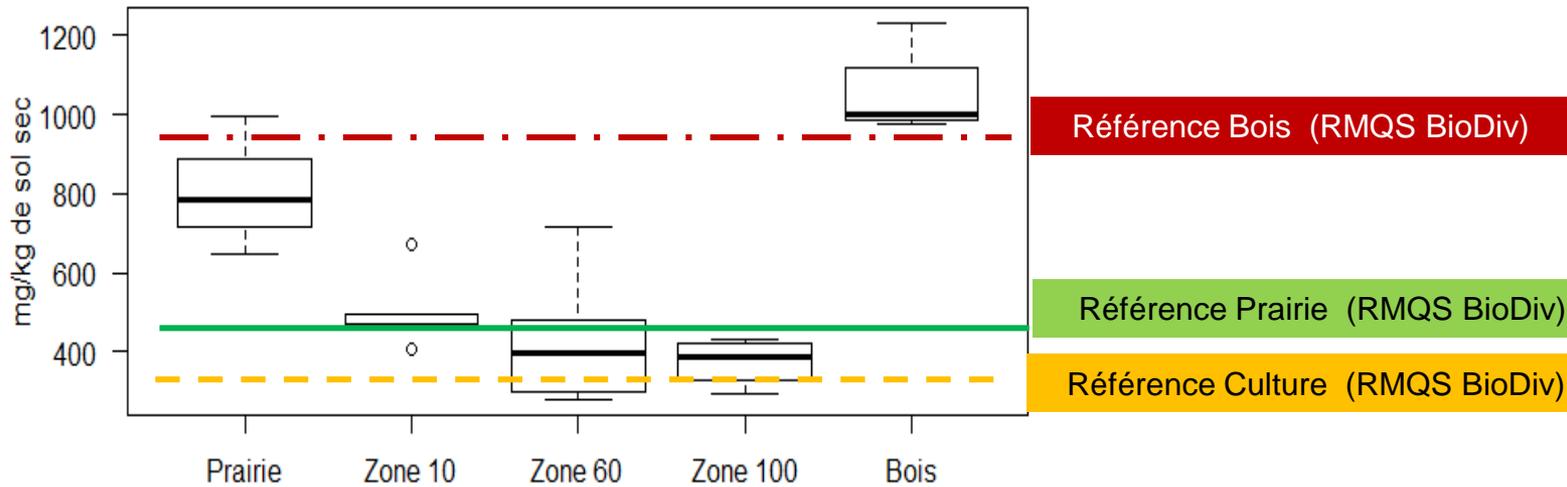
+ Epigés  
++ Anéciques  
+++ Endogés

- **Prairie** : domination des anéciques, quasi-absence des endogés  
→ structure fonctionnelle dégradée → confirmation
- **Jardins** : variabilités importantes des structures :
  - Historiques des jardins (zones potagères, pelouses...)
  - Impact des ETM totaux sur les lombriciens endogés (Zone 10)
  - Effets compensatoires de certains usages (apport de compost, binage)

### → Indicateur de structure fonctionnelle

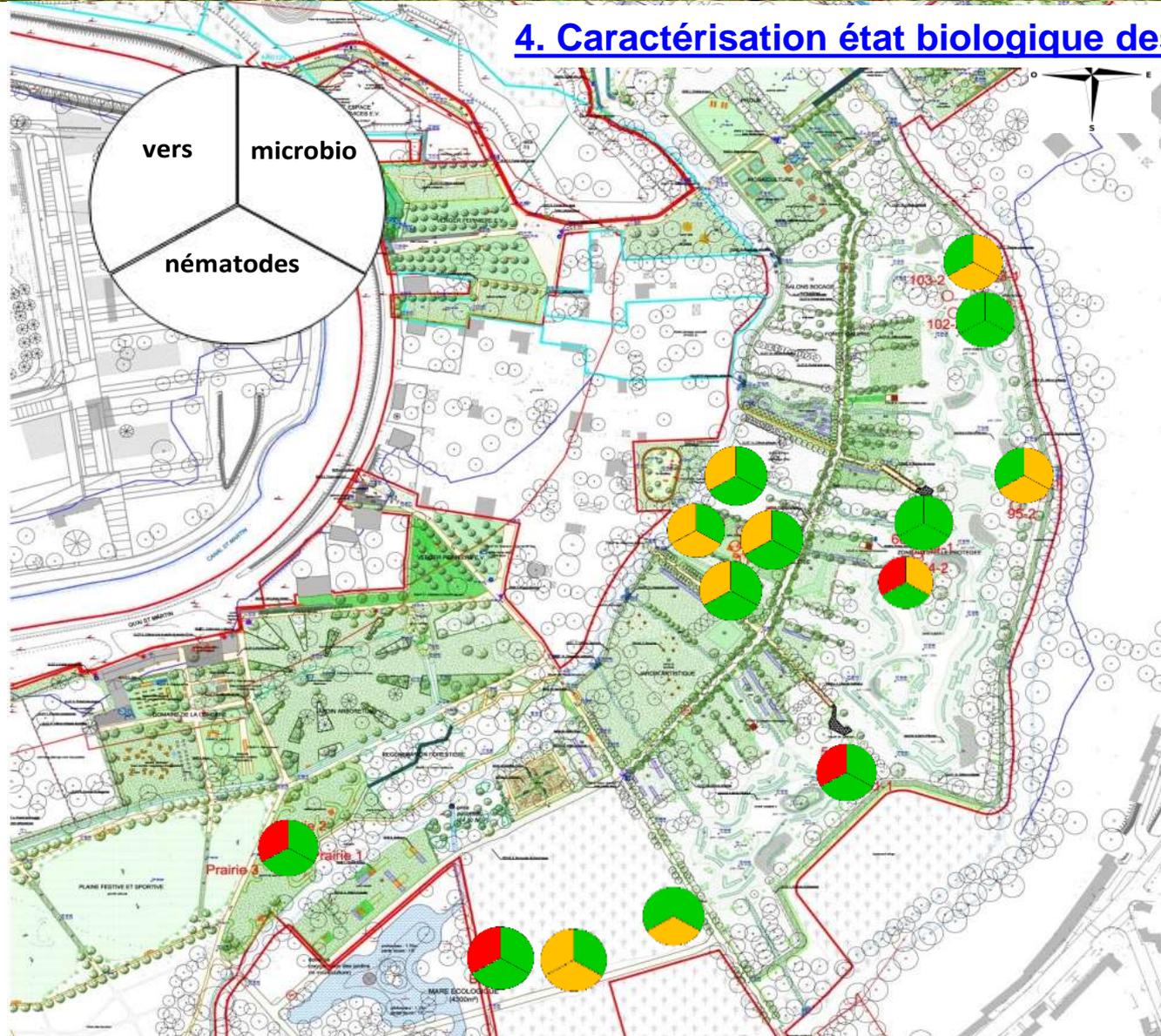
- renseigne sur le fonctionnement global du sol
- identifie les conséquences possibles sur la dynamique de la matière organique, la structuration des sols, fonctionnement hydrique du sol

## 4.4) Application de paramètres microbiens : Biomasse microbienne



- **Bois** : biomasse élevée → en accord avec valeurs locales (*Cluzeau et al. 2012*)
- **Prairie** : biomasses supérieures aux valeurs de références locales (retour de MO)
- **Jardins** : Variabilité des biomasses, cohérentes avec valeurs de zones cultivées  
- non impactées par la contamination des sols

## 4. Caractérisation état biologique des sols



Communauté dense  
et fonctionnelle



Faible densité ou  
mauvaise structure



Faible densité et  
mauvaise structure



## Apport des bioindicateurs dans le cadre d'un projet de ré-aménagement urbain

- ❖ Utiles pour évaluer la **biodisponibilité** des contaminants présents dans le sol et leurs **transferts** vers la chaîne trophique et **complémentaires à l'analyse physico-chimique et pédologique**;
- ❖ Utiles dans le cadre d'une démarche d'évaluation de la **biodiversité et des fonctions biologiques des sols dégradés urbains** laissés en place;
- ❖ Utiles dans un plan de **surveillance** sur le long terme de l'évolution d'une contamination laissée en place;
- ❖ Utiles dans le cadre d'un projet de **reconstruction de sols dégradés** (biotechnosols permettant de réduire l'apport de terre végétale) pour l'évaluation environnementale de ces sols reconstruits.



**Les bioindicateurs sont des outils pertinents pour la reconversion des friches urbaines**

ADEME



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Énergie



# BIOindicateurs

DES OUTILS BIOLOGIQUES POUR DES SOLS DURABLES

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



**Vers de Terre**

[guenola.peres@agrocampus-ouest.fr](mailto:guenola.peres@agrocampus-ouest.fr)

ADEME



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Énergie

**Oméga 3**



[marina.le-guedard@u-bordeaux.fr](mailto:marina.le-guedard@u-bordeaux.fr)

# Merci de votre attention



**Nématodes**

[cecile.villenave@elisol-environnement.fr](mailto:cecile.villenave@elisol-environnement.fr)



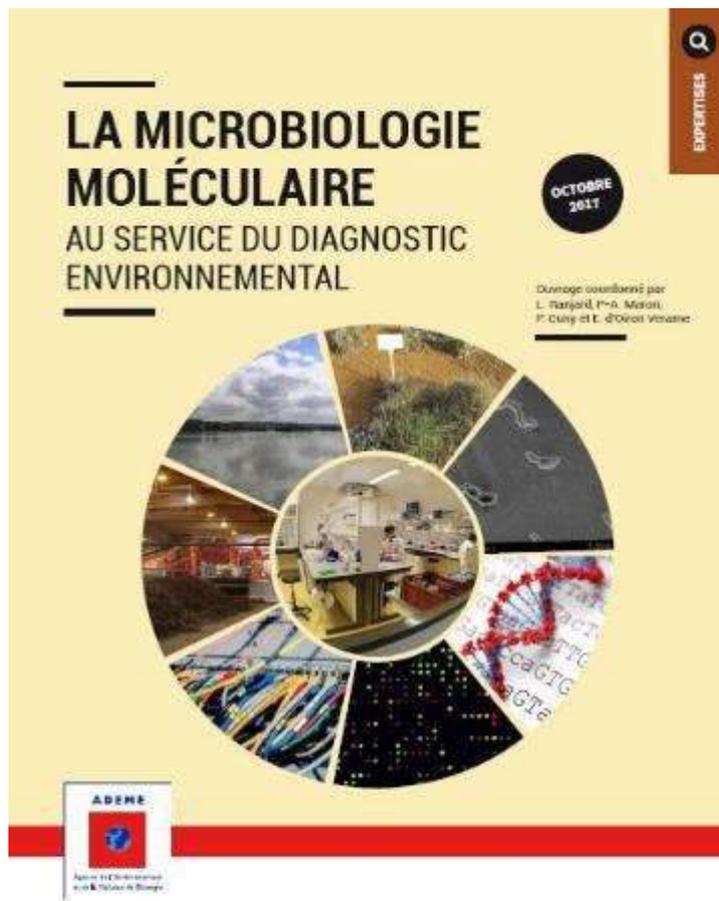
**Indice SET**

[benjamin.pauget@univ-fcomte.fr](mailto:benjamin.pauget@univ-fcomte.fr)

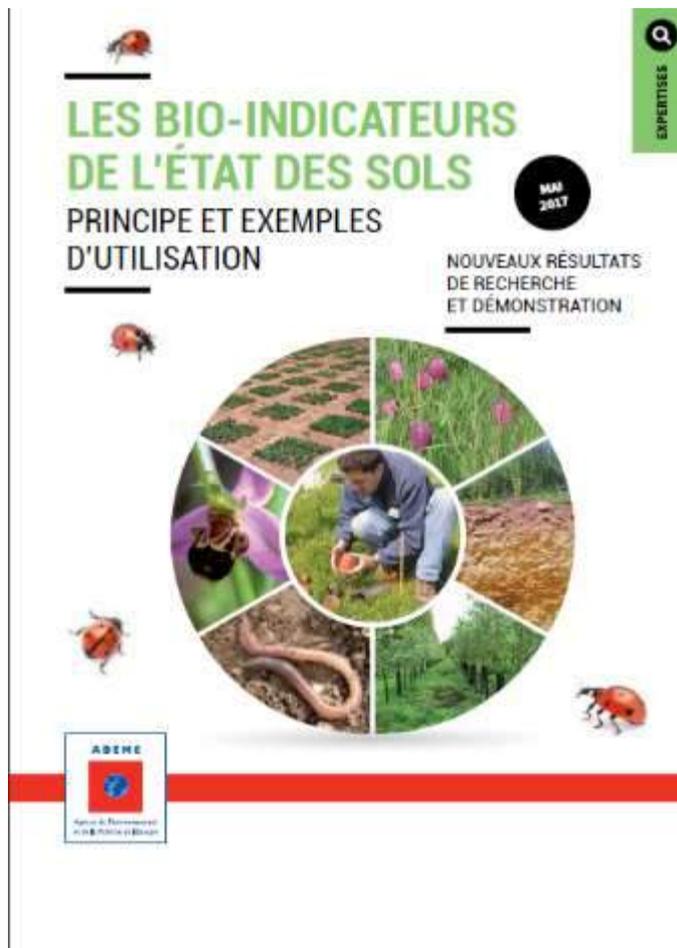
**Indice CET**



[ofaure@emse.fr](mailto:ofaure@emse.fr)



[www.ademe.fr/microbiologie-moleculaire-service-diagnostic-environnemental](http://www.ademe.fr/microbiologie-moleculaire-service-diagnostic-environnemental)



[www.ademe.fr/mediathèque](http://www.ademe.fr/mediathèque)