Les Bioindicateurs de l'état des sols : Outils de diagnostic et d'aide à la décision pour améliorer la gestion des sites et sols pollués

Marina Le Guédard, Jean-Jacques Bessoule, Hélène Cérémonie, Camille Chauvin, Annette De Vaufleury, Olivier Faure, Gérald Fayolle, Jean-François Nau, Benjamin Pauget, Cécile Villenave, Cécile Grand

CONTEXTE

Evaluation des risques liés à une pollution du sol

Outils couramment utilisés

Outils développés

	PHYSICO-CHIMIE	BIOINDICATEURS Paramètres Biologiques	
		Bioaccumulation	Impact/effet
Identification/Quantification de certains contaminants	👍	👍	👎
Biodisponibilité/transfert de contaminants	👎	👍	👍
Etat écologique des sols/impact global sur l'écosystème	👎	👎	👍
	COMPLEMENTARITES DES OUTILS		

PROGRAMME DE RECHERCHE : BIOINDICATEURS

2005-2012

BIOindicateurs DES OUTILS BIOLOGIQUES POUR DES SOLS DURABLES

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

ADEME Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Sélection d'outils pertinents et efficaces pour «l'évaluation des risques écologiques» de la contamination des sols

BIOINDICATEURS D'EFFETS

Microbiens

Nématodes

Vers de Terre

Oméga-3 Végétaux

BIOINDICATEURS D'ACCUMULATION

SET-Escargots

CMT-Végétaux

PROGRAMME DE RECHERCHE : BIOINDICATEURS

2005-2012

BIOindicateurs DES OUTILS BIOLOGIQUES POUR DES SOLS DURABLES

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

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Sélection d'outils pertinents et efficaces pour «l'évaluation des risques écologiques» de la contamination des sols

BIOINDICATEURS D'EFFETS

Microbiens

Nématodes

Vers de Terre

Oméga-3 Végétaux

BIOINDICATEURS D'ACCUMULATION

SET-Escargots

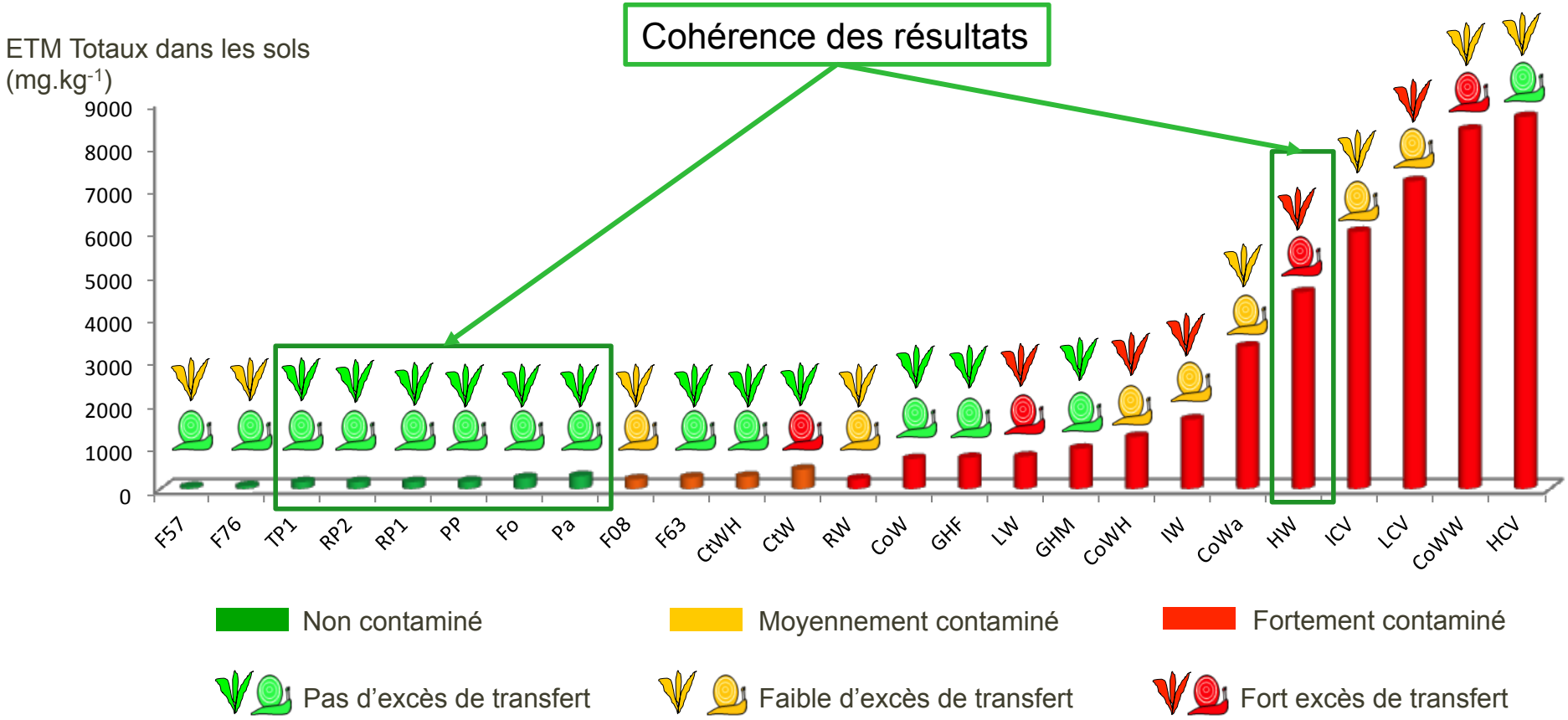
CMT-Végétaux

Etat de l'écosystème et de son fonctionnement

Transfert et effets des polluants

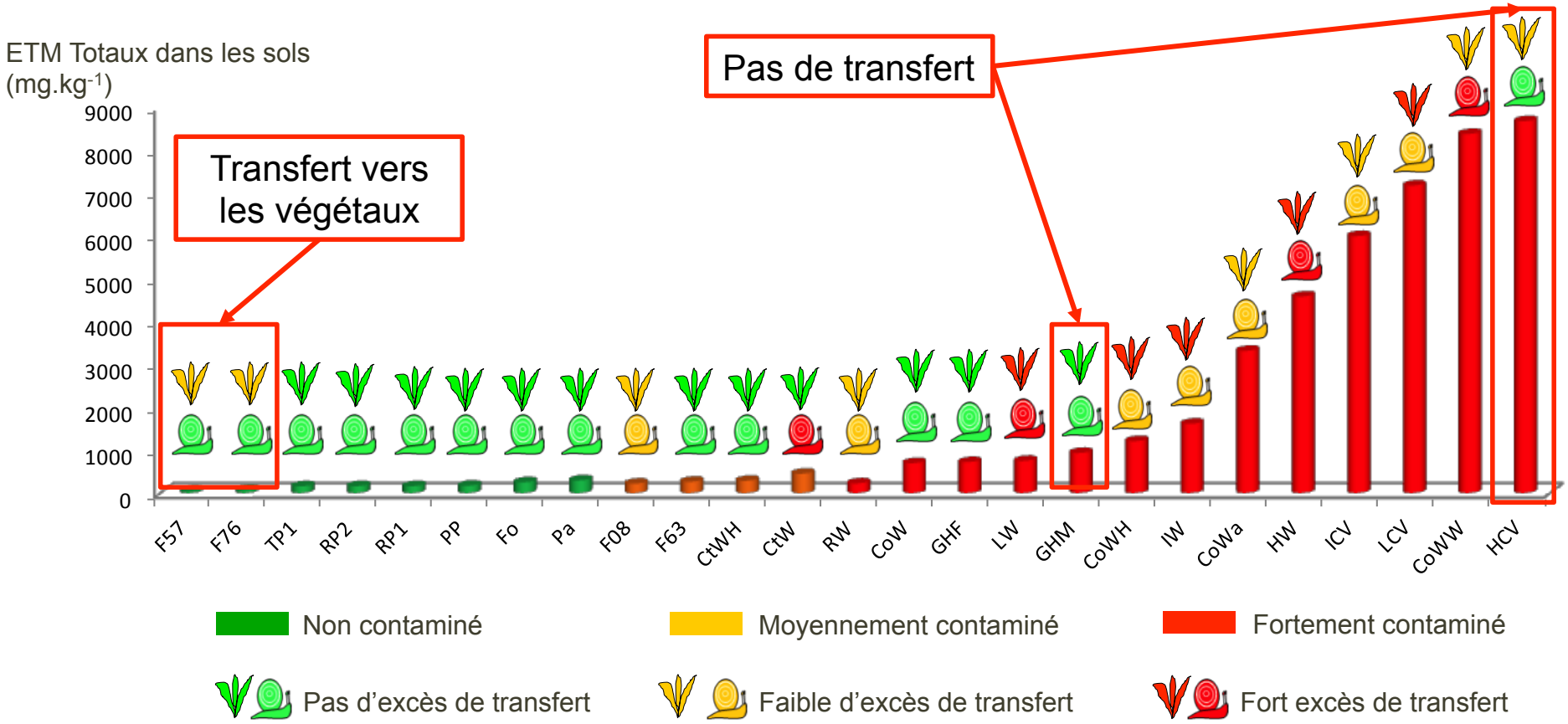
ANALYSE DU TRANSFERT DES CONTAMINANTS

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



ANALYSE DU TRANSFERT DES CONTAMINANTS

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



⇨ **Données physico-chimiques ne permettent pas de rendre compte des transferts vers les organismes vivants et leurs effets**

⇨ **Besoin d'outils complémentaires aux analyses physico-chimiques** (biodisponibilité, transfert et effets des contaminants)

PROJET DE RECHERCHE APPOLINE

⇨ Existence de plusieurs outils fiables et normalisés pour évaluer les **risques écologiques de la contamination des sols**

2014-2017

GESIPOL
2013

• **Étude de cas concrets :** Mise en œuvre de quelques outils sur site

• **Outils évalués par un BE** ⇨ apport potentiel **dans le diagnostic, l'élaboration et le suivi de plan de gestion (ou de réhabilitation)** de sites "pollués".

• **Création de fiches** pour aider les BE et les aménageurs à utiliser simplement ces nouveaux outils

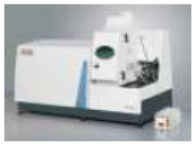
BIOINDICATEURS DISPONIBLES ET TRANSFERABLES

Bioaccumulation

Végétaux : CMT

Prélèvement d'un pool d'espèces végétales

ICP MS



Excès de Charge métalliques

$EC_{métal}$= (MObs – MedT) * FreqOut / MedT

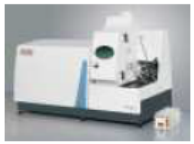
CMT : Charge Elémentaire Totale

CMT $= \sum EC_{métal}$

Escargots : SET

Exposition des escargots pendant 28 jours

ICP MS / AES



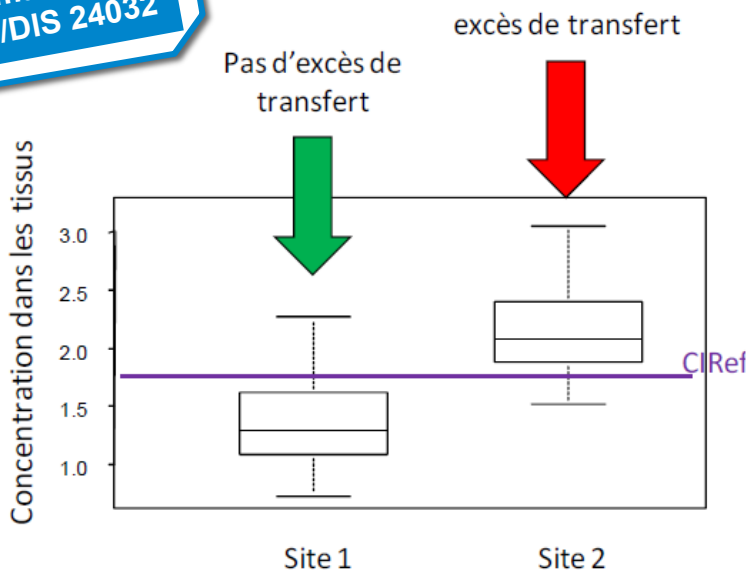
Quotient d'Accumulation

QA = (C_{esc}/CIRef)

SET : Somme des excès de transfert

SET = Σ(QA-1)

En cours de normalisation ISO/DIS 24032



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

BIOINDICATEURS DISPONIBLES ET TRANSFERABLES

Etat de santé des végétaux

Ex situ *Lactuca sativa*

AFNOR XP X31-233

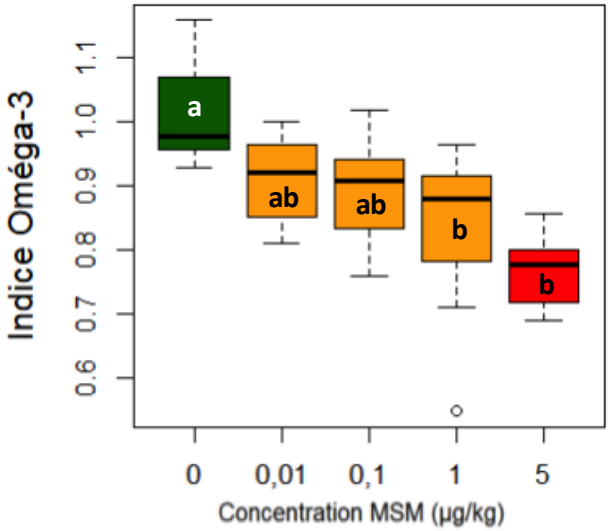
In situ *Différentes espèces végétales*

NF EN ISO 21479

Indice Oméga-3 : Mesure de la peroxydation des lipides

Analyse de la composition en acides gras des feuilles

Indice Oméga-3



Chromatographie en phase gazeuse

BIOINDICATEURS DISPONIBLES ET TRANSFERABLES

Etat et fonctionnement biologique des sols

Indice Nématodes : Mesure de la diversité

NF EN ISO 23611-4

Test « in vivo »

≈ 70 paramètres biodiversité

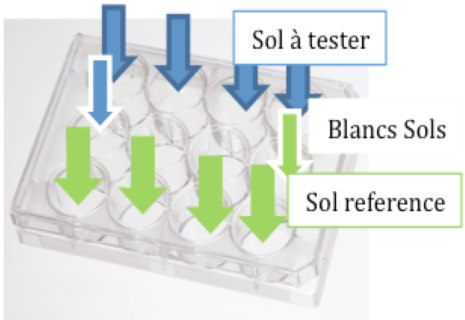
≈ 4 paramètres synthétiques

Outil de surveillance de la qualité du sol

Test ecotoxicologique

Bio-test « in vitro »

C. elegans



Taux d'inhibition de la reproduction

NF ISO 10 872

ELISOL ENVIRONNEMENT

EXEMPLES DE RESULTATS : Reconversion des sites et des friches urbaines potentiellement pollués ou dégradés

Contexte des Prairies Saint-Martin : aménagement d'un parc naturel urbain sur des sols contaminés par des ETMs

- Présence d'une contamination des sols (Pb, Zn, Cd) ⇨ possibilité de transfert des contaminants vers la flore et la faune

Analyse du transfert et effets des contaminants présents dans les sols

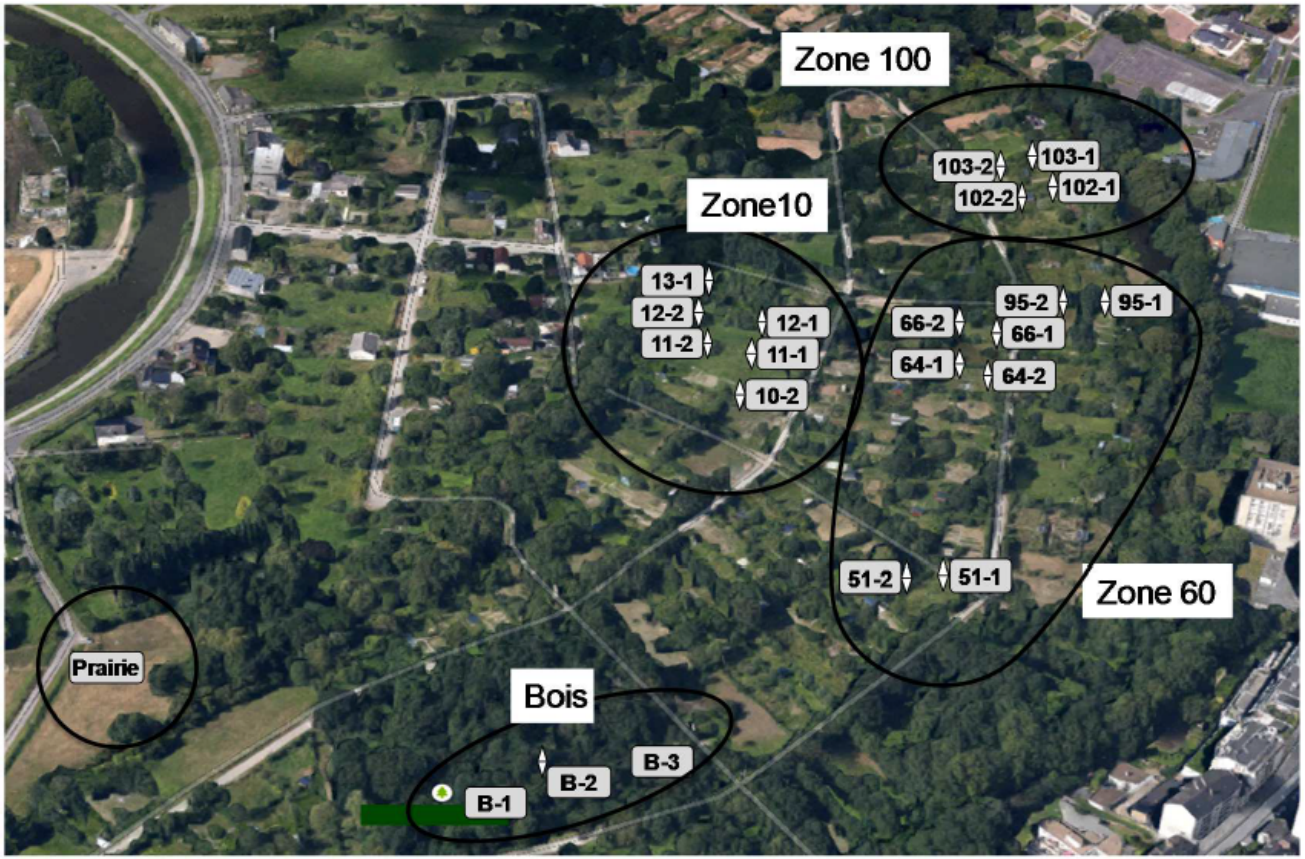
(SET escargot, CMT végétaux et indice Oméga-3)

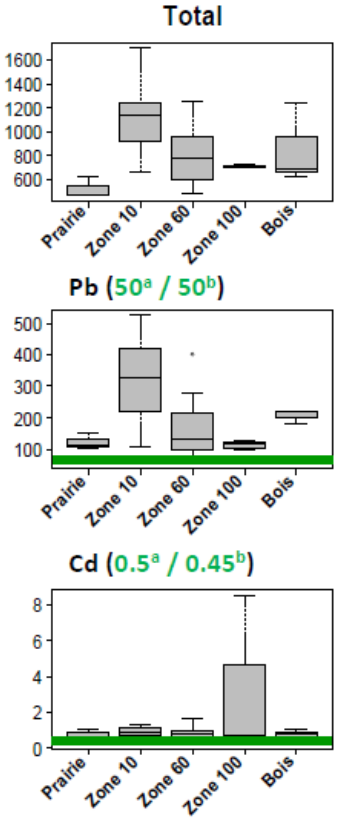
- Réaménagement de la zone en Parc Naturel Urbain (PNU) à forte valeur écologique en conservant les habitats en place

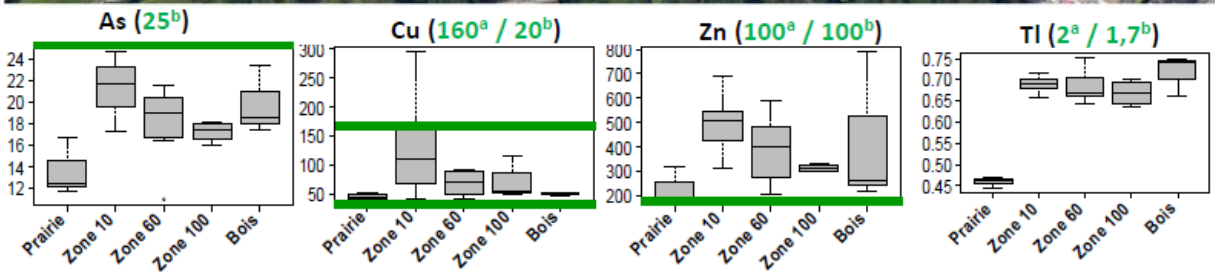
Analyse de la biodiversité et du fonctionnement du sol

(Communautés biomasses microbiennes, vers de terre et nématodes)

EXEMPLES DE RESULTATS : Reconversion des sites et des friches urbaines potentiellement pollués ou dégradés



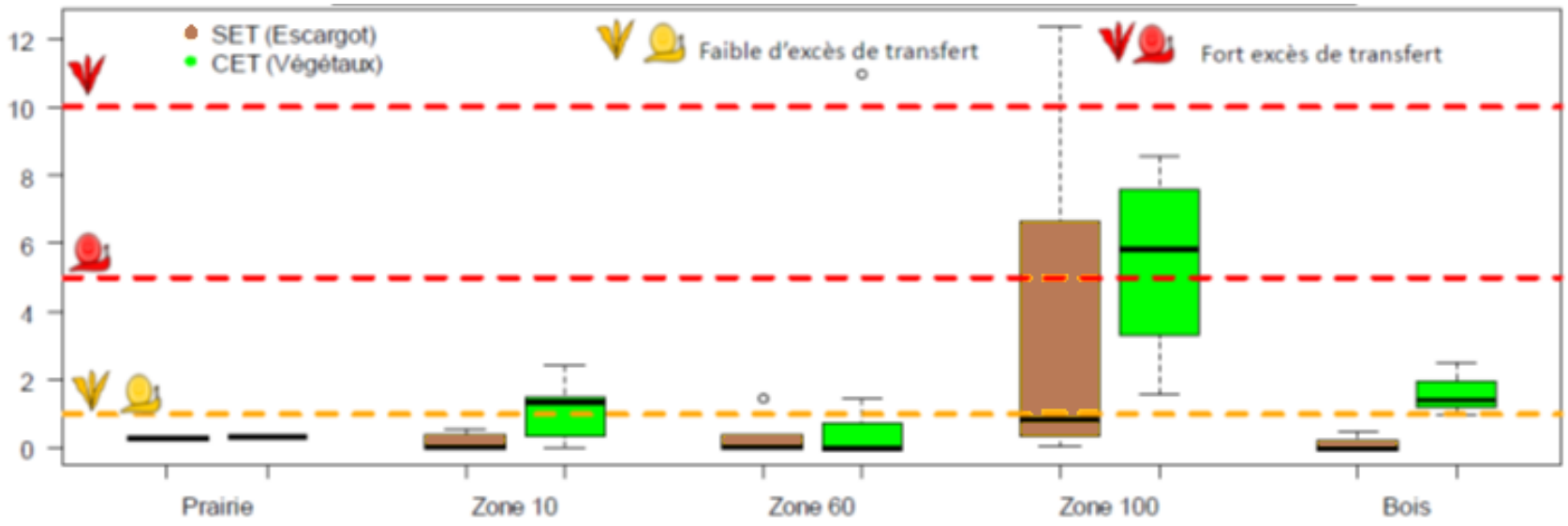




concentration de référence dans les sols :
a : fond géochimique local
b : gamme des valeurs ordinaires ASPITET

EXEMPLES DE RESULTATS : Reconversion des sites et des friches urbaines potentiellement pollués ou dégradés

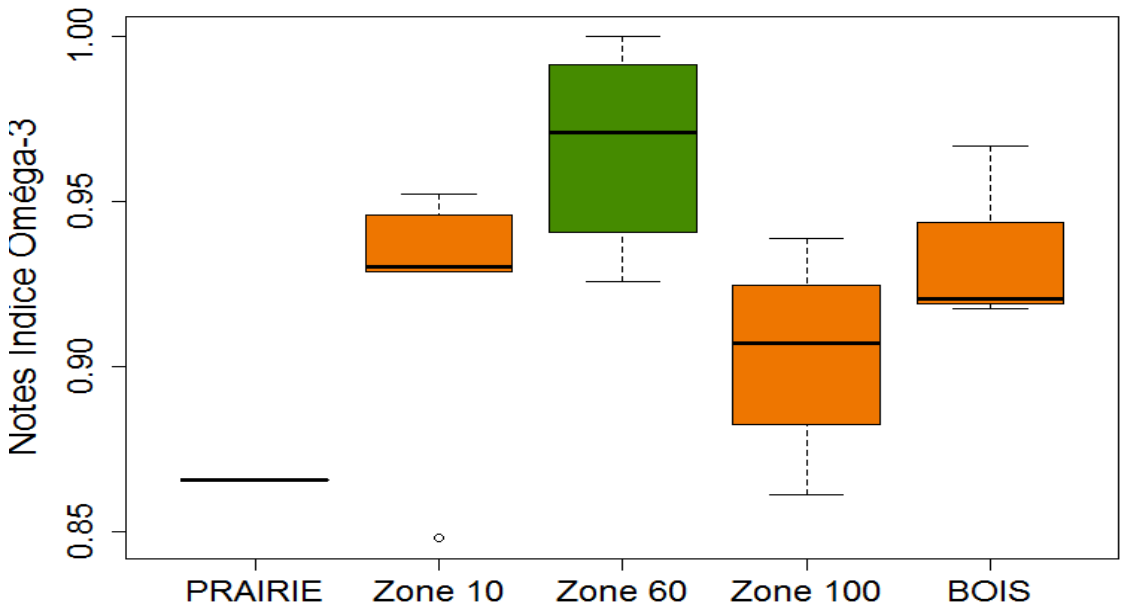
Evaluation des risques de transferts (SET-Escargots et CMT- végétaux)



Zone 100 = plus fortes variations de transfert des contaminants vers les récepteurs biologiques, mais transferts faibles

EXEMPLES DE RESULTATS : Reconversion des sites et des friches urbaines potentiellement pollués ou dégradés

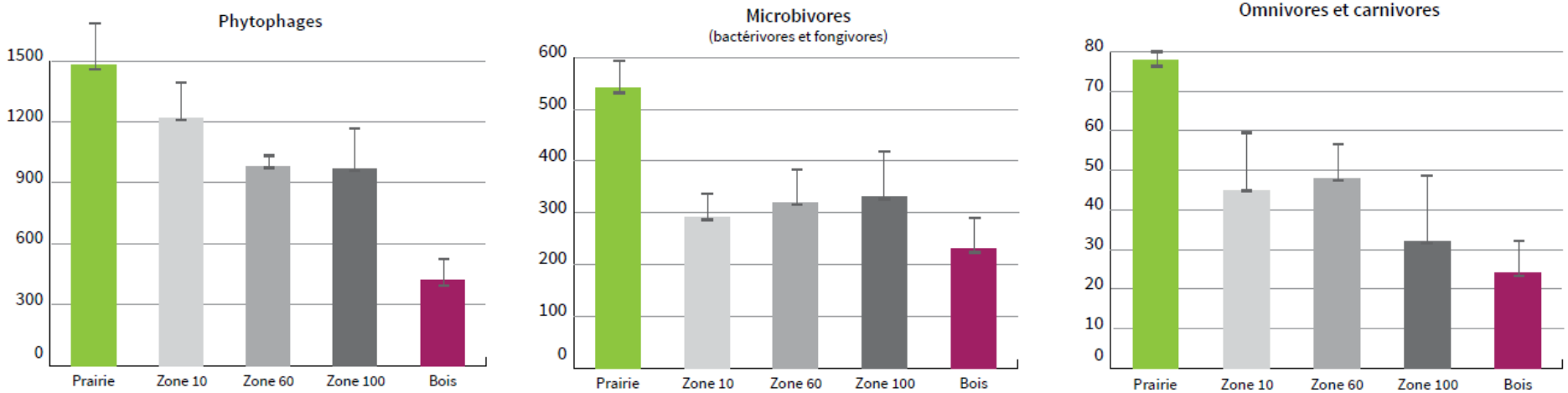
Evaluation de l'état de santé du couvert végétal (Indice Oméga-3)

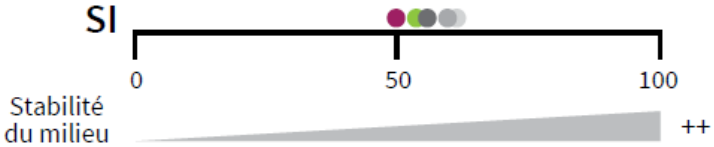


Zone 100 = plus fort impact sur la santé des végétaux, cependant, impact reste faible

EXEMPLES DE RESULTATS : Reconversion des sites et des friches urbaines potentiellement pollués ou dégradés

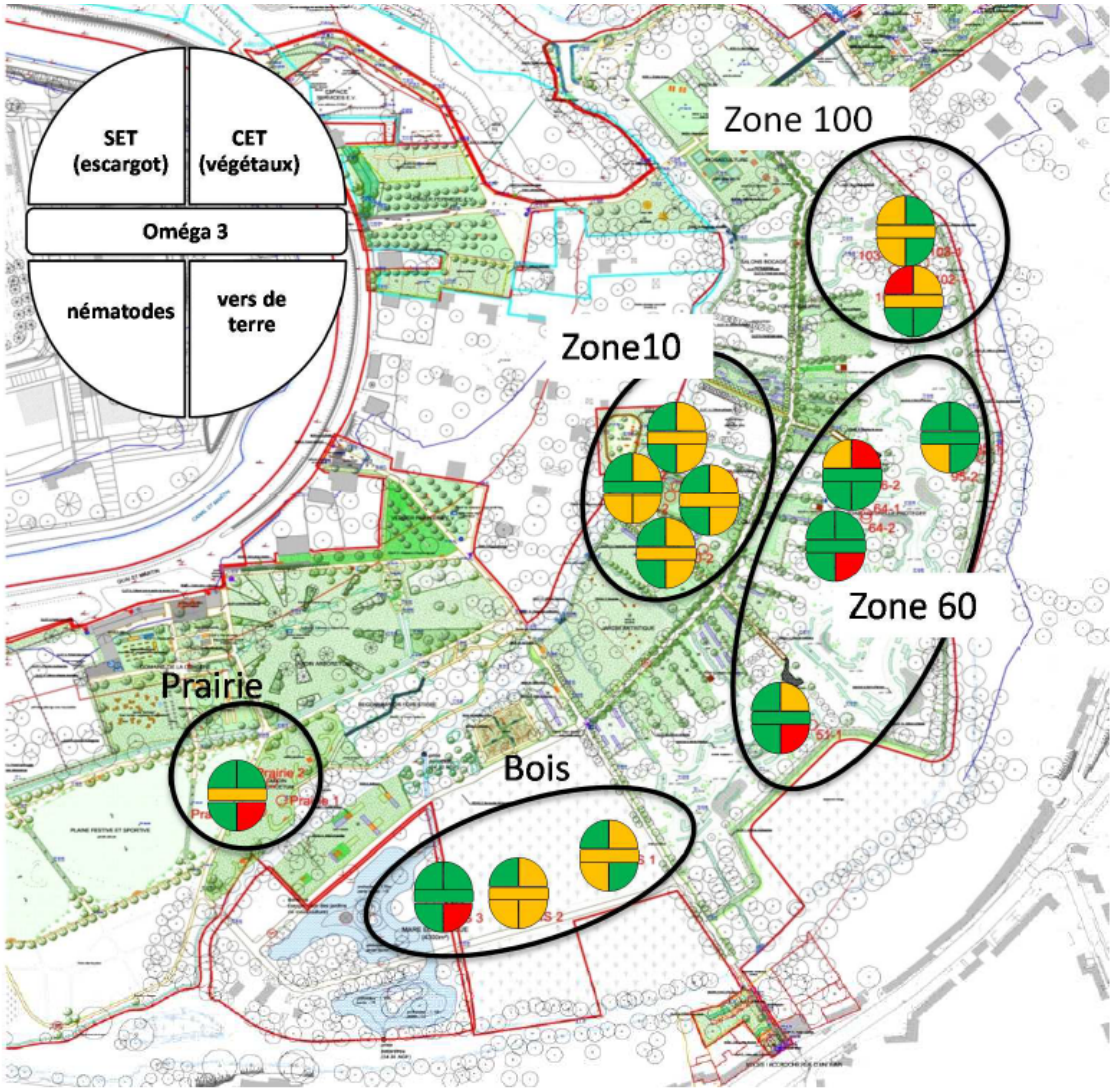
Evaluation de la qualité biologique du sol: analyse de la nématofaune





⇨ **Site présentant globalement un bon état biologique, même si en quelques points, l'activité biologique est réduite de façon significative mais non préoccupante**

EXEMPLES DE RESULTATS : Reconversion des sites et des friches urbaines potentiellement pollués ou dégradés



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

Communauté normale
→ Très bon état biologique

Faible transfert et impact modéré
→ Zone de surveillance

Communauté légèrement altérée.
→ Etat biologique moyen

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

Communauté altérée
→ Etat biologique dégradé

EXEMPLES DE RESULTATS : Reconversion des sites et des friches urbaines potentiellement pollués ou dégradés

Caractérisation biologique des sols :

- ⇨ Sols présentant les teneurs totales en contaminants les plus faibles peuvent être une source de transfert vers les chaînes trophiques terrestres plus importante que les sols présentant des teneurs plus élevées
- ⇨ Zones les plus faiblement contaminées qui doivent faire l'objet d'une priorité de gestion.

Intérêt des bioindicateurs dans la reconversion de friches urbaines :

- ⇨ Evaluer la biodiversité, les risques pour les écosystèmes et évaluer les fonctions biologiques des sols.
- ⇨ Aider à hiérarchiser les modes de gestion et valider la qualité environnementale du projet d'aménagement.

DOMAINES D'APPLICATIONS DES OUTILS

MIEUX GERER ET PROTEGER LES SOLS

Elaboration des plans de gestion

- **Compléter** la caractérisation physico-chimique
- **Améliorer** l'évaluation des risques pour les écosystèmes
- **Aider à la faisabilité** d'une technique de phytomanagement
- **Être intégrés** dans un plan de surveillance des sols ayant fait l'objet d'un traitement

Etudes environnementales et réglementaires

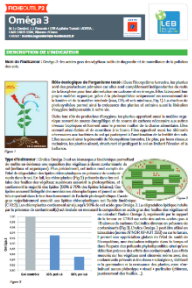
- **Compléter les études requises** pour répondre à des besoins réglementaires
- **Evaluer les impacts sur la biodiversité** des sols dégradés maintenus en place

Etudes de réaménagement des friches urbaines et industrielles

- **Aider à la faisabilité** d'un projet de phytomanagement
- **Evaluer la pérennité d'un couvert végétal** maintenu en place sur un sol dégradé
- **Suivre l'adaptation d'une nouvelle végétation** implantée sur un sol dégradé
- **Aider à l'élaboration** d'un plan de réaménagement

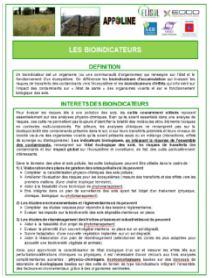
EODD ingénieurs conseils

CONCLUSIONS



1) Création de fiches détaillées des outils biologiques existants

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



2) Création de fiches synthétiques pour aider les BE et les aménageurs (principes et applications)

http://www.lebaquitainetransfert.cnrs.fr/Fiches%20INTERSOL2017.pdf

3) Intégration des outils indice Oméga-3 et CMT-végétaux dans le guide des phytotechnologies appliquées aux sites pollués

http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/phyto_010191.pdf

4) Prise en compte des outils biologiques dans le guide de méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués

http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Politique-de-gestion-des-sites-et.html

5) Intégration des outils biologiques pour l'évaluation des risques écologiques de sites et sols pollués dans l'approche TRIADE (ISO 19204:2017)

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

marina.le-guedard@u-bordeaux.fr

cecile.villenave@elisol-environnement.fr

jf.nau@eodd.fr

ofaure@emse.fr

annette.devaufleury@univ-fcomte.fr

benjamin.pauget@tesora.fr