

ADEME



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

Les bioindicateurs : de nouveaux outils d'aide à la décision pour l'élaboration du plan de gestion et pour la surveillance des milieux.

Benjamin Pauget, Olivier Faure, Marina le Guédard, Jean-François Nau, Guénola Pérès, Cécile Villenave, Cécile Grand

Contact : benjamin.pauget@univ-fcomte.fr



Qu'est ce qu'un bioindicateur :

Organisme (ou une partie d'un organisme ou une communauté d'organismes) qui renseigne sur l'état et le fonctionnement d'un écosystème. Blandin (1986)

Pourquoi avons-nous besoin de bioindicateurs, biomarqueurs ?

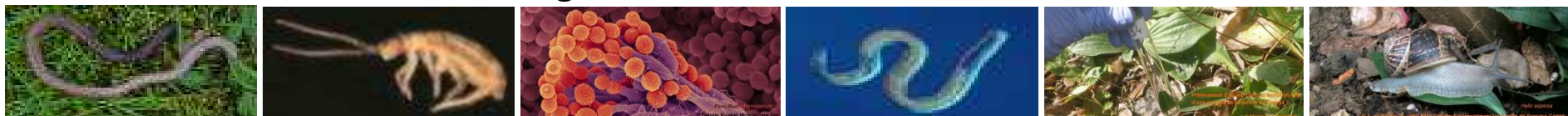
- ❖ Sol = ressource non renouvelable qui doit être protégée
- ❖ Dégradation des sols = en accélération permanente
 - Nombre important de Sites et Sols Pollués (SSP)
- ❖ Outils pour appréhender l'état des sols
 - Indicateurs physiques et chimiques : utilisés en routine mais n'intègrent pas complètement la notion de biodisponibilité
 - Indicateurs biologiques : rarement utilisés



La démarche d'Interprétation
de l'Etat des Milieux

Alors que les organismes du sol :

- réagissent aux pressions environnementales,
- sont des indicateurs intégratifs



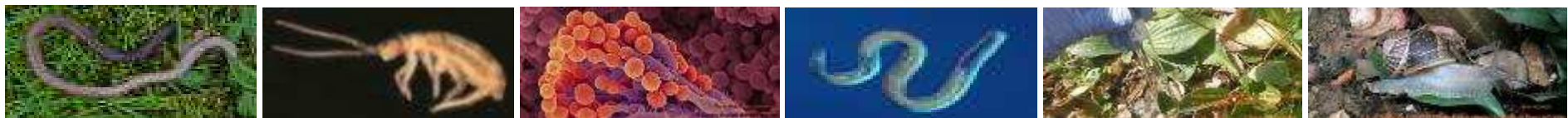
⇒ Nouveau défi pour demain:

- restaurer et réutiliser des sols dégradés
- rétablir ou évaluer des services écosystémiques (exemple: habitat, capacité tampon)
- Vers une **démarche** pouvant aider la ré-utilisation des sols dégradés (ex: reconversion des sols urbains)

Identification des bioindicateurs comme outils d'aide à la décision pour caractériser les milieux et les polluants (partie 5.3.3.1.3) dans la mise à jour (en consultation) de la méthodologie de gestion des sols pollués (MEDDE)



**La démarche d'Interprétation
de l'Etat des Milieux**



Etat et Fonctionnement biologique du sol



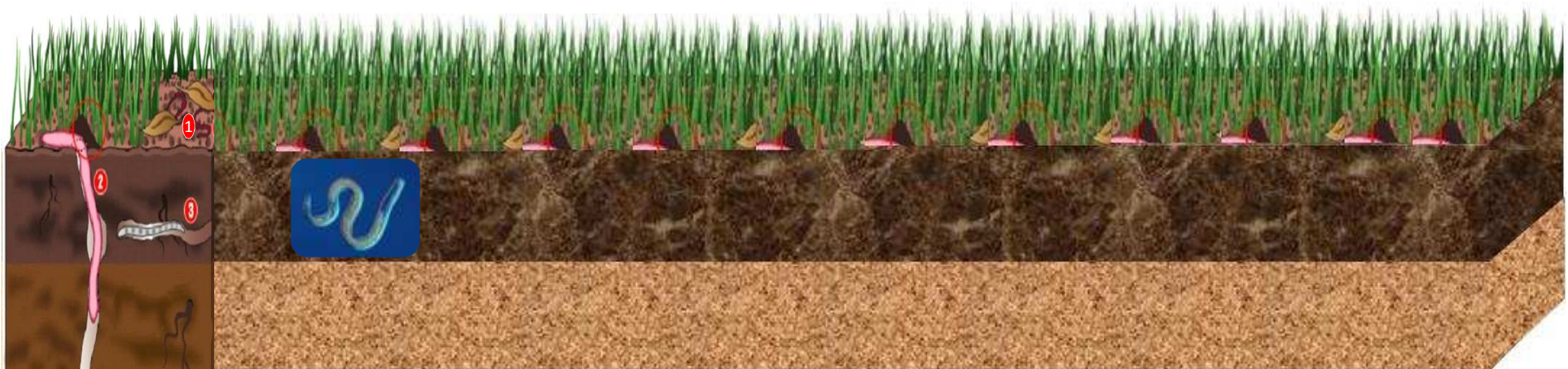
Vers de Terre

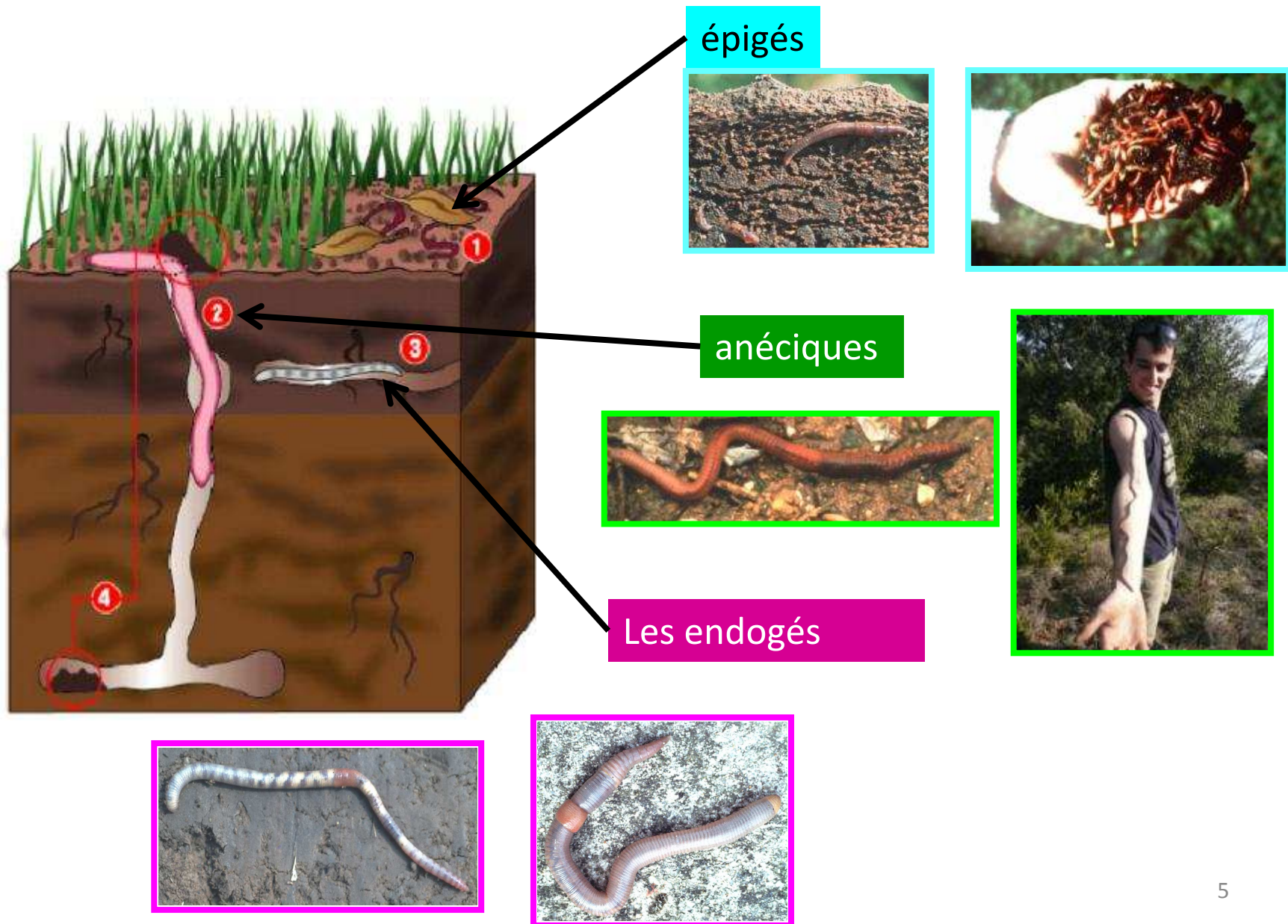
→ Stabilité, infiltration,
rétention, dégradation



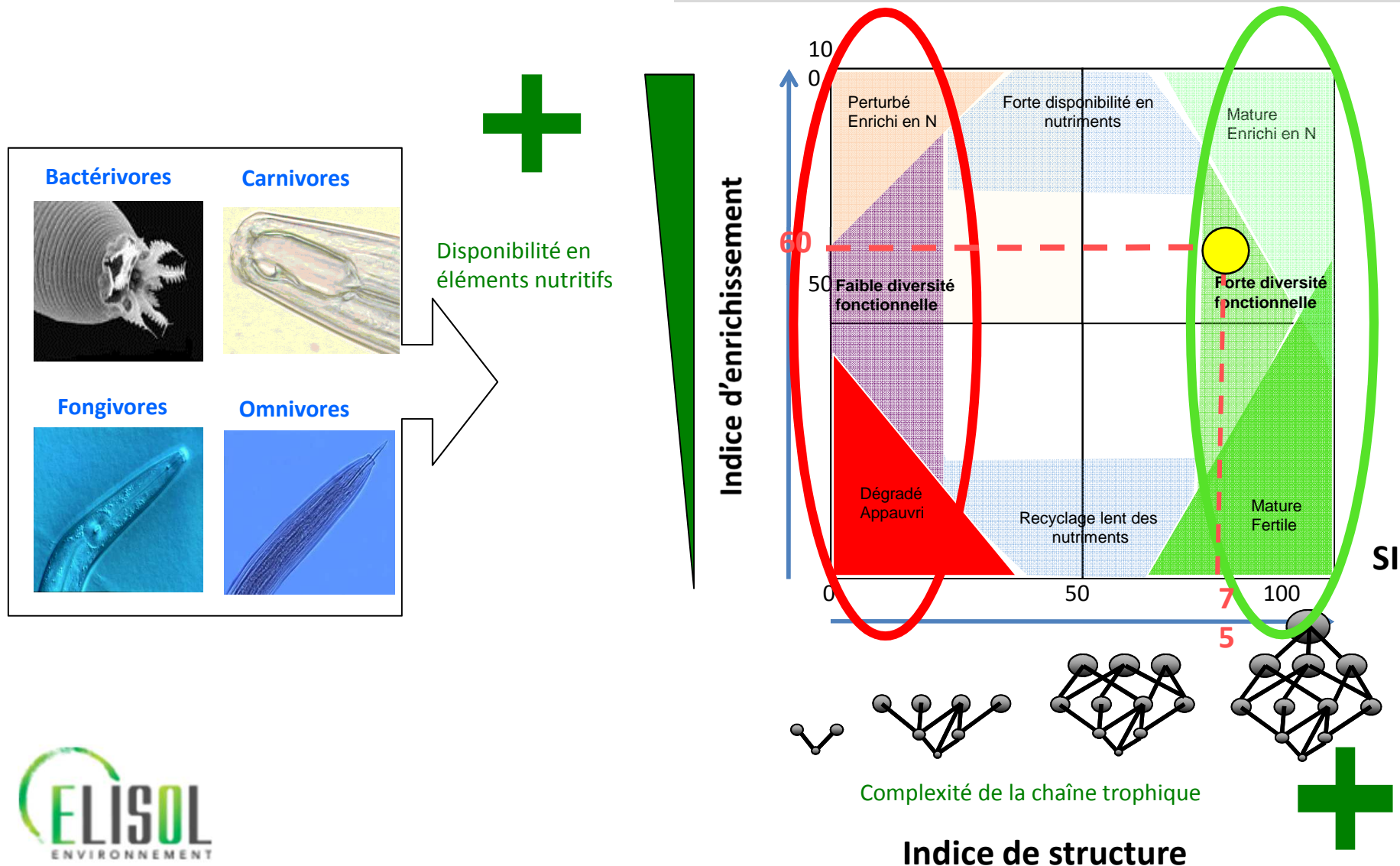
Nématodes

→ Minéralisation, régulation
du compartiment microbien





Le diagnostic du réseau trophique



Etat et Fonctionnement biologique du sol



Vers de Terre

→ Stabilité, infiltration, rétention, dégradation



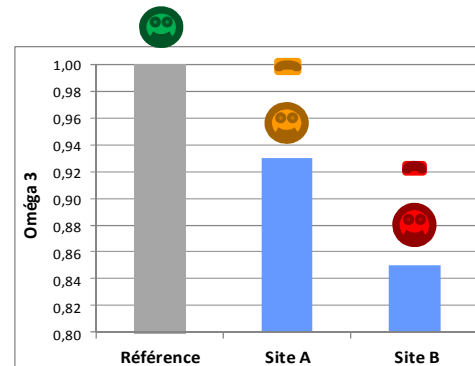
Nématodes

→ Minéralisation, régulation du compartiment microbien

Effet des contaminants



Oméga 3



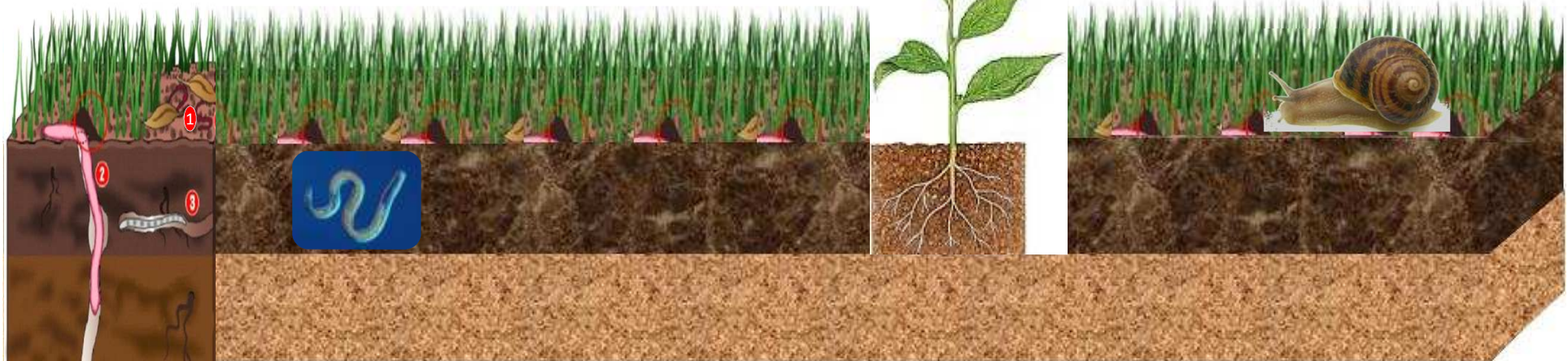
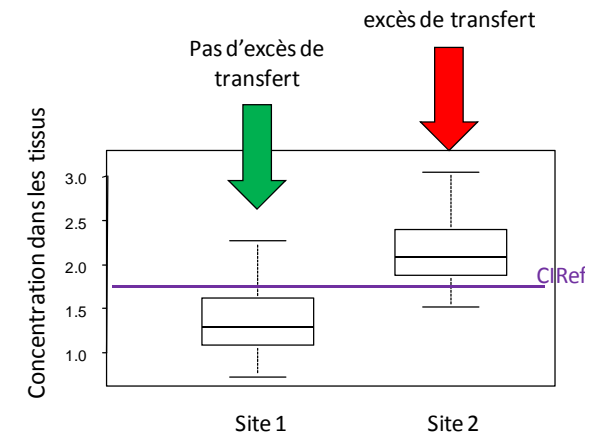
Bioaccumulation



Indice CET



Indice SET



Végétaux : PhytoMet



Prélèvement d'un pool d'espèces végétales



ICP MS



Excès de Charge
métalliques

$$EC_{\text{métal}} = (\text{MObs} - \text{MedT}) * \text{FreqOut} / \text{MedT}$$



CET : Charge Élémentaire Totale

$$CET = \sum EC_{\text{métal}}$$

Escargots : SET



Exposition des escargots pendant 28 jours



ICP MS / AES

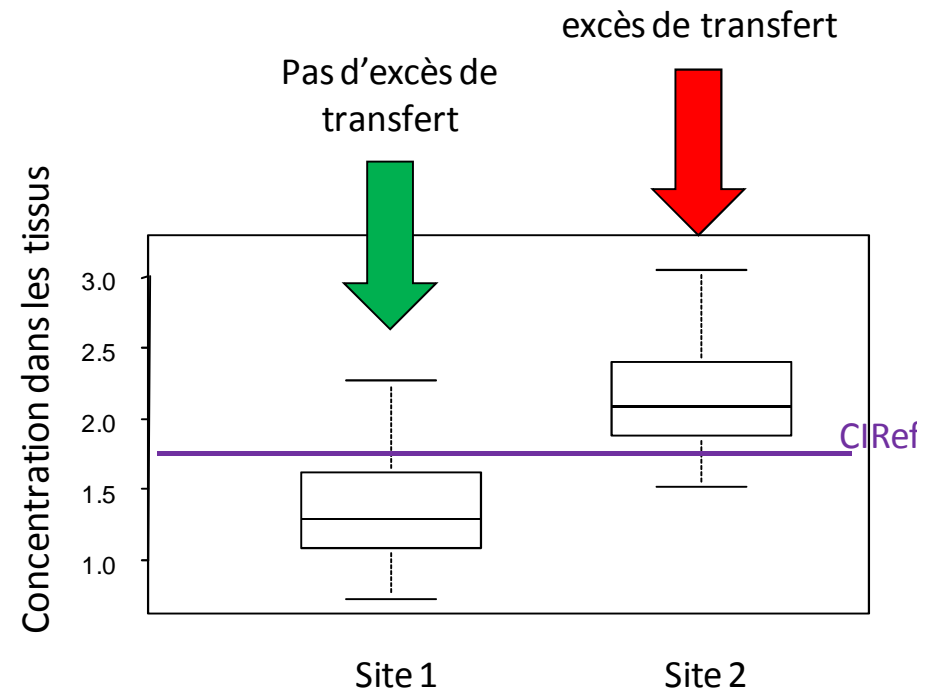


Quotient
d'Accumulation
 $QA = (C_{\text{esc}} / CI_{\text{Ref}})$



SET : Somme des excès de transfert

$$SET = \sum (QA - 1)$$



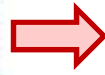
Indice Oméga 3



Prélèvement feuilles
d'espèces végétales



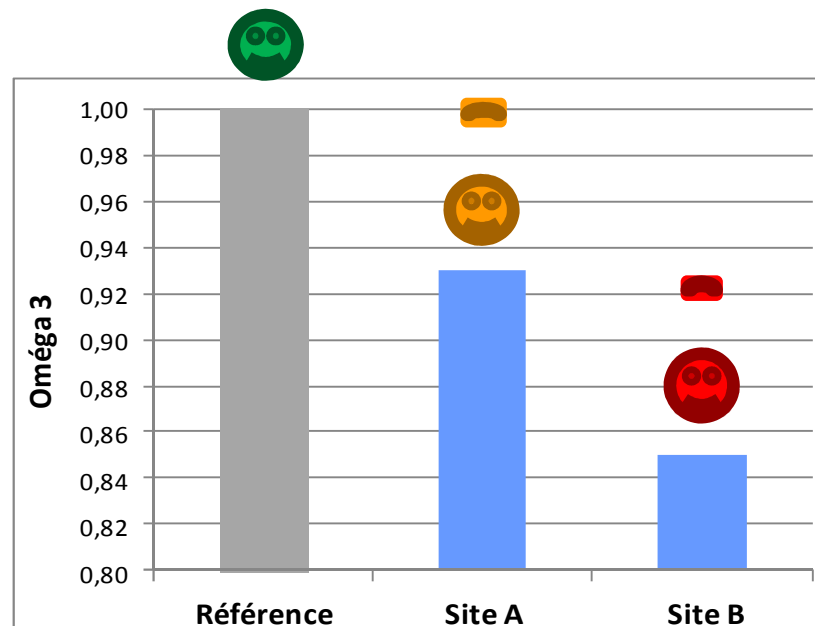
Chromatographie
en phase gazeuse

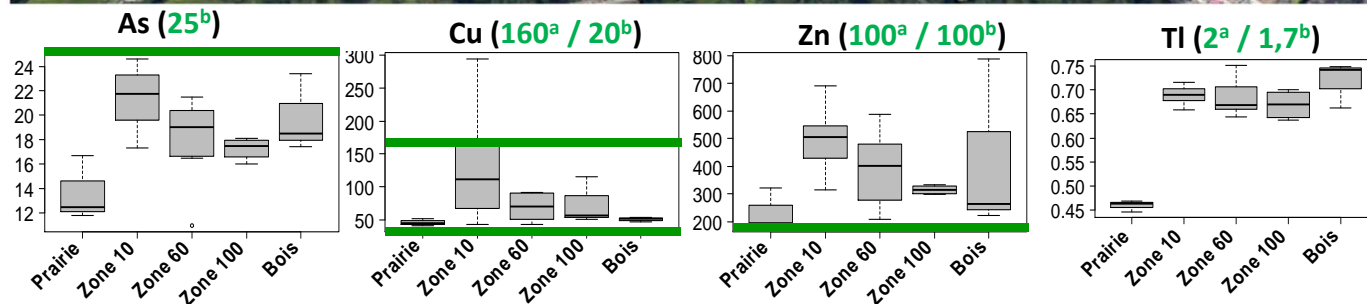
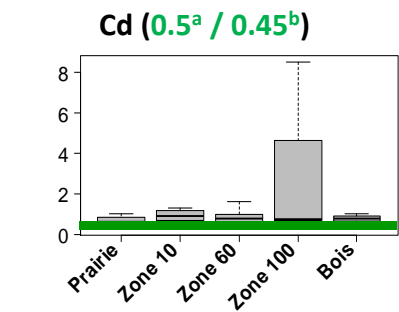
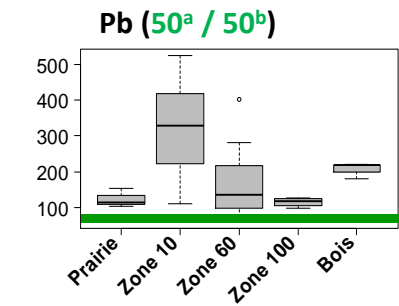
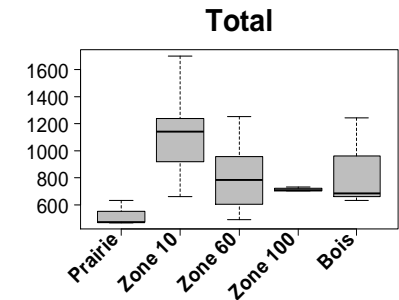
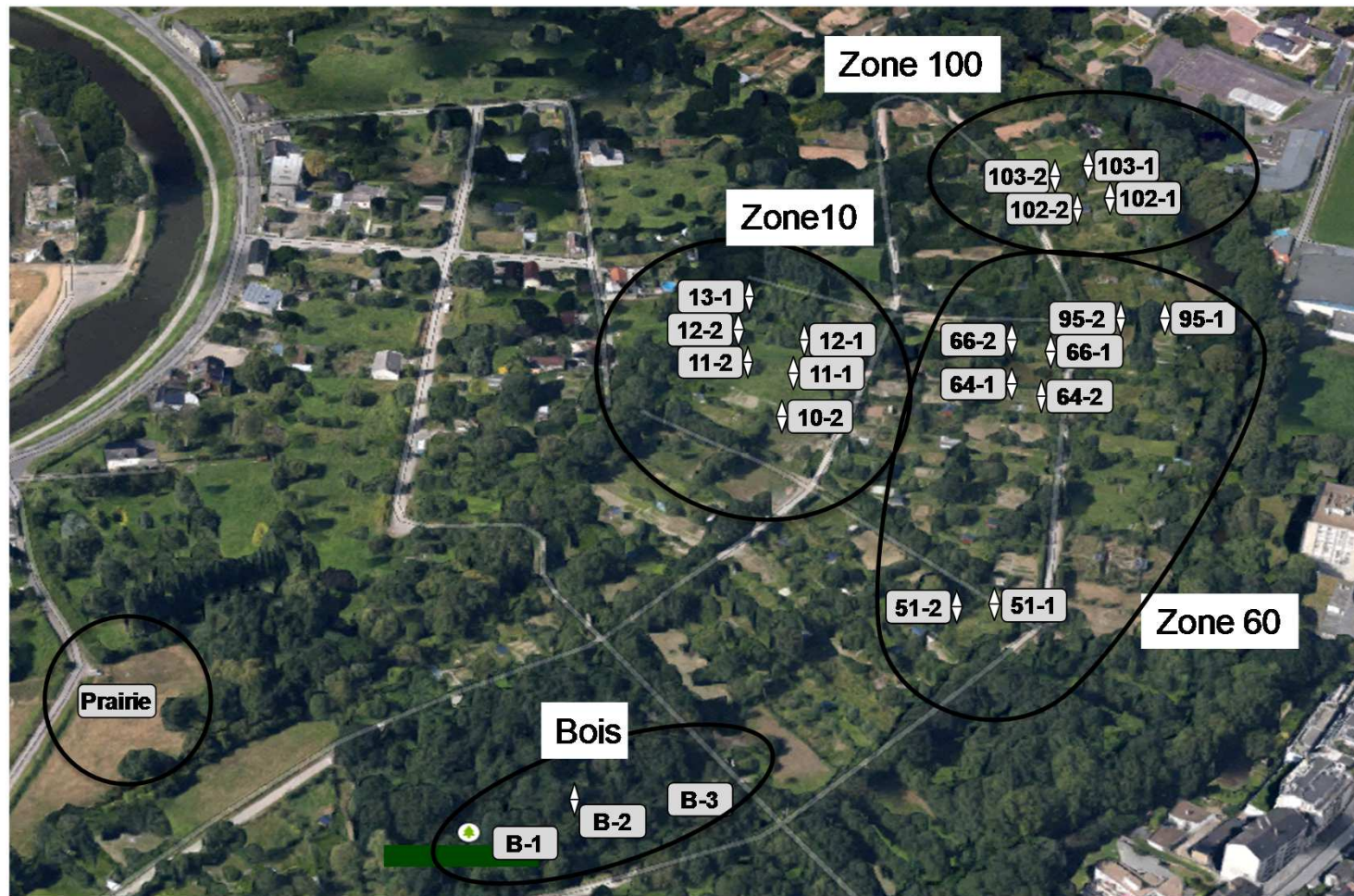


Mesure de la teneur
en Oméga3



Calcul de l'indice
Oméga 3





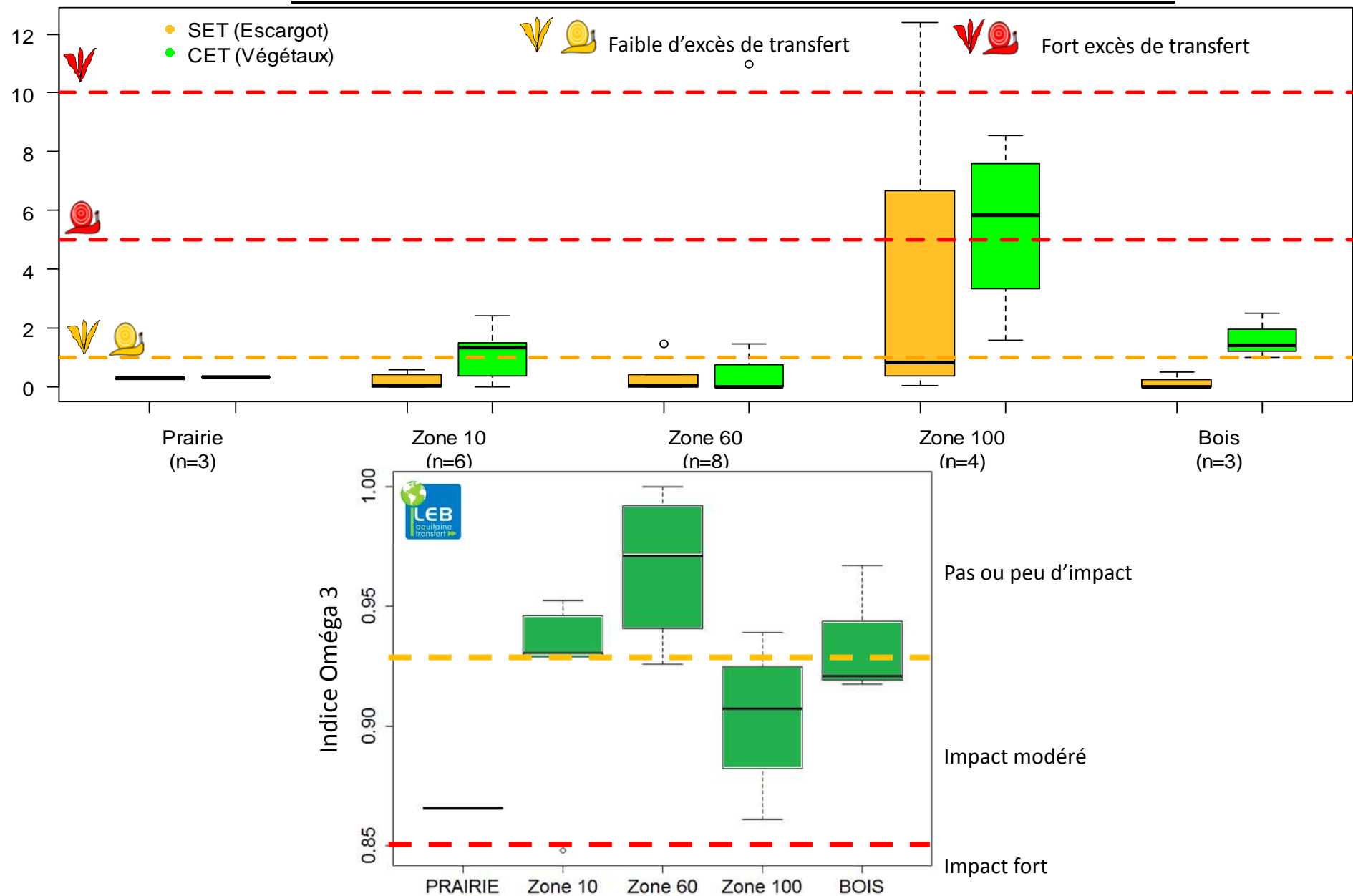
concentration de référence
dans les sols :
a : fond géochimique local
b : gamme des valeurs
ordinaires ASPITET



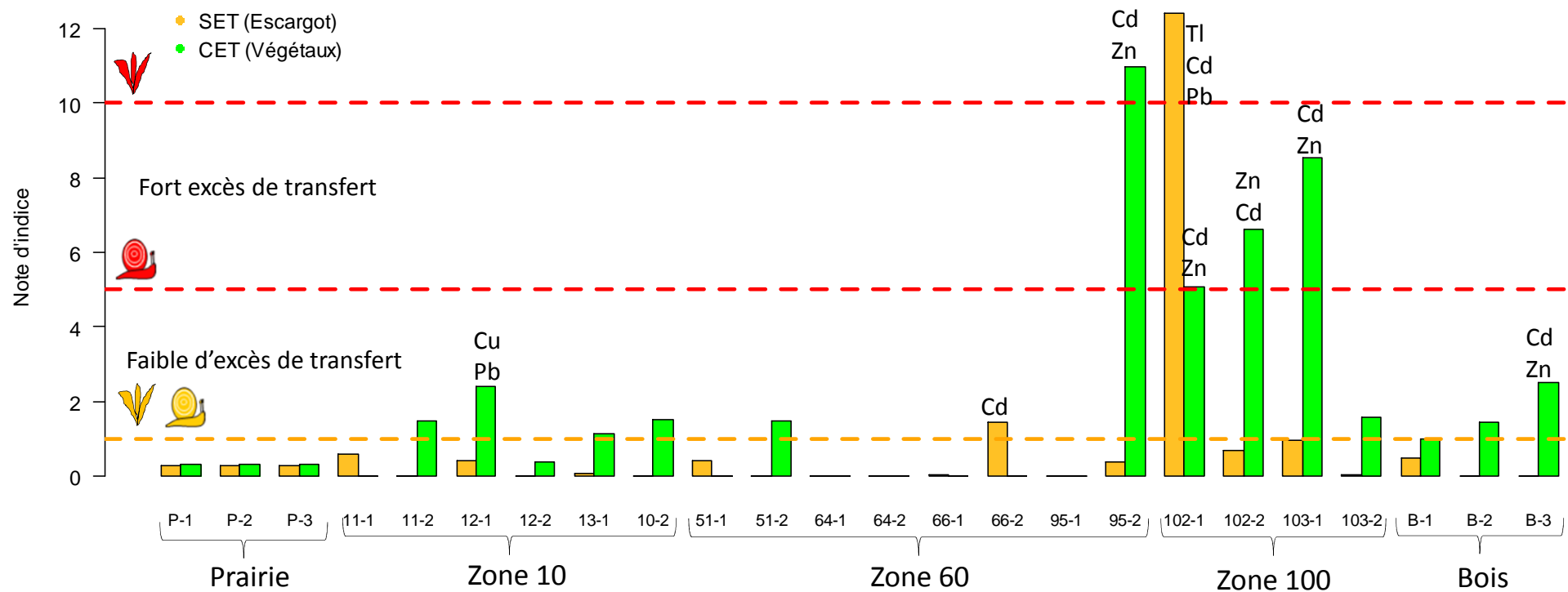
Questions du maître d'oeuvre aux partenaires de l'étude

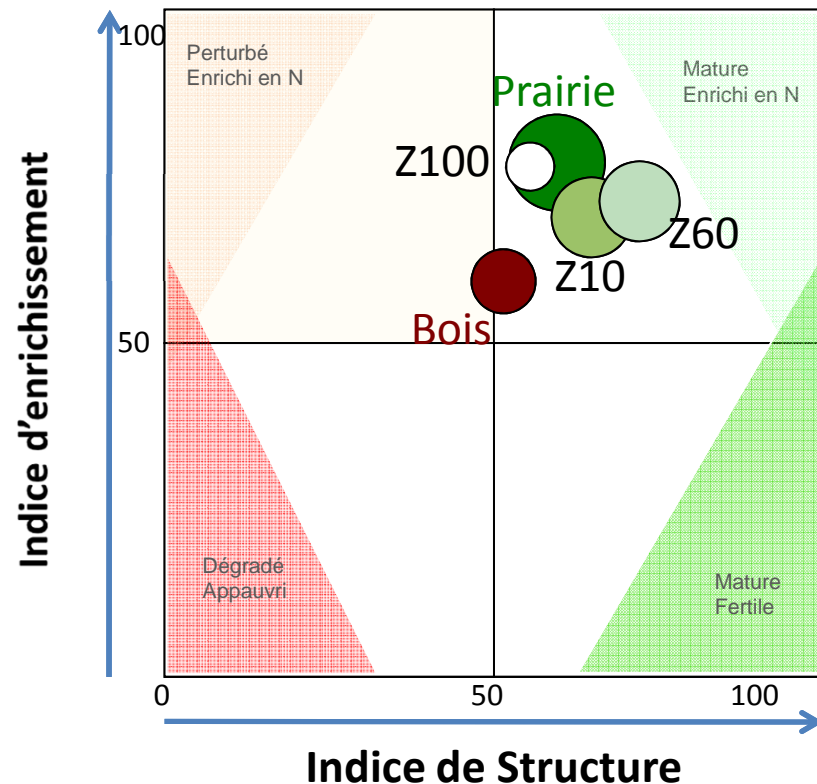
- Etant donné que l'étude IEM réalisée en 2008 a montré un transfert des contaminants dans les salades, quels peuvent être les transferts actuels vers les végétaux et les animaux, et leurs effets ? **Étude des transferts et effets (SET escargots, CET-Végétaux, Indice Oméga 3)**
- Quel est l'état biologique des sols et fonctionnement potentiel **(Indice nématodes, communautés vers de terre)**
- Est-il possible de réutiliser ces terres végétales dans le cadre du projet de réaménagement et quel pourrait être le risque pour les écosystèmes ? **(Tous les indicateurs)**
- Quel sera le comportement des polluants dans le sol dans les zones inondables (sol qui subira une alternance entre humidité/sécheresse) ? **Etude qui pourrait être mise en œuvre dans le cadre d'une surveillance**

Evaluation des transferts et des effets des contaminants

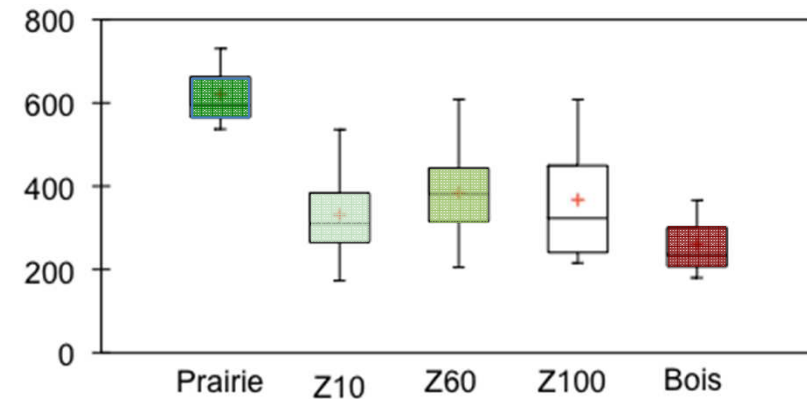


Evaluation des transferts et de la biodisponibilité





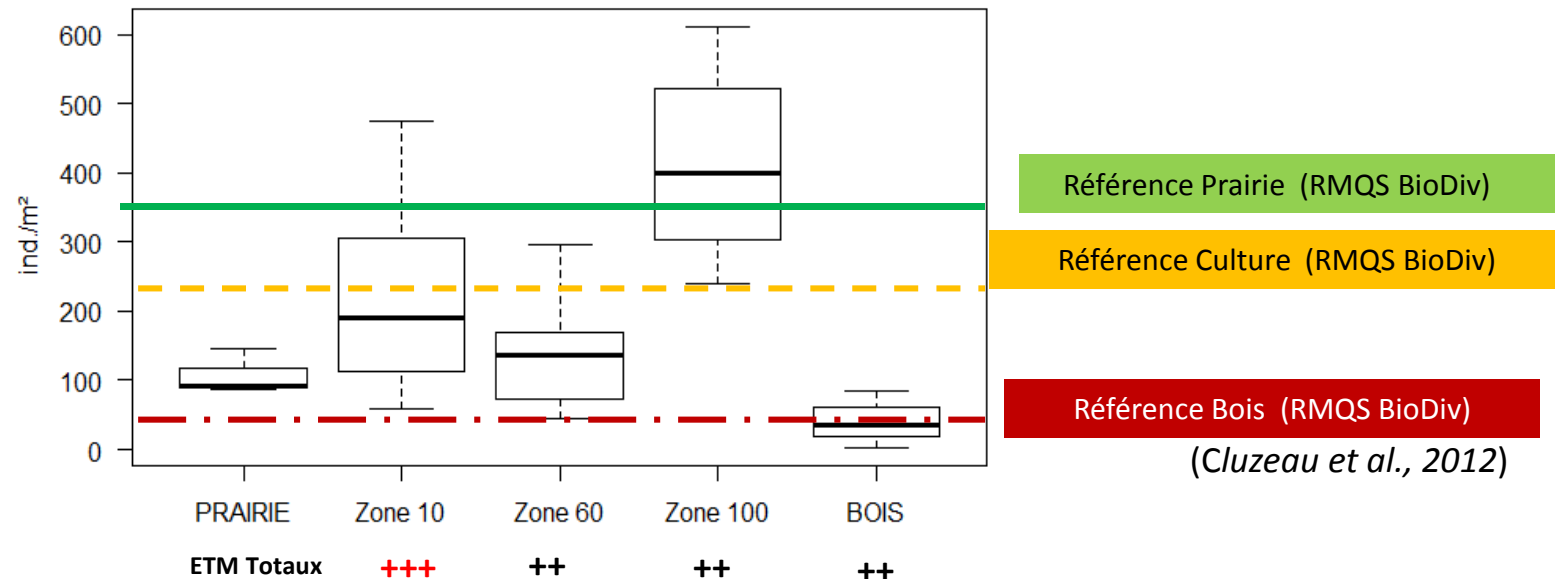
(nombre 100g⁻¹ sol)



SI (**Indice de structure** qui renseigne sur la stabilité du milieu) : satisfaisant
MAIS

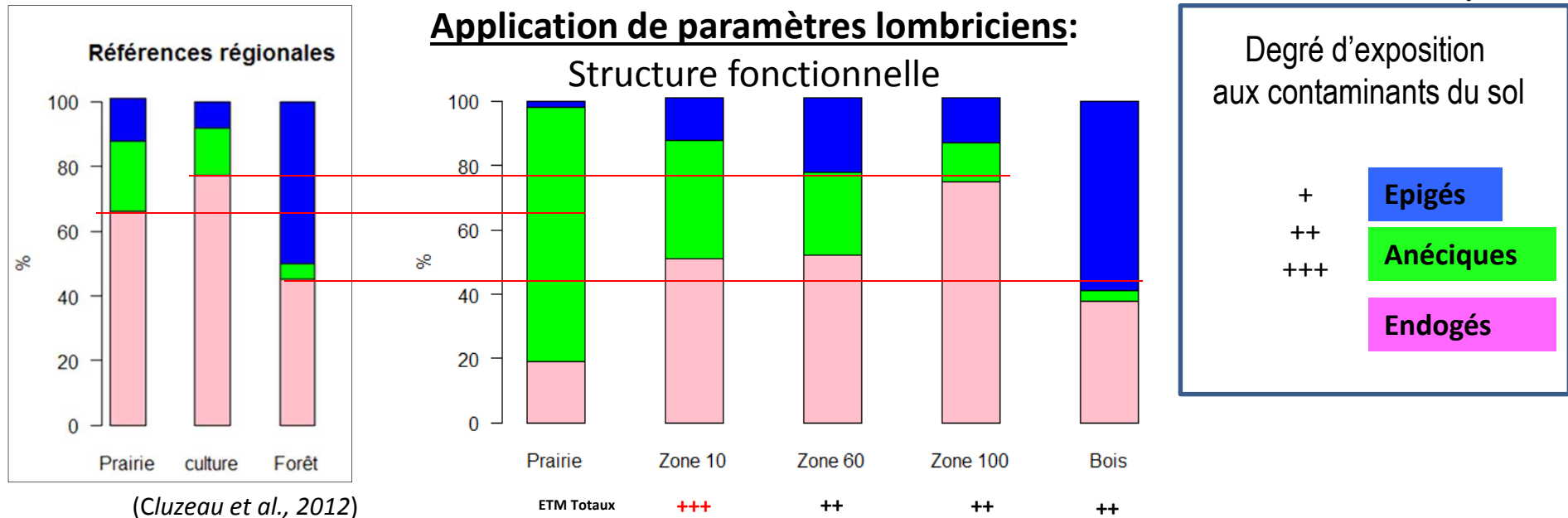
- **Abondance des nématodes libres** (qui renseigne sur l'activité biologique): réduite
- ET différences importantes entre sites au sein des zones:
 - Pour ce paramètre (abondance)
 - Pour d'autres paramètres (diversité taxonomique; empreinte métaboliques...)

Application de paramètres lombriciens: Abondances totale et structure fonctionnelle



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

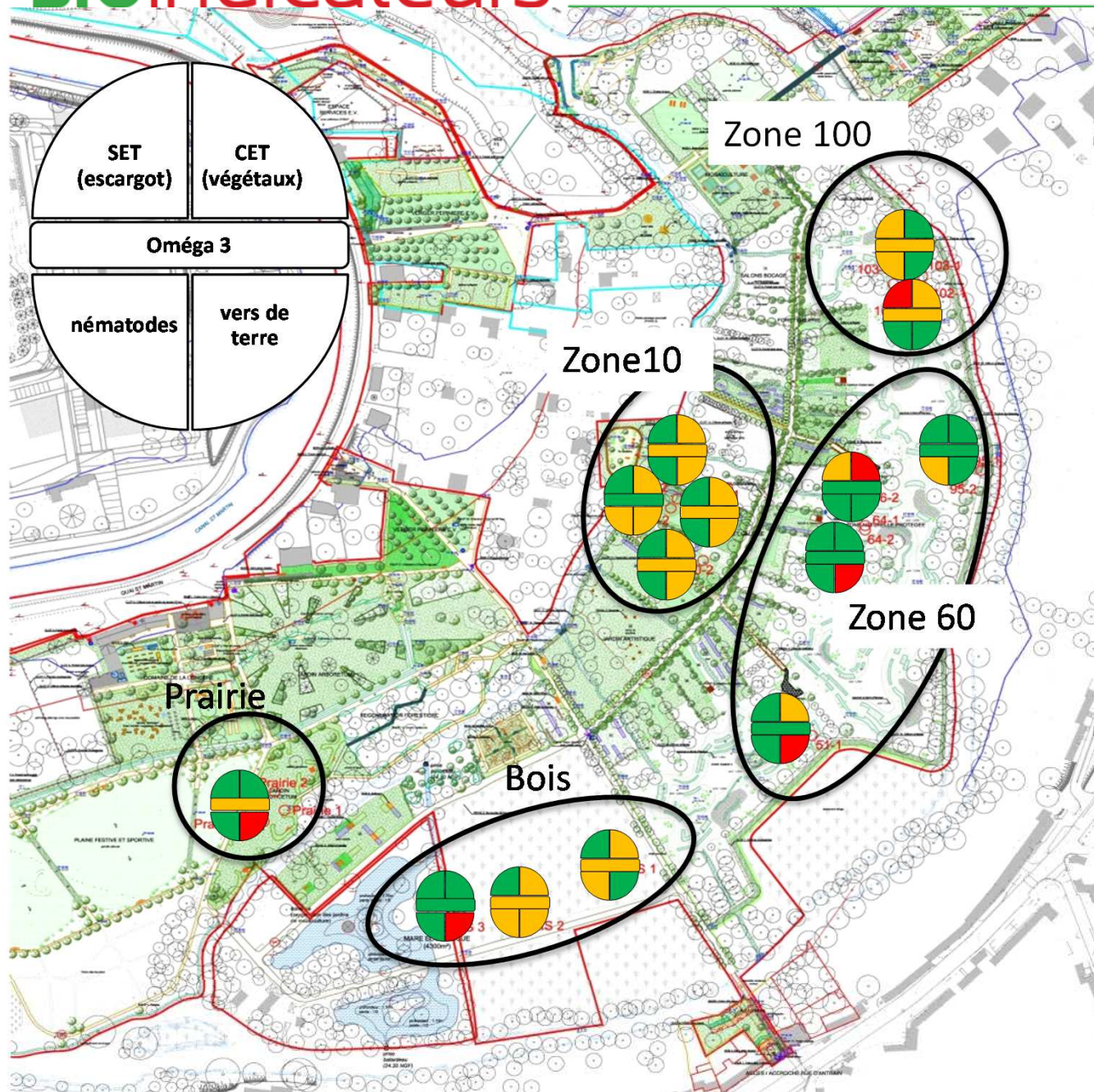
➔ **Nécessité de caractériser la structure fonctionnelle = affiner diagnostic**



- **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)

→ **Abondance et structure fonctionnelle** = indicateur global de l'état et fonctionnement global du sol croisant contamination et caractéristique du site

→ Identification de conséquences possibles sur la dynamique des MOS, structuration des sols, le cycle de l'eau et des éléments dissous



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

Apport des bioindicateurs dans les méthodes d'évaluation des risques

❖ Dans le cadre du diagnostic :

- de **cibler/identifier** les contaminants pouvant compléter la caractérisation physico-chimique des sols pollués (Exemple du TI)
- de compléter le schéma conceptuel (estimation des transferts)

❖ Dans le cadre du plan de gestion :

- de **hiérarchiser** les priorités de gestion (les sols présentant les plus fortes contaminations ne sont pas ceux qui présentent le plus de risques)
- d'**adapter** les modes de gestion des sols contaminés: phyto-management (stabilisation / extraction, type de végétation), amendement, pâture, confinement, excavation...
- d'**identifier** des restrictions d'usages

Apport des bioindicateurs dans les méthodes d'évaluation des risques

- ❖ Utilisation dans un plan de **surveillance** sur le long terme de l'évolution d'une contamination laissée en place
- ❖ Utilisation comme **un indicateur de la performance d'un traitement et/ou d'un mode de gestion**
- ❖ S'inscrit dans une démarche d'évaluation de la **biodiversité et des risques pour les écosystèmes et les fonctions biologiques des sols**
- ❖ Répondre aux demandes formulées dans la **loi ALUR** (article 173) : objectif de protection de la santé, l'agriculture et l'environnement



Les bioindicateurs sont des outils pertinents pour une gestion intégrée des sites et sols dégradés



Vers de Terre

guenola.peres@agrocampus-ouest.fr



Nématodes

cecile.villenave@elisol-environnement.fr

Merci de votre
attention

Oméga 3



marina.le-guedard@u-bordeaux.fr

Indice CET



ofaure@emse.fr

Indice SET



benjamin.pauget@univ-fcomte.fr

ADEME



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