



La bioindication active par l'escargot : un outil d'évaluation du risque de transfert de métaux intégrateur de leur biodisponibilité.

B. Pauget, M. Coeurdassier, F. Gimbert,
A. de Vaufleury

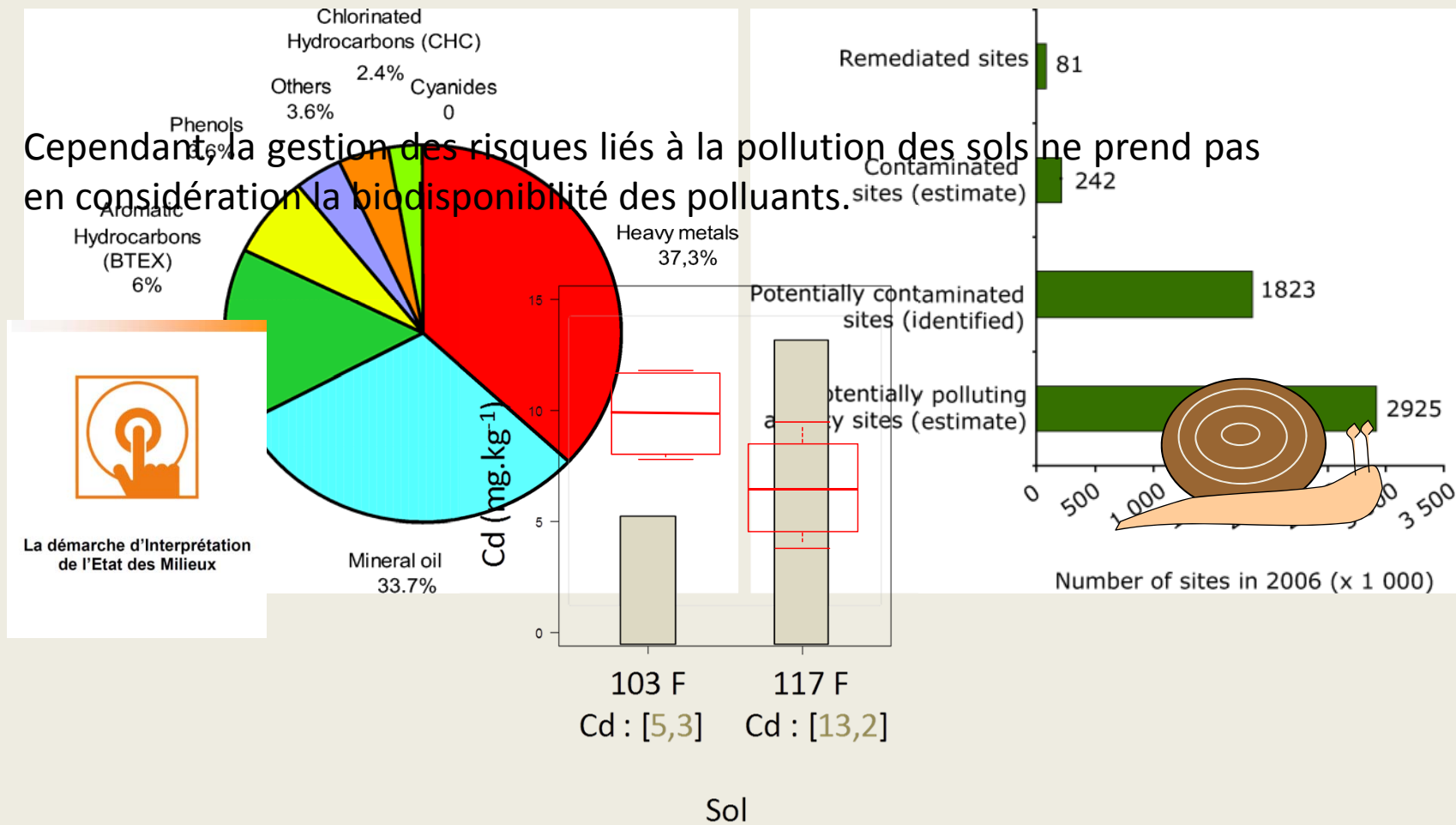


4^{ème} Séminaire d'Écotoxicologie de l'INRA
du 7 au 9 novembre 2011

Problématique

Les émissions de contaminants, dont les métaux, ont entraîné la pollution de nombreux sites en Europe. (<http://www.eea.europa.eu>)

Cependant, la gestion des risques liés à la pollution des sols ne prend pas en considération la biodisponibilité des polluants.



Sol

Objectifs

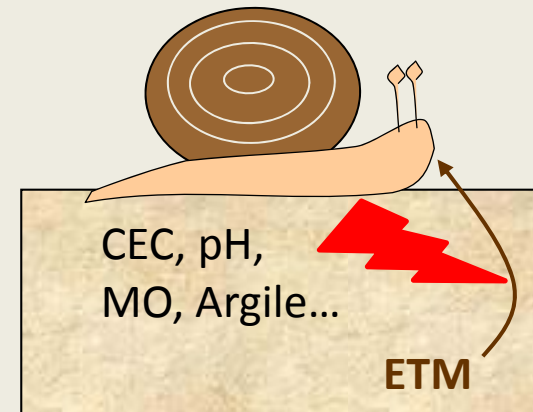
- Déterminer des Concentrations Internes de Référence (CIRef) en métaux (Cd, Pb, As, Cr, Cu et Zn) pour l'escargot *in situ*

- ➔ Proposer un outil d'aide à la gestion de sites pollués intégrant les aspects physico-chimiques et biologiques de la biodisponibilité des métaux. a4

ERITME



Biodisponibilité



Diapositive 3

a4 les 2 premiers tirets = objectifs scientifiques généraux

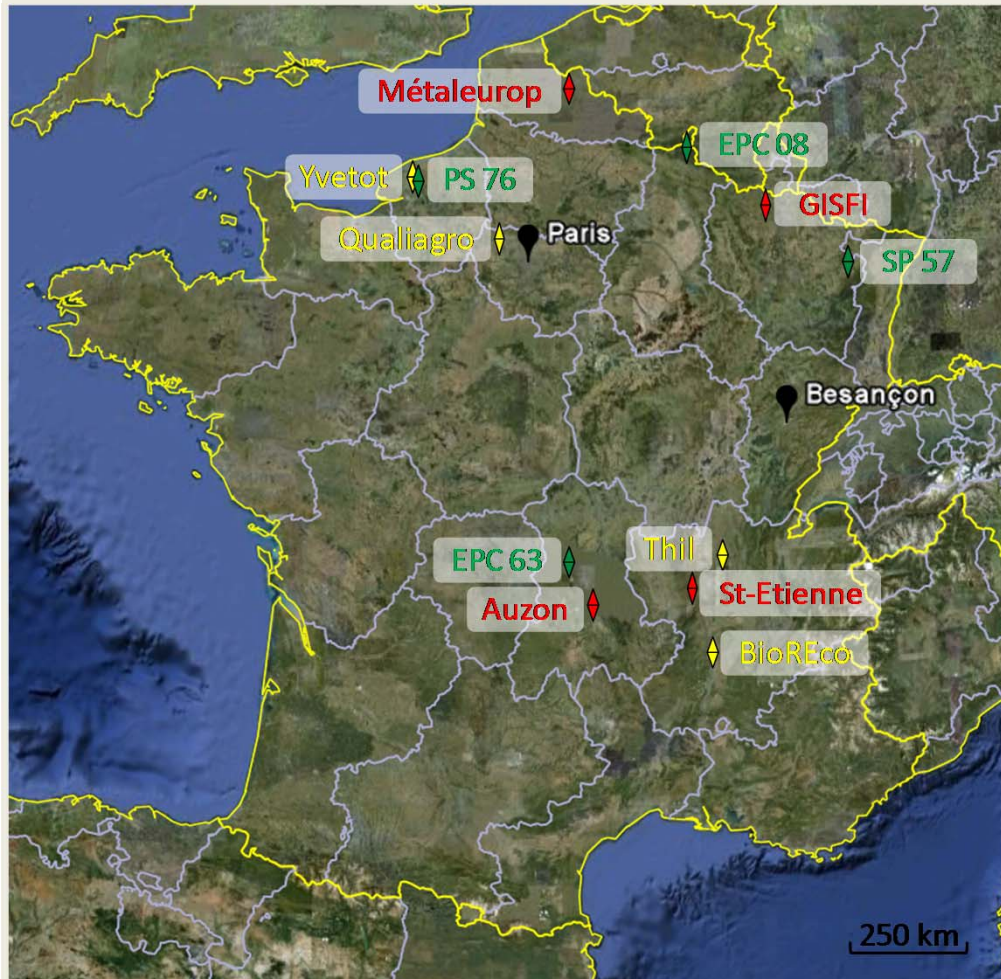
et les 2 points: objectifs opérationnels = appliqués

(on pourrai aussi ajouter un 3è tiret avec comme objectif opérationnel: modéliser le transfert sol escargot in situ) mais voir selon temps dont tu disposeras. Même si tu montre à la fin que des paramètres climatiques et biologiques rendent difficile une modélisation parfaite des transferts, tu apportes quand même des réponses

et je n'annoncerai ERITME qu'en bilan/ synthèse, à la fin, ds les réponses apportées aux questions posées ici

annette.devaufleury; 03/11/2011

Matériel et méthode : Sites d'études



Métaleurop : 7 modalités	GISFI : 2 modalités	} Sites industriels
St-Etienne : 3 modalités	Auzon : 7 modalités	
Yvetot : 6 modalités	Qualiagro : 5 modalités	} Sites agricoles
Thil : 4 modalités	BioREco : 6 modalités	
PS 76 : 1 modalité	EPC 08 : 1 modalité	} Sites forestiers
SP 57 : 1 modalité	EPC 63 : 1 modalité	

Programme Bioindicateurs :

- 12 sites d'études avec différents usages,
- 44 modalités dont 19 contaminées,
- 1230 escargots utilisés en bioindication active.

Matériel et méthode : modalité d'exposition

Bioindication active: réalisées pour étudier la biodisponibilité des métaux pour l'escargot.

Modèle biologique

Cantareus aspersus

Age : 2-3 mois

Masse : $5,0 \pm 0,6$ g



Exposition

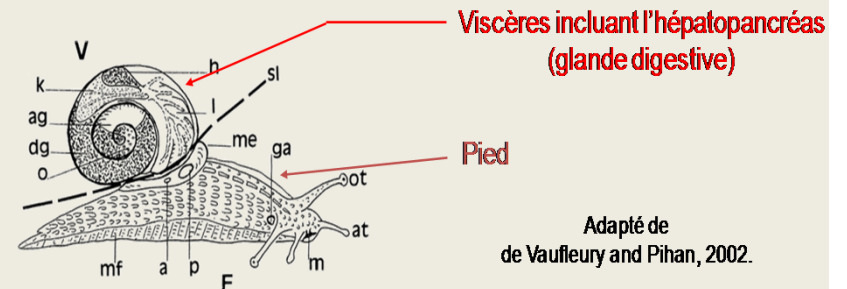
15 individus par microcosme

Prélèvement de 6 individus après 28 jours d'exposition



Analyse

Concentrations en métaux dans les viscères



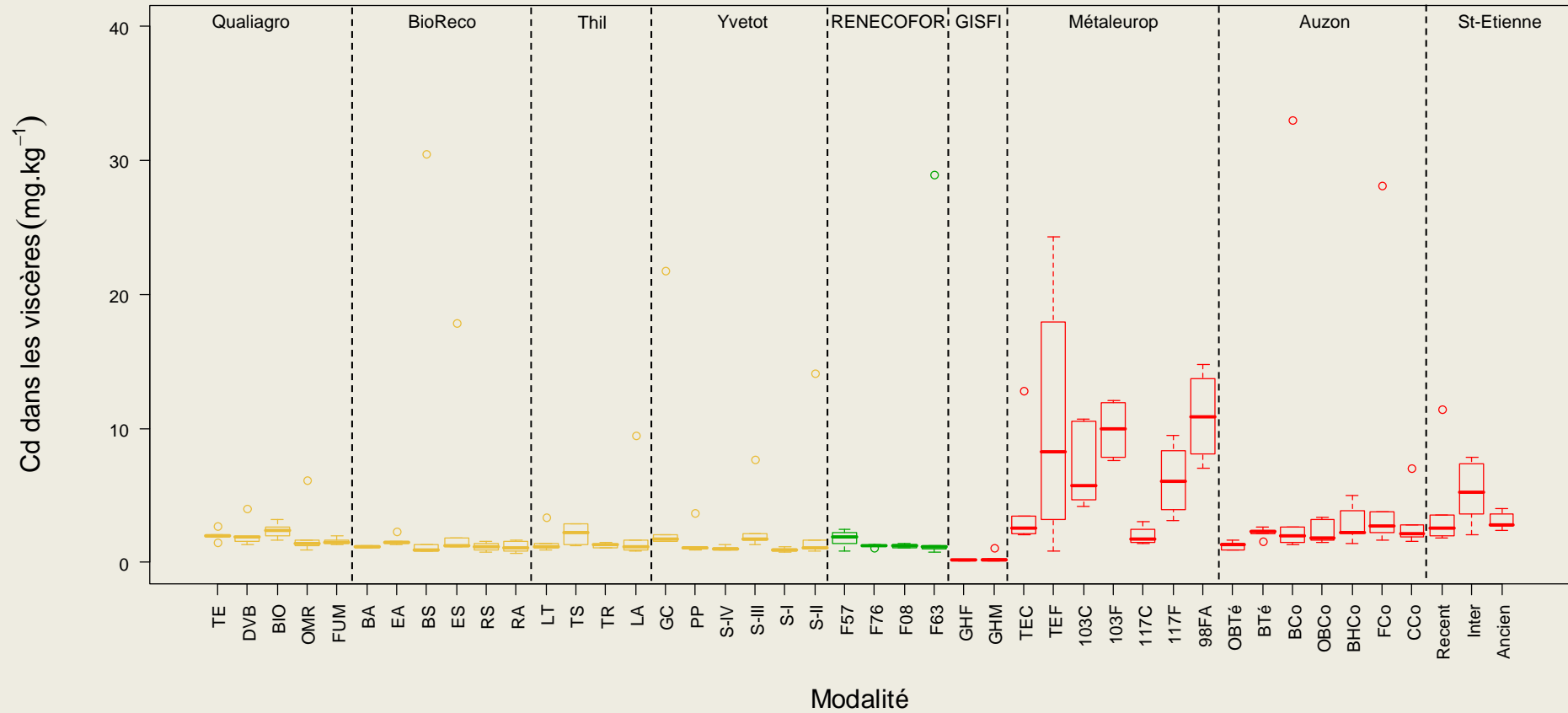
Adapté de
de Vaufleury and Pihan, 2002.

Détermination des CRef

Résultat : Elaboration des CRef

■ Sites agricoles ■ Sites forestiers ■ Sites industriels

Concentration en Cd dans les viscères

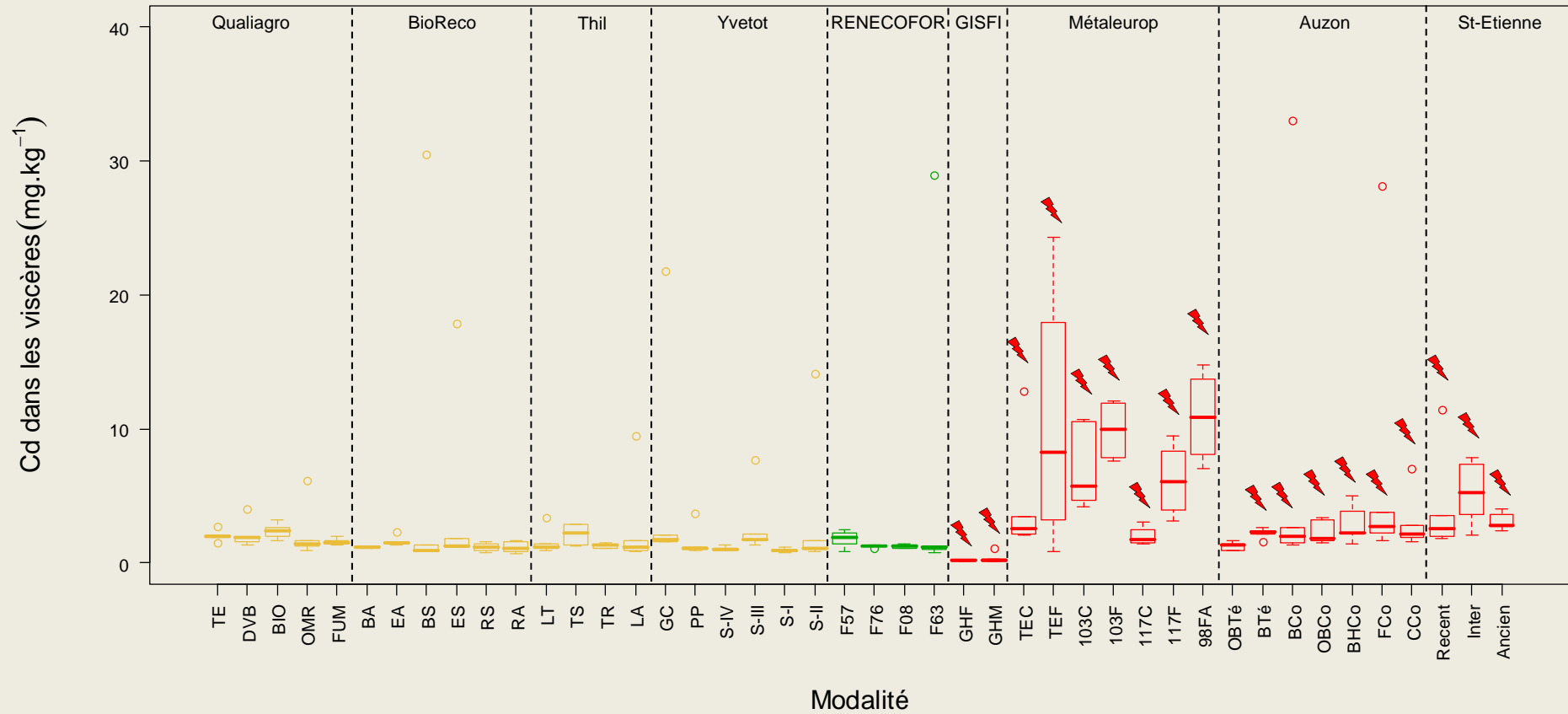


Détermination des concentrations internes en métaux après 28 jours d'exposition

Résultat : Elaboration des CIREf

■ Sites agricoles ■ Sites forestiers ■ Sites industriels ⚡ Sol contaminé

Concentration en Cd dans les viscères

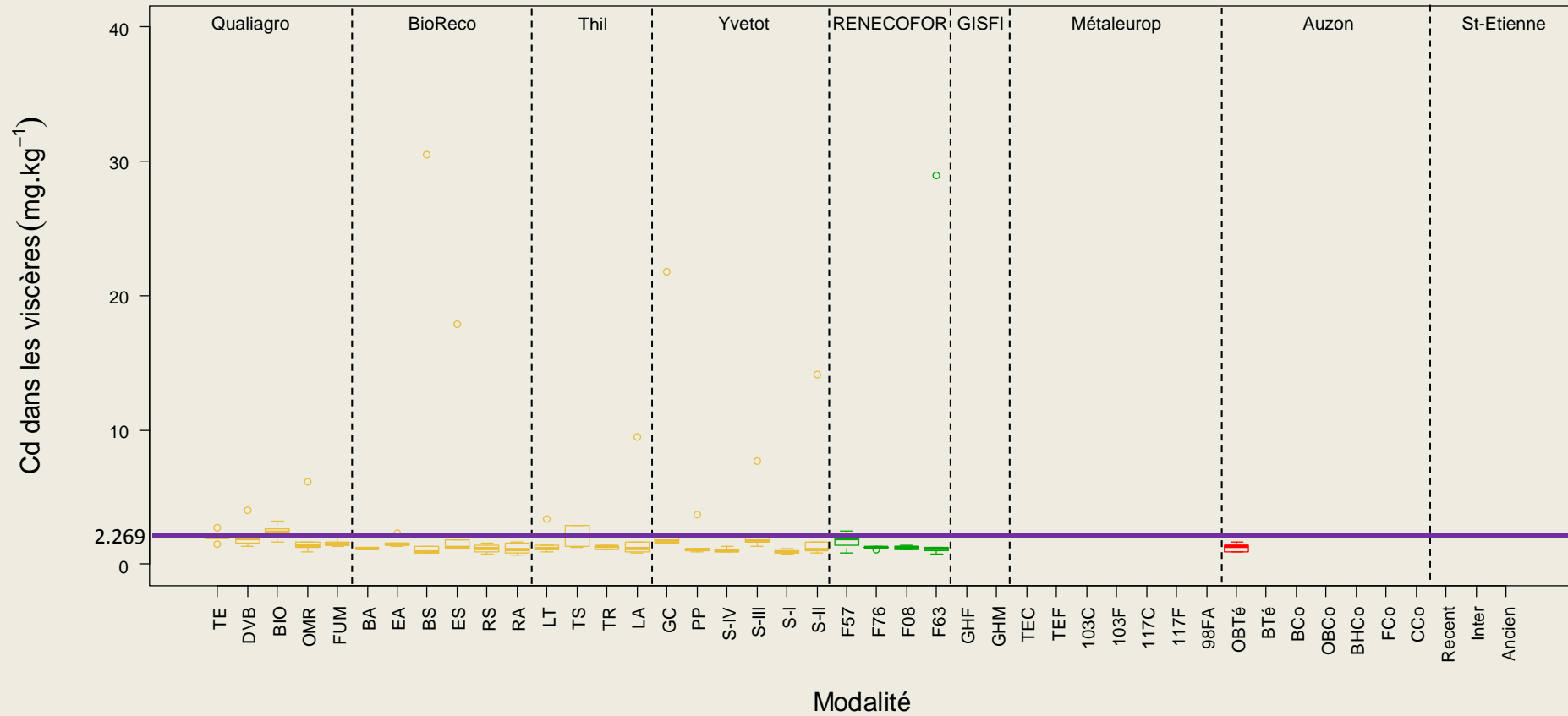


Identification des sites contaminés sur la base des valeurs des programmes ASPITET et RMQS

Résultat : Elaboration des CIREf

■ Sites agricoles ■ Sites forestiers ■ Sites industriels ⚡ Sol contaminé ■ CIREf

Concentration en Cd dans les viscères



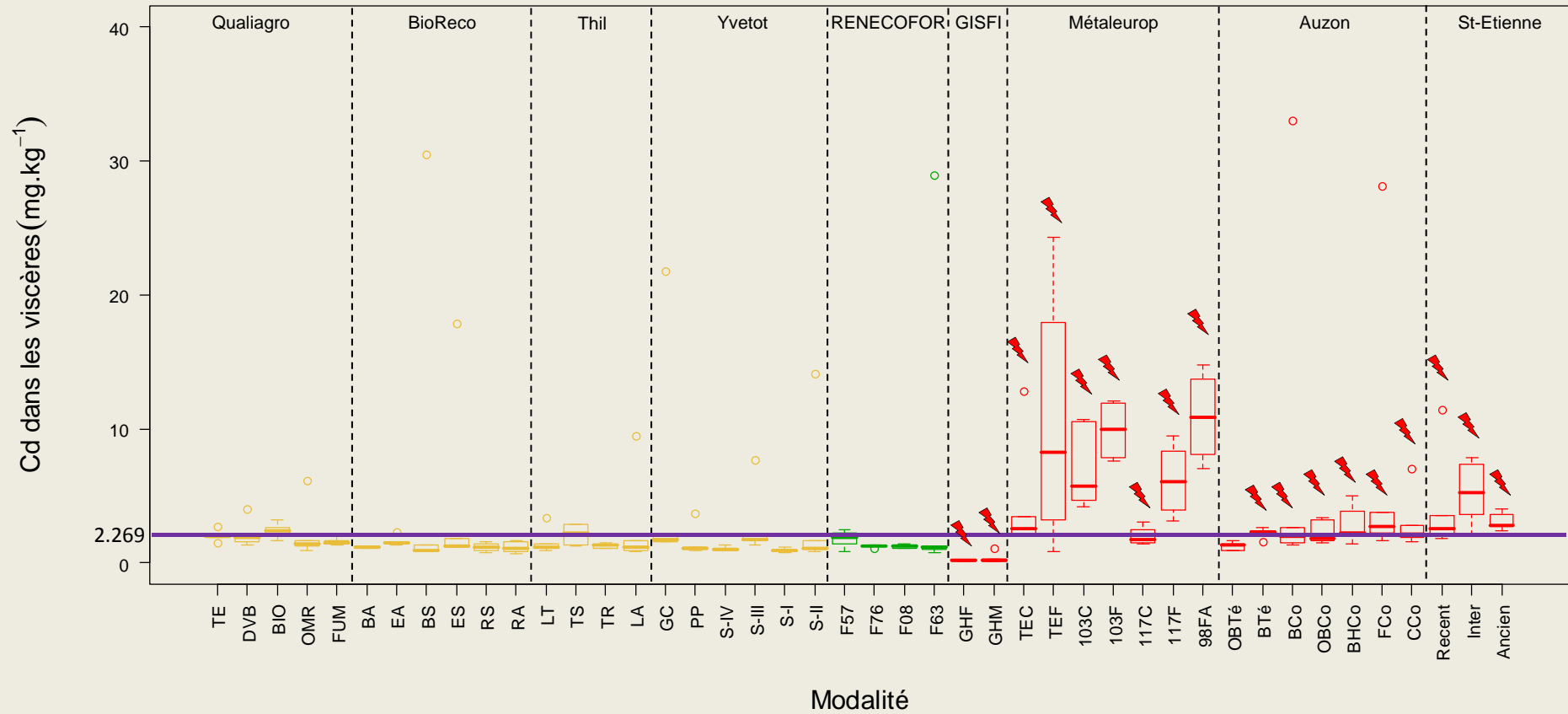
Identification des concentrations internes des escargots exposés aux sites non contaminés

Détermination des CIREf : utilisation de la vibrisse

Résultat : Elaboration des CIREf

■ Sites agricoles ■ Sites forestiers ■ Sites industriels ⚡ Sol contaminé ■ CIREf

Concentration en Cd dans les viscères

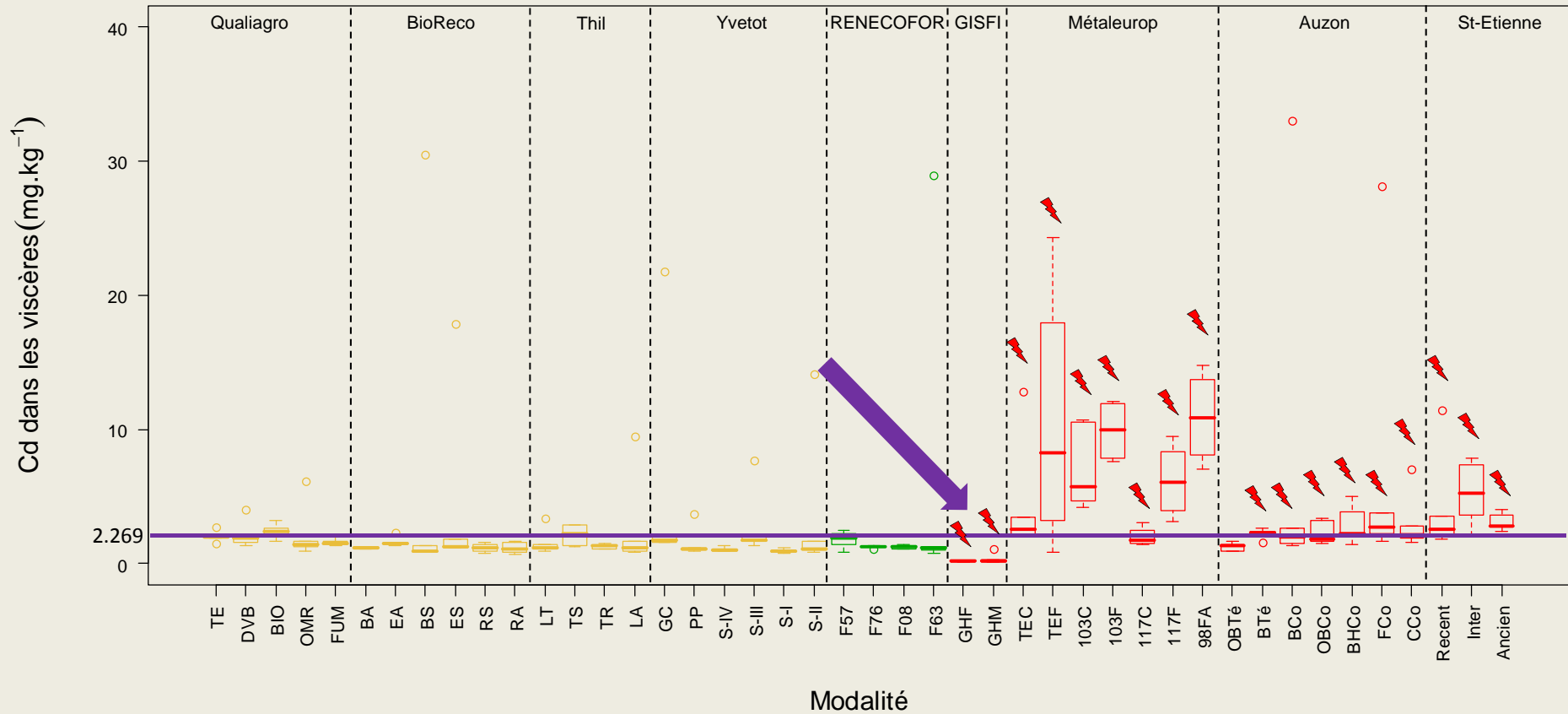


Confrontation des concentrations internes sur sites **contaminés** avec les CIREf

Résultat : Elaboration des CIREf

■ Sites agricoles
 ■ Sites forestiers
 ■ Sites industriels
 ⚡ Sol contaminé
 ■ CIREf

Concentration en Cd dans les viscères



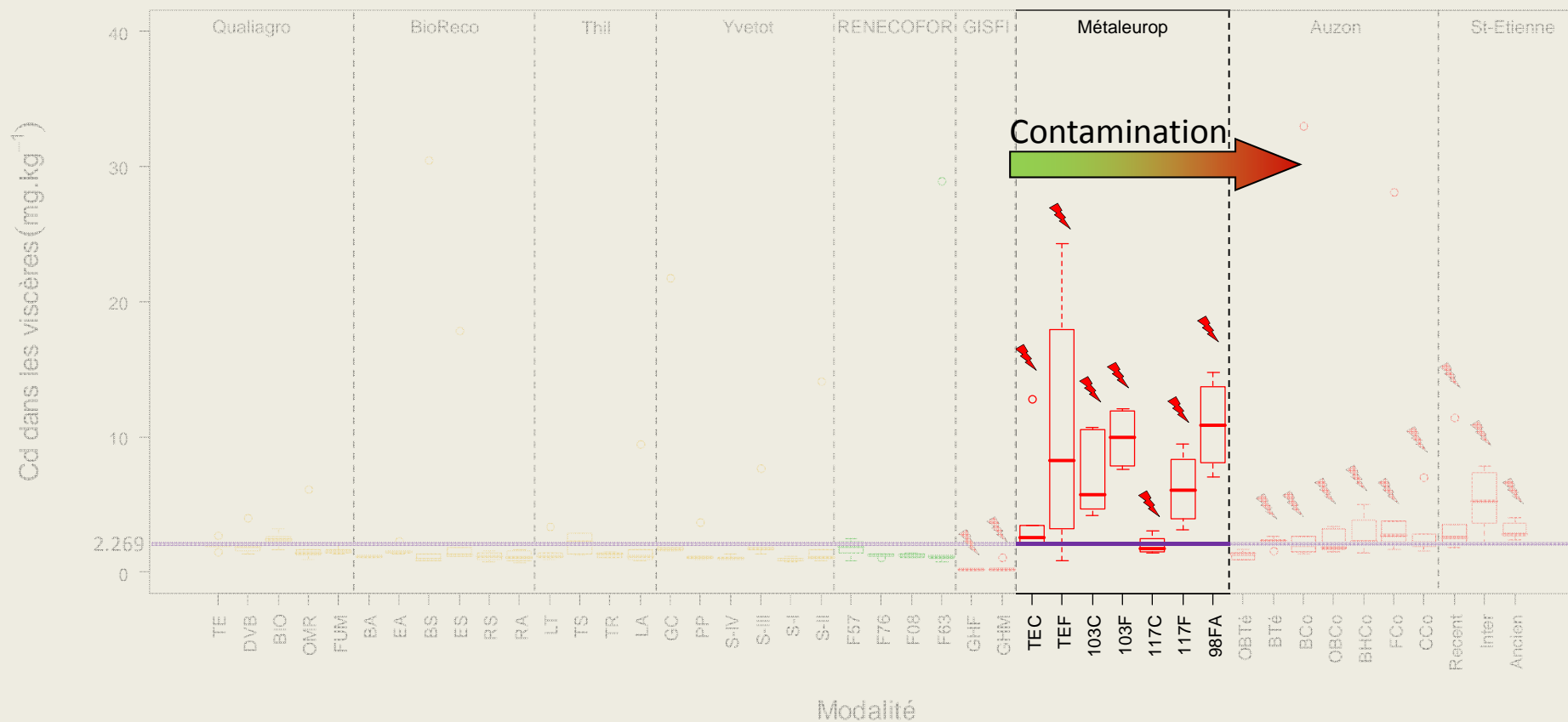
Certains sites contaminés sont identifiés par les escargots comme ne présentant pas de risque de transfert de métaux.

$$\log(Cd_{esc} + 1) = 0,65 + 0,41 \log(Cd_{sol} + 1) - 0,19 \log(MO + 1) \quad (p\text{-value} < 0,001 ; r^2_{adj} = 0,51)$$

Résultat : Elaboration des CIREf

■ Sites agricoles
 ■ Sites forestiers
 ■ Sites industriels
 ⚡ Sol contaminé
 ■ CIREf

Concentration en Cd dans les viscères



Mise en évidence de l'importance de la mesure biologique.

Le gradient de contamination des sols n'est pas toujours représentatif de l'accumulation.

Sur les sites les plus contaminés : pH et taux de MO les plus forts diminuant la biodisponibilité des métaux

L'ERITME
un outil intégrateur de la
biodisponibilité

Méthodologie

Détermination d'un Quotient d'accumulation (QA)

$$QA = \frac{C_{esc}}{CIRef}$$

QA : quotient d'accumulation

C_{esc} : concentration du métal dans les viscères des escargots en $mg\ kg^{-1}$

$CIRef$: concentration interne de référence pour le métal en $mg\ kg^{-1}$

Tous les QA < 1 sont ramenés à 1 (1 correspondant à une absence de risque de transfert)

Détermination d'un Quotient d'accumulation Total (QAT)

$$QAT = \frac{\sum QA}{n_{QA}}$$


QAT : quotient d'accumulation total (valeur représentative du risque de transfert tous métaux confondus pour l'escargot)

$\sum QA$: somme des QA pour chaque métal étudié

n_{QA} : nombre de QA utilisé.

Résultat : Evaluation du Risque de Transfert de Metaux : ERITME

Mise en application : Exemple mono site : Metaleurop




Modalité	Concentration dans l'escargot (mg.kg ⁻¹)					
	[Cd]	[Pb]	[As]	[Cr]	[Cu]	[Zn]
98FA	10.86	111.8	0.24	0.03	168	1181
117F	6.03	34.8	0.20	0.21	136	993
117C	1.76	14.3	0.24	0.58	141	916
103F	9.94	48.7	0.25	0.59	153	1304
103C	5.73	61.4	0.30	0.31	161	1599
TEF	8.24	13.8	0.37	0.03	136	1651
TEC	2.60	9.9	0.38	0.03	106	887

Mesure *in situ* de l'accumulation des métaux dans les viscères

Résultat : Evaluation du Risque de Transfert de Metaux : ERITME

Mise en application : Exemple mono site : Metaleurop




Modalité	Concentration dans l'escargot (mg.kg ⁻¹)						CIRef (mg.kg ⁻¹)					
	[Cd]	[Pb]	[As]	[Cr]	[Cu]	[Zn]	Cd	Pb	As	Cr	Cu	Zn
98FA	10.86	111.8	0.24	0.03	168	1181						
117F	6.03	34.8	0.20	0.21	136	993						
117C	1.76	14.3	0.24	0.58	141	916						
103F	9.94	48.7	0.25	0.59	153	1304	2.27	12.9	0.25	2.01	185	1490
103C	5.73	61.4	0.30	0.31	161	1599						
TEF	8.24	13.8	0.37	0.03	136	1651						
TEC	2.60	9.9	0.38	0.03	106	887						

Confrontation des concentrations internes après 28 jours d'exposition aux CIRef

Résultat : Evaluation du Risque de Transfert de Metaux : ERITME

Mise en application : Exemple mono site : Metaleurop




Modalité	Concentration dans l'escargot (mg.kg ⁻¹)						CIRef (mg.kg ⁻¹)						Quotient d'accumulation QA					
	[Cd]	[Pb]	[As]	[Cr]	[Cu]	[Zn]	Cd	Pb	As	Cr	Cu	Zn	Cd	Pb	As	Cr	Cu	Zn
98FA	10.86	111.8	0.24	0.03	168	1181							4.79	8.65	1.00	1.00	1.00	1.00
117F	6.03	34.8	0.20	0.21	136	993							2.66	2.69	1.00	1.00	1.00	1.00
117C	1.76	14.3	0.24	0.58	141	916							1.00	1.11	1.00	1.00	1.00	1.00
103F	9.94	48.7	0.25	0.59	153	1304	2.27	12.9	0.25	2.01	185	1490	4.38	3.77	1.00	1.00	1.00	1.00
103C	5.73	61.4	0.30	0.31	161	1599							2.52	4.75	1.21	1.00	1.00	1.07
TEF	8.24	13.8	0.37	0.03	136	1651							3.63	1.07	1.48	1.00	1.00	1.11
TEC	2.60	9.9	0.38	0.03	106	887							1.14	1.00	1.54	1.00	1.00	1.00

Etablissement des Quotients d'Accumulation (QA)

Résultat : Evaluation du Risque de Transfert de Metaux : ERITME

Mise en application : Exemple mono site : Metaleurop



Modalité	Concentration dans l'escargot (mg.kg ⁻¹)						CIRef (mg.kg ⁻¹)						Quotient d'accumulation QA						QAT _{modalité}
	[Cd]	[Pb]	[As]	[Cr]	[Cu]	[Zn]	Cd	Pb	As	Cr	Cu	Zn	Cd	Pb	As	Cr	Cu	Zn	
98FA	10.86	111.8	0.24	0.03	168	1181							4.79	8.65	1.00	1.00	1.00	1.00	2.91
117F	6.03	34.8	0.20	0.21	136	993							2.66	2.69	1.00	1.00	1.00	1.00	1.56
117C	1.76	14.3	0.24	0.58	141	916							1.00	1.11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02
103F	9.94	48.7	0.25	0.59	153	1304	2.27	12.9	0.25	2.01	185	1490	4.38	3.77	1.00	1.00	1.00	1.00	2.03
103C	5.73	61.4	0.30	0.31	161	1599							2.52	4.75	1.21	1.00	1.00	1.07	1.93
TEF	8.24	13.8	0.37	0.03	136	1651							3.63	1.07	1.48	1.00	1.00	1.11	1.55
TEC	2.60	9.9	0.38	0.03	106	887							1.14	1.00	1.54	1.00	1.00	1.00	1.11

Calcul du Quotient d'Accumulation Total (QAT)

Le gradient de contamination n'est pas un bon indicateur de la qualité de transfert des métaux

→ mise en évidence d'un faible transfert sur des modalités contaminées

Résultat : Evaluation du Risque de Transfert de Metaux : ERITME

Mise en application : Exemple multi sites

Site	Modalité	QA _{Cd}	QA _{Pb}	QA _{As}	QA _{Cr}	QA _{Cu}	QA _{Zn}	QAT _{site}
Auzon	BHCo	1.003	1.000	7.933	1.000	1.000	1.000	1.736
	OBCo	1.000	1.000	5.350	1.000	1.000	1.000	
	FCo	1.211	1.098	4.913	1.000	1.000	1.000	
	BCo	1.000	1.000	2.292	1.000	1.000	1.000	
	CCo	1.000	1.044	7.026	1.000	1.000	1.000	
	BTé	1.023	1.000	8.997	1.000	1.000	1.000	
	OBTe	1.000	1.000	1.023	1.000	1.000	1.000	
Metaleurop	TEC	1.144	1.000	1.537	1.000	1.000	1.000	1.728
	TEF	3.632	1.071	1.480	1.000	1.000	1.108	
	103C	2.525	4.749	1.208	1.000	1.000	1.073	
	103F	4.379	3.768	1.003	1.000	1.000	1.000	
	117C	1.000	1.107	1.000	1.000	1.000	1.000	
	117F	2.657	2.693	1.000	1.000	1.000	1.000	
	98FA	4.786	8.653	1.000	1.000	1.000	1.000	
St-etienne	Ancien	1.252	1.099	1.000	1.163	1.000	1.000	1.403
	Inter	2.304	3.255	1.054	1.000	1.000	1.129	
	Recent	1.128	2.029	2.274	1.292	1.000	1.284	
RENECOFOR	F57	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.124
	F08	1.000	3.912	1.000	1.000	1.000	1.000	
	F63	1.000	1.000	1.047	1.000	1.000	1.011	
	F76	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Qualiagro	DVB	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.003
	OMR	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
	FUM	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
	BIO	1.041	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
GISFI	GHM	1.000	1.018	1.000	1.000	1.000	1.000	1.002
	GHF	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
BioREco	RA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001
	RS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
	ES	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
	EA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
	BA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Yvetot	BS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.019	1.000	1.000
	GC	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
	S-I	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
	PP	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
	S-II	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
	S-III	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Thil	S-IV	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	LA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
	TS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
	TR	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
	LT	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Globalement les sites contaminés sont identifiés

Permet l'identification du risque de transfert global et métal par métal

Le site du GISFI ne présente que peu de transfert

Site de Qualiagro présente un faible transfert

- Très contaminé
- Contaminé
- Non contaminé

Conclusion

- Intérêt des bioindicateurs pour évaluer les risques.
- L'influence des paramètres du sol est à prendre en compte car ils modulent la biodisponibilité de métaux.
- L'ERITME ainsi que les CIREf sont des outils pertinents dans la gestion du risque.

Perspectives

- Développer des CIREf pour d'autres métaux ainsi que pour d'autres contaminants.
 - Réaliser des CIREf en bioindication passive.
 - Intégrer des facteurs de risque selon le métal considéré lors de la réalisation de l'ERITME.

Merci de votre attention !

Des questions?



benjamin.pauget@univ-fcomte.fr