

Les friches, un vivier de foncier à fort potentiel environnemental !

B. Pauget (Tesora), A. de Vaufleury (UFC Chrono-Environnement), C. Grand (ADEME)



La pollution des sols et la renaturation

Un besoin de renaturation et de création de zones de verdure
Présence potentielle de pollution dans les sols, besoin de caractériser les risques

Investissement de terrains urbain pour des activités d'agriculture urbaine ou de renaturation

Réel besoin d'accompagnement de la part des collectivités, aménageurs, bailleurs, porteurs de projets...



Credit : Ville de Lyon



Credit : CEREMA

Concentrations en EM dans les sols

16 sols issus du projet TIPOMO (INERIS)

Contam.	Référentiel			Parcelle								Parcelle							
	ASPITET	VASAU 1	VASAU 2	RA08A	RA08B	RA09A	RA09B	RA11A	RA11B	GE05A	GE05B	GE08A	GE08B	GE15A	GE15B	GE16A	GE16B	GE17A	GE17B
As	25	12	20	114	126	136	67	31	51	56	101	27	43	59	15	10	17	14	15
Cd	0,45	0,51	1	0,853	0,531	0,303	0,211	0,282	0,28	1,091	1,377	0,331	0,273	0,474	0,308	0,61	0,335	0,185	0,388
Co	23			10,2	13,5	13,3	9,7	8,6	8,5	13,5	15,9	11,2	5,4	30,9	8,5	4,5	4,2	8,8	5
Cr	90	65,2	130,4	24,9	22,9	35,3	24,6	22,6	21,4	92	94,2	37,6	40,4	15,6	40,8	25,2	29,7	26,9	35,7
Cu	20	28	84	125,4	82,3	47,8	29,4	19,3	17,1	19,6	22,9	12,9	5,7	99,9	33,2	14	97,9	14,3	39,8
Hg	0,1	0,32	0,64	0,255	<0,183	0,392	<0,187	<0,189	<0,183	<0,18	<0,189	<0,183	<0,188	<0,19	<0,187	<0,188	<0,182	<0,184	0,698
Mo				2,577	2,314	2,416	0,834	1,163	1,238	1,713	2,065	1,698	0,973	12,309	1,222	0,485	0,524	2,668	0,982
Ni	60	31,2	62,4	24,2	26,5	26,2	23,1	14,3	14,1	32,6	38,4	20,3	11,8	76,8	24,6	13,8	13,6	16,5	15,4
Pb	50	53,7	100	265	314	64,7	35,8	49,4	41,6	207	475	35,3	30,8	151	64	45,2	56,7	21,7	127
Sb				6,9	4,05	5,27	6,58	1,98	2,69	1,35	1,61	0,58	0,23	5,13	0,98	3,14	4,7	1,14	3,21
Sn				30,02	7,72	45,99	77,67	8,43	5,35	7,81	12,86	1,64	1,79	4,17	4,88	2,54	6,49	3,39	8
Sr				114	148,6	80,3	38,9	22,1	18,8	448,7	360,9	26,6	427,1	472,8	66,8	20,2	28,7	1445,7	69,4
Tl	1,7			0,31	0,242	0,413	0,392	0,298	0,379	0,489	0,635	0,241	0,064	0,233	0,44	0,311	0,307	0,241	0,278
Zn	100	88	264	659	930	143	102	70	66	462	1035	129	117	225	127	106	122	86	262

1 sol non contaminé (GE17A)
Aucun sol pouvant être cultivé sans études complémentaires
13 sols doivent faire l'objet d'une EQRS pour des projets d'AU.

Données BDSolU, GE								
Paramètre	Arsenic	Cadmium	Chrome	Cuivre	Mercur	Nickel	Plomb	Zinc
Min	1,7	0,18	8,3	5	0,05	3,5	10	27
Vibrisse basse	1,7	0,18	8,3	5	0,05	3,5	10	27
Quartile 1	6,35	0,31	20,65	17,7	0,098	13	36	70,5
Médiane	8,95	0,455	27	25	0,15	20	56,9	98,5
Moyenne	12,32	0,48	30,68	34,47	0,58	20,76	87,17	131,35
Quartile 3	15,5	0,53	38	37,5	0,34	26	110	157,6
Vibrisse haute	28	0,86	64	67	0,55	37	210	239,8
Max	46	1,2	87	190	28	91	510	510

EQRS : Concentrations totales dans les sols

Parcelle	Enfants (Résident)	Enfants (Parc)	Enfants (Agriculteur)	Adultes (Agriculteur)	Synthèse
Min	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Inacceptable	Inacceptable
Max	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
Moyenne	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
RA08A	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
RA08B	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
RA09A	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
RA09B	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
RA11A	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
RA11B	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
GE05A	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
GE05B	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
GE08A	Inacceptable	Acceptable	Acceptable	Inacceptable	Inacceptable
GE08B	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
GE15A	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable
GE15B	Inacceptable	Acceptable	Acceptable	Inacceptable	Inacceptable
GE16A	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Inacceptable	Inacceptable
GE16B	Inacceptable	Acceptable	Acceptable	Inacceptable	Inacceptable
GE17A	Inacceptable	Acceptable	Acceptable	Inacceptable	Inacceptable
GE17B	Inacceptable	Acceptable	Acceptable	Inacceptable	Inacceptable

- Des risques inacceptables pour des usages d'AU.
- Des risques sanitaires dominés par les Pb (QD) et l'As (ERI)

Seules 6 parcelles présentent des risques acceptables pour un usage de parc.

Qu'en est il du risque pour les écosystèmes ?

Protocoles : indice de préoccupation (IdP) et indice SET

Indice de Préoccupation (INERIS)

$$IdP_{Substance} = \frac{Concentration\ totale_{substance} \times PET_{Substance}}{100}$$

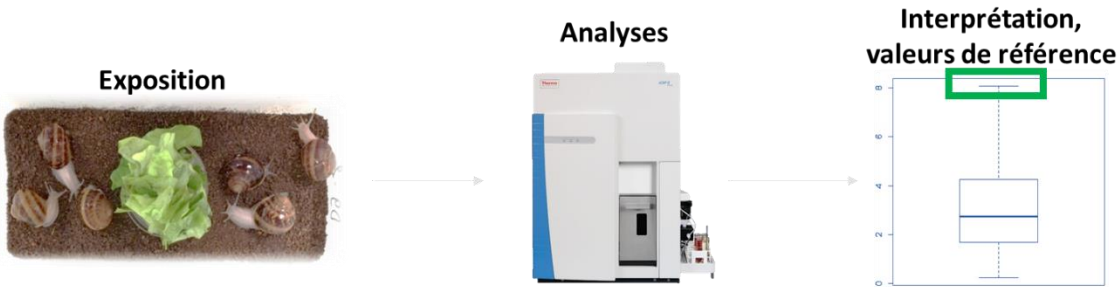
Substance	Potentiel écotoxique
Arsenic	10
Cadmium	150
Cuivre	2
Plomb	1
Zinc	1

Une fois les IdP calculés pour chaque substance, un IDP_{métaux} est calculé de la manière suivante :

$$IdP_{métaux} = 5 \times \sum \frac{IdP_{substance\ ETM}}{n_{ETM}}$$

- IdP < 5 : **Non Préoccupant**, requalification vers un usage écologique envisageable
- 5 < IdP < 15 : **Incertitude**, une caractérisation de la biodisponibilité des substances peut être mise en œuvre pour une meilleure qualification de l'état de la friche
- IdP > 15 : **Préoccupante**, une évaluation des risques pour les écosystèmes doit être déroulée

Indice SET (Escargots)



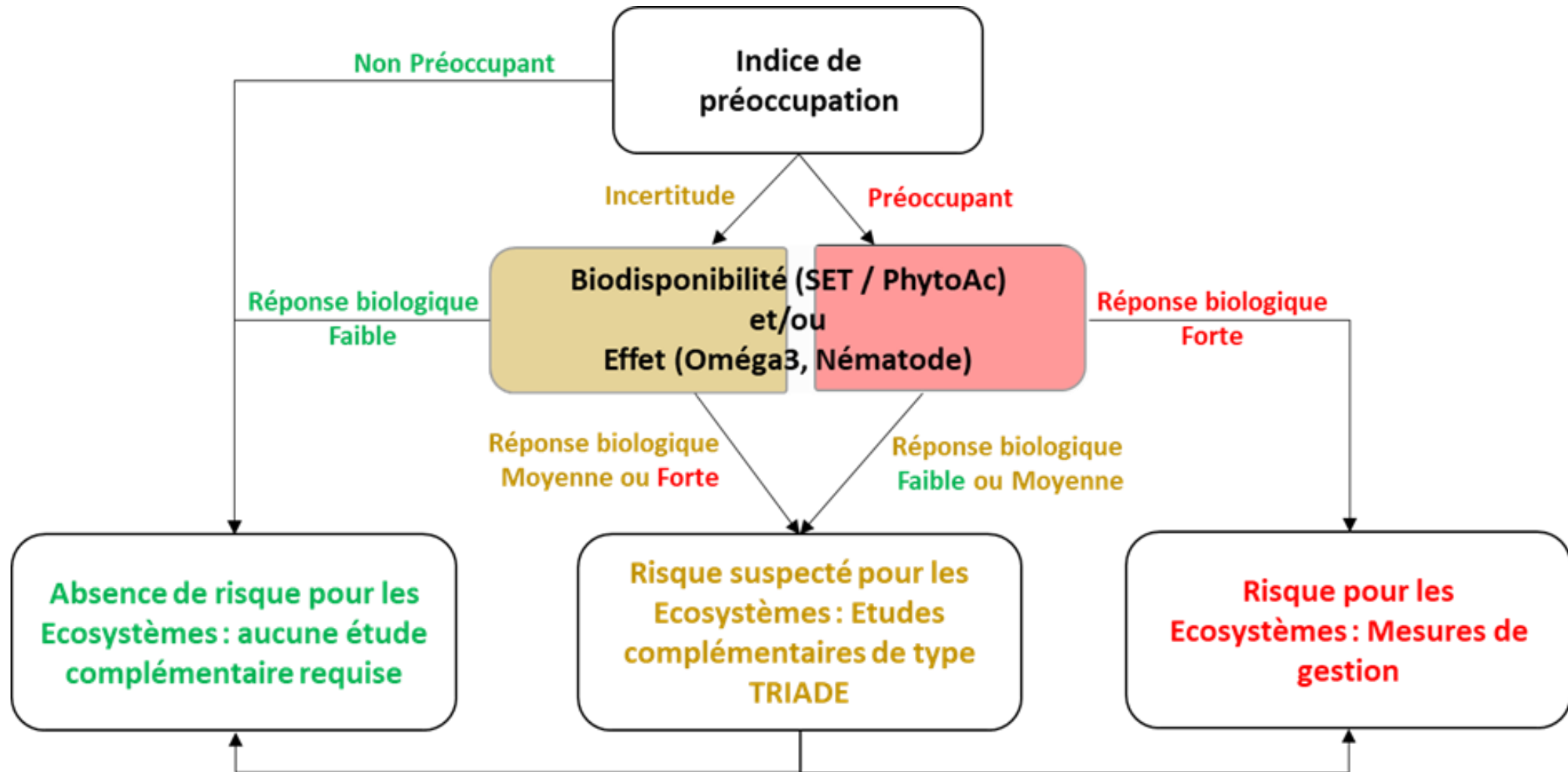
Calcul de l'indice SET

$$AQ = \frac{Concentration\ du\ contaminant\ X\ après\ 28\ jours\ d'exposition}{TGV\ du\ contaminant\ X}$$
$$SET = \sum AQ - 1$$

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg
TGV ex situ	0,36	5,60	8,12	0,65	173,00	0,089
TGV in situ	0,307	2,27	6,68	2,01	184,7	0,2
	Mo	Ni	Pb	Sb	Tl	Zn
TGV ex situ	2,31	6,10	9,06	0,36	na	581,00
TGV in situ	4,43	5,25	12,9	0,08	0,26	1492

- SET < 7 : **risque négligeable**, aucun suivi nécessaire ;
- 7 < SET < 58 : **risque non négligeable**, suivi environnemental à mettre en place ;
- SET > 58 : **risque avéré** : aucune utilisation possible du site en l'état, mise en place d'une méthode de dépollution

Protocoles : indice de préoccupation (IdP) et indice SET



Evaluation des risques pour les écosystèmes

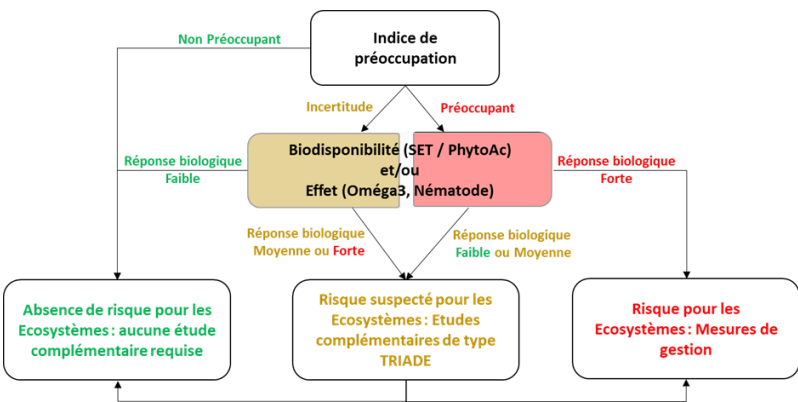
Indice de Préoccupation (INERIS)

Parcelle	IdP _{Substance}					IdP _{Métaux}
	As	Cd	Cu	Pb	Zn	
RA08A	11,4	1,3	2,5	2,7	6,6	24,4
RA08B	12,6	0,8	1,6	3,1	9,3	27,5
RA09A	13,6	0,5	1	0,6	1,4	17,1
RA09B	6,7	0,3	0,6	0,4	1	9
RA11A	3,1	0,4	0,4	0,5	0,7	5,1
RA11B	5,1	0,4	0,3	0,4	0,7	6,9
GE05A	5,6	1,6	0,4	2,1	4,6	14,3
GE05B	10,1	2,1	0,5	4,8	10,4	27,7
GE08A	2,7	0,5	0,3	0,4	1,3	5,1
GE08B	4,3	0,4	0,1	0,3	1,2	6,3
GE15A	5,9	0,7	2	1,5	2,3	12,4
GE15B	1,5	0,5	0,7	0,6	1,3	4,5
GE16A	1	0,9	0,3	0,5	1,1	3,7
GE16B	1,7	0,5	2	0,6	1,2	5,9
GE17A	1,4	0,3	0,3	0,2	0,9	3
GE17B	1,5	0,6	0,8	1,3	2,6	6,8

Indice SET (Escargots)

Parcelle	QA														SET
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Sr	Zn		
RA 08 A	11,7	1	1	1	1	1	1	1	5,2	1	9,23	1	1,06	23,228	
RA 08 B	12,4	1	1	1	1	1	1	1	4,72	1	3	1	1	17,116	
RA 09 A	52,2	1	1	1,53	1	1,73	1,19	1	1,33	1,16	30,3	1	1	82,457	
RA09 B	12,9	1	1	1	1	1	1,18	1	1	1	27,2	1	1	38,199	
RA 11 A	4,19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,23	1	1	4,419	
RA 11 B	3,18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,75	1	1	2,933	
GE 05A	4,74	1	1	1,49	1	1,03	1	1	1,01	1	3	1	1	6,263	
GE 05 B	8,13	1	1	1	1	1	1	1	1,2	1	4,35	1	1,16	10,833	
GE 08 A	2,24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,242	
GE 08 B	2,41	1	1	2,55	1	1	1	1	1	1	2	1	1	3,954	
GE 15 A	1,59	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,59	
GE 15 B	1,24	1	1	1	1	1,06	1	1	1,09	1	1,25	1	1	0,637	
GE 16 A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,8	1	1	1,017	
GE 16 B	1,32	1	1	1,65	1	1,26	1	1	1,23	1	2,08	1	1	2,53	
GE 17 A	1,32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,33	1,09	1	0,729	
GE 17 B	1	1	1	1	1	1,2	1	1	2,86	1	2,75	1	1	3,808	

Evaluation des risques environnementaux



Parcelle	IdP	SET	ERE
RA08A*	Préoccupant	Incertitude	Incertitude : TRIADE
RA08B*	Préoccupant	Incertitude	Incertitude : TRIADE
RA09A*	Préoccupant	Risque	Risque : Mesure de gestion
RA09B	Incertitude	Incertitude	Incertitude : TRIADE
RA11A	Incertitude	Abs. De Risque	Non Préoccupant
RA11B	Incertitude	Abs. De Risque	Non Préoccupant
GE05A*	Incertitude	Abs. De Risque	Non Préoccupant
GE05B*	Préoccupant	Incertitude	Incertitude : TRIADE
GE08A	Incertitude	Abs. De Risque	Non Préoccupant
GE08B	Incertitude	Abs. De Risque	Non Préoccupant
GE15A	Incertitude	Abs. De Risque	Non Préoccupant
GE15B	Non Préoccupant	Abs. De Risque	Non Préoccupant
GE16A	Non Préoccupant	Abs. De Risque	Non Préoccupant
GE16B	Incertitude	Abs. De Risque	Non Préoccupant
GE17A	Non Préoccupant	Abs. De Risque	Non Préoccupant
GE17B	Incertitude	Abs. De Risque	Non Préoccupant

- 11 modalités considérées comme non préoccupantes au regard des risques environnementaux.
- Pour 4 modalités, des études complémentaires type TRIADE sont recommandées
- Seule 1 modalité présente des risques avérés

L'ERE au service de la gestion d'un portefeuille foncier

Parcelle	Diagnostic	Risques environnementaux	
	Valeurs de référence (ASPITET puis VASAU)	ERE (IdP + SET)	
RA08A	Gestion	TRIADE puis Gestion	TRIADE puis Renat.
RA08B	Gestion	TRIADE puis Gestion	TRIADE puis Renat.
RA09A	Gestion	Gestion	Gestion
RA09B	Gestion	TRIADE puis Gestion	TRIADE puis Renat.
RA11A	Gestion	Renaturation	Renaturation
RA11B	Gestion	Renaturation	Renaturation
GE05A	Gestion	TRIADE puis Gestion	TRIADE puis Renat.
GE05B	Gestion	TRIADE puis Gestion	TRIADE puis Renat.
GE08A	Gestion	Renaturation	Renaturation
GE08B	Gestion	Renaturation	Renaturation
GE15A	Gestion	Renaturation	Renaturation
GE15B	Agri. Urbaine (C. Test)	Renaturation	Renaturation
GE16A	Agri. Urbaine (C. Test)	Renaturation	Renaturation
GE16B	Gestion	Renaturation	Renaturation
GE17A	Agri. Urbaine (C. Test)	Renaturation	Renaturation
GE17B	Gestion	Renaturation	Renaturation
Coût Etude Total	15 000	58 500	
Total Gestion	283 500	132 150	69 900
Total Etude + Gestion	298 500	190 650	128 400
Coûts de gestion totaux évité		107 850 (36%)	170 100 (57%)

Couplage ERS / ERE dans la gestion d'un portefeuille foncier

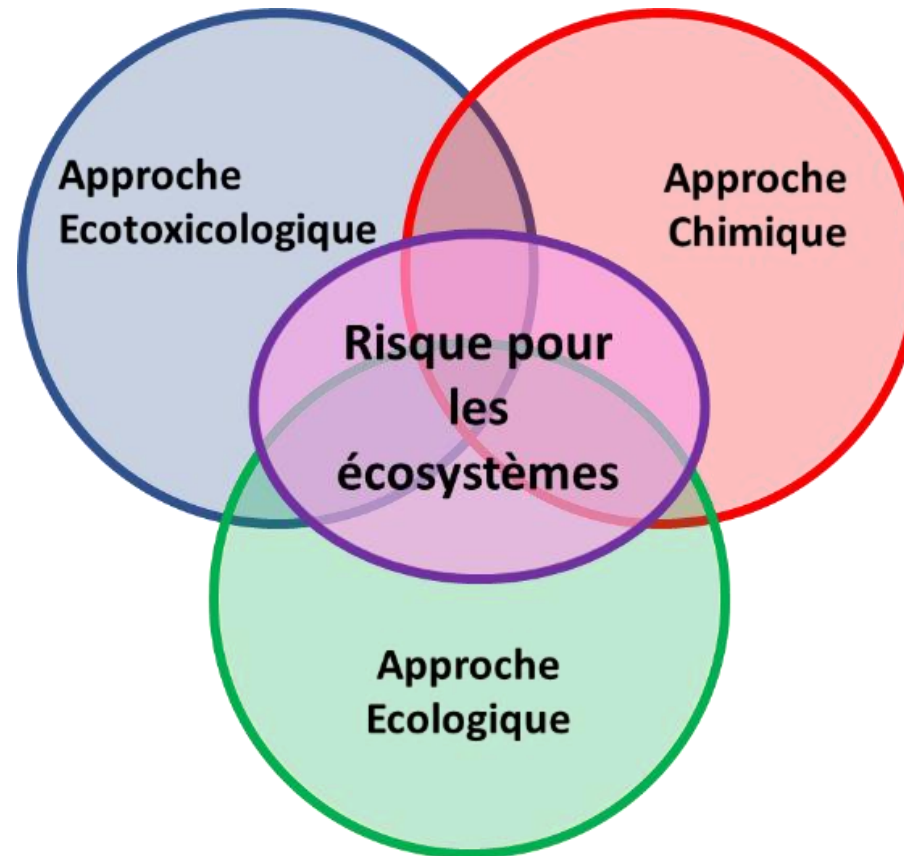
Parcelle	Diagnostic Valeurs de référence (VASAU puis ASPITET)	Risques Sanitaires			Risques environnementaux	
		Concentrations Totales	Concentrations HCl	Bioaccessibles - UBM	ERE (IdP + SET)	
RA08A	Gestion	Gestion	Gestion	Gestion	TRIADE puis Gestion	TRIADE puis Renat.
RA08B	Gestion	Gestion	Gestion	Gestion	TRIADE puis Gestion	TRIADE puis Renat.
RA09A	Gestion	Gestion	Gestion	Gestion	Gestion	Gestion
RA09B	Gestion	Gestion	Jardin public	Jardin public	Jardin public	Jardin public
RA11A	Gestion	Gestion	Jardin public	Jardin public	Jardin public	Jardin public
RA11B	Gestion	Gestion	Jardin public	Jardin public	Jardin public	Jardin public
GE05A	Gestion	Gestion	Gestion	Gestion	Renaturation	Renaturation
GE05B	Gestion	Gestion	Gestion	Gestion	TRIADE puis Gestion	TRIADE puis Renat.
GE08A	Gestion	Jardin public	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine
GE08B	Gestion	Gestion	Habitation	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine
GE15A	Gestion	Gestion	Jardin public	Jardin public	Jardin public	Jardin public
GE15B	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine
GE16A	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine
GE16B	Gestion	Jardin public	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine
GE17A	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine	Agri. Urbaine
GE17B	Gestion	Jardin public	Jardin public	Jardin public	Jardin public	Jardin public
Total Etude + Gestion		298500	245000	174800	195300	212450
Coûts de gestion totaux évités			53500 (18%)	123700 (41%)	103200 (35%)	86050 (29%)
						163400 (45%)

Des coûts de gestion globaux (Etudes + travaux) du portefeuille foncier diminués avec la prise en compte de l'ERE

L'approche TRIADE : Le projet de recherche TRIPODE



**Toxicité des matrices
environnementales. Batterie de
bioessais/bioindicateurs**



**Risque pour les écosystèmes
en considérant les substances
chimiques présentes**

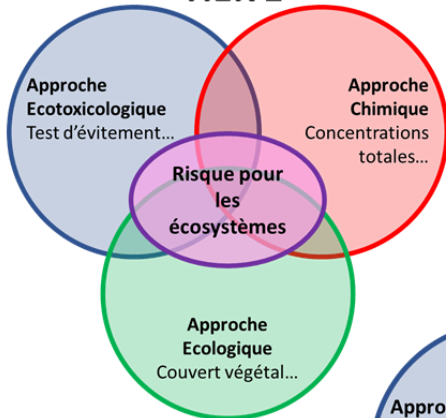
**Etat de santé d'un milieu en adoptant
une démarche intégratrice**

Chacune de ces approches va constituer un élément de preuve (LoE pour Line of Evidence) dont le degré de cohérence les unes par rapport aux autres reflète l'incertitude de l'étude

L'approche TRIADE : Le projet de recherche TRIPODE

Indicateurs
simples

TIER 1

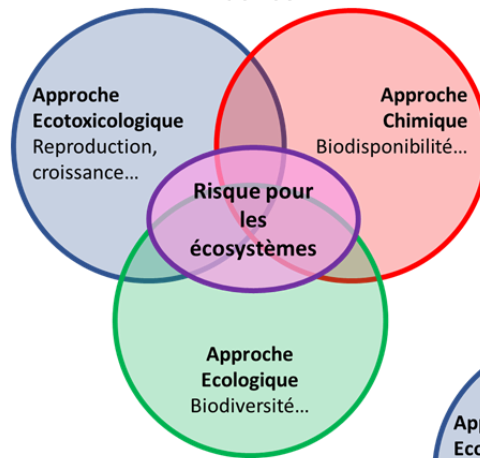


Incertitude importante ?

Non

Oui

TIER 2

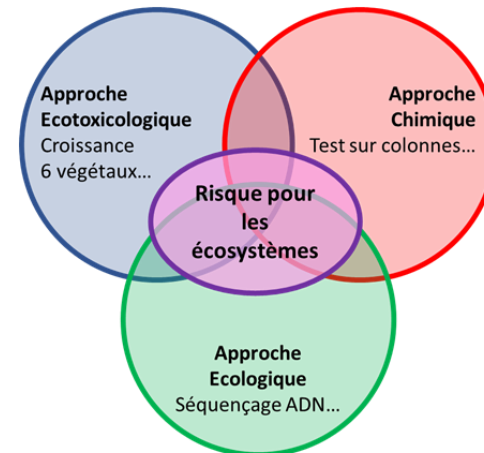


Incertitude importante ?

Non

Oui

TIER 3



Fin de
l'évaluation du
risque pour les
Ecosystèmes

Indicateurs
complexes

Merci !

benjamin.pauget@tesora.fr

