



eau
seine
NORMANDIE



Micropolluants et rejets urbains :

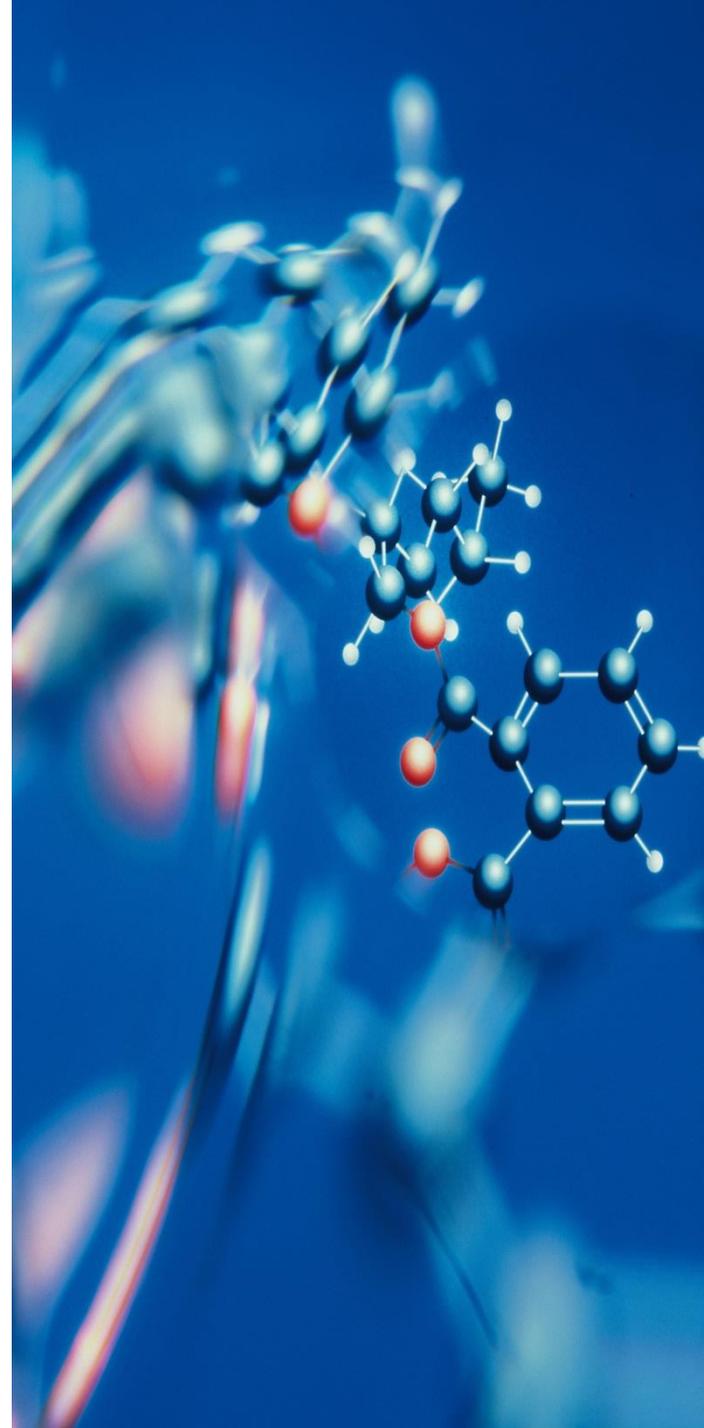


Retour sur quelques projets de recherches



ENSEMBLE
DONNONS
VIE à L'eau

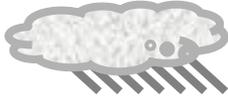
Agence de l'eau





**eau
seine
NORMANDIE**

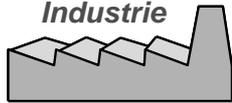
Eaux de pluie



Sources domestiques



Activités économiques /
Industrie



Décharges / sols pollués

Agriculture

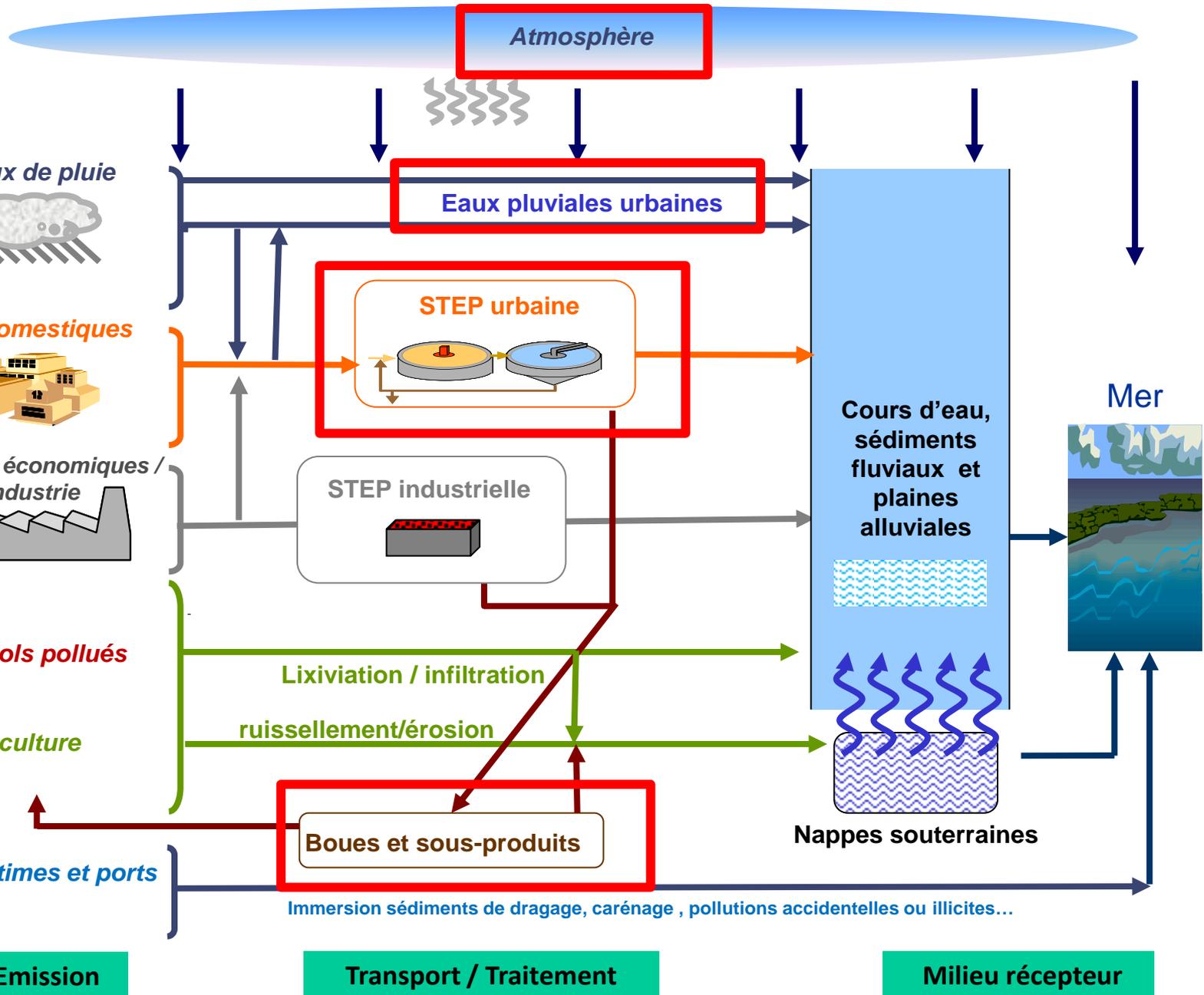
Transport maritimes et ports

ENSEMBLE
DONNONS
vie à l'eau

Agence de l'eau

Principales sources et voies de transferts des micropolluants

d'après Axelera, Rhodanos



Emission

Transport / Traitement

Milieu récepteur

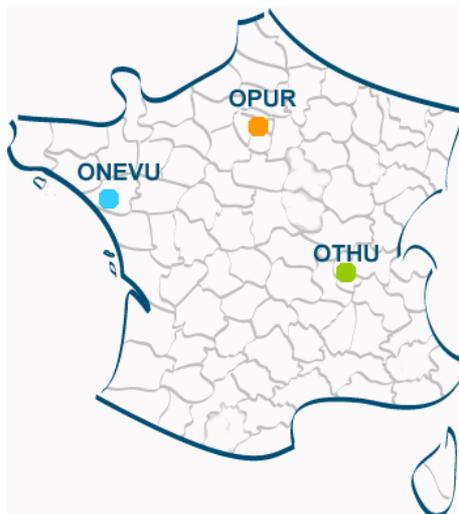
Retours sur quelques projets de recherche...

- Données contamination temps de pluie
- RSDE STEU
- Armistiq
- Echibioteb
- Étude Risques Sanitaires Boues

Données contamination temps de pluie

Base de données : Environ 8400 enregistrements au total dont 1083 concernant les concentrations dans les retombées atmosphériques 240 pour les dépôts, 4517 pour les RUTP et 388 concernant les flux. Sont aussi inclus 39 Bassins versants pour 7 campagnes de mesures, 236 polluants et 155 événements ou périodes pluvieuses

Données issues des 3 observatoires
nationaux





eau
seine
NORMANDIE

Contamination eaux temps de pluie

- **Contamination reconnue** en MES, métaux systématiquement détectés (sauf Co, Mo, Pt), hydrocarbures.
- **Pas de différence d'occurrence** entre les bassins versants.
- **Contributions minoritaires des apports atmosphériques.**
- **Différences de concentrations** entre bassins versants (sauf pour nonylphénols et PBDE).
- Présence d'une diversité de micropolluants, dont certains à des niveaux significatifs par rapport aux NQE.
- Eaux pluviales : **source de contamination des milieux aquatiques non négligeable.**

ENSEMBLE
DONNONS
VIE à L'eau

Agence de l'eau

<https://leesu.univ-paris-est.fr/opur/>

L'action RSDE STEU ou la quantification des substances dans les rejets des stations de traitement des eaux usées (STEU)

Outil réglementaire : Circulaire STEU du 29 septembre 2010 et note du 14 décembre 2011 -Surveillance prescrite par arrêté préfectoral complémentaire

Objectifs:

Une **campagne initiale** suivie d'un **suivi pérenne**

Cycle de 4 ans

Des **prescription techniques** à respecter et un format pour la restitution des données (Sandre)

Campagne initiale de suivi : 4 mesures

Capacité nominale de traitement supérieure ou égale à 6000 kg de DBO5/j (100.000 EH) : 2011 - liste GEREP adaptée (**103 substances et isomères individuels**) – **environ 140 STEU**

Capacité nominale de traitement supérieure ou égale à 600 kg de DBO5/j (10.000 EH) : 2012 - liste DCE adaptée (**55 substances et isomères individuels**) – **environ 1150 STEU**



eau
seine
NORMANDIE



Exploitation nationale RSDE STEU (Ineris)

- 760 STEU (141 SN):
 - 117 \geq 100 000 EH (25 SN)
 - 643 \geq 10 000 EH (116 SN)
- Près de 200 000 analyses (13 280 SN)
- Présentation du jeu de données :
103 substances recherchées (seulement 55 pour les \geq 10 000 EH):
 - 6 paramètres indiciaires *
 - 37 substances SDP + Liste 1,
 - 19 substances SP,
 - 10 substances PSEE.

* : Sulfates, Chlorures, AOX, Fluorures totaux, Hydrocarbures, Indice phénol

ENSEMBLE
DONNONS
VIE à L'eau

Agence de l'eau

RSDE STEU : Substances les moins quantifiées

Substances jamais quantifiées :

PCB 28
Heptachlore
Chlordécone
Chlordane
Aniline
Toxaphène
Chlorure de vinyle

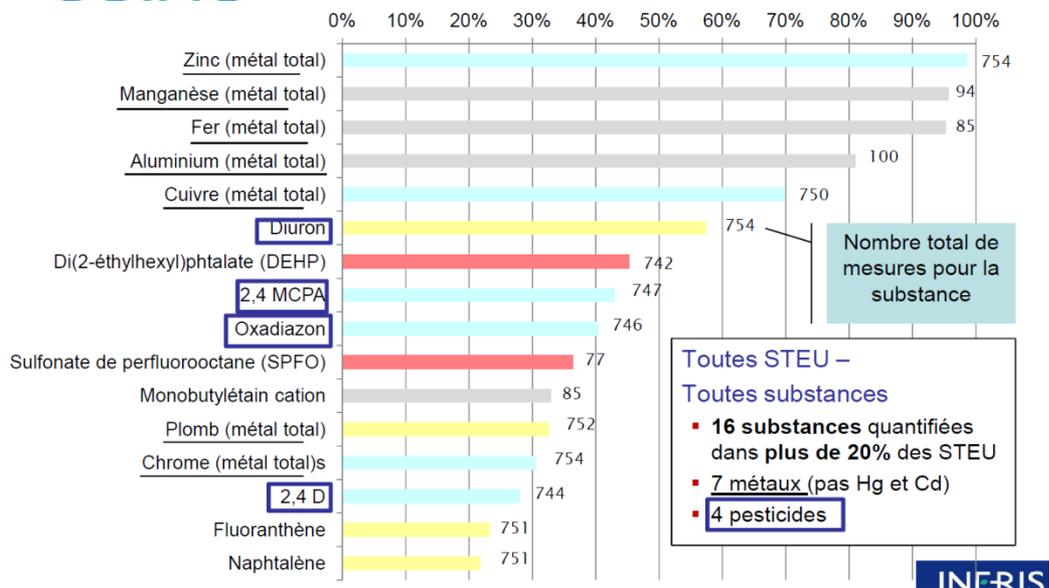
Substance : recherchée uniquement STEU \geq 100 000 EH

Pesticides

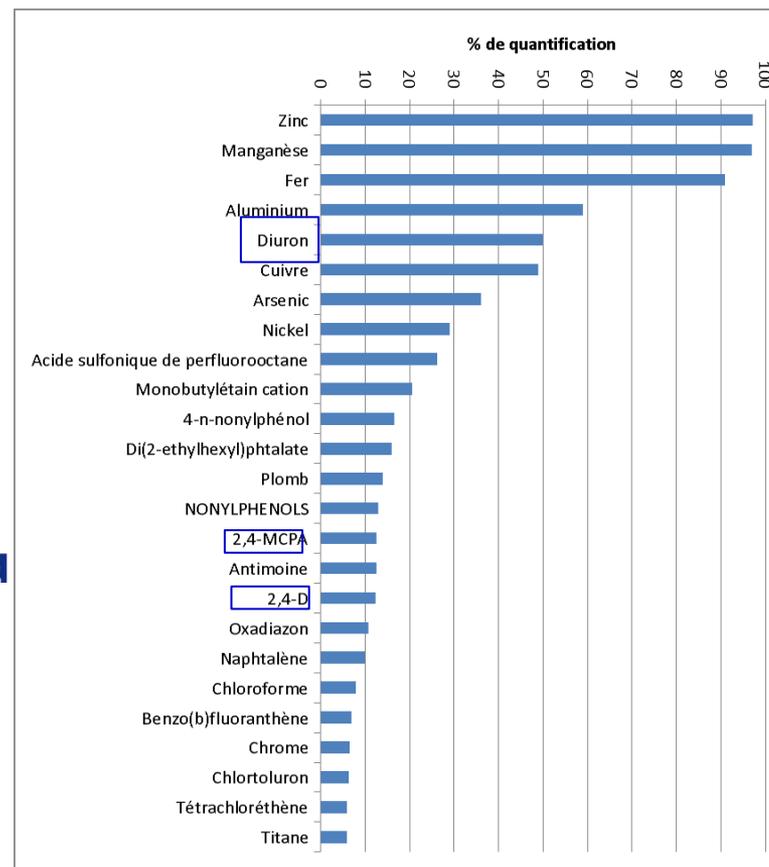
15 substances quantifiées sur moins de 5 analyses :

PCB 153	PCB 101
PCB 138	PCB 118
PCB 180	PCB 52
Benzène	
Xylènes (Somme o,m,p)	
Ethylbenzène	
Toluène	
Hexabromobiphényle	
Hydrazine	
Mirex	
Chrome hexavalent et composés	
Dibutylétain cation	
Triphénylétain cation	

RSDE STEU : Substances les plus quantifiées



Données nationales



Données bassin SN

RSDE STEU

Concentrations : ordre de grandeurs

Substances	Max de CMP (µg/l)	Percentile 95 CMP (µg/l)	Percentile 90 CMP (µg/l)	Percentile 75 CMP (µg/l)	Percentile 50 CMP (µg/l)	LQ circulaire (µg/l)	NQE MA Eaux douces de surface µg/l
Fer	2 544	1 319	870	411	242	/	25
Aluminium	512	245	144	66	34	/	20
Manganèse	245	125	105	69	43	/	5
Zinc	440	119	94	70	50	3,1	10
Cuivre	107	19	12	6,6	<LQ	1,4	5
Chrome	73	8,9	7,1	<LQ	<LQ	3,4	5
Arsenic	174	6,8	5,0	<LQ	<LQ	4,2	5
Dichlorométhane	1 173	5,2	5,0	<LQ	<LQ	20	5
Plomb	121,0	3,4	2,5	<LQ	<LQ	7,20	2,00
DEHP	41,5	3,0	1,9	1,0	<LQ	1,30	1,00
Trichlorométhane	40,9	1,5	1,0	<LQ	<LQ	2,50	1,00

Substance : recherchée uniquement STEU ≥ 100 000 EH

En percentile 90 :

- 5 substances > 10 µg/l (métaux)
- 6 substances entre 1 et 10 µg/l

INERIS



eau
SE
NOR

RSDE STEU

Flux moyens journaliers

Substances	Max de FMJ (g/j)	Percentile 90 FMJ (g/j)	Percentile 50 FMJ (g/j)	Flux AM 31/01/2008 (g/j)	Flux annuel AM 31/01/2008 (kg/an)	Flux max annuel (kg/an) Max de FMJ*365	P 90 x 365 (kg/an)	P 50 x 365 (kg/an)
Fer	246 781	45 642	4 006	/	3 000	90 075	16 659	1 462
Aluminium	25 168	4 853	349	/	2 000	9 186	1 771	127
Manganèse	61 242	4 180	808	/	500	22 354	1 526	295
Zinc	50 410	928	156	200	100	18 400	339	57
Cuivre	9 876	100	10	200	50	3 605	36	3,6
Titane	638	84	0	/	100	233	31	0
Antimoine	418	63	0	/	/	152	23	0
Chrome	5 399	36	0	200	50	1 971	13	0
Nickel	5 540	29	0	20	20	2 022	11	0
DEHP	2 553	14	0	4	1	932	5,2	0
Plomb	1 044	13	0	20	20	381	4,9	0
Arsenic	1 456	13	0	10	5	531	4,6	0
PFOS	32	3,84	0	/	0	12	1,4	0
Trichlorométhane	216	1,74	0	20	10	79	0,63	0
Diuron	55	1,29	0,06	4	1	20	0,47	0,02

En percentile 90 des flux moyens journaliers :

- 5 substances > 100 g/j (métaux)
- 7 substances entre 10 et 100 g/j

Substance : recherchée uniquement STEU \geq 100 000 EH

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

ENSEMBLE
DONNONS
vie à l'eau



eau
seine
NORMANDIE

RSDE STEU : Substances à enjeu

- Zinc
- PFOS
- DEHP
- Diuron
- Nonylphénols
- Arsenic
- Mercure
- Plomb
- HAP : fluoranthène, naphtalène
- Cuivre
- 2,4 MCPA
- 2,4 D : interdit
- Oxadiazon

Substance : recherchée uniquement
STEU ≥ 100 000 EH

		FQ LQlabo
SDP	Mercure	5%
SDP	Cadmium	2%
SP	Plomb	33%
SP	Nickel	22%
PSEE	Zinc	99%
PSEE	Cuivre	73%
PSEE	Chrome	34%
PSEE	Arsenic	19%
	Aluminium	83%
	Manganèse	76%
	Fer	57%
	Antimoine	0%

		FQ Lqlabo
SP	Diuron	60%
SP	Atrazine	18%
SP	Isoproturon	14%
SP	Simazine	11%
SP	Chlorpyrifos	2%
SP	Chlorfenvinphos	1%
SP	Alachlore	1%
PSEE	2,4 MCPA	45%
PSEE	Oxadiazon	42%
PSEE	2,4 D	34%
PSEE	Chlortoluron	12%
PSEE	Linuron	5%

ENSEMBLE
DONNONS
VIE à L'eau



eau
seine
NORMANDIE

Armistiq

- Projet 2010-2013, Onema, suites Amperes
- Objectifs :
 - d'acquérir des données opérationnelles sur les substances (prioritaires et émergentes) pour plusieurs filières de traitement;
 - d'améliorer les connaissances sur les conditions optimales de réduction des substances par les traitements secondaires ou tertiaires des eaux et le traitement des boues ;
 - de réaliser des évaluations techniques, économiques et environnementales des procédés ;
 - d'améliorer les connaissances sur les outils innovants (chimique et biologique) permettant d'évaluer globalement l'efficacité de traitement des filières étudiées en lien avec le projet **Echibioteb**
 - d'apporter des solutions opérationnelles pour réduire les émissions polluantes et améliorer la protection de la qualité des écosystèmes

ENSEMBLE
DONNONS
VIE à L'eau

Agence de l'eau

projet ARMISTIQ

OPTIMISATION TRAITEMENTS EXISTANTS - BOUES ACTIVEES

micropolluants partiellement éliminés

Tests à 4 conditions de fonctionnement, Protocole de mesure adsorption/biodégradation, Modélisation



TRAITEMENTS COMPLEMENTAIRES

micropolluants réfractaires aux traitements biologiques

Oxydation avancée et adsorption sur charbon actif
Fossé ; matériaux adsorbants alternatifs (argile, zéolite)



TRAITEMENTS DES BOUES (avant valorisation agricole)

micropolluants organiques hydrophobes et métaux

Séchage thermique, séchage solaire, digestion anaérobie,
compostage, lit de séchage planté de roseaux





**eau
seine
NORMANDE**

Armistiq : Analyse de 60 micropolluants dans les eaux et 80 dans les boues : métaux, HAP, pesticides, alkylphénols, PCB, PBDE, médicaments et hormones

Des exemples de micropolluants étudiés dans le projet ARMISTIQ.

Famille	Exemples de micropolluants	Exemples de source ou d'usage
Métaux	zinc, plomb, nickel, aluminium, fer, cuivre, cadmium, titane, chrome	Bâtiments (toitures, etc.), freins, pneumatiques, batteries
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	benzo(a)anthracène, fluoranthène, acénaphène, anthracène	Produits pétroliers, combustion incomplète de la matière organique
Alkylphénols	4 nonylphénol, nonylphénol monoéthoxylate	Composants de détergents, phytosanitaires, peintures
Polychlorobiphényles (PCB)	CB 58, CB 101	Isolants électriques
Pesticides	AMPA, glyphosate, diuron, atrazine	Herbicides, détergents, peintures
Polybromodiphényléthers (PBDE)	BDE 7, BDE 15	Retardateurs de flamme
Phtalates	DEHP	Composés des plastiques, notamment présents dans le PVC
Bisphénol	bisphénol A	Composants des plastiques dont le PVC
Médicaments	aténolol, métoprolol	Bétabloquants
	carbamazépine, amitriptyline, fluoxétine	Antidépresseurs
	ibuprofène, paracétamol, diclofenac	Anti-inflammatoires
	roxithromycine, sulfaméthoxazole	Antibiotiques
Hormones	17 β -estradiol	Contraceptifs, traitements hormonaux

ENSEMBLE
DONNONS
VIE À L'EAU

Agence de l'eau



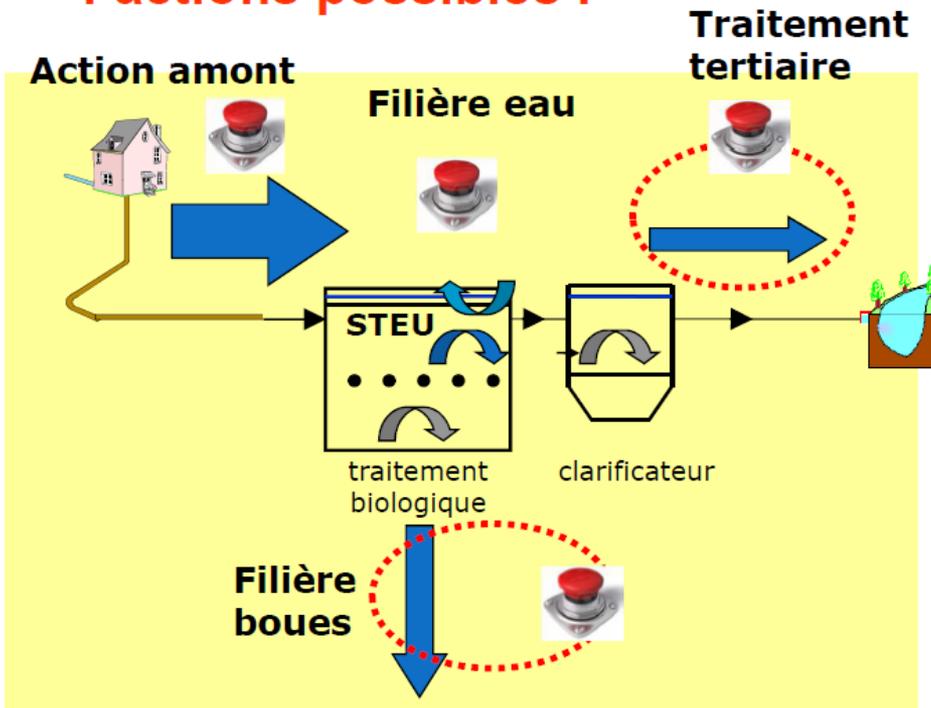
eau
seine
NORMANDE

Armistiq

Rendement épuratoire STEU biologique

Réductions des émissions

4 actions possibles :



-  biodégradation
-  volatilisation
-  adsorption

Substances bien éliminées, mais concentrées en sortie :
 alkylphénols (NP, OP, NP1EO)
 anti-inflam. (ibuprofène, paracétamol)
 métaux (Zn, As, Cr, Ni, Cu)

Substances mal éliminées :
 alkylphénols (NP1EC)
 pesticides (glyphosate, AMPA, atrazine, diuron)
 bêtabloquants (oxprénolol, propranolol, sotalol)
 antidépresseurs (carbamazépine, diazépam, nordiazépam)
 bronchodilat. (salbutamol, terbutaline)
 anti-inflammatoire (diclofénac)
 antibiotique (sulfaméthox., roxytrom.)

Substances stockées dans les boues :
 alkylphénols (NP, OP)
 pesticides (aldrine, diuron)
 métaux (Cd, Hg, Ni, Pb, Cu, Ti, Zn)
 HAP (fluoranthène, naphthalène)
 autres: tributylSn, triclosan, DEHP



eau
seine
NORMANDIE

Armistiq : Rendement élimination des micropolluants par STEU boues activées

Légende :

Rendement indiqué par code couleur :

- : < 30%
- : 30 à 70%
- : 70 à 90%
- : > 90%.

Gamme de rendement d'élimination

		Adsorption (= transfert dans les boues)	Biodégradation (= disparition de la molécule mère)	Production (= produit de l'oxydation chimique)
Métaux	Al, Fe, Cu, Cd, Pb	•		
	Ti, Cr, Ni, Zn	•		
	B	•		
Composés pharmaceutiques	ACE, ATE, IBP, PARA		•	
	AMITR, FLX	•	•	
	BZP		•	
	BIS, MET, SMX		•	
	ROX ^a	•		
	PROP	•	•	
	DCF	•		
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	BaA, Chrys +Triph, BbF+BkF+BjF, BeP	•		
	2,1 BNT, Fluoré	•	•	
	Pyr	•		
	Phe, An, Acé, DacA + DahA	•	•	
	DBT, Fluorène		•	
	Acy	•		
Alkylphénols	4-t-OP, NP1EO	•	•	
	4-NP	(•)	•	
	NP2EO	•	•	
	NP1EC			•
Pesticides	SIM ^a , ATR ^a , DIU ^a , ISO ^a	(•)		

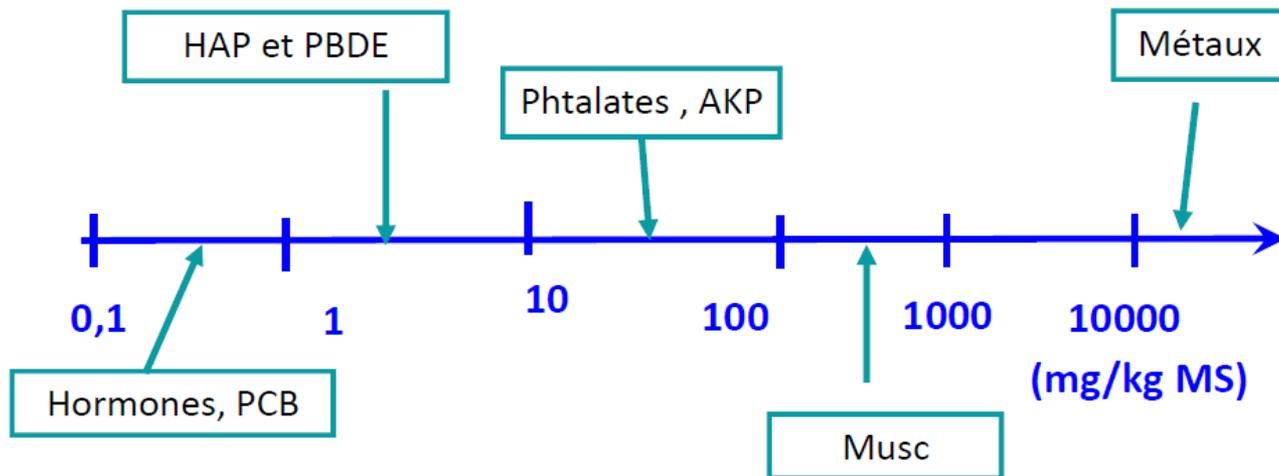
ENSEMBLE
DONNONS
vie à l'eau



Armistiq : Micropolluants et boues

Concentrations des micropolluants dans les boues de sorties

- Résultats des concentrations moyennes obtenues sur 12 boues en fin de traitement
 - ✓ 4 boues issues de sécheurs thermiques
 - ✓ 3 boues digérées
 - ✓ 3 composts
 - ✓ 2 boues de lits de séchages plantés de roseaux



90% des substances recherchées ont été retrouvées et à des concentrations moyennes inférieures aux seuils réglementaires



eau
seine
NORMANDIE

Conclusions Armistiq

Les stations d'épurations classiques (biologiques) éliminent une bonne partie des micropolluants.

Les traitements biologiques conventionnels : peuvent être optimisés pour améliorer le traitement de micropolluants, mais cet impact est limité (réduction des concentrations de sortie de 10 à 30% selon les micropolluants)

Traitements complémentaires :

- Les traitements complémentaires à base de charbon actif, ozone ou oxydation avancée peuvent être proposées à un coût global raisonnable (0.02 - 0.2 €/m³ traité) pour un complément d'élimination significatif (>70%) d'une majorité des micropolluants organiques présents dans l'eau traitée.

Traitement des boues :

- Certaines évolutions de substances (ex: PCB, alkylphénols, muscs, HAP légers, PBDE) ont pu être observées lors des procédés thermiques et biologiques de traitement de boues.
- **Aucun procédé de traitement de boues ne peut être actuellement proposé et dimensionné comme solution pour l'élimination de micropolluants.**

Rejet d'un EH : 0,4 g micropolluants/j (métaux, détergents, médicaments, pesticides, COV,...)

ENSEMBLE
DONNONS
VIE à L'eau



eau
seine
NORMANDIE

Echibioteb

Objectif :



développer et mettre en œuvre des combinaisons innovantes d'échantillonnage et de mesures chimiques et biologiques pour le suivi de l'efficacité des traitements complémentaires des eaux usées urbaines et des boues

ENSEMBLE
DONNONS
VIE à L'eau

Agence de l'eau



eau
seine
NORMANDIE

Echibioteb

Les substances étudiées

	ARMISTIQ (66 substances)	ECHIBIOTEB (156 substances)
Métaux	As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Mo, Ni, Pb, Sn, Ti, U, V, Zn	Idem
Pharmaceutiques	4 β -Bloquants, 2 antidépresseurs, 3 anti-inflammatoires, 10 antibiotiques	+ 6 β -bloquants, 7 antidépresseurs, 3 anti-inflammatoires, 3 bronchodilatateurs, 2 hypolipémiants, 2 stimulants, 41 antibiotiques, 10 anticancéreux, 9 antiviraux, 1 PDE5 inhibiteur
Hormones estrogéniques	/	+ estrone, 17 α -estradiol, 17 β -estradiol, estriol, 17 β -éthynylestradiol
Alkylphénols et phénols	4-NP, 4-NP1EO, 4-NP2EO, 4-NPEC, 4-t-OP, 4-t-butylphenol	+ bisphenol A
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	Naphtalene, acenaphthylene, <i>acenaphtene</i> , fluorene, phenanthrene, anthracene, pyrene, fluoranthene, benzo(a)anthracene, chrysene + triphenylene, benzo(b+j+k)fluoranthene, indeno(c-d)pyrene, benzo(ghi)perylene, dibenzo(a,h+a,c)anthracene, benzo(a)pyrene, benzo(e)pyrène, dibenzothiophène, 2,1 benzo-naphtothiophène, pérylène.	Idem
Pesticides	Atrazine, simazine, diuron, isoproturon, glyphosate, AMPA	Idem

ENSEMBLE
DONNONS
vie à l'eau

Agence de l'eau



eau
seine
NORMANDIE

Echibioteb

Batterie de tests *in vitro* recouvrant différents mécanismes de toxicité

Récepteurs / activité	Code	Méthode	Résultat	L.D.
<i>Perturbateurs endocriniens (tests cellulaires)</i>				
Estrogénique	ER	MELN	Estradiol-Eq	0.17 ng/L
Androgénique	AR	MDA-kb2	Dihydrotestosterone-Eq	2.3 ng/L
Anti-androgénique	anti-AR	MDA-kb2	Flutamide-Eq	3.2 µg/L
Thyroidien	TR	PC-DR-LUC	T3-Eq	12.9 ng/L
Anti-thyroidien	anti-TR	PC-DR-LUC		n.a.
<i>Activité dioxin-like (tests cellulaires)</i>				
PAH-like	AhR 4h	PLHC-1	BaP-Eq	0.1 µg/L
Dioxin-like	AhR 24h	PLHC-1	TCDD-Eq	2.1 ng/L
<i>Géno/cytotoxiques (tests microbiens)</i>				
Génotoxicité (± S9)	SOS (±S9)	SOS chromotest	Induction gène <i>sfiA</i>	n.a.
Cytotoxicité (± S9)	SOS (±S9)	SOS chromotest	% témoin	n.a.

ENSEMBLE
DONNONS
VIE à L'eau

Agence de l'eau



eau
seine
NORMANDIE

Echibioteb

Comparaison des différents traitements

	STEU Aw				STEU Bw				STEU Dw					
	O ₃ + CAG		O ₃ + H ₂ O ₂		UV + H ₂ O ₂		O ₃ + H ₂ O ₂		UV + H ₂ O ₂		Adsorbants alternatifs			
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Sortie GAC	Sortie argile	Sortie zeolite	
Estrogénique	+ -	+ -	+ +	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -	-	-	+	
Androgénique	+ +	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	-	-	-	
PAH-like	- -	- -	- -	- -	- -	- -	++ +	++ +	- -	- -	-	-	-	
Dioxin-like	- -	+ +	+ -	+ -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	-	-	-	
Génotoxicité directe	++ +	- -	++ ++	++ -	- -	- -	++ -	++ -	++ -	++ -	++ -	++ -	++	
Génotoxicité indirecte	+ +	+ -	+ -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	-	-	++	
Cytotoxicité sans S9	+ +	- +	- +	+ +	- +	- +	+ +	- +	- +	- +	-	-	+	
Cytotoxicité avec S9	+ -	- -	- -	- -	+ -	- -	+ -	- -	- -	- -	-	-	+	

Une diminution de l'effet après traitement

Pas de diminution de l'effet après traitement

Une augmentation de l'effet après traitement -> à investiguer

ENSEMBLE
DONNONS
VIE à L'eau



eau
seine
NORMANDIE

Conclusions Echibioteb

La toxicité in vitro dans les eaux traitées est très faible!

■ Eaux

– Profils d'activités

- Fréquente: **oestrogénique, génotoxiques et HAP-like**
- Parfois : glucocorticoïdes, androgénique
- Jamais détectées : **(anti)TR, dioxin-like**

– Intérêt des échantillonneurs passifs pour concentrer et révéler des activités (GR, AR)

– Procédés de traitement **globalement efficaces** pour abattre ces activités

■ Boues

– Profils d'activités marqués

- Fortes activités **oestrogénique, anti-androgénique et dioxin-like**
- **Autres activités non détectées**

– Procédés de traitement **pas ou peu efficaces** pour abattre ces activités

ENSEMBLE
DONNONS
vie à l'eau

Agence de l'eau

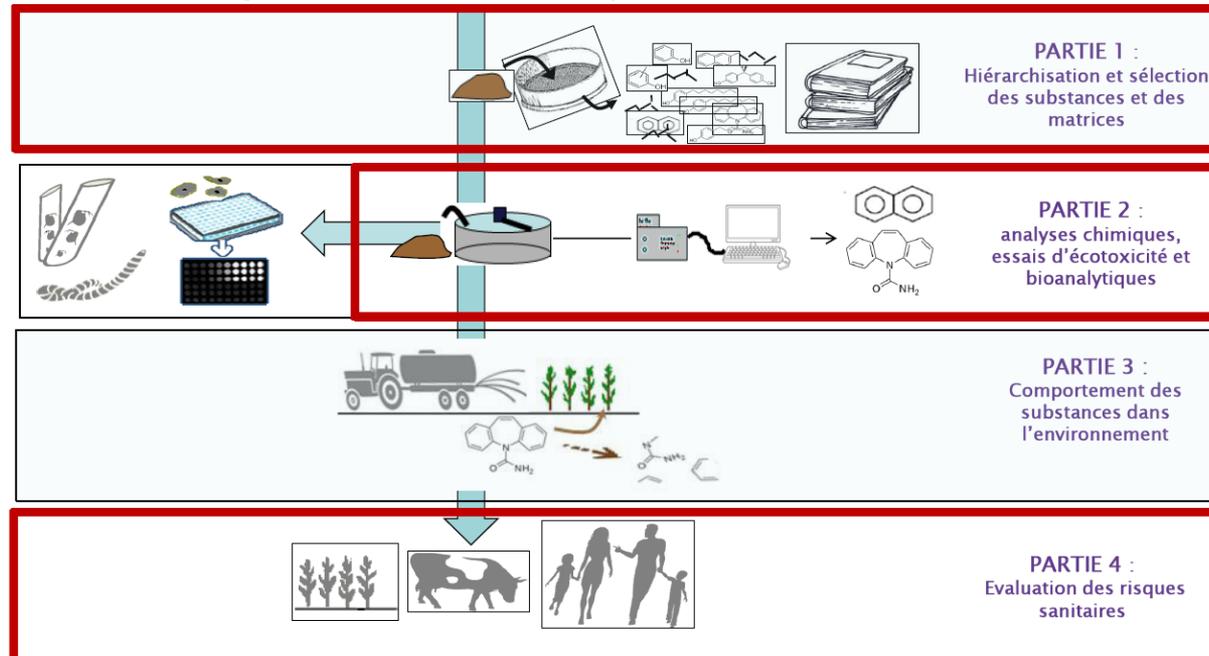
<http://echibioteb.irstea.fr/>



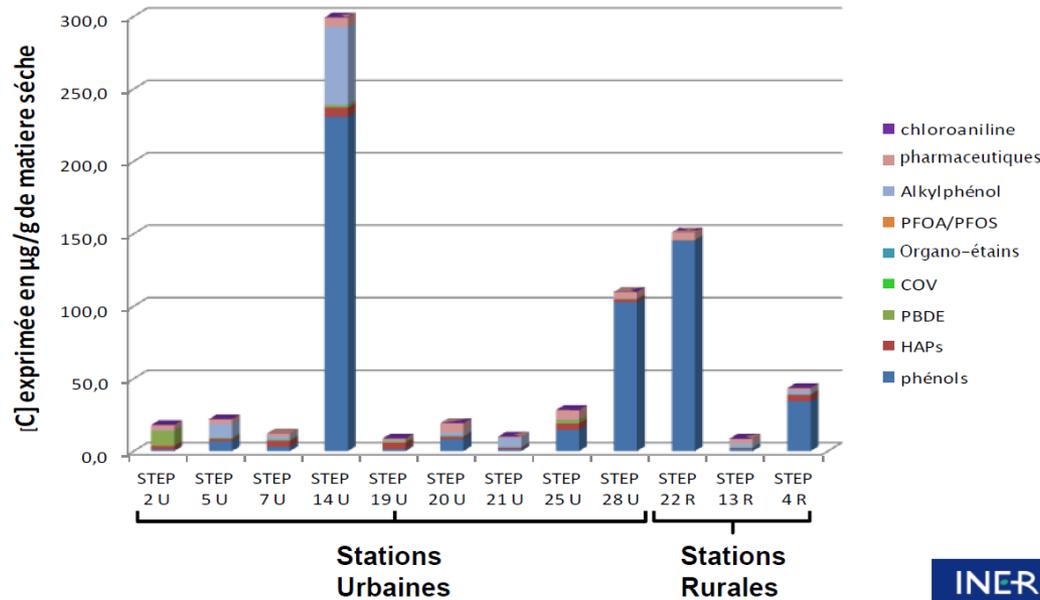
eau
seine
NORMANDIE

ERS Boues : SUBSTANCES «ÉMERGENTES» DANS LES BOUES ET COMPOSTS DE BOUES DE STEP

- Caractériser par quantification analytique des substances «émergentes» dans les boues et les composts de boues (114 substances)
- Caractériser ces boues par des essais d'écotoxicité (et essais bioanalytiques)
- Evaluer les risques sanitaires (nécessité de données clés)



Somme des substances par famille, moyenne des 4 campagnes



^f Galaxolide et cholestène non représentés



ERS Boues: Quantification

- **Quasi-totalité des substances non pharmaceutiques très présentes** (sauf notamment COV): détection sup. à 70% pour 46 subst. sur 56

- Phénols, alkylphénols et BDE 209 très présents

- **Antibiotiques très présents** :

ofloxacine, norfloxacine, ciprofloxacine

-Variations saisonnières détectées pour pharmaceutiques

-Certains pharmaceutiques quantifiés pour la première fois dans ces produits

(dompéridone, verapamil,...)

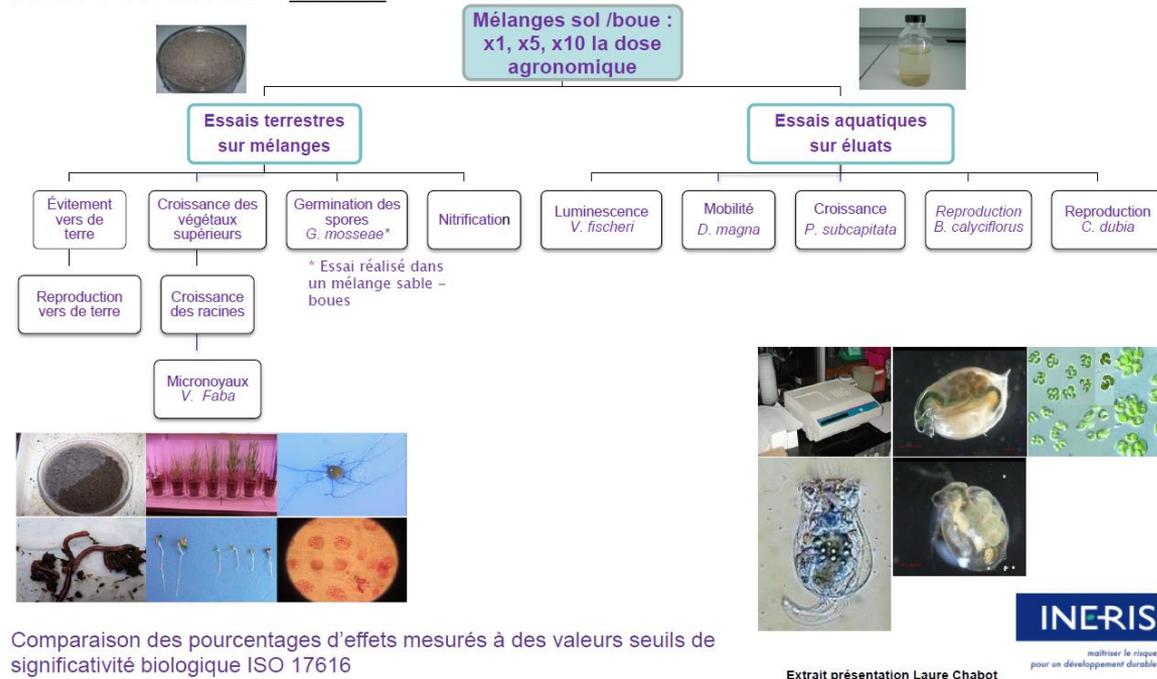
Substances jamais quantifiées :

PFOA, 4n-nonylphénols, triphénylétain, Chloraniline et galaxolide

céfopérazone, amoxicilline, diatrizoate, éthinylestradiol, fluphénazine, ivermectine, bromadiolone

ERS Boues : Biotests

Essais d'écotoxicité - In Vivo

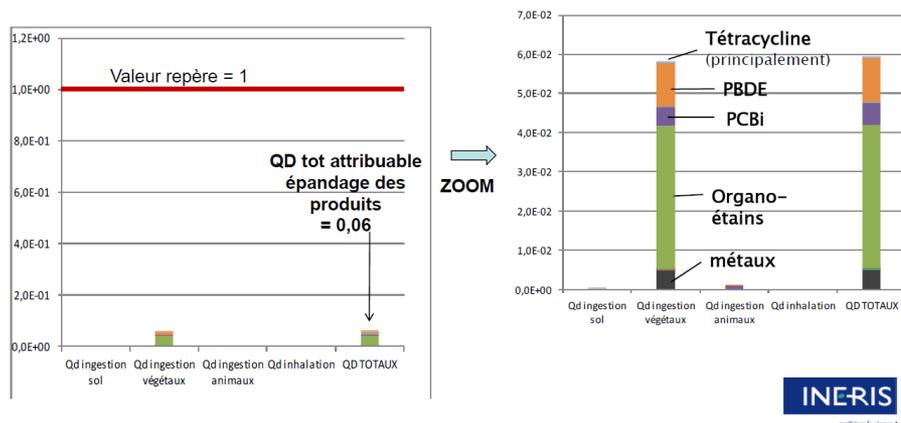


- **Pas d'effet détecté à «une fois» la dose d'épandage**
- Des effets détectés pour certains tests à partir de **5 fois la dose** d'épandage (Survie de *Ceriodaphnia dubia*, reproduction vers de terre, croissance racinaire, germination des spores de champignons mycorrhizogènes)
- Certains essais sensibles et pertinents : sensibilité significative du test de germination de *Glomus mosseae*, bonne sensibilité des essais de croissance racinaire

ERS Boues : risque sanitaire

Risque attribuable – Quotient de Danger (effets A SEUIL)

Présentation du récepteur le plus exposé : Riverain enfant



Dans le contexte réglementaire de valorisation des boues et composts, les risques sanitaires **liés aux substances émergentes sont inférieurs aux valeurs repères**