

# La contamination des rivières vue par les carottes de sédiments

Merci à

- Brice Mourier, LEHNA/ENTPE, Lyon, bassin du Rhone
- Cécile Grobois, GEHCO, Tours, bassin de la Loire
- Alexandra Coynel, Pierre Labadie, EPOC, Bordeaux, Gironde/Garonne
- Fabienne Petit, Maxime Debret, M2C, Rouen, bassin de la Seine
- Sophie Ayrault, LSCE, Gif-sur-Yvette, bassin de la Seine
- Emmanuelle Montarges-Pelletier, LIEC, Nancy, bassin de la Moselle

qui ont fourni les éléments pour cette présentation

# Metaux

◆ Données disponibles

◇ En cours

Multi-métaux  
Isotopes (Pb, Zn, Hg)  
Speciation solide



# Contaminants organiques

◆ Données disponibles

◇ En cours

HAP  
PCB  
Dioxines  
Polybromés (PBDE)  
Alkylphénols  
Antibiotiques



## Les objectifs d'études de carottes en rivière

1) là où les sédiments sont une source de contamination potentiel, **evaluer les risques associés** (remobilisation – érosion, diagénèse -, quantité de contaminant stockée, **éco-toxicologie**), évaluer l'état initial et suivi d'un processus de remédiation

- => Riou-Mort, Fensch and Orne

2) reconstruire une **histoire de la contamination** de la rivière et de son bassin (relier à la population, à des activités industrielles ou minières spécifiques, à l'urbanisation, l'agriculture ???)

- => Seine, Loire, Gironde, Rhône

3) évaluer la **vitesse de récupération du milieu**, à quelle vitesse la qualité des sédiments s'améliore

- => une récupération apparente, car les sédiments contaminés anciens sont toujours là

4) utiliser les **contaminants particuliers comme traceurs géochimiques**

- Informe sur le transport de la contamination

5) les sédiments contaminés comme milieux vivants, transformations microbiologiques sur la longue durée

- **résistance bactérienne et transferts de gènes**

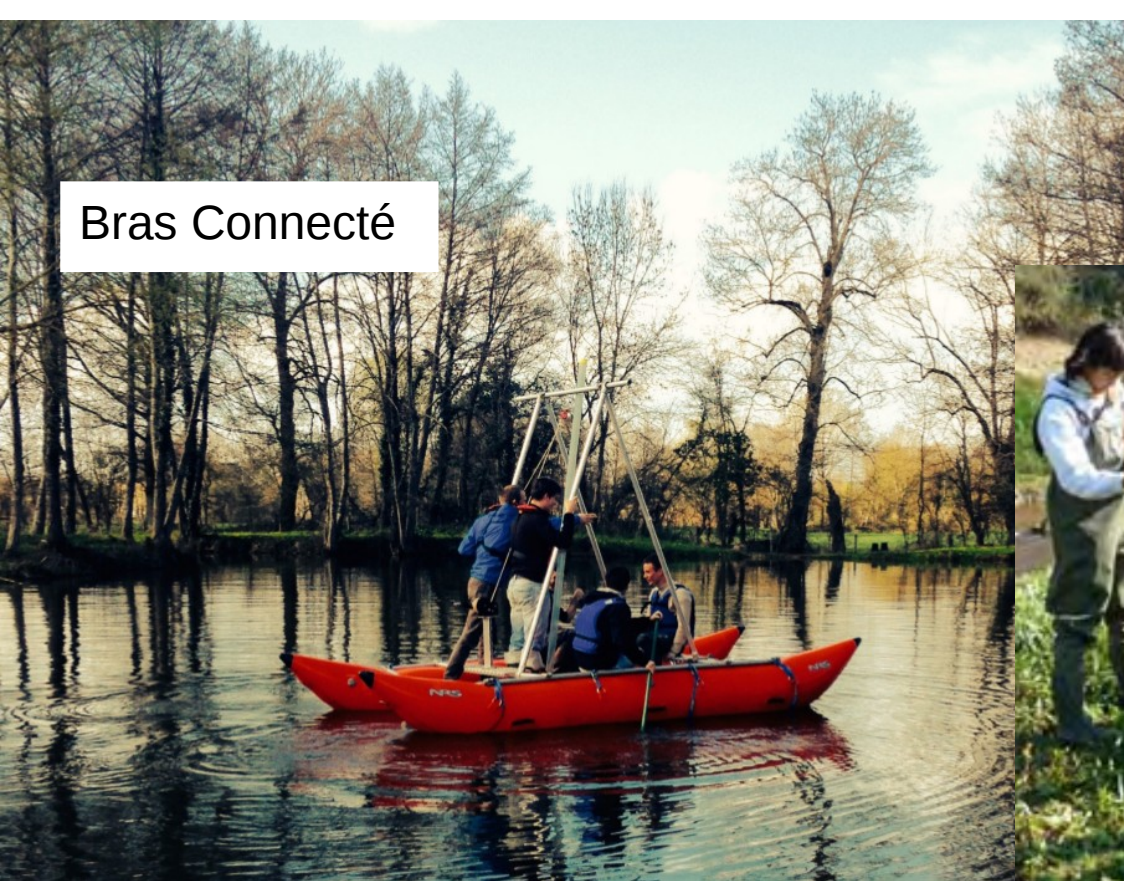
## Où carotter le long des rivières ?

- dans des réservoirs, à l'amont de barrages
- dans les zones/plaines d'inondation
- dans des annexes partiellement isolées (anciens méandres partiellement connectés, gravières connectées...)
- dans des darses

## Difficultés :

- gestion des réservoirs, évacuation des sédiments, effet des crues, distribution très irrégulière des sédiments, granulométrie irrégulière,
- les plaines inondables sont alimentées lors des crues, représentatives du flux annuel transporté (car majoritairement lors des crues) usage du sol dans la zone inondable
- création et remplissage progressif des annexes, elles sont de « courte » durée de vie avec des taux de sédimentation qui peuvent fortement varier.
- les ports, seulement si leurs gestionnaires les laissent s'envaser

Bras Connecté



Barrage vide



Berge



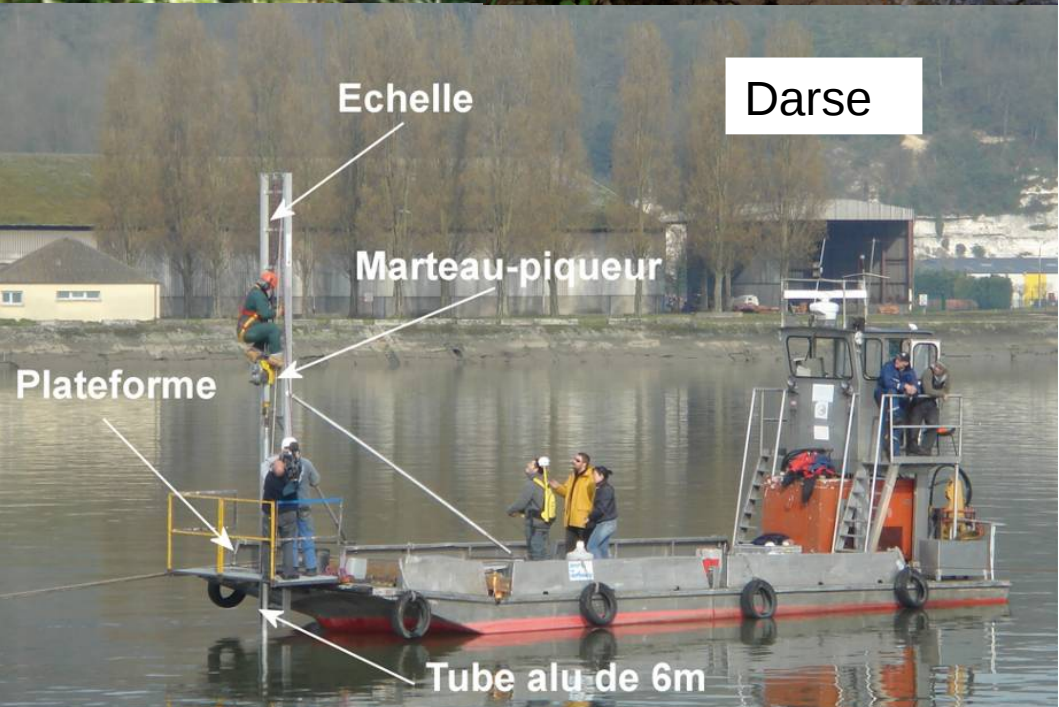
Etang



Echelle

Darse

Marteau-piqueur

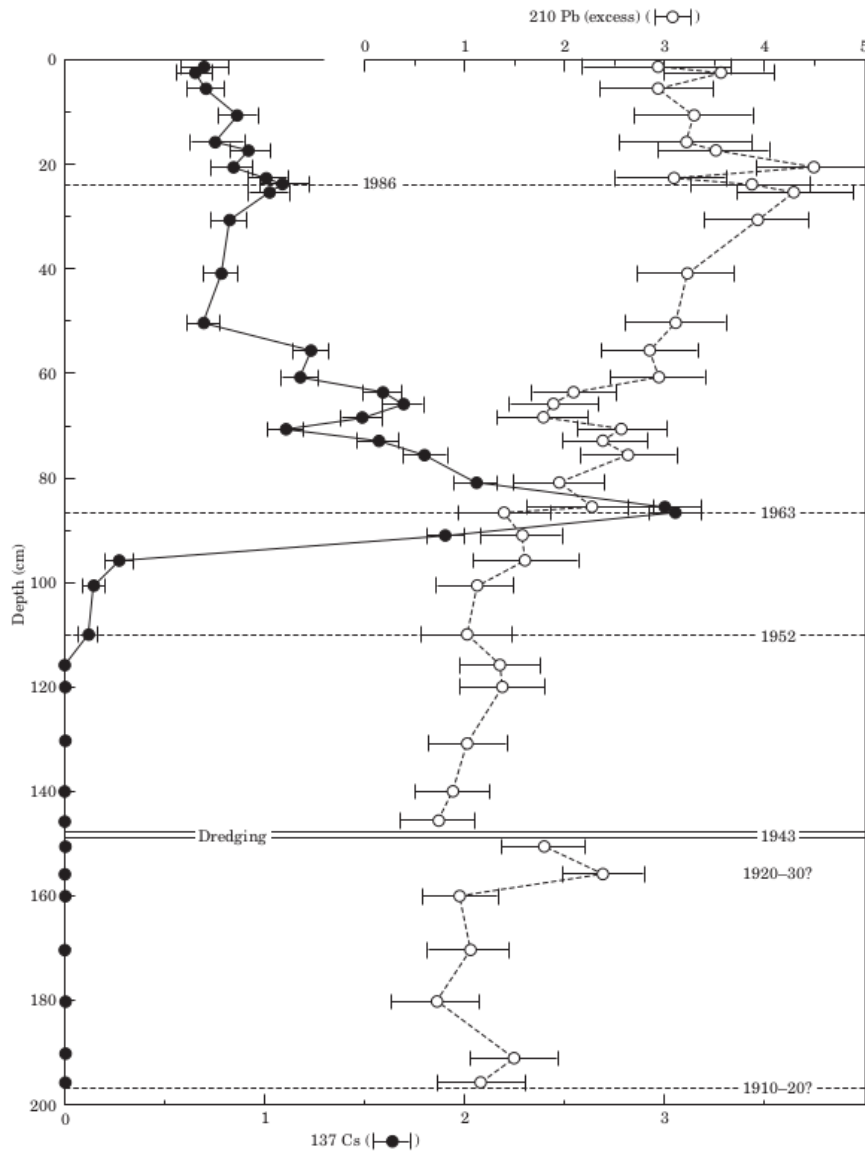


Plateforme

Tube alu de 6m

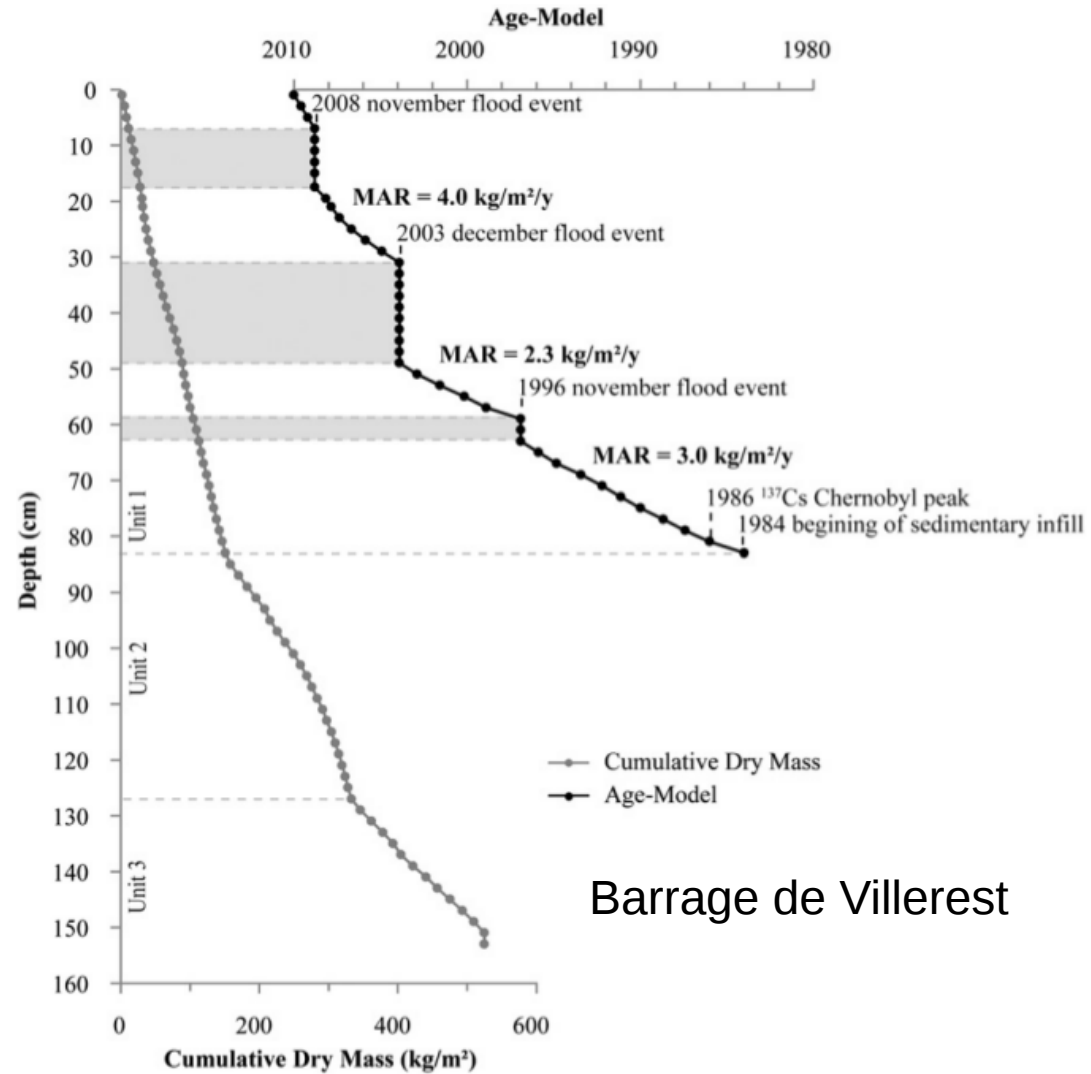
# Le modèle, un point essentiel, mais délicat

Chanceux



Carotte du port de Bordeaux (Grousset, 1999)

Malchanceux



Barrage de Villerest

Granulométrie, minéralogie, observation,  
information hydrologique

(Dhivert et al., 2015)

Pollution industrielle majeure. La datation ne peut être basée sur les mêmes outils



Dépôt de boues sidérurgiques sur les berges de l'Orne, mis à nu lors d'une vidange du barrage- janvier 2017-crédits ZAM-Benoit Losson

# « ... and the winner is ... »

(max/haut)

Aval bassin

Sites Industriels

Site	Type	Length	Period	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Maximum
<b>Loire</b>						
Villerest	Barrage		1980-2010	18/1	150/50	< 1980
Allier	Annexe	1.2	?	4.8/1.7	120/88	1950-1960
Decize	Zone inondable	2.2	1780-2000	1.3/1	88/72	1950
Montjean	Zone inondable	1.2	1900-2009	6/1	130/46	1965
<b>Rhône</b>						
Bléone	Zone inondable	3	1962-2009	0.2/0.16	15/13	pas de max.
Pillet	Zone inondable	4	1960-2000	0.9/0.24	70/31	1960
<b>Seine</b>						
Troyes	Annexe	0.77	1972-2001	1/0.6	90/41	1970
Oise	Zone inondable	1	1916-2003	4/0.7	340/36	1950-1960
Muids	Zone inondable	1	1930-2003	24/2	420/74	1940-1960
Bouaffle	Zone inondable	1	1950-2003	44/2	460/73	1965
Rouen	Harbor	6	1965-2010	43/1.5	325/78	~1965
<b>Gironde</b>						
Marcenac	Barrage	1.3	-	1.4/1.3	68/55	-
Carjac	Barrage	1.3	1950-2001	294/13	1280/111	1986
Temple	Barrage	1	-	180/10	593/75	-
Bordeaux	Harbor	1.97	1910-1997	5.4/0.7	140/53	1965
<b>Orne (Moselle)</b>						
Beth	Barrage	1.3	> 1950	-	3500/~0	-

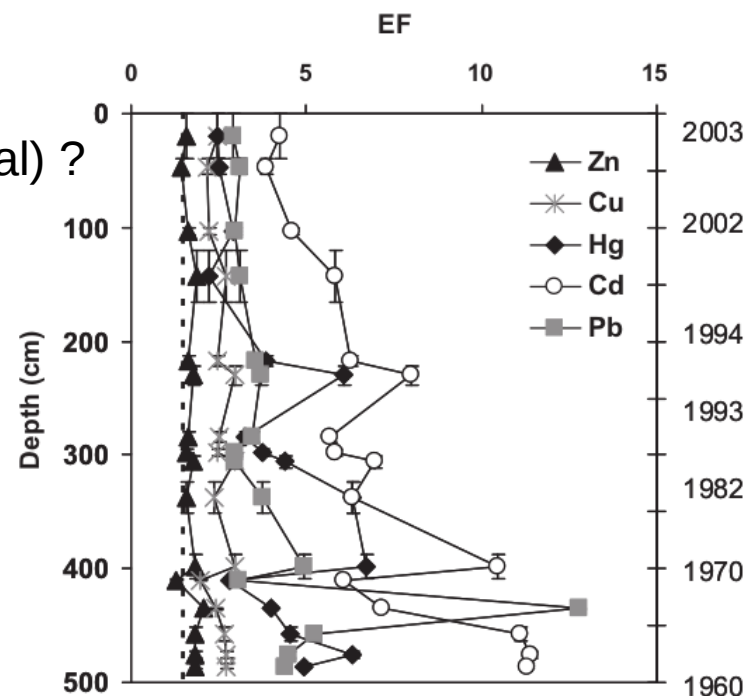
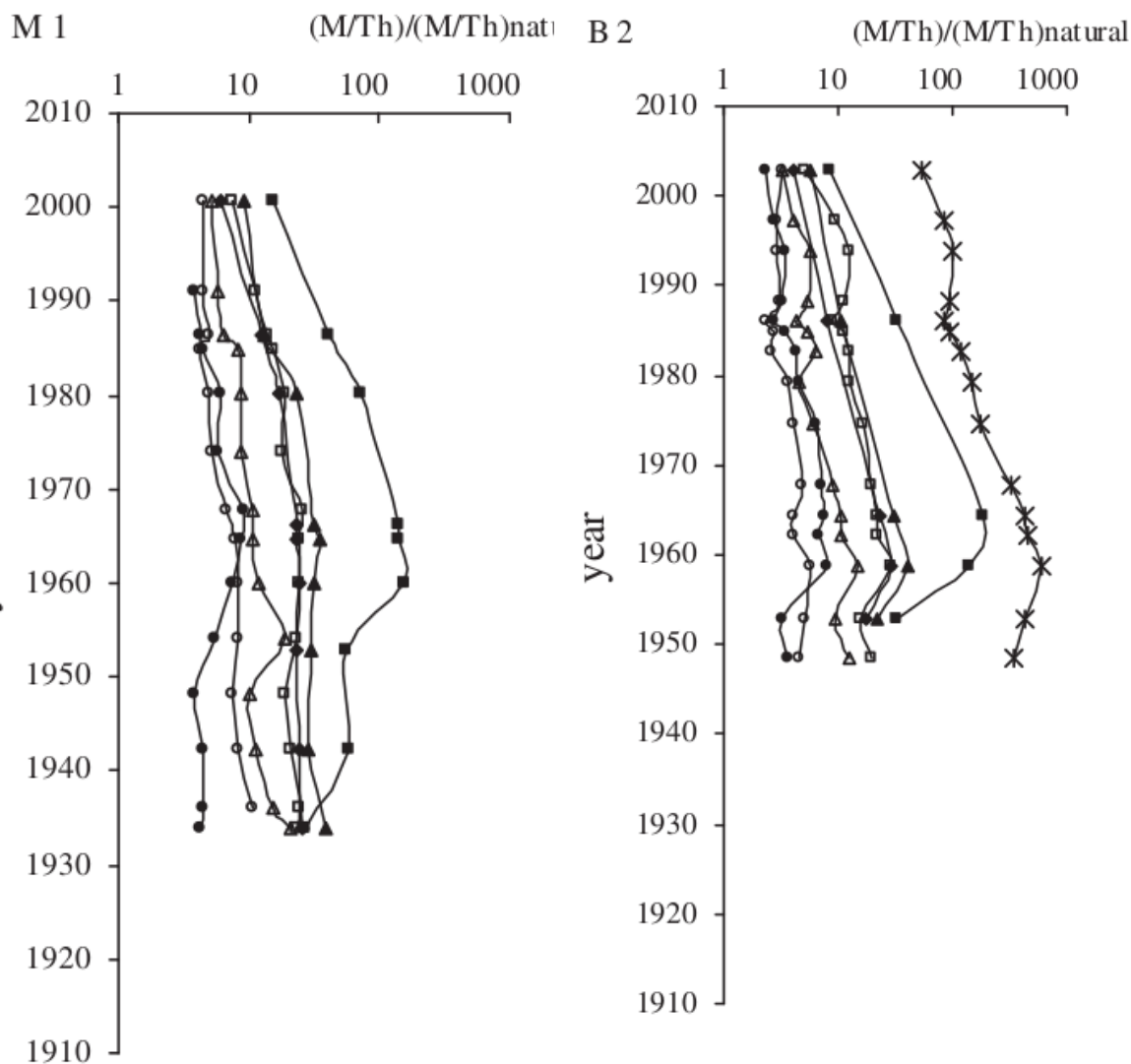
# Comparison entre bassins

Utiliser des facteurs d'enrichissement pour de meilleures comparaisons

=> mais analyser la fraction <63 μm seulement

=> question sur la référence de normalisation (local ou global) ?

=> quelle normalisation pour les organiques ?



Bas Rhone  
(Ferrand et al., 2012)

- ◆ Pb
- Cd
- ▲ Cu
- Zn
- Cr
- As
- △ Sb
- \* Hg

Seine  
Deux carottes distantes de qq km  
(Le Cloarec et al., 2011)

# HAP et PCB

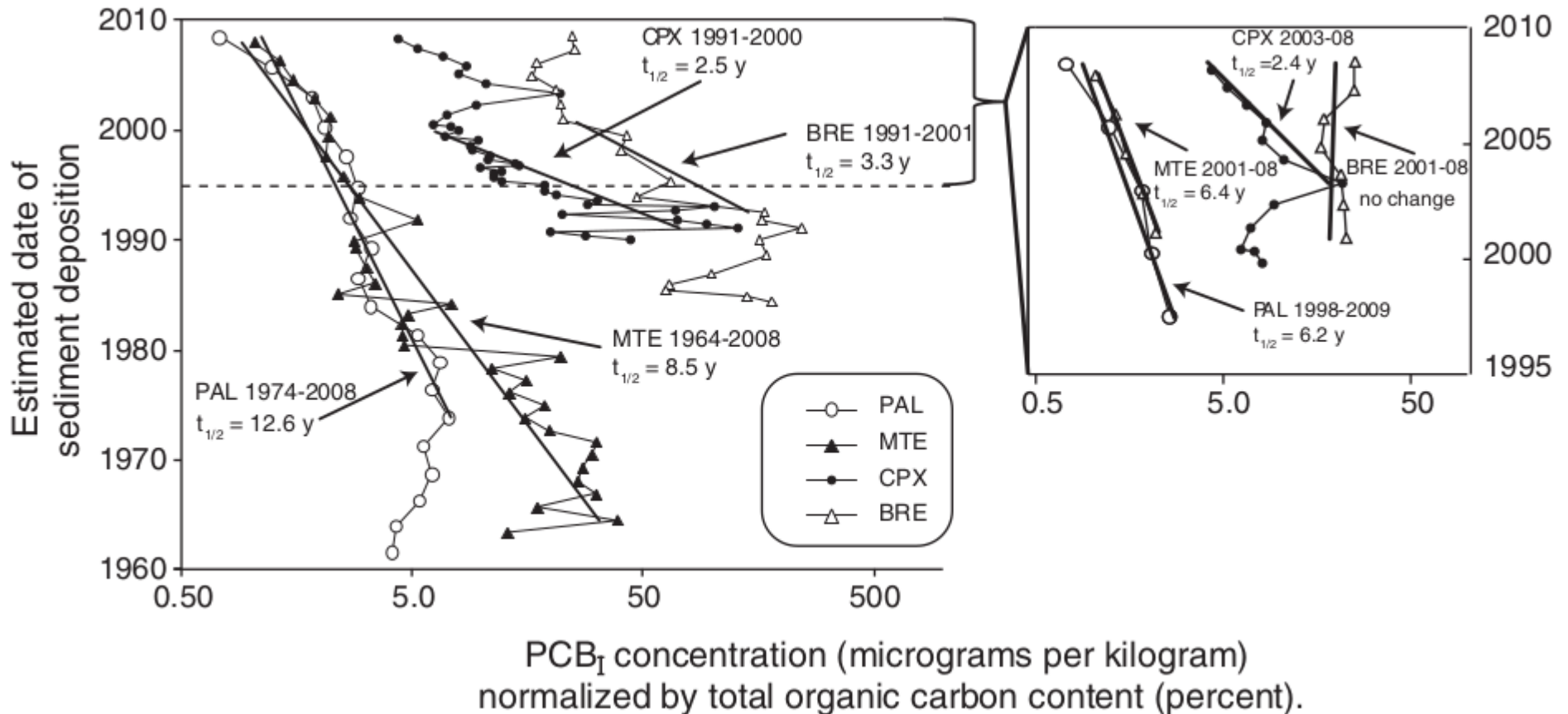
(max/haut)

Site	Type	Long.	Période	HAP (ppm)	Date	PCB (ppm)	Date
<b>Loire</b>							
Villerest	Barrage		1980-2010	13/6	< 1980	1,4/0,4	2008
Patache	Annexe					1/0,3	
<b>Rhône</b>							
ETL	Annexe	1,23	1980-2010			0,01/0,004	1995
MTE	Annexe	0,66	1965-2008			0,08/0,002	1970
GDL	Annexe	0,53	1980-2010			0,16/0,01	2005
CPX	Darse	0,94	1990-2010			0,1/0,01	1995
TBR	Annexe	1,24	1992-2010			0,13/0,02	2008
BRE	Annexe	1,48	1982-2009			0,3/0,05	1990
ARS	Darse	1,36	1976-2010			0,3/0,01	1976
GEC	Annexe	0,99	1987-2011			0,4/0,02	1992
<b>Seine</b>							
Bouaffles*	Zone inondable	1	1930-2003	90/5	1955	2,5/0,2	1965
Rouen	Darse	6	1965-2010	25/7	1965	3,5/0,1	1970

\*15 PCB

# Echelle de temps de la récupération

- => Les demi-vies de la contamination des particules qui sédimentent
- => Fuite anthropique, circulation des particules, dégradation

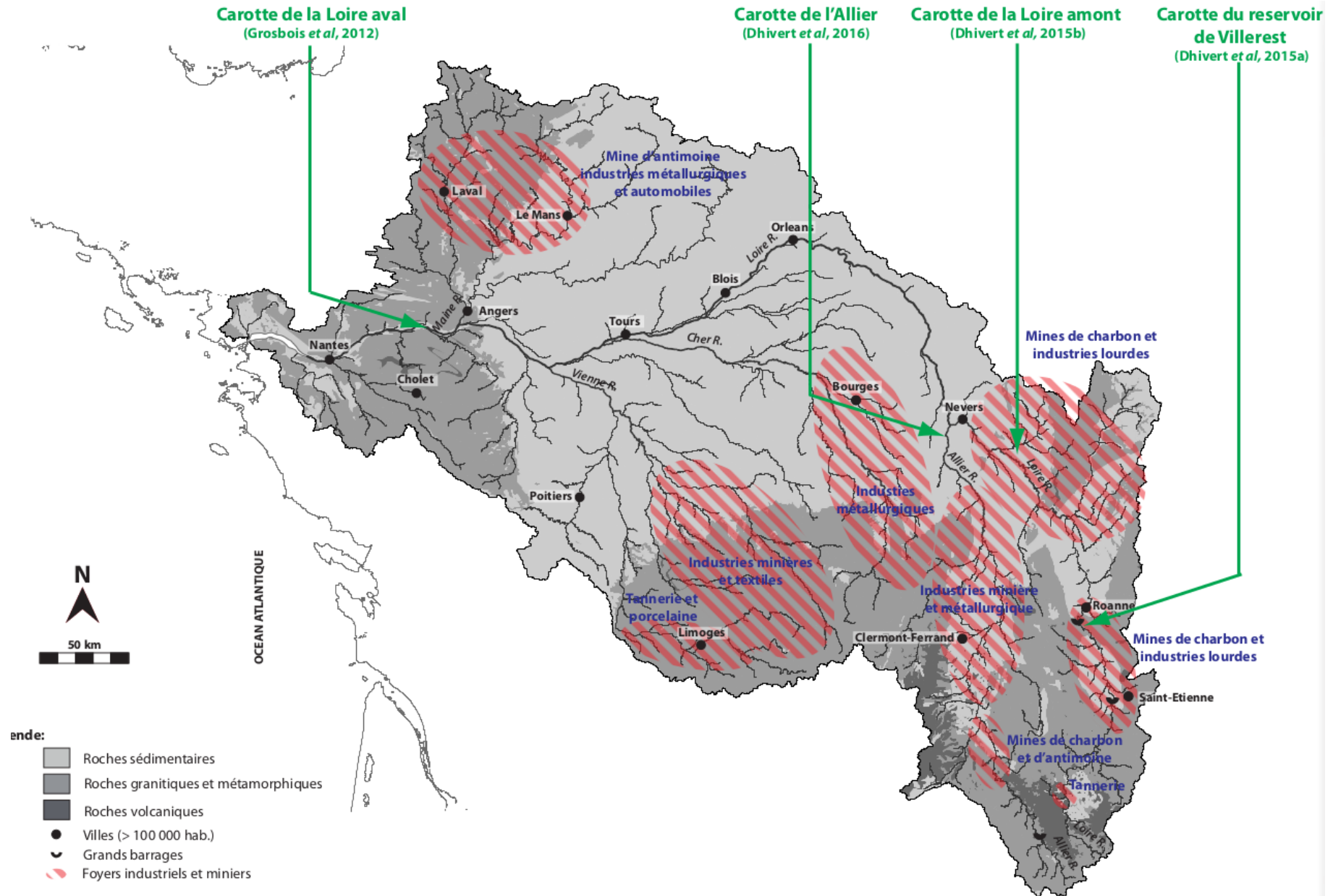


(Desmet et al., 2012)

Une autre définition de la récupération dans le cas des sites industriels contaminés (Riou-Mort, Fensch/Orne)

# Evaluation des transferts de sédiments

Où et quand trouvons-nous une pollution de quelle origine ?  
Signatures géochimiques

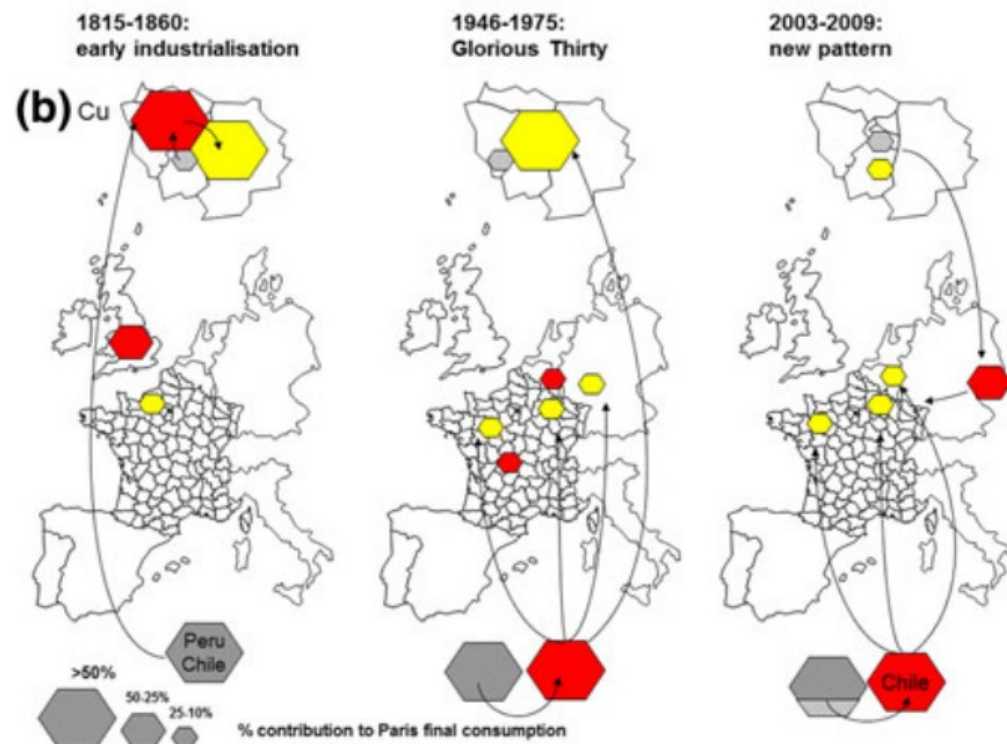
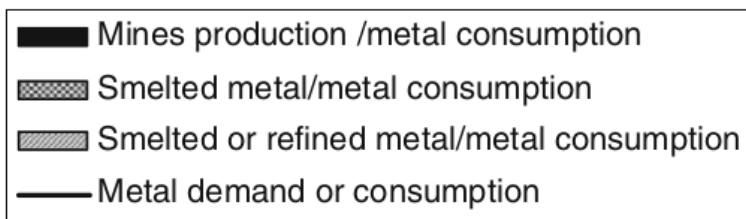
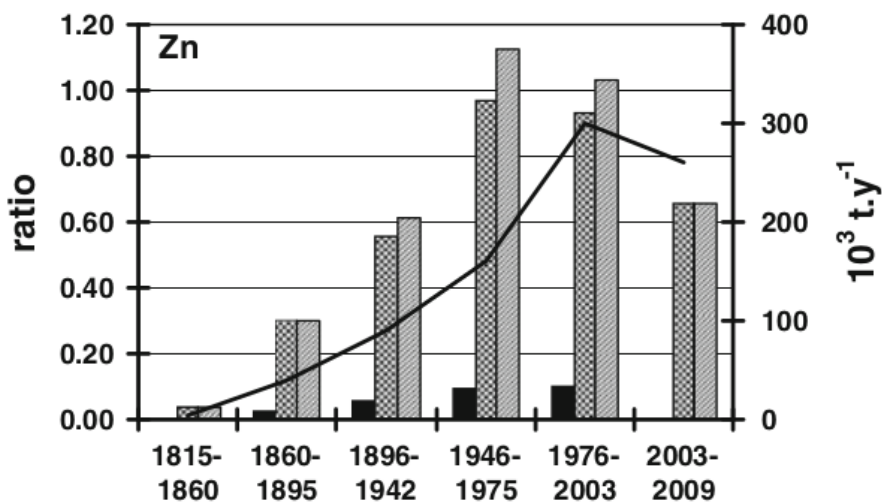
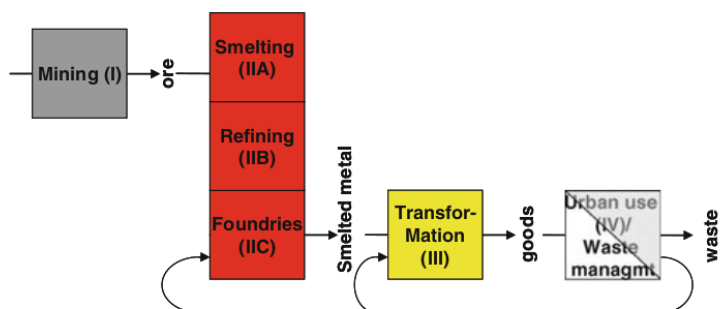


# Connecter les flux de contaminants à la sphère anthropique

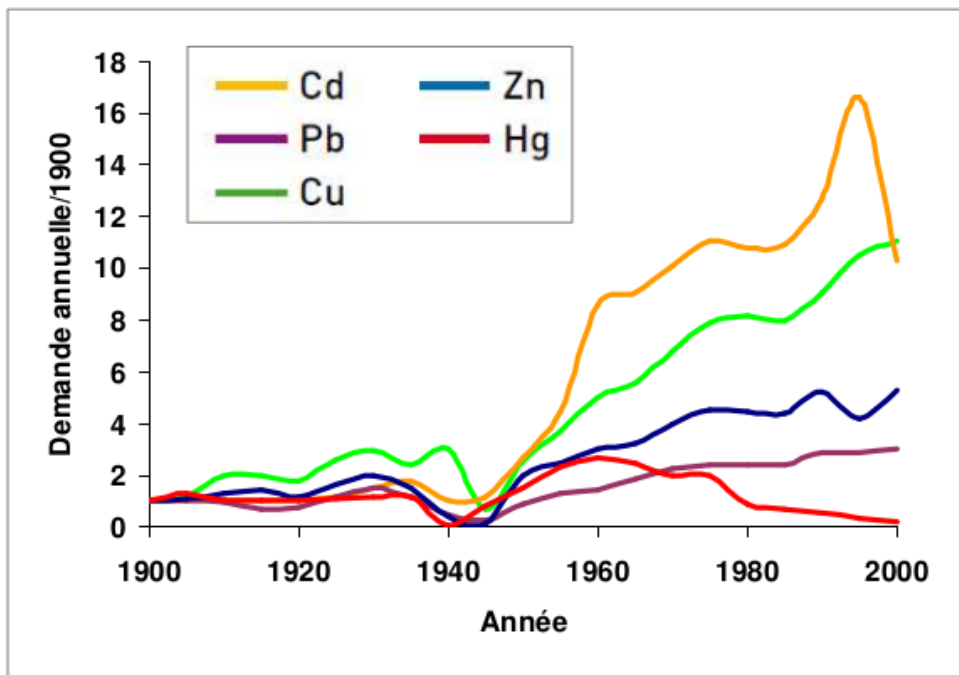
=> comparer à la population des bassins, au PIB...

=> aux activités industrielles et minières,

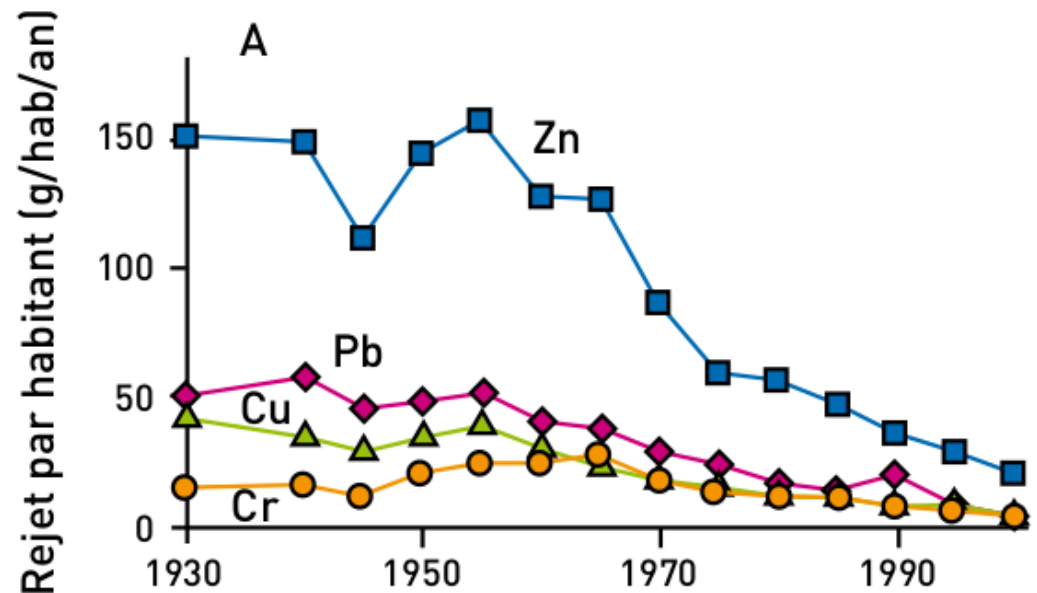
=> aux dans l'anthrosphère (quel pourcentage fuit dans la rivière ?)



Une estimation de la consommation annuelle de métaux (Lestel, 2012)

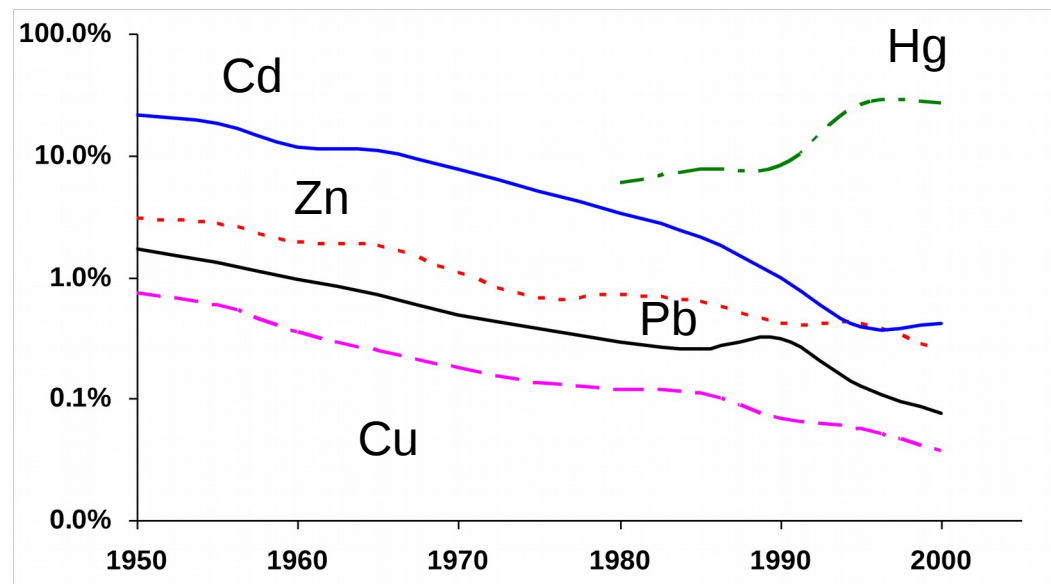


Consommation de métaux



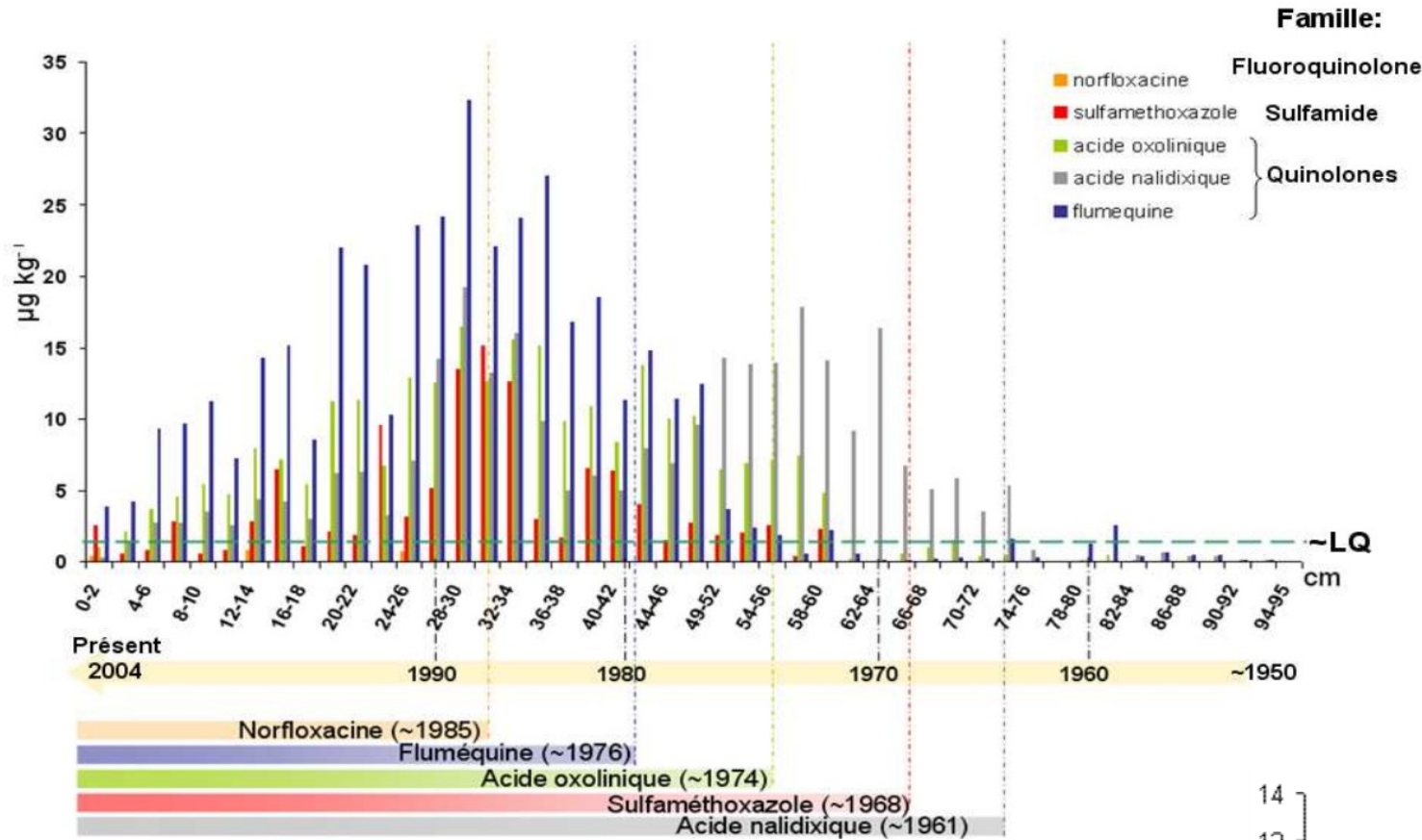
Flux de métaux

Taux de fuites pour le bassin de la Seine



# Antibiotiques

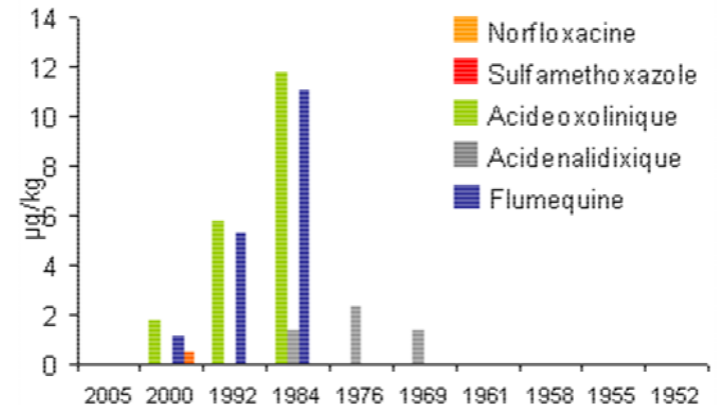
Les consommations devraient être disponibles, santé humaine, vétérinaire ?



Bouaffles,  
basse Seine

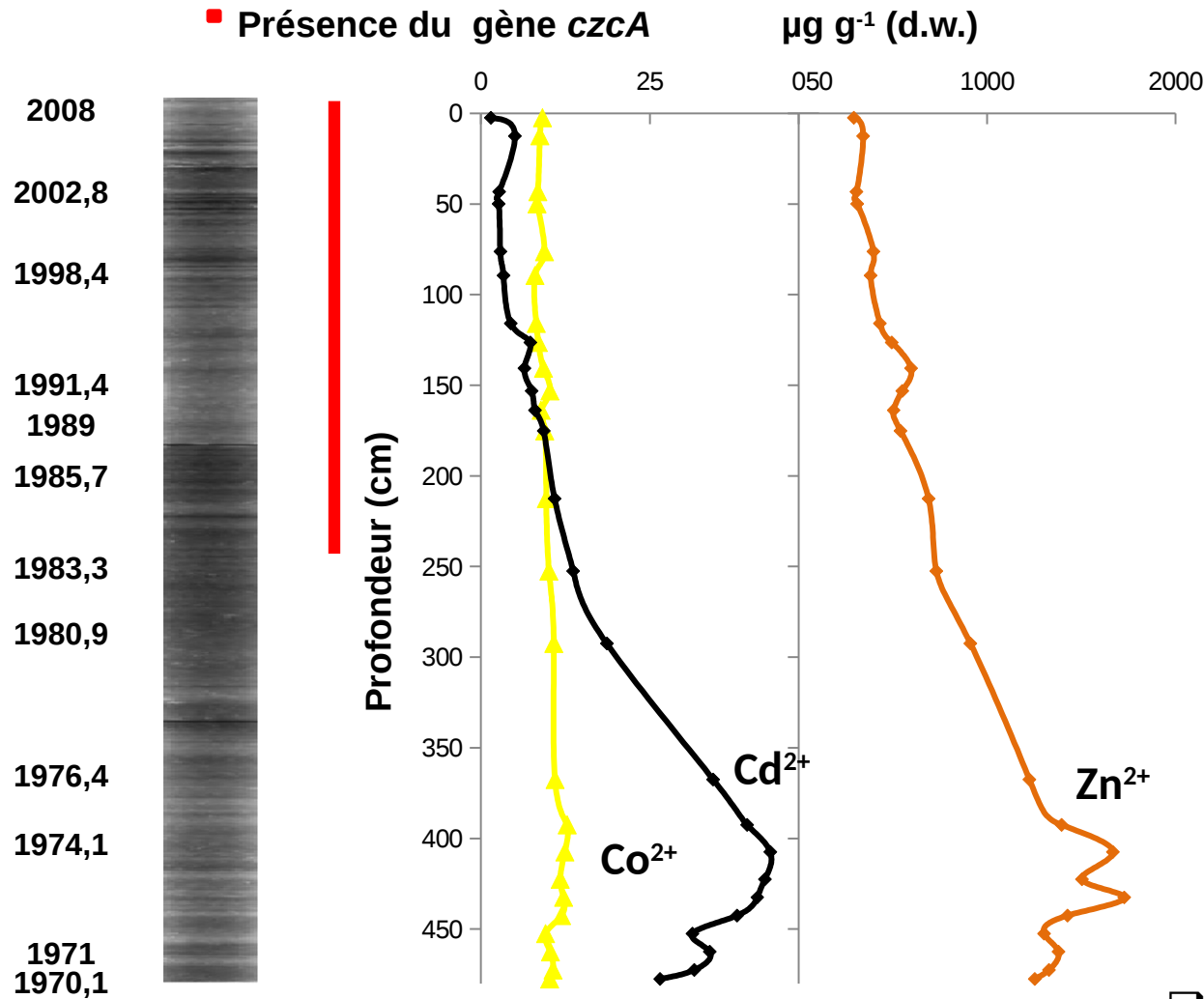
Barrage de Pannecières,  
amont

Antibiotiques utilisés en  
pisciculture

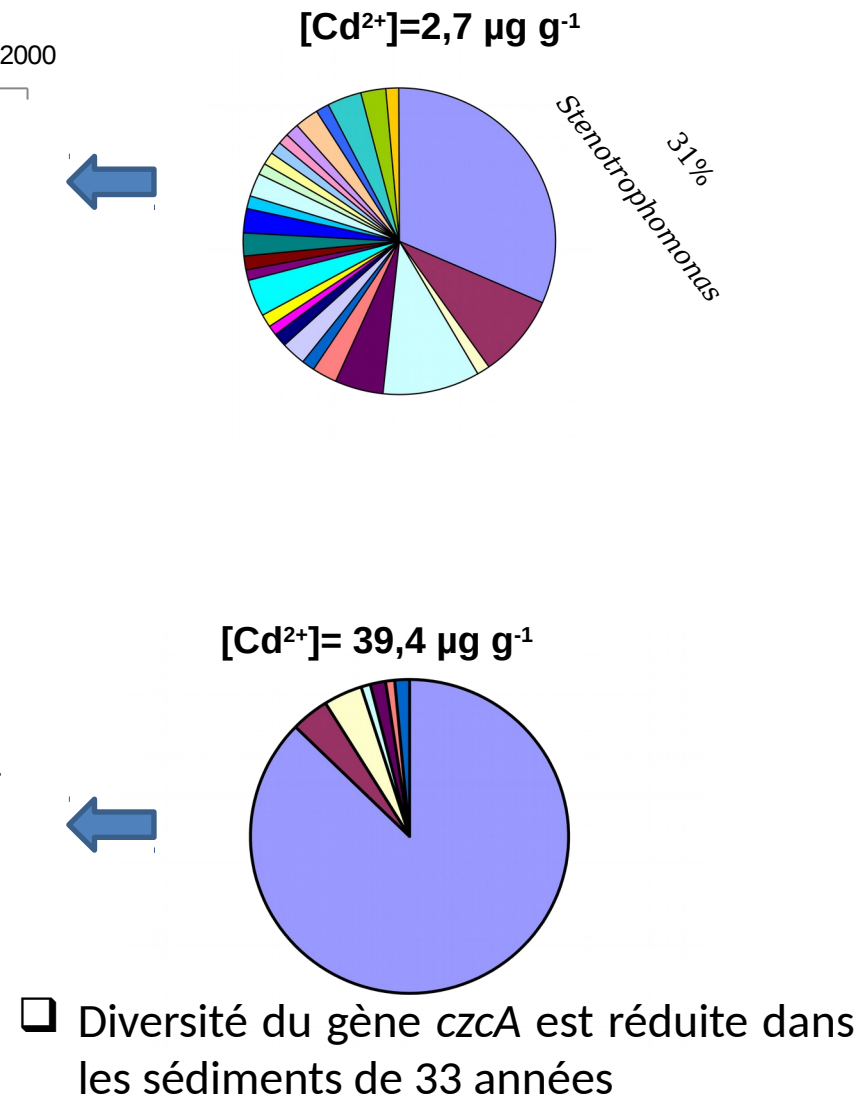


# Occurrence et diversité des gènes conférant la résistance au cadmium

## Détection moléculaire des gènes *cadA* et *czcA*



## Diversité du gène *czcA*



□ Absence du gène *cadA* mais détection du gène *czcA* le long de la carotte sédimentaire

## **Le travail se poursuit dans chacune des zones ateliers**

=> compléter des analyses (organiques, isotopes, métaux)

=> quelques nouvelles carottes prévues

=> microbiologie environnementale, écotoxicologie

=> émissions historiques

## **Un nouveau projet inter-ZA (INTERPOL)**

financé par l'AFB/ONEMA pour évaluer la méthodologie et dégager les tendances :

=> synthétiser toutes les données, recensement complémentaire

=> réfléchir aux conditions d'acquisition, aux méthodes d'interprétation

- quelle relation entre les sédiments déposés et transportés
- quelle représentativité des sites, actuelle et historique
- quel accompagnement (géophysique) du carottage
- quelle normalisation, choix de la référence
- expertise sur la constitution des modèles d'âge

A large number of people involved (non exhaustive list !)

Marc Babut, Thierry Winiarski, G. Roux, Frédérique Eyrolle-Boyer, H. Lepage, E. Ferrand

Marc Desmet, Alexandra Courtin-Nomade, Elie Dhivert

Fabienne Petit, Thierry Berthe, Dominique Boust, Patrick Lesueur, Anne Vrel, Philippe Bonté, Irène Lefèvre et Marie-Françoise Le Cloarec, R. Moilleron, J Gaspéri, B Tassin, Fatima Tamtam, M. Chevreuil, Joëlle Eurin, Babara Le Bot, Olivier Evrard, Michel Meybeck

Jorg Schäfer, Gérard Blanc, G. Morelli, L. Belluci, Stéphane Audry, Sabine Schmidt, H. Derriennic, Francis Grousset, Pierre Labadie

Laurence Mansuy Huault, Benoit Losson, Luc Manceau, Catherine Lorgeoux, Christophe Merlin, Patrick Billard, Allan Bauer, Christophe Gauthier, Renaud Gley, Hussein Kanbar, Olivia Bertrand, Valery Collin, Fayez Abuhelou, Hélène Guenet, Christophe Cloquet