

# Qualité des sédiments en Artois- Picardie

Journées connaissance au service de l'action

Emilie PRYGIEL (Cerema Nord-Picardie – site de Saint-Quentin)

## Contexte réglementaire

La DCE (2000) et la Directive fille 2013/39/UE imposent des règles pour le suivi des sédiments :

- Analyse chimique et surveillance de l'état des eaux impliquent plusieurs matrices : eau, sédiment et biote
- Suivi de « **l'évolution à long terme** »
- Surveiller l'évolution des concentrations des substances qui ont tendance à **s'accumuler** dans les sédiments, prendre les mesures nécessaires à ce que les concentrations **n'augmentent pas** de manière significative

Depuis 2008, l'Ineris travaille à la mise en place de NQE sédiment :

=> « protection des organismes benthiques contre une écotoxicité »



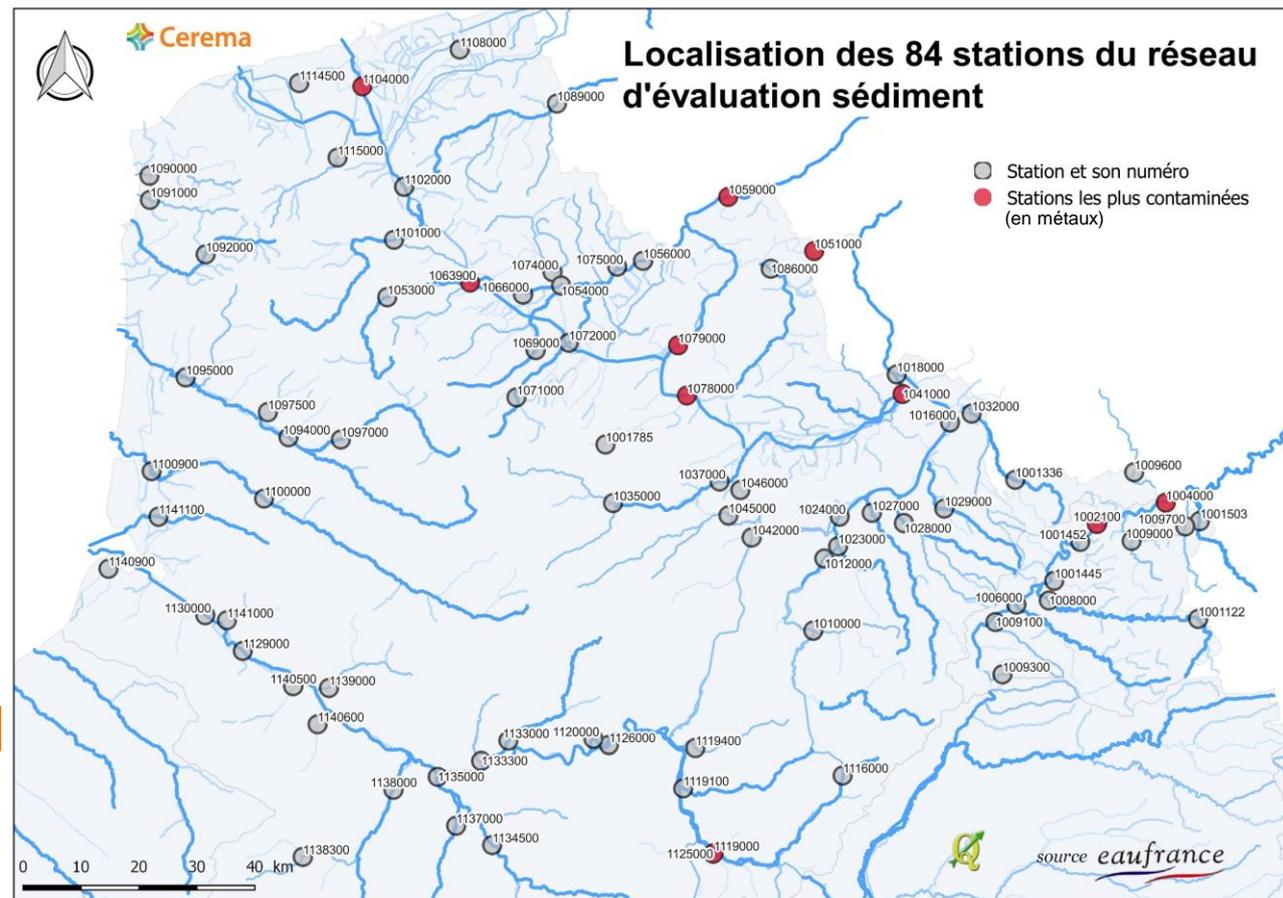
# Suivi sédimentaire du bassin Artois-Picardie

- Suivi sédimentaire en place depuis 1990
- Nombre de paramètres mesurés en augmentation :
  - 13 (1990) => 34 (2000) => plus de 200 en 2015
- Type de paramètres mesurés :
  - Physiques : classes granulométriques
  - Chimiques : inorganiques (métaux, éléments majeurs) et organiques (Corg, PCB, HAP, pesticides, etc.)



## ➔ Exploitation des données sédiments 2016-2017 :

- 84 stations du réseau d'évaluation de la qualité des sédiments,
- Données 2000-2015



# Caractérisation des sédiments : granulométrie



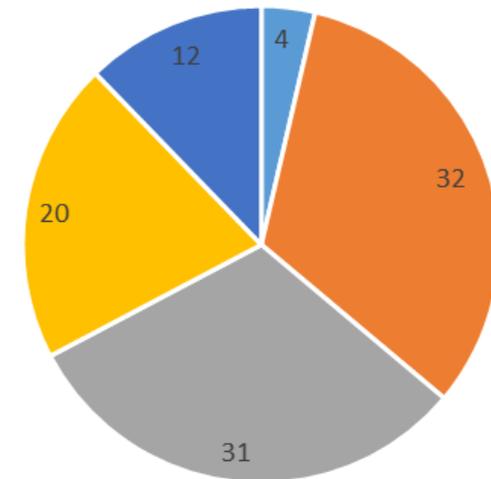
## Quelques caractéristiques du suivi :

- Réalisé à partir de 2007
- Analyses sur sédiment brut jusque 2011, puis sur matières sèches < 2 mm
- Augmentation progressive du nombre de classes granulométriques

## Granulométrie des sédiments du BAP :

- Globalement homogène sur les 84 stations
- Répartition homogène d'une année sur l'autre
- Sédiments globalement fins : majorité de limons (< 63  $\mu\text{m}$ )

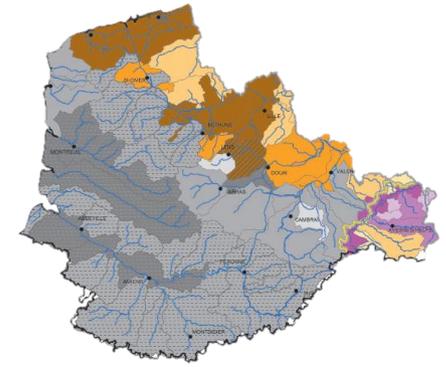
Répartition granulométrique des sédiments en 2015 (%)



■ <2  $\mu\text{m}$  ■ 2-20  $\mu\text{m}$  ■ 20-63  $\mu\text{m}$  ■ 63-200  $\mu\text{m}$  ■ 200-2000  $\mu\text{m}$

## Caractérisation des sédiments : Al et Fe

- Plusieurs éléments « conservatifs » mesurés dans les sédiments : Al et Fe représentatifs du fond géochimique
- Chroniques incomplètes : Al (5 années) et Fe (9 années)

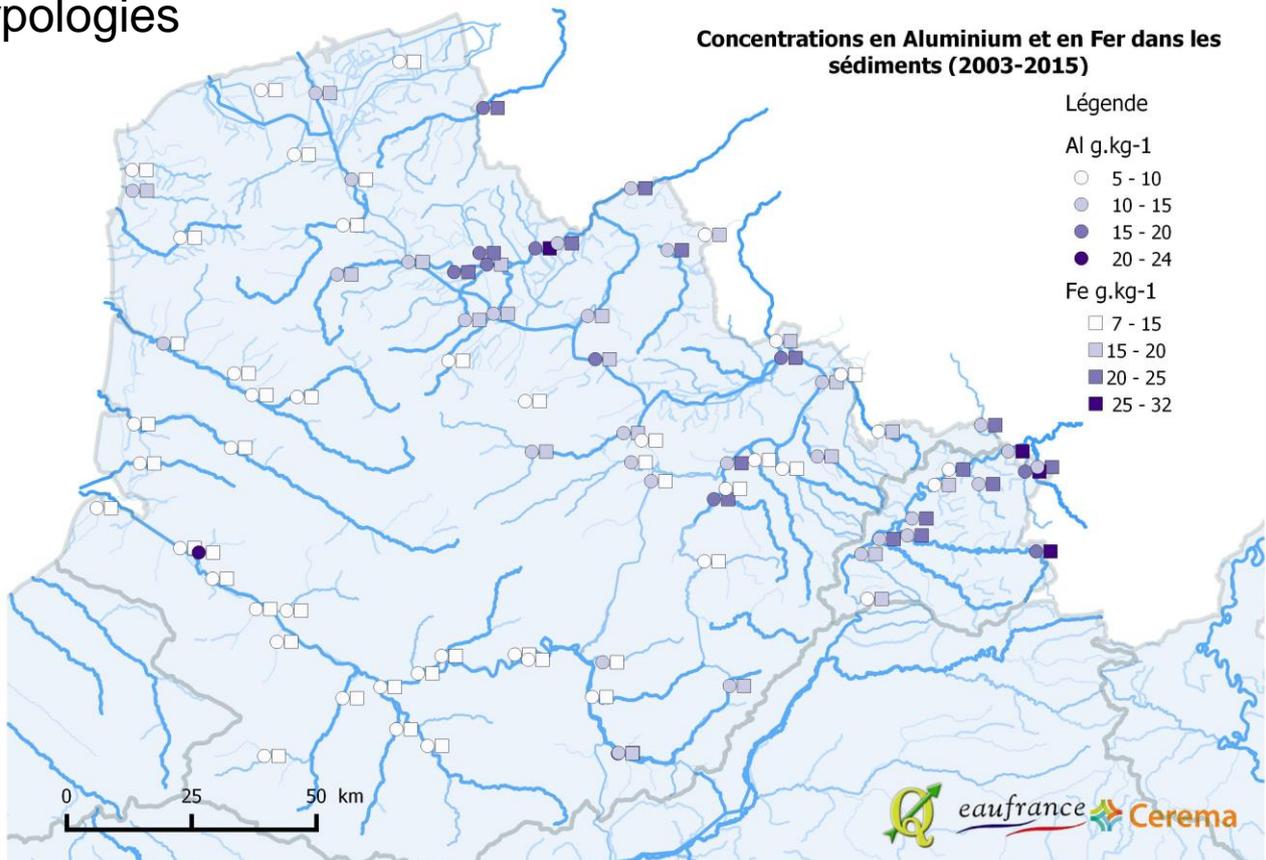


### Dans les sédiments du bassin :

Al et Fe non homogènes selon les stations  
=> éléments représentatifs des typologies  
du bassin

Importance de ces éléments  
pour normaliser les métaux par  
ex.

Al : pas assez de données  
=> utilisation du fer



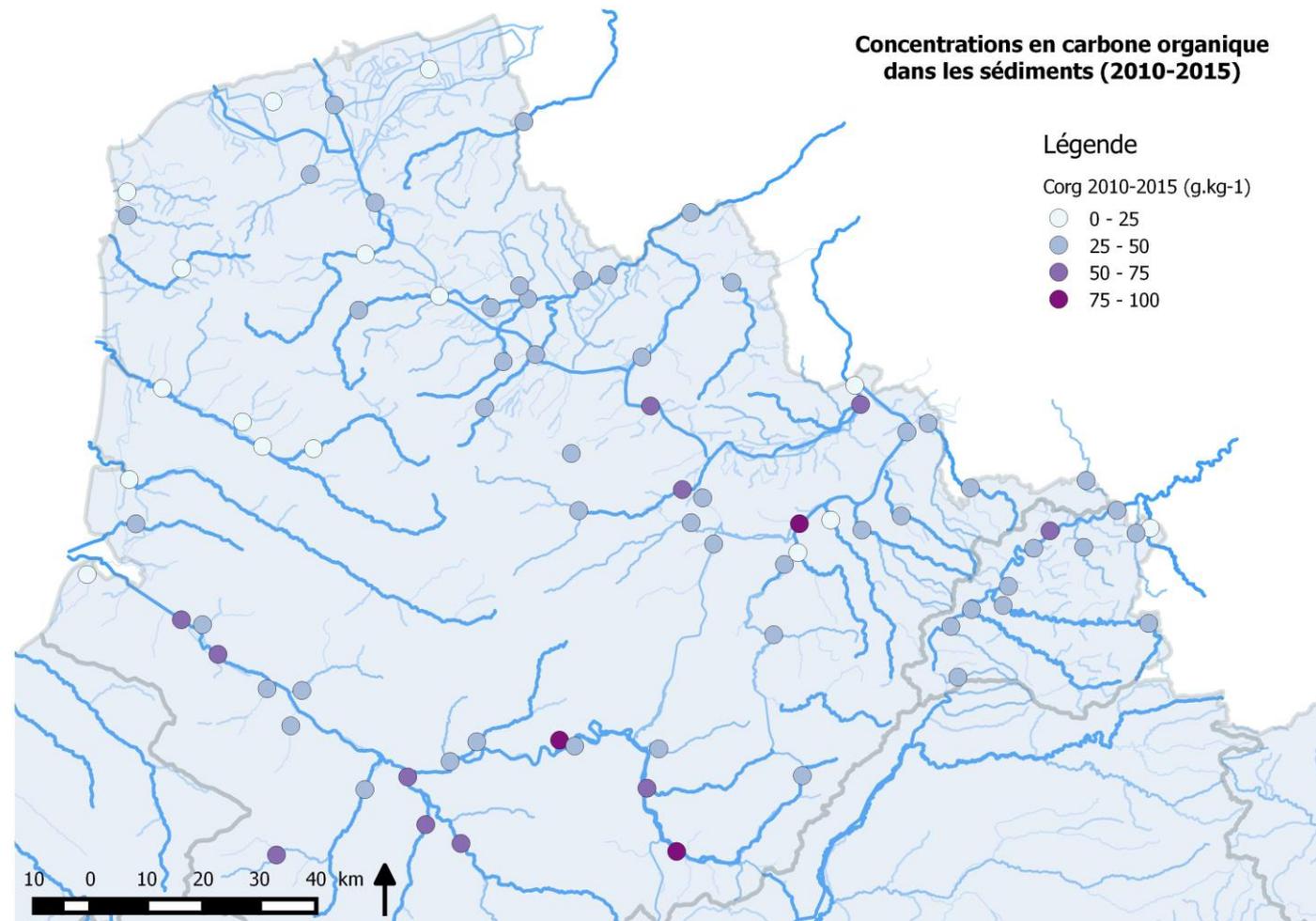
## Caractérisation des sédiments : carbone organique

- Mesuré sous plusieurs formes : COT, MOV, perte au feu
- COT : mesuré dans les sédiments depuis 2010

### Dans les sédiments du bassin :

- [COT] globalement homogènes par station sur 2010-2015
- Forte hétérogénéité entre les stations

- Paramètre utilisé pour normaliser les substances organiques,
- Suivi ici trop court pour établir des tendances temporelles

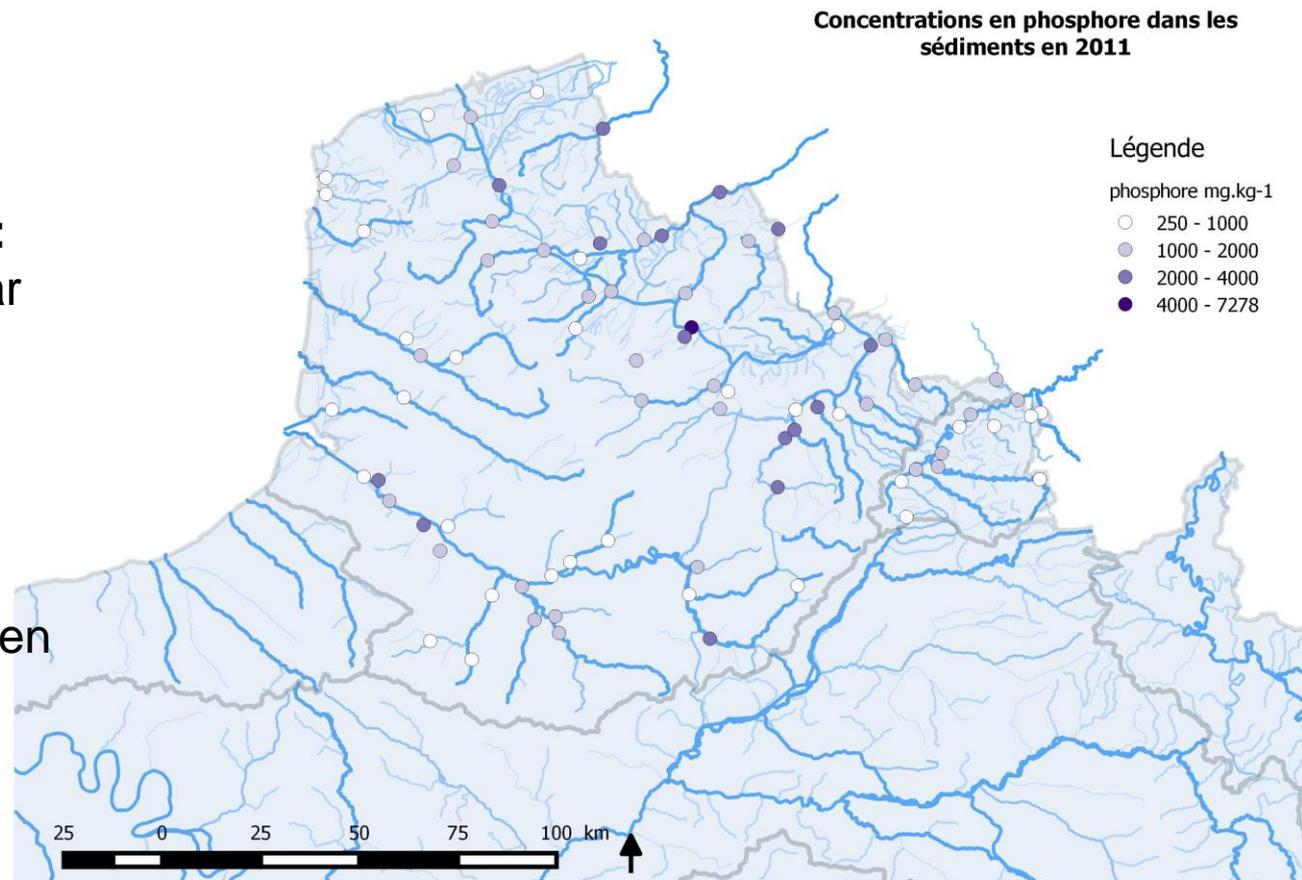


## Concentrations en phosphore sédimentaire

- Mesuré uniquement en 2011 (57 stations) et 2012 (80 stations)

### Dans les sédiments du bassin :

- Concentrations homogènes par stations sur les 2 ans
- Stations de référence :  
[P] = 900 mg.kg<sup>-1</sup>
- Valeurs les + fortes mesurées en canaux [P] > 2000 mg.kg<sup>-1</sup>



=> Faire le lien avec les données eau de surface

## Concentrations en métaux dans les sédiments

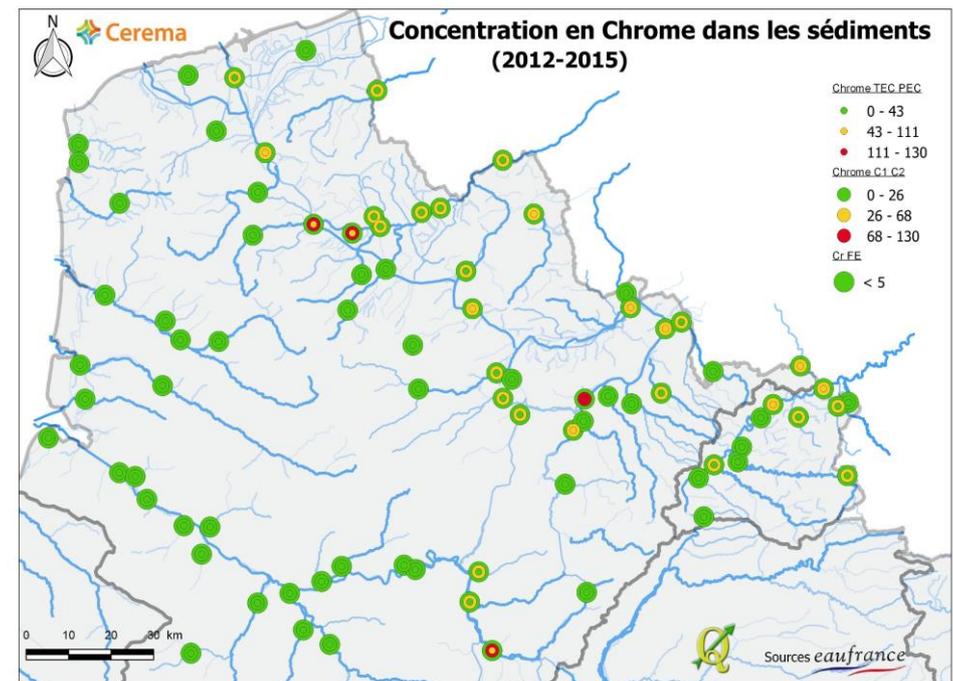
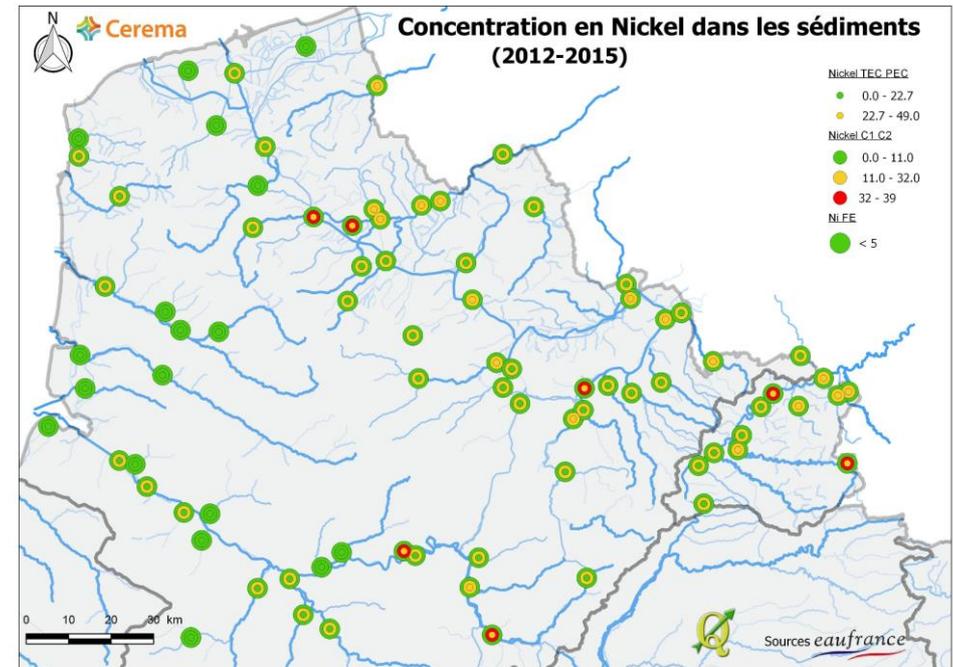
### A quoi comparer les teneurs mesurées dans les sédiments?

- **SEQ eau** (2003) : plus utilisé
- **PNEC** (Ineris) : pas de valeurs sédiments pour toutes les substances **(C)**
- Valeurs consensus actuellement : in **McDonald et al. (2000)**, utilisées à l'échelle internationale. Définition de valeurs de TEC et PEC **(A)**
- **Seuils locaux** :
  - Valeurs seuils définies pour les Flandres belges (De Deckere et al. 2011) **(B)**
  - Utilisation de facteurs d'enrichissements (Sterckeman et al. 2007)

Métrique	Cd	Pb	Zn
<b>A</b> Mc Donald et al. (mg.kg <sup>-1</sup> )	TEC = 0,99 PEC = 4,98	TEC = 35,8 PEC = 128	TEC = 121 PEC = 459
<b>B</b> De Deckere et al. 2011 (mg.kg <sup>-1</sup> )	C1 = 0,93 C2 = 7,8	C1 = 25 C2 = 118	C1 = 146 C2 = 800
<b>C</b> PNEC (Ineris) (mg.kg <sup>-1</sup> PS)	Pas de PNEC sédiment	41	Pas de PNEC sédiment

# Concentrations en métaux dans les sédiments

Métaux non problématiques : As, Ni, Cr

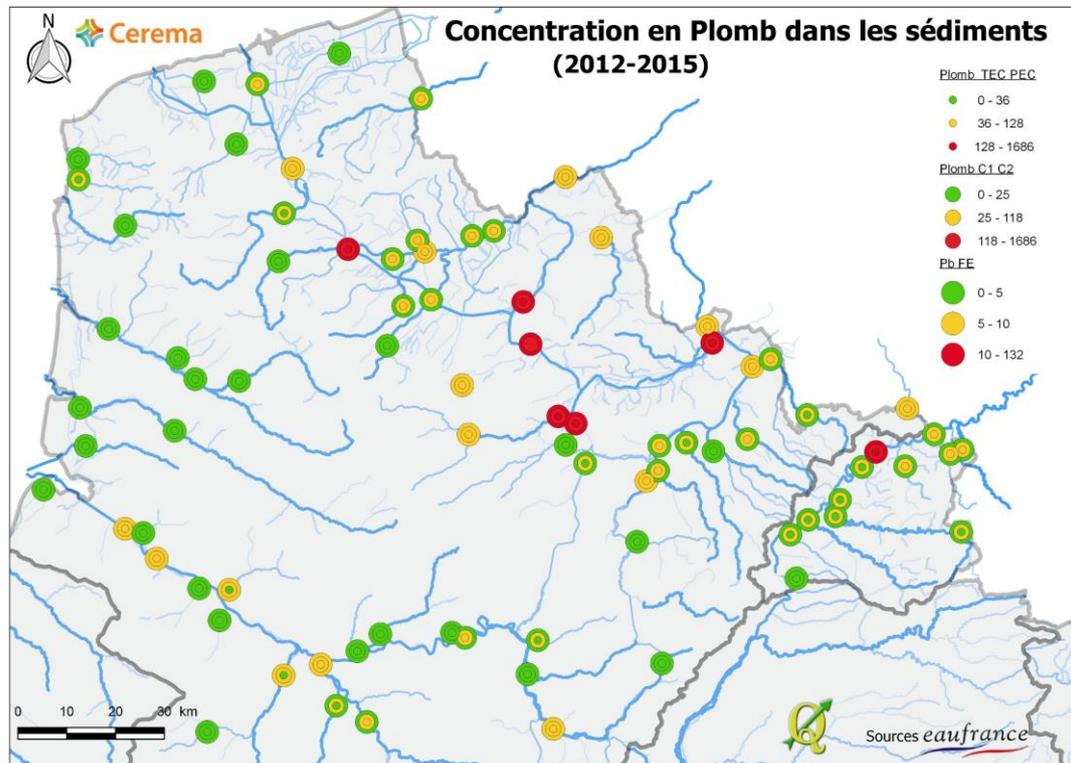
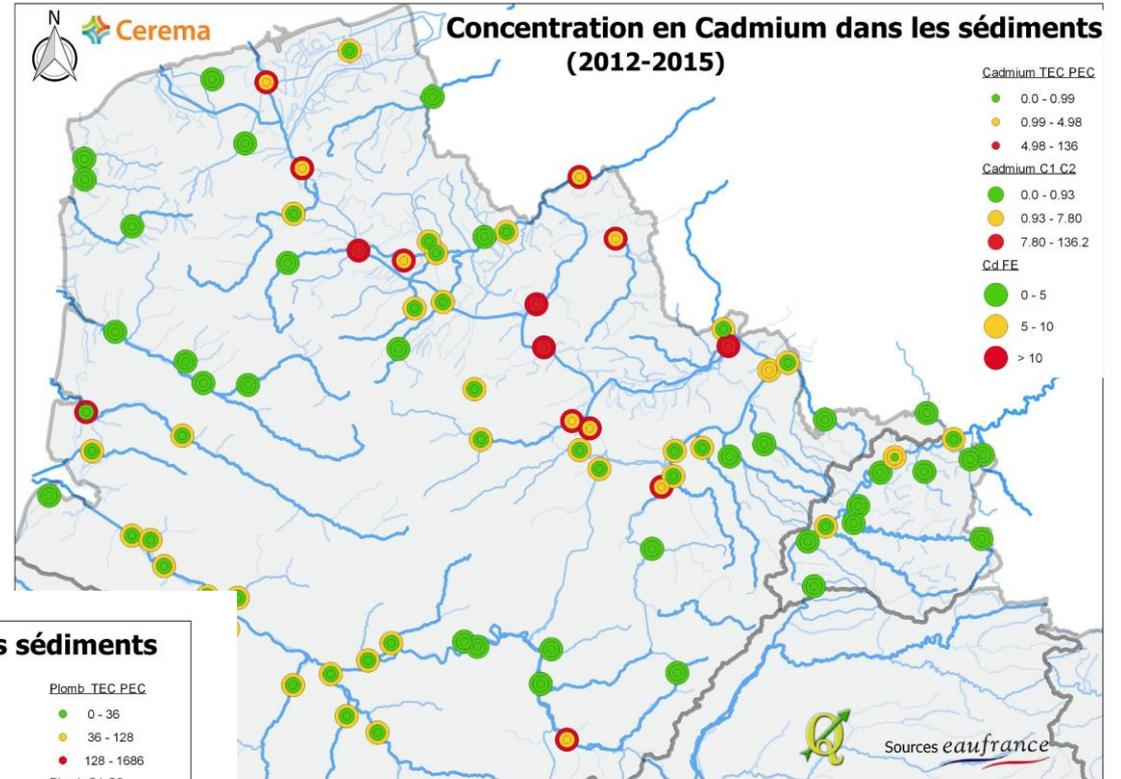


- Quelques hotspots localisés (Flamenne, Sensée rivière, Somme rivière à Offoy)
- Cas de l'Avesnois : importance de normaliser les données

# Concentrations en métaux dans les sédiments

Métaux plus présents : Cd, Hg, Pb, Zn

- Résultats différents selon la métrique utilisée : les seuils C1/C2 (De Deckere) sont plus contraignants que les valeurs de TEC/PEC (McDonald)
- Bassin globalement en bon état sauf quelques spots dans le Nord essentiellement

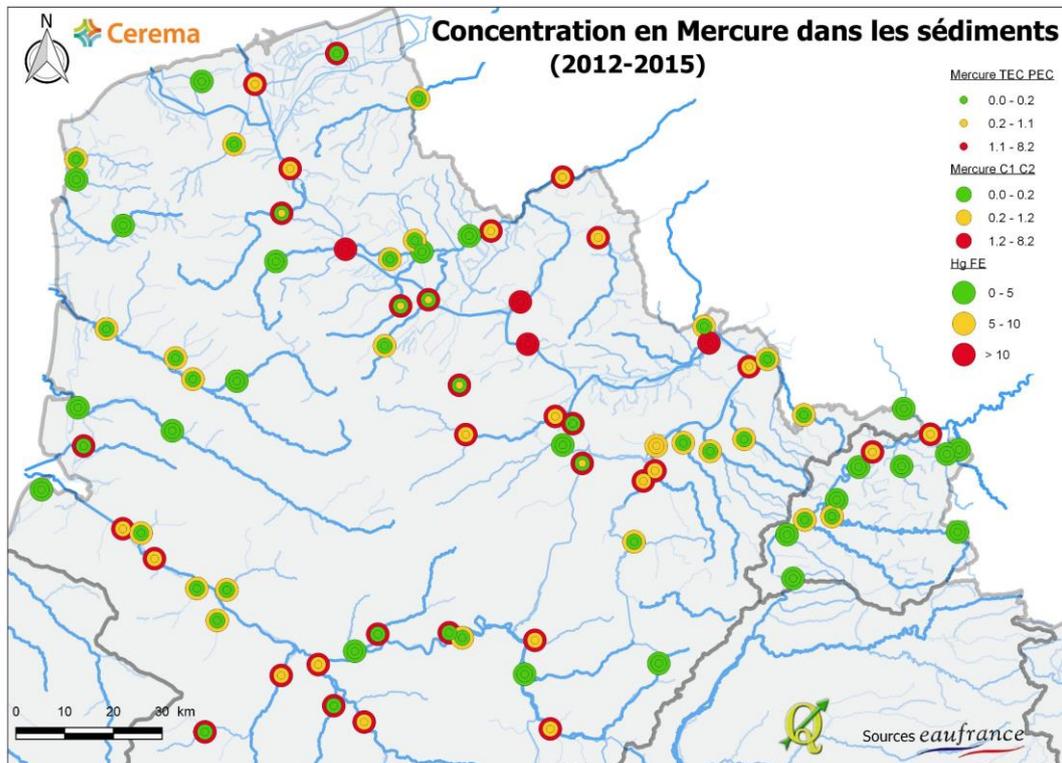
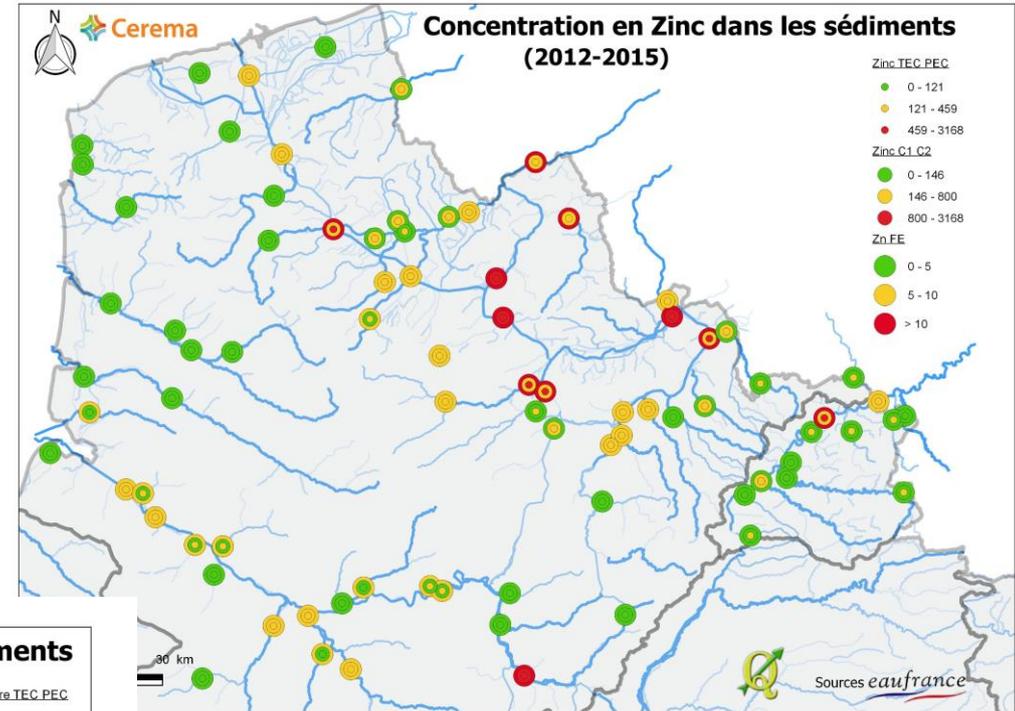


- Forts écarts de concentrations :
  - Cd : 0,10 à 136 mg.kg<sup>-1</sup>
  - Pb : 7 à 1700 mg.kg<sup>-1</sup>
- Stations lourdement contaminées :  
Deûle canalisée à Don et Courrières, Scarpe canal à Nivelles, canal d'Aire à la Bassée, Somme rivière à Offoy

# Concentrations en métaux dans les sédiments

Métaux plus présents : Cd, Hg, Pb, Zn

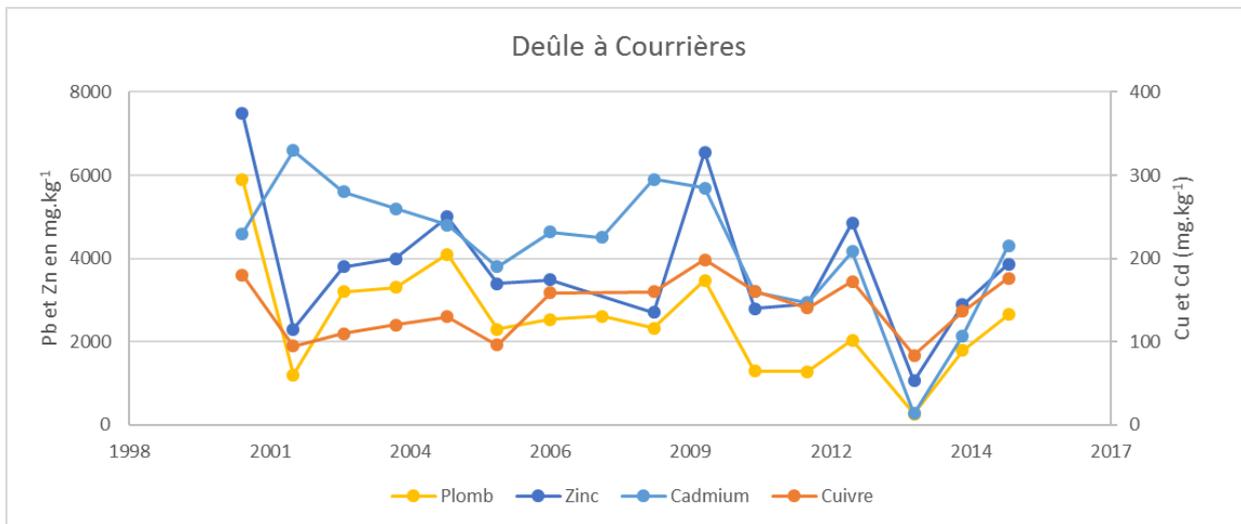
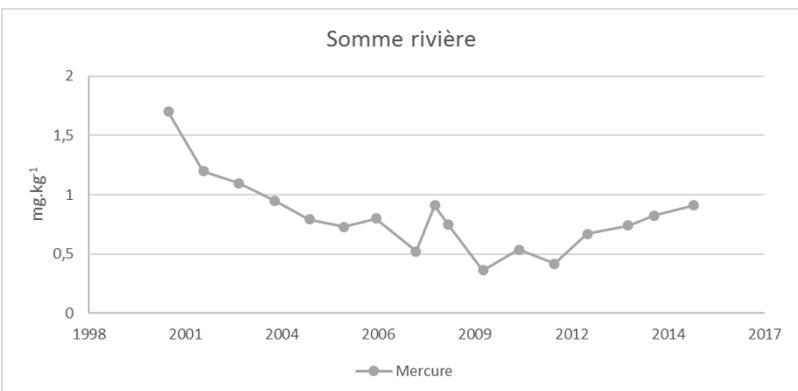
- Toujours les mêmes stations les plus contaminées
- Forts écarts entre stations dans le bassin :
  - Zn : 26 - 3200 mg.kg<sup>-1</sup>
  - Hg : 0,03 – 8 mg.kg<sup>-1</sup>



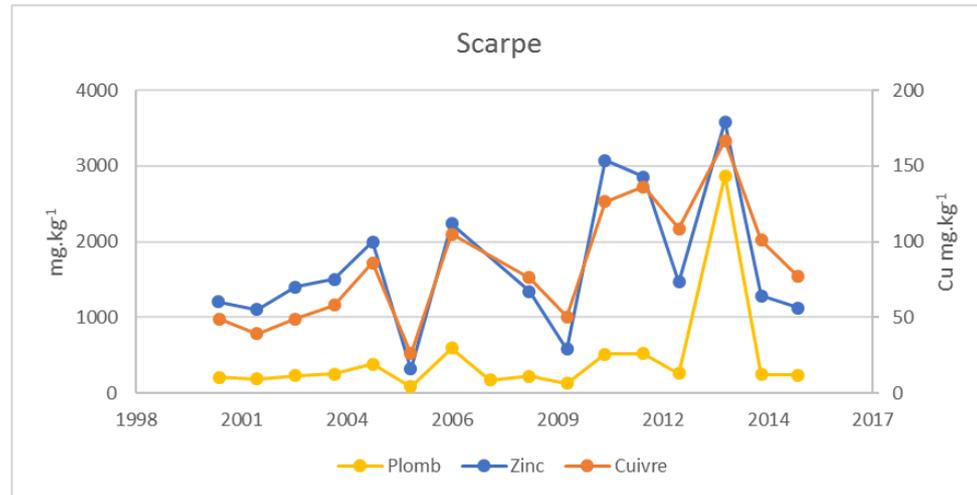
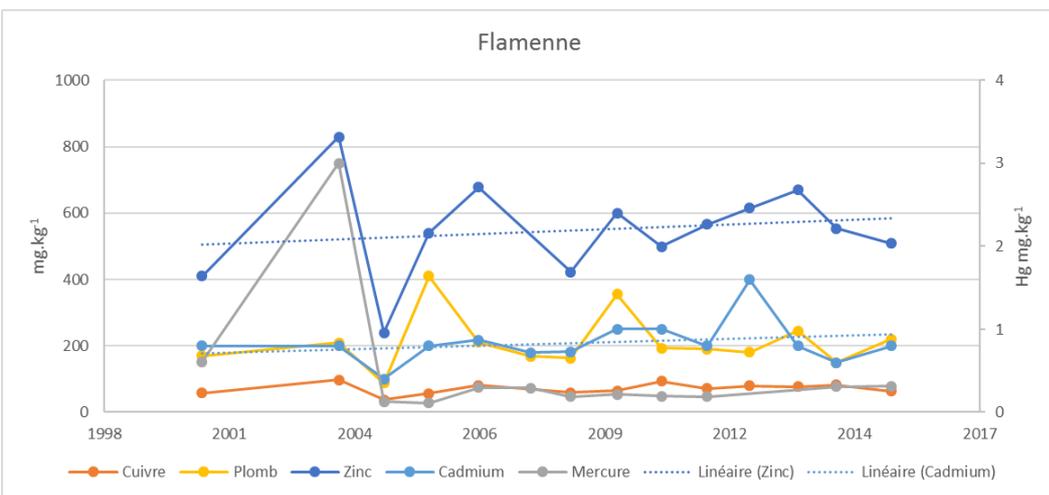
- Hg est l'élément ayant le plus de FE > 10 fois le fond géochimique
- Records pour les stations Deûle à Don et Courrières, Scarpe à Nivelle, Somme à Offoy

# Concentrations en métaux dans les sédiments

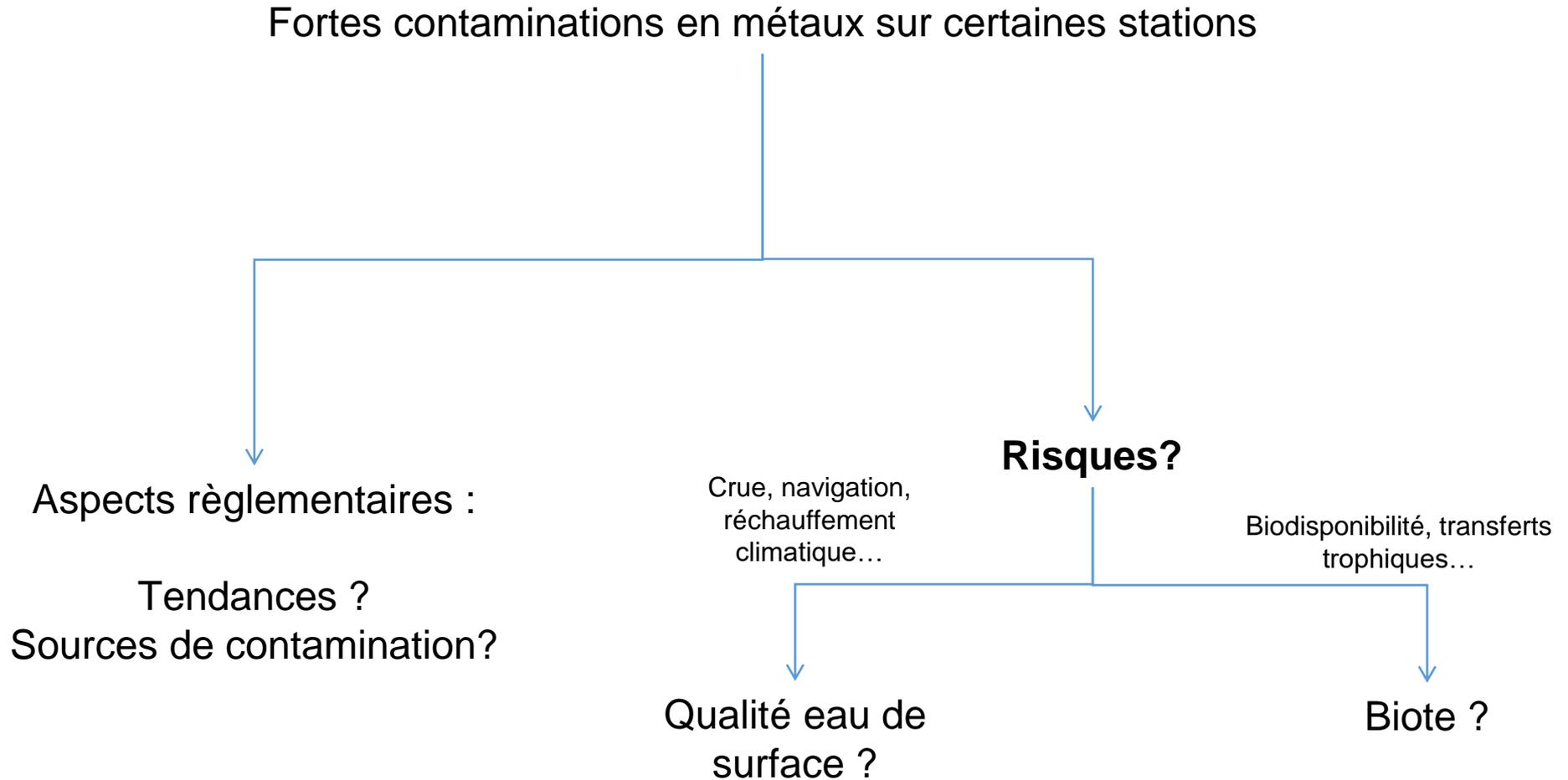
**Evolution** des concentrations pour les stations les plus contaminées ?



=> Certaines stations présentent une **augmentation** récente des teneurs en métaux dans les sédiments



# Concentrations en métaux dans les sédiments



=> Exemple de la Deûle à Courrières

# Une contamination remobilisable et biodisponible?

=> Mise en place de techniques spécifiques pour étudier le comportement des métaux dans les sédiments (Etudes Lille1-AEAP)



Minéralisations

## Phase sédimentaire :

- Extractions ETM : totale/séquentielle/SEM
- Phases sulfurées réduites (AVS/CRS)
- Extraction séquentielle de P

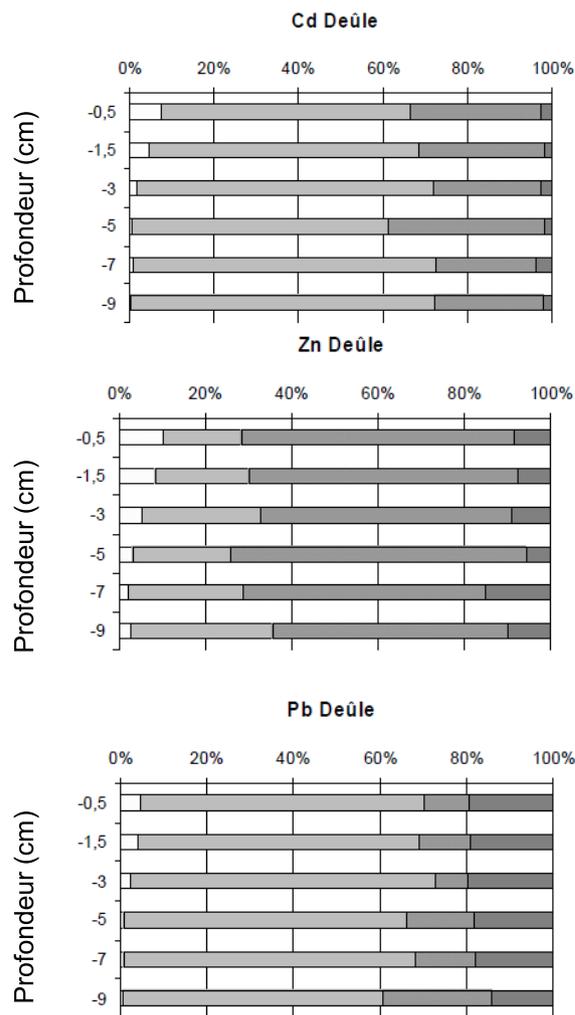
## Eaux interstitielles :

- Ions ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ )
- ETM (Pb, Zn, Cd, Cu...)

Carottage sédimentaire → Découpe centimétrique → Analyses des sédiments

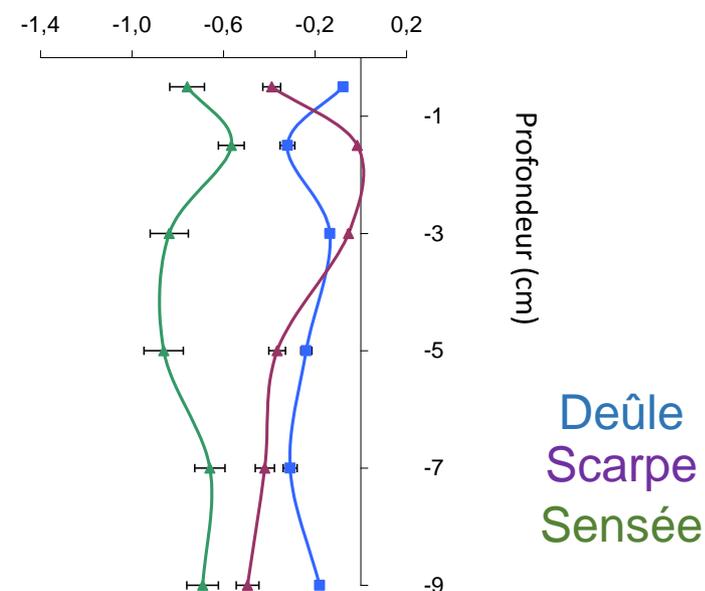
# Une contamination remobilisable et biodisponible?

## Extraction séquentielle sur métaux



## Calculs d'indices de toxicité chimique

Log IT (SEM/AVS) :



IT > 0 : sédiment toxique  
IT < 0 : sédiment non toxique

=> Cas de la **Deûle** : sédiments très contaminés, mais charge polluante globalement bien contenue dans les sédiments

Prygiel, 2013

□ Fraction 1 ■ Fraction 2 ■ Fraction 3 ■ Fraction 4

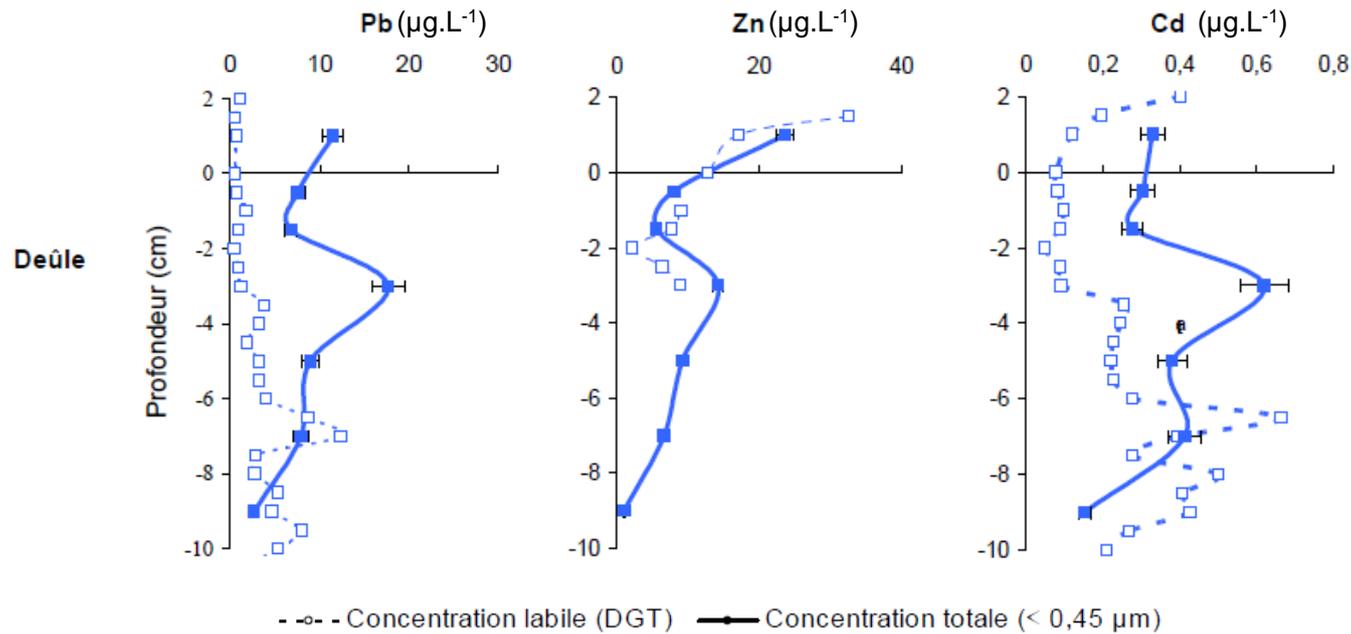
Figure 22 : répartition des ETM dans les 4 fractions sédimentaires, d'après l'extraction séquentielle proposée par Rauret et al. (2008) dans les 3 canaux pour Cd, Pb et Zn. Fraction 1 : échangeable + carbonates ; fraction 2 : oxydes et sulfures volatils ; fraction 3 : matière organique et sulfures plus réfractaires ; fraction 4 : fraction résiduelle

Cerema

# Une contamination remobilisable et biodisponible?

## Utilisation de DGT métaux dans les sédiments

- Comparaison avec les données mesurées dans les eaux interstitielles
- Réalisation de profils dans le sédiment à fine résolution
- Permet le calcul de flux à l'interface eau- sédiment



- DGT : fraction labile = potentiellement disponible pour les organismes

=> **biodisponibilité?**

Prygiel, 2013

# Une contamination remobilisable et biodisponible?

## Études sur organismes biologiques

Utilisation de chironomes qui vivent au contact du sédiment



**Table 3** Metal (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, and Zn) concentrations ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) in chironomids before the exposure experiment (T0) and after 4 days of exposure (T4) and threshold values of ecological sediment quality proposed by Bervoets et al. 2016

	Survival (%)	Metal accumulation ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )												Length cm, <i>n</i> = 30	
		Cd		Cr		Cu		Ni		Pb		Zn			
		Average	RSD	Average	RSD	Average	RSD	Average	RSD	Average	RSD	Average	RSD		
T0-sand		0.03	0.14	0.09	0.42	5.2	0.1	0.13	0.20	0.17	0.37	27	0.2	0.71	0.08
T4-sand	100	0.29	0.18	0.38	0.27	15	0.1	0.29	0.17	0.29	0.7	140	0.1	1.22	0.14
T4-Sensée River	96	0.44	0.46	6.1	0.01	20	0.2	6.3	0.1	10	0.6	96	0.3	1.25	0.14
T4-Scarpe River	95	83	0.6	60	0.5	400	0.7	44	0.4	490	0.5	2700	0.5	1.24	0.17
T4-Deûle River	95	6.2	0.3	6.6	0.33	37	0.3	3.7	0.3	150	0.3	730	0.2	1.24	0.13
Threshold (Bervoets et al. 2016)		3.2		10		57		6.5		73		490			
LOD ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )		0.02		0.05		0.1		0.05		0.05		0.15			

RSD relative standard deviation (calculated from three replicates), LOD limit of detection measured by ICP-MS

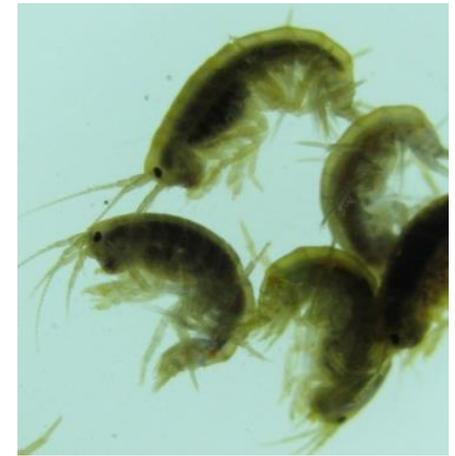
=> Sédiments de la Deûle contaminés mais pas de mortalité massive ni effets sur la croissance malgré une forte accumulation métallique

Roosa et al. 2016

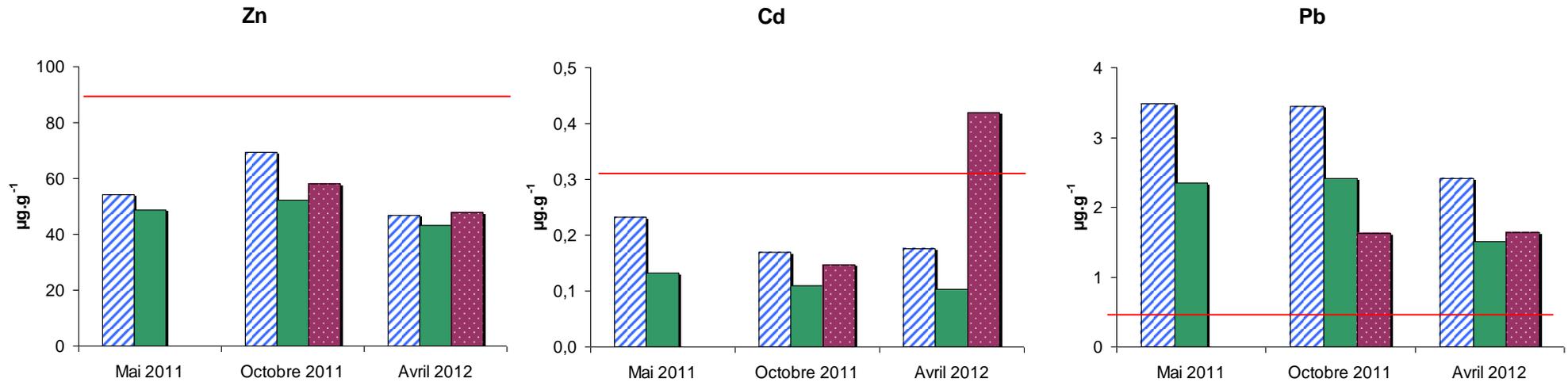
# Une contamination remobilisable et biodisponible?

## Etudes sur organismes biologiques

Remise en suspension des sédiments dans la colonne d'eau?  
Utilisation de gammarès encagés



■ Deûle ■ Sensée ■ Scarpe



Pas de bioaccumulation en Zn et Cd pour la Deûle malgré des sédiments fortement contaminés

Remise en suspension (navigation) ne semble pas avoir de répercussion sur les capacités de bioaccumulation des gammarès

Prygiel, 2016

## Conclusion & Perspectives

### Etude des données sédiments du BAP :

- Etude des données en cours
- Système de comparaison des données?
- Importance d'avoir des séries complètes => évaluation des tendances
- A envisager : poursuite de l'exploitation des données sédiments pour d'autres substances, d'autres stations du bassin (> 200 stations)

### Plus généralement :

- Etude des sédiments = complexité forte (échanges eau/sédiment, biodisponibilité...)
- Mesure effets/risques?
- Anticiper sur la réglementation (nouvelles substances par ex.)

### Au niveau national :

- Nombreux travaux en cours (Aquaref, Ineris...)

# Merci

Emilie PRYGIEL

Chargée d'études environnement – qualité des milieux aquatiques

03 23 06 18 05

[emilie.prygiel@cerema.fr](mailto:emilie.prygiel@cerema.fr)