

**Master Sciences et Génie de l'Environnement  
Spécialité Systèmes Aquatiques et Gestion de l'Eau  
UE Bassins versants**

**Les métaux dans le bassin de la Seine  
Daniel Thévenot, LEESU, Université Paris-Est  
<http://leesu.univ-paris-est.fr>**

SAGE-BV-Métaux-Thevenot-2013-01-10.doc (10 janvier 2013)

## 1 Organisation de l'enseignement

### 1.1 Responsable de l'UE Bassins versants

Gilles VARRAULT (GV), LEESU, Université Paris-Est Créteil UPEC, Faculté des Sciences et Technologie, 61 Avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil Cedex

- Téléphone : 01 45 17 16 31
- Messagerie électronique : [varrault@u-pec.fr](mailto:varrault@u-pec.fr)

### 1.2 Responsable de l'enseignement sur les métaux en Seine

Daniel THÉVENOT (DT), LEESU, Université Paris-Est, Ecole des Ponts ParisTech, 6-8 Avenue Blaise Pascal, Champs sur Marne, 77455 Marne la Vallée Cedex 2

- Messagerie électronique : [daniel.thevenot@univ-paris-est.fr](mailto:daniel.thevenot@univ-paris-est.fr)

### 1.3 Lieux et dates des cours : Ecole des ponts ParisTech, Champs sur Marne

### 1.4 Calendrier prévisionnel

DATES		Première moitié de la séance		Seconde moitié de la séance	
1.	DT	<b>Introduction : contexte scientifique et institutionnel (§ 2.1 &amp; 2.2)</b>		DT	<b>Travaux sur documents ; compartiment atmosphérique (§ 2.3), sols (§ 2.4), impact de Méga Paris (§ 2.5)</b>
16/1/2013					
2.	DT	<b>Travaux sur documents : métaux dissous (§ 2.6), bilan global sur le bassin (§ 2.7), évolution historique (§ 2.8)</b>		DT	<b>Synthèse et discussion générale (§ 2.9)</b>
23/1/2013					

### 1.5 Répartition du travail sur documents entre les 3 groupes d'étudiants et les 2 séances :

- **Groupe A** : compartiment atmosphérique (§ 2.3) & métaux dissous (§ 2.6),
- **Groupe B** : compartiment sols (§ 2.4) & bilan global sur le bassin (§ 2.7),
- **Groupe C** : impact de Méga Paris (§ 2.5) & évolution historique (§ 2.8).

### 1.6 Documents de cours (téléchargeables à partir des pages personnelles de Daniel Thévenot sur le site web du LEESU, rubrique Enseignement supérieur : <http://leesu.univ-paris-est.fr/spip.php?article352> )

- Ce plan de cours contenant des *questions abordées dans les séances de travail sur documents*
- 7 extraits du fascicule n°7 du PIREN-Seine sur les métaux dans le bassin de la Seine (2009) téléchargeable dans son intégralité au format PDF à partir du site web du PIREN-Seine : <http://www.piren-seine.fr/fascicules/> (en français) :
  - **Doc.1** : Expliquer la présence de métaux dans le système fluvial : [pages 10 à 17](#)

- **Doc.2** : Décrire la contamination par les métaux particuliers : [pages 18 à 23](#),
- **Doc.3** : Connaître la fraction biodisponible des métaux en vue d'évaluer leur impact écotoxicologique : [pages 24 à 33](#),
- **Doc.4** : Dresser un bilan des métaux : [pages 34 à 39](#),
- **Doc.5** : Analyser l'évolution à long terme de la contamination : [pages 40 à 47](#),
- **Doc.6** : Analyser les réponses de la société à la pollution métallique : [pages 48 à 55](#),
- **Doc.7** : Glossaire : [pages 57 et 58](#).
- **STOTEN DT** : la [publication de référence](#) sur les bilans de métaux dans le bassin de la Seine, utilisée pour préparer le fascicule 7 : Thevenot *et al.* STOTEN (2007) 375, 180-203 (*en anglais*)
- **STOTEN MM** : la [publication de référence](#) sur l'évolution historique des métaux dans le bassin de la Seine, utilisée pour préparer le fascicule 7 : Meybeck *et al.* STOTEN (2007) 375, 204-231 (*en anglais*)

## 2 Programme de l'enseignement : cours et travaux sur documents

### Première séance

#### 2.1 Introduction : contexte général (DT) → **Doc.1** & **STOTEN DT p.181-183**

- Le PIREN-Seine
- Quels métaux ou éléments traces métalliques (ETM) ?
- Le bassin de la Seine
- Quelles voies de contamination d'un système fluvial ?

#### 2.2 Méthodologie et sources de données (DT) → **Doc.1**

##### 2.2.1 Méthodologie : estimation de flux annuels

- Sites clés
- Zoom sur des bassins versants expérimentaux : Paris, parcelles agricoles
- Enquêtes sur les activités domestiques et industrielles (1930-2003)
- Echantillons pour la surveillance des métaux du bassin

##### 2.2.2 Sources de données

- Schéma conceptuel du bassin
- Mesures en des sites représentatifs : S
- Evaluations socio-économiques : E
- Calculs et modélisation à partir des valeurs de S et E : C
- Schéma de transfert des métaux

#### 2.3 Compartiment atmosphérique → **STOTEN DT p.183-186 Groupe A**

- Emissions industrielles
  - Source des données industrielles ?
  - Echelle géographique des données ?
- Retombées atmosphériques : collecteurs et mousses terrestres

- Comment transformer des flux ponctuels à quelques sites en des flux sur tout le bassin de la Seine ?

- Comparaison des émissions et retombées annuelles → **Doc.4**

- Quels sont les accords-désaccords entre émissions déclarées et retombées extrapollées ?
- Quelles sont les causes possibles des désaccords observés pour certains éléments ?

- Conclusion

#### 2.4 Compartiment sols **Groupe B**

##### 2.4.1 Erosion naturelle → **STOTEN DT p.186**

- Flux de particules érodées à partir des sols naturels
  - Quelle valeur est prise en compte pour le bassin de la Seine ?
- Contamination naturelle des sols
  - Quels échantillons sont utilisés pour représenter les sols « naturels » du bassin de la Seine ?
  - Quel est l'intérêt de l'estimation de ces flux métalliques particuliers « naturels » ?

##### 2.4.2 Terrains agricoles → **STOTEN DT p.186-189**

- Parcelles expérimentales mises en culture dans diverses conditions : culture intensive, culture biologique...
- Bilan des intrants sur les parcelles
  - Quels sont ces intrants et comment leur flux annuels peut être estimé pour chaque élément ?
- Bilans des extrants des parcelles
  - Quels sont ces extrants et comment leur flux annuels peut être estimé pour chaque élément ?
- Comparaison des bilans annuels pour quelques éléments : cas du Cd et Zn

- Extension de ces résultats à la totalité du bassin de la Seine : comment l'utilisation annuelle d'engrais phosphatés et l'estimation de la teneur métallique de ces engrais permet une telle extension ?
- Conclusion sur les terrains agricoles
  - Quelles sont les activités agricoles sources de métaux non prises en compte par ces travaux ?
- Méthodologie
  - Quelle est la signification de métaux dissous, biodisponibles, labiles et bio-accumulables ?
  - Quels sont les problèmes rencontrés dans la mesure des métaux dissous ?
  - Qu'est-ce que la DGT ?
  - Quels sont les qualités et limitations de la DGT ?

## 2.5 Impact de Méga Paris → **STOTEN** **DT p.189-192 Groupe C**

- Méthodologie (programme OPUR)
  - Bassins versants urbains expérimentaux : localisation de leurs implantations,
  - Extrapolation à Méga Paris : quelles méthodes ?
  - Validation de ces extrapolations : site de ces validations ? Justifications ?
- Schéma conceptuel d'une zone urbaine
  - Quels sont les flux pris en compte dans ce schéma ?
- Importance respective des rejets domestiques et de ruissellement pluvial dans Paris *intra muros*
  - Quels sont les rejets annuels majoritaires de Paris *intra muros* ?
- Importance respective des rejets environnementaux de Méga Paris : sable de curage de réseaux, boues de station d'épuration, rejets urbains de temps de pluie, rejets d'eau traitée
  - Quels sont les rejets annuels majoritaires de Méga Paris ?
- Conclusion

## Seconde séance

## 2.6 Métaux dissous biodisponibles → **Doc.3 Groupe A**

- Réglementation : rejets et niveaux de concentration
  - Quelles sont les spécificités des métaux dans la réglementation européenne ?
  - Quel est l'objectif de la Directive Cadre sur l'eau pour les métaux ?
  - Quelles sont les Normes de Qualité Environnementales (NQE) pour Cd, Pb, Hg et Ni ?
  - De quels paramètres ces NQE tiennent-elles compte ?

- Evolution amont-aval des concentrations en métaux dissous et labiles
  - Quelle est la justification des sites d'échantillonnage sélectionnés ?
  - Comment évoluent respectivement les métaux dissous labiles et totaux ?
  - Pour quels éléments les NQE sont-elles (parfois) dépassées ?
- Epuration des métaux dans les eaux urbaines
  - Quelle est l'efficacité des STEPs pour les métaux fixés sur les particules ?
  - Quelle est l'efficacité des STEPs pour les métaux dissous ou dissous labiles ?
- Conclusion : intérêt et difficulté de mesure des métaux dissous labiles

## 2.7 Bilan global des métaux sur le bassin → **Doc.4 Groupe B**

- Méthodologie : estimations des flux métalliques à l'estuaire
  - Comment sont estimés les flux de métaux particulaires à l'estuaire ?
  - Comment sont estimés les flux de métaux dissous à l'estuaire ?
  - Quel est l'importance relative des flux de métaux dissous à l'estuaire ?
- Méthodologie : estimations des flux métalliques rejetés dans le bassin
  - Comment sont estimés les flux métalliques rejetés par toutes les villes du bassin ?
  - Comment sont estimés les flux métalliques rejetés par toutes les stations d'épuration (STEP) du bassin ?
- Bilan global de circulation des éléments métalliques
  - Zn : quels sont les flux principaux ?
  - Zn : comment se « boucle » le bilan annuel de Zn à l'estuaire ?

- Zn : quelles sont les causes possible de défaut de « bouclage » ?
- Cd : quels sont les flux principaux ?
- Hg : quels sont les flux principaux ?
- Comparaison de la somme des apports en Seine aux flux métalliques totaux à l'estuaire (exports)
  - Pour quels éléments les exports et rétentions sont supérieurs aux apports en rivière ?
  - Pourquoi ?
  - Pour quel élément les exports et rétentions sont inférieurs aux apports en rivière ?
  - Pourquoi ?
- Où rechercher les particules déposées par temps de crue ?
- Comment obtenir les teneurs à des périodes antérieures ?
- Comparées aux teneurs naturelles, comment varient les teneurs métalliques depuis 1935 ?
- Evolution des rejets annuels per capita (1930 à 2003) → **Doc.6**
  - Quels sont les éléments dont le rejet per capita décroît ?
  - Quels sont les éléments dont le rejet per capita croît ?
  - Quelles sont les origines de ces croissances et décroissances ?
- Evolution de la décontamination des boues de la station d'épuration STEP S-A à Achères → **Doc.5**
  - Quels éléments ont la plus forte décroissance ?
  - Pourquoi ?
  - Comment ont évolué les réglementations pour l'épandage agricole des boues de STEP ?
- Comparaison de la décontamination de la Seine avec d'autres fleuves → **Doc.5**
  - Cas du Pb ?
  - Cas du Zn ?

## 2.8 Evolution historique **Groupe C**

- Evolution de la « demande » annuelle en métaux, par comparaison à celle en 1950 → **Doc.5**
  - Quels sont les éléments dont la « demande » décroît ?
  - Quels sont les éléments dont la « demande » croît ?
  - Quelles sont les origines de ces croissances et décroissances ?
- Evolution de la contamination métallique des particules déposées lors des crues (1935-2003) → **Doc.5**
  - Pourquoi rechercher les particules déposées par temps de crue ?

## 2.9 Conclusion (DT) → **Doc.6**

- Résultats majeurs de ces bilans à l'échelle du bassin
- Discussion des difficultés et problèmes rencontrés
- Eléments positifs & craintes

## Bibliographie

- D. R. Thévenot, L. Lestel, M.-H. Tusseau-Vuillemin, J.-L. Gonzalez & M. Meybeck (2009) Les métaux dans le bassin de la Seine: Comprendre d'où proviennent et comment circulent les métaux dans un bassin versant fortement exposé aux pressions humaines, **Fascicule 7 du PIREN-Seine**, Agence de l'eau Seine-Normandie, Nanterre, juin 2009, ISBN 978-2-918251-06-4, 58 p. (<http://www.sisyphes.upmc.fr/piren/book/980>)
- D. R. Thévenot, R. Moilleron, L. Lestel, M.-C. Gromaire, V. Rocher, Ph. Cambier, Ph. Bonté, J.-L. Colin, C. de Pontevès and M. Meybeck (2007) Critical budget of metal sources and pathways in the Seine River basin (1994-2003) for Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb and Zn, **The Science of the Total Environment**, 375, 180-203 (<http://leesu.univ-paris-est.fr/IMG/pdf/Thevenot-STOTEN-Critical-Budget-2007-375-180-203.pdf>).
- M. Meybeck, L. Lestel, Ph. Bonté, R. Moilleron, J.-L. Colin, O. Rousselot, D. Hervé, C. de Pontevès, C. Grosbois and D.R. Thévenot (2007) Historical perspective of heavy metal contamination (Cd, Cu, Hg, Pb, Zn) in the Seine River basin (France) following a DPSIR approach (1950-2005), **The Science of the Total Environment**, 375, 204-231 (<http://leesu.univ-paris-est.fr/IMG/pdf/Meybeck-STOTEN-Metal-trends-2007-375-204-231.pdf>).