



## *Introduction*

*Sources de données*

*Atmosphère*

*Sols et alluvions*

*Industries*

*Impact Méga Paris*

*Métaux dissous*

*Bilans sur le bassin*

*Evolution historique*

*Conclusion*

# *Les métaux dans le bassin de la Seine*

**Daniel Thévenot**

<http://leesu.univ-paris-est.fr/spip.php?article285>

LEESU, UMR - MA 102 (anciennement CEREVE)  
(Université Paris-Est & AgroParisTech)

<http://leesu.univ-paris-est.fr>





## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

# Contamination métallique du bassin de la Seine: Introduction

Présentation **D. Thévenot**



- Professeur émérite à Université Paris-Est Créteil (UPEC)
- Au PIREN Seine depuis 1993
- Coordinateur **fascicule 7** sur métaux
- 7 extraits du **Fascicule 7 métaux**
- 2 **publications de synthèse** en anglais (STOTEN DT & MM)
- Liste de **questions à préparer par chacun des 3 groupes**
- Discussion des **réponses**

Cours & TD

DT

<http://www.piren-seine.fr/fascicules/>



## *Introduction*

*Sources de données*

*Atmosphère*

*Sols et alluvions*

*Activ. industrielles*

*Impact Méga Paris*

*Métaux dissous*

*Bilans sur le bassin*

*Evolution historique*

*Conclusion*

# Contamination métallique du bassin de la Seine: Introduction

- Séance 1
- **Introduction**: contexte général  
→ DT
  - **Méthodologies et sources de données** → DT
  - **Atmosphère** → Groupe A
  - **Érosion naturelle et sols agricoles**  
→ Groupe B
  - **Activités industrielles** → non traité
  - **Impacts de Méga Paris**  
→ Groupe C

**DT**



## *Introduction*

*Sources de données*

*Atmosphère*

*Sols et alluvions*

*Activ. industrielles*

*Impact Méga Paris*

*Métaux dissous*

*Bilans sur le bassin*

*Evolution historique*

*Conclusion*

# Contamination métallique du bassin de la Seine: Introduction

Séance 2 • **Métaux dissous et labiles**

→ Groupe A

• **Bilans sur le bassin** → Groupe B

• **Évolution historique** → Groupe C

• **Conclusion** → DT

**DT**



## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

# Contamination métallique du bassin de la Seine : Introduction



## Résultats Synthèse des travaux du PIREN Seine

et des institutions associées :

- La Seine en son bassin (1998)
- Synthèse métaux de 2002
- Nouveaux résultats: 2002-2005
- Données géoréférencées de SequaMet

→ **Bilan métaux du bassin de la Seine**

Publications • **3 articles** de synthèse publiés dans *Science of the Total Environment* (2007)

- **Fascicule métaux** (juin 2009): n°7

DT

<http://www.piren-seine.fr/fascicules/>



# Métaux toxiques: comment les choisir?

## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

## Quels métaux?

- Les plus **toxiques** : Hg, Cd, Ag, Pb...
- Les plus **accumulés** sur les particules de la Seine : Hg, Ag, Cu, Zn, Cd, Pb... par comparaison au niveau nat.

$$IC = [Me] / [Me]_{référence}$$

Concentration maximale dans <b>eau potable</b> ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )							
IC à	1	5	10	50	200	1 000	5 000
<b>Poses</b>							
50	<b>Hg</b>						
20							
10			Ag			<b>Cu</b>	<b>Zn</b>
5		<b>Cd</b>			<b>Pb</b>		
2							
1			Se, Sn	As, Cr, Mn, Ni		Al	





## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

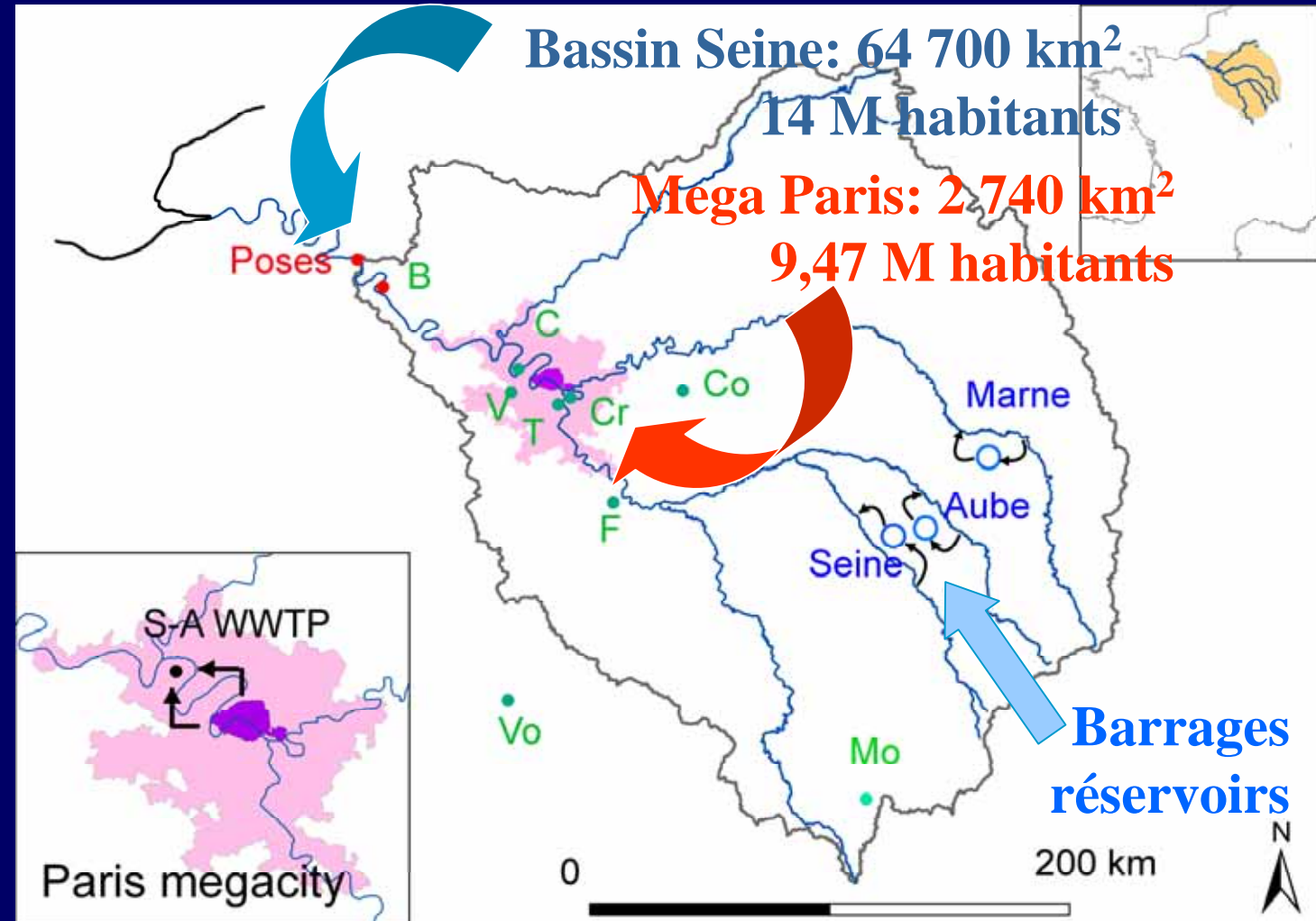
Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

# Bassin de la Seine et Méga Paris



DT



## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

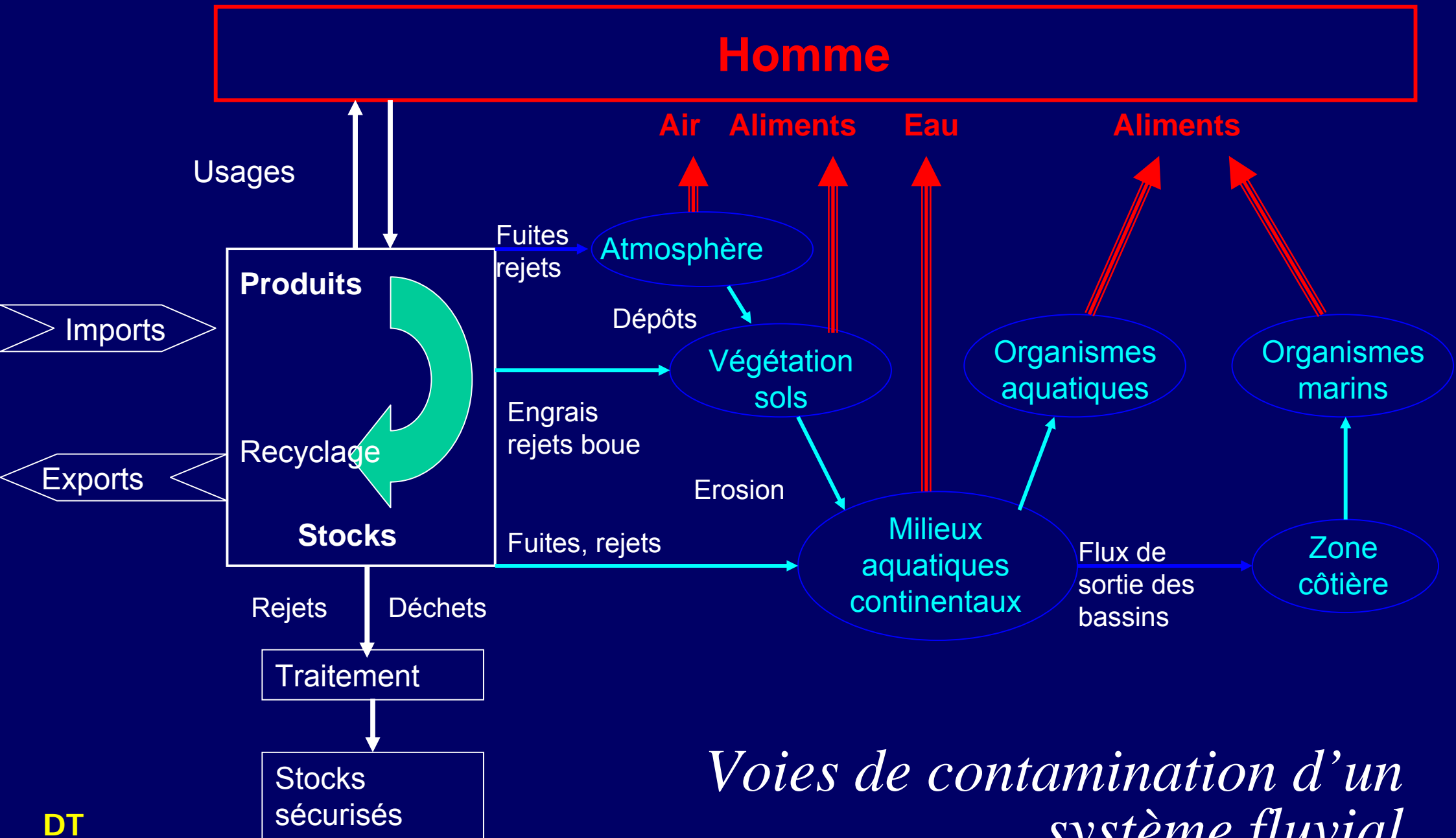
# Contamination métallique du bassin : Introduction

Voies de  
contamination?

- Activités liées aux **usages des métaux**
  - Import de métaux → export et déchets
- **Fuites et rejets** vers
  - Milieux aquatiques
  - Végétaux
  - Animaux
  - Atmosphère
- Voies de contamination de l'**Homme**
  - Air
  - Eau
  - Aliments

DT





*Voies de contamination d'un système fluvial*



# *Contamination métallique du bassin : Introduction*

## *Introduction*

*Sources de données*

*Atmosphère*

*Sols et alluvions*

*Activ. industrielles*

*Impact Méga Paris*

*Métaux dissous*

*Bilans sur le bassin*

*Evolution historique*

*Conclusion*

Des questions ?



## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

# Méthodologie & sources de données

- Méthodologie**
- Estimation de **flux** en des sites clés
  - **Zoom** sur des bassins versants expérimentaux: Paris, parcelles agricoles
  - **Enquête** sur les activités domestiques et industrielles (1930-2003)

**Sources des données**

**S**: Mesures sur des sites représentatifs  
**E**: Évaluations socio-économiques  
**C**: Calculs et modélisation à partir des valeurs de S et E

**DT**



## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

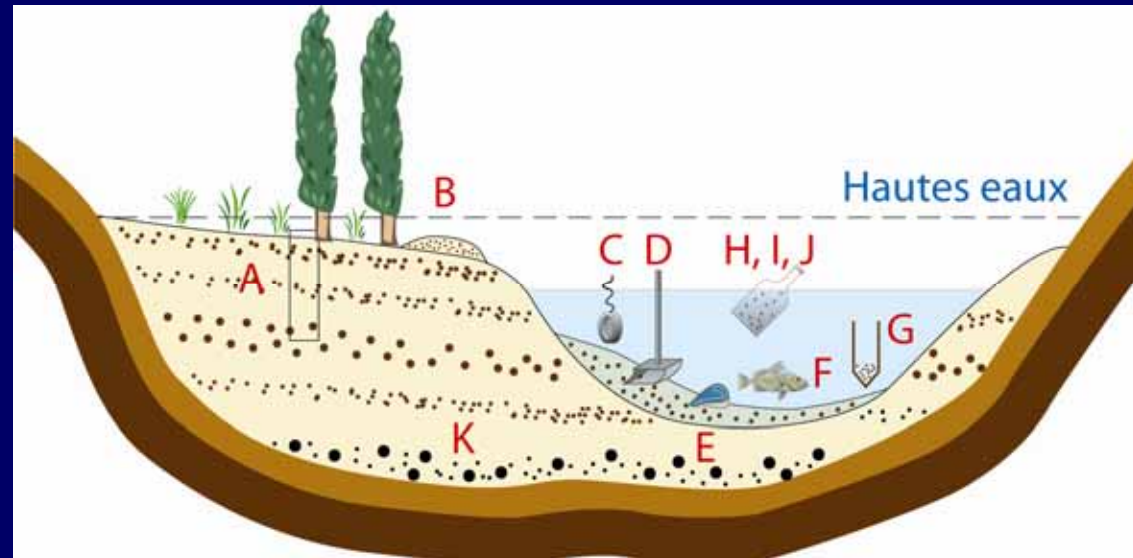
Evolution historique

Conclusion

# Méthodologie & sources de données

Sources des données

- **Échantillons** pour la surveillance des métaux
  - Particulaires: A, B, D, I, G
  - Dissous: H, K
  - Dissous biodisponibles: C
  - Bioaccumulés: E, F



DT



# Schéma conceptuel du bassin : flux

## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

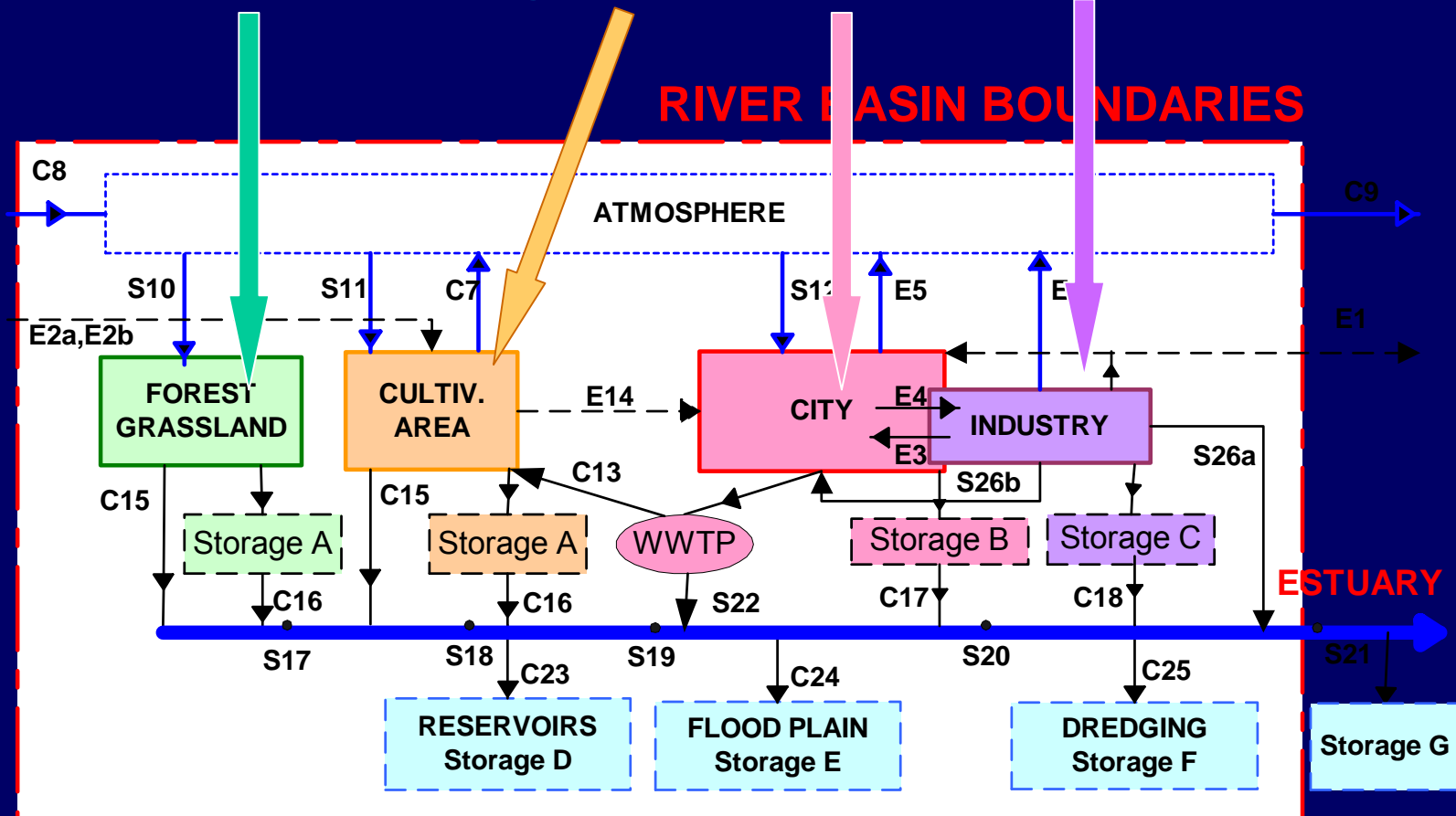
Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

Forêts - prairies Agriculture Urbain Industrie → Seine





# Schéma conceptuel du bassin : flux

## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

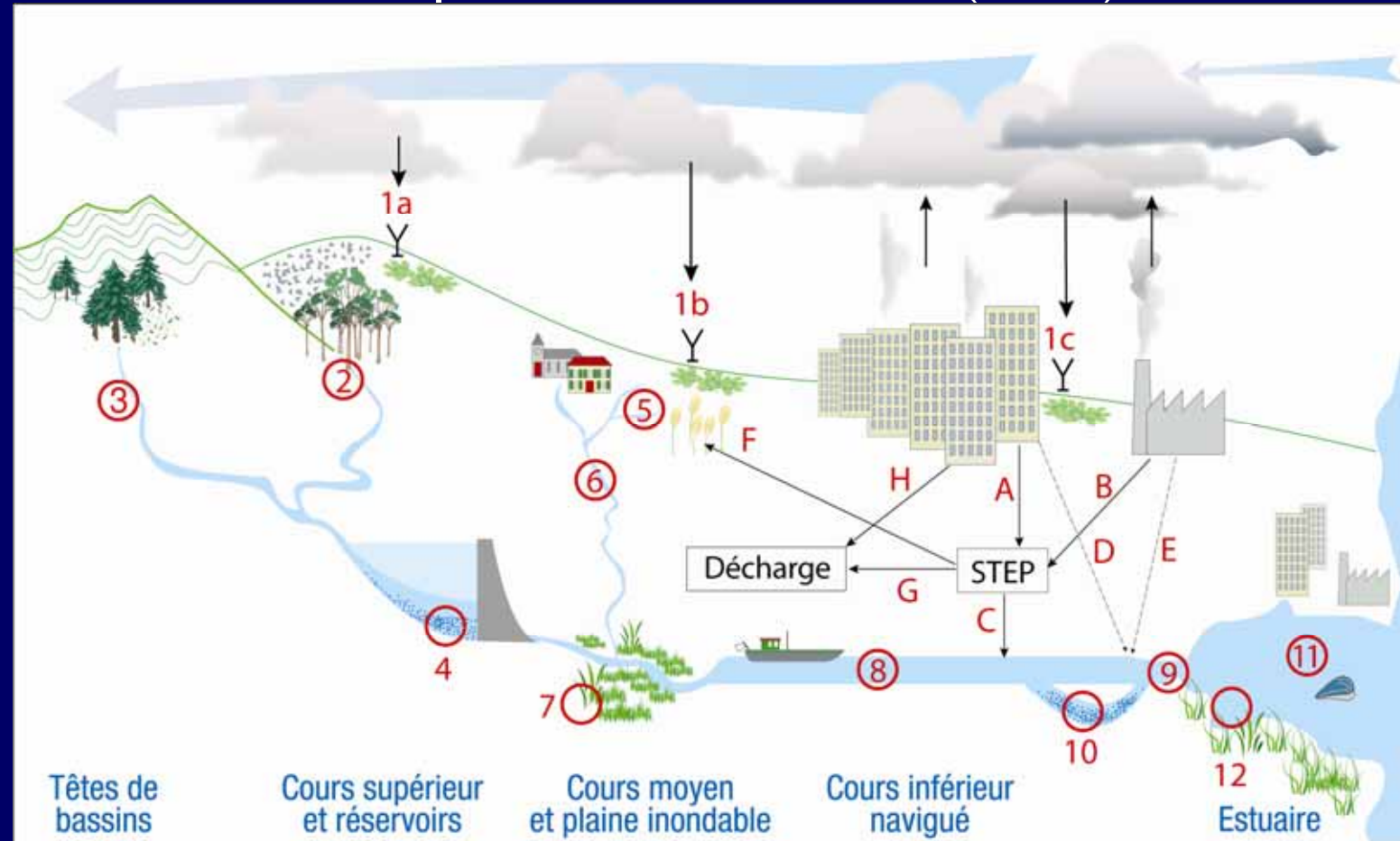
Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

- Schéma conceptuel et sites clés: 1 (atm.) à 12



DT





## ***Introduction***

*Sources de données*

*Atmosphère*

*Sols et alluvions*

*Activ. industrielles*

*Impact Méga Paris*

*Métaux dissous*

*Bilans sur le bassin*

*Evolution historique*

## ***Conclusion***

# Méthodologie & sources de données

Des questions ?



# Retombées atmosphériques

## Groupe A

### Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

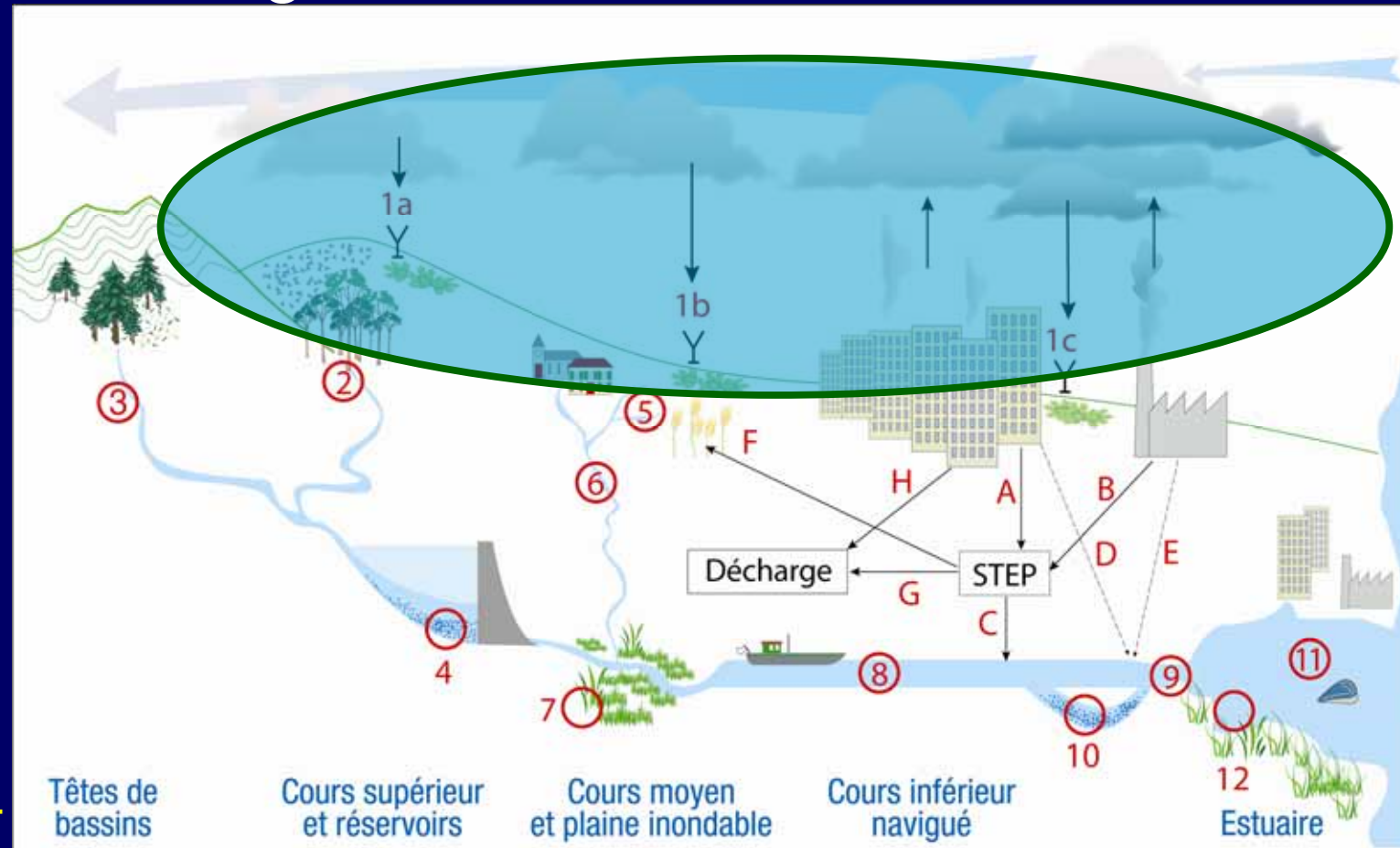
Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

- Schéma général de transfert de métaux



DT



# Émissions & retombées atmosphériques

## Groupe A

### Introduction

### Sources de données

### Atmosphère

### Sols et alluvions

### Activ. industrielles

### Impact Méga Paris

### Métaux dissous

### Bilans sur le bassin

### Evolution historique

### Conclusion

### Questions

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

### Éléments de réponse dans

STOTEN DT :  
pages 183 à 186

Doc.4. Dresser un  
bilan des métaux :  
pages 34 à 39



# Émissions atmosphériques

## Groupe A

### Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

Émissions  
(CITEPA, 2004)



CENTRE  
D'HISTOIRE DES  
TECHNIQUES

• Statistiques départementales →  
estimation pour **bassin de la Seine**

• 30% du nombre d'entreprises  
• mais seulement **6-16% des  
émissions métalliques / France:**

Cu: 16% > Ni 15% > Pb 14%  
> Hg 12% > Cd = Zn 10%

Sources  
principales

• Production industrielle >  
transformation de l'énergie



# Retombées atmosphériques

## Groupe A

### Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

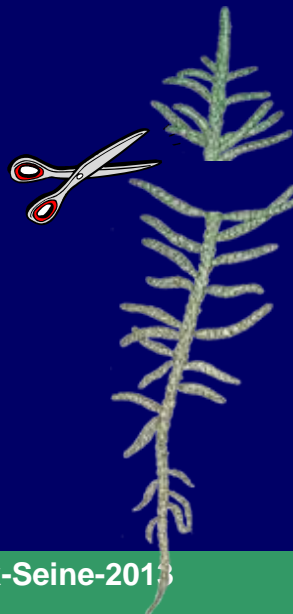
Conclusion

### Retombées (CEREVE)



1 an de croissance = 2 cm

### Mousses terrestres (LISA & ADEME)







# Retombées atmosphériques

## Groupe A

### Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

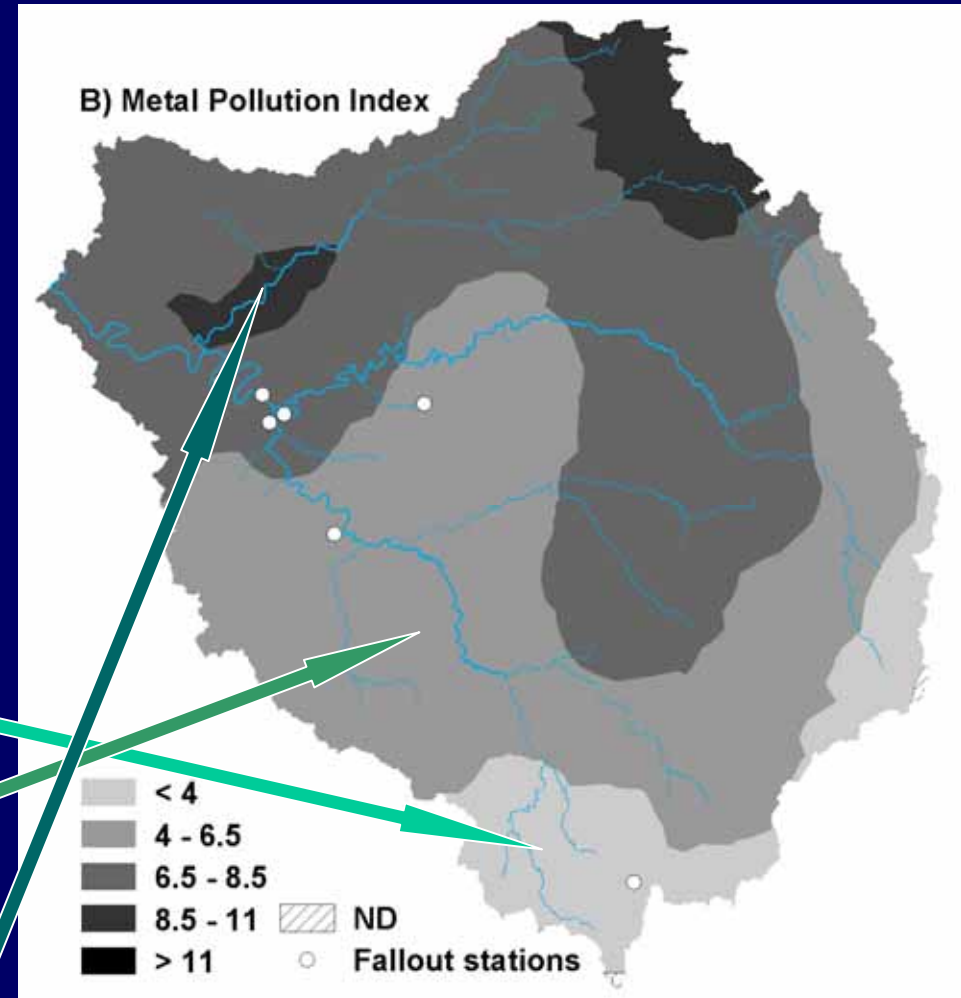
Evolution historique

Conclusion

### Contaminations des mousses terrestres

Gombert et al. (2004) J.  
Atm. Chem, 49, 479-502

Détermination des  
4 classes de  
contamination:  
faible (6 300 km<sup>2</sup>)  
moy. (26 700 km<sup>2</sup>)  
forte & très forte  
(31 700 km<sup>2</sup>)







# Dépôts atmosphériques mesurés vs. émissions industrielles déclarées (t/an)

## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

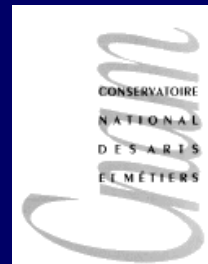
Impact Méga Paris

Métaux dissous

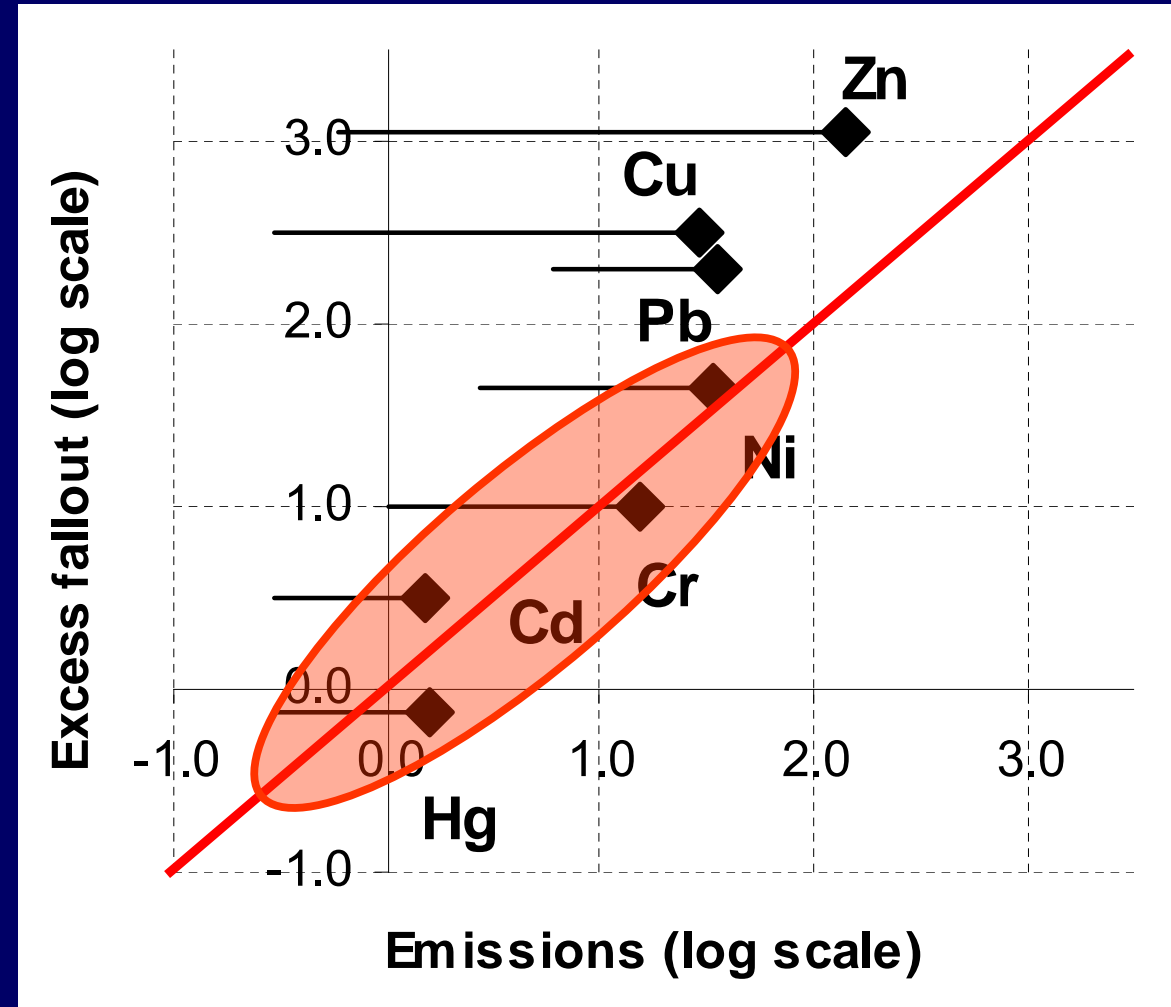
Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion



CENTRE D'HISTOIRE DES TECHNIQUES





## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

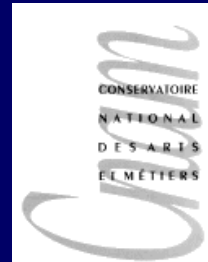
Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion



CENTRE  
D'HISTOIRE DES  
TECHNIQUES



Centre d'Enseignement  
et de Recherche  
Eau Ville Environnement



# Flux atmosphériques Groupe A

- Bilan**
- Forte **hétérogénéité spatiale** des retombées atmosphériques
    - Maximum: vallée de l'Oise, nord du bassin et Île de France → **sites industriels !**
  - **Bon accord** entre extrapolation des mesures des dépôts atmosphériques et estimation des émissions industrielles déclarées : Cd, Hg, Cr, Ni
  - Émissions de **Cu, Pb & Zn** < **dépôts sous-estimation des déclarations ?**

- Évolution**
- Décroissance importante des dépôts
  - Décroissance faible des émissions



## ***Introduction***

***Sources de données***

***Atmosphère***

***Sols et alluvions***

***Activ. industrielles***

***Impact Méga Paris***

***Métaux dissous***

***Bilans sur le bassin***

***Evolution historique***

## ***Conclusion***

# Flux atmosphériques **Groupe A**

Des questions ?



# Erosion naturelle

## Groupe B

### Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

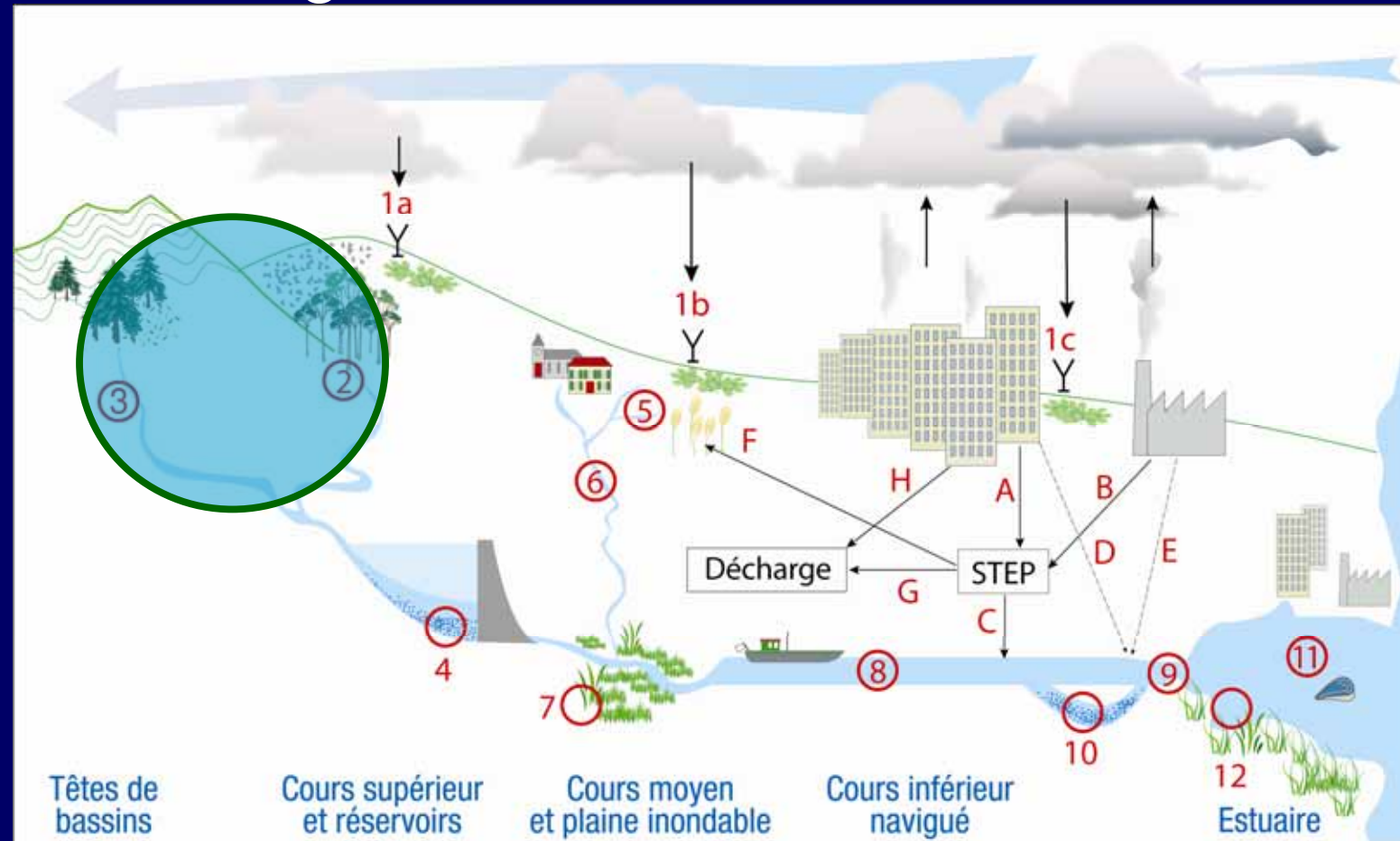
Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

- Schéma général de transfert de métaux





## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

# Érosion naturelle

## Groupe B

### Questions

- **Flux de particules érodées** à partir des sols naturels
  - Quelle valeur est prise en compte pour le bassin de la Seine ?

### Éléments de réponses dans

STOTEN DT: p. 186

**Doc.2: Décrire la contamination par les métaux particuliers : p. 18 à 23**

- **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 » ?



## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion



Hypothèses **Flux particulaire moyen** (bilan multi annuel à l'estuaire) : **10,8 t/km<sup>2</sup>/an** (Meybeck *et al*, Elsevier, 1998)

### Teneurs métalliques naturelles:

- Dépôts préhistoriques (Bercy): -5000 & -3500 ans
- Sédiments forestiers: moyenne pondérée (géologie)

Calcul de flux naturels Flux particulaire annuel en: Al, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb & Zn





# Zones rurales

## Groupe B

### Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

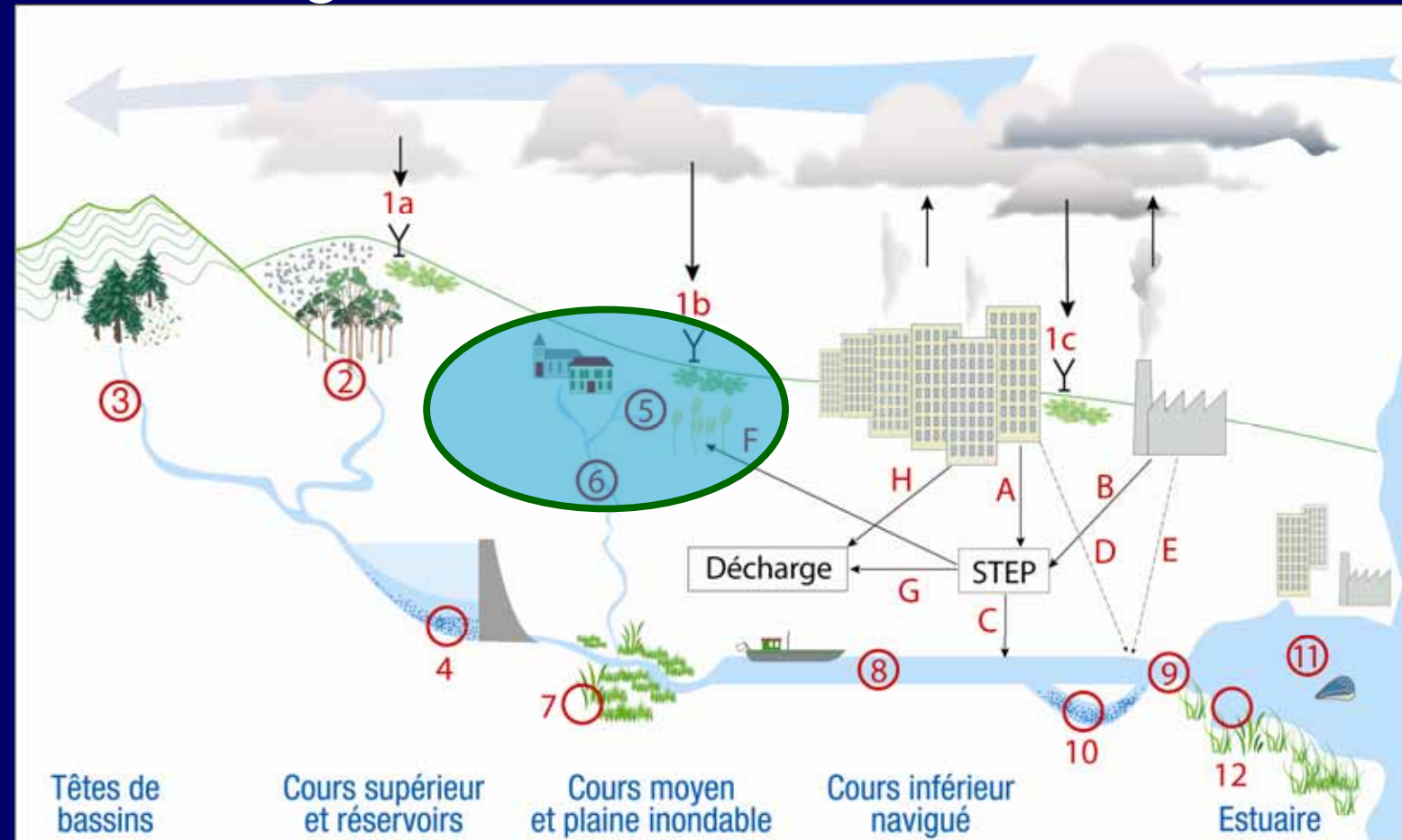
Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

- Schéma général de transfert de métaux





## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

# Terrains agricoles Groupe B

## Questions

- **Méthodologie:** 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 ?

## Eléments de réponses dans

STOTEN DT: p.186-  
189

Doc.4: Dresser un  
bilan des métaux :  
p. 34 à 39



## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

# Terrains agricoles Groupe B

Résultats non  
présentés dans  
le fascicule

Eléments de  
réponses dans

STOTEN DT:  
p.186-189

Doc.4: Dresser un  
bilan des métaux :  
p. 34 à 39

- **Comparaison des bilans annuels** pour quelques éléments : cas du Cd et Zn
- Extension de ces résultats à la **totalité du bassin de la Seine** : utilisation annuelle d'engrais phosphatés et estimation de la teneur métallique de ces engrais
- **Conclusion** sur les terrains agricoles
  - Quelles sont les activités agricoles sources de métaux non prises en compte par ces travaux ?



# Terrains agricoles Groupe B

## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

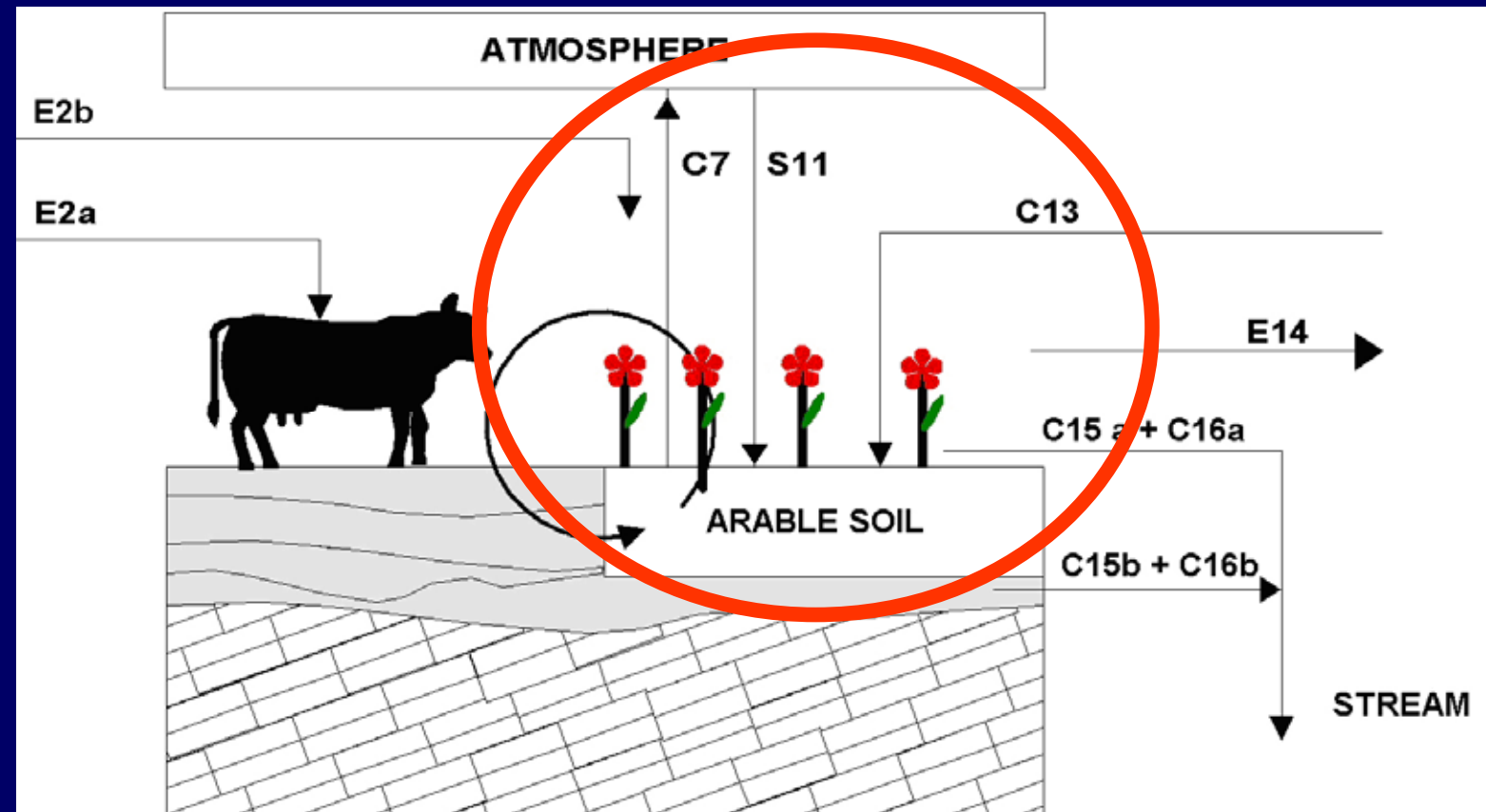
Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

Schéma conceptuel Parcelles expérimentales → bassin





# Bilans sur les parcelles agricoles: blé

## Groupe B

### Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

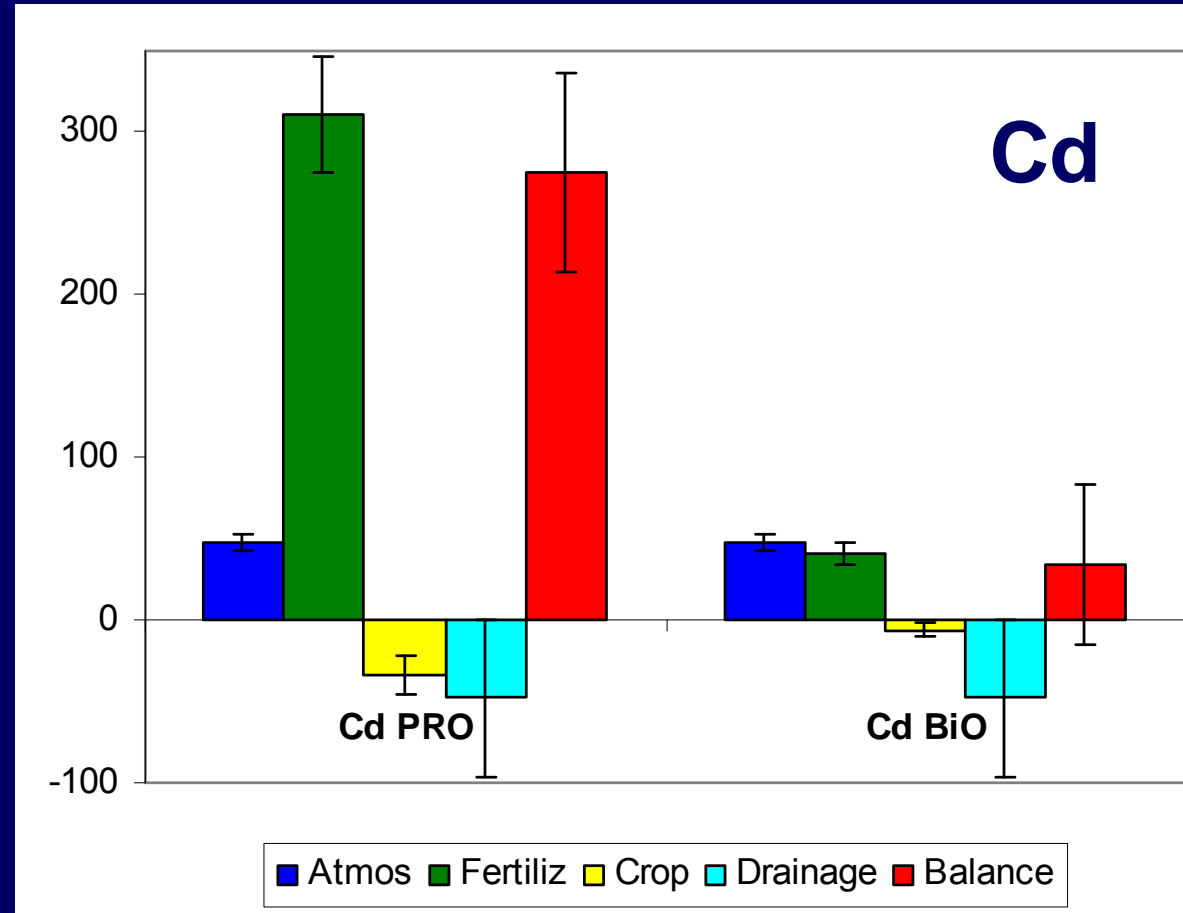
Evolution historique

Conclusion

Flux et bilans Culture intensive (**PRO**) et biologique (**BIO**)  
(kg/km<sup>2</sup>/an)



Atmosphère  
Engrais  
Récolte  
Drainage  
Bilan





# Terrains agricoles: apports métalliques

## Groupe B

### Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

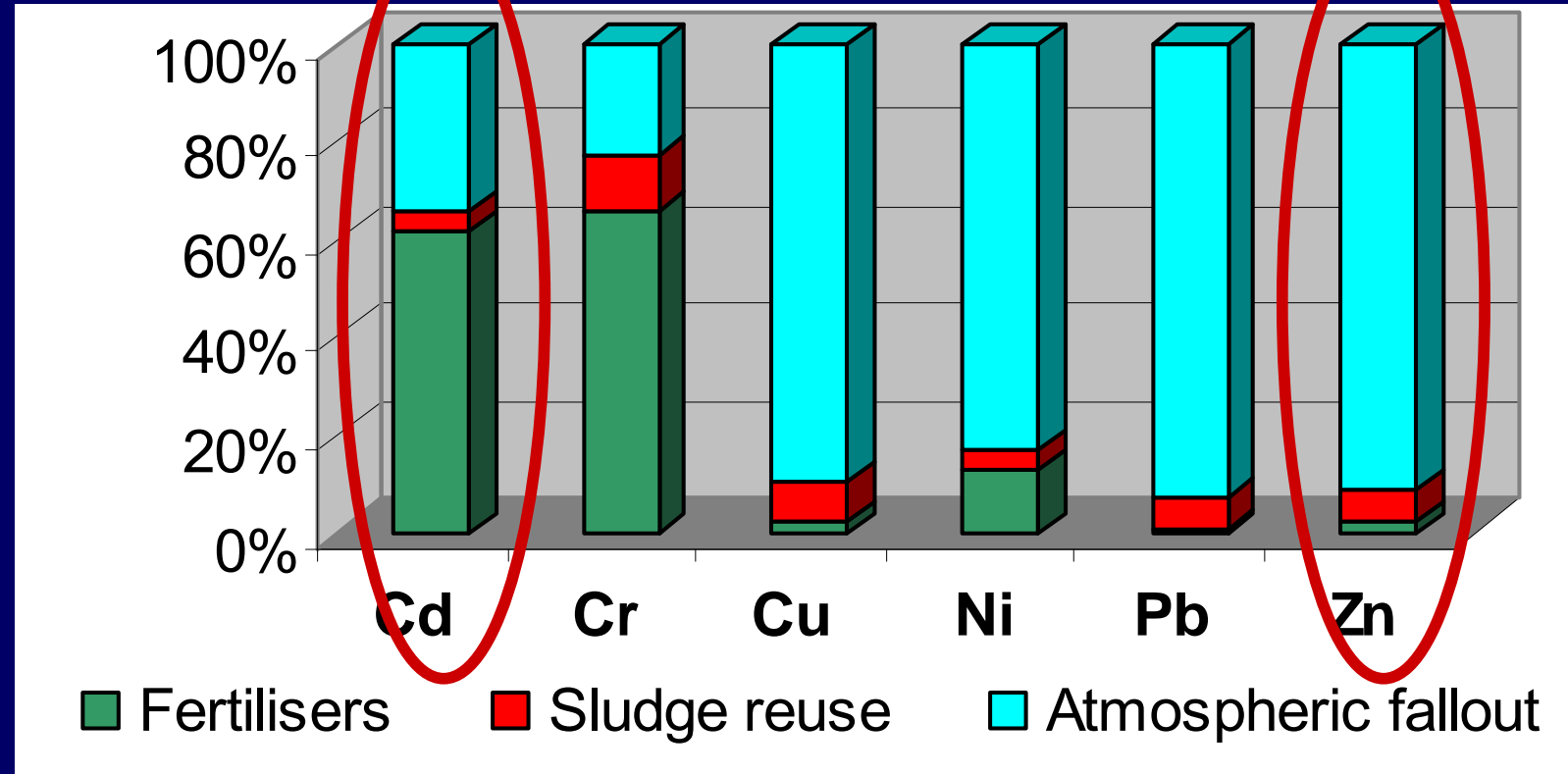
Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

Comparaison **Engrais**, **boues STEP** & **dépôts atmos.** (t/an)  
pour tout le bassin de la Seine







## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

# Terrains agricoles: apports métalliques

## Groupe B

### Conclusion



- Apports prépondérants des **retombées atmosphériques: Zn**
- Apports prépondérants des **engrais phosphatés: Cd**
- Apports faibles des épandages de **boues de station d'épuration**
- **Rejets anthropiques faibles** : 0,4% **Zn** & 1,2% **Cd** des apports totaux en zones rurales

Comparaison  
avec les flux  
anthropiques





## ***Introduction***

*Sources de données*

*Atmosphère*

*Sols et alluvions*

*Activ. industrielles*

*Impact Méga Paris*

*Métaux dissous*

*Bilans sur le bassin*

*Evolution historique*

***Conclusion***

Des questions ?

# Sols et alluvions **Groupe B**

Saut des activités industrielles

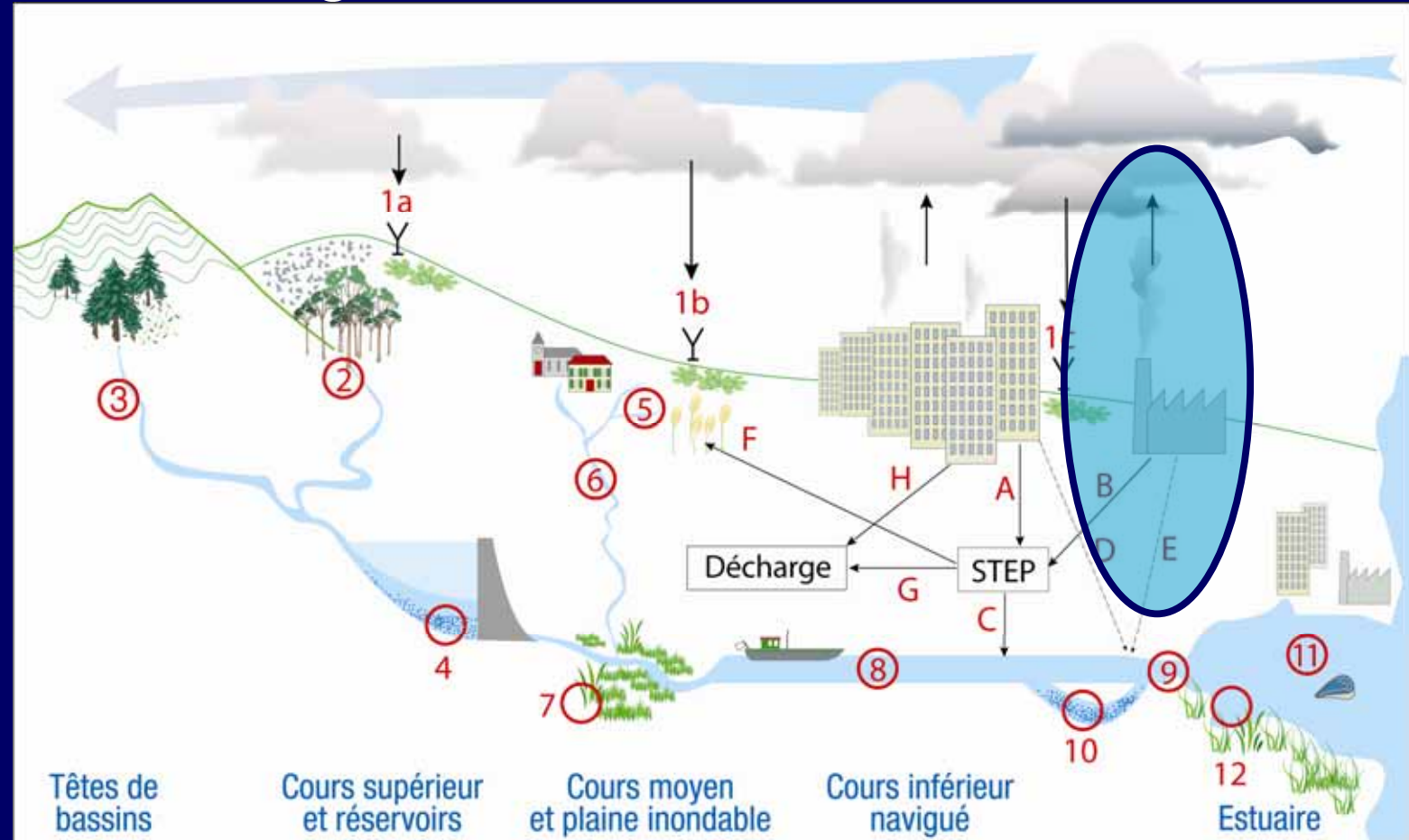




Saut des activités industrielles

# Activités industrielles

- Schéma général de transfert de métaux



## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

## Conclusion



## Saut des activités industrielles

# Rejets industriels des métaux

## Introduction

### Sources de données

### Atmosphère

### Sols et alluvions

### Activ. industrielles

### Impact Méga Paris

### Métaux dissous

### Bilans sur le bassin

### Evolution historique

## Conclusion

### Questions

- **Emissions industrielles**
  - Source des données industrielles ?
  - Echelle géographique des données ?
  - Quels types de rejets sont pris en compte ?

Peu d'éléments  
de réponses  
dans

STOTEN DT: p.192-  
194

Doc.4: Dresser un  
bilan des métaux :  
p. 34 à 39

- **Activité industrielle : une longue histoire !**
  - Révolution industrielle
- **Conclusion**
  - Comparaison des importances relatives des rejets industriels atmosphériques, en rivière et en réseau d'assainissement



## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

# Rejets industriels des métaux

- Méthodologie**
- Exploitation du **Registre Français des Emissions Polluantes** (RFEP, 2003)
  - Limité aux industries déclarées et autorisées → **sous-estimé ?**
  - France → bassin de la Seine : **% ?**
  - Mesures ponctuelles / AESN (2006-)

**Estimation des flux** Catégories de rejets:

- Émissions atmosphériques
- Déchets solides
- Rejets dans le sol
- Rejet liquides en réseau ou rivière



CENTRE  
D'HISTOIRE DES  
TECHNIQUES





# Rejets industriels des métaux

## *Introduction*

*Sources de données*

*Atmosphère*

*Sols et alluvions*

*Activ. industrielles*

*Impact Méga Paris*

*Métaux dissous*

*Bilans sur le bassin*

*Evolution historique*

*Conclusion*

- Les métaux et la Seine: une longue histoire !





# Rejets industriels des métaux

## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

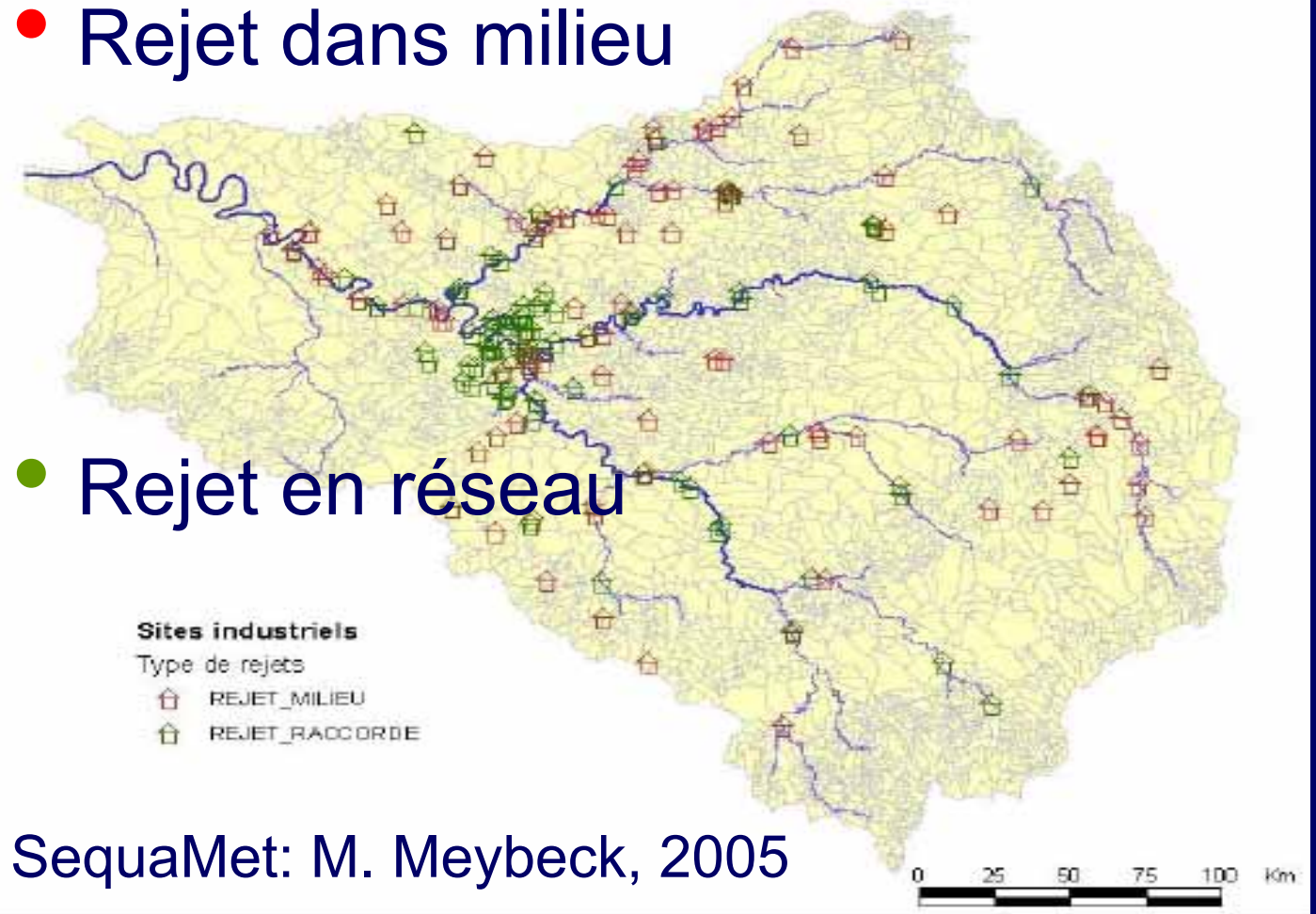
Bilans sur le bassin

Evolution historique

## Conclusion

- Rejet dans milieu

- Rejet en réseau



SequaMet: M. Meybeck, 2005



## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

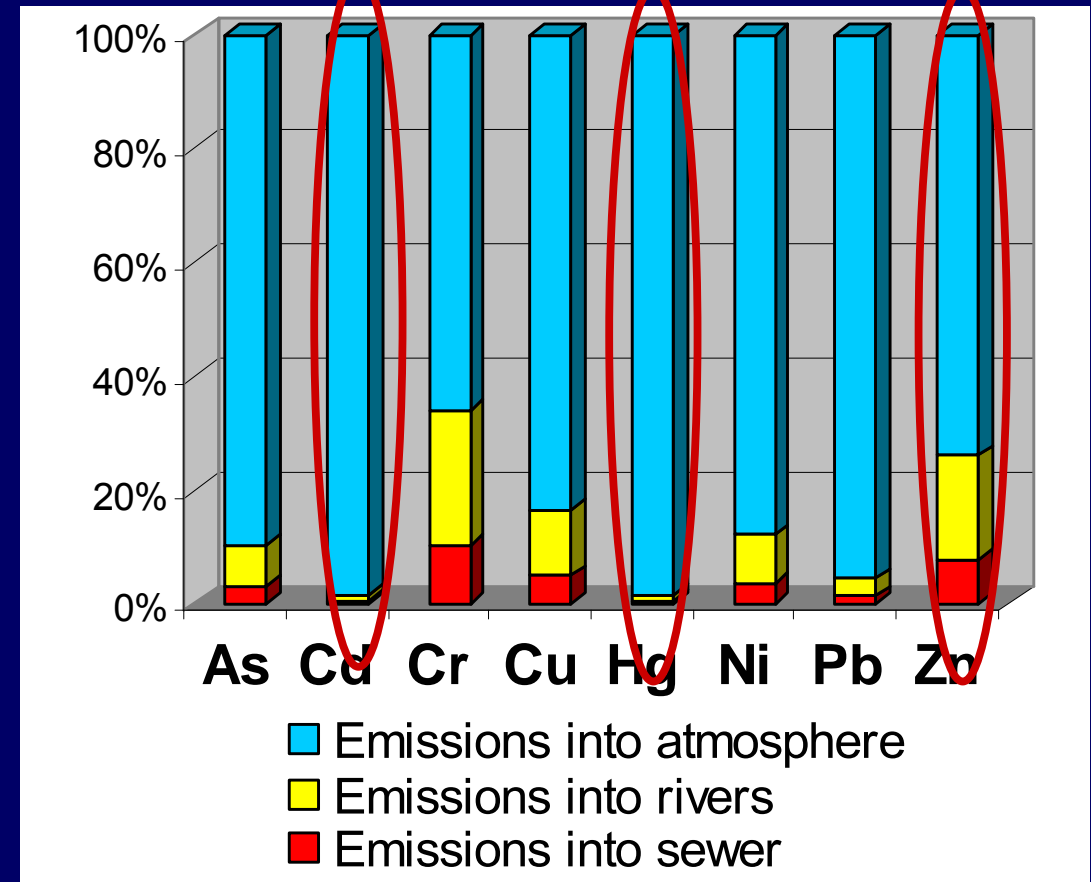


CENTRE  
D'HISTOIRE DES  
TECHNIQUES

# Rejets industriels des métaux

## Résultats

- Estimations CITEPA (atm.) & AESN (eau)





## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

# Rejets industriels des métaux

- Conclusion des estimations CITEPA (2004) & AESN (2006)
- Rejets majoritaires dans **l'atmosphère**: tous les métaux
  - Rejets significatifs **en rivière**
    - Zn 35 t/an
    - Cd = Hg = 16 kg/an
  - Rejets non négligeables en **réseau domestique**
    - Zn 15 t/an
    - Cd = Hg = 7 kg/an



CENTRE  
D'HISTOIRE DES  
TECHNIQUES



# Rejets industriels des métaux

***Introduction***

***Sources de données***

***Atmosphère***

***Sols et alluvions***

***Activ. industrielles***

***Impact Méga Paris***

***Métaux dissous***

***Bilans sur le bassin***

***Evolution historique***

***Conclusion***

Des questions ?



# Méga Paris Groupe C

## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

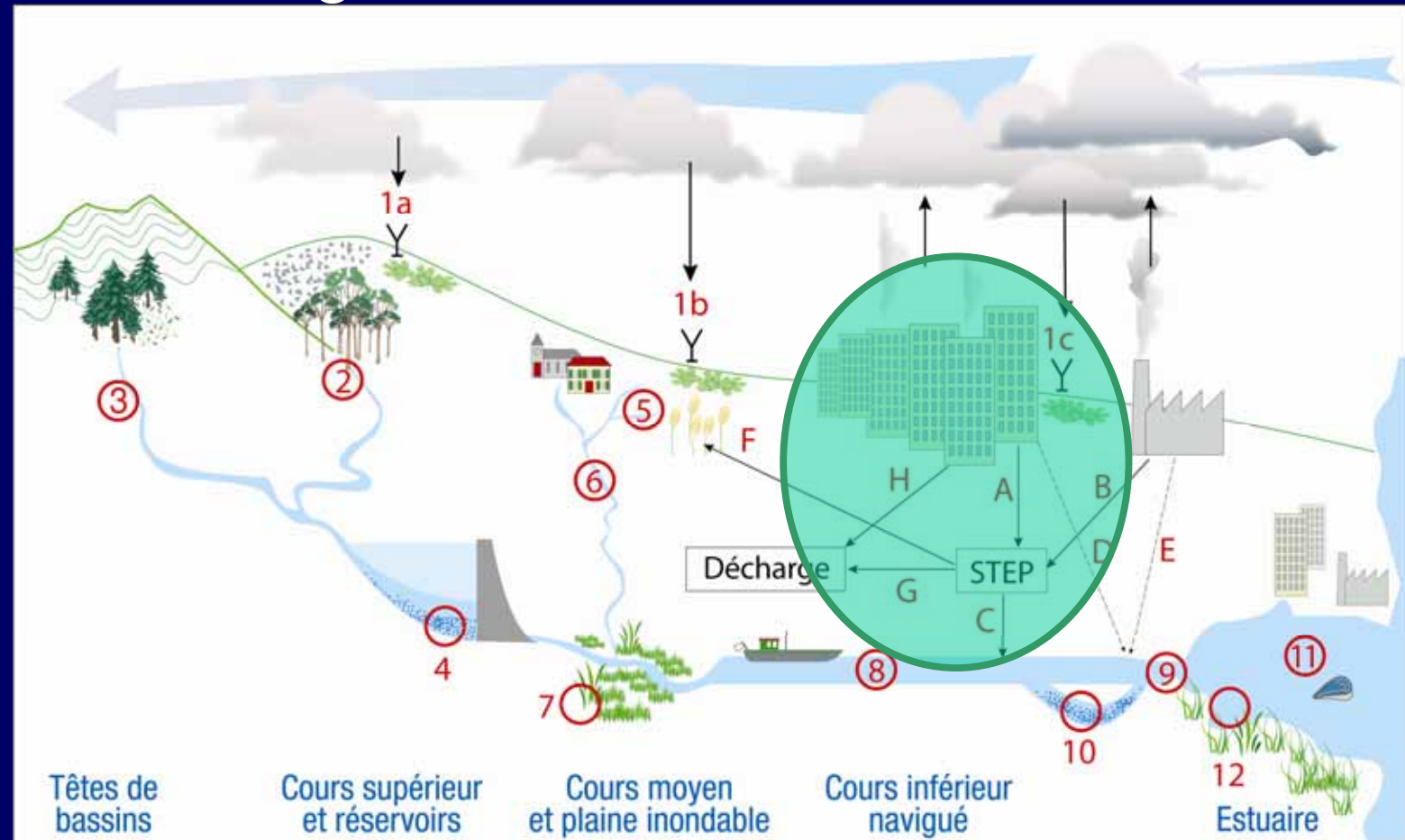
Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

- Schéma général de transfert de métaux







# Méga Paris Groupe C

## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

## Questions

- **Méthodologie** (programme OPUR)
  - Bassin versant urbain expérimental: site ?
  - Extrapolation à Méga Paris: méthode ?
  - Validation de ces extrapolations: méthode ?

## Éléments de réponses dans

STOTEN DT: p. 189-192

Doc.4: Dresser un bilan des métaux : p. 34 à 39

- **Schéma conceptuel** d'une zone urbaine
  - Flux pris en compte dans ce schéma ?
- **Importance respective** des rejets domestiques et du ruissellement de Paris?
- **Importance respective** des rejets de Méga Paris / des villes du bassin ?
  - Sable de curage des réseaux
  - Boues de stations d'épuration
  - Rejets urbains de temps de pluie
  - Rejets d'eau traitée
- **Conclusion**: rejets majoritaires ?





# Méga Paris Groupe C

## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

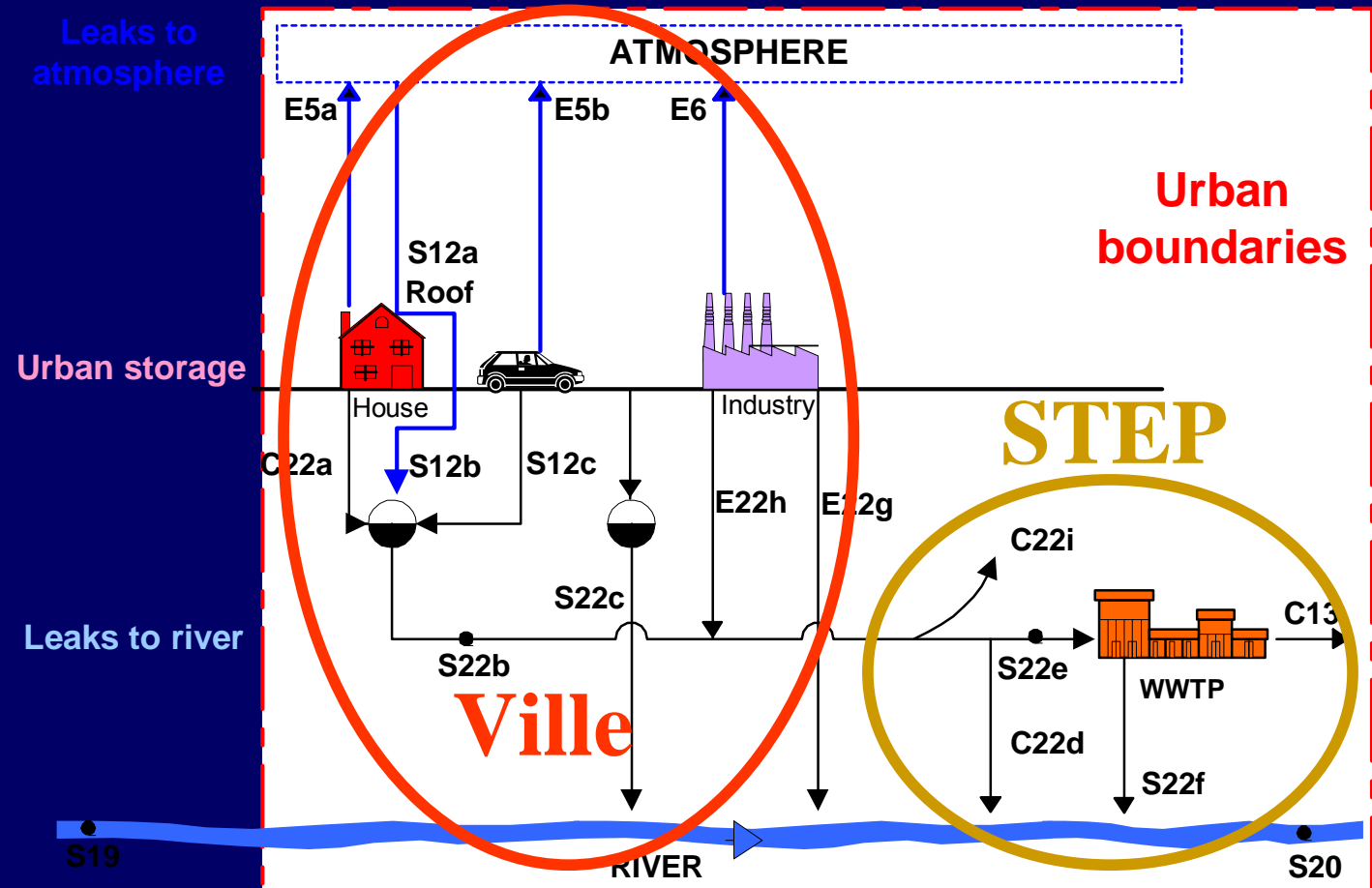
Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

## Schéma conceptuel Flux domestiques & station épuration





# Méga Paris Groupe C

## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

Méthodologie

**Bassin versant urbain expérimental** du Marais : Paris 4<sup>ème</sup> (0,42 km<sup>2</sup>)  
campagnes lourdes en 1996-1997

**Extrapolation à Méga Paris** (2 741 km<sup>2</sup>):

- Tissus urbain continu: 91 km<sup>2</sup>
- Tissus urbain discontinu: 1 087 km<sup>2</sup>
- Zones industrielles et commerciales : 222 km<sup>2</sup>
- **Validation** sur entrée STEP Seine-Aval

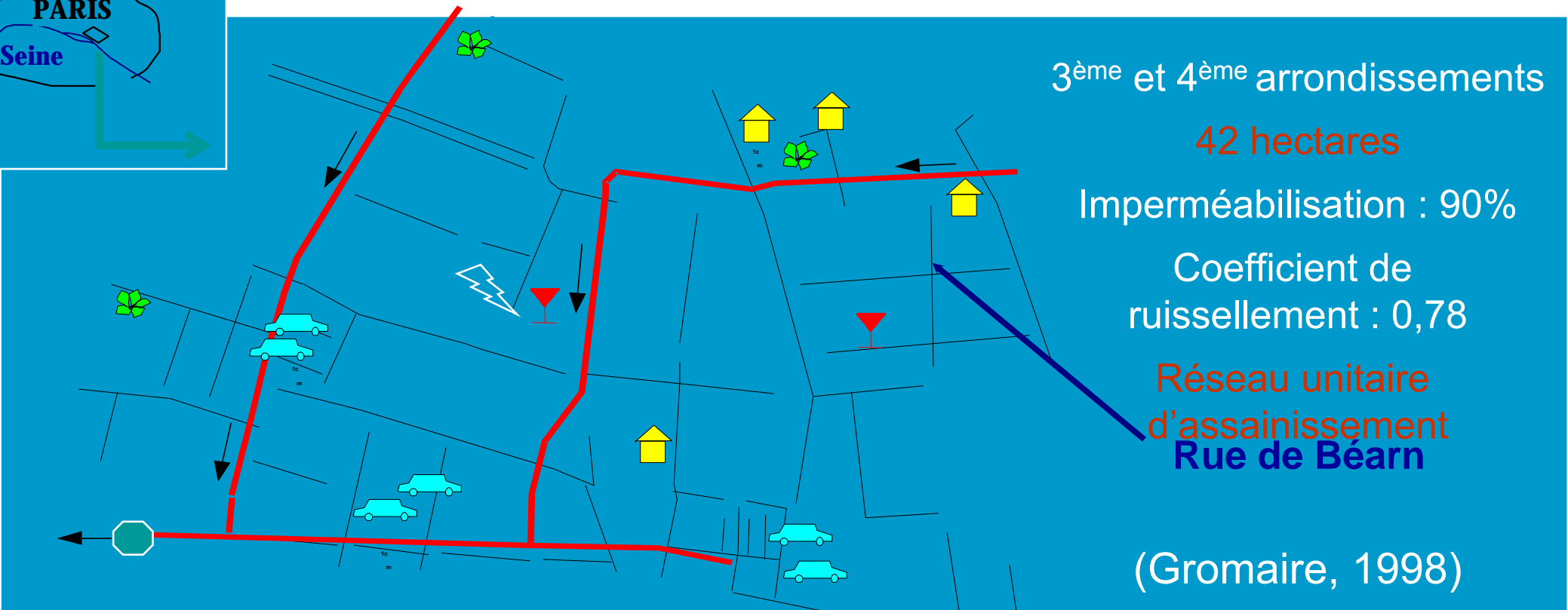
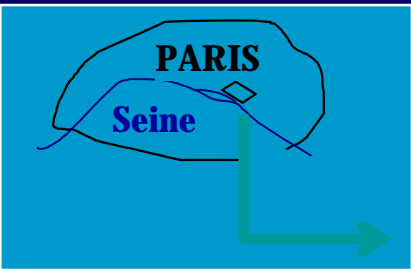
→ bon accord Cu, Pb & Zn

→ désaccord Cd (raisons analytiques !)



# Bassin versant expérimental du Marais

## Groupe C



- Retombées atmosphériques
- Pluviomètre
- Ruissellement cours (23%)
- Ruissellement toitures (54%)
- Ruissellement chaussées (23%)
- Exutoire du bassin versant



# Bassin versant expérimental du Marais

## Groupe C

- Eaux de ruissellement : cours, toitures, chaussées

### Ruissellement de toiture



### Ruissellement de chaussée



- Prélèvements d'échantillons moyens

# Zn particulière à Paris

→ croissance de la contamination d'amont en aval STEP

## Retombées atmosphériques

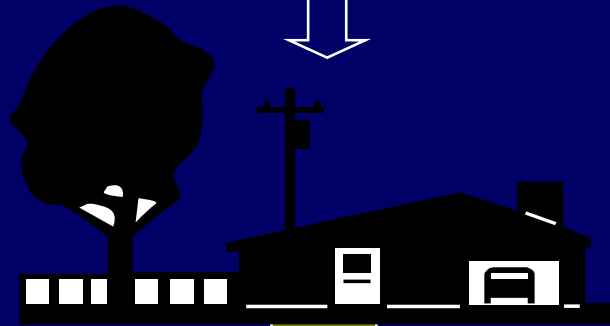
2 700 - 22 000 mg.kg<sup>-1</sup> m.s.



Transfert de Zn en milieu urbain par temps de pluie (déciles inf. et sup.) S. Garnaud

## Ruissellement

400 - 130 000 mg.kg<sup>-1</sup> m.s.



## Station d'épuration Seine-Aval (1991-1994)

1 100 - 2 300 mg.kg<sup>-1</sup> m.s.



## Exutoire (Marais)

5 000 - 9 000 mg.kg<sup>-1</sup> m.s.



5 000 - 9 000 mg.kg<sup>-1</sup> m.s.

3 000 mg.kg<sup>-1</sup> m.s.

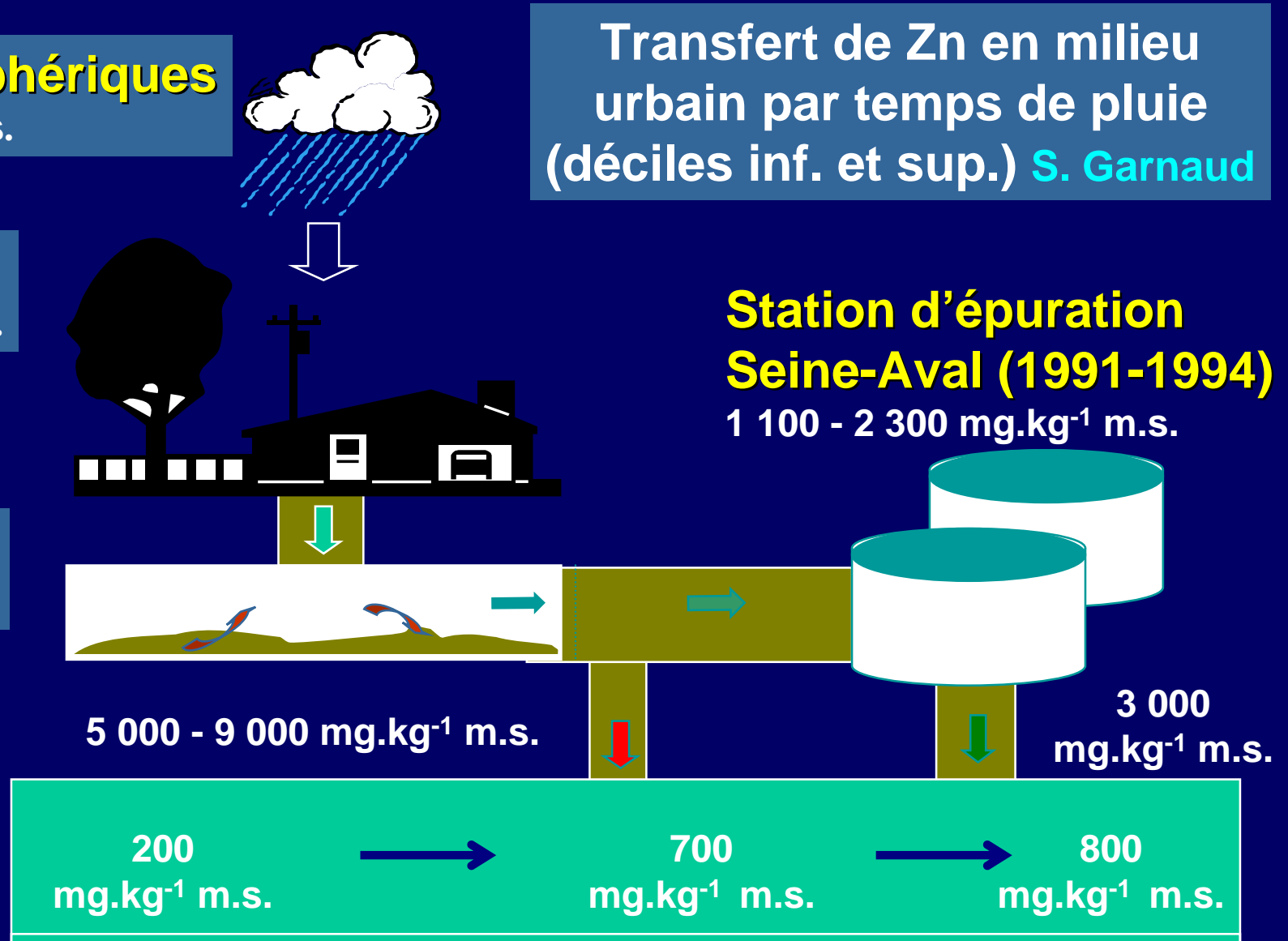
## Surverse d'orage de Clichy

La Seine

200 mg.kg<sup>-1</sup> m.s.

700 mg.kg<sup>-1</sup> m.s.

800 mg.kg<sup>-1</sup> m.s.







## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

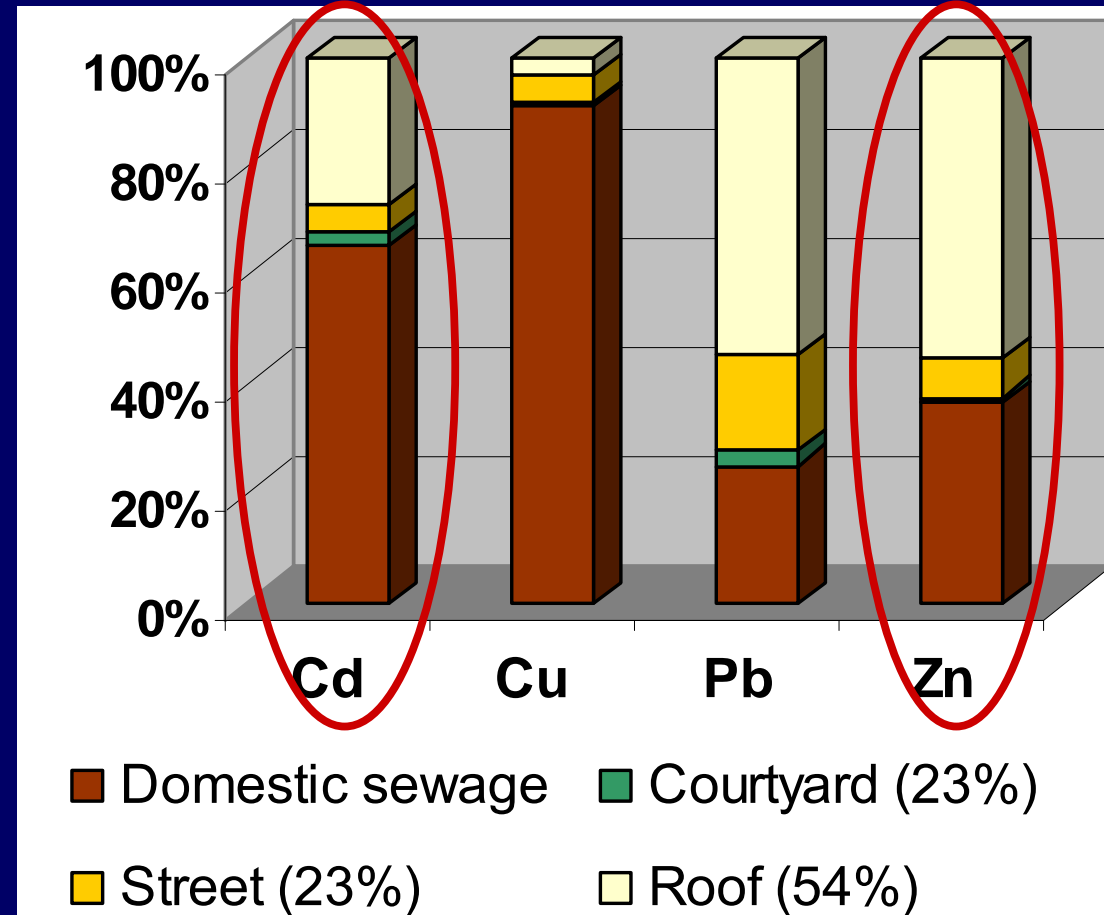
Evolution historique

Conclusion

## Résultats Origine des flux métalliques annuels

Ruissellement

Domestique







# Méga Paris Groupe C

## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

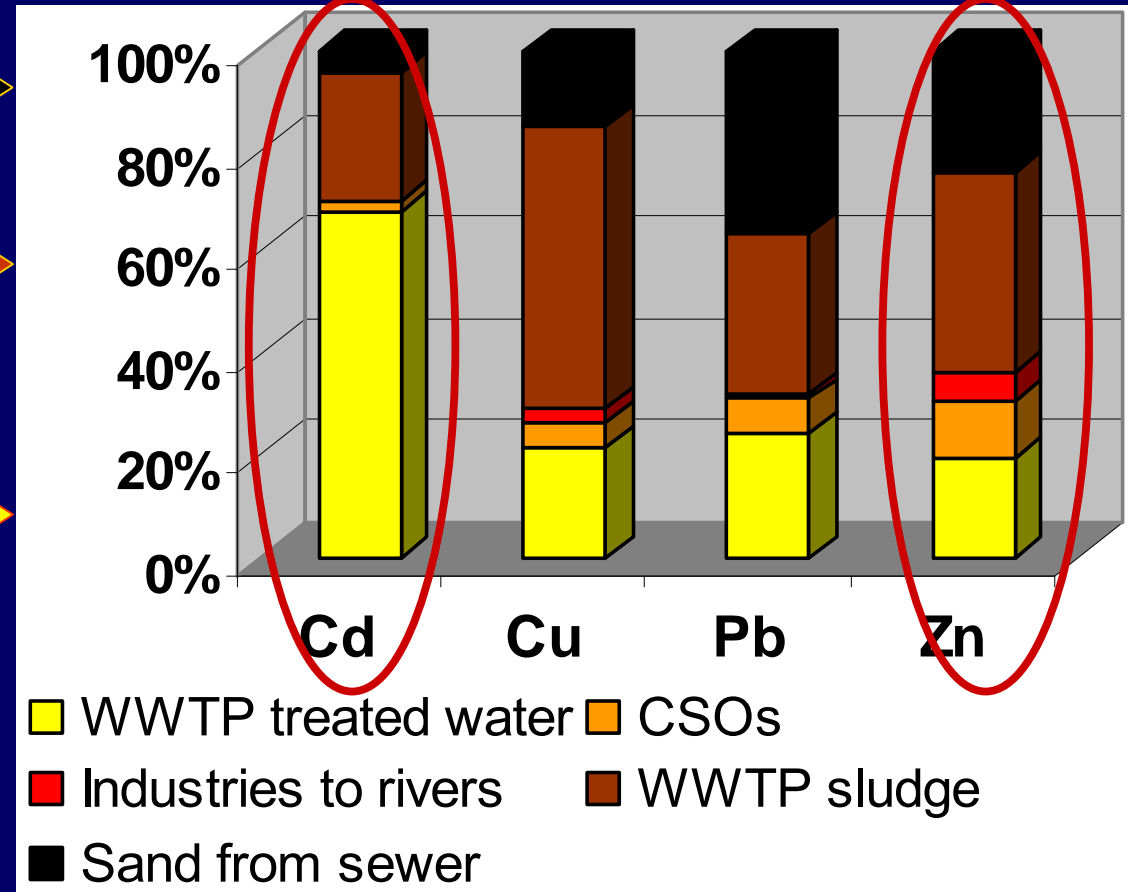
## Conclusion

## Résultats Rejets environnementaux (t/an)

Sables réseau

Boues STEP

Rejet STEP





# Méga Paris Groupe C

## Introduction

Sources de données

Atmosphère

Sols et alluvions

Activ. industrielles

Impact Méga Paris

Métaux dissous

Bilans sur le bassin

Evolution historique

Conclusion

## Résultats Rejets majoritaires:



- **Cd (3 t/an):**  
rejets **eaux traitées** majoritaire
- **Cu (120 t/an):**  
rejets **boues de STEP** majoritaires
- **Pb (102 t/an):**  
sables de réseau + **boues** et **rejets de STEP** majoritaires
- **Zn (455 t/an):**  
rejets **boues de STEP** majoritaires

Commentaire • A compléter par rejets de métaux dissous par STEP



# Méga Paris Groupe C

## *Introduction*

*Sources de données*

*Atmosphère*

*Sols et alluvions*

*Activ. industrielles*

*Impact Méga Paris*

*Métaux dissous*

*Bilans sur le bassin*

*Evolution historique*

*Conclusion*

Des questions ?