

Micropolluants présents dans les milieux aquatiques  
et leur impact sur la santé humaine

Exemple de l'agglomération parisienne

# Origines, concentrations et caractéristiques des micropolluants dans les eaux urbaines

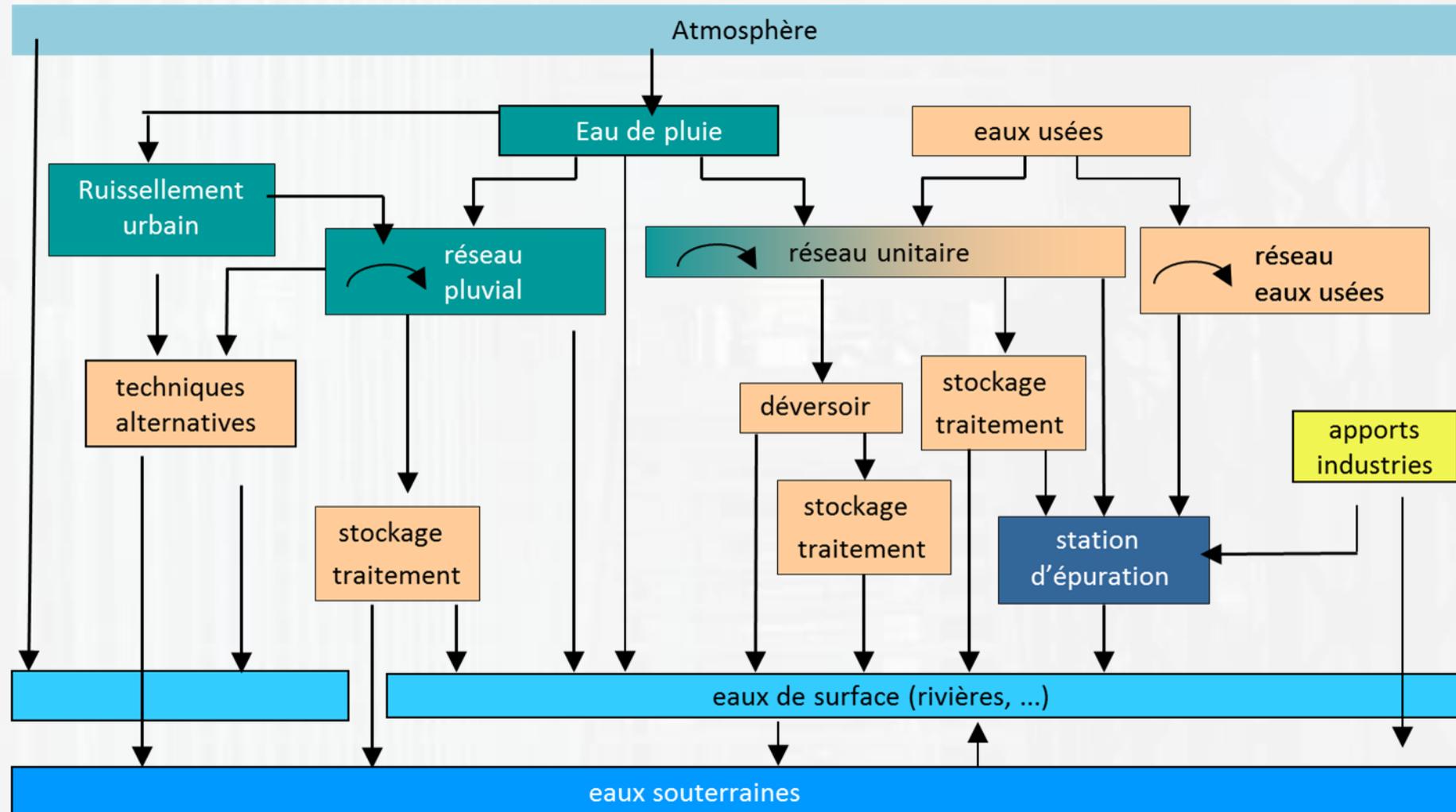
Johnny GASPERI - LEESU

Adèle BRESSY - LEESU

Alain RABIER - CD 94

Baptiste CASTEROT - AESN







**Micropolluants présents dans les milieux aquatiques  
et leur impact sur la santé humaine**

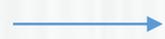
# Eaux résiduaires urbaines en réseaux unitaires

Micropolluants présents dans les milieux aquatiques  
et leur impact sur la santé humaine

# Réseaux unitaires



Eaux industrielles /  
artisanat  
Eaux domestiques  
Eaux grises  
Eaux vannes



Eaux résiduaires urbaines temps sec et temps de pluie



## Micropolluants présents dans les milieux aquatiques et leur impact sur la santé humaine

# ERU – Temps sec



### Produits de soins corporels



Parabènes  
Triclosan

....

### Résidus pharmaceutiques



Antibiotiques  
Antidépresseur  
Hormones

....

### Produits d'entretien



Alkylphénols  
Détergents  
COV

....



### Objets du quotidien



Métaux  
Phtalates  
Bisphénols  
PBDE  
Organo-étains

....

### Activités

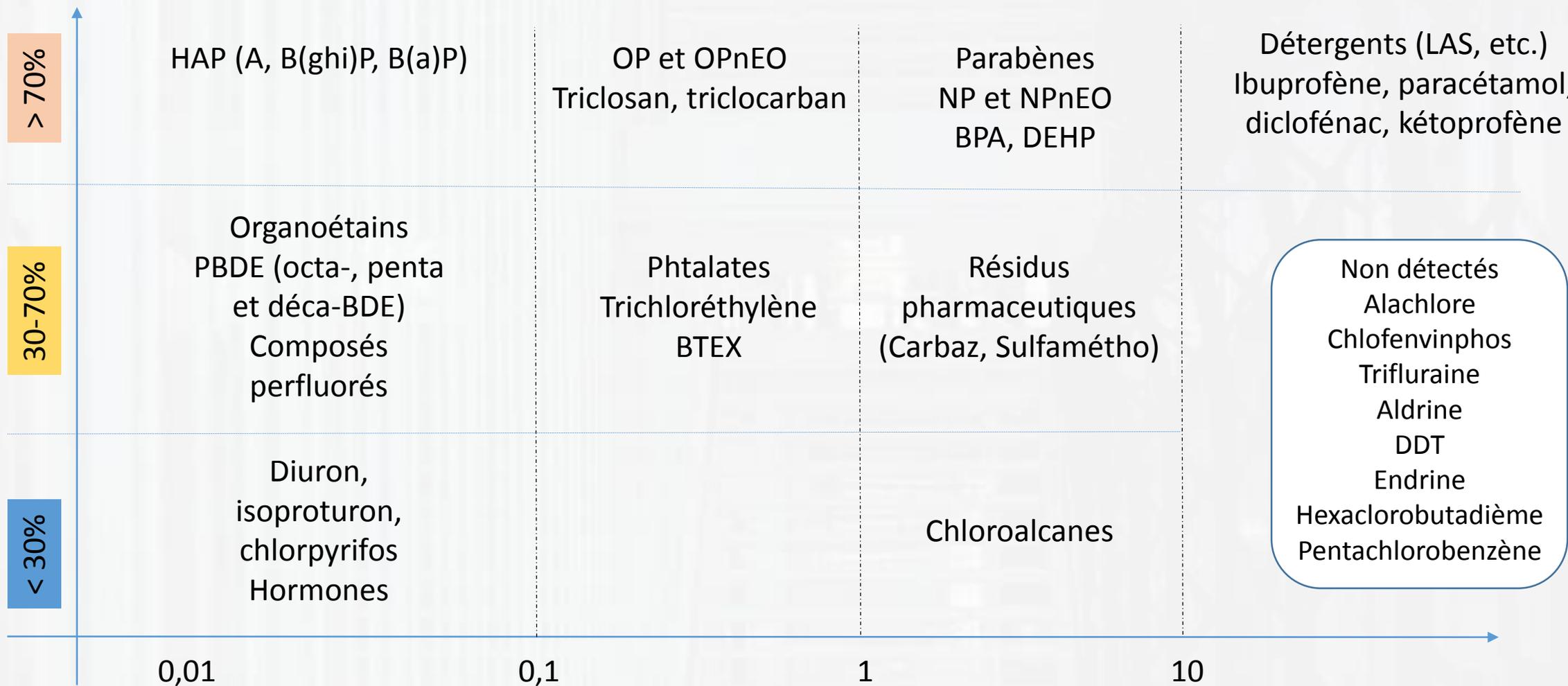


Métaux  
HAP  
Pesticides

....

Micropolluants présents dans les milieux aquatiques  
et leur impact sur la santé humaine

# ERU – Temps sec

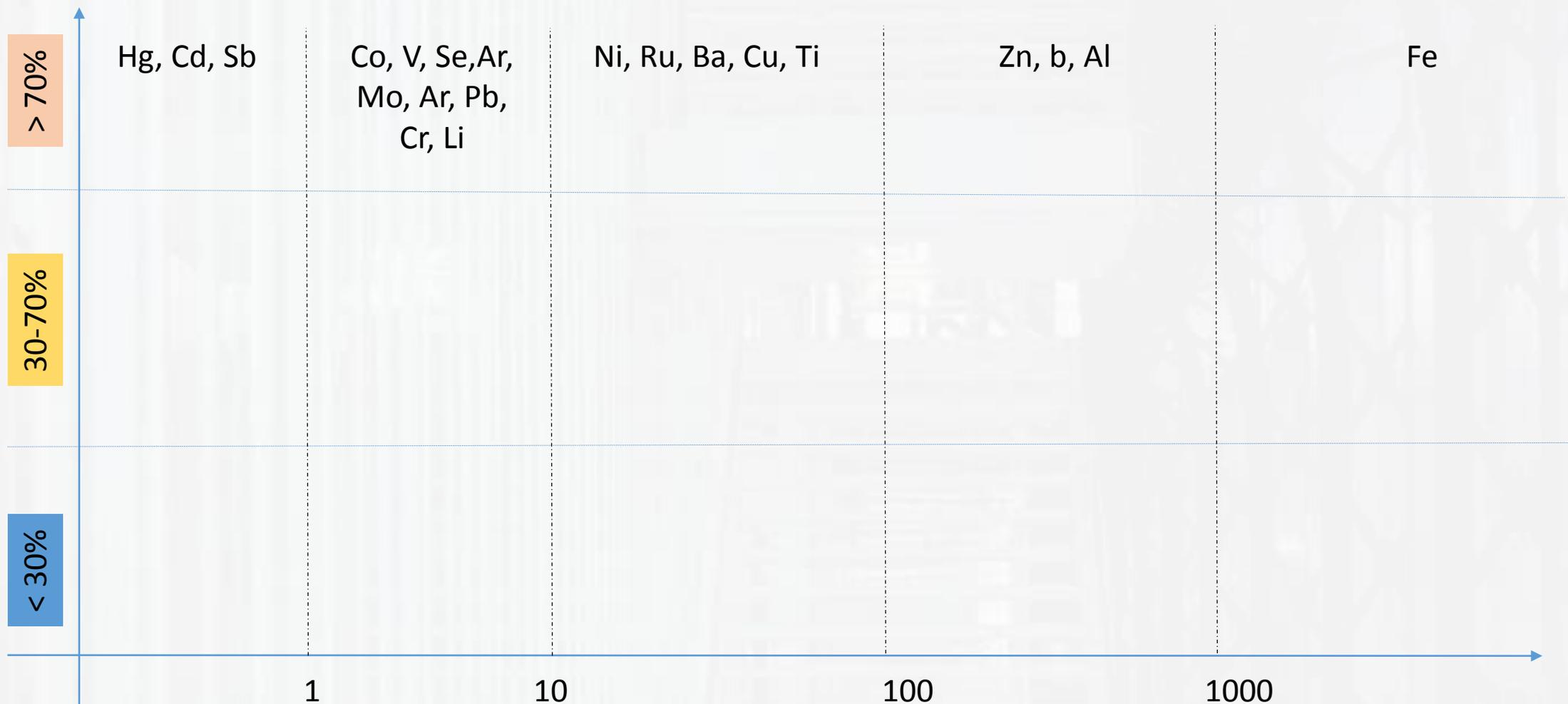


Concentrations en µg.l<sup>-1</sup>

Synthèse des travaux OPUR

## Micropolluants présents dans les milieux aquatiques et leur impact sur la santé humaine

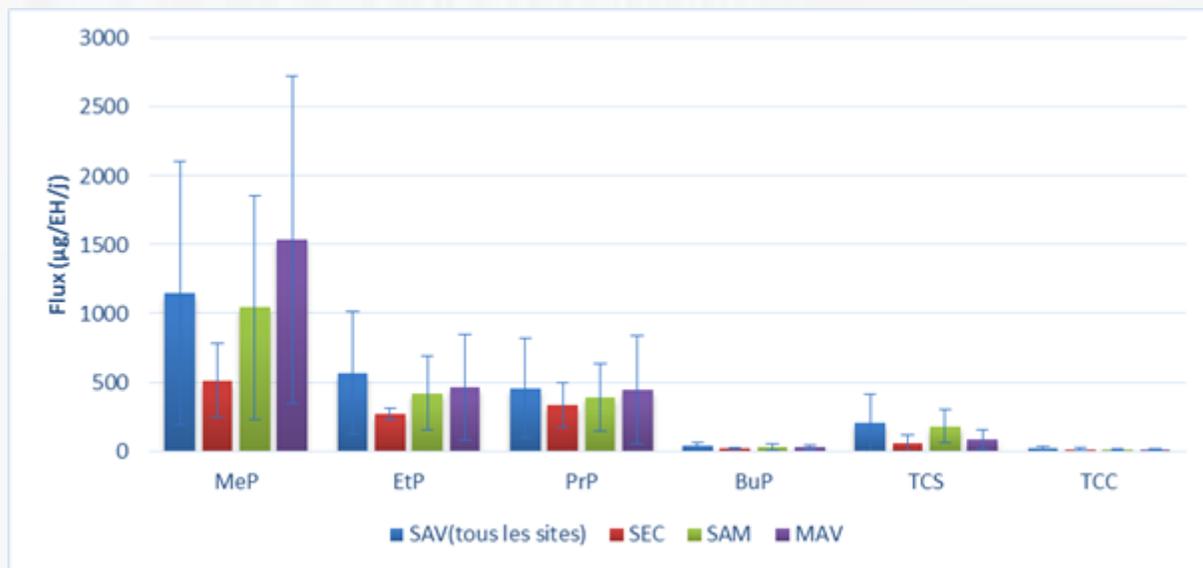
# ERU – Temps sec



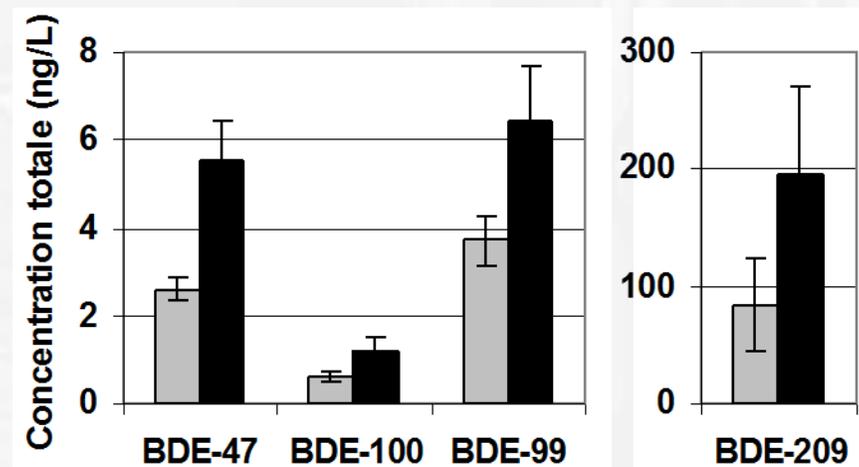
Concentrations en µg.l<sup>-1</sup>

Synthèse des travaux OPUR

- Des eaux usées parisiennes très diluées par les eaux usées parasites
- Des eaux usées urbaines parfois plus contaminées que des eaux usées sur des réseaux de petites collectivités
- Des concentrations qui varient typiquement d'une journée à une autre d'un facteur 2 à 5



Zedek (2016), n= 5



Gilbert (2011), n= 5

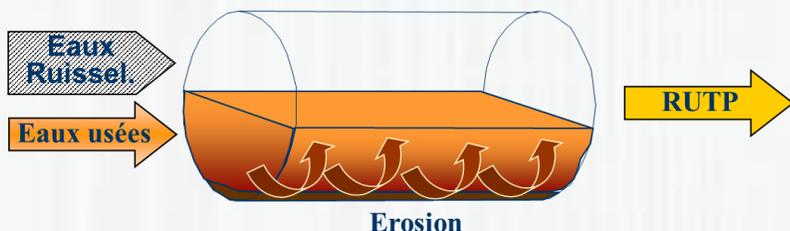
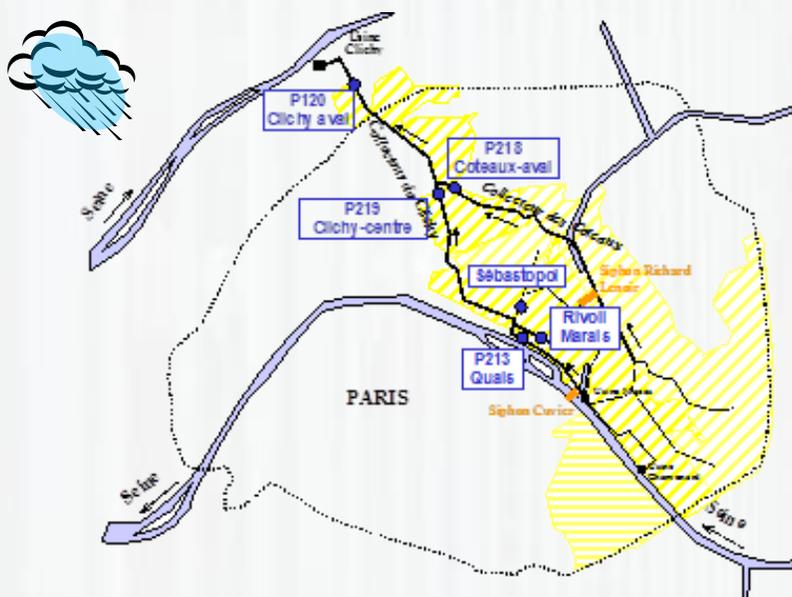
- Des dépôts contaminés

# Micropolluants présents dans les milieux aquatiques et leur impact sur la santé humaine

RUTP



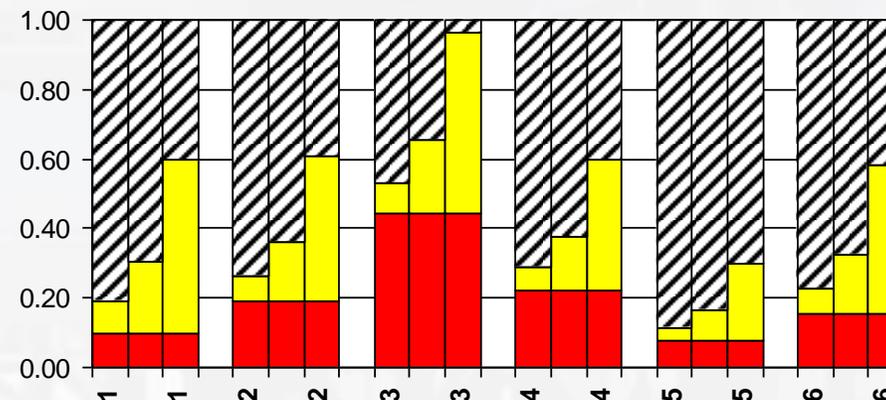
- Processus en réseau : contribution du réseau



- ▨ Érosions dépôts
- Ruissellement
- Eaux usées

*Gasperi et al. (2010)*

HAP



$[HAP]_{ERU}$   
0,2 – 1,2  $\mu\text{g.l}^{-1}$

$[HAP]_{RUTP}$   
0,9 – 3  $\mu\text{g.l}^{-1}$

Tendances observables pour de nombreux métaux et composés hydrophobes (PCB, PBDE, métaux)

- Quelle est la contamination des eaux résiduaires urbaines en amont du réseau ? Quels sont les leviers d'action ?
  - Apports industriels
    - Actions RSDE
    - Thèse Bergé (2012)
    - Étude INERIS
  - Apports artisanat
    - Actions RSDE
  - Apports domestiques
    - Étude des eaux grises (douche, lave-linge, vaisselle...) (thèse Deshayes (2015) Zedek (2016))

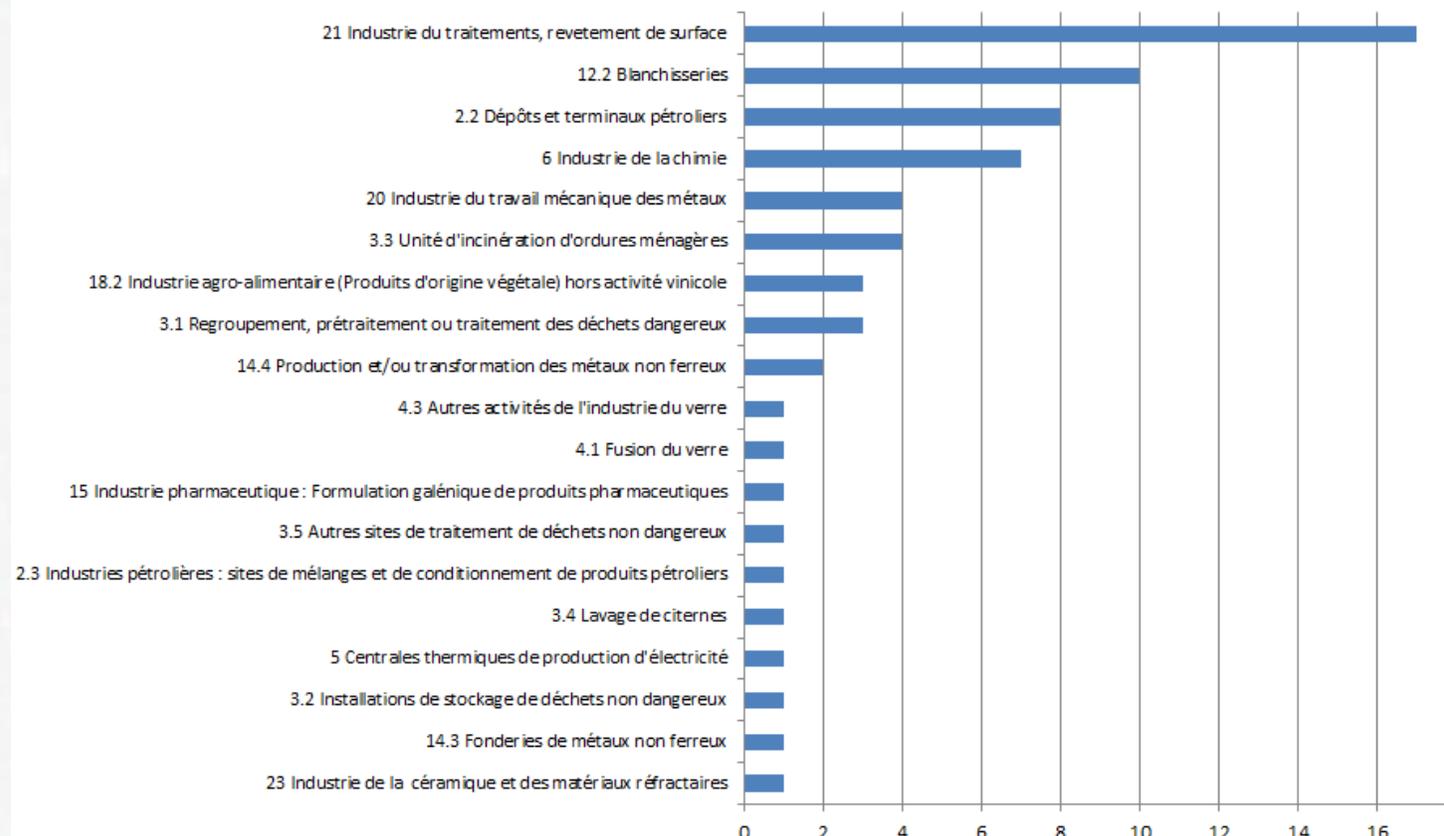
- Au niveau du territoire **Paris Petite Couronne (PPC)** :

- 68 établissements mesurés avec résultats disponibles
- 84 points de rejets mesurés

- Répartition sectorielle

- Traitement de surface
- Blanchisserie
- Dépôts pétroliers
- Industrie chimique
- Industrie des métaux
- Incinérateurs
- ...

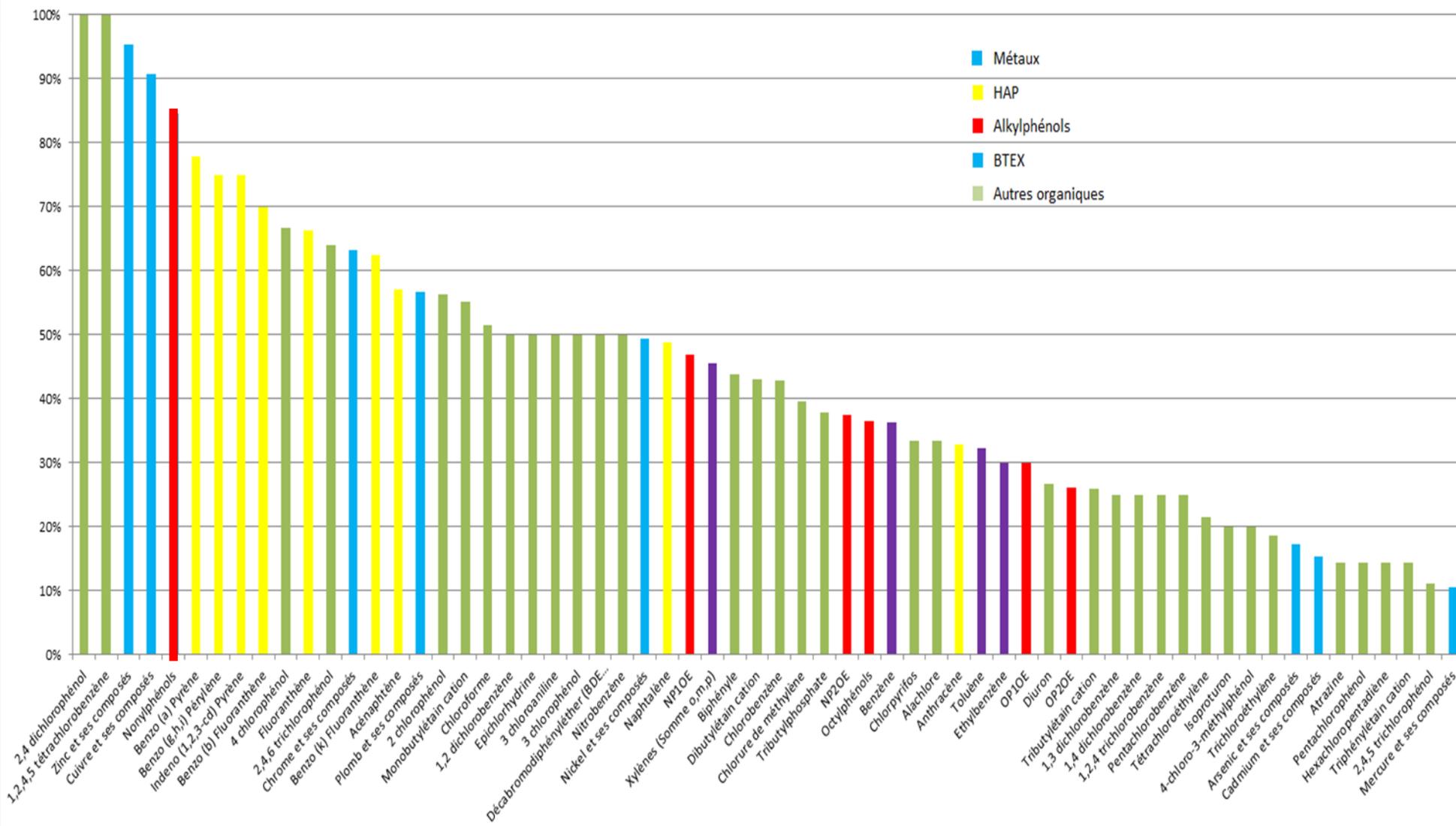
Nombre de sites industriels par secteur d'activité



# Micropolluants présents dans les milieux aquatiques et leur impact sur la santé humaine

# Émissions industrielles - bilan RSDE

Occurrence des substances dans les rejets industriels (PPC)

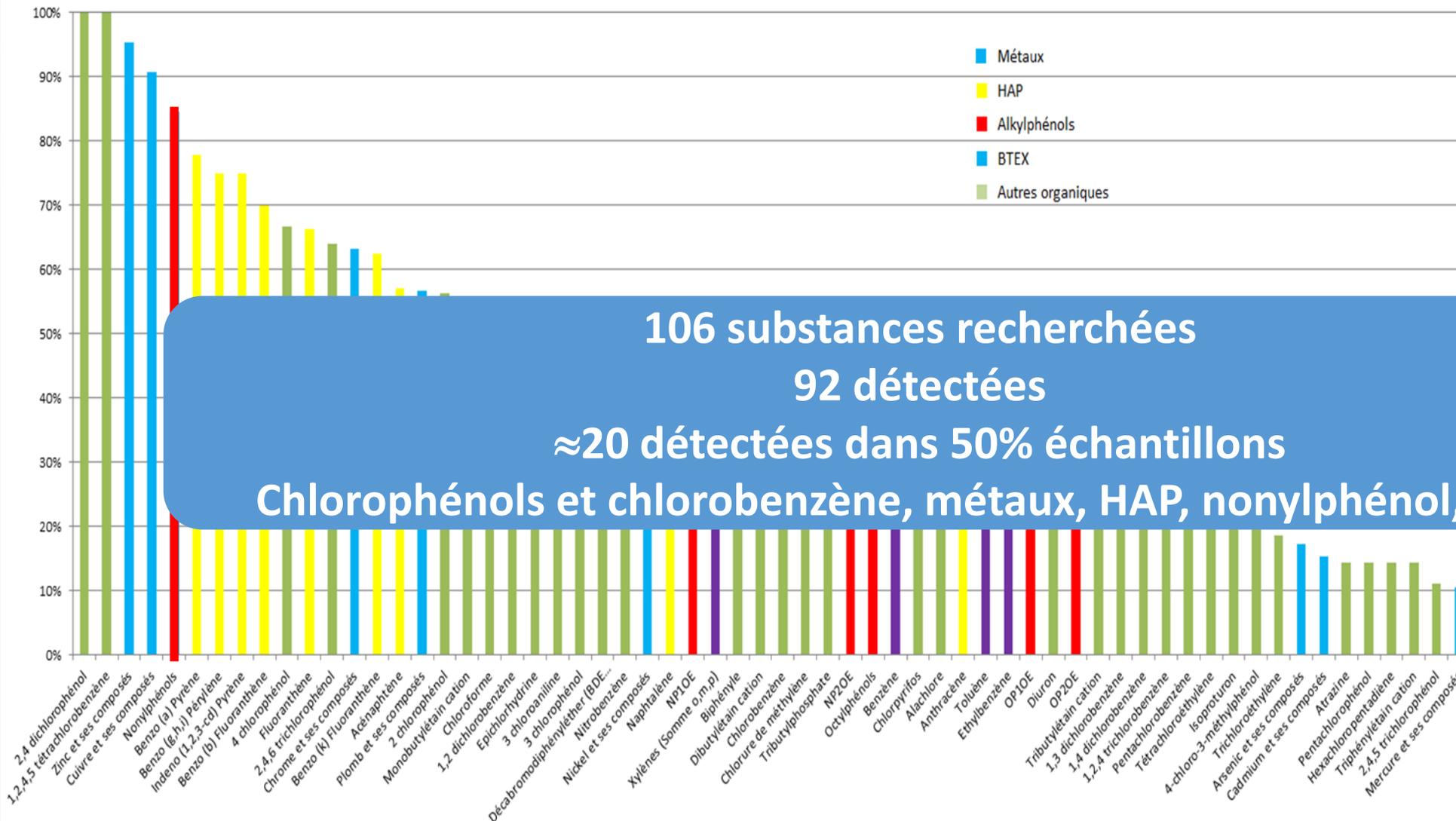


# Micropolluants présents dans les milieux aquatiques et leur impact sur la santé humaine

# Émissions industrielles - bilan RSDE



Occurrence des substances dans les rejets industriels (PPC)



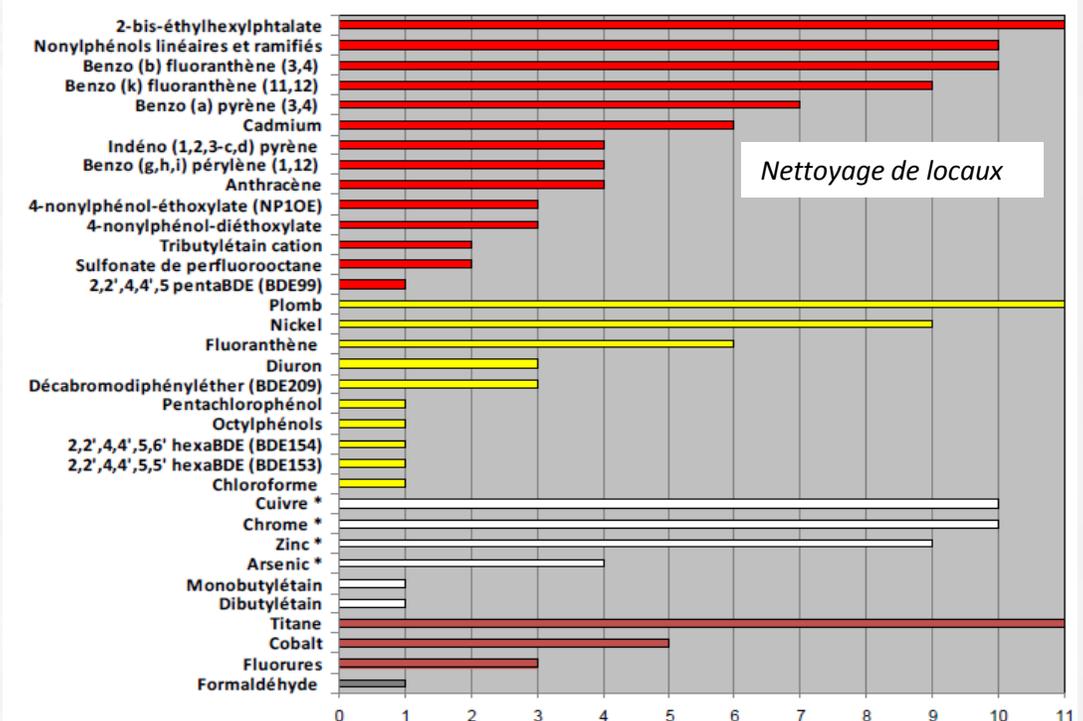
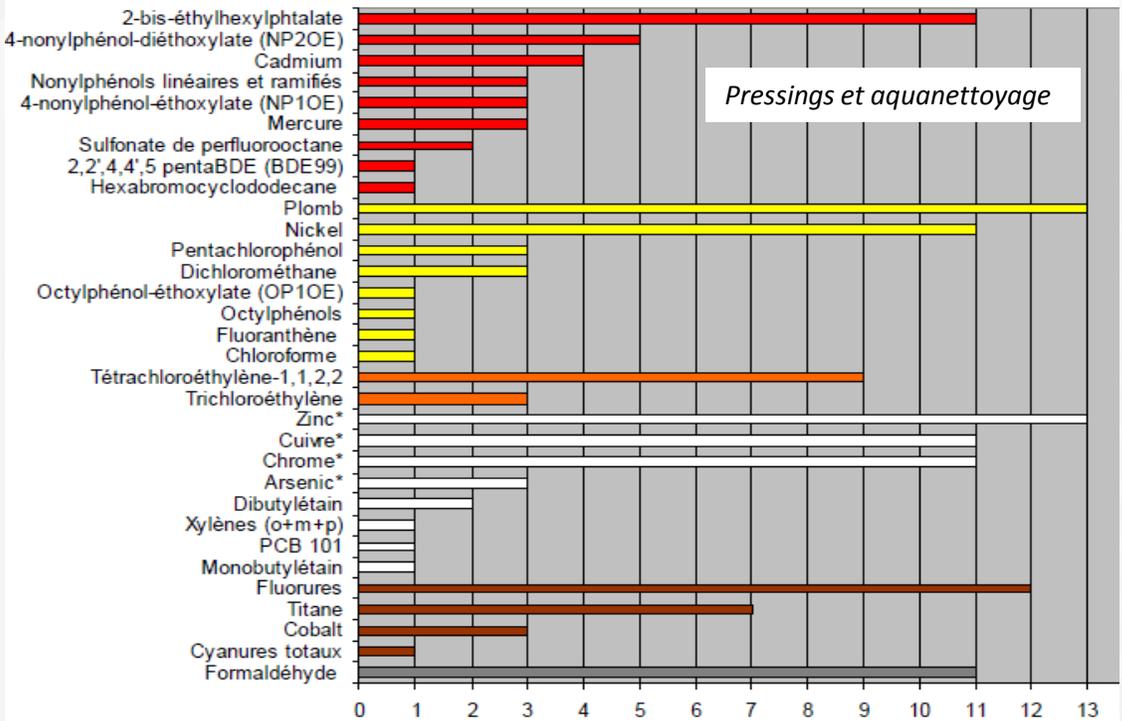


# Émissions artisanat - bilan RSDE

## Caractérisation des rejets de petites entreprises sur 10 métiers :

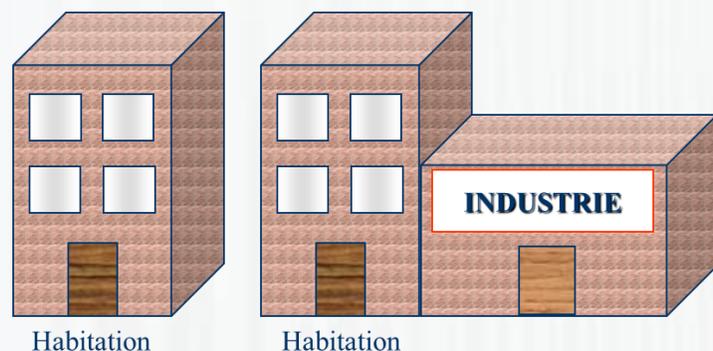
- Mécanique automobile, imprimerie, peinture en bâtiment, pressing, carénage, prothésiste dentaire, coiffure, nettoyage (locaux et façades), métiers du bois
- 114 prélèvements réalisés dans 54 entreprises artisanales

## Nombre de prélèvements quantifiés > NQE



Source : CNIDEP

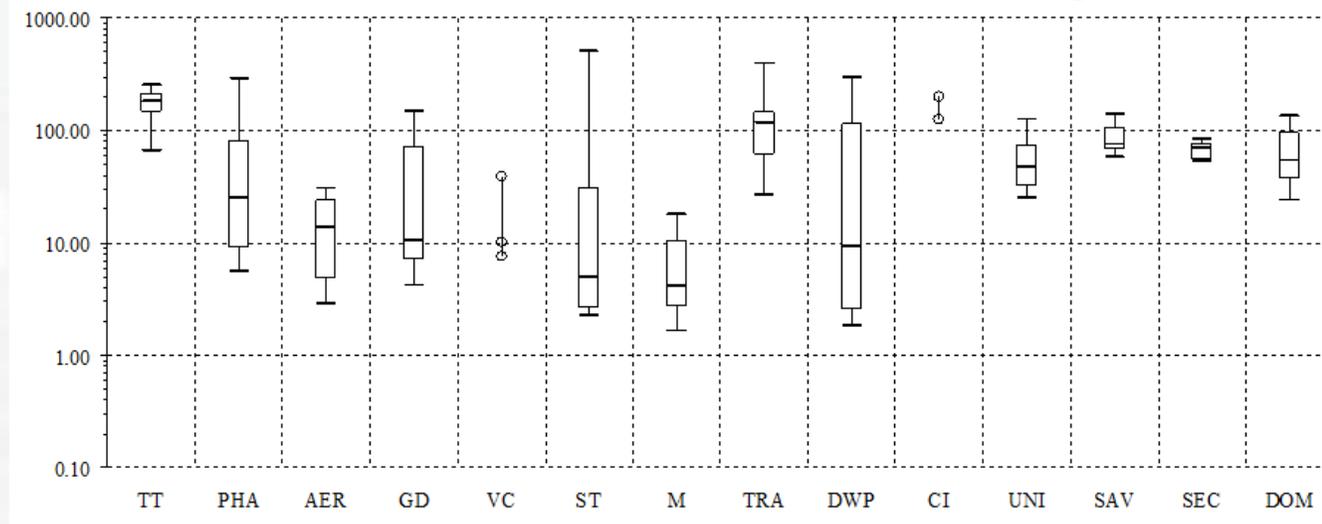
- Thèse de Bergé (2013, OPUR)



- 33 sites industriels, 11 secteurs d'activité
- 93% rejets industriels à l'échelle parisienne

### Concentrations en PAE ( $\mu\text{g/l}$ )

Bergé *et al.* (2013)



**Contributions des apports industriels < 5 % pour NP et PAE  
(région Parisienne)**

**Micropolluants présents dans les milieux aquatiques  
et leur impact sur la santé humaine**

**Flux AP : industriel vs domestique**

- Ineris (étude sur l'identification des sources résiduelles d'alkylphénols
  - Approche théorique par estimation de flux à l'échelle de la France

- Estimation industrielle
  - 15 t/an NP
- Estimation domestique
  - 33 t/an NP

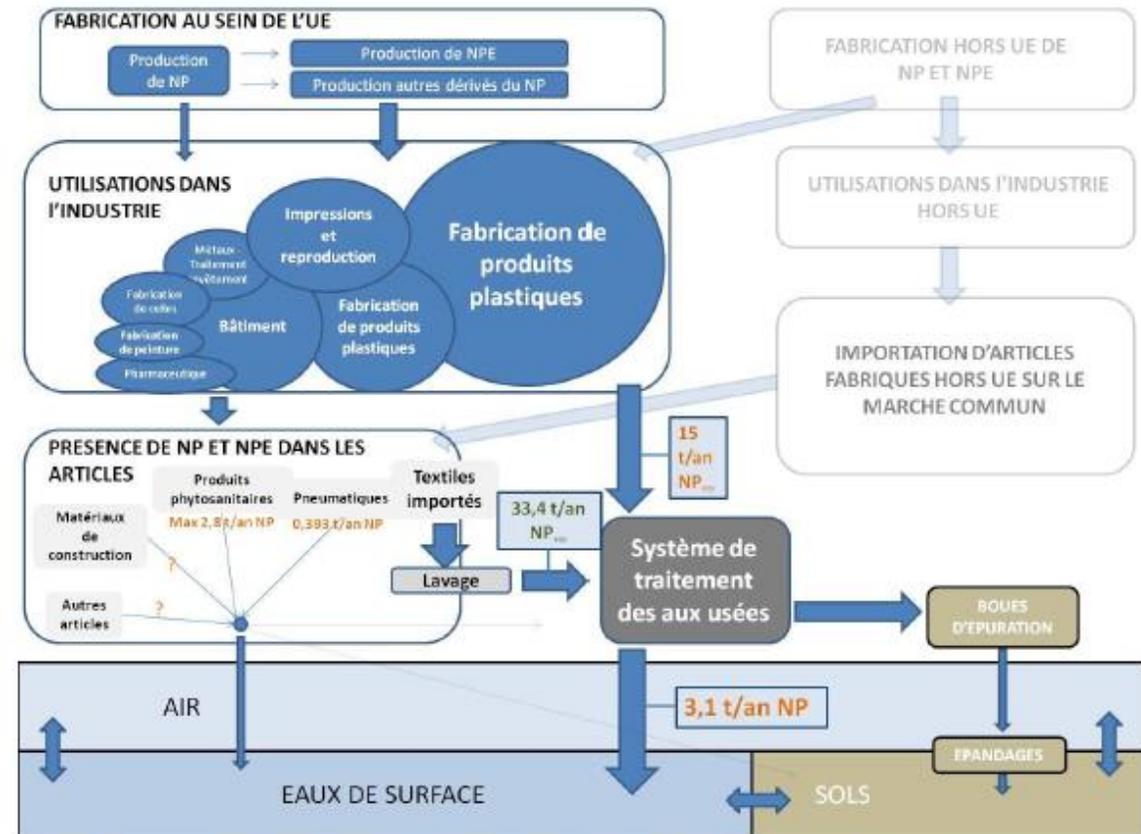


Figure 2 : Processus menant à la présence de NP dans l'environnement – révision suite à la campagne de mesure dans les produits menée par l'INERIS

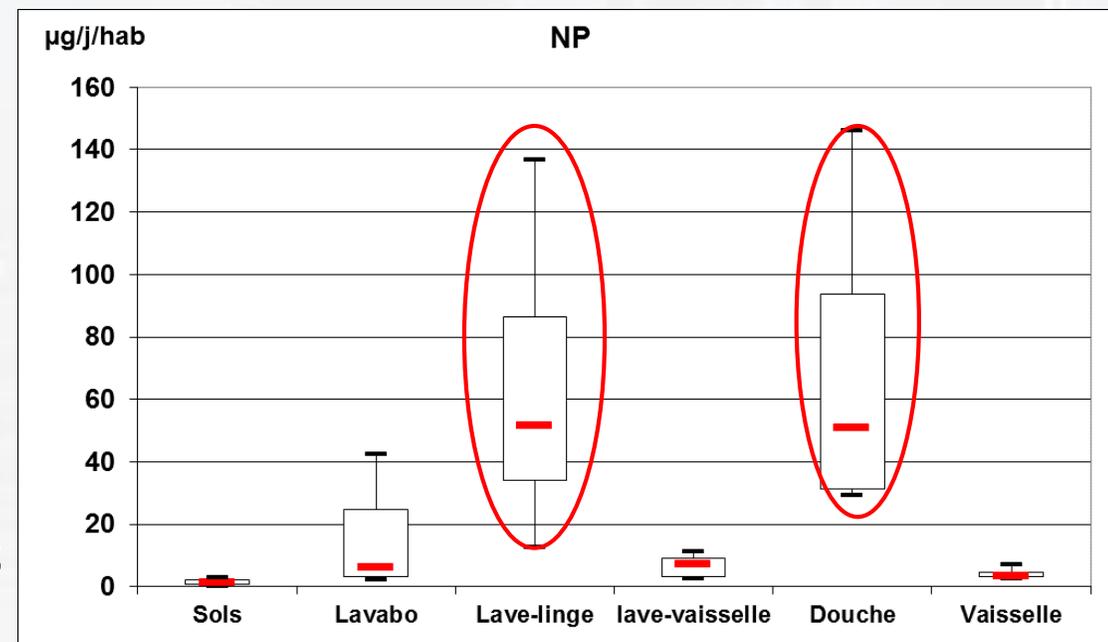
Micropolluants présents dans les milieux aquatiques  
et leur impact sur la santé humaine

## Eaux domestiques : eaux grises



- Collecte de 6 types d'eaux grises (≈ 150 échantillons)
  - AP, phtalates, parabènes, triclosan
- Eaux grises domestiques contaminées
  - 2 sources principales : douche, lave-linge
  - Origine de la contamination : produits utilisés (cosmétiques, lessives...) et vêtements

Deshayes (2015)





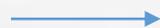
**Micropolluants présents dans les milieux aquatiques  
et leur impact sur la santé humaine**

# Eaux pluviales et réseaux séparatifs

Micropolluants présents dans les milieux aquatiques  
et leur impact sur la santé humaine

# Réseaux séparatifs

Amont



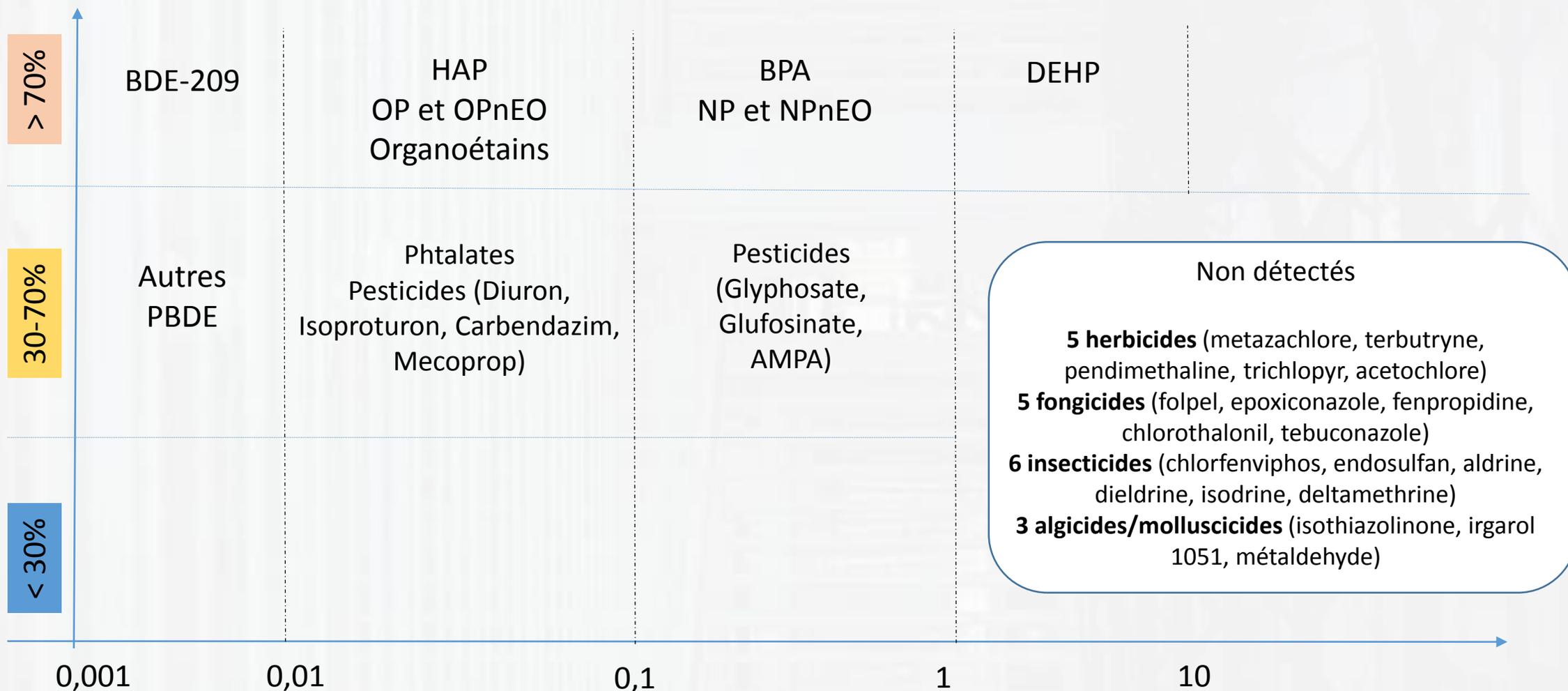
Aval



- ANR INOGEV (2010-2013), 3 BV aux contextes différents
- Création d'une importante base de données : 77 micropolluants (phase dissoute et particulaire)
- Harmonisation des procédures expérimentales : équipements métrologiques sur les sites, échantillonnage, gestion des échantillons et analyses

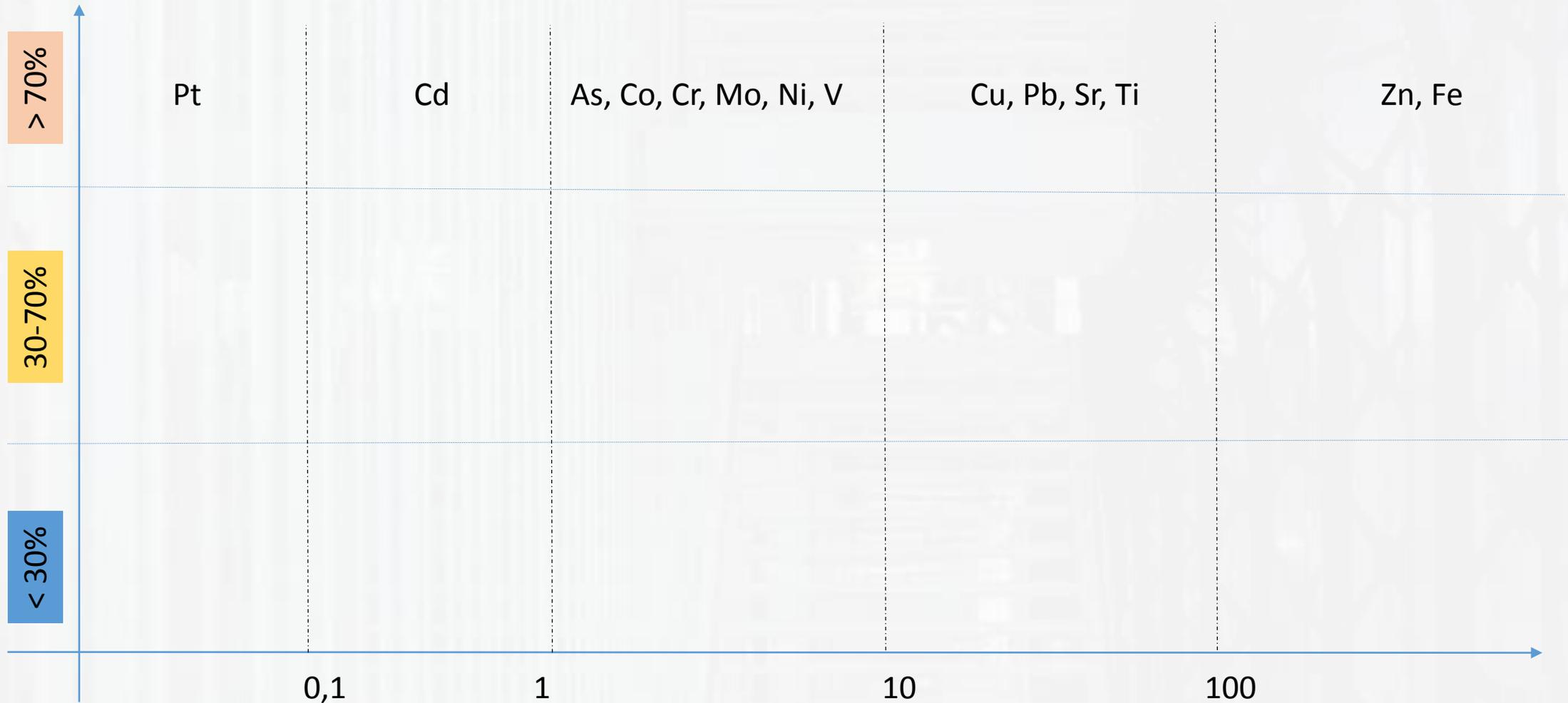
## Micropolluants présents dans les milieux aquatiques et leur impact sur la santé humaine

# Rx séparatifs - Aval





# Rx séparatifs - Aval

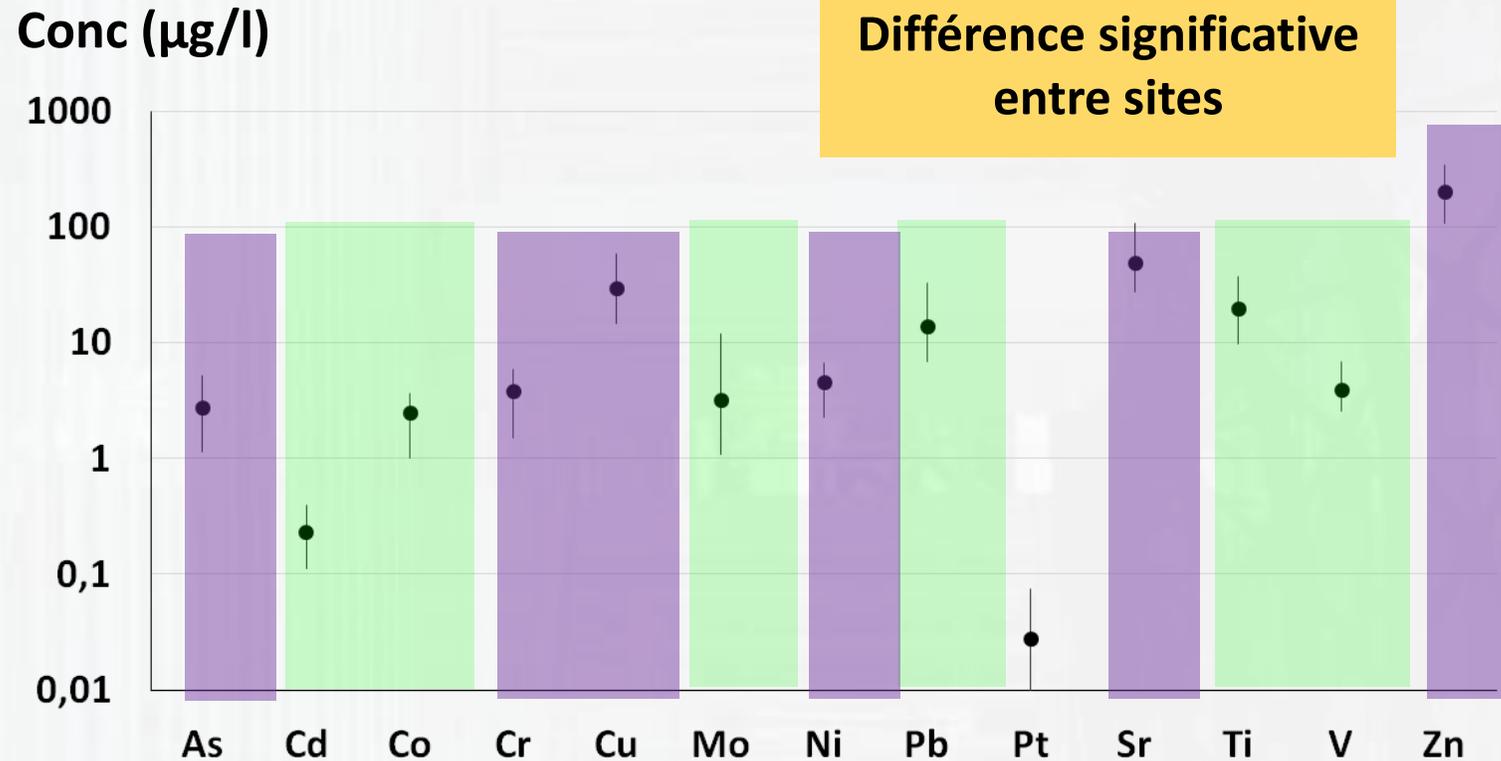


Concentrations en µg.l<sup>-1</sup>

**Micropolluants présents dans les milieux aquatiques  
et leur impact sur la santé humaine**

# Réseaux séparatifs - Aval

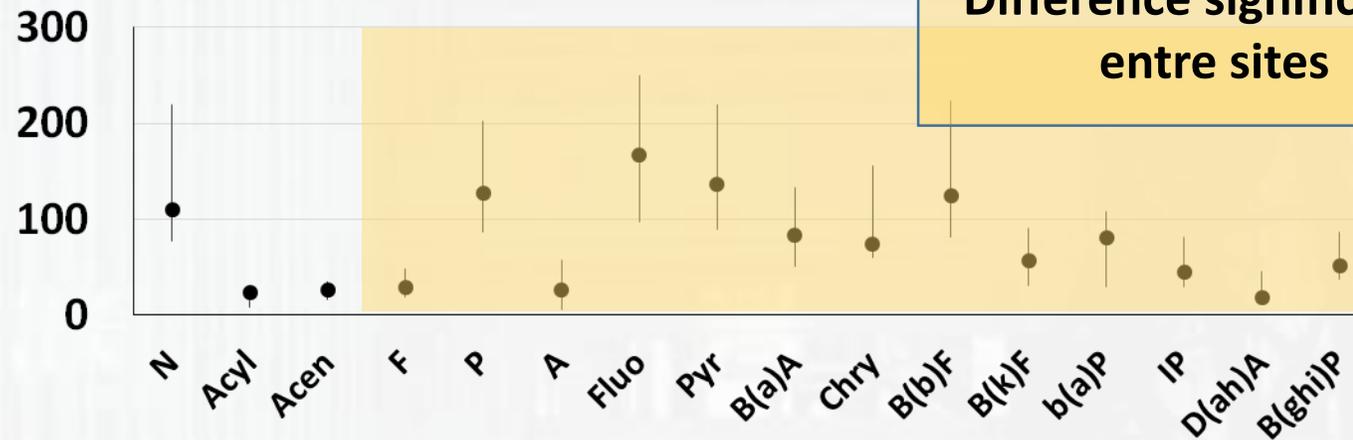
- Une variabilité inter événementielle assez importante pour chaque famille
- Des niveaux de concentrations très similaires selon les bassins versants (cas des alkylphénols, BPA)
- Mais des différences entre sites (cas des HAP et des métaux)



- Variabilité inter-événementielle importante
- Différences entre sites : trafic routier (Cu, Zn, Sr), sites industriels (Cr, Ni)
- Zn ( $126-240 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) > Cu ( $14-38 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) > Sr ( $29-113 \mu\text{g.L}^{-1}$ )
- Majoritairement sous forme particulaire (sauf Sr)



Conc (ng/L)

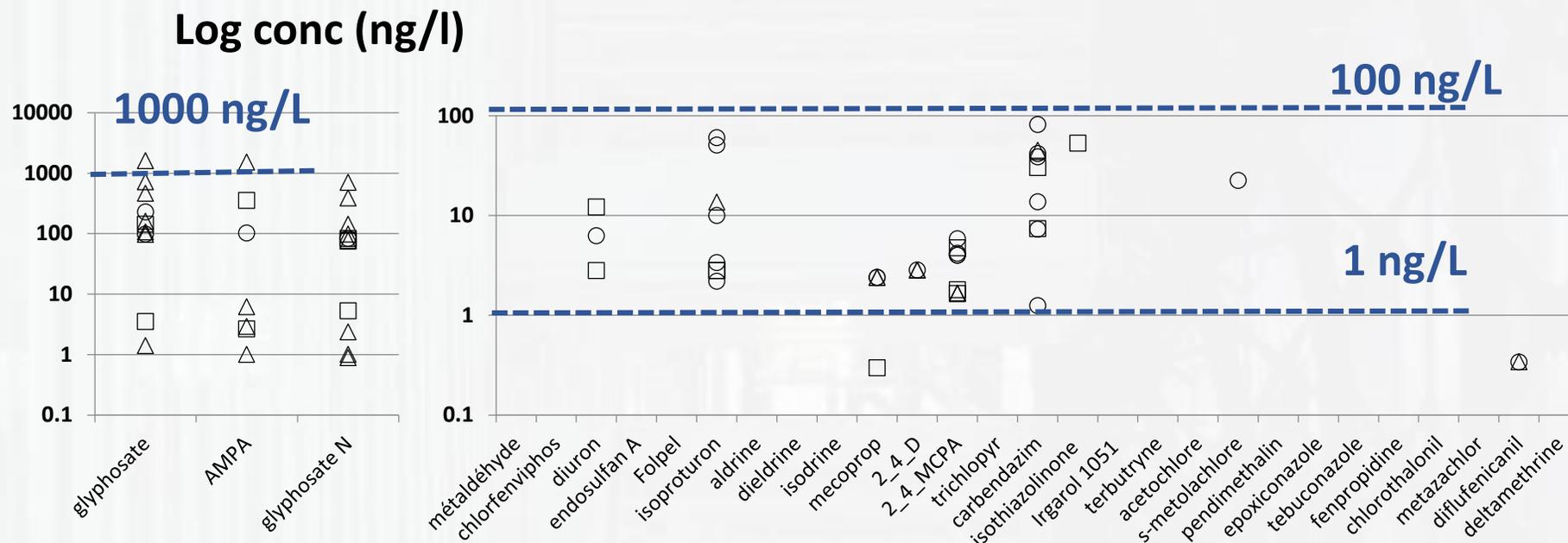


- Variabilité inter-événementielle importante
- Différences entre sites liées au trafic routier , enrichissement en HAP lourds
- $406 < \sum_{13} \text{HAP} < 1237 \text{ ng. L}^{-1}$
- Majoritairement sous forme particulaire



## Micropolluants présents dans les milieux aquatiques et leur impact sur la santé humaine

# Réseaux séparatifs - Aval



- Variabilité inter-événementielle importante
- Différences entre sites (pratiques d'entretien, matériaux)
- glyphosate ( $95-198 \text{ ng.L}^{-1}$ ), AMPA ( $16-469 \text{ ng.L}^{-1}$ ), diuron ( $25-795 \text{ ng.L}^{-1}$ ) et glufosinate ( $6-389 \text{ ng.L}^{-1}$ ) sont prédominants. Présence d'isoproturon carbendazime et mécoprop.
- Majoritairement sous forme dissoute

## Eaux pluviales

Apports  
atmosphériques  
(RAT)

Activités

Matériaux

Industries Trafic routier

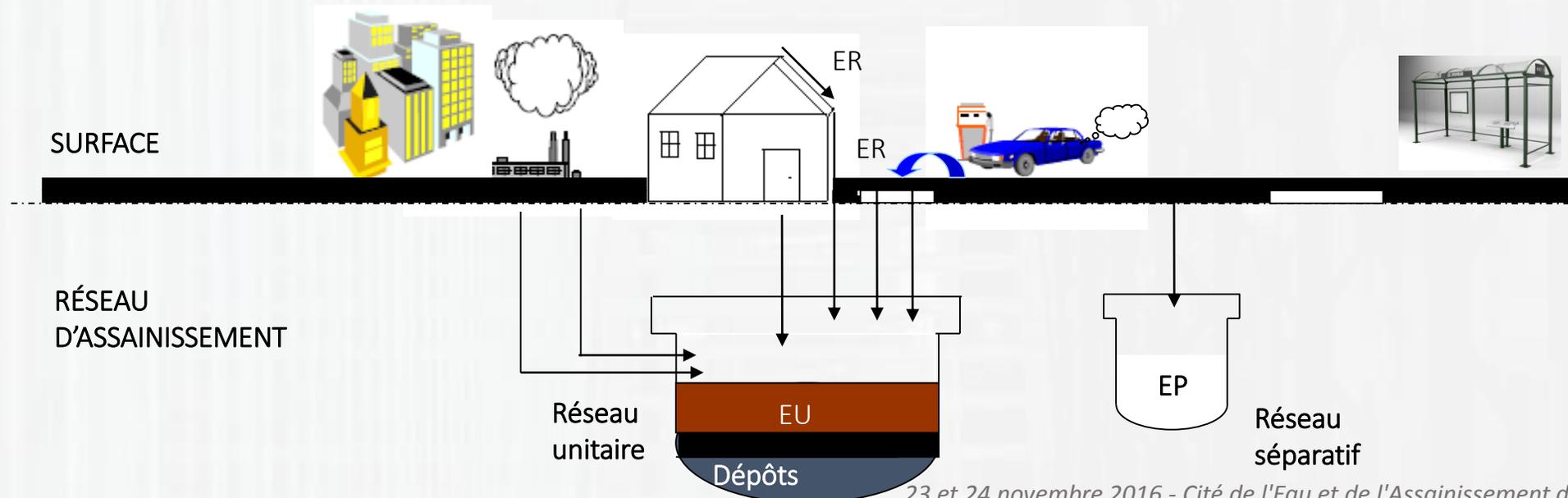
Toitures

Bâti

Véhicules

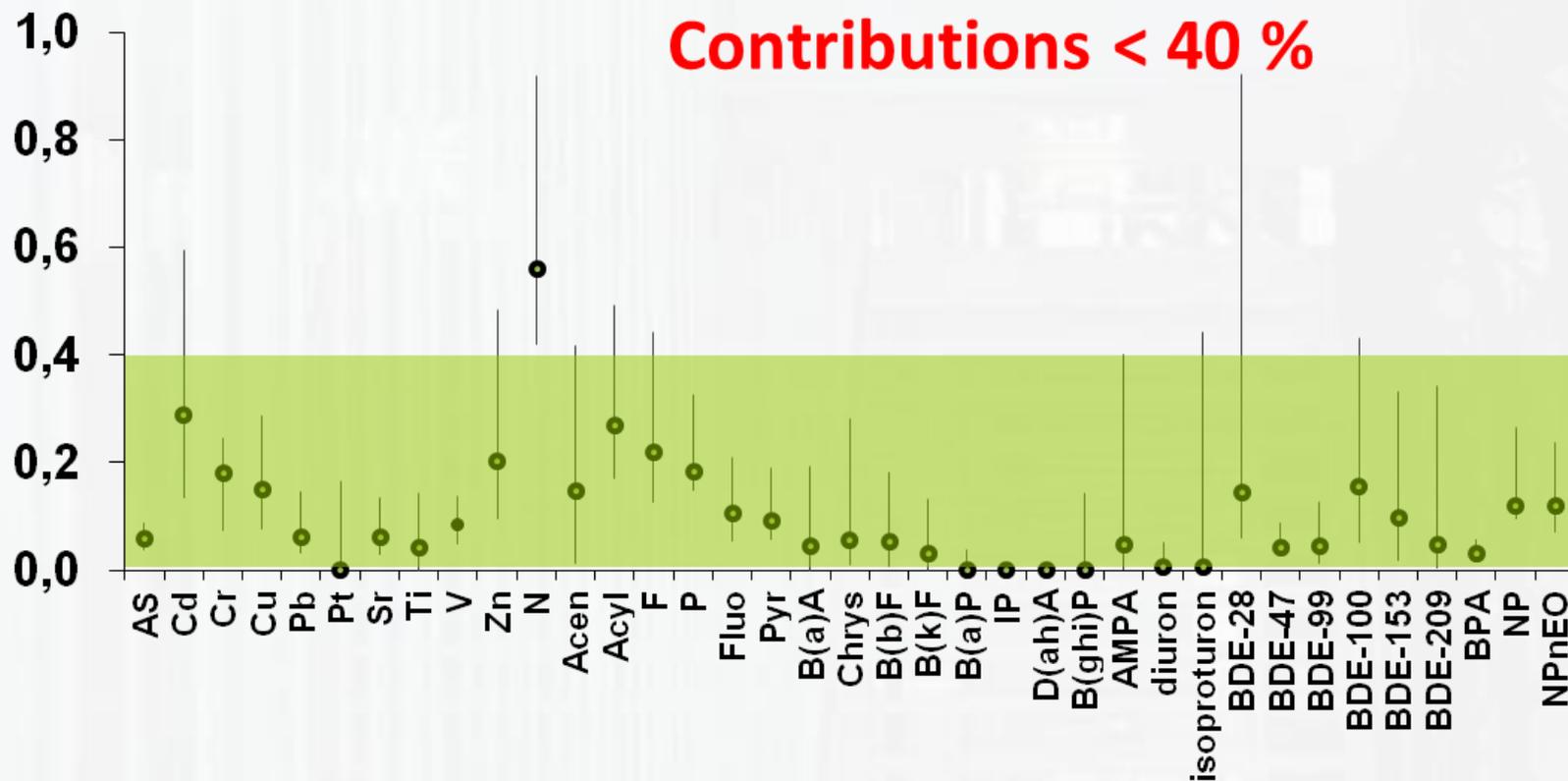
Mobiliers

Surfaces



## Eaux pluviales

Contributions des RAT ( $[\text{Conc}]_{\text{RAT}}/[\text{Conc}]_{\text{EXT}}$ )



Gasperi et al. (2014)

## Eaux pluviales

|            | RAT | Activités  |                | Matériaux |        |           |           |          |
|------------|-----|------------|----------------|-----------|--------|-----------|-----------|----------|
|            |     | Industries | Trafic routier | Toitures  | Bâti   | Véhicules | Mobiliers | Surfaces |
| HAP        | +/- | /          | ++++           | /         | /      | +         | /         | +/-      |
| Métaux     | +/- | +          | ++++           | +         | /      | +         | +/-       | ++       |
|            | +/- | ++         | +              | ++++      | /      | +/-       | +/-       | ++       |
| Pesticides | +/- | /          | /              | /         | +/-    | /         | +/-       | +/-      |
| BPA        | +/- | /          | /              | /         | +/-    | +/-       | +/-       | +/-      |
| PBDE       | +/- | /          | /              | /         | ++ (?) | (?)       | (?)       | (?)      |



## Micropolluants présents dans les milieux aquatiques et leur impact sur la santé humaine

## Réseaux séparatifs - Amont (OPUR, ANR Inogev)



- **Qualité des eaux pluviales amont**

- Étude des eaux pluviales d'un quartier résidentiel dense (Bressy et al., 2014)
- Étude du ruissellement de surface : toitures, chaussées, jardin

- **Étude des émissions**

- **Toiture**
  - Métaux par les éléments d'étanchéité
  - Benzalkonium après nettoyage
- **Bâtiment**
- **Voitures**



Pneumatique



Carrosserie (peinture)



Liquide de frein, de refroidissement et lave-glace

(Lamprea *et al.* 2014, Robert- Sainte *et al.* 2011, Van de Voorde 2012)

- **Développement d'un modèle source/flux (Petrucci *et al.* 2015)**

(Bressy *et al.* 2014, Lamprea *et al.* 2014, Robert-Sainte *et al.* 2011, Van de Voorde 2012)

- Eaux pluviales contaminées dès l'amont

- Contamination variable

- Matériaux de couverture et étanchéité : métaux
    - Trafic routier : HAP, métaux
    - Polycarbonate et pneu : bisphénol A, octylphénols
    - PVC et béton : nonylphénol

- Contamination liée aux pratiques : application d'anti-mousses (benzalkonium)

- Effets d'échelle

- Contamination amont < aval du réseau séparatif

- Mauvais branchements
    - Transfert dans le réseau
    - Mélanges d'effluents

- Sauf pour certaines surfaces émettrices

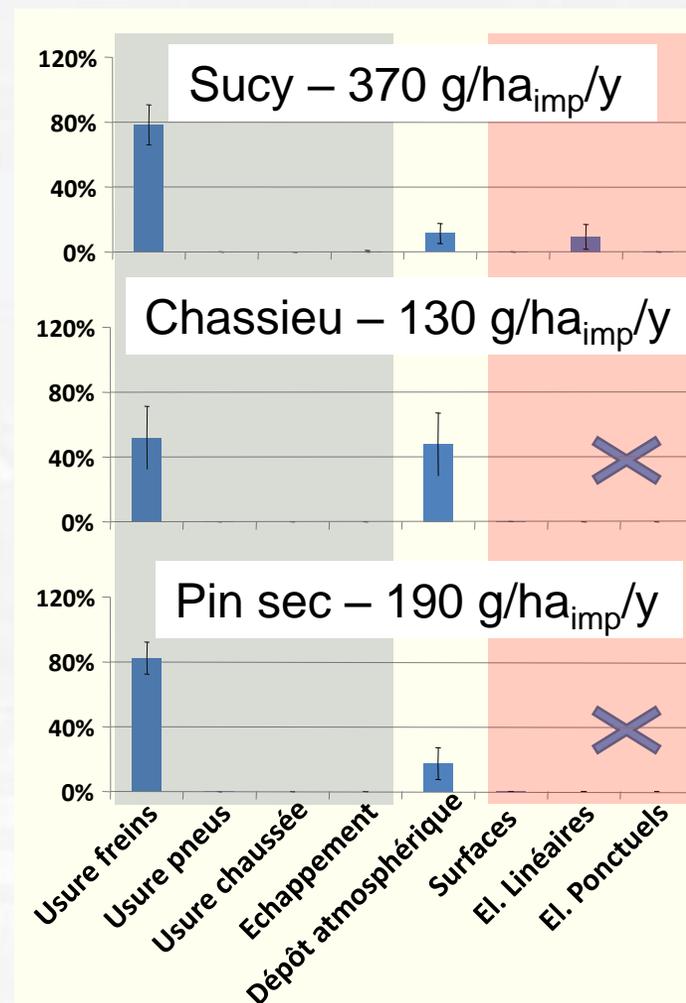


## Réseaux séparatifs - Amont

(Petrucci *et al.* 2015, projet Inogev)

### • Modèle sources/flux : cuivre

- Source prioritaire = trafic (freins)
- Chassieu :
  - trafic  $\approx$  apports atmosphériques
  - rapport trafic / surfaces imperméables beaucoup plus faible en raison de la forme urbaine (grandes parcelles imperméabilisées)
- Sucy :
  - 3% de gouttières en cuivre = 10% du Cu, elles peuvent être source majeure si elles sont la norme



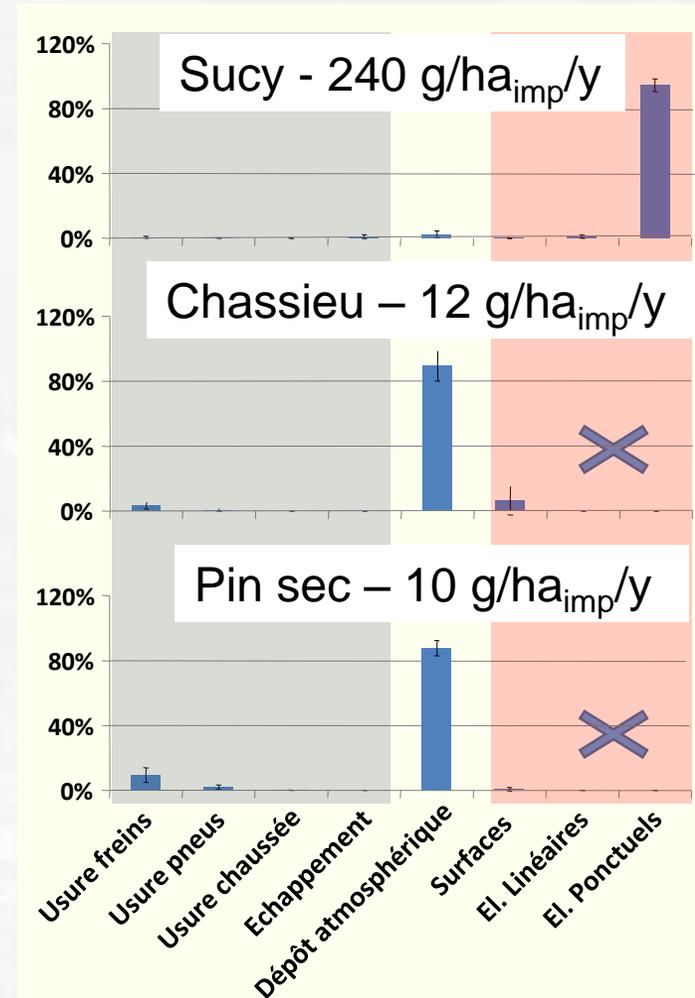


## Réseaux séparatifs - Amont

(Petrucci *et al.* 2015, projet Inogev)

- **Modèle sources/flux : plomb**

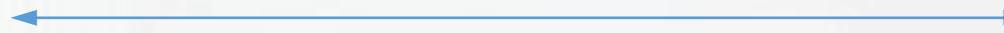
- Sucy : 94% du Pb émis par les éléments d'étanchéités et autres éléments métalliques des toits !
- Les autres émissions (freins, carburants) ont été éliminées par les réglementations des dernières décennies, mais ces éléments des bâtiments restent une source significative très peu quantifiée



Quelques spécificités des eaux urbaines mais beaucoup de polluants ubiquistes

## Eaux usées

COV  
Résidus pharmaceutiques  
Produits de soins corporels



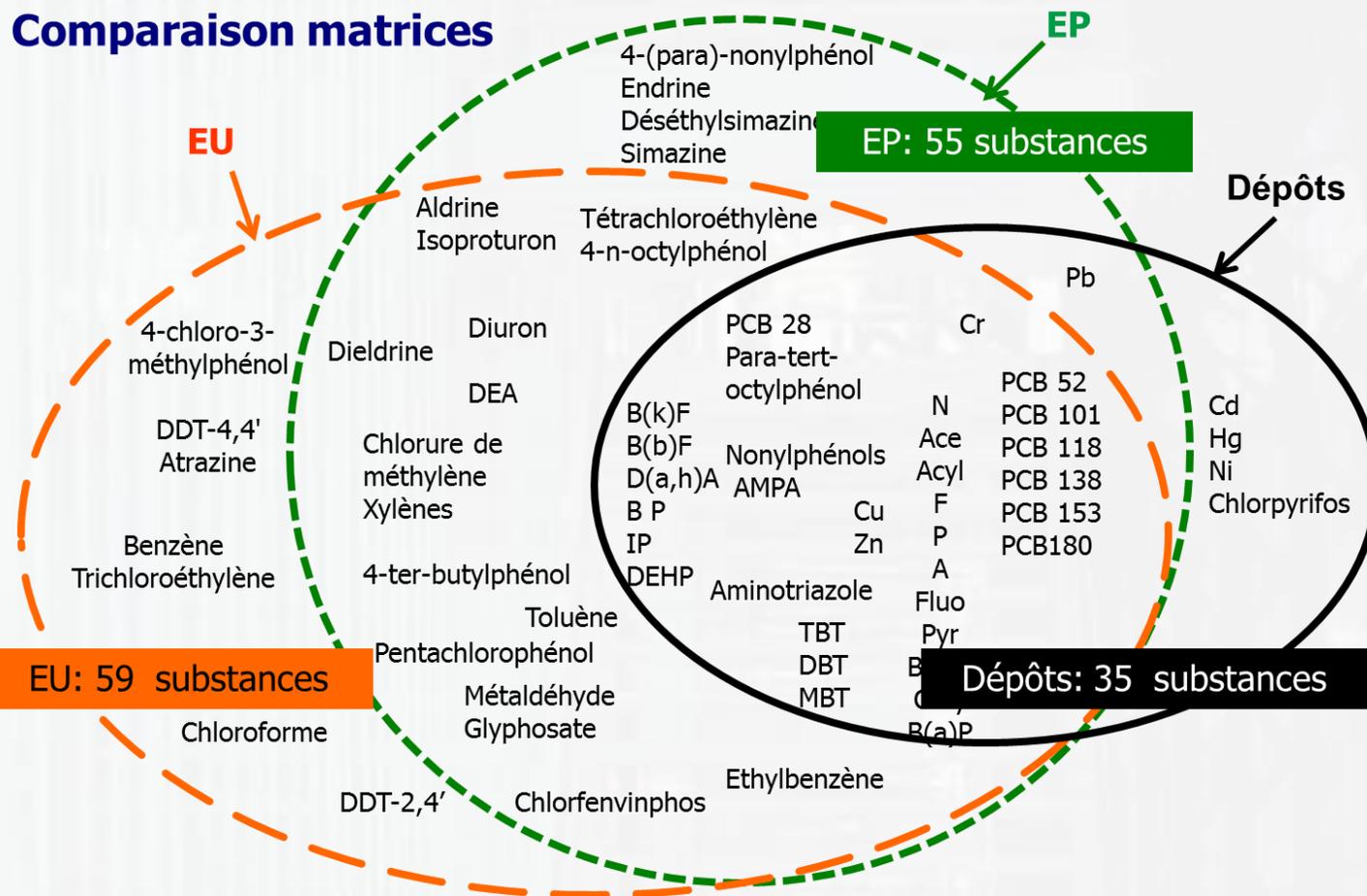
## Eaux pluviales\*

Certains pesticides

Métaux  
HAP  
PBDE  
Alkylphénols  
Composés perfluorés  
Phtalates

*\*mais attention aux mauvais  
raccordements eaux usées sur  
le réseau pluvial*

Quelques spécificités des eaux urbaines mais beaucoup de polluants ubiquistes



Zgheib (2009)

## Pour les eaux résiduaires urbaines

- Eaux résiduaires urbaines assez bien documentées, pour un large spectre de polluants
- Possibilité pour de nombreux polluants d'exprimer une charge par équivalent habitant (g DEHP / g azote ou EH)
- Des concentrations pour un polluant donné qui fluctuent d'un facteur 2 à 5
- Peu d'infos sur la contamination des dépôts

## Quels leviers d'action à l'amont ?

- Eaux industrielles et artisanat : possibilité d'adapter le traitement à des pollutions spécifiques
- Eaux domestiques : une origine encore trop négligée et pourtant parfois majoritaire par rapport aux rejets industriels

## Pour les eaux pluviales

- Production majoritairement locale (trafic, matériaux, sites industriels) des polluants, faible contribution des apports atmosphériques
- Différences de concentrations entre sites liées en particulier au trafic (Zn, Cu, HAP), à la proximité de sites industriels (Cr, Ni), aux pratiques d'entretien (pesticides) et aux matériaux (tous les polluants)
- Métaux (sauf Sr), HAP et PBDE présents sous forme particulaire.
- Pesticides, BPA et APnEO préférentiellement sous forme dissoute.
- Variabilité importante des flux de micropolluants issus des réseaux séparatifs.

## Quels leviers d'action à l'amont ?

- Gestion à l'amont des eaux pluviales
- Changements de pratiques d'épandage et de matériaux