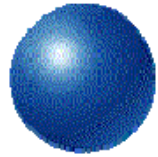


# Habilitation à Diriger des Recherches

Contaminants organiques en milieu urbain et  
dans les hydrosystèmes anthropisés

Johnny Gasperi



# Plan de la présentation

---

- **Contexte scientifique**
- **Activités de recherche**

## Structuration

A) De  
l'atmosphère aux  
eaux pluviales

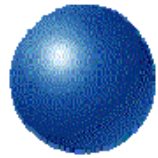
B) Micropolluants  
et réseaux  
d'assainissement

C) Micropolluants  
et filières de  
traitement

D) Micropolluants  
et milieux  
récepteurs

## Bilan des activités et perspectives

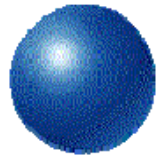
- **Vue d'ensemble des perspectives**



# Milieu urbain et hydrosystèmes anthropisés

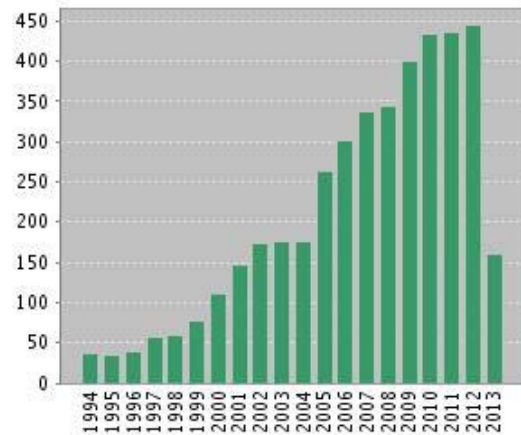
## L'Homme, la Ville et son Bassin versant



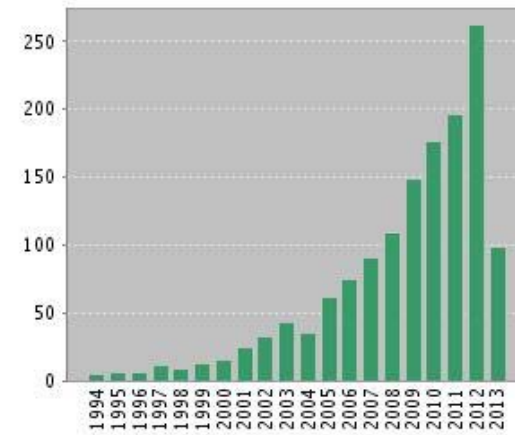


# Préoccupation scientifique et sociétale

**ISI web of knowledge**  
(Pollutants and urban waters)



**ISI web of knowledge**  
(Emerging pollutants and waters)



lepoint.fr

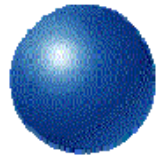
**Les médicaments  
polluent en masse les  
milieux aquatiques**



**Pollution : les poissons  
de la Seine et du Rhône  
bientôt interdits à la  
consommation**

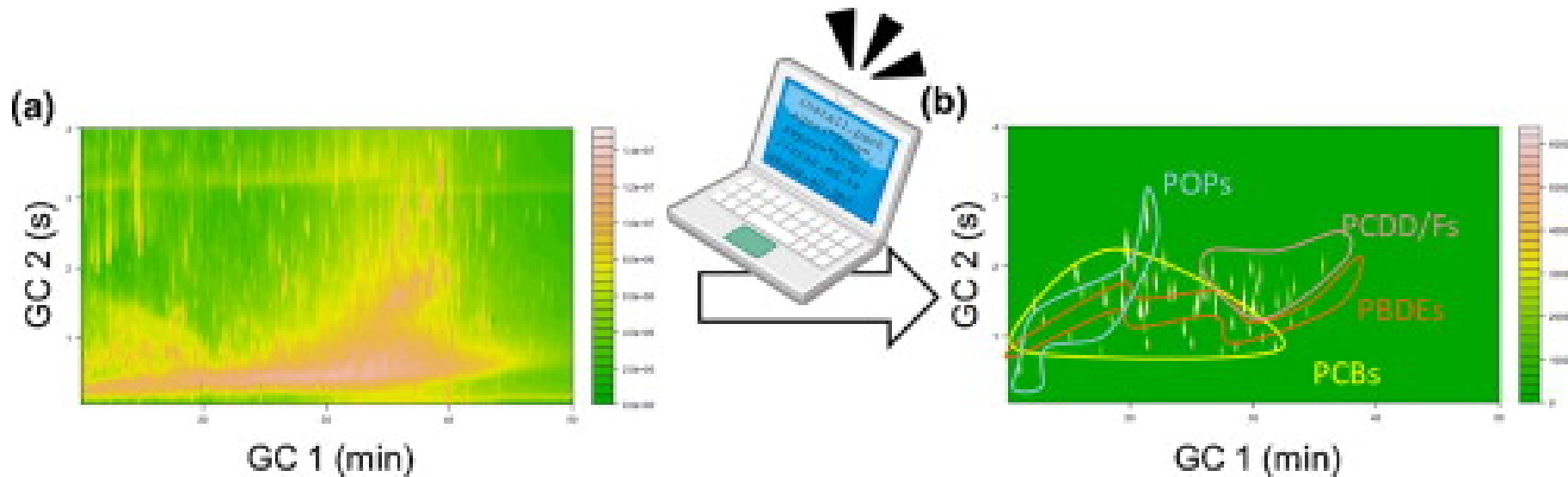


© Ben Welsh/Corbis



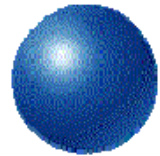
# Quels polluants ?

- Plus de 100 000 substances chimiques commercialisées (REACH)
- Diversité des produits du quotidien et d'activités polluantes



Zushi et al. (2013) – GC/GC–HRTOFMS

- Mais alors quels polluants ?



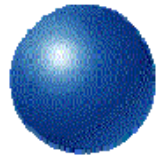
# Quels polluants ?

---

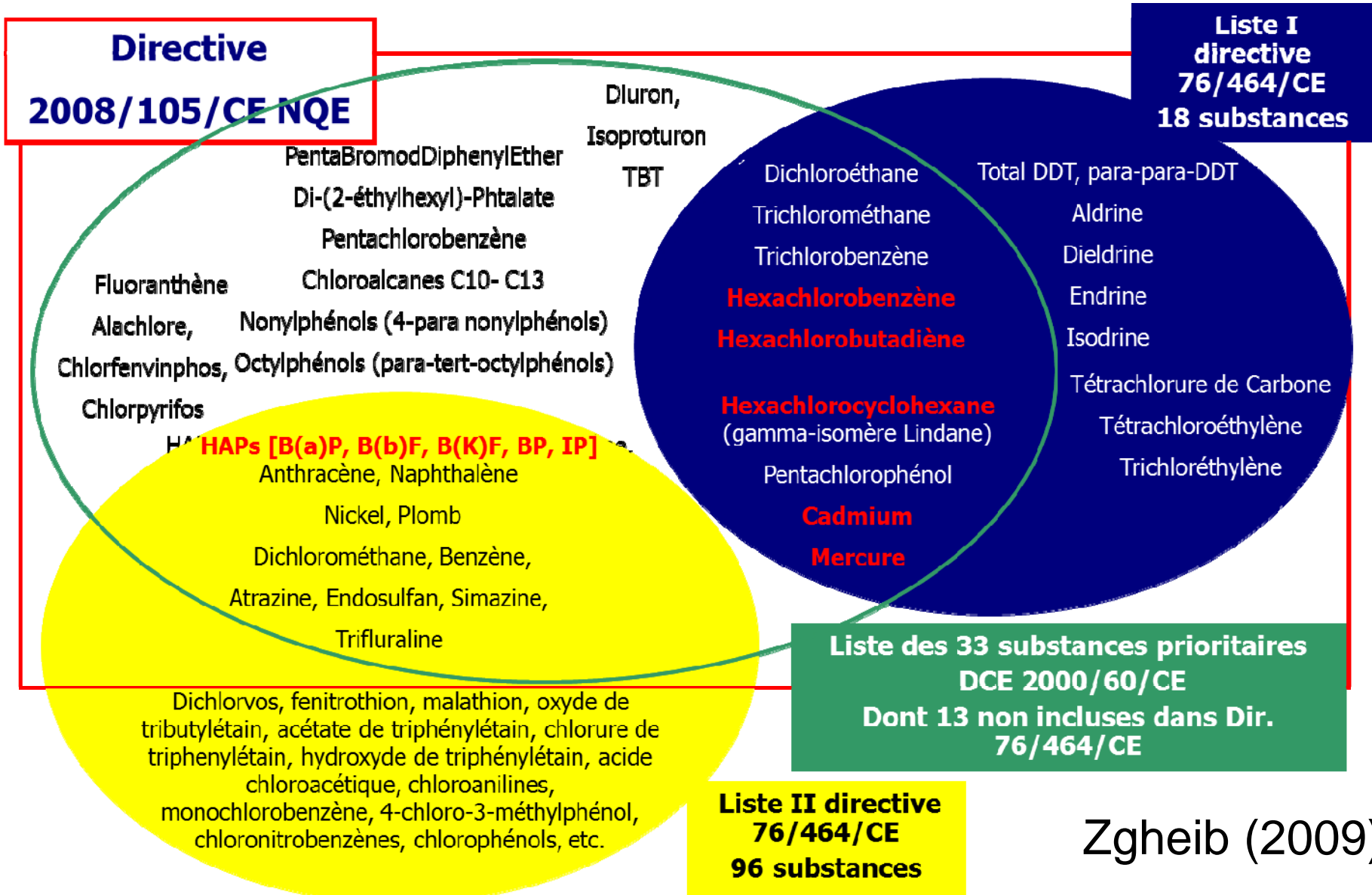
## ● Dispositifs réglementaires et législatifs

- Méthode de priorisation / hiérarchisation (van der Ohe *et al.*, 2011)
- Directive Cadre sur l'Eau (Directive 2001/60/CE)
- Normes de qualité environnementale (Directive 2008/105/CE)
- Substances pertinentes (114 substances)
  - 18 de la liste I de la Directive 76/464/CEE
  - 96 de la liste II de la Directive 76/464/CEE

Sélection de 88 polluants dont les polluants DCE  
(Méthodologie développée au LEESU par Zgheib, 2009)  
Molécules légiférées mais pas si documentées



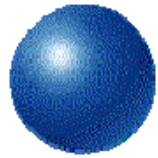
# Quels polluants ?



Zgheib (2009)



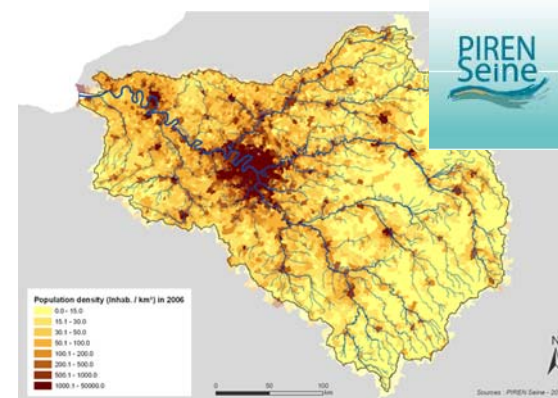




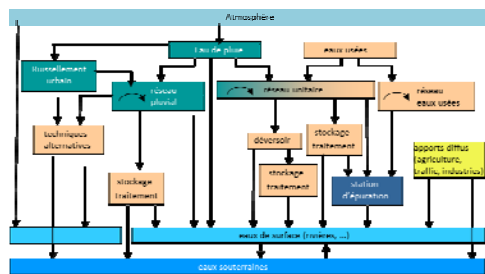
# Structuration de mes travaux

## De la ville au bassin versant

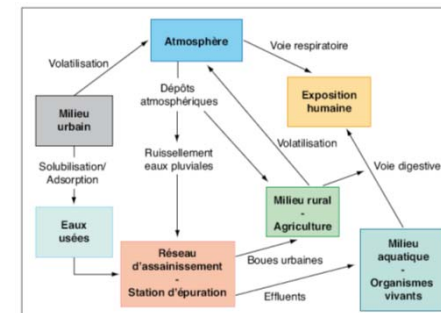
Vision intégrée des polluants organiques à l'échelle d'un bassin versant en intégrant sa composante urbaine

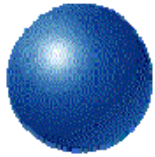


### Approche hydrologie urbaine

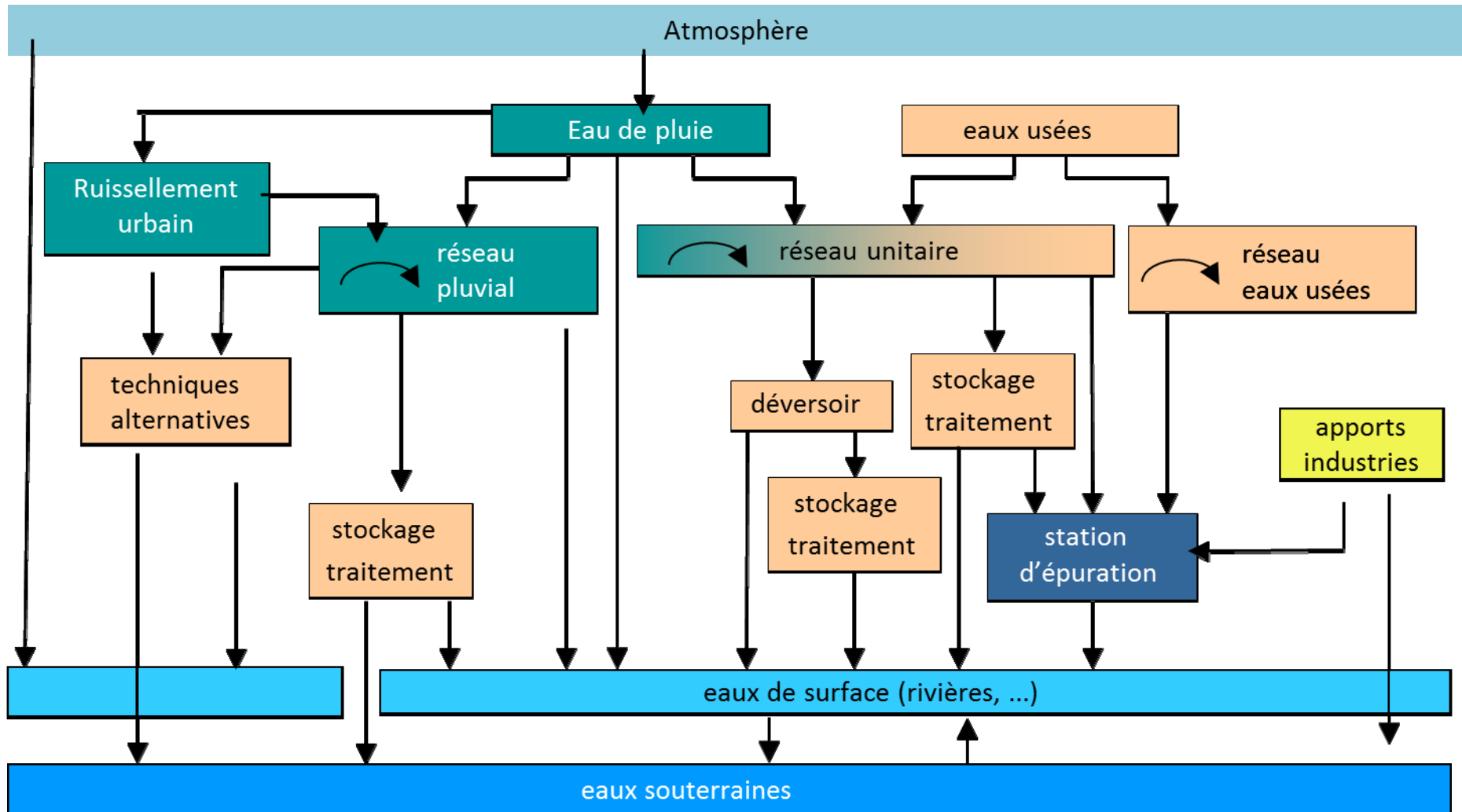


### Approche bassin versant

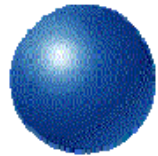




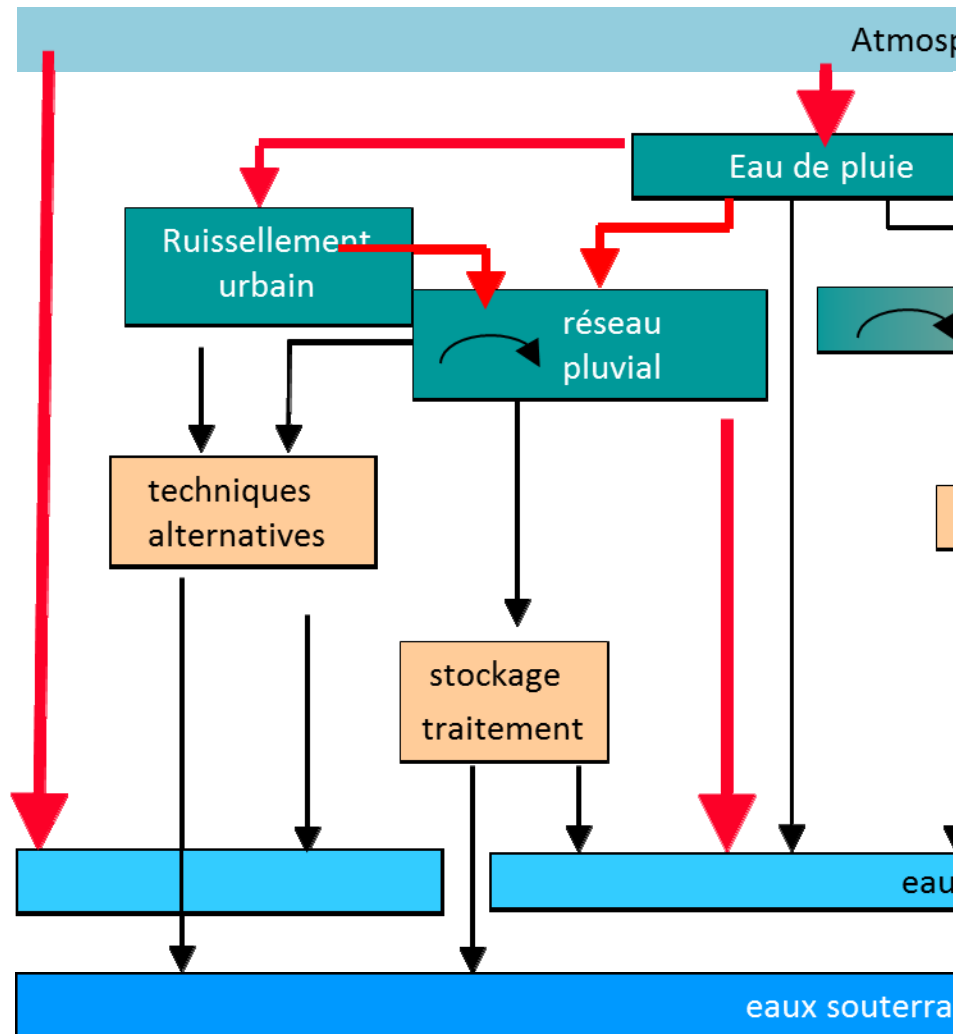
# Structuration de mes travaux



Bertrand-Krajewski et al. (2010)



# Structuration de mes travaux



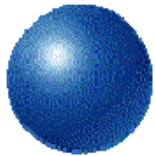
## A) De l'atmosphère aux eaux pluviales

Qualité de l'air et des eaux pluviales

Appréhender processus de production sur les surfaces urbaines

Transfert de l'atmosphère aux eaux pluviales

*Bertrand-Krajewski et al. (2010)*



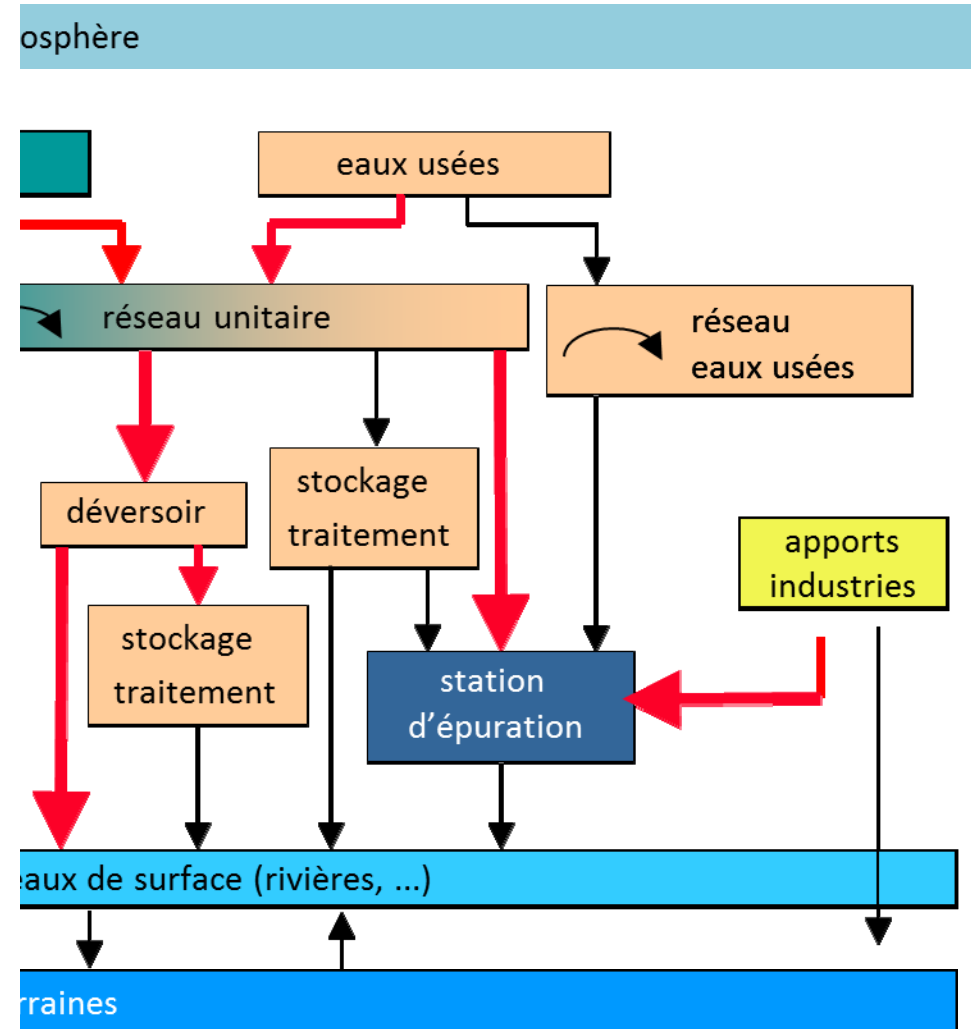
# Structuration de mes travaux

## B) Micropolluants et réseaux d'assainissement

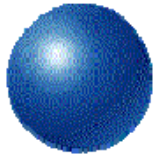
Qualité des eaux résiduaires urbaines et RUTP

Appréhender processus au sein du réseau par temps de pluie

Zoom sur activités industrielles



Bertrand-Krajewski et al. (2010)



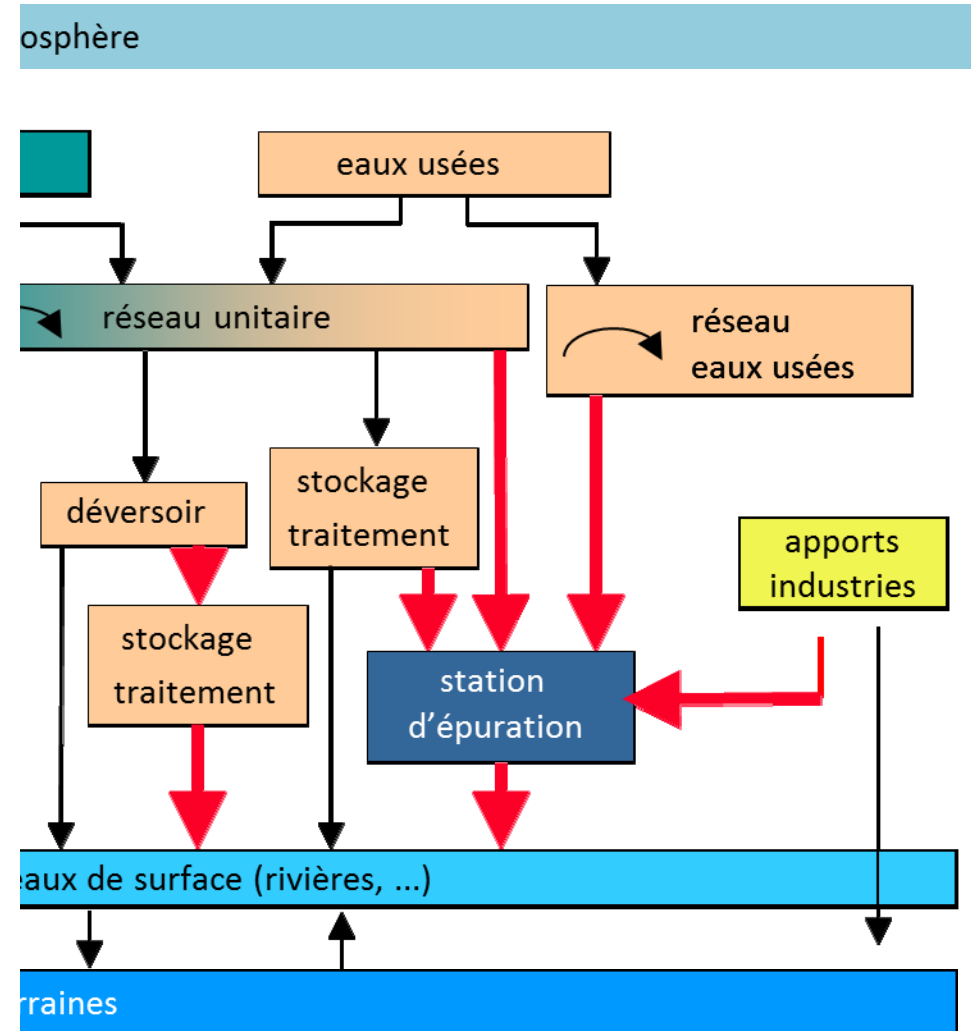
# Structuration de mes travaux

## C) Micropolluants et filières de traitement

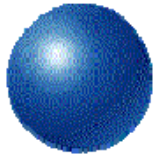
Performances des filières de traitement conventionnelles et compactes

Appréhender processus d'élimination

Fonctionnement nominal et par temps de pluie



Bertrand-Krajewski et al. (2010)



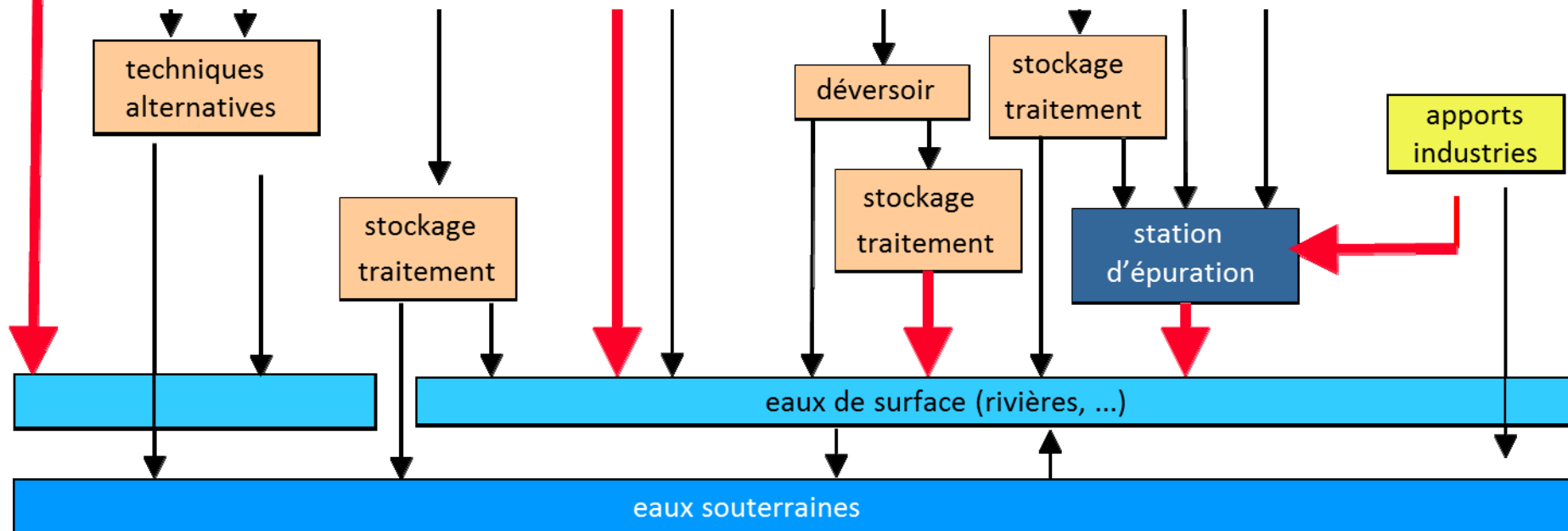
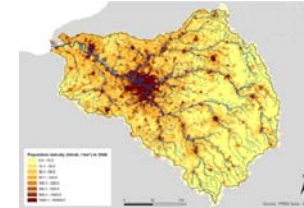
# Structuration de mes travaux

## D) Micropolluants et milieux récepteurs

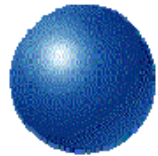
Imprégnation milieux à différentes échelles spatiales

Cycle biogéochimique des polluants

Flux urbains vs. flux bassins versants



Bertrand-Krajewski et al. (2010)



# Structuration de mes travaux

## Quels polluants dans quels compartiments ?

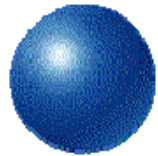
	HAP	PP	PBDE	APnEO	PAE	
A) De l'atmosphère aux eaux pluviales	X		X	X		ENDOCRINAIRE INOGEV
B) Micropolluants et réseaux d'assainissement	X	X	X	X	X	OPUR Phases 2 et 3
C) Micropolluants et filières de traitement	X	X	X	X	X	OPUR 3 thème 4
D) Micropolluants et milieux récepteurs	X	X		X		PIREN Phases 5 et 6



Phase 2 (2001-2006)  
Phase 3 (2007-2012)



Phase 5 (2007-2010)  
Phase 6 (2011-2014)

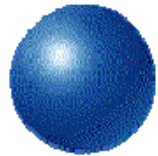


# Structuration de mes travaux

## Quels polluants dans quels compartiments ?

	HAP	PP	PBDE	APnEO	PAE	
A) De l'atmosphère aux eaux pluviales	X		X	X		ENDOCRINAIRINOGEV
B) Micropolluants et réseaux d'assainissement	X	X	X	X	X	OPUR Phases 2 et 3
C) Micropolluants et filières de traitement	X	X	X	X	X	OPUR 3 thème 4
D) Micropolluants et milieux récepteurs	X	X		X		PIREN Phases 5 et 6
	Gasperi (2006) Gasperi et al. (2010)	Gasperi et al. (2010, 2011, 2012)	Gilbert (2011)	Cladière (2012)	Bergé (2012)	

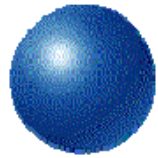




# Structuration de mes travaux

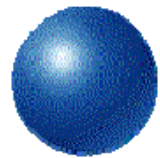
## ● Production et encadrements

	P Rang A	C int	Doctorant	M2
A) De l'atmosphère aux eaux pluviales	3 (2*)	2		1
B) Micropolluants et réseaux d'assainissement	10	6	1	2
C) Micropolluants et filières de traitement	9 (1*)	8	1 (1)	2
D) Micropolluants et milieux récepteurs	3 (3*)	4	1 (1)	3
	25 (6*)	20		



# A) De l'atmosphère aux eaux pluviales





# A) De l'atmosphère aux eaux pluviales

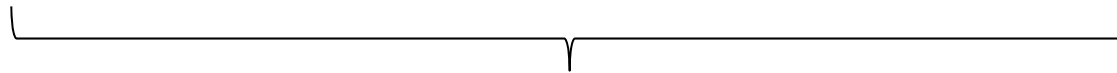
## ● Travaux engagés

Air  
intérieur

Air  
extérieur

RAT

Eaux pluviales

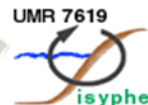


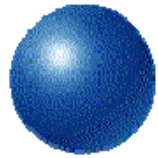
Projet ENDOCRINAIR (2009-2013)

Connaissance des niveaux  
Exposition à l'homme selon habitats



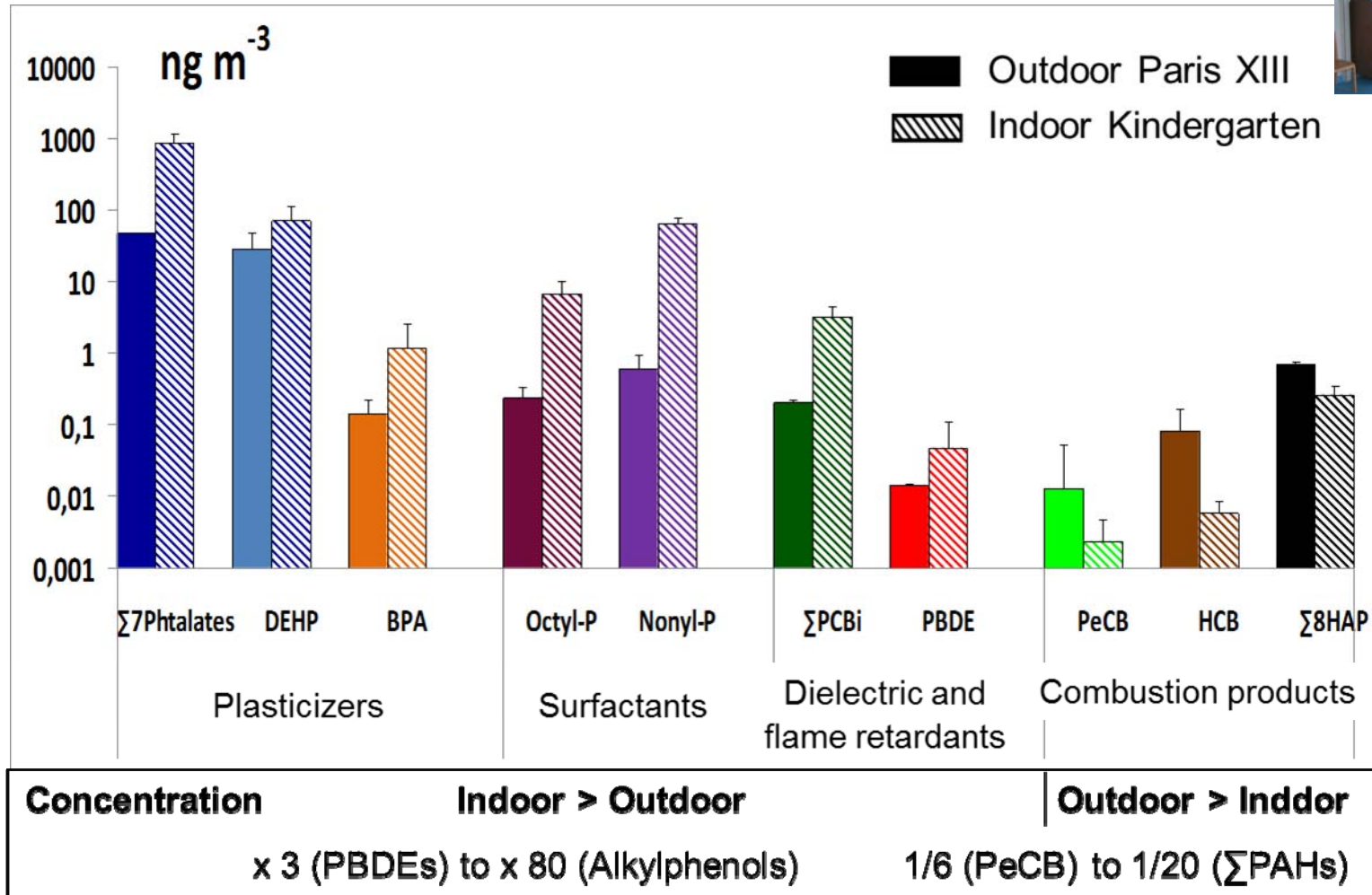
Contamination de l'air ambiant par les PE en Île-de-France et  
caractérisation d'effets toxiques associés (M. Chevreuil)



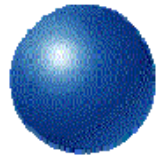


# A) De l'atmosphère aux eaux pluviales

Projet ENDOCRINAIR (2009-2013)



Moreau-Guigon *et al.* (2013\*)



# A) De l'atmosphère aux eaux pluviales

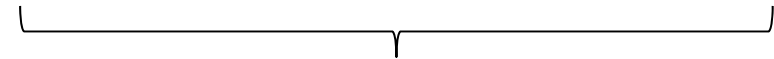
## ● Travaux engagés

Air  
intérieur

Air  
extérieur

RAT

Eaux pluviales



Projet INOGEV (2011-2013)

Connaissance et maîtrise  
de la contamination des eaux  
pluviales urbaines

**(OPUR / OTHU / ONEVU)**



Qualité et  
flux

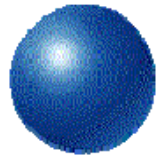
Reconstituions  
Flux annuels

Modèle  
d'émission



Innovations pour une Gestion durable de l'Eau en Ville (V. Ruban)





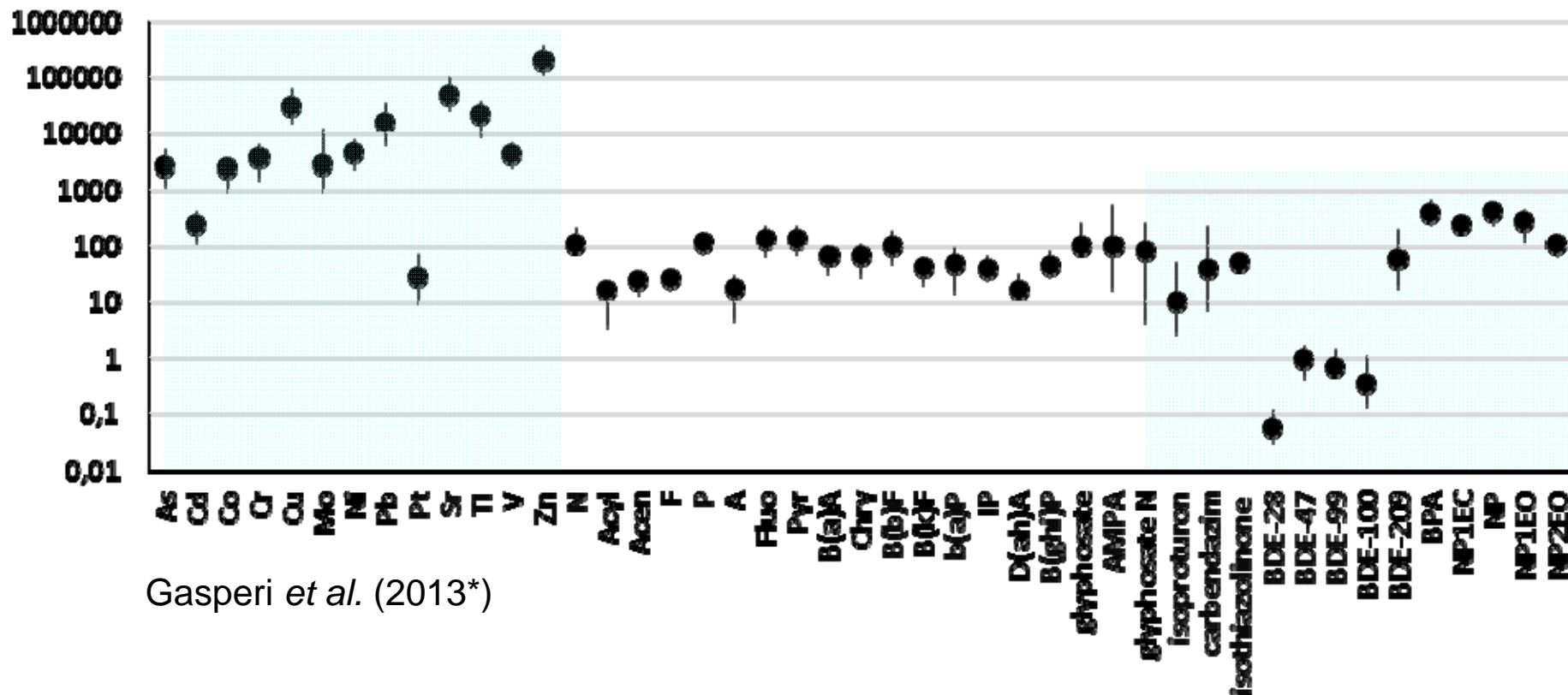
# A) De l'atmosphère aux eaux pluviales

## Synthèse sur la qualité des eaux pluviales (INOGEV)

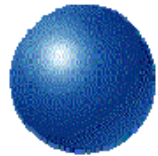
Distribution log-normale des polluants (Smullen et Cave, 1999 – NURP)

Influence de l'occupation des sols sur la qualité des eaux pluviales

Concentrations (ng/l) des eaux pluviales (Q20, Q50, Q80, 3 BV)



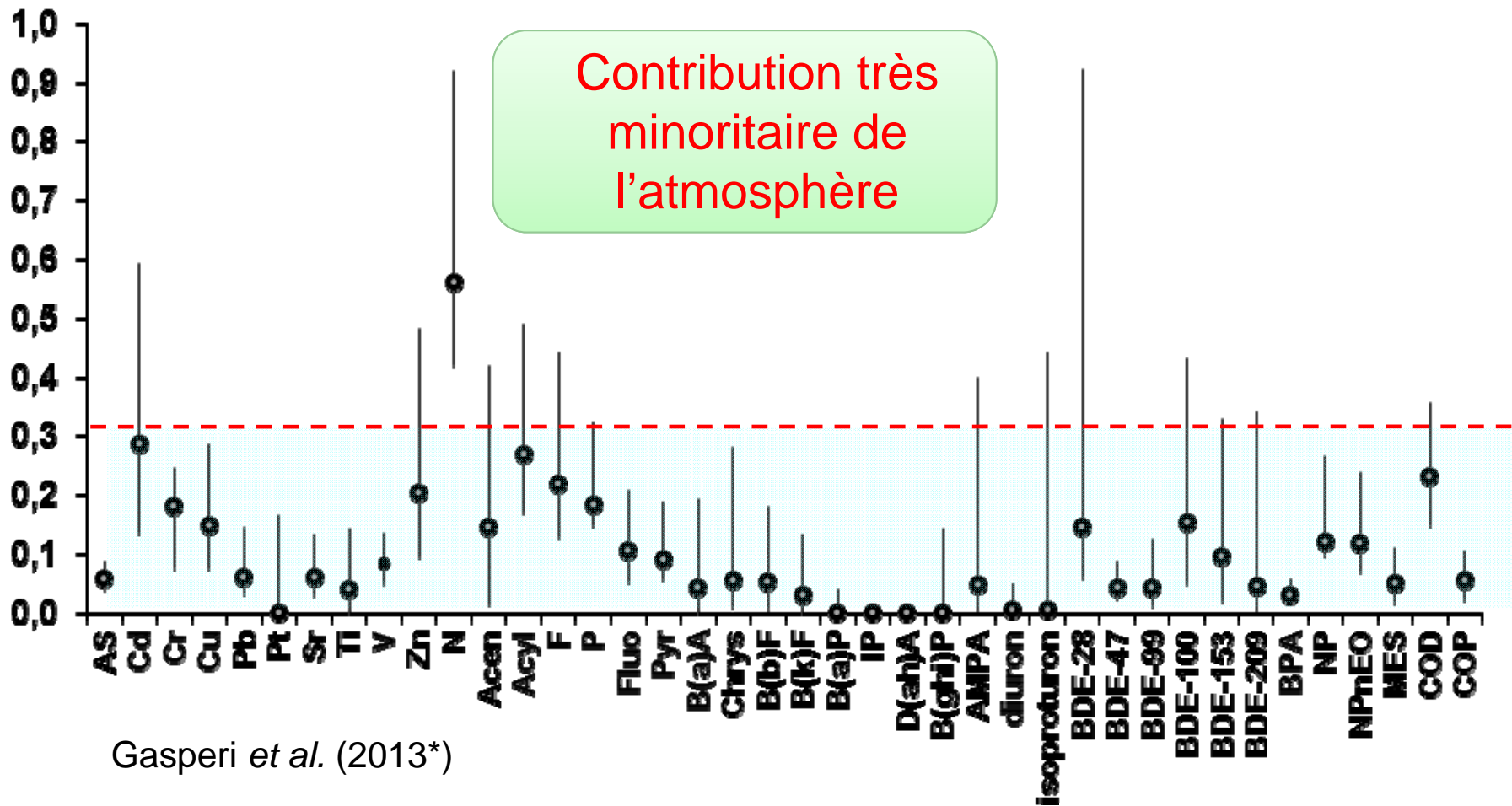
Gasperi et al. (2013\*)



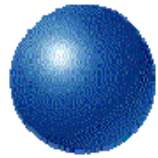
# A) De l'atmosphère aux eaux pluviales

## ● Synthèse sur la qualité des eaux pluviales (INOGEV)

Ratio RAT / eaux pluviales (Q20, Q50, Q80, 3 BV)



Gasperi et al. (2013\*)



# A) De l'atmosphère aux eaux pluviales

## ● Perspectives sur les eaux pluviales

- Gestion amont via techniques alternatives (travaux MC. Gromaire)
- Gestion aval au sein d'ouvrages centralisés

Bassin de stockage et de traitement en ligne



**VAL de MARNE**  
Conseil général

Processus  
d'élimination

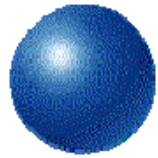
Influence de  
l'hydraulique

Gestion globale

Filtre planté de roseaux





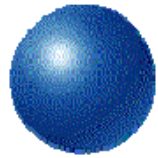


## B) Micropolluants et réseaux d'ass.

---

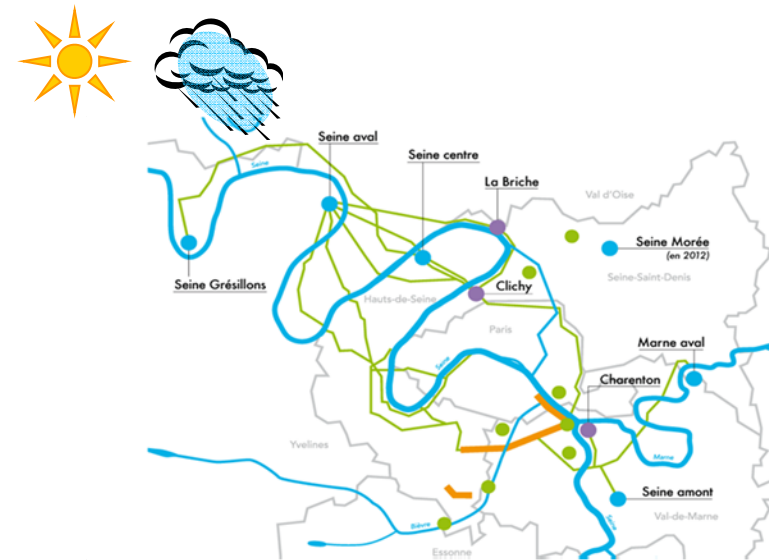
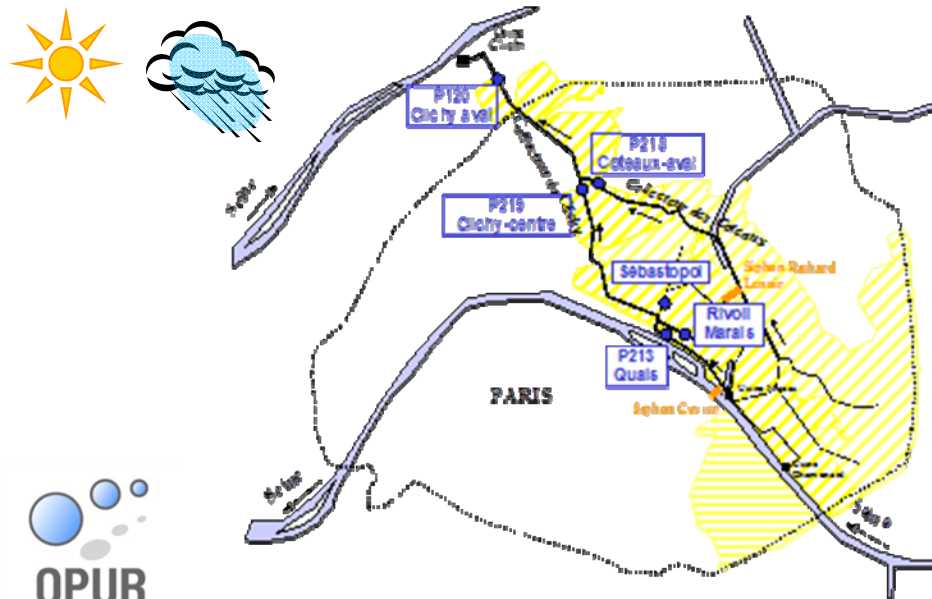
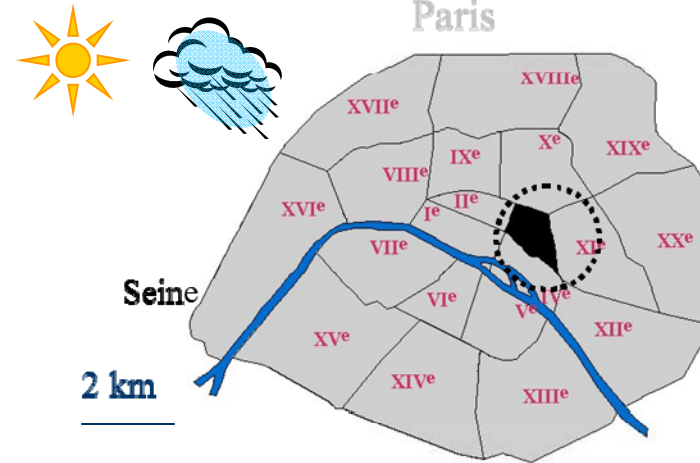
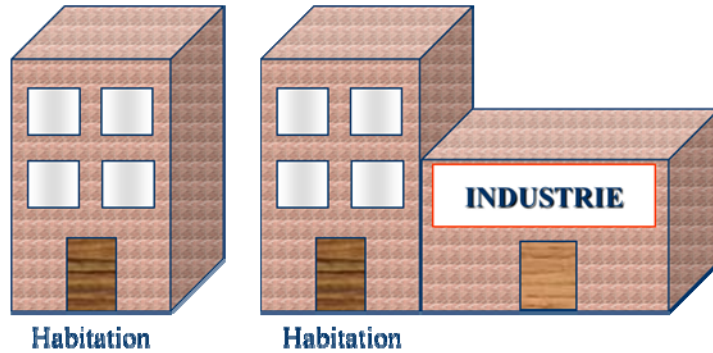


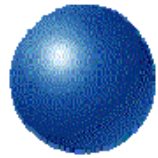
Déversoir d'orage de Clichy (Source SIAAP)



# B) Micropolluants et réseaux d'ass.

## De multiples d'échelles

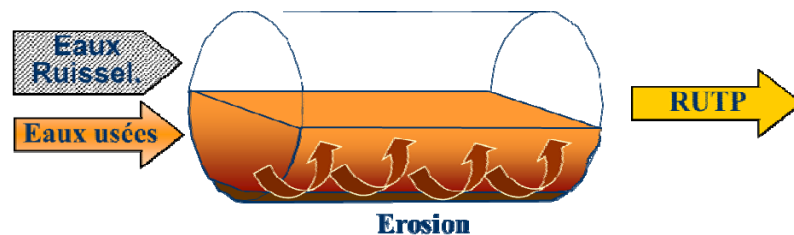
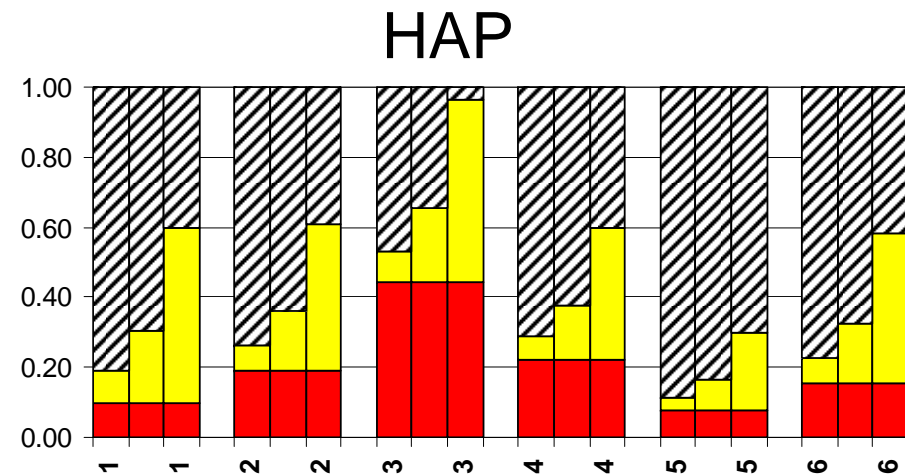
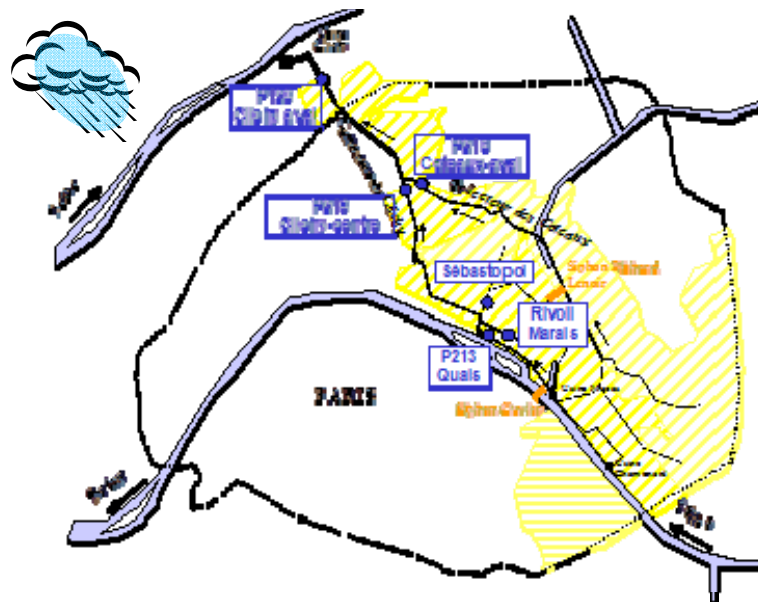




## B) Micropolluants et réseaux d'ass.

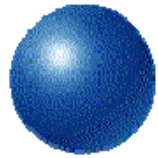
### RUTP

- Qualité des RUTP (plus de 100 molécules, Gasperi *et al.*, 2012)
- Processus en réseau



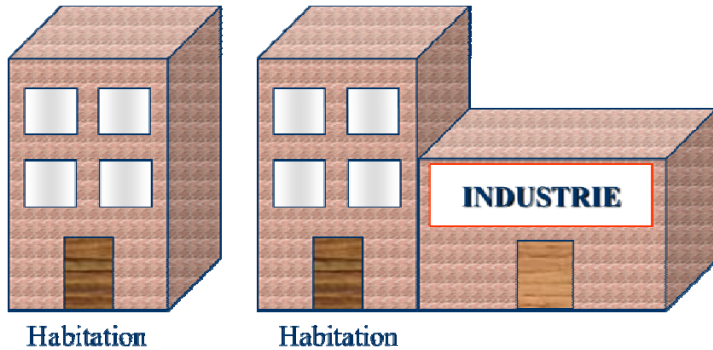
- ▨ Érosions dépôts
- Ruissellement
- Eaux usées

Gasperi *et al.* (2010)



## B) Micropolluants et réseaux d'ass.

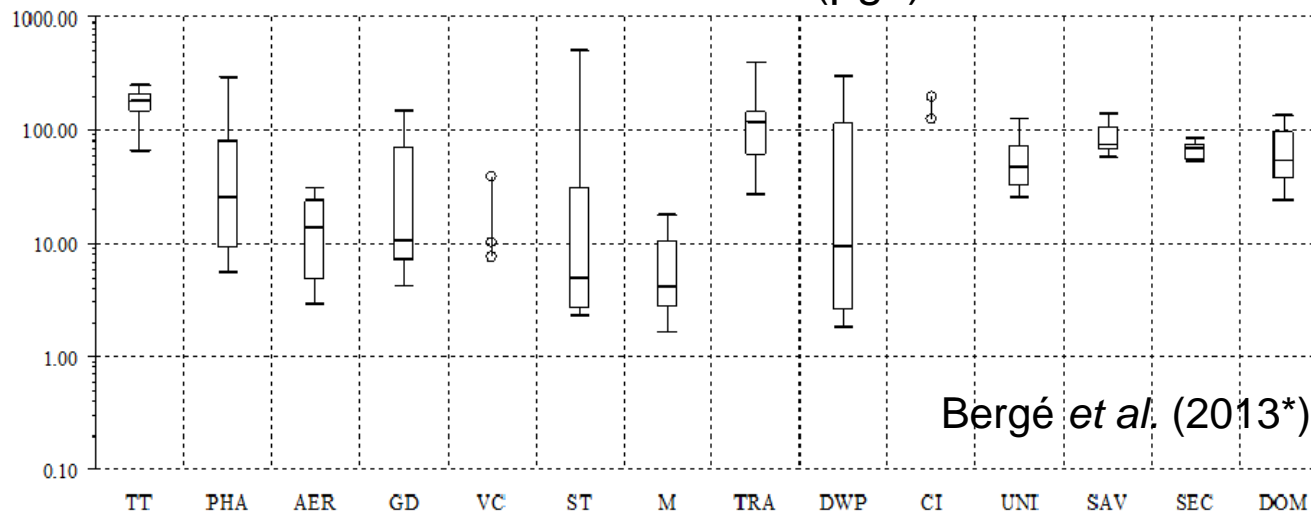
### ● Phtalates et NP dans les effluents industriels (Bergé, 2012)



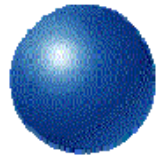
- 33 sites industriels, 11 secteurs d'activité
- 93% rejets industriels à l'échelle parisienne

Contributions des apports  
industriels < 5 %  
pour NP et PAE

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



Bergé *et al.* (2013\*)

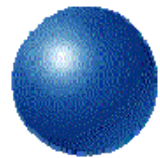


## C) Micropolluants et filières de traitement

---



STEP de Seine Amont



# C) Micropolluants et filières de traitement

## ● Efficacité épuratoire des STEP



Efficacités des filières de traitements pour les contaminants chimiques et microbiologiques (Couplage chimie et microbiologie)

Fonctionnement optimal et dégradé par temps de pluie

### Traitement I<sup>aire</sup>

Décantation classique

Déc. Physico-Chim lamellaire

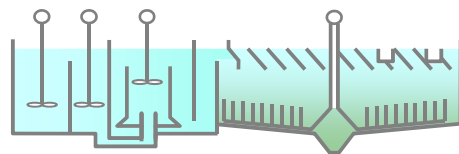
### Traitement II<sup>aire</sup>

Biofiltration (C/N/DN)

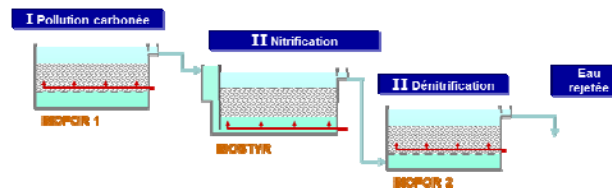
Boues activées

### SDEP

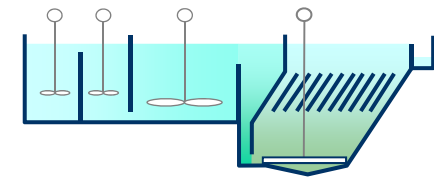
Clarifloculation



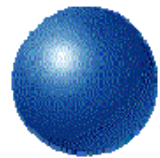
Décantation physico-chimique (Seine-Centre, Colombes)



Biofiltration (Seine-Centre, Colombes)




Unité de Clarifloculation (Seine-Aval, Achères)

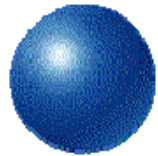


# C) Micropolluants et filières de traitement

## ● Efficacité épuratoire des STEP



		Reference	Dec classiq	Dec PC lamellaire	Bio filtres	Boues activées	Clarifi
<b>Chimie</b>	Polluants DCE	Gasperi et al.	3 TS	3 TS	3 TS	3 TS	3 TP
	AP / PBDE	Gilbert (2011)	5 TS/TP	5 TS/TP	5 TS/TP	5 TS/TP	3 TP
	Parab./ Tricl.	Geara (2012)	3 TS	3 TS	3 TS	3 TS	
	Phtalates	Bergé (2012)		3 TS	3 TS		
<b>Biologie</b>	MNT	Radomski (2010)		10 TS	10 TS		
	<i>E. coli</i>	Lucas et al.	5 TS/TP	5 TS/TP	5 TS/TP	5 TS/TP	
	Entérocoques	Lucas et al.	5 TS/TP	5 TS/TP	5 TS/TP	5 TS/TP	
	Diversité bact	Lucas et al.	5 TS/TP	5 TS/TP	5 TS/TP	5 TS/TP	



# C) Micropolluants et filières de traitement

## Synthèse sur l'efficacité épuratoire des STEP



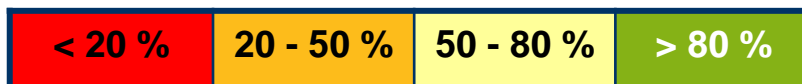
	Biofiltration	Boues activés
Zn	Orange	Vert
Pesticides	Rouge	Rouge
HAP légers	Jaune	Vert
HAP lourds	Jaune	Vert
TBT	Orange	Vert
COV	Jaune	Jaune
PBDE	Jaune	Vert
APnEO	Jaune	Vert
Phtalates	Vert	Vert
Triclosan	Vert	Vert
Triclocarban	Vert	Jaune
Parabens	Vert	Vert

**Bonne rétention des polluants hydrophobes par biofiltration et boues activées**

**Par temps de pluie, pas de perturbation forte observée sur les deux filières**

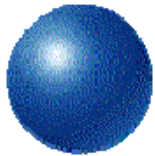
**Différences visibles pour certains composés (TBT, Zn, NPnEO, HAP)**

Abattements



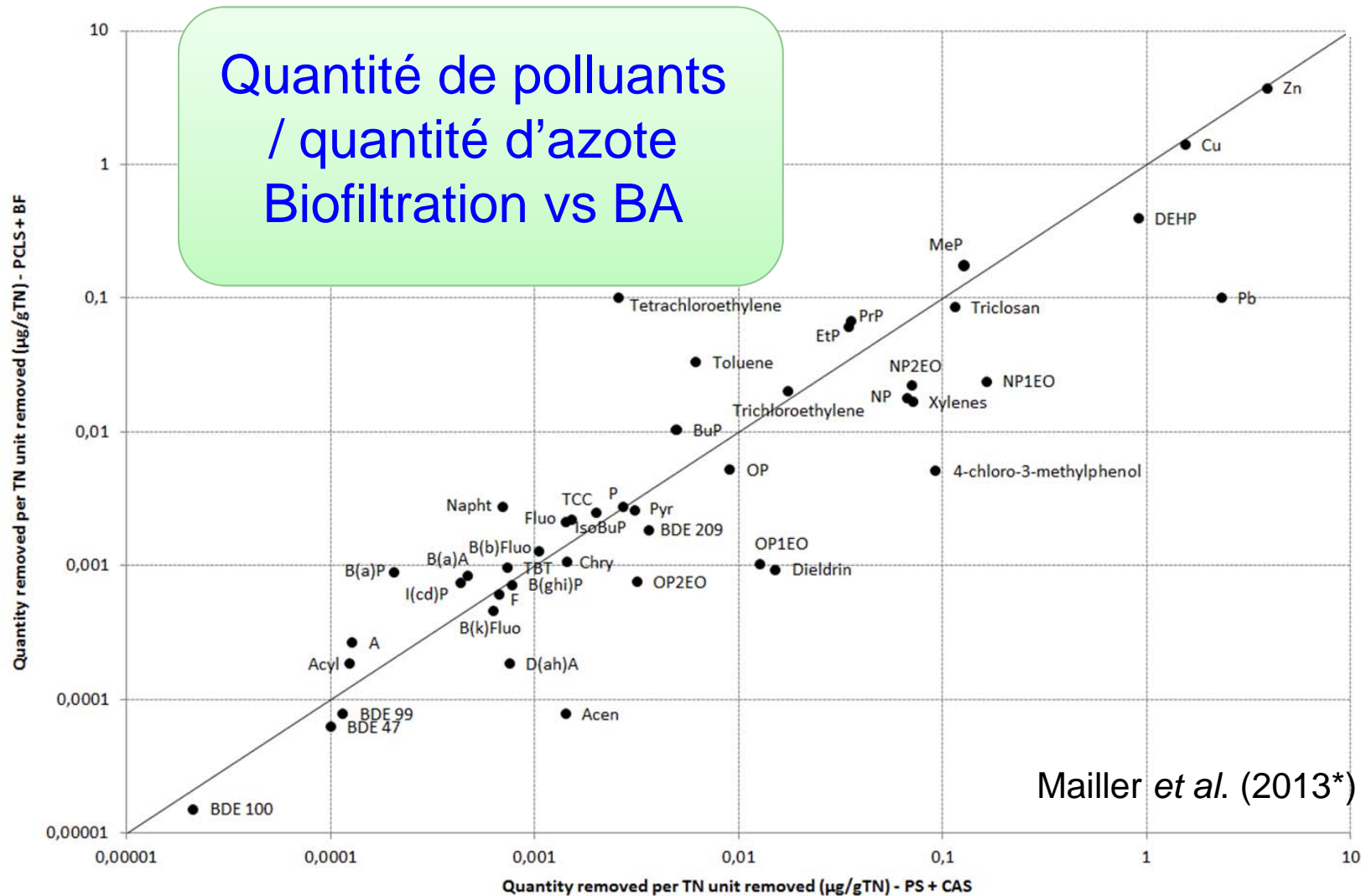
Gilbert *et al.* (2011), Bergé *et al.* (2012), Geara (2012)

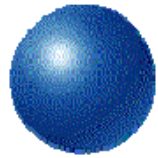




# C) Micropolluants et filières de traitement

## Synthèse sur l'efficacité épuratoire des STEP





# C) Micropolluants et filières de traitement

## ● Quelles perspectives ?

Boues

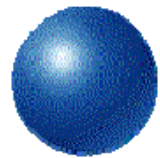
Qualité des boues  
fin de filières

Filières de traitement

Processus  
d'élimination

Gestion  
globale/devenir





## C) Micropolluants et filières de traitement

### ● Vers le traitement tertiaire : focus sur le CAP

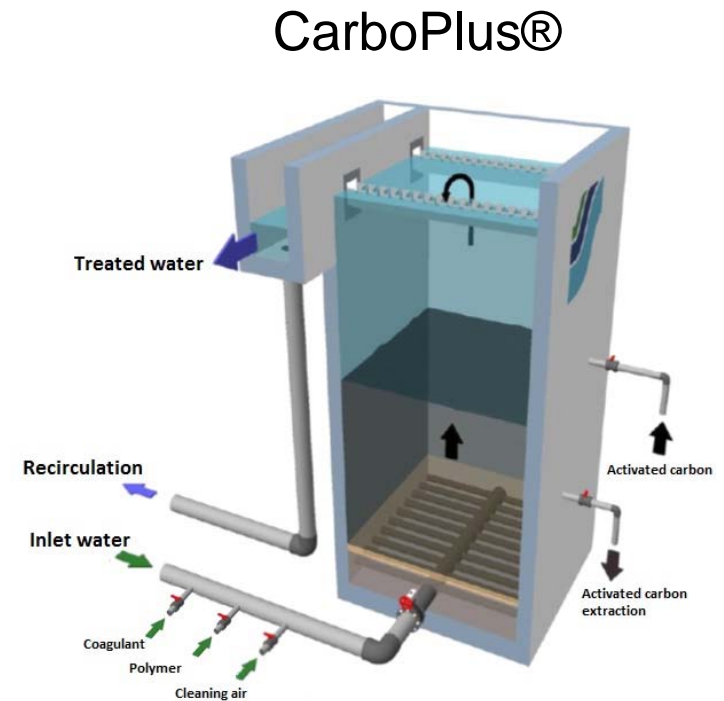
Oxydation

Adsorption

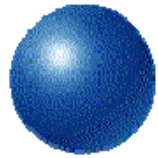
Membrane



Une seule étude sur charbon actif  
en traitement eaux usées  
Margot *et al.* (2011)

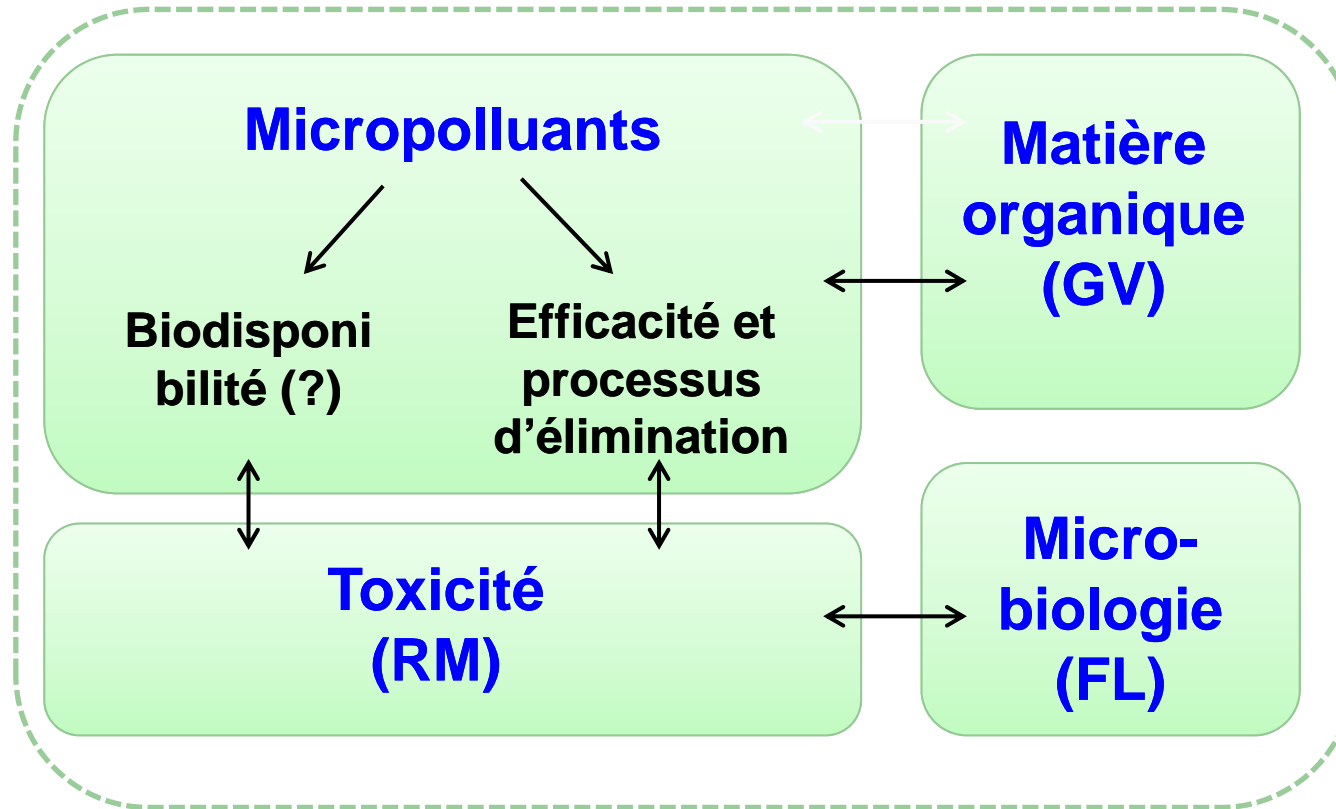


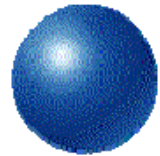
**SIAAP**  
Service public de l'assainissement francilien



## C) Micropolluants et filières de traitement

### ● Vers le traitement tertiaire : focus sur le CAP





## C) Micropolluants et filières de traitement

---

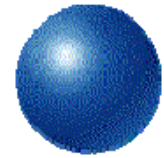
### ● Focus sur les micropolluants (Thèse Mailler, 2012-2014)

Performances du pilote pour large panel de polluants (médicaments, pesticides, etc,)

Influence des conditions opérationnelles (vitesses ascensionnelles, nature du CAP, dose de CAP, dose de coagulant / flocculant)

Caractérisation charbon neuf et usagé (Granulométrie, MEB, BET)

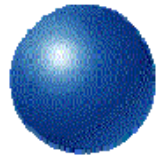
Interaction CAP-polluants et influence matière organique (GV)  
Désorption ?



## D) Micropolluants et milieux

---





## D) Micropolluants et milieu

### ● Travaux menés

Polluants  
prioritaires

Gasperi *et al.* (2009)

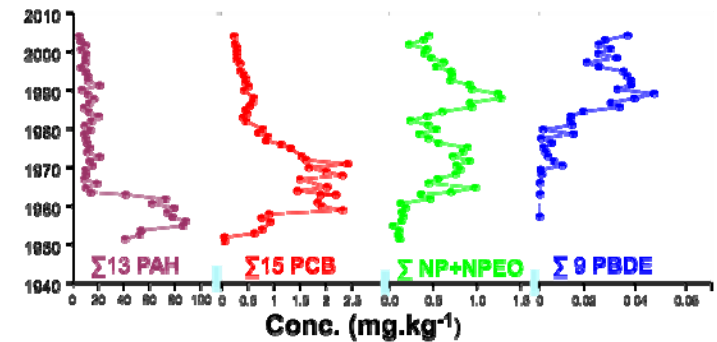


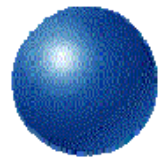
APnEO et  
BPA

Cladière (2012)

Archives  
sédimentaires

Lorgeoux *et al.* (2013\*)





## D) Micropolluants et milieux

### ● APnEO et BPA à l'échelle du bassin de la Seine

Quels sont les flux à l'échelle de l'Île-de-France ?

**Zone urbaine**

**Rejets de STEP  
Surverses unitaires  
Exutoires pluviaux**

Quelle est la contamination du bassin de la Seine ?

**Milieux récepteurs**

**Eaux de surface  
Tête de bassins  
Sédiments  
Retombées atmos.  
Sols**

Peut-on simuler les processus impliqués dans le devenir des AP ?

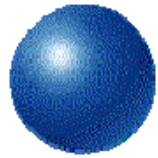
**Devenir**

**Cinétique de dégradation à partir de données *in situ***



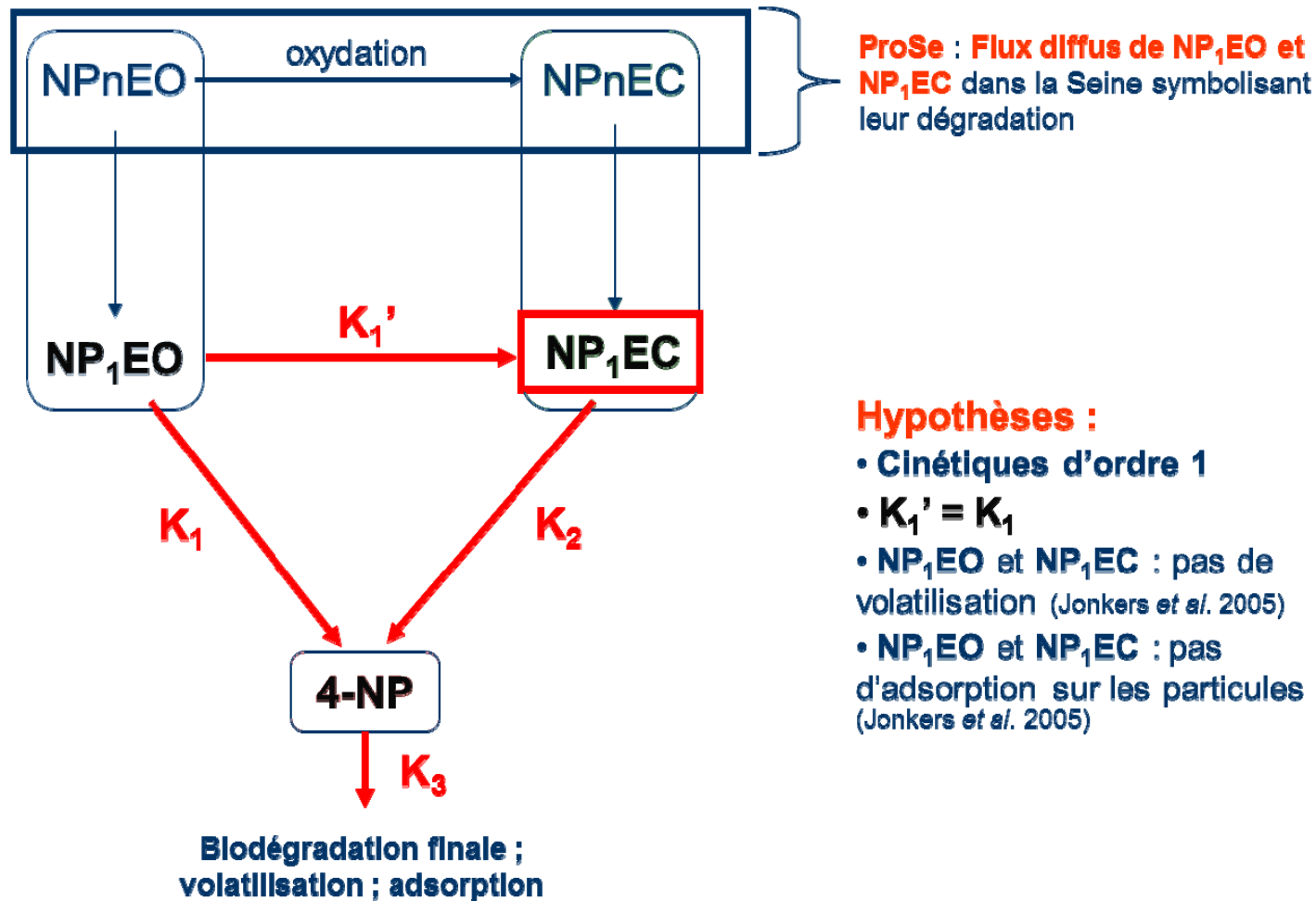
laboratoire eau environnement systemes urbains



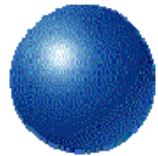


## D) Micropolluants et milieu

### ● Devenir des APnEO (Cladière *et al.*, 2013 a\* et b\*)



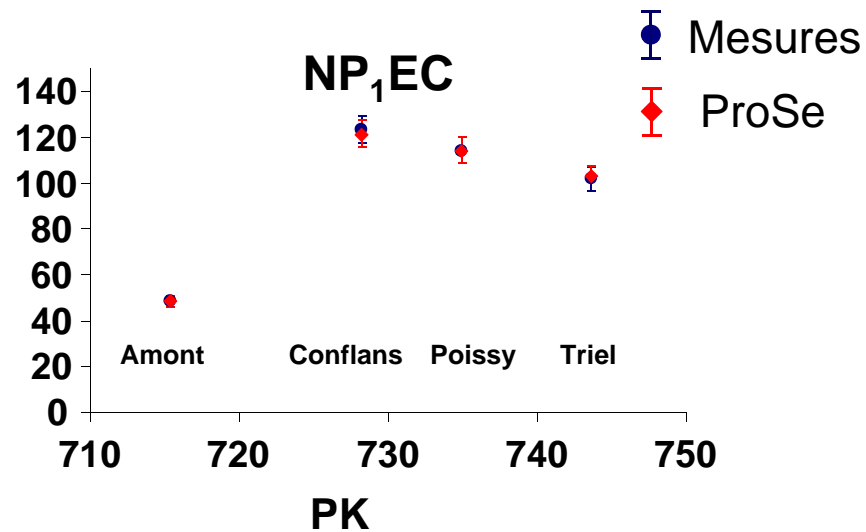
Giger *et al.* (2009)



## D) Micropolluants et milieux

### ● Devenir des APnEO (Cladière *et al.*, 2013 a\* et b\*)

Suivi masse d'eau  
Septembre 2011

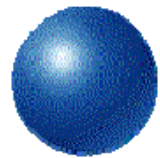


Constantes (j <sup>-1</sup> )	
$K_1 = K'_1$	0,3
$K_2$	0,1
$K_3$	0,15

Obtention de jeux de paramètres (constantes de biodégradation et apports des précurseurs)

Influence des conditions biogéochimiques de la Seine (bloom)

Jeux de paramètres permettent modélisation des APnEO



## D) Micropolluants et milieu

### ● Quelles perspectives ?

#### Analytique

NPnEO polyéthoxylés à longue chaîne ( $n > 3$ )

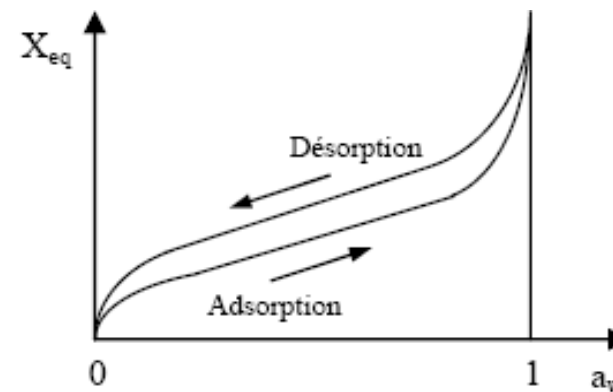
#### Flux et stocks

Qualité et rôle des sédiments dans la contamination des eaux de surface

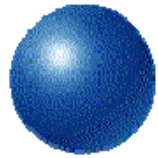
#### Processus

Quels liens entre contamination des sédiments, matière organique, black carbon ?

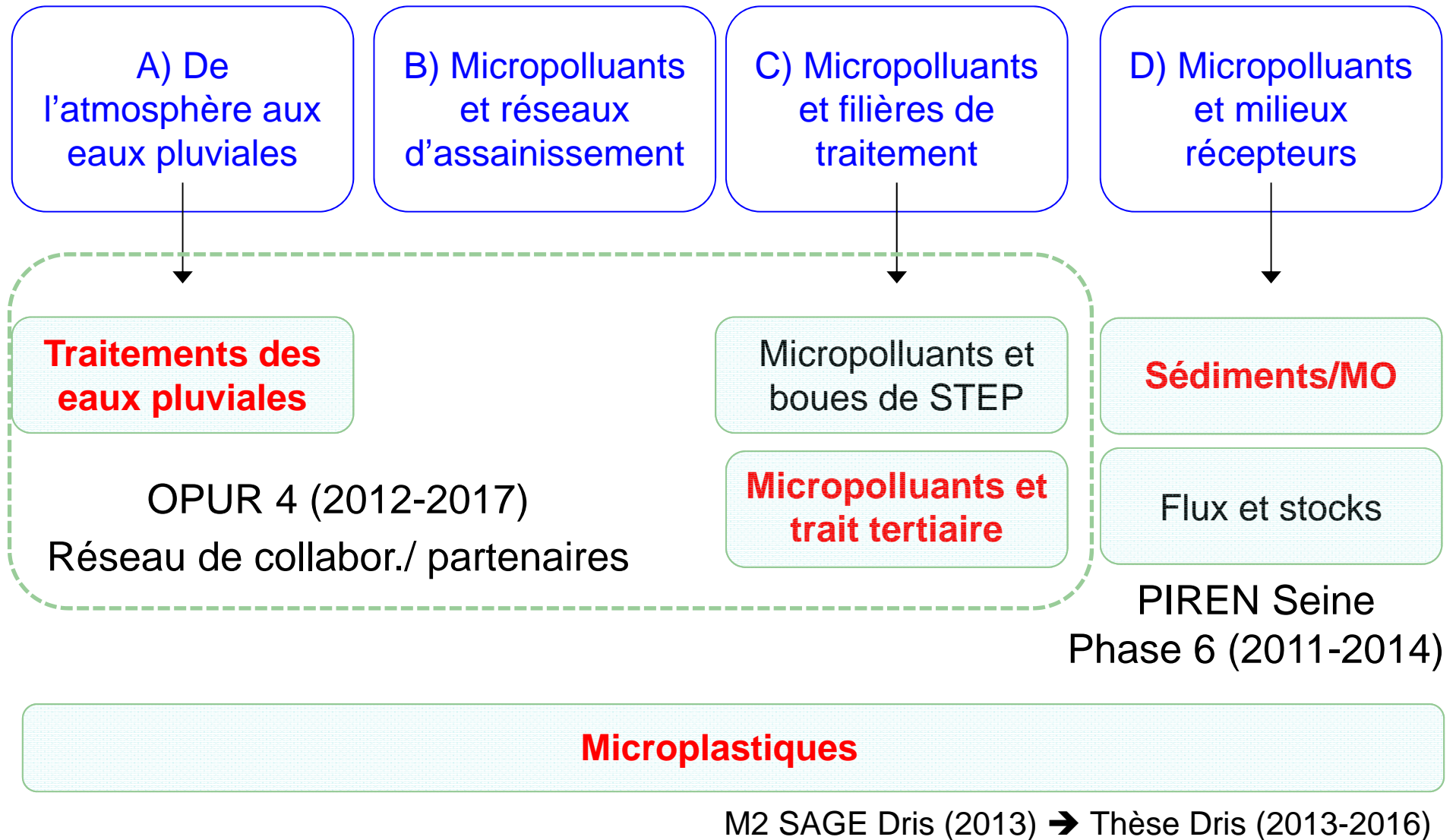
*Cornelissen et al. (2001)*



**Isothermes d'adsorption et de désorption**



# Vue d'ensemble des perspectives



# Perspective microplastiques

---

## Contexte

Pollution microscopique sur les plages (*Carpenter et Smith, 1972*)

Pas de consensus sur la taille

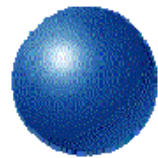
Thompson *et al.* (2004) : 0,01 – 1 mm

Collignon *et al.* (2012) : 0,3 – 5 mm

Microplastiques primaires et secondaires

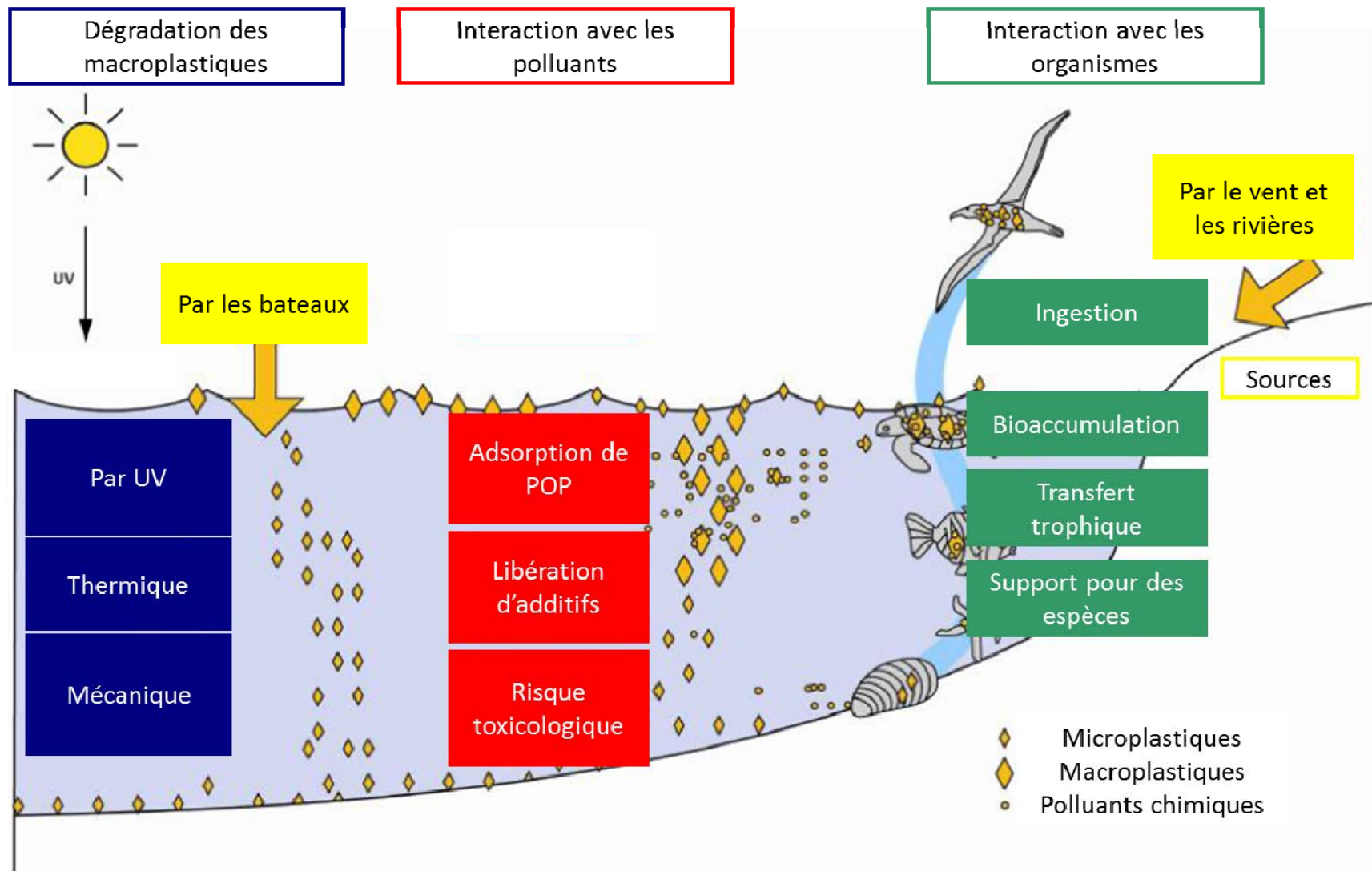
**Milieu océanique documenté  
(50 papiers) mais rien sur le  
milieu continental  
(*Rios-Mendoza, 2013*)**





# Perspective microplastiques

## ● Problématiques des microplastiques



# Perspective microplastiques

## ● Quelles approches/questions ?

Méthodologique

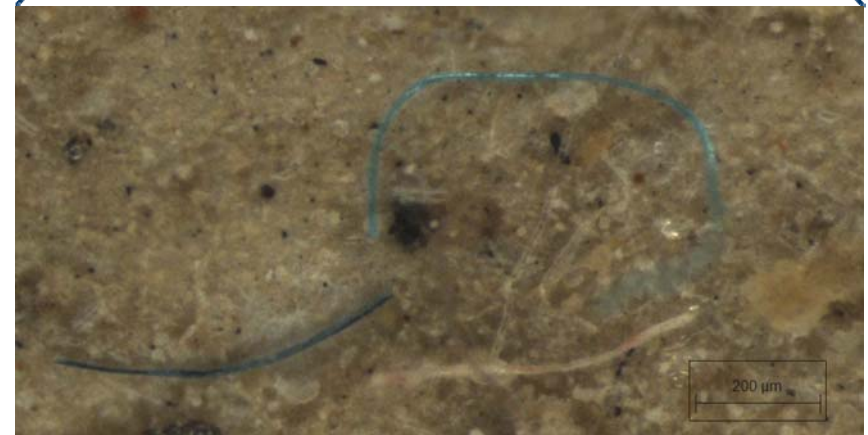
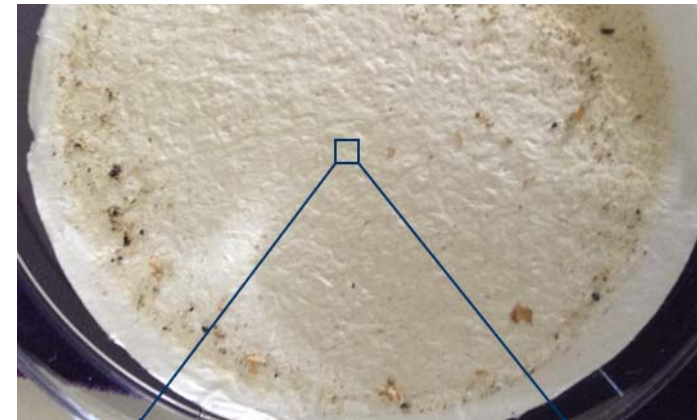
Flux et sources

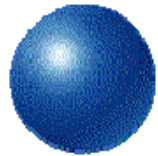
Devenir des microplastiques

Vers un nouveau réseau de collaborateurs et de partenaires



COMMUNICATE  
WITH  
PLYMOUTH  
UNIVERSITY





# Remerciements

---

## Programmes



## Partenaires opérationnels et scientifiques

### Collègues

OPUR (Ghassan, Régis, Bruno, Marie-Christine, Céline,...)

PIREN (Jean-Marie, Sophie, Elodie, Nicolas,.....)

### Cellule technique

Catherine, Mohamed, Damien, Cécile, Philippe, Alex, Lila

### Doctorants

Solène  
Mathieu  
Alexandre  
Romain  
*Rachid*



# Habilitation à Diriger des Recherches

Contaminants organiques en milieu urbain et  
dans les hydrosystèmes anthropisés

Merci de votre attention

