

**Séminaires thématiques
Observatoire des Polluants Urbains**

**Micropolluants dans les eaux usées, en réseau et
dans les filières de traitement**

Date / horaire : **mardi 7 octobre 2014 de 13h30 à 17h00**

Lieu : SIAAP – Cité de l'Eau (Salle Durand-Claye)
82 avenue Kléber, 92000 Colombes.

Programme :

13h30-13h45 : Présentation générale du séminaire. *Johnny Gasperi.*

13h45-14h15 : Traitement des eaux usées par charbon actif en poudre : étude des micropolluants organiques et des virus. *Romain Mailler, Fanny Richard et Françoise Lucas.*

14h15-14h35 : Polluants prioritaires et émergents dans les boues de station d'épuration. *Romain Mailler.*

14h35-14h55 : Pause.

14h55-15h15 : Phtalates et alkylphénols dans les eaux usées parisiennes et dans les eaux grises. *Steven Deshayes.*

15h15-15h35 : Premières investigations de microplastiques dans les eaux usées et dans les filières de traitement. *Rachid Dris.*

15h35-16h30 : Discussion.

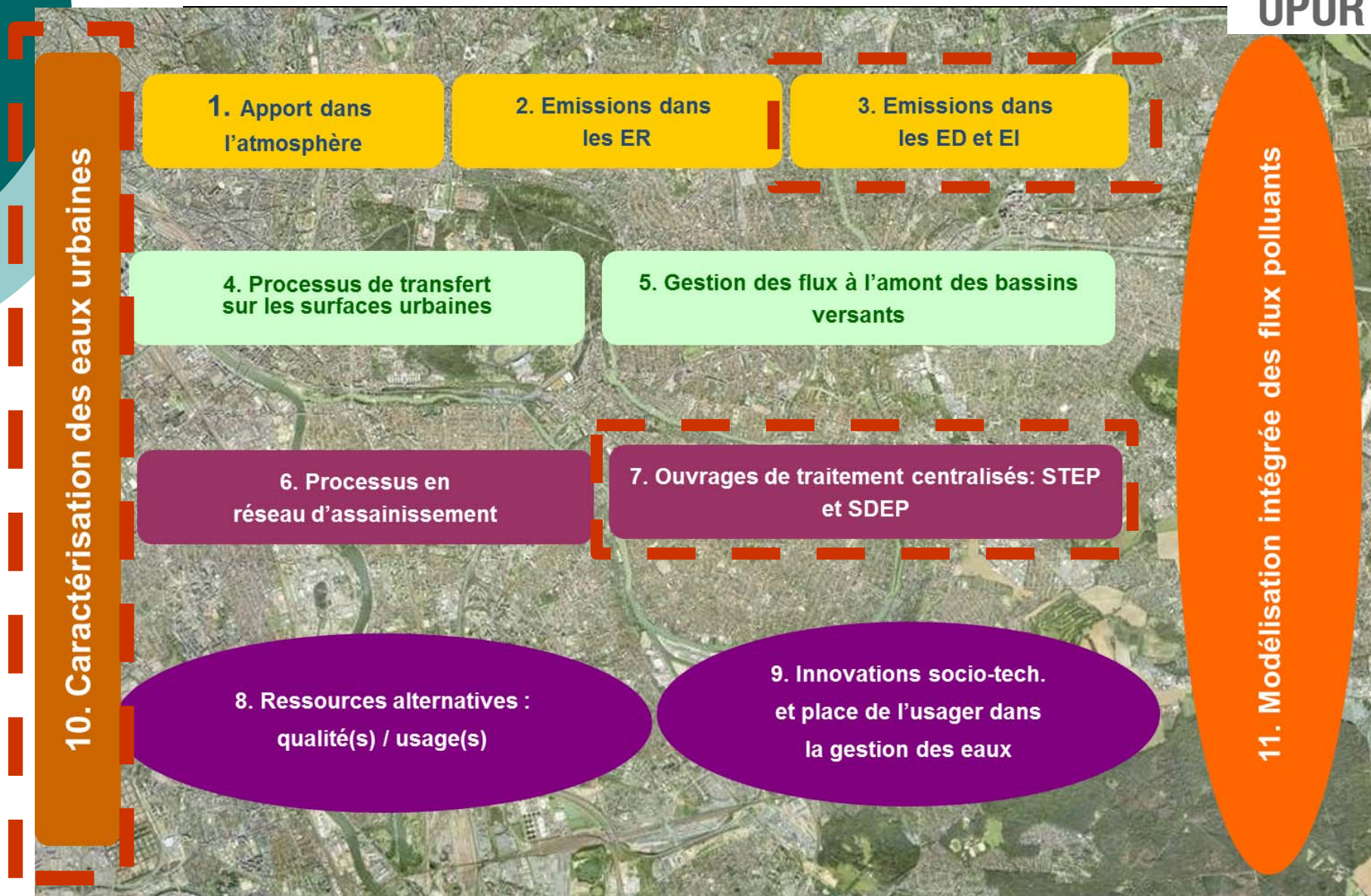
Inscription :

Pour vous inscrire à ce séminaire, veuillez s'il vous plaît envoyer vos coordonnées par mail à Johnny Gasperi (gasperi@u-pec.fr).

Micropolluants dans les eaux usées, en réseau et dans les filieres de traitement

Johnny Gasperi, Françoise Lucas

OPUR 4



Thèmes 3, 7 et 10



3.1 Identification des sources de phtalates et d'alkylphénols en milieu urbain et compréhension des processus d'élimination

7.1. Efficacité épuratoire des bioréacteurs à membranes et des traitements tertiaires : Aspects microbiologiques et physico-chimiques

7.3. Etude exploratoire sur la qualité des boues de station d'épuration

10.4. Micro-plastiques dans les bassins versants anthropisés : Focus sur les zones urbaines et cas de l'Île-de-France

3.1 Eaux grises

Sources of urban contamination by phthalates and alkylphenols – case of Parisian agglomeration (France). A. Bergé, J. Gasperi, V. Rocher, L. Gras, G. Chabance, A. Coursimault, R. Moilleron. Science of the total environment 2014, 488–489, 26–35.

- + 1 communication internationale (ICUD 2014)
- + 1 communication nationale (JDHU 2014)

7.1. Traitements tertiaires

Large-scale efficacy of powdered activated carbon to remove a wide range of emerging and priority micropollutants from wastewater treatment plant effluents. R. Mailler, J. Gasperi, Y. Coquet, S. Deshayes, S. Zedek, C. Cren-Olivé, N. Cartiser, V. Eudes, A. Bressy, E. Caupos, R. Moilleron, G. Chebbo, V. Rocher. Water Research 2014, soumis.

- + 2 communication internationales (ICUD 2014, Encom 2014)
- + 3 nationales (JDHU, JIE, ASTEE 2014)

7.3. Boues de station d'épuration

Priority and emerging substances in sewage sludge and fate during sludge treatment. R. Mailler, J. Gasperi, G. Chebbo, V. Rocher. Waste Management 2014, 34, 1217-1226

10.4. Micro-plastiques

Assessment of floating plastic debris in surface water along the Seine River. J. Gasperi, R. Dris, T. Bonin, V. Rocher, B. Tassin. Environmental Pollution 2014, 195, 163-166.

Beyond the ocean: Contamination of freshwater ecosystems with (micro-) plastic particles. W. Sanchez, R. Dris, H. Imhof, B. Tassin, F. Galgani, J. Gasperi, C. Laforsch. Environmental chemistry 2014, soumis.

First investigations on the microplastic contamination in an urban area: the case of the Greater Paris. R. Dris, J. Gasperi, V. Rocher, M. Saad, B. Tassin. Environmental chemistry 2014, soumis.

- + 1 communication internationale (WRH 2014)
- + 1 communication nationale (JDHU 2014)



Programme



13h45-14h15 : Traitement des eaux usées par charbon actif en poudre : étude des micropolluants organiques et des virus. *Romain Mailler, Fanny Richard et Françoise Lucas.*

14h15-14h35 : Polluants prioritaires et émergents dans les boues de station d'épuration. *Romain Mailler.*

14h35-14h55 : Pause.

14h55-15h15 : Phtalates et alkylphénols dans les eaux usées parisiennes et dans les eaux grises. *Steven Deshayes.*

15h15-15h35 : Premières investigations de microplastiques dans les eaux usées et dans les filières de traitement. *Rachid Dris.*

15h35-16h30 : Discussion.

Micropolluants dans les eaux usées, en réseau et dans les filières de traitement :

Traitement des eaux usées par charbon actif en poudre : étude des micropolluants organiques et des virus

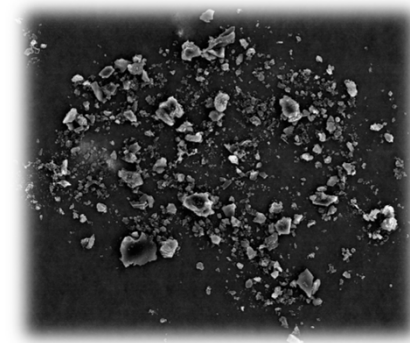


Romain MAILLER
Fanny RICHARD
Françoise LUCAS
Johnny GASPERI
Yves COQUET
Ghassan CHEBBO
Vincent ROCHER



Plan de la présentation

1. Contexte et problématique de l'étude
2. Le procédé CarboPlus®
3. Organisation générale de l'étude
4. Partie 1 : résultats micropolluants organiques
5. Partie 2 : résultats virus
6. Conclusion et perspectives



Problématique et contexte



Contexte

- De nombreux micropolluants, bactéries, virus dans les rejets de STEP malgré le traitement,
- Composés réfractaires aux filières conventionnelles,
- Durcissement réglementaire ?
- Traitement tertiaire par adsorption sur charbon actif fait partie des solutions possibles, mais très peu étudié sur les eaux usées.

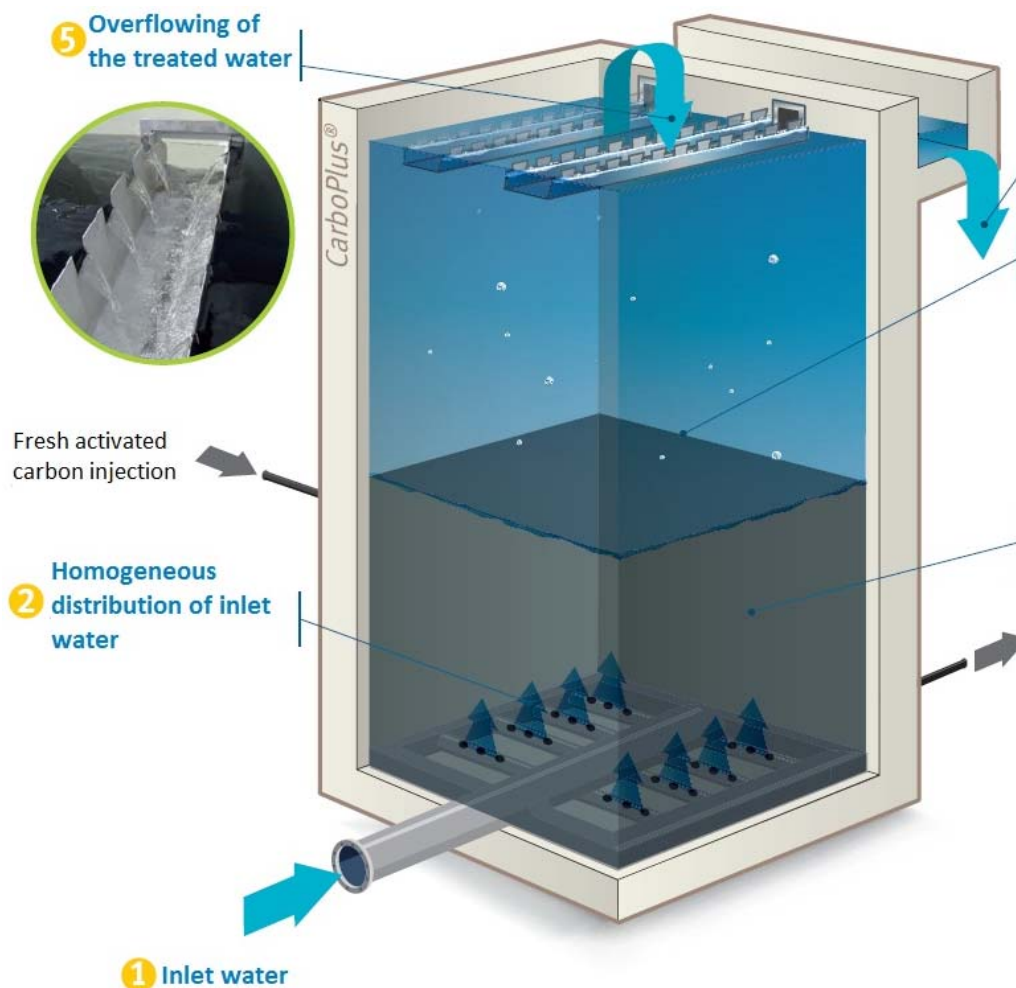


Problématique

Quelle efficacité du CAP pour réduire la contamination des eaux usées ?



Le procédé CarboPlus®



Principe :

- Lit fluidisé de CAP
- Stabilisation du lit par injection de FeCl_3 et polymère

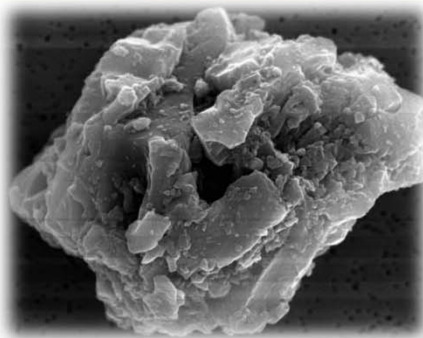
Le pilote étudié :

- 600-1200 m³/j d'eau usée traitée

Paramètres importants :

- Injection de 5-20 g/m³ CAP neuf (dose)
- Vitesse de passage de 6-12 m/h (V_H)

Le procédé CarboPlus®



Organisation générale de l'étude



Phase 1

Paramètres opérationnels variables

Juin à octobre 2013

STEP configuration normale

Efficacité sur les résidus
médicamenteux
Influence des paramètres
opérationnels

Phase 2

Paramètres opérationnels stables

Octobre à décembre 2013

STEP configuration dégradée

Efficacité sur d'autres
micropolluants et sur les
bactéries/virus
Influence de la dégradation du
traitement de Seine Centre

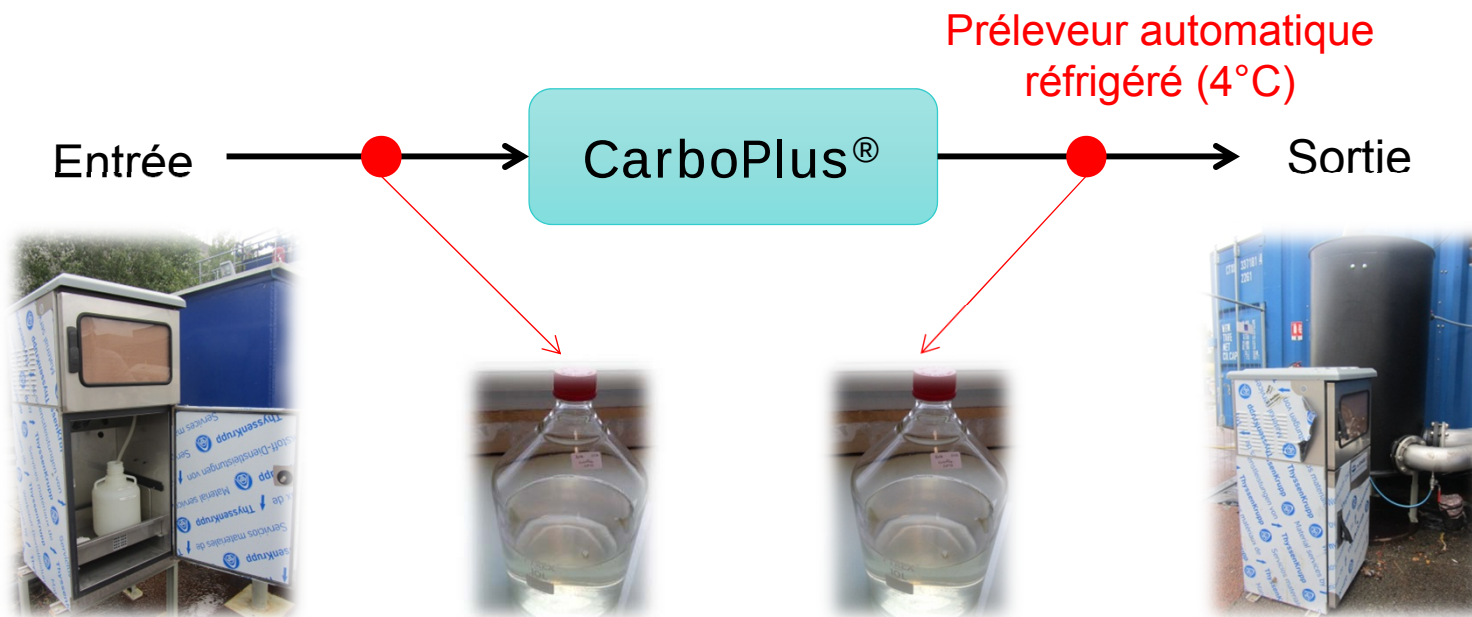
	Phase 1 N=11	Phase 2 N=6
Résidus médicamenteux	X	X
Autres organiques		X
Paramètres globaux	X	X
Bactéries/virus		X

Traitement des eaux usées par charbon actif en poudre : étude des micropolluants organiques et des virus

PARTIE 1

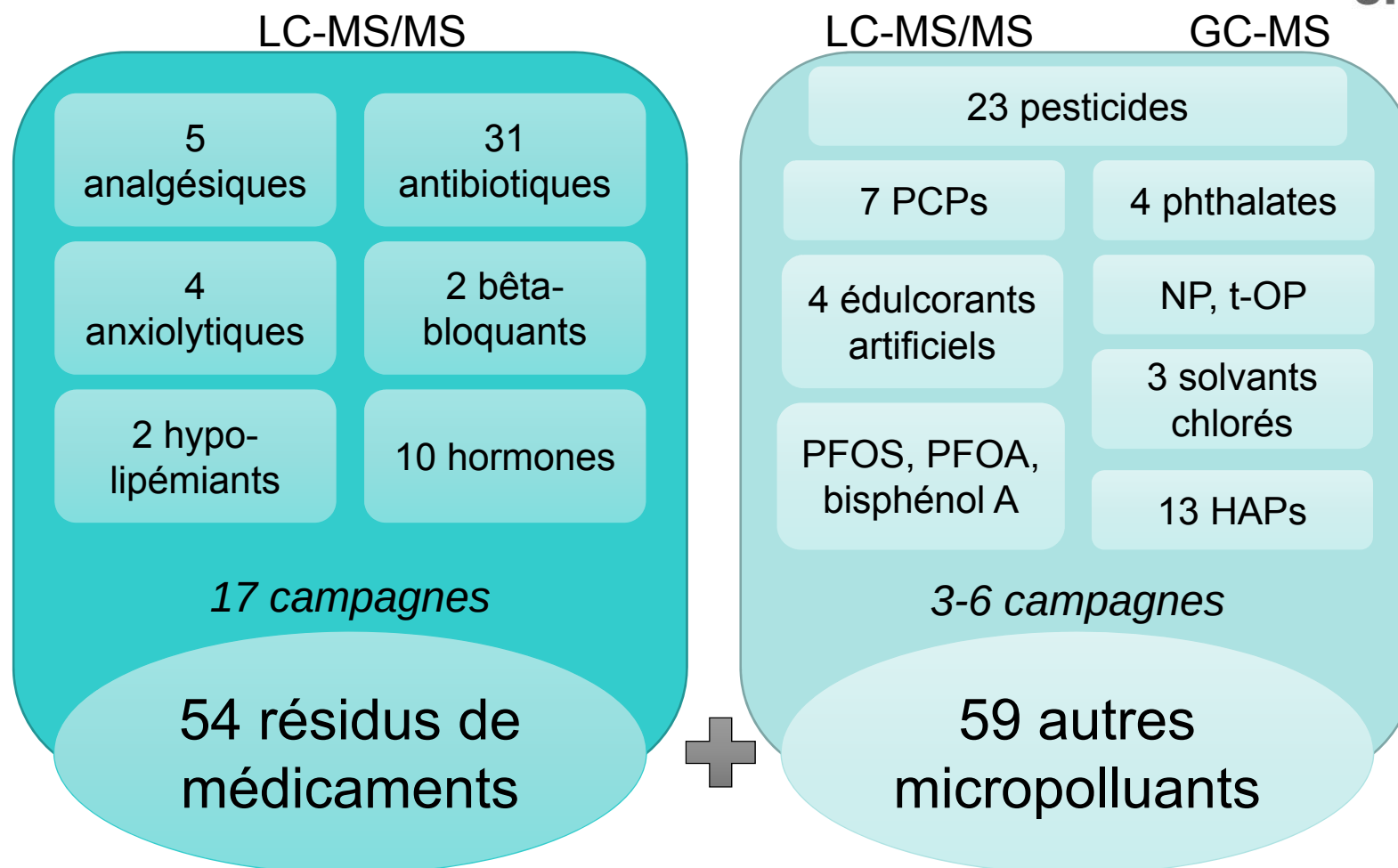
Etude des micropolluants organiques

Echantillonnage

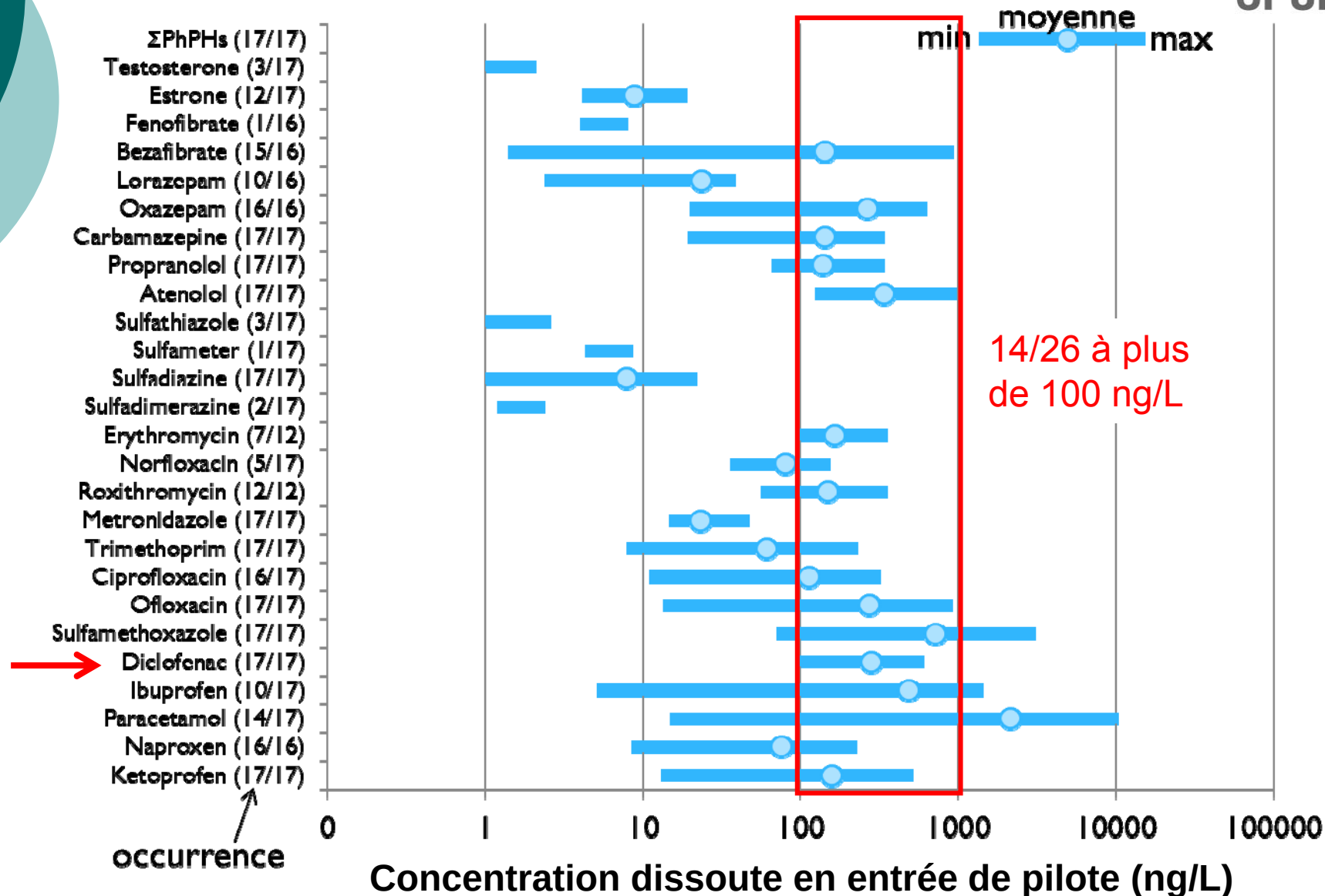


- Echantillons moyens 24-h (20 L) asservis au débit, flacons verre grillés, tuyaux en Teflon®,
- Phase dissoute, filtration à 0,7 µm sur filtres en fibre de verre GF/F Whatman®,

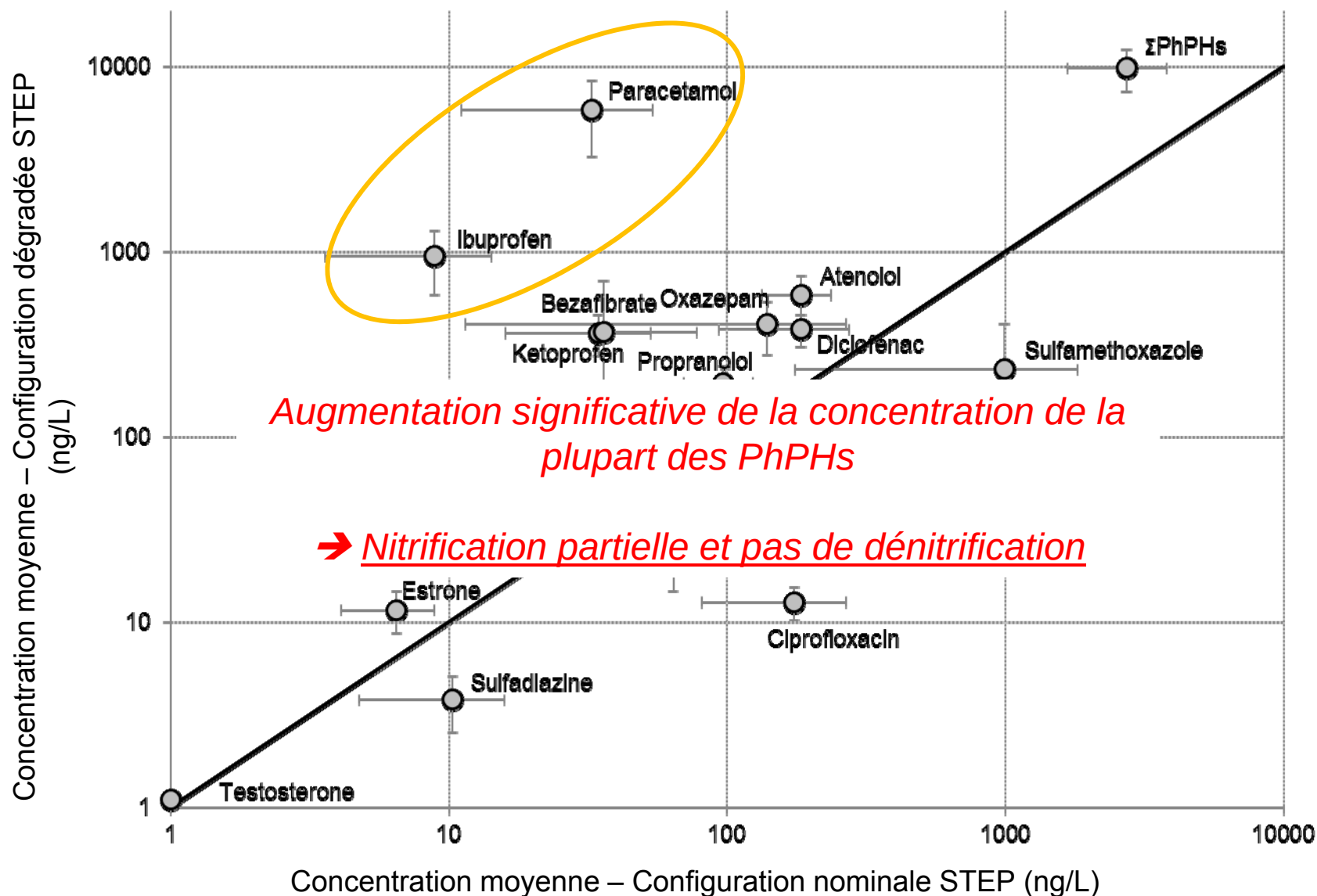
Micropolluants analysés (n=113)



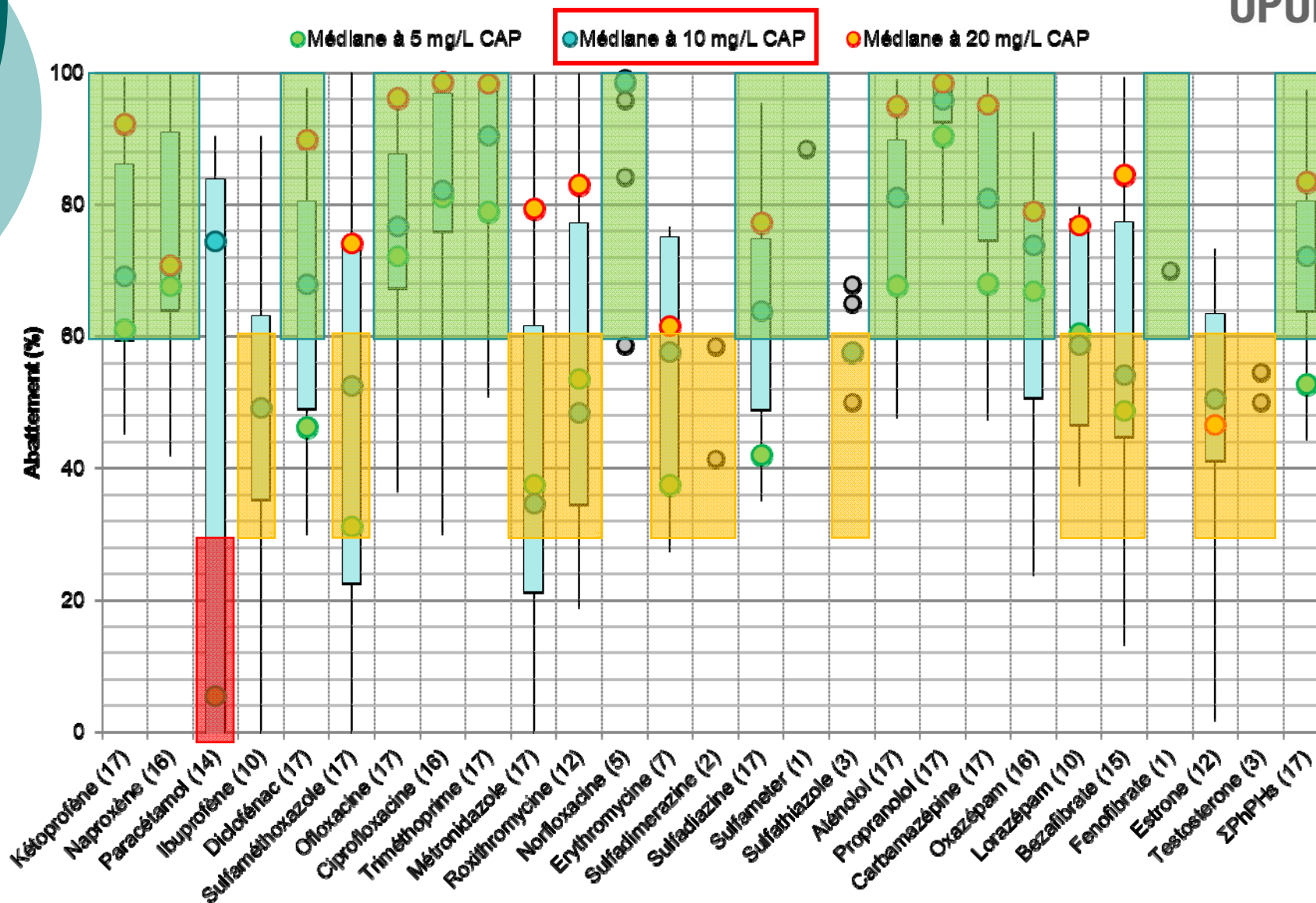
PhPHs en entrée de pilote



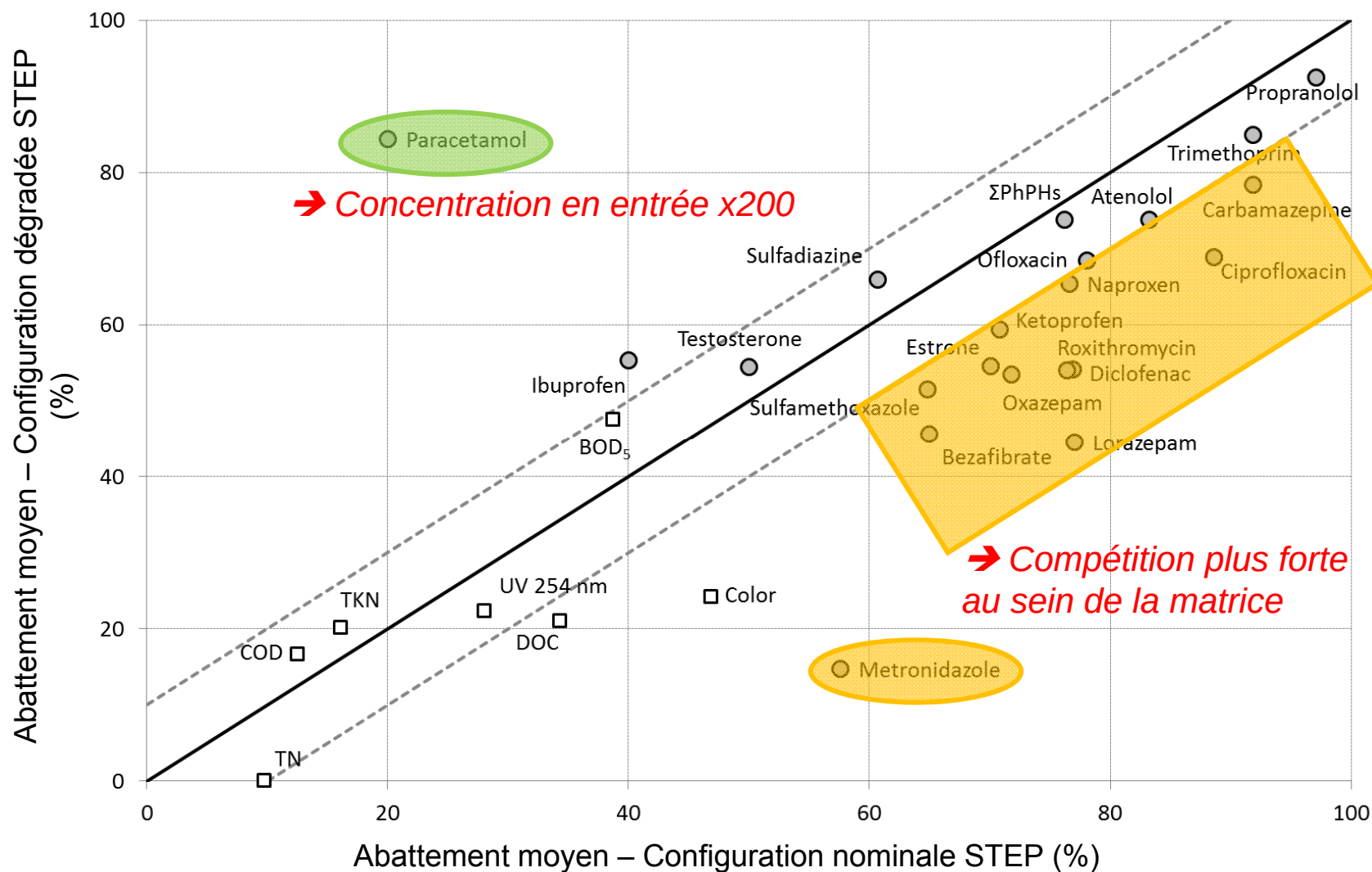
Configuration STEP vs. concentrations



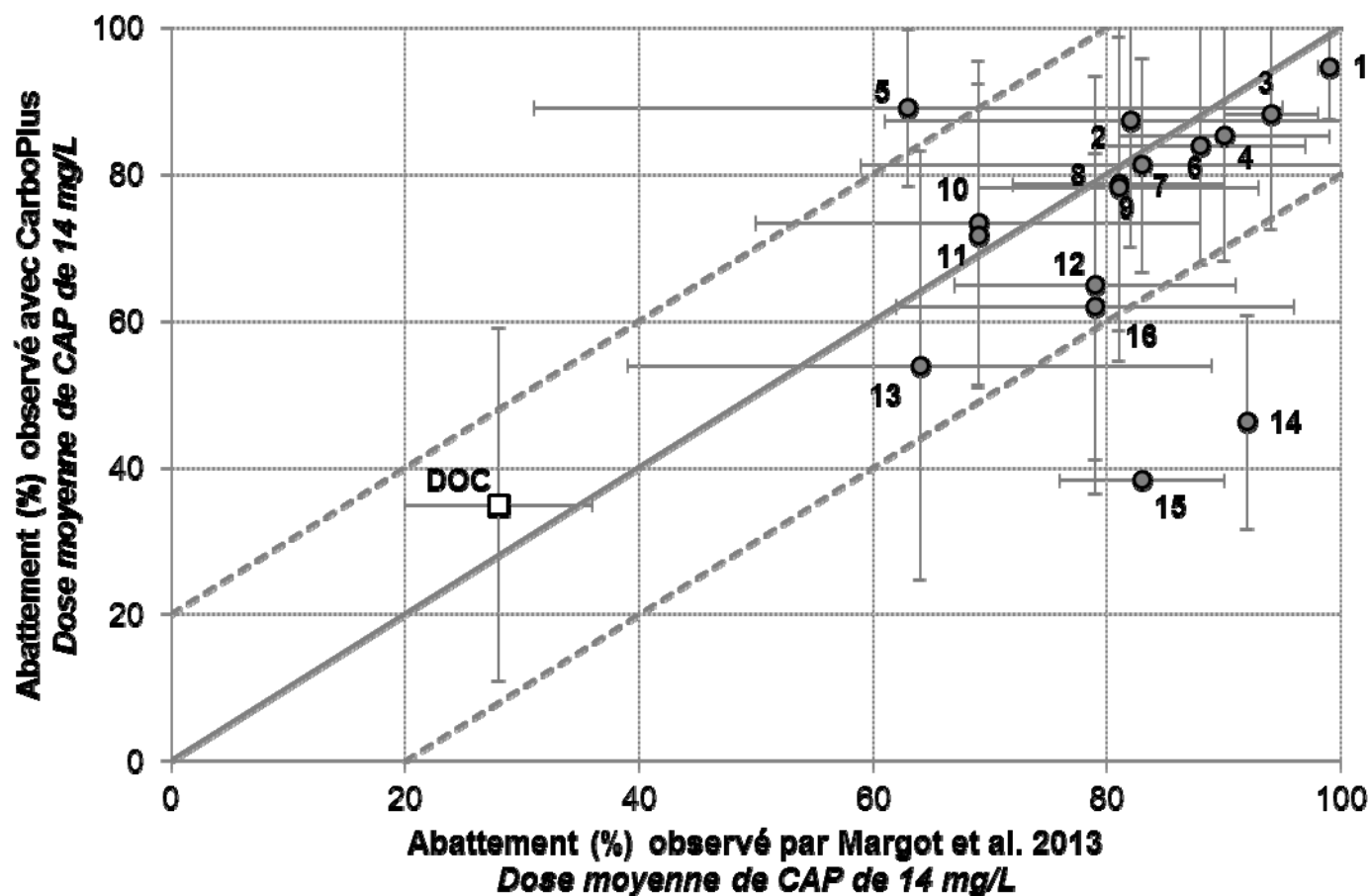
Abattements des PhPHs



Configuration STEP vs. abattements

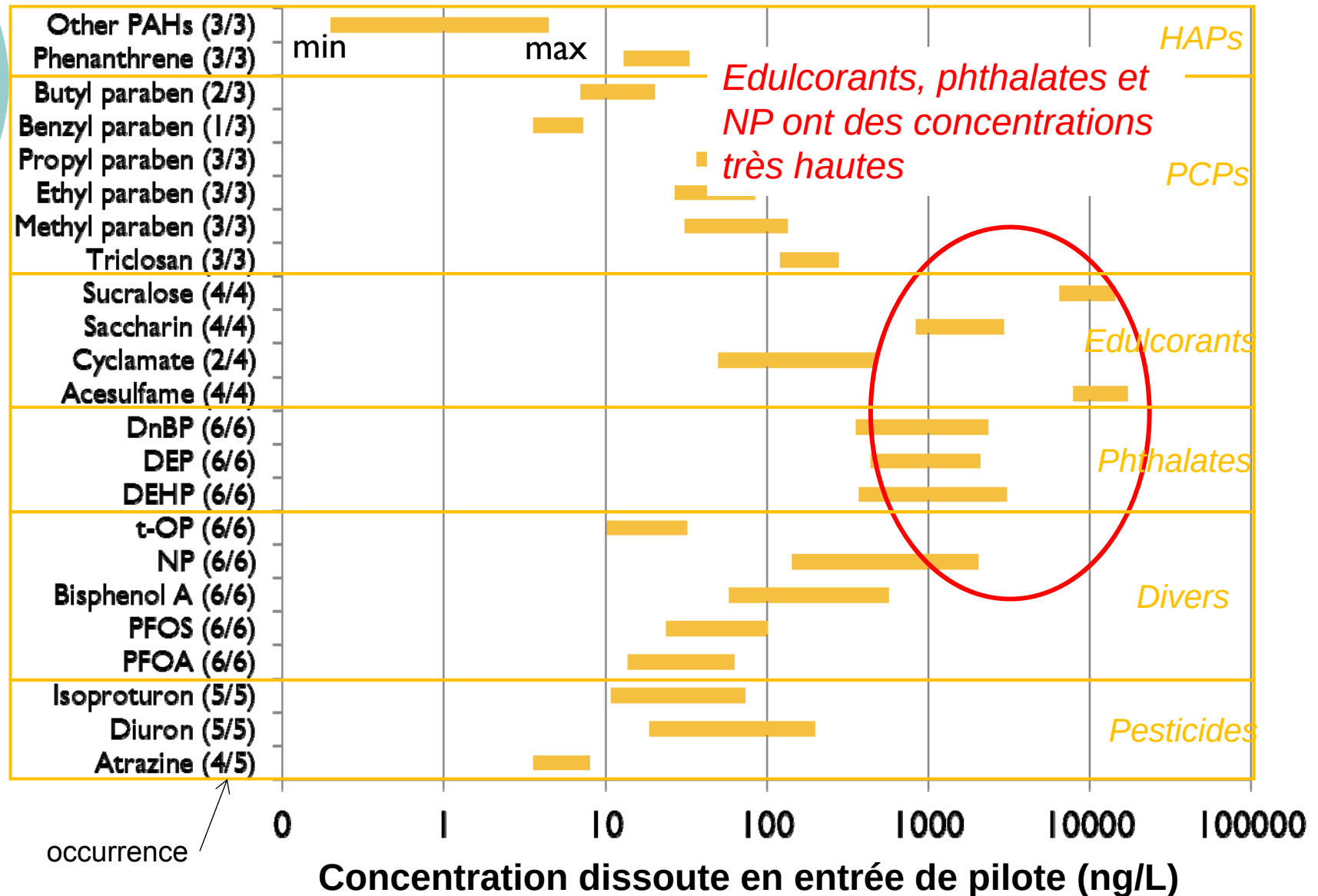


Comparaison à la bibliographie

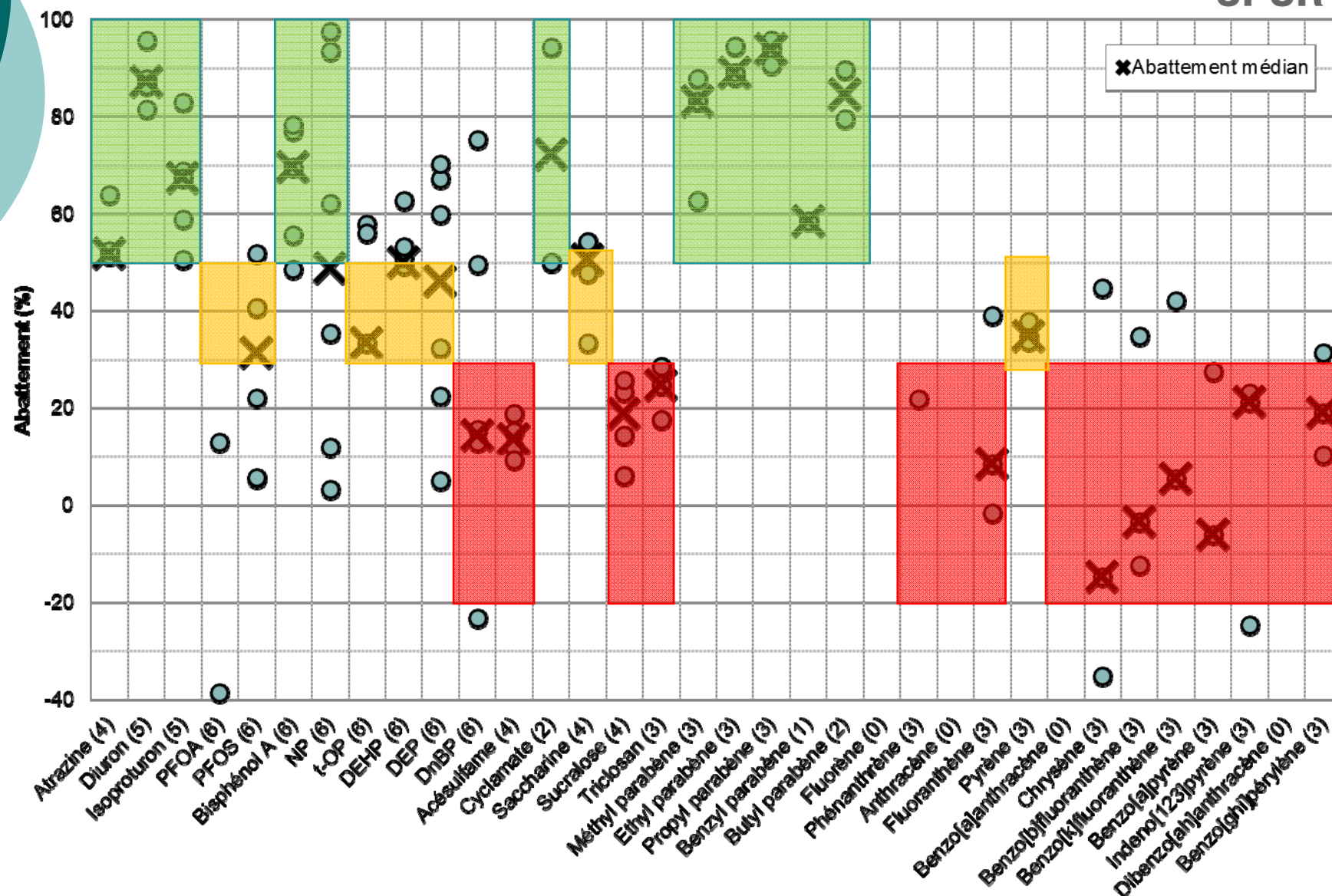


Propranolol (1), norfloxacin (2), trimethoprim (3), carbamazepine (4), ciprofloxacin (5), atenolol (6), ofloxacin (7), naproxen (8), ketoprofen (9), diclofenac (10), oxazepam (11), bezafibrate (12), sulfamethoxazole (13), estrone (14), ibuprofen (15) and metronidazole (16)

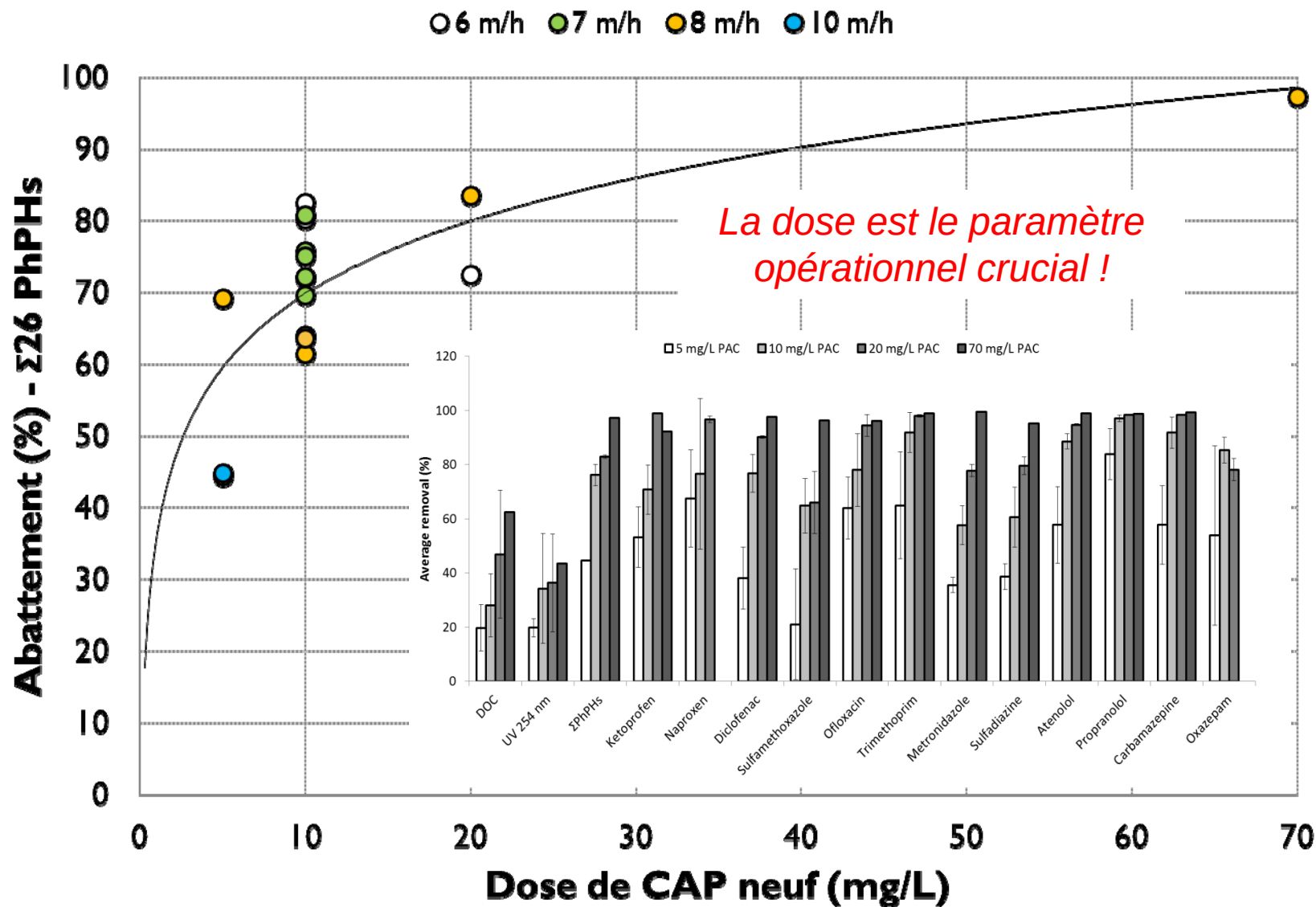
Autres micropolluants en entrée de pilote



Abatement des autres polluants



Impact de la dose de CAP

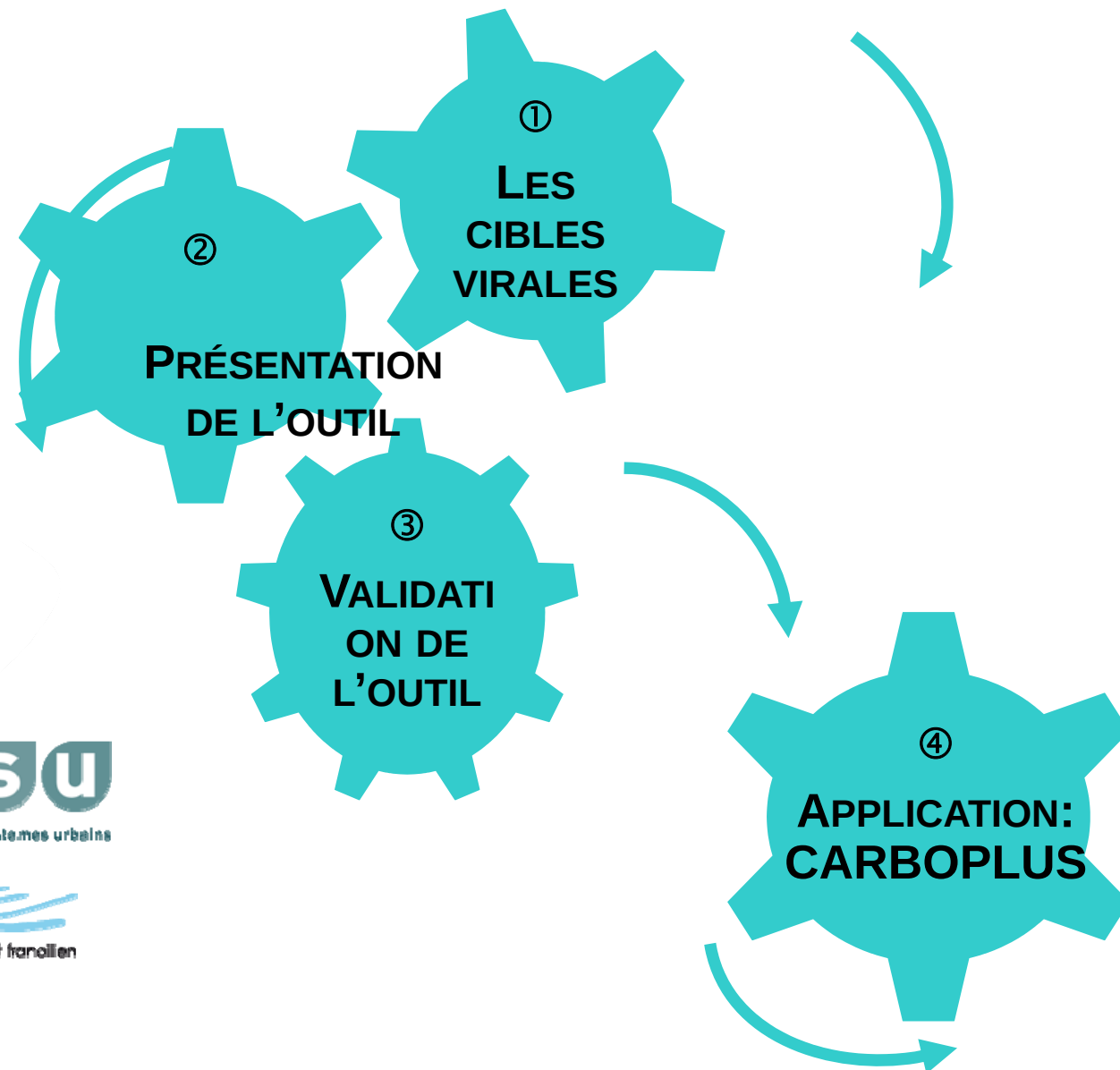


Traitement des eaux usées par charbon actif en poudre : étude des micropolluants organiques et des virus

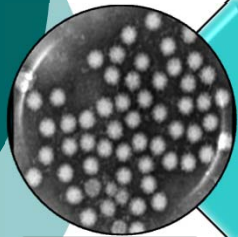
PARTIE 2

Etude des virus

Problématique et contexte



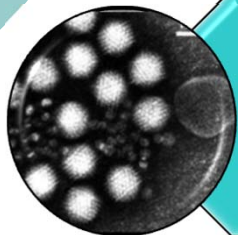
Les cibles virales



27-38 nm

Norovirus (NV)

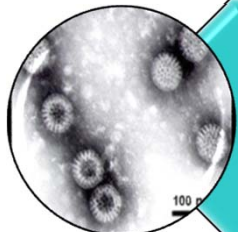
- Principale cause de gastro-entérites non bactériennes
- Epidémies dans les collectivités
- Pic hivernal



60-90 nm

Adénovirus (AdV)

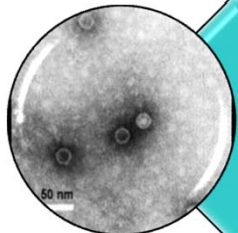
- 2^{ème} cause de gastro-entérites chez les enfants
- période privilégiée : fin hiver – début été
- tropisme pour systèmes respiratoire, oculaire, urinaire



75 nm

Rotavirus (RV)

- 1^{ère} cause de diarrhées aiguës sévères enfants (6m-2ans)
- période privilégiée : hiver – printemps
- Rotavirus A (RVA) majoritaire en pathologie humaine

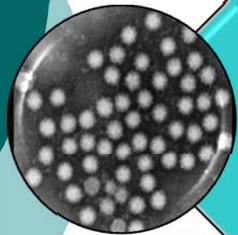


20-30 nm

Entérovirus (EV)

- Poliovirus ⇔ poliomyélite
- Non Poliovirus ⇔ affections digestives, respiratoires, méningites, myocardites, encéphalites et paralysie
- période privilégiée : été-automne

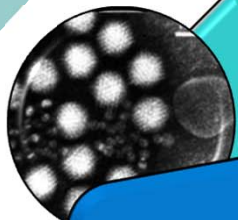
Les cibles virales



27-38 nm

Norovirus (NV)

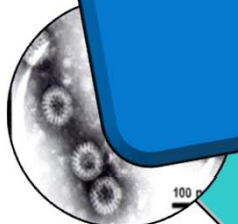
- Principale cause de gastro-entérites non bactériennes
- Epidémies dans les collectivités
- Pic hivernal



60 nm

Adénovirus

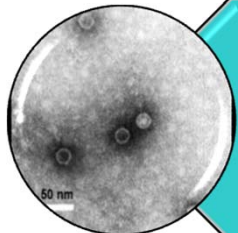
- 2ème cause de gastro-entérites



75 nm

(RV)

- 1ère cause de diarrhées aiguës sévères enfants (6m-2ans)
- période privilégiée : hiver – printemps
- Rotavirus A (RVA) majoritaire en pathologie humaine



20-30 nm

Entérovirus (EV)

- Poliovirus ⇔ poliomyélite
- Non Poliovirus ⇔ affections digestives, respiratoires, méningites, myocardites, encéphalites et paralysie
- période privilégiée : été-automne

Transmission oro-fécale directe et indirecte
Dose infectieuse faible : <100 particules virales

Présentation de l'outil



**Amplification et
quantification**

RT-q-PCR :
copies de
génom



**Extraction / purification
des acides nucléiques**

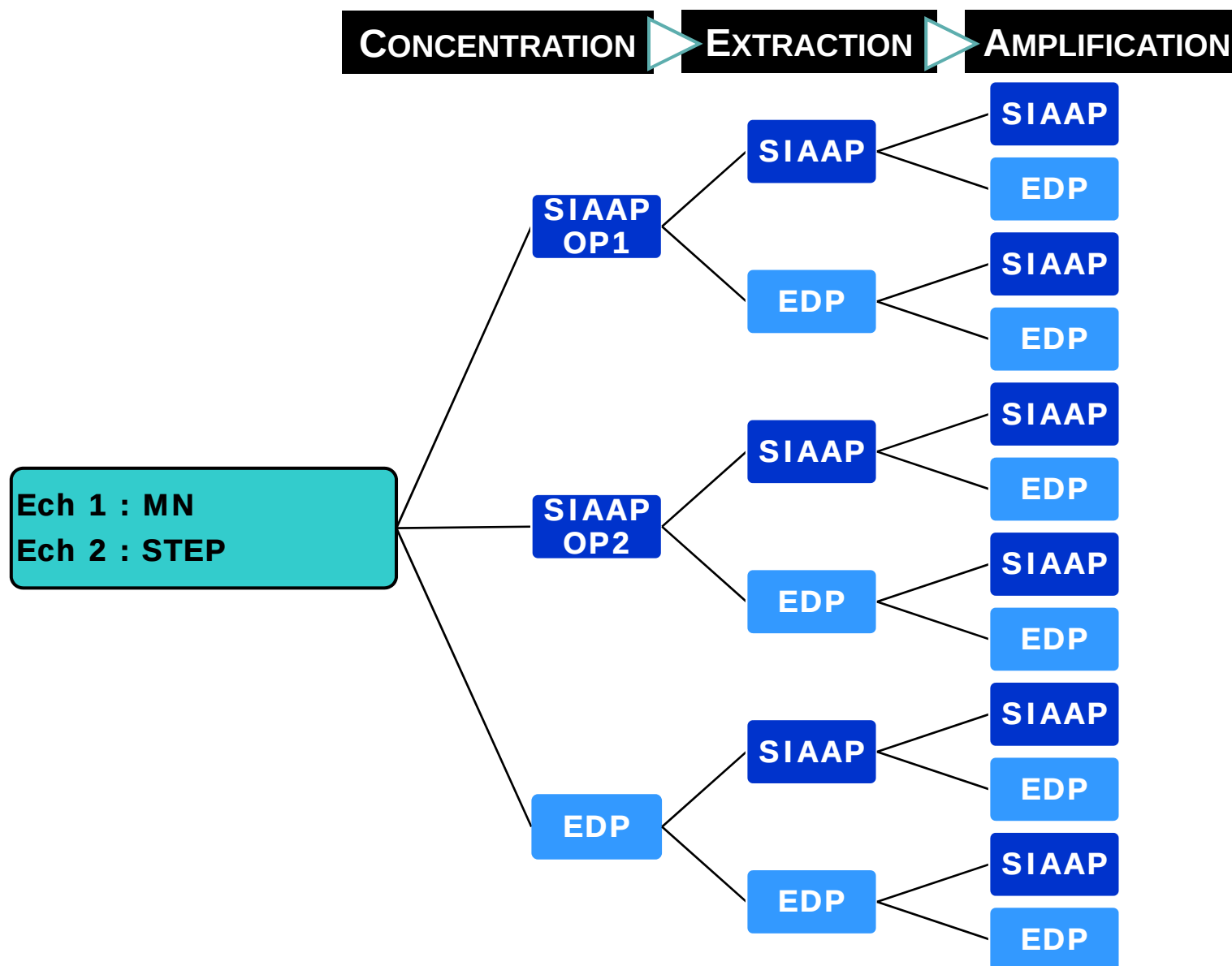


**Concentration
virale**

3 étapes :

- adsorption/élution
- floculation organique
- ultracentrifugation

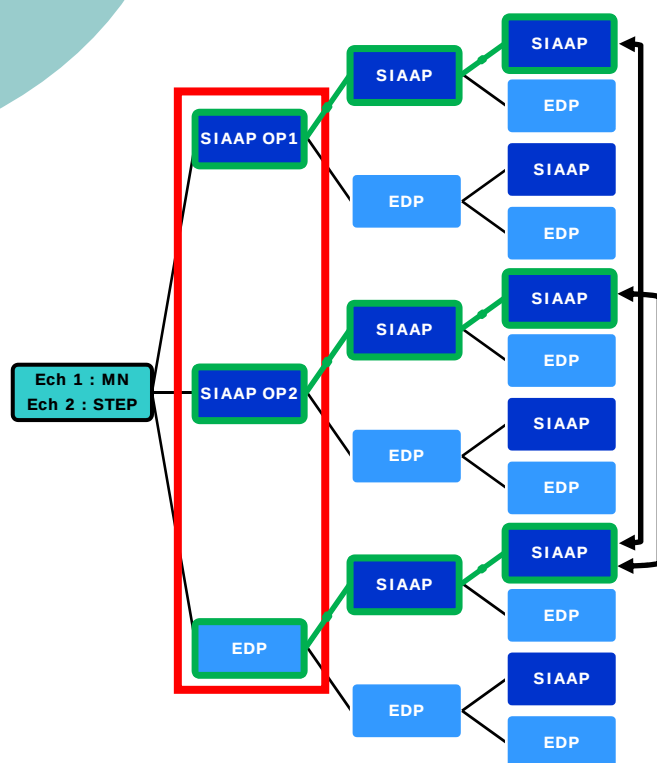
Validation de l'outil



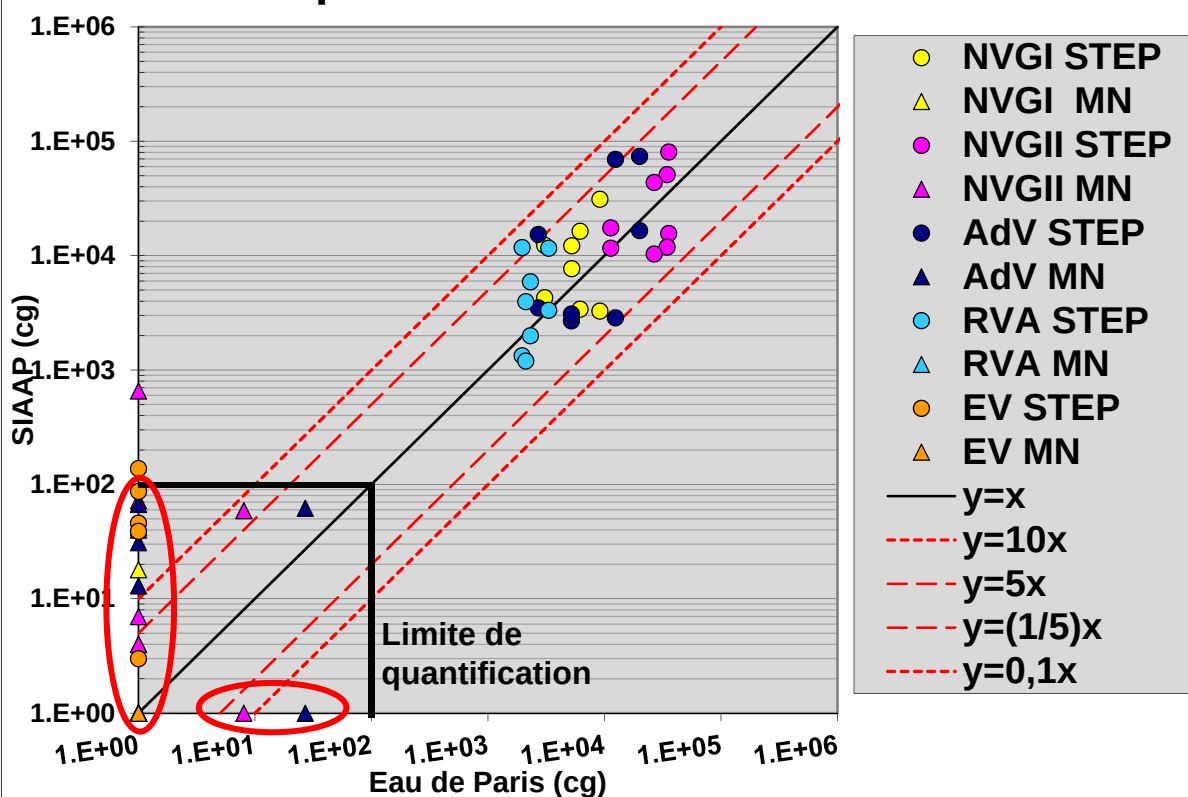
Validation de l'outil: concentration

8 jeux de données /
cible virale / échan.

CONCENTRATION → EXTRACTION → AMPLIFICATION



Etape de concentration



Validation de l'outil: concentration

8 jeux de données /
cible virale / échan.

CONCENTRATION

EXTRACTION

AMPLIFICATION

Wilcoxon ou test t,
appariés par matrice et
par cible
 $n=8$, $\alpha=0,05$

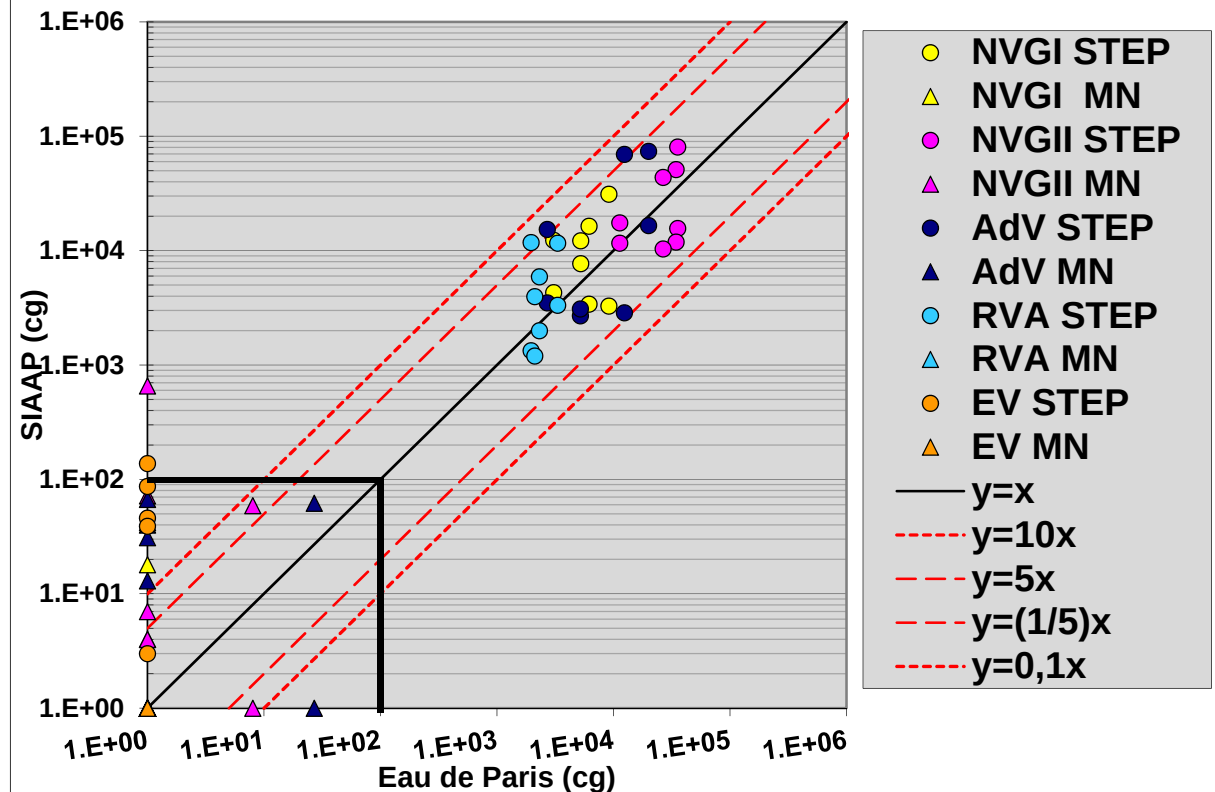


Absence de différence
significative



**Etape
concentration
validée**

Etape de concentration



Validation de l'outil: extraction

6 jeux de données /
cible virale / échan.

CONCENTRATION

EXTRACTION

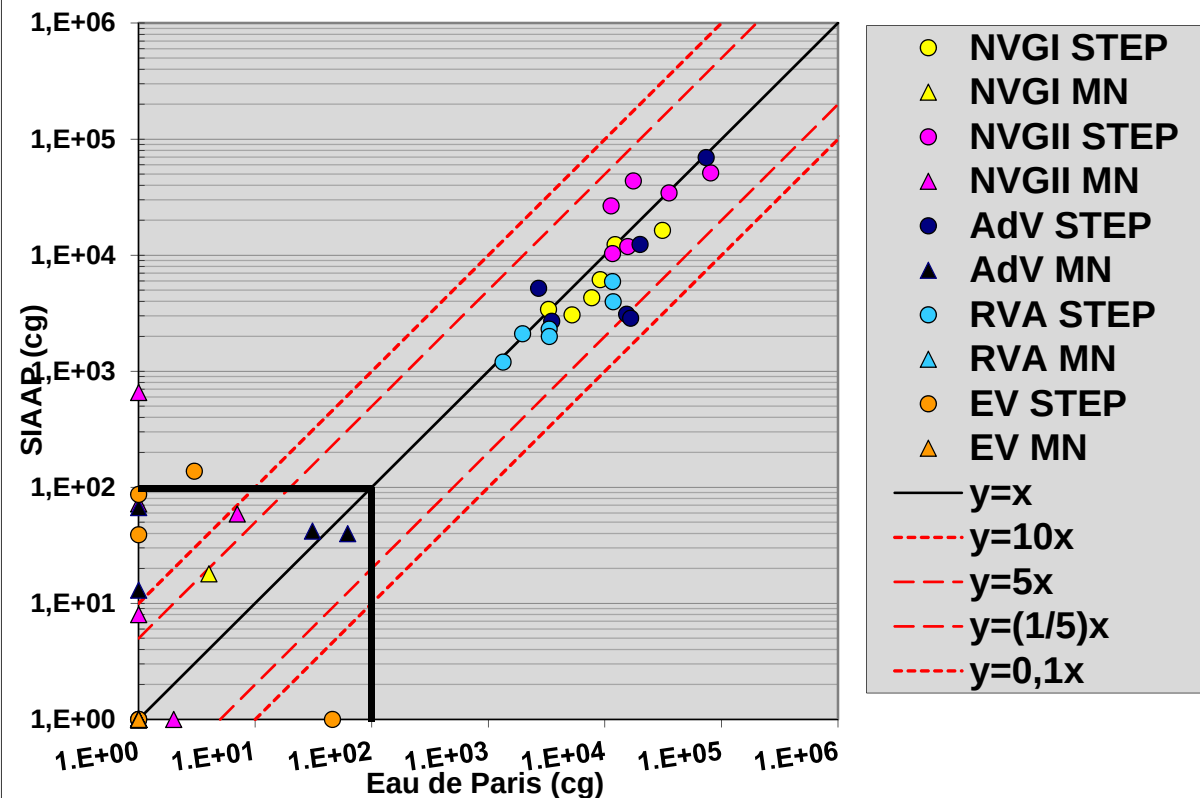
AMPLIFICATION

Absence de différence
significative ($p > 0.05$)



**Etape d'extraction
validée**

Etape d'extraction



Validation de l'outil : amplification

6 jeux de données /
cible virale / échan.

CONCENTRATION → EXTRACTION → AMPLIFICATION

AdV : Différence significative
d'un facteur 5



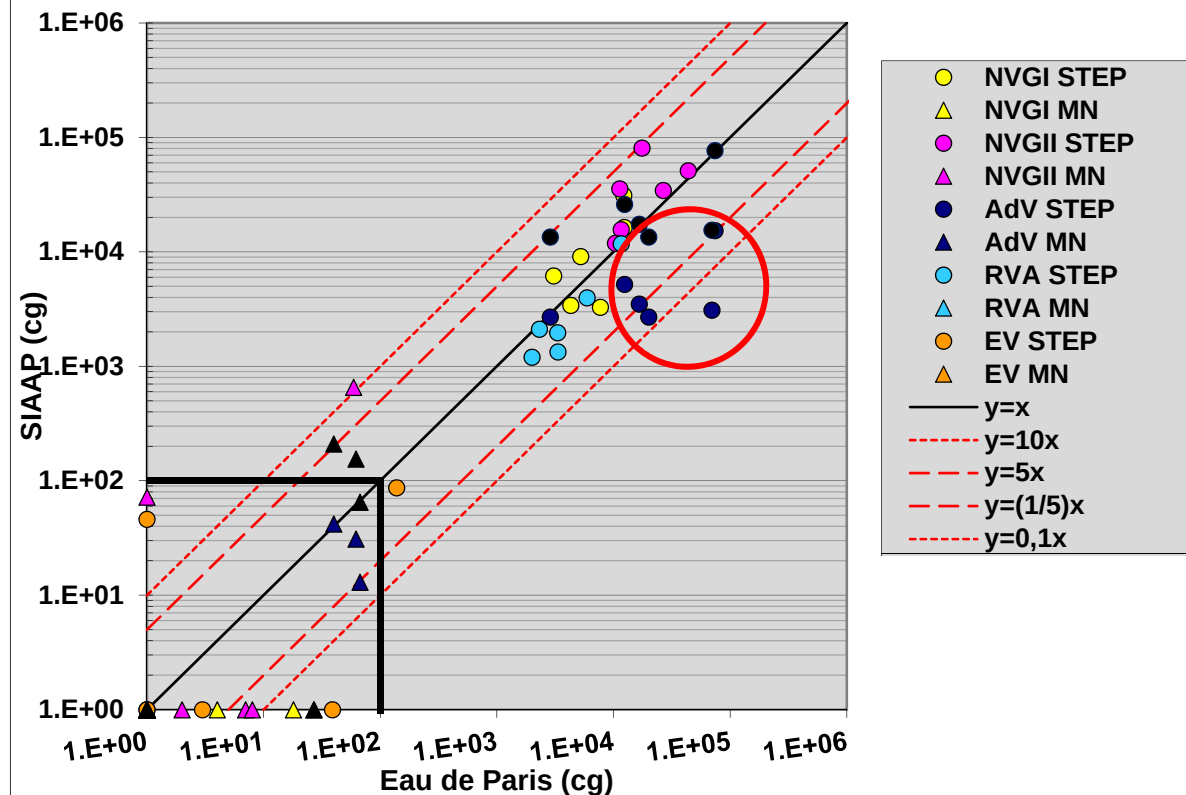
Problème de gamme ou
de quantification du
standard ?

Autres virus: pas de
différence significative



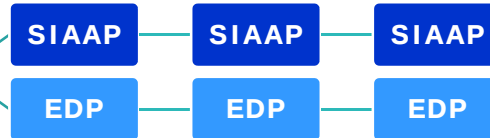
**Etape amplification
validée avec réserve
pour AdV**

Etape amplification



Validation de l'outil: interlabo

8 Ech. MN.
8 Ech. STEP



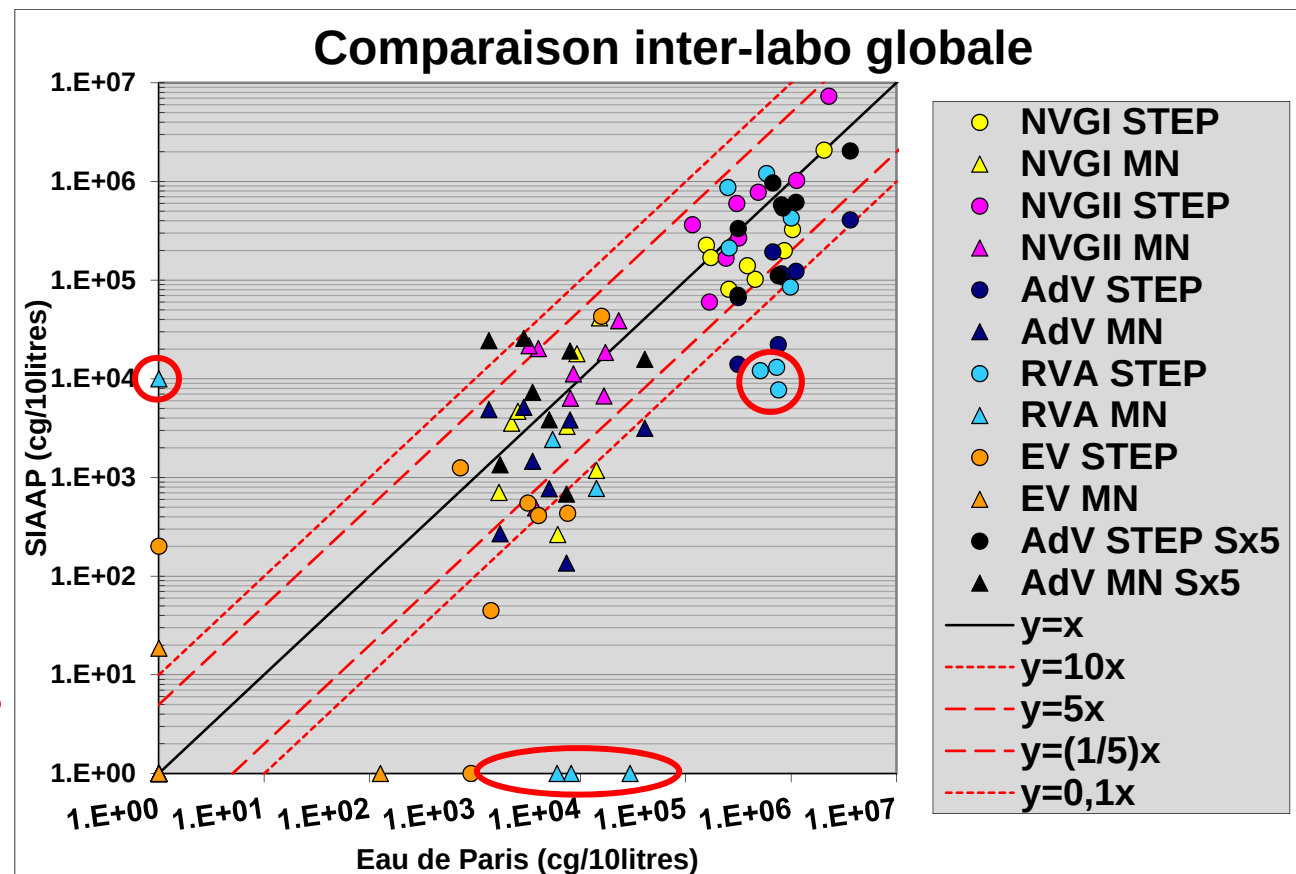
1) AdV: différence de facteur 5

2) Autres virus: pas de différence significative

3) Rotavirus A :
MN : 3/8 => ND au SIAAP



Outil permettant de détecter 5 cibles virales



Virus entériques sortie Seine-Centre



- Entérovirus minoritaires ($1-10^3$ cg/L)
- Adénovirus, Norovirus, Rotavirus (10^3-10^5 cg/L)

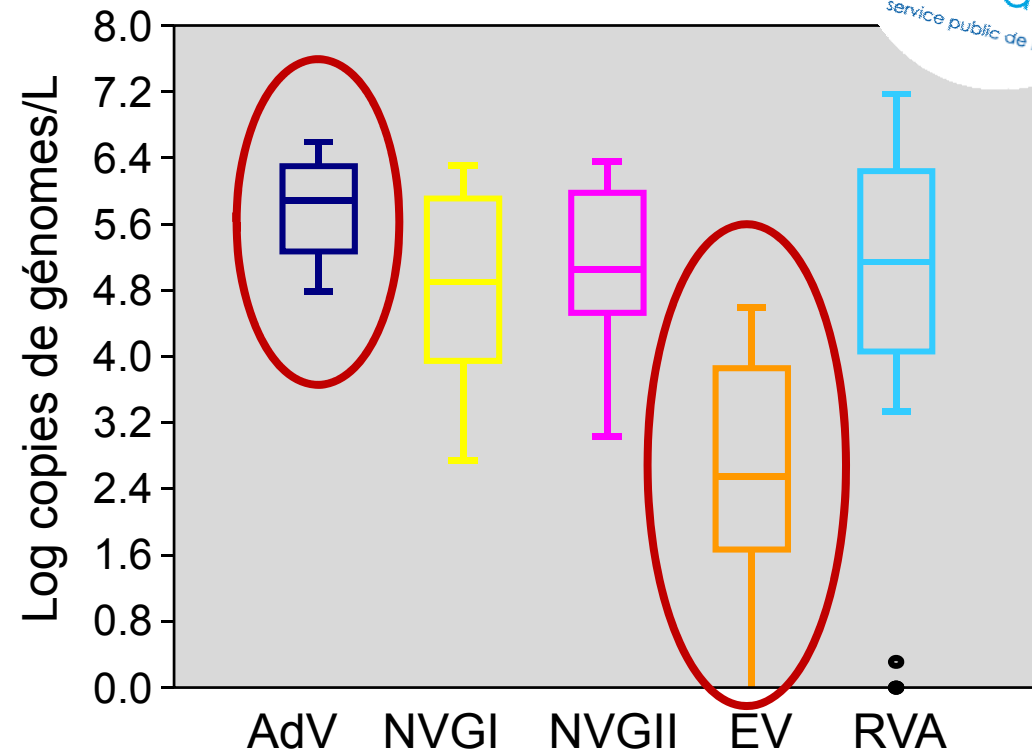


AdV RVA NVGI NVGII > EV

(Kruskal-Wallis, $p < 0,001$)

Niveaux comparables
à la littérature

(Lodder et al. 2005, Katayama
et al. 2007, Nordgen et al. 2009)



n = 25 campagnes, Thèse B. Prévost (Eau de Paris)

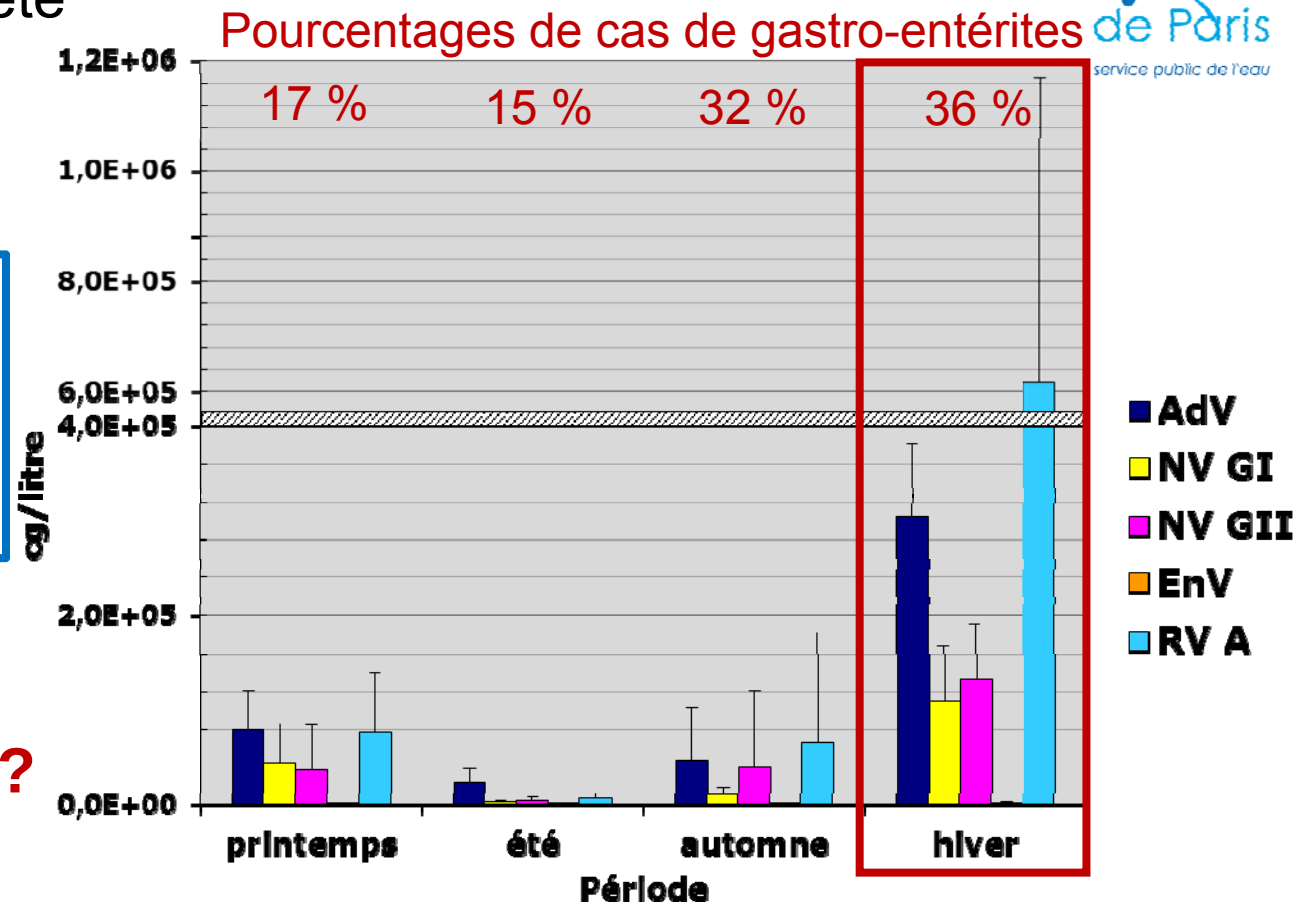
Virus entériques en sortie de SEC

- Pic en période épidémique (hiver)
- Minimum en été

Eaux usées traitées :
reflet de l'état
sanitaire de la
population



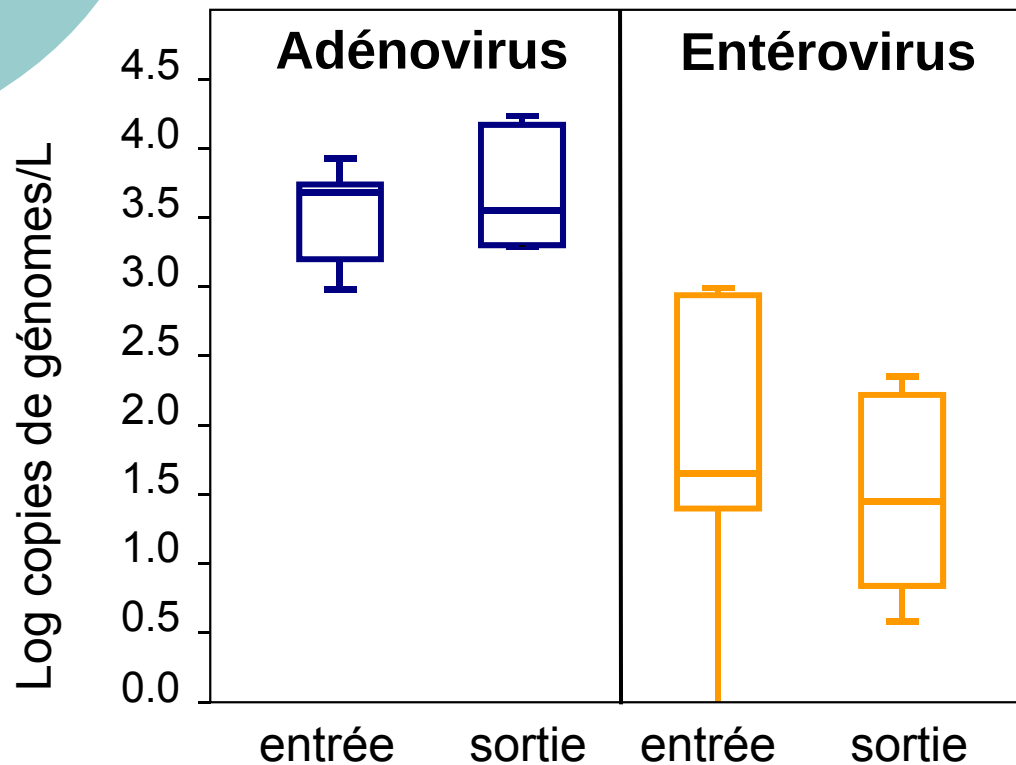
Traitement tertiaire?



Thèse B. Prévost + données du réseau Sentinelles

Abattements des virus entériques

Abattement **non significatif** par CARBOPLUS®
quelque soit le type de virus (*Tests t appariés, n=5, p>0.05*)



➡ Adsorption virale sur charbon actif

(Seo et al 1996, Matshushita et al. 2013)

➡ Dépend de :

- nature et concentration du C,
- surface et temps de contact

(Cloete et al. 1998, Margot 2011)

Conclusions



Micropolluants organiques

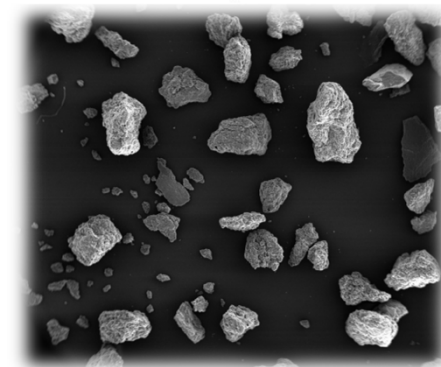
- 14 PhPHs mesurés à plus de 100 ng/L dans les rejets de Seine Centre,
- La majorité des PhPHs sont bien abattus par CarboPlus
 - Bêtabloquants, carbamazépine, diclofénac, oxazépam (>70%)
- Abattements comparables à Margot *et al.* 2013 (Suisse),
- Parabènes, pesticides et bisphénol A abattus à plus de 60%,
- Corrélation forte entre dose et performances,

Virus entériques

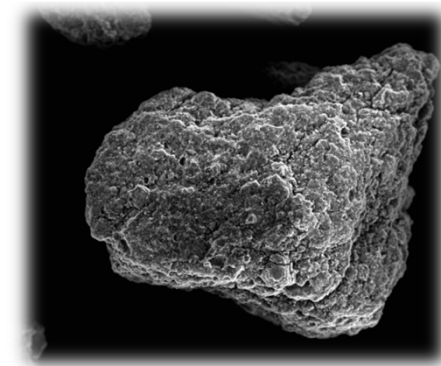
- Validation de la quantification de 5 cibles virales au SIAAP,
- CarboPlus® pas adapté pour les virus entériques => désinfection.

Perspectives de l'étude

- Résultats bactériologiques sur la phase poudre,
- Etude pilote avec un nouveau type de charbon actif (micro-grain)
 - Taille intermédiaire ($\approx 500 \mu\text{m}$) entre poudre et grain
→ simplification opérationnelle,
 - Temps de séjour solide plus grand → activité biologique ?
 - Produit à base de charbon régénéré et régénérable (plus durable).
- Tests complémentaires en laboratoire (structure charbons, rôle de la MO, coagulant, méthanol, isothermes, etc.),
- Evaluation précise du coût du procédé et de son application à grande échelle.



**Chemviron
Carbon**





Remerciements

- Céline Briand, SIAAP
- LAPC SIAAP
- Préleveurs du SIAAP et EDP
- Sifax Zedek, LEESU
- Steven Deshayes, LEESU/LCPP
- Mariem Sassi, LEESU/SIAAP
- Benoit Prévost, LEESU
- Laurent Moulin, Eau de Paris
- Sébastien Würtzer, Eau de Paris
- Séverine Bareilles, SAUR

Annexes

Paramètres globaux

		Configuration nominale SEC n=9		Configuration dégradée SEC n=5	
		C _{entrée}	R%	C _{entrée}	R%
UV-254	cm ⁻¹	0,110 ± 0,013	32 ± 14%	0,139 ± 0,011	21 ± 2%
COD	mgC/L	5,6 ± 0,9	35 ± 24%	7,5 ± 0,5	22 ± 4%
DCO	mgC/L	26 ± 11	12 ± 14%	26 ± 2	17 ± 10%
DBO ₅	mgC/L	4,8 ± 3,3	39 ± 19%	5,8 ± 0,9	48 ± 10%
NTK	mgN/L	1,5 ± 0,2	18 ± 16%	4,9 ± 0,5	20 ± 7%
NH ₄ ⁺	mgN/L	<LQ	-	4,4 ± 0,7	20 ± 7%
NO ₂ ⁻	mgN/L	0,21 ± 0,17	20 ± 93%	0,7 ± 0,02	-300 ± 206%
NO ₃ ⁻	mgN/L	9,1 ± 2,9	7 ± 11%	23,7 ± 2,1	-3 ± 2%
PO ₄ ³⁻	mgP/L	<LQ	-	<LQ	-
P total	mgP/L	<LQ	-	<LQ	-
MES	mg/L	3 ± 1	< 0%	6 ± 2	14 ± 42%

Impact des propriétés moléculaires

Molécule	Positive	Neutre	Négative
Charge	+++	0	-
Hydrophobicité	+	++	0
Taille	--	?	?
Structure chimique – groupes fonctionnels	+	++	++

+++ = influence positive forte

-- = influence négative modérée

++ = influence positive modérée

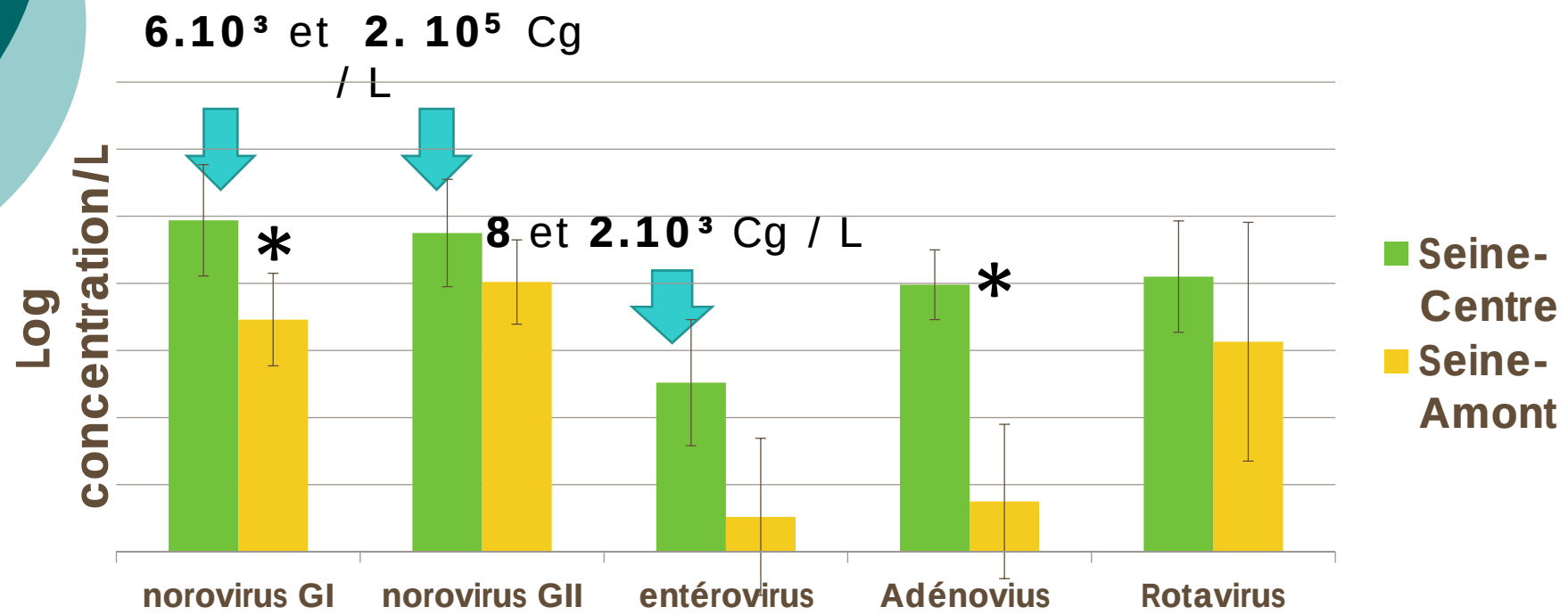
- = influence négative faible

+ = influence positive faible

0 = pas d'influence

? = pas de données

virus entériques en sortie des stations d'épuration



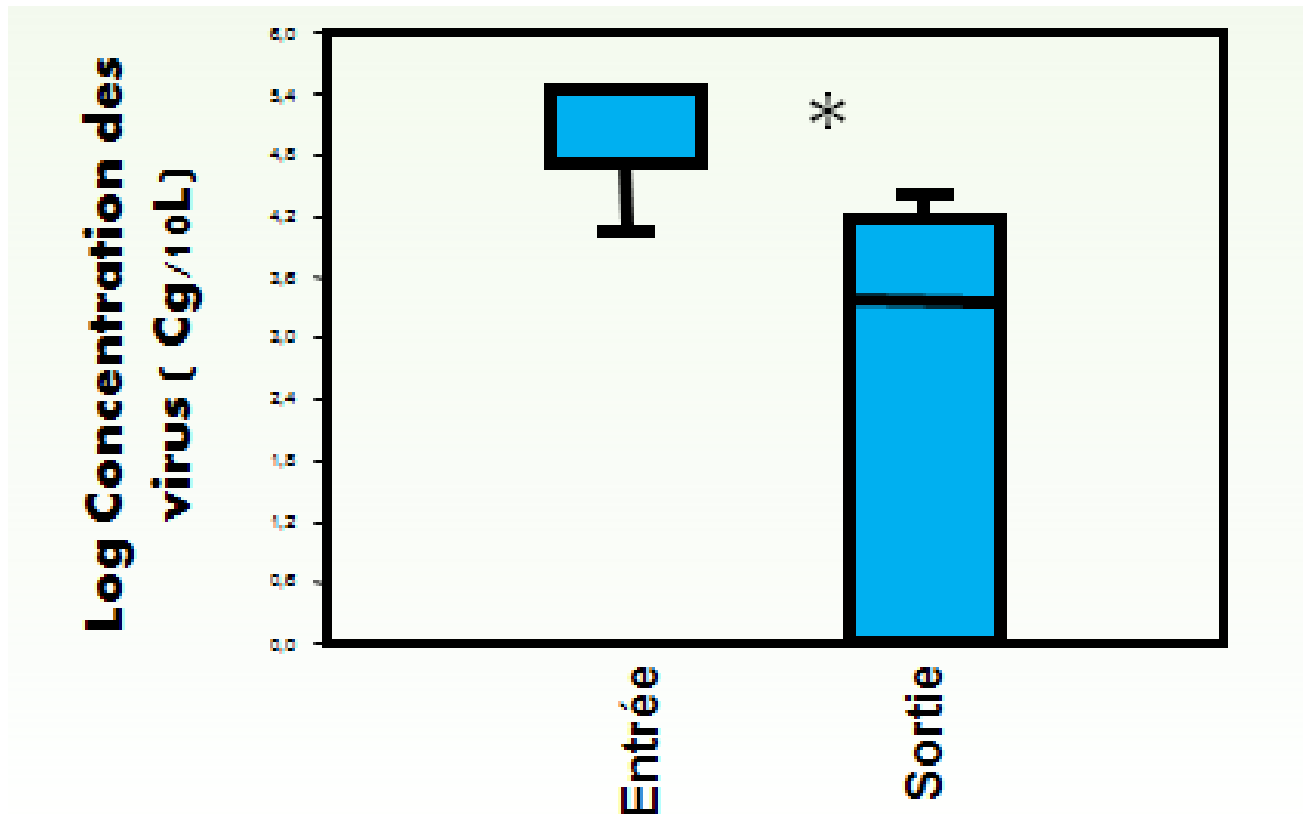
- **Niveaux comparables à la littérature** (*Lodder et al. 2005, Katayama et al. 2007, Nordgen et al. 2009*)

- **Dépend de l'état sanitaire, des traitements et de facteurs de dilution** (*Katayama et al. 2007*)

2- Efficacité de la désinfection

Résultats

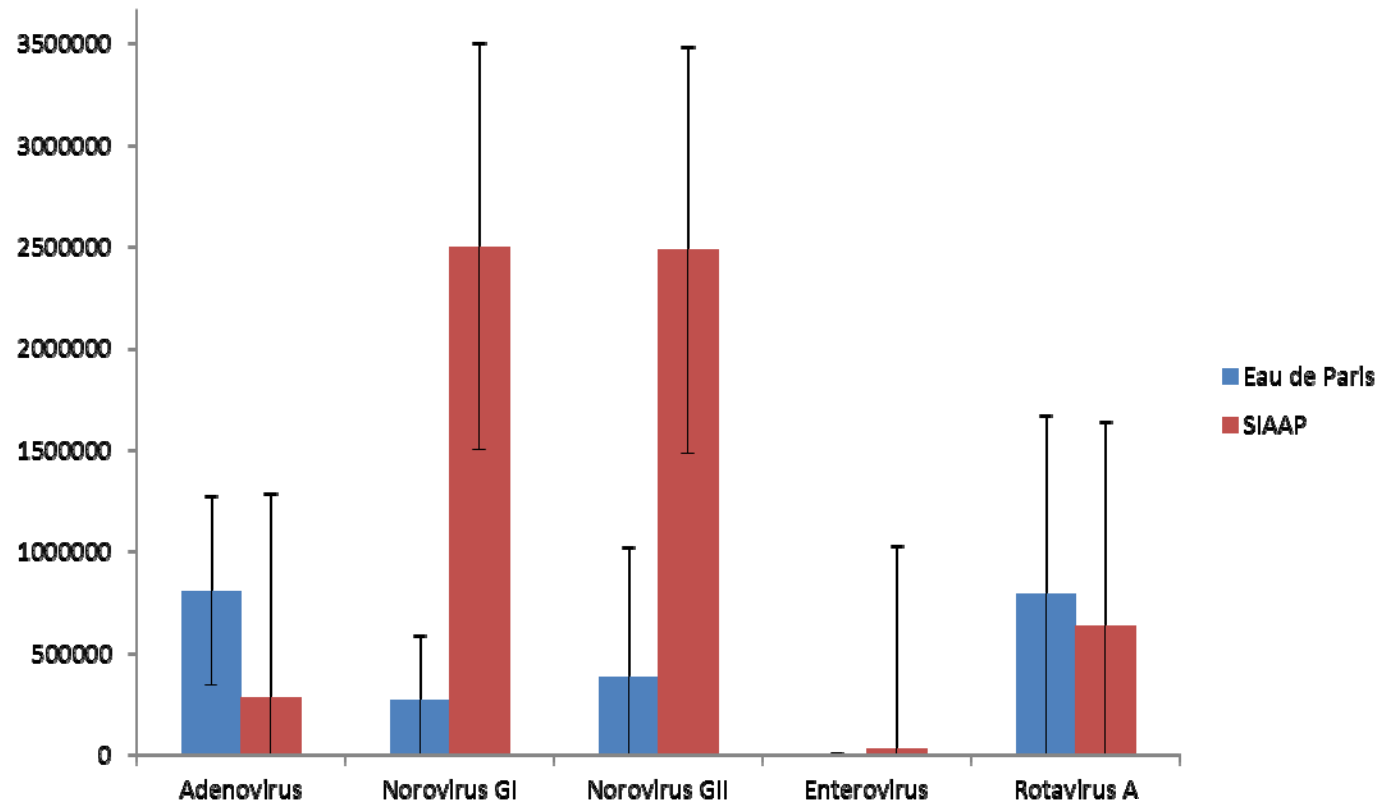
❖ **Norovirus GII** Abattement global 0 à 5 log Cg/10L



Désinfection **efficace** vis à vis
des norovirus GII

=> Norovirus GI sont plus résistants (*Silva et al. 2007*)

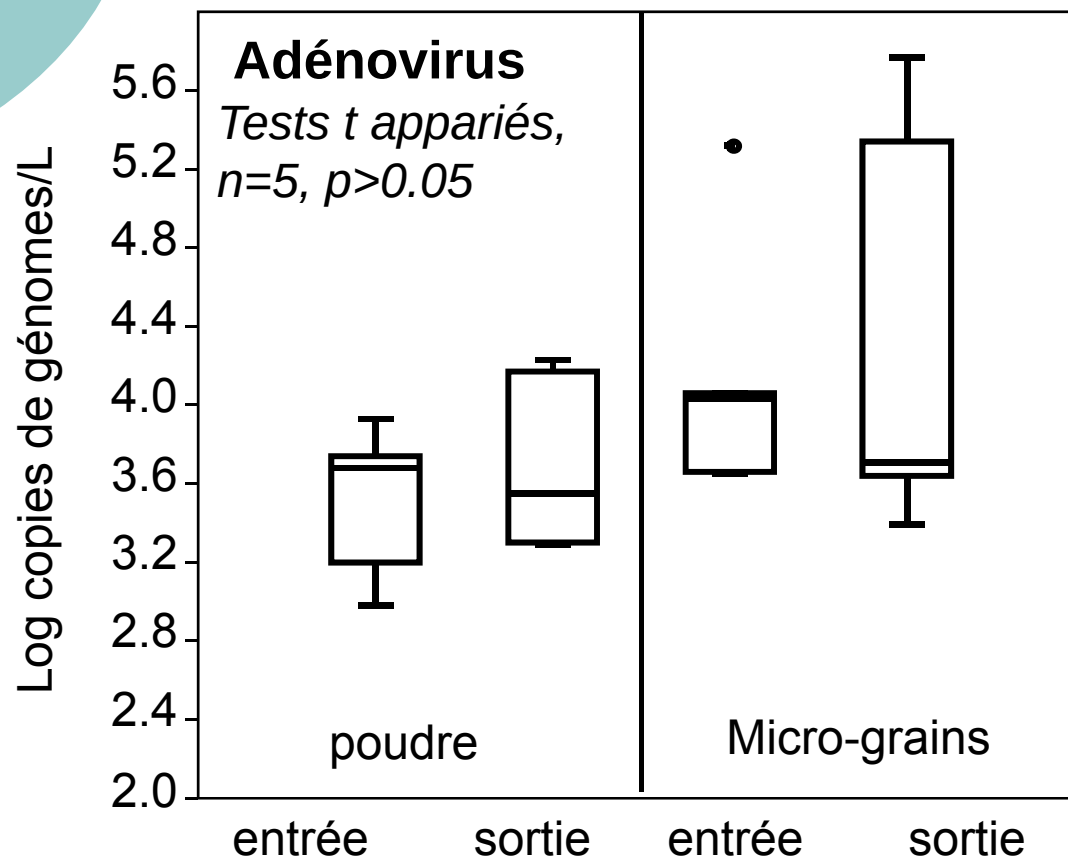
Sortie Seine-Centre



Périodes mai-juin et nov-déc

Abattements des PhPHs

Abattement **non significatif** **quels que soient** la configuration et le type de virus



➡ Adsorption virale sur charbon actif

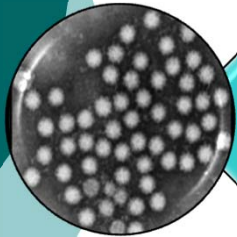
(Seo et al 1996, Matshushita et al. 2013)

➡ Dépend de :

- nature et concentration du C,
- surface et temps de contact

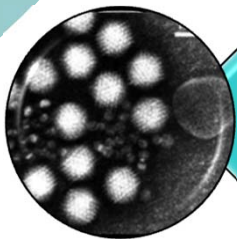
(Cloete et al. 1998, Margot 2011)

Les cibles virales



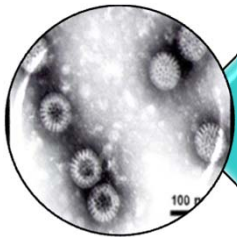
NV

- jusqu'à 10^{11} p./g de selles
- pendant 2 - 3 semaines après disparition symptômes



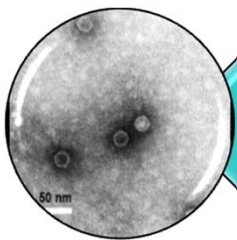
AdV

- de 10^6 à 10^7 p./g de selles
- durée moyenne d'excrétion 10 jrs



RVA

- jusqu'à 10^{12} p./g de selles en phase aiguë (3-4 1ers jrs)
- Triple couche protéique protectrice ⇔ résistance ++



EV

- entre 10^3 et 10^6 p./g de selles
- durée moyenne d'excrétion : 1 mois -> plusieurs mois

Les cibles virales : persistance

• jusqu'à 10^{11} p./g de selles.

sur les mains :

- RAV => plusieurs heures



sur les surfaces dures :

- NV, EV => plusieurs jrs
- AdV => 7 jrs à 3 mois



dans l'eau:

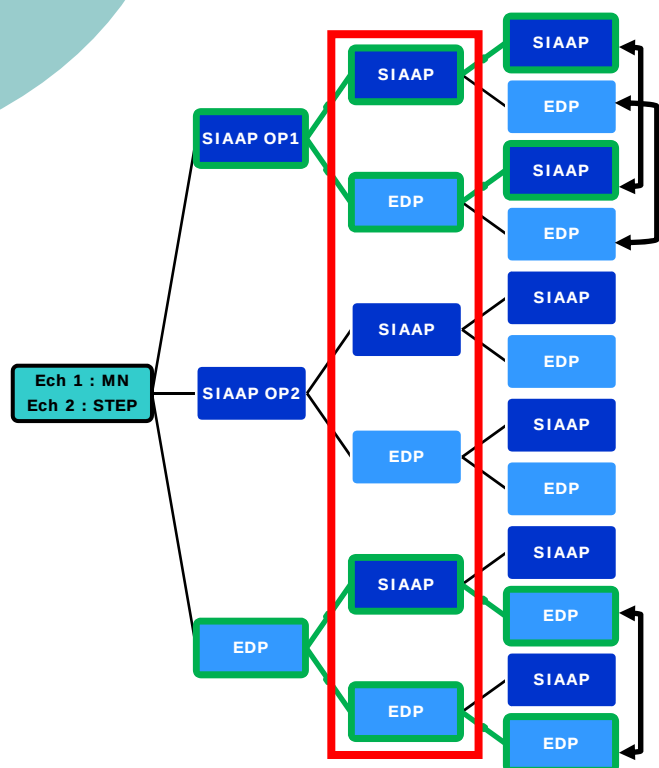
- RVA => > 64 jrs à 20°C dans l'eau du robinet
- AdV => plusieurs jrs. eaux usées, de mer, eau du robinet



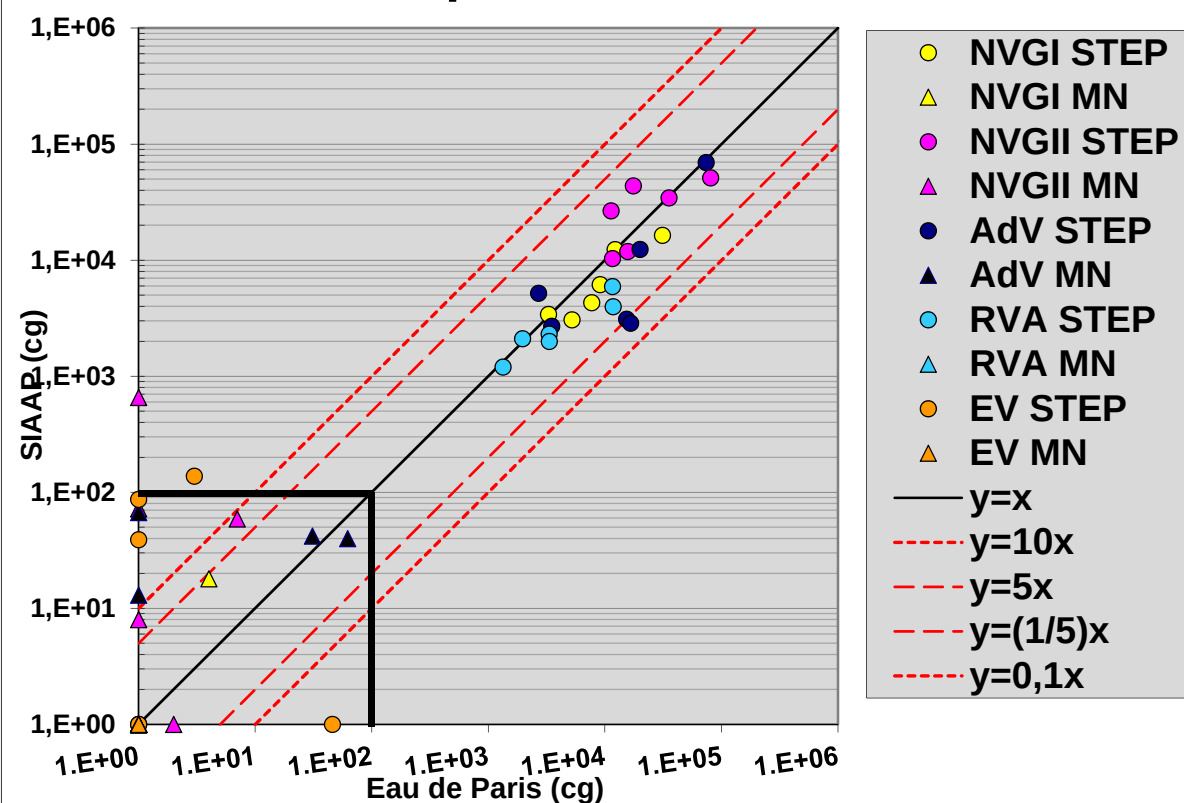
Validation de l'outil: extraction

6 jeux de données /
cible virale / échan.

CONCENTRATION → EXTRACTION → AMPLIFICATION



Etape d'extraction



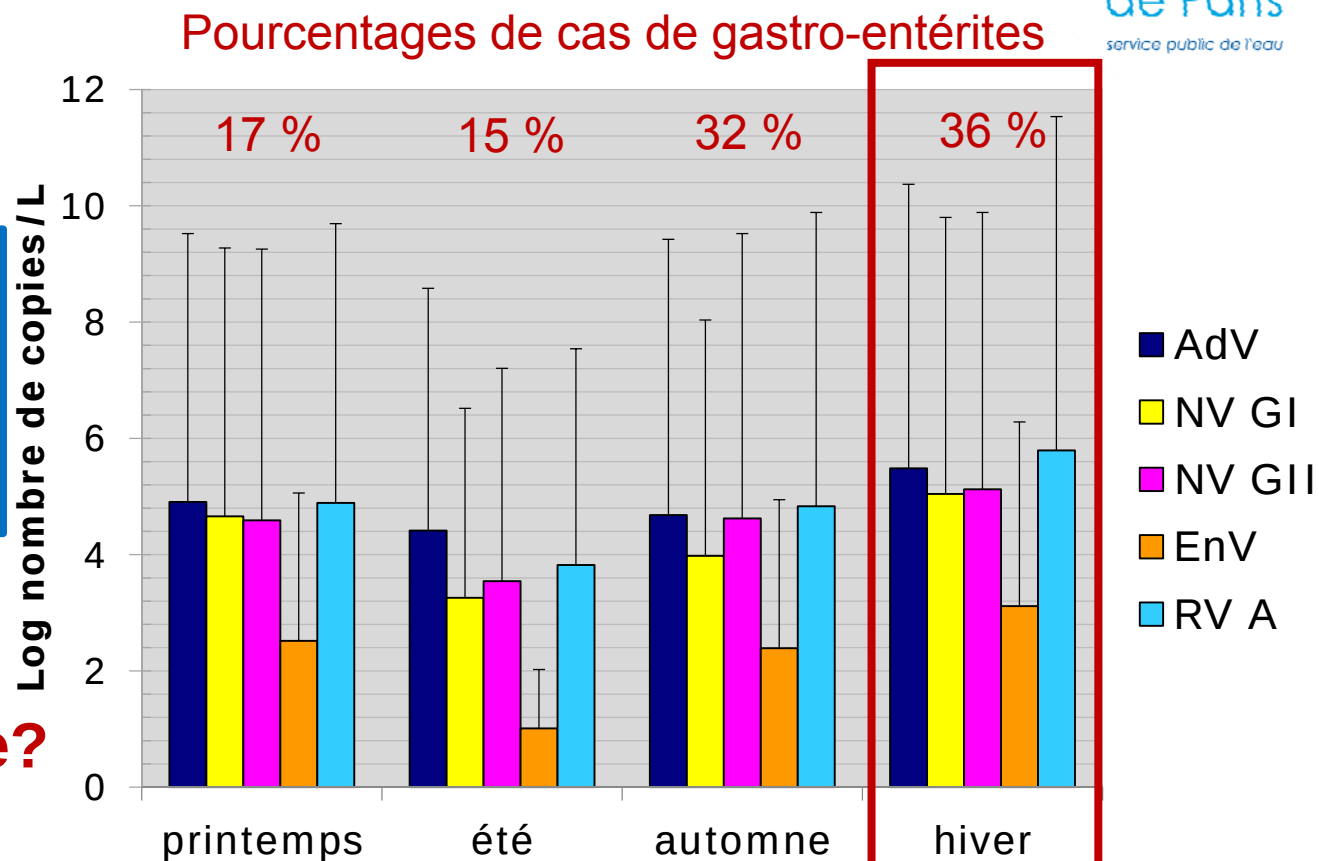
Virus entériques en sortie de SEC

- ➔ Pic en période épidémique (hiver)
- ➔ Minimum en été

Eaux usées traitées :
reflet de l'état
sanitaire de la
population



Traitement tertiaire?



Thèse B. Prévost + données du réseau Sentinelles

Micropolluants dans les eaux usées, en réseau et dans les filières de traitement :

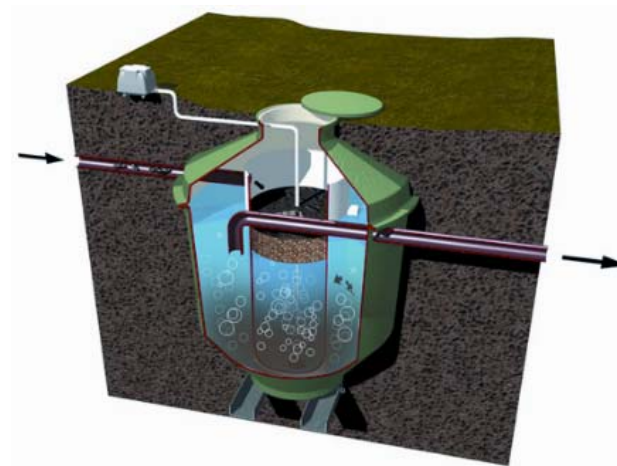
Polluants prioritaires et émergents dans les boues de station d'épuration



Romain MAILLER
Johnny GASPERI
Ghassan CHEBBO
Vincent ROCHER

SYNDICAT INTERDÉPARTEMENTAL POUR L'ASSAINISSEMENT

SIAAP
DE L'AGGLOMÉRATION PARISIENNE



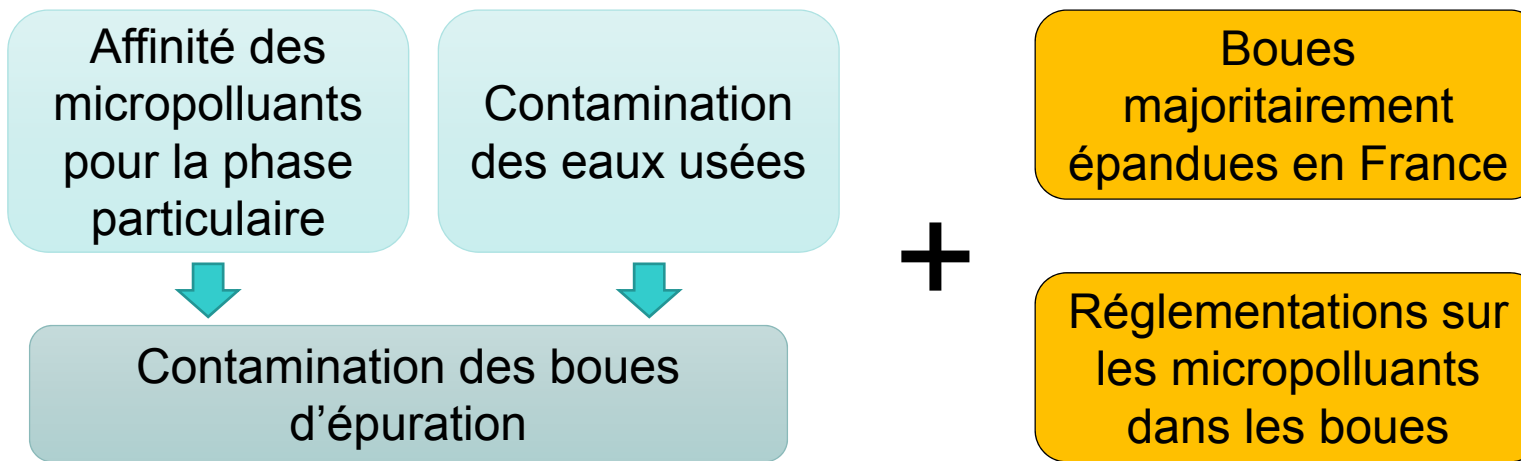


Plan de la présentation

1. Contexte et problématique
2. Les filières du SIAAP étudiées
3. Méthodologie
4. Teneurs retrouvées dans les boues
5. Evolution des micropolluants au sein de différents traitements des boues
6. Bilan et perspectives
7. Annexe : évolution historique dans les cakes

Problématique et contexte

Contexte



Composés-traces	Valeur limite (mg/kg MS) dans les boues		Flux maximum par les boues en cumulé, apporté 10 ans (mg/m ²)	
	Cas général	Epandage sur pâturages	Cas général	Epandage sur pâturages
Σ 7 PCB	0,8	0,8	1,2	1,2
Fluoranthène	5	4	7,5	6
Benzo(b)fluoranthène	2,5	2,5	4	4
Benzo(a)pyrène	2	1,5	3	2

+ directive 86/278/EEC pour les métaux.

Problématique et contexte



Contexte

- Quelques études sur les teneurs : ArmistiQ, Etude INERIS 2014,
- Pas de données sur l'évolution de ces composés au sein des filières de traitement,
- Collaboration DDP – OPUR pour étudier les boues parisiennes.

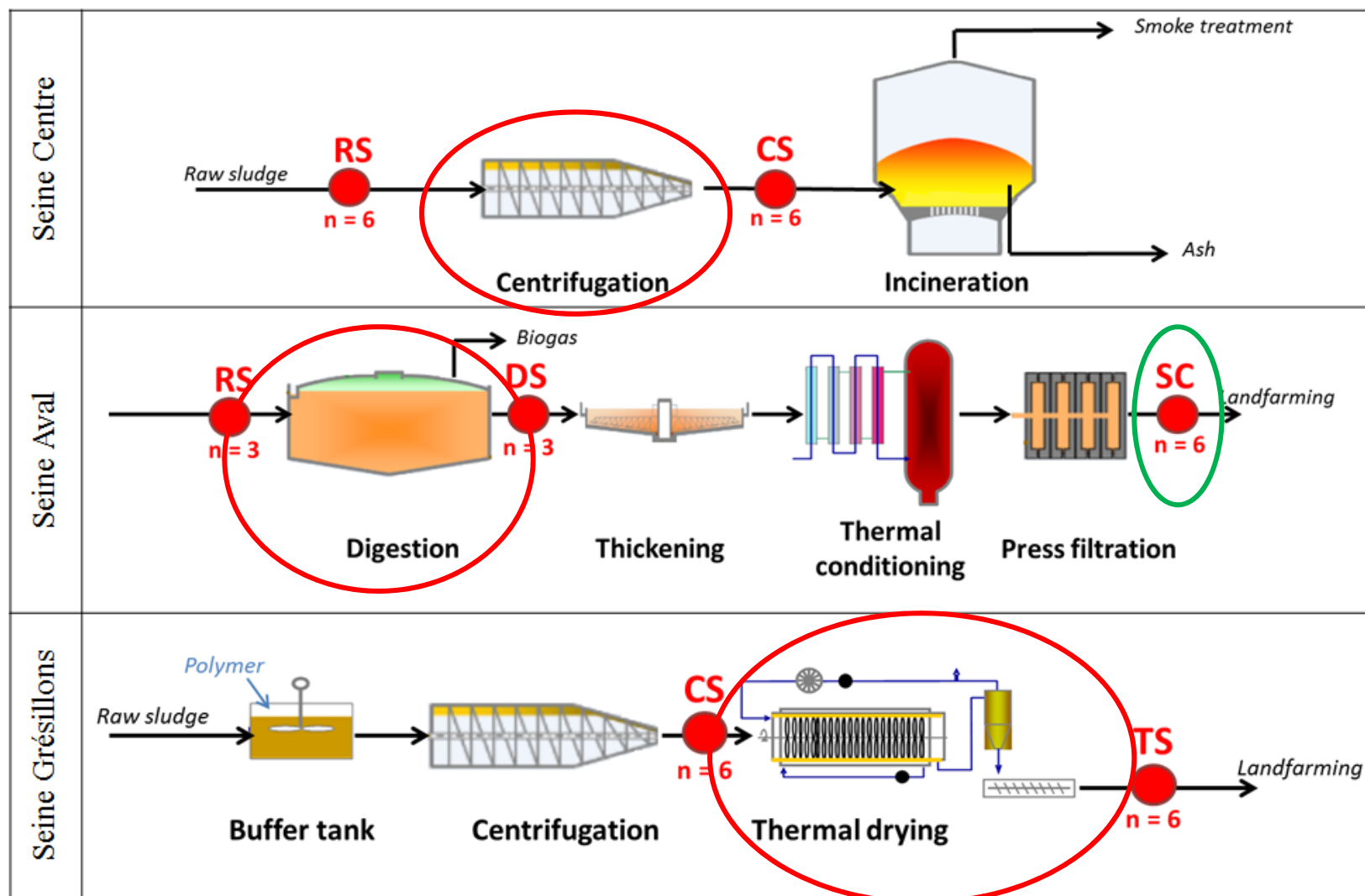


Problématiques et objectifs

1. Quelle contamination en micropolluants des boues d'épuration du SIAAP ?

2. Comment évoluent les micropolluants au sein des filières de traitement ?

Filières étudiées



Suivi de 117 polluants prioritaires et émergents pendant 3 à 6 campagnes (octobre – décembre 2011)

○ Analyses SIAAP

- 6 métaux,
- 6 HAPs,
- 7 PCBs,
- Matière sèche (MS) et matière volatile (MV).

○ Analyses Eurofins

- 4 organoétains,
- 33 pesticides,
- DEHP,
- 6 alkylphénols et 9 PBDEs,
- 17 COVs
- 28 autres.

	Digestion	Centrifugation	Séchage thermique	Cakes
N campagnes	3	6	6	6
Type de prélèvement	Ponctuel (Δ 15 jours)	Ponctuel	Ponctuel	Moyen 7 jours
Volume prélevé (L)	5	5	4	2

Paramètres globaux des boues étudiées

		Matière sèche MS - (%)	Matière volatile MV - (% MS)
		min – <i>moyenne</i> – max	
Digestion	RS	R = 42%	R = 56%
	DS		
Séchage thermique	CS	24,9 – 26,2 – 27,7	66,1 – 70,5 – 72,9
	TS	92,9 – 94,1 – 95,6	65,4 – 70,4 – 74,4
Centrifugation	RS	3,6 – 3,9 – 4,4	74,2 – 77,1 – 78,3
	CS	22,3 – 23,8 – 24,9	75,9 – 79,0 – 80,0
Réduction de MV entre sortie de digestion et cakes → solubilisation de la matière organique		← 52,7	39,1 – 41,9 – 48,0

- Centrifugation et séchage thermique n'éliminent pas la MS
→ **abattement des teneurs en micropolluants.**
- Digestion anaérobie réduit la quantité de MS par biodégradation
→ **abattement du flux en micropolluants.**

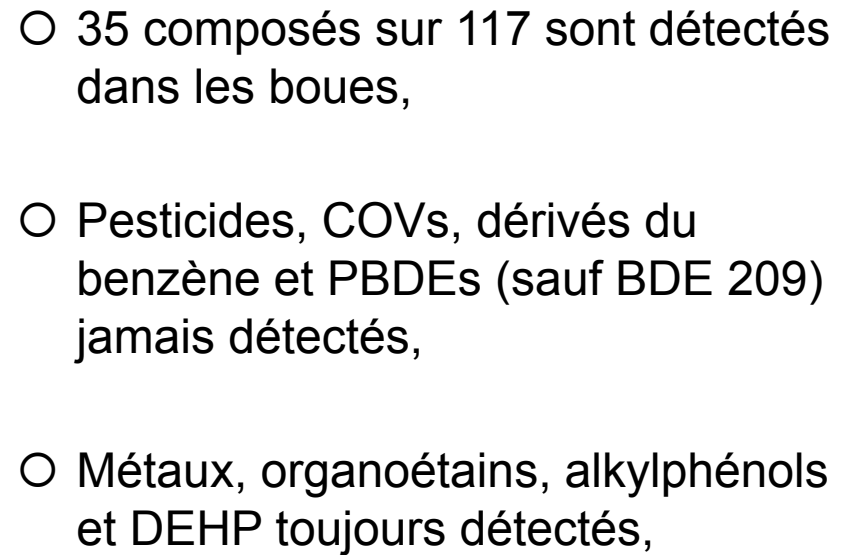
$$F_{\text{polluant}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{jour}} \right] = T_{\text{polluant}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg MS}} \right] \times MS \left[\frac{\text{kg}}{\text{L}} \right] \times Q_{\text{boue}} \left[\frac{\text{L}}{\text{jour}} \right];$$



$$R_{\text{flux}} = \frac{F_{\text{entrée}} - F_{\text{sortie}}}{F_{\text{entrée}}} = 1 - \frac{T_{\text{sortie}}}{T_{\text{entrée}}} \times \frac{MS_{\text{sortie}}}{MS_{\text{entrée}}};$$

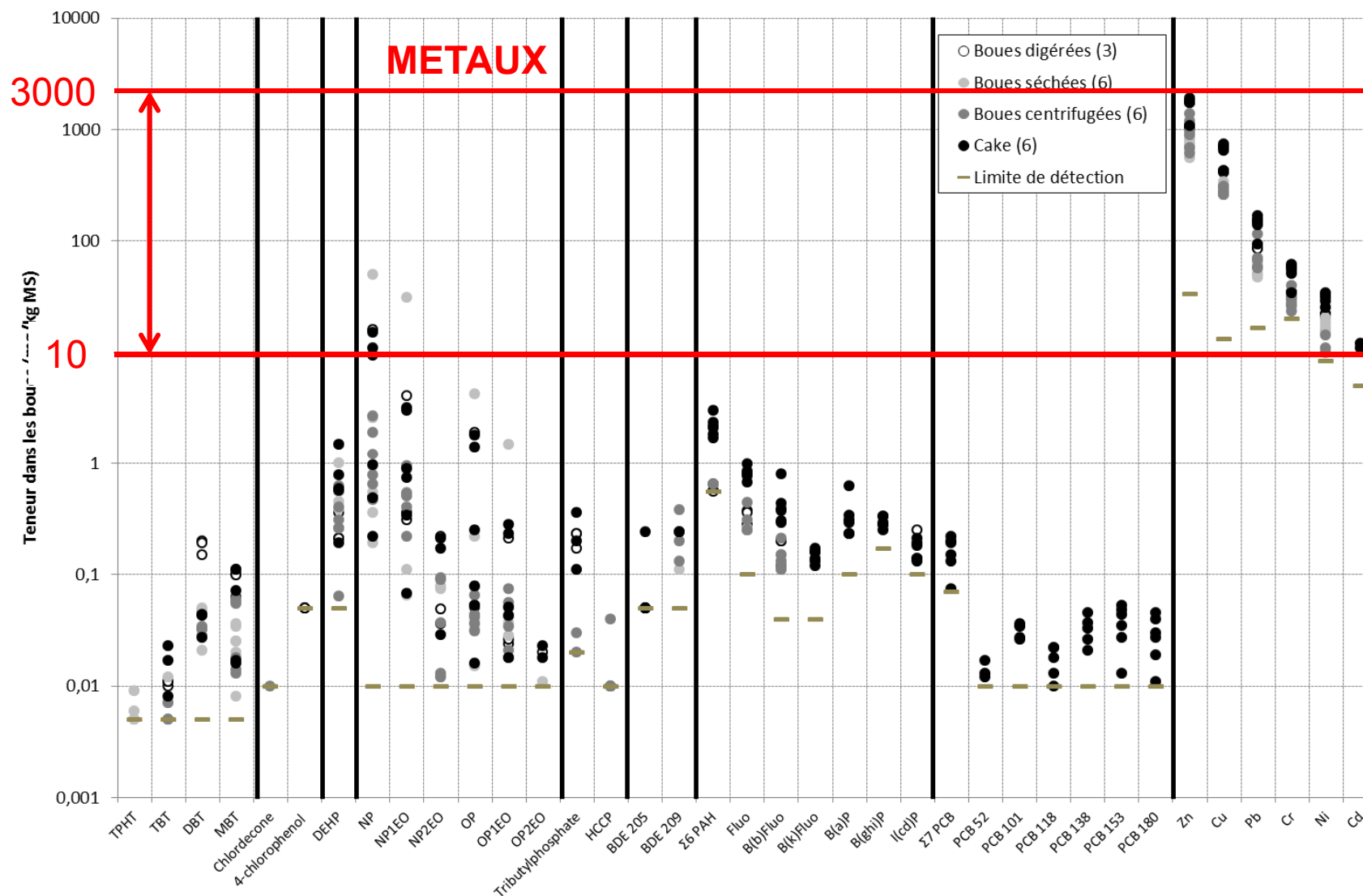


$$R_{\text{flux}} = 1 - (1 - R_T) \times (1 - R_{MS});$$

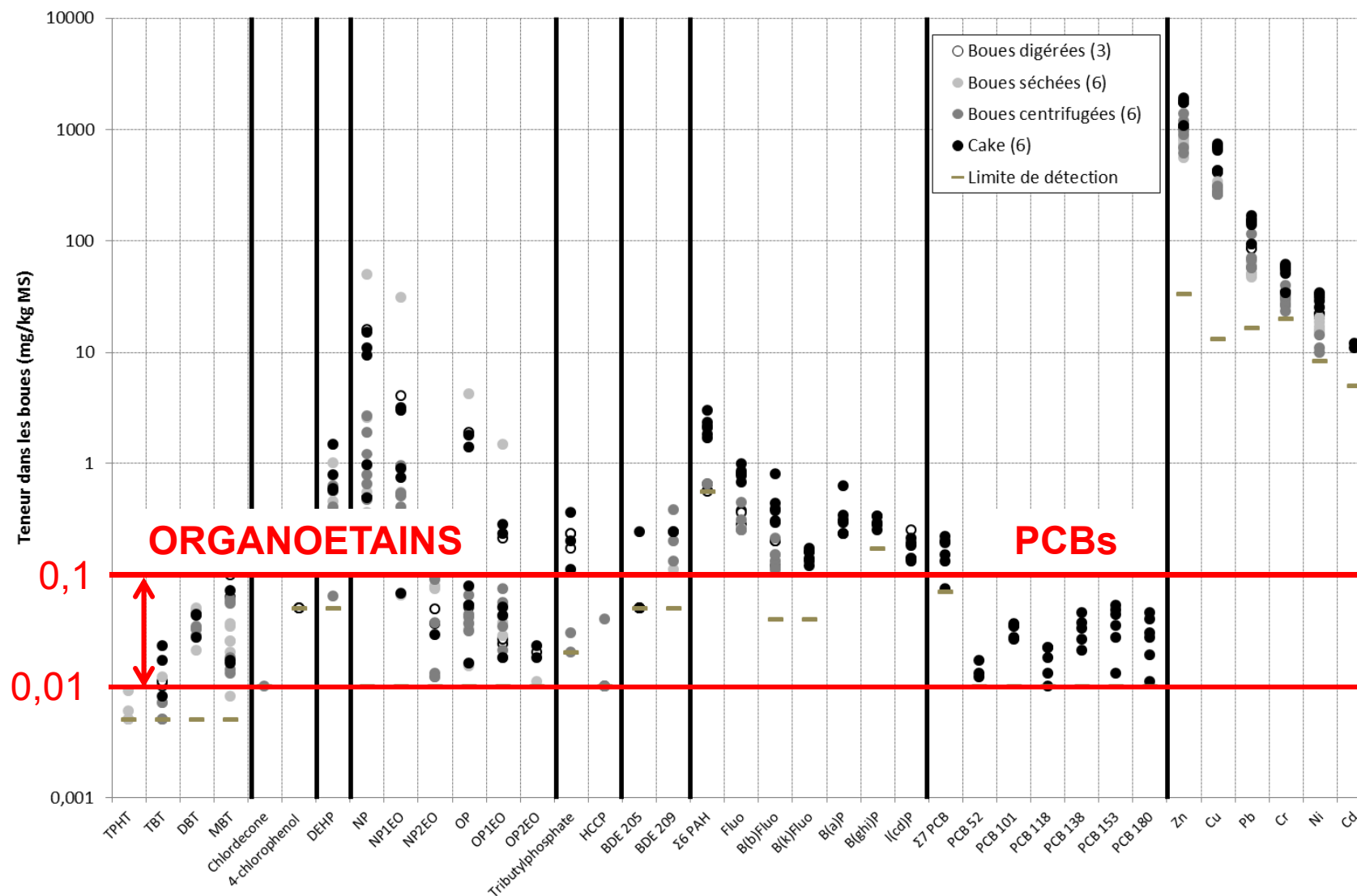


- 07/10/2014

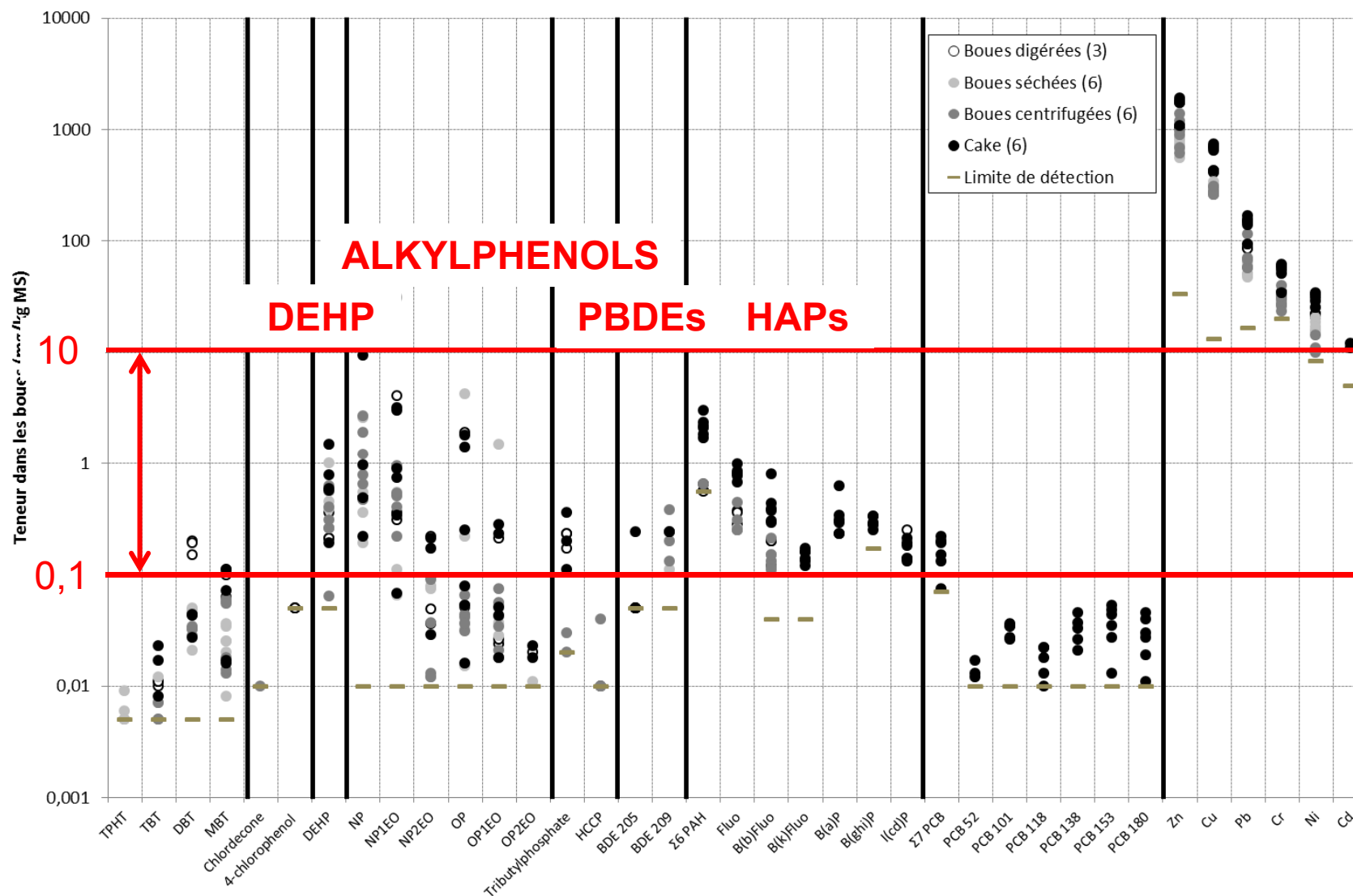
Teneurs dans les boues du SIAAP



Teneurs dans les boues du SIAAP



Teneurs dans les boues du SIAAP



Teneurs dans les boues du SIAAP

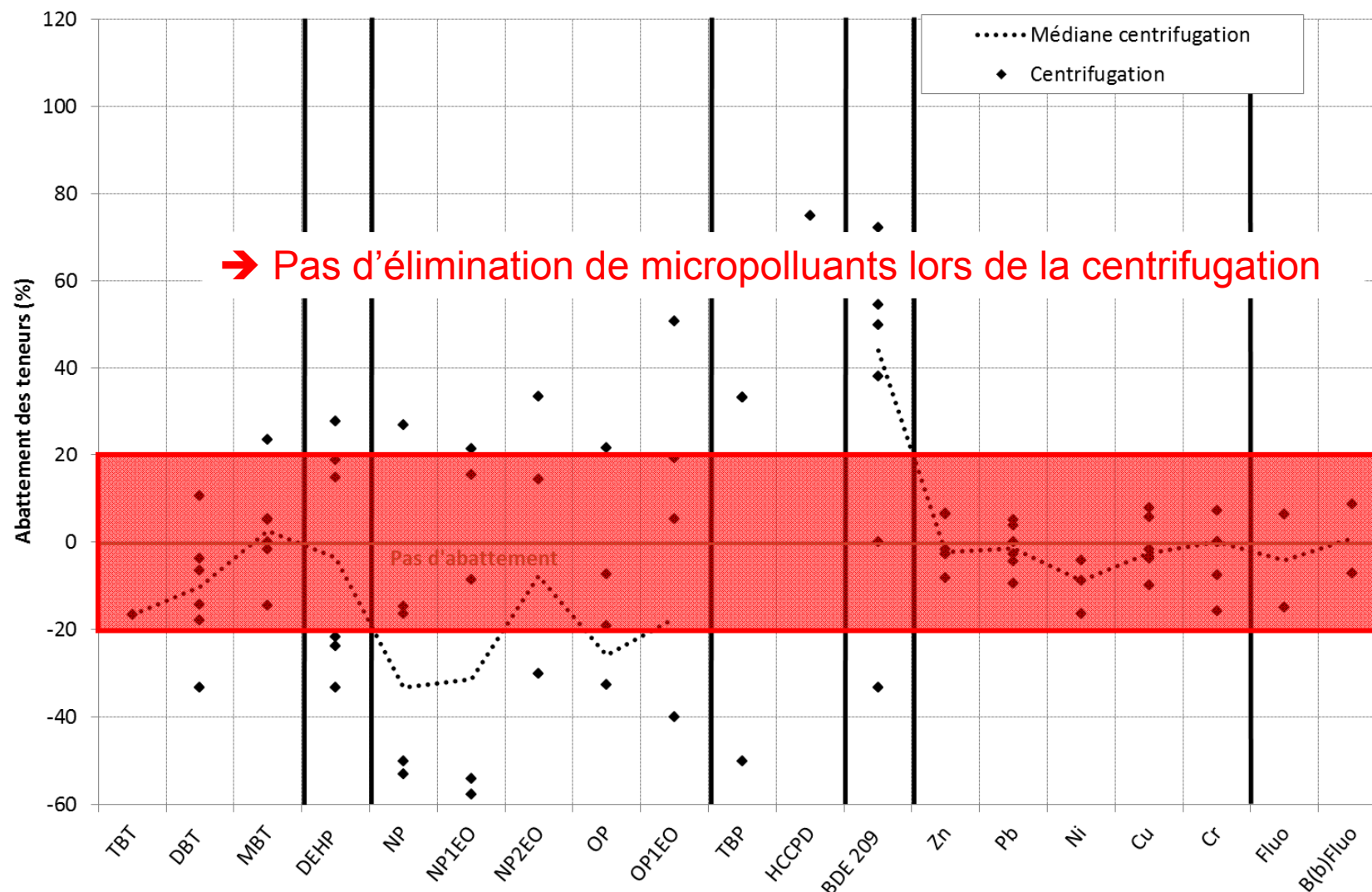
Contamination boues SIAAP vs. littérature ?

	Teneur dans la littérature (mg/kg MS)		Teneur dans cette étude (mg/kg MS)
Zn	875 - 4500	Martin <i>et al.</i> 2008 Karvelas <i>et al.</i> 2003	560 - 1915
Pb	38 – 330	Karvelas <i>et al.</i> 2003 Sprynskyy <i>et al.</i> 2007	47,5 - 167
NP	0,02 - 2530	Bergé <i>et al.</i> 2012	0,19 - 50
NP ₁ EO	0,15 - 850	Bergé <i>et al.</i> 2012	0,065 - 31
Σ 6 HAPs	0,52 – 28,1	Stevens <i>et al.</i> 2002 Blanchard <i>et al.</i> 2004	<0,55 – 2,68
DEHP	1,5 - 3514	Abad <i>et al.</i> 2005	0,05 – 1,5
DBT	0,41 – 7,5	Clarke <i>et Smith</i> 2011	0,005 – 0,2
BDE 209	0,003 – 18,6	Clarke <i>et Smith</i> 2011	0,05 – 0,38
Σ 7 PCBs	0,12 – 1,93	Blanchard <i>et al.</i> 2004	<0,07 – 0,22

○ Boues du SIAAP sont plutôt dans la gamme basse des concentrations citées dans la littérature, notamment organoétains, DEHP et PCBs.

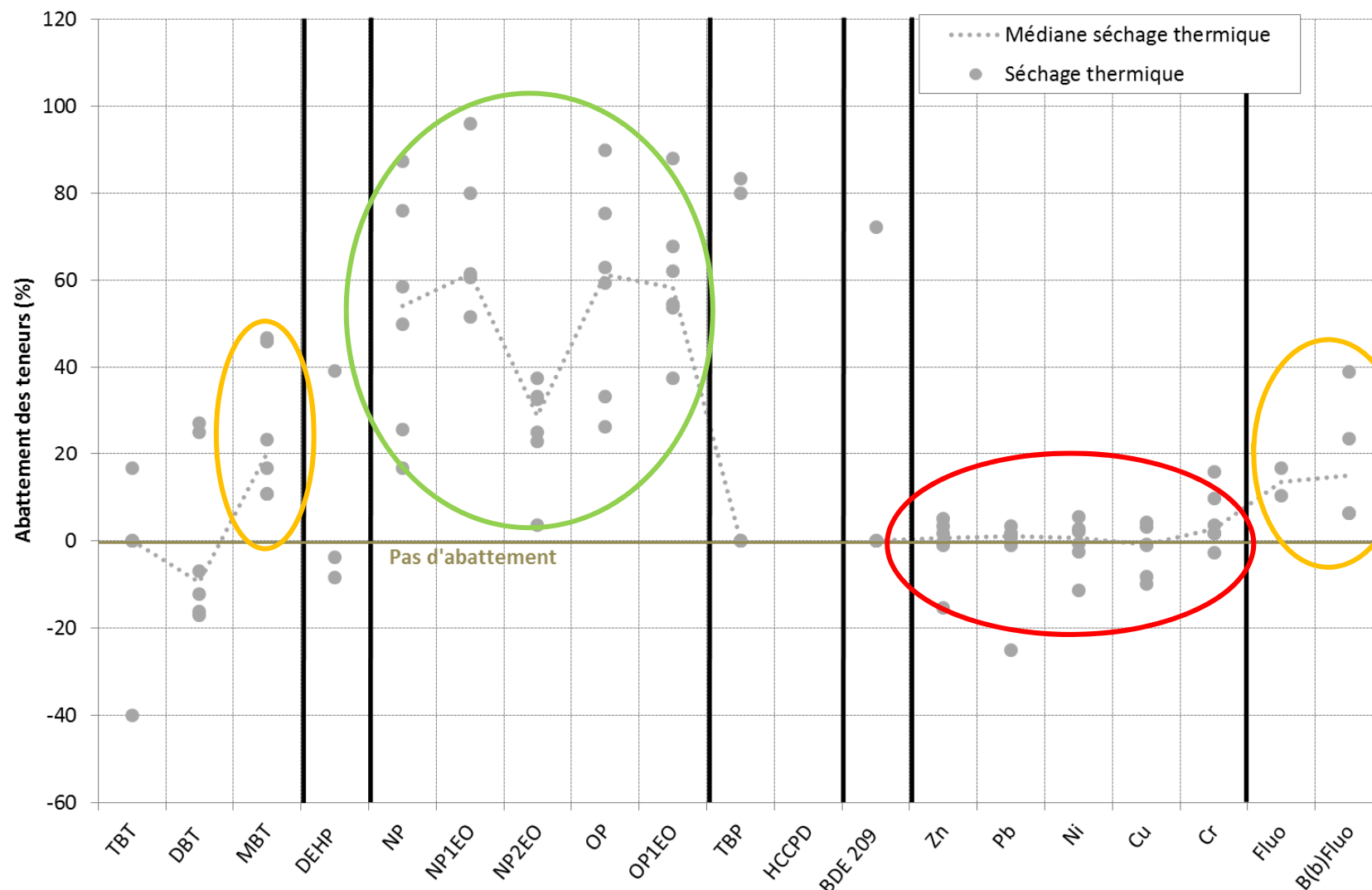
Efficacité des filières de traitement

Centrifugation des boues



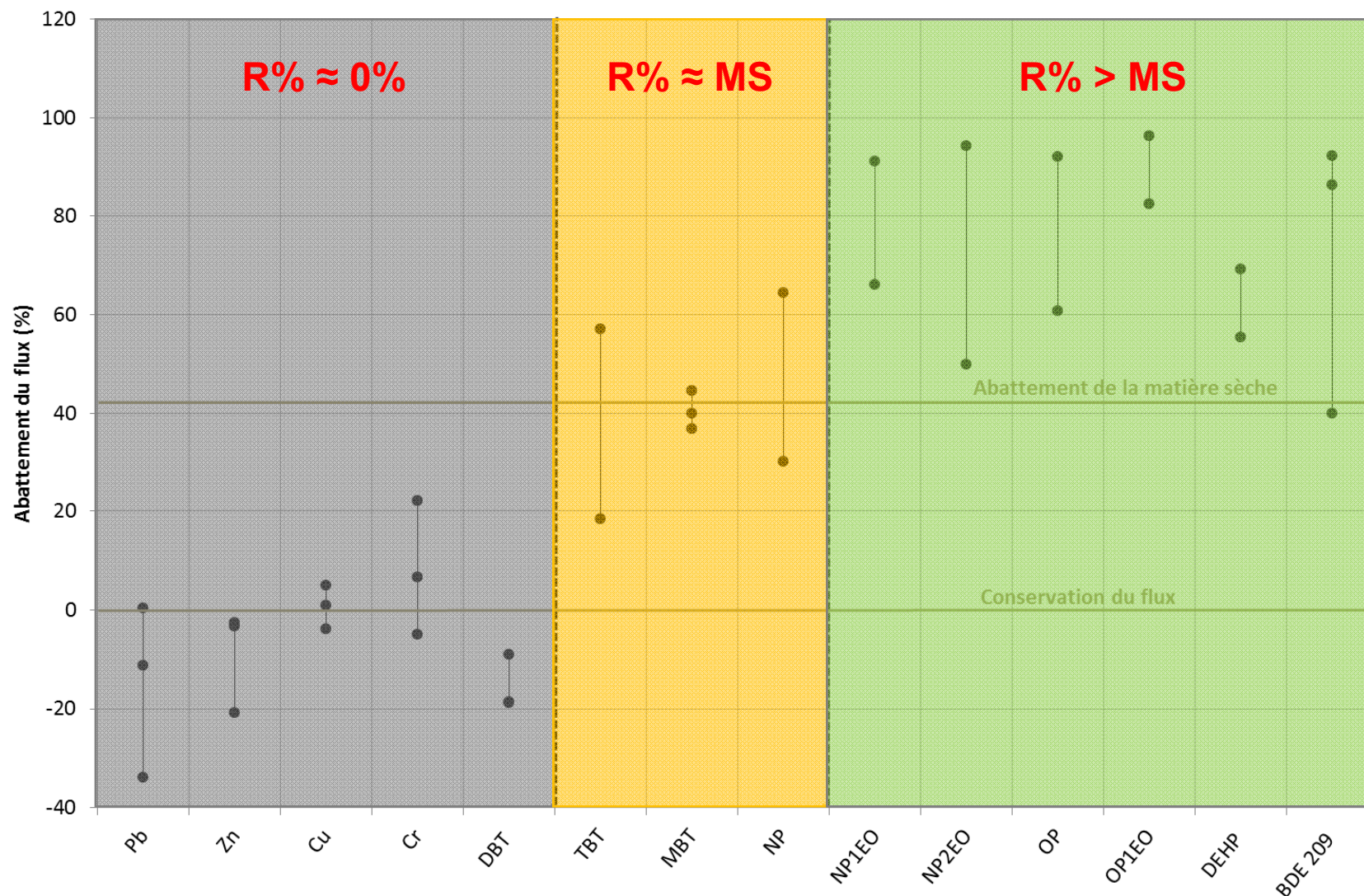
Efficacité des filières de traitement

Séchage thermique des boues



Efficacité des filières de traitement

Digestion anaérobie des boues



Effacité des filières de traitement



- Métaux conservatifs → validation de la méthodologie,

Centrifugation et séchage thermique

- Centrifugation **ne permet pas d'élimination de** micropolluants,
- Séchage thermique **élimine de façon variable certains composés** comme les alkylphénols, le MBT ou les HAPs
 - processus abiotiques dus à la haute température (250°C).

Digestion anaérobie

- Abattement de la matière sèche de 42%,
- Alkylphénols, BDE 209 et DEHP facilement biodégradables par ce procédé → **abattements supérieurs à celui de la MS**
- TBT, MBT et NP → **abattements proches de celui de la MS**
- Cohérence avec la biblio (Stasinakis *et al.* 2005 ; Lu *et al.* 2008 ; Patureau *et al.* 2008 ; Gerecke *et al.* 2005 ; Stasinakis 2012 ; Gavala *et al.* 2003)



Bilan

- Données sur la contamination des boues du SIAAP pour 35 composés d'intérêt,
- Métaux et composés hydrophobes toujours détectés à des concentrations importantes vs. composés volatiles ou hydrophiles jamais détectés,
- Centrifugation ne permet pas l'élimination des micropolluants organiques et des métaux,
- Séchage thermique semble éliminer de façon variable certains composés (MBT, alkylphénols, HAPs),
- Digestion est le traitement qui élimine le mieux le flux de micropolluants, notamment DEHP, BDE 209, organoétains et alkylphénols.

Valorisation et perspectives



Priority and emerging pollutants in sewage sludge and fate during sludge treatment

R. Mailler^{a,*}, J. Gasperi^a, G. Chebbo^a, V. Rocher^b

^aLEESU, UMR MA 102, Université Paris-Est, Agro Paris Tech, 6-8 avenue Blaise Pascal, Champs-sur-Marne, 77455 Marne-la-Vallée Cedex 2, France

^bSIAAP, Direction du Développement et de la Prospective, 82 avenue Kléber, 92700 Colombes, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 11 October 2013
Accepted 28 March 2014
Available online 3 May 2014

Keywords:

Anaerobic digestion
Thermal drying
Centrifugation
Emerging pollutant
Priority pollutant
Sludge

ABSTRACT

This paper aims at characterizing the quality of different treated sludges from Paris conurbation in terms of micropollutants and assessing their fate during different sludge treatment processes (STP). To achieve this, a large panel of priority and emerging pollutants ($n = 117$) have been monitored in different STPs from Parisian wastewater treatment plants including anaerobic digestion, thermal drying, centrifugation and a sludge cake production unit. Considering the quality of treated sludges, comparable micropollutant patterns are found for the different sludges investigated (in mg/kg DM – dry matter). 35 compounds were detected in treated sludges. Some compounds (metals, organotin, alkylphenols, DEHP) are found in every kinds of sludge while pesticides or VOCs are never detected. Sludge cake is the most contaminated sludge, resulting from concentration phenomenon during different treatments. As regards treatments, both centrifugation and thermal drying have broadly no important impact on sludge contamination for metals and organic compounds, even if a slight removal seems to be possible with thermal drying for several compounds by abiotic transfers. Three different behaviors can be highlighted in anaerobic digestion: (i) no removal (metals); (ii) removal following dry matter (DM) elimination (organotin); and

Mailler et al. 2014 – Waste Management
DOI: 10.1016/j.wasman.2014.03.028

1. Introduction

Wastewater treatment plants (WWTPs) produce an important quantity of sludge resulting from total suspended solids (TSS) removal and growth of microorganisms within biological treatments. Actually, about 1 million tons dry matter (DM) of sludge are produced every year by French WWTPs, while Germany and UK produce respectively 2.2 and 1.8 million tons (Kelessidis and Stasinakis, 2012), for a total of 11 million tons DM of sludge in all Europe (EU-27). The management of these sludges is achieved through three principal pathways: agricultural uses (land farming), incineration and disposal/landfilling (Fytli and Zabanitoutou, 2008). In 2008, land farming was the main pathway both in France (>60%) and in the European Union (>50%) (Kelessidis and Stasinakis, 2012).

* Corresponding author. Tel.: +33 145171328.

E-mail addresses: mailier@leesu.enpc.fr, gasperi@u-pec.fr (R. Mailler), vincent.rocher@siaap.fr (V. Rocher).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.03.028>
0956-053X/© 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Contamination of WWTP sludges by micropollutants has been reported for several years (Clarke and Smith, 2011; Harrison et al., 2006; Scancar et al., 2000). This results from pollutant sorption during primary and biological treatments because of their hydrophobicity or propensity to be adsorbed on particles (Byrns, 2001). As sludges are mainly land farmed, this contamination is worrying especially considering accumulation of some micropollutants in sludge and their transfer to the environment, like polybromodiphenyl ethers (PBDE) (Eljarrat et al., 2008), metals (Chipasa, 2003), organotin (Craig, 2003) or polychlorobiphenyls (PCB) (Stevens et al., 2002). To limit contamination of the environment by micropollutants, European and national regulations have been established to progressively forbid sludge disposal and regulate land farming. Such regulations concern principally heavy metals, PAHs and PCBs (Table 1). In particular, the Urban Wastewater Treatment Directive (EC, 1986), amended by (91/271/EEC) (EC, 1991), states maximum thresholds and maximum annual flux to land farm for metals.

Despite that, data and knowledge are still missing concerning (i) the quality of treated sludges and (ii) the efficiency of the sludge

Poursuite de l'étude avec les polluants émergents

- Réalisation de campagnes similaires en 2013 – 2014,
- Etude de composés émergents
 - Médicaments,
 - Acides perfluorés,
 - Alkylphénols
- Prise en compte des centras et des condensats.
- Partenariat DDP – LEESU – ISA – INRA.





Remerciements



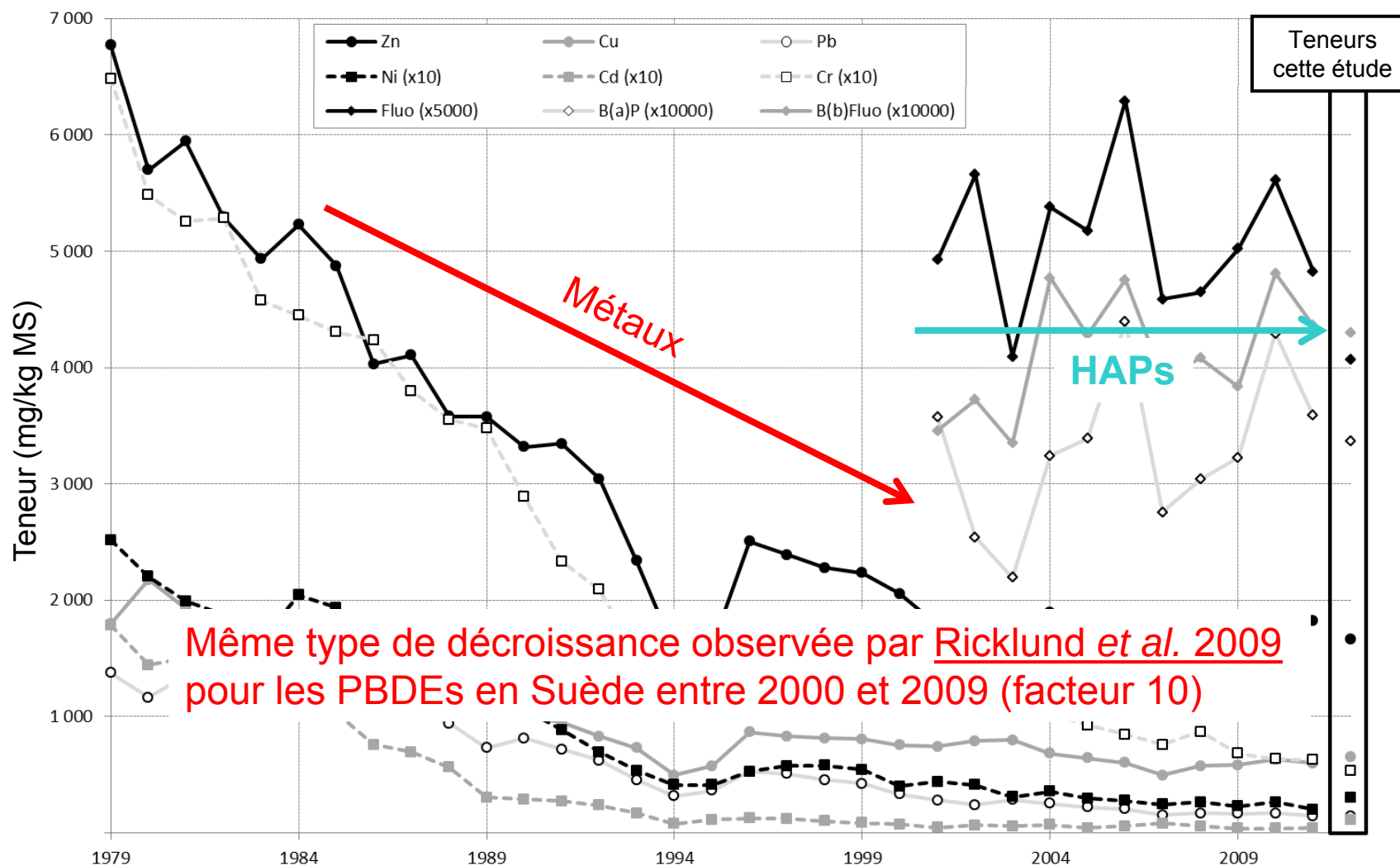
Merci aux équipes techniques de la DDP du SIAAP, notamment Céline Briand et Sabrina Guerin, pour leur participation active à l'étude.

Questions ?

STEP étudiées

	Seine Aval	Seine Centre	Seine Grésillons
Construction	1940	1998	2008
Capacité (m ³ /jour)	1 700 000	240 000	100 000
Traitement primaire	Décantation	Décantation physico-chimique lamellaire	Décantation physico-chimique lamellaire
Traitement biologique	Boues activées (carbone) + biofiltration (nitrification + dénitrification)	Biofiltration (carbone + nitrification + dénitrification)	Biofiltration (carbone + nitrification + dénitrification)
Traitement principal des boues	Digestion anaérobie Deshydratation (cakes)	Incinération	Séchage thermique
Paramètres opérationnels du traitement principal des boues ¹	SRT _{digestion} = 16 jours T _{digestion} = 37°C T _{deshydratation} = 200°C SRT _{deshydratation} = 45 min P _{deshydratation} = 20 bars	SRT > 2 s T = 850°C	SRT = 3 min T = 250°C
Production de boues traitées (tonnes MS par an)	55 000	21 000*	8 000
¹ SRT = temps de rétention des boues; T = température; P = pression. *production de boues avant incinération.			

Evolution historique



Micropolluants dans les eaux usées, en réseau
et dans les filières de traitement :

Phtalates et alkylphénols dans les eaux usées parisiennes

DESHAYES S., EUDES V., DROGUET C., BIGOURIE M.
et MOILLERON R.

Perturbateurs endocriniens

→ Suivi des rejets indispensable

Directive Cadre sur l'Eau (Directive 2000/60/EC) :
restauration du bon état écologique et chimique des cours d'eau

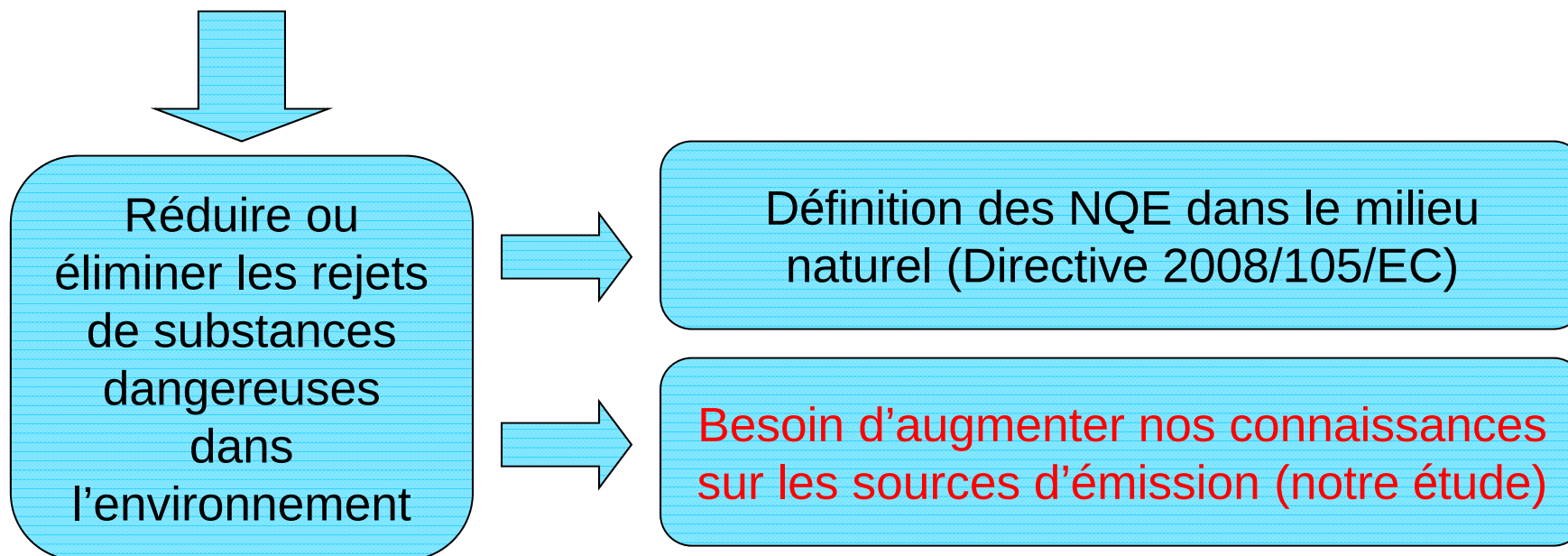
Réduire ou
éliminer les rejets
de substances
dangereuses
dans
l'environnement

Définition des NQE dans le milieu
naturel (Directive 2008/105/EC)

Perturbateurs endocriniens

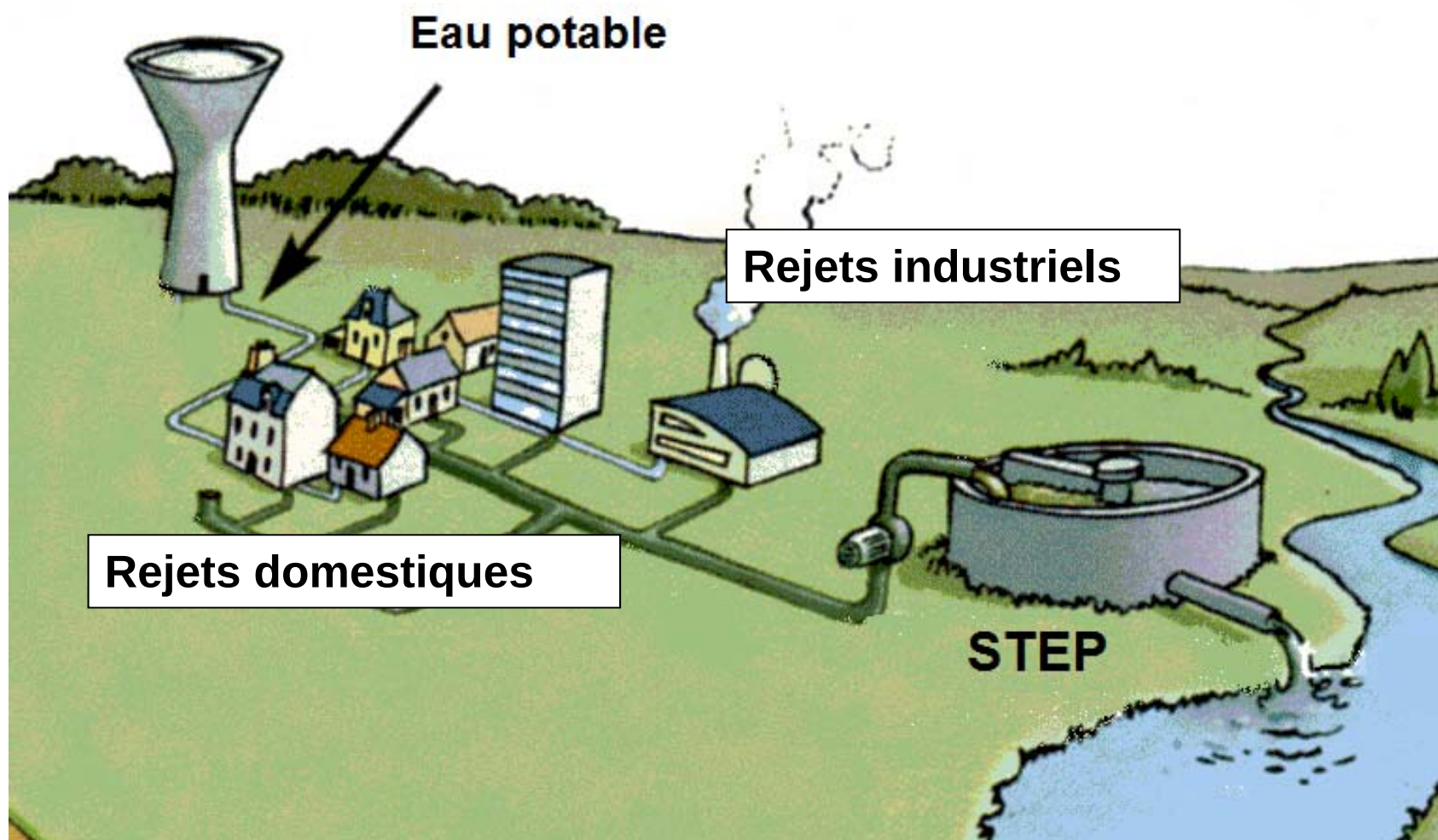
→ Suivi des rejets indispensable

Directive Cadre sur l'Eau (Directive 2000/60/EC) :
restauration du bon état écologique et chimique des cours d'eau



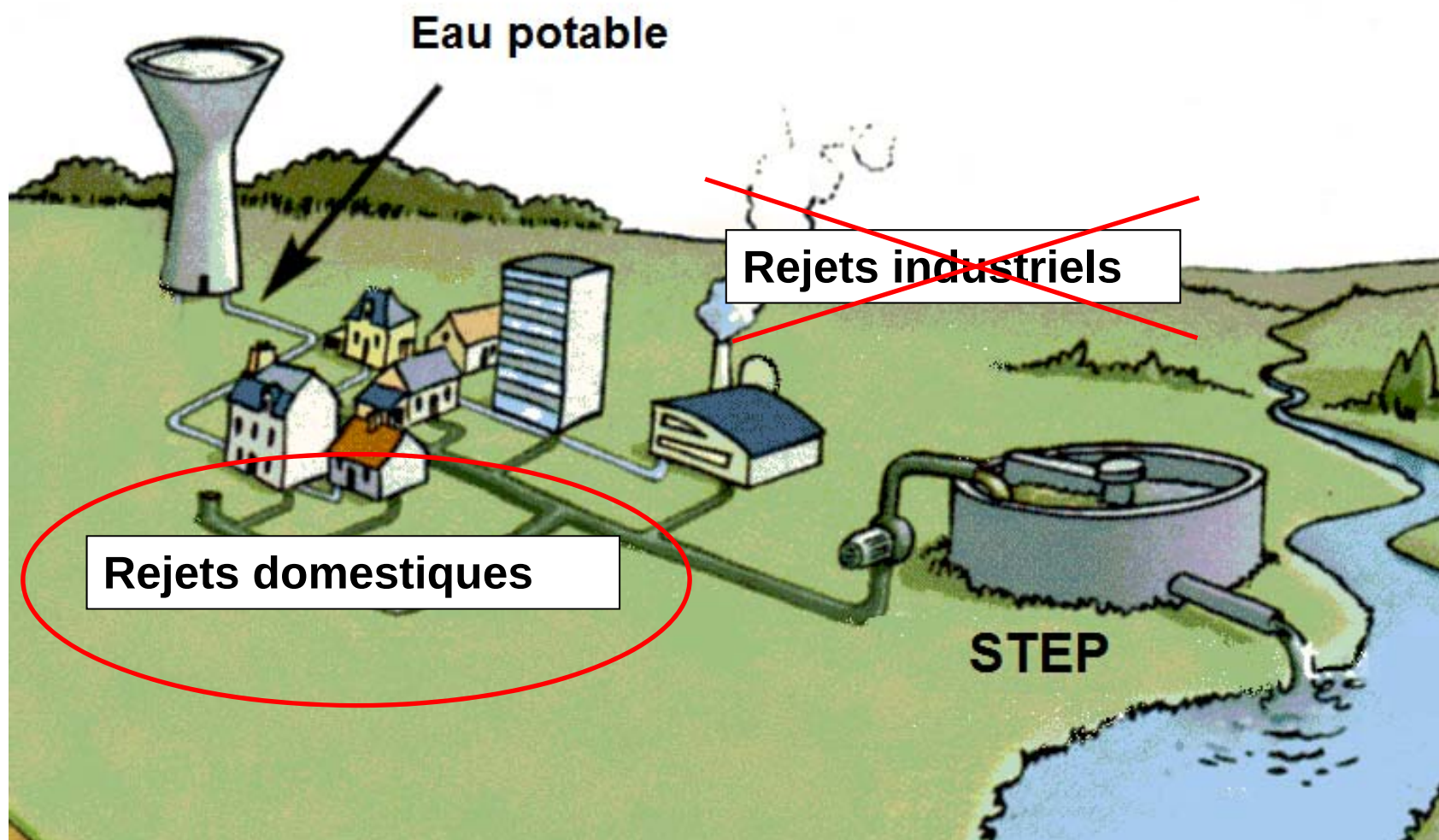
Sources d'émissions

En Île de France : deux sources potentielles de rejets



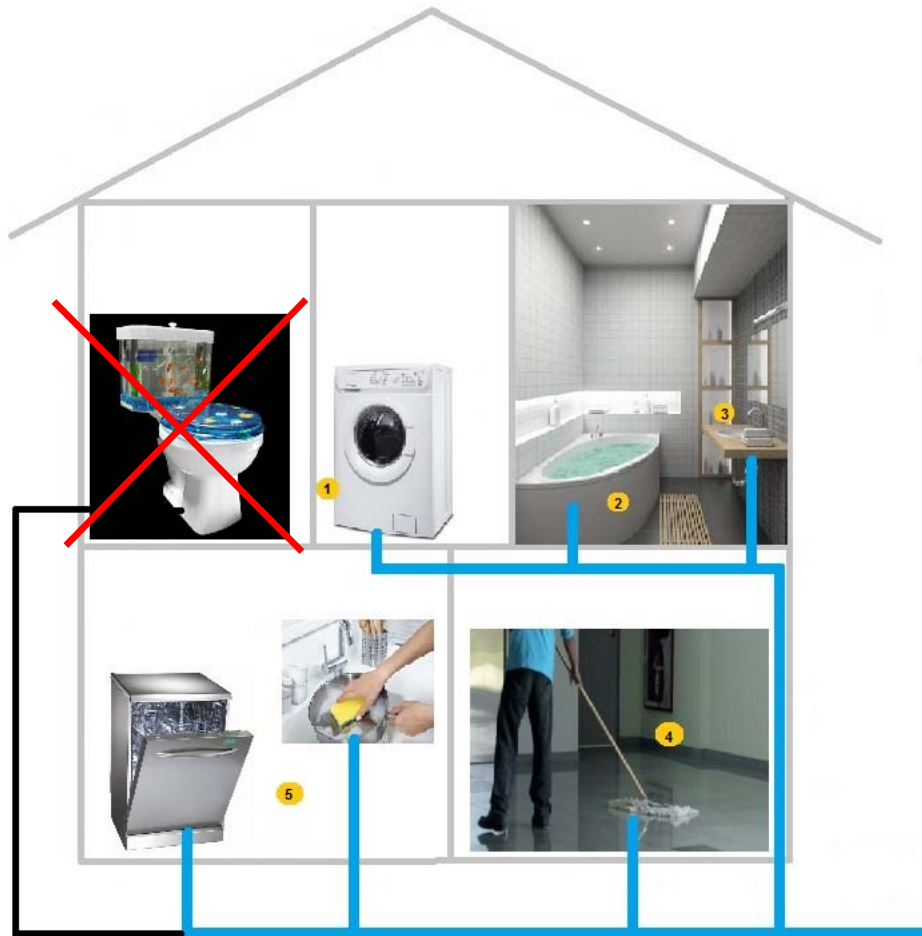
Sources d'émissions

95 % des rejets proviennent des eaux domestiques
(Bergé, 2012)



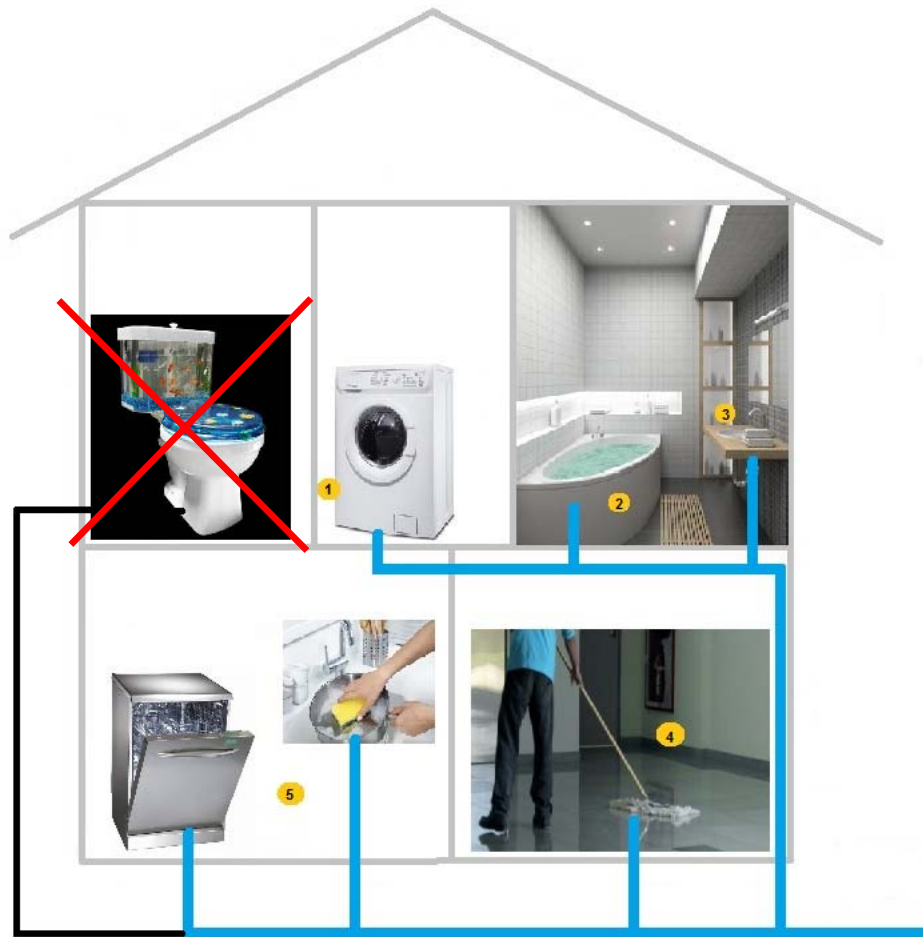
Etude des eaux grises :

- Douches et bains
- Lave-linge
- Lavabos
- Nettoyage des sols
- Vaisselle et lave-vaisselle



Etude des eaux grises :

- Douches et baign
- Lave-linge
- Lavabos
- Nettoyage des sols
- Vaisselle et lave-vaisselle



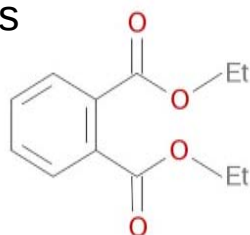
➡ Représente environ 70 % du volume total rejeté

➡ Possible réutilisation (toilettes, arrosage...)

Les phtalates

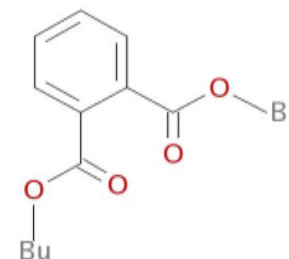
Diéthyle Phtalate (DEP)

Cosmétiques
Emballages alimentaires
Produits de soins corporels
Additif pour plastiques



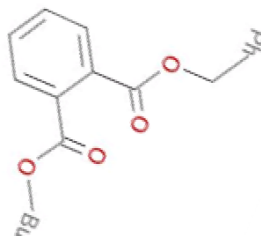
Di-n-Butyle Phtalate (DnBP)

Encres pour imprimantes
Additif pour plastiques
Agent anti-moussant
Adhésifs
Insecticides
Cosmétiques



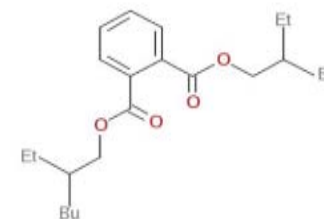
Butyle Benzyle Phtalate (BBP)

Revêtements de surface
Mousses de polyvinyle
Adhésifs et colles
Cosmétiques
Additif pour plastiques



Di-(2-éthylhexyle) Phtalate (DEHP)

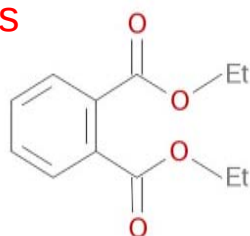
Produits flexibles en PVC
Revêtements de surfaces
Textiles et habillement
Traitement de surfaces
Condensateurs
Matériel médical
Cosmétiques



Les phtalates

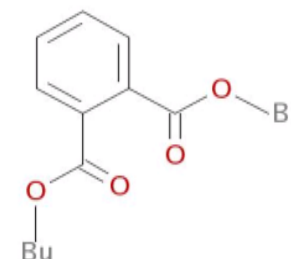
Diéthyle Phtalate (DEP)

Cosmétiques
Emballages alimentaires
Produits de soins corporels
Additif pour plastiques



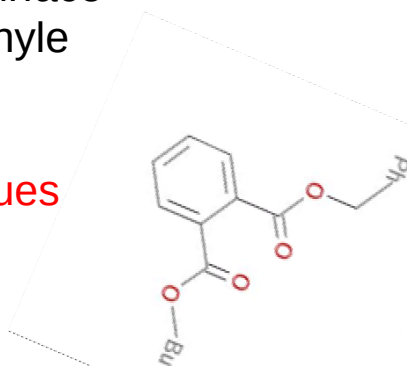
Di-n-Butyle Phtalate (DnBP)

Encres pour imprimantes
Additif pour plastiques
Agent anti-moussant
Adhésifs
Insecticides
Cosmétiques



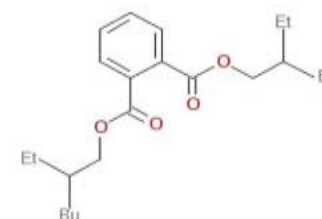
Butyle Benzyle Phtalate (BBP)

Revêtements de surface
Mousses de polyvinyle
Adhésifs et colles
Cosmétiques
Additif pour plastiques



Di-(2-éthylhexyle) Phtalate (DEHP)

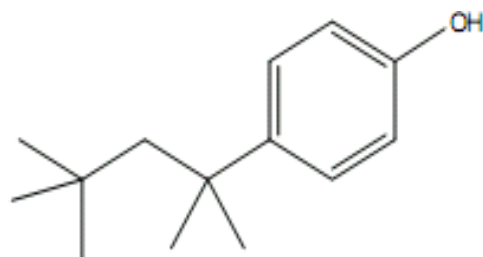
Produits flexibles en PVC
Revêtements de surfaces
Textiles et habillement
Traitement de surfaces
Condensateurs
Matériel médical
Cosmétiques



Les alkylphénols

4-tert-Octylphénol

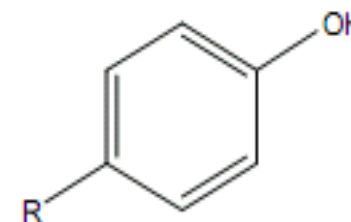
Intermédiaires de synthèse organique
Peintures
Laques et vernis
Liants et encres d'imprimerie
Adhésifs
Isolants



Groupe octyl-ramifié

4-Nonylphénols

Production des éthoxylates de NP
Production de certaines résines
Détergents et décapants
Lessives
Adoucisseurs
Cosmétiques
Produit de dégradation

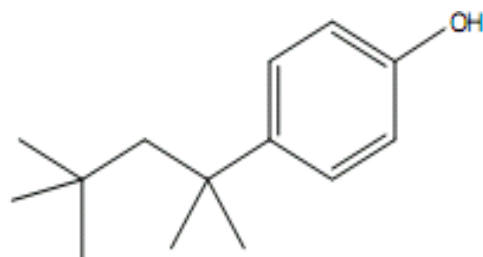


$R = C_9H_{19}$ avec une chaîne ramifiée

Les alkylphénols

4-tert-Octylphénol

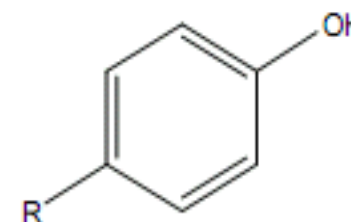
Intermédiaires de synthèse organique
Peintures
Laques et vernis
Liants et encres d'imprimerie
Adhésifs
Isolants



Groupe octyl-ramifié

4-Nonylphénols

Production des éthoxylates de NP
Production de certaines résines
Détergents et décapants
Lessives
Adoucisseurs
Cosmétiques
Produit de dégradation



$R = C_9H_{19}$ avec une chaîne ramifiée



Échantillonnage



Échantillons représentatifs de chaque type d'eaux grises

Groupe hétérogène représentant la population française

Échantillonnage



Échantillons représentatifs de chaque type d'eaux grises

Groupe hétérogène représentant la population française



Appel au volontariat pour collecter les échantillons
(Collègues, famille, amis...)

Échantillonnage



Échantillons représentatifs de chaque type d'eaux grises

Groupe hétérogène représentant la population française



Appel au volontariat pour collecter les échantillons

(Collègues, famille, amis...)



Rédaction d'un manuel de prélèvement

Échantillonnage

Échantillons représentatifs de chaque type d'eaux grises

Groupe hétérogène représentant la population française



Appel au volontariat pour collecter les échantillons

(Collègues, famille, amis...)



Rédaction d'un manuel de prélèvement

Matériel de prélèvement fourni (préalablement conditionné au laboratoire) :

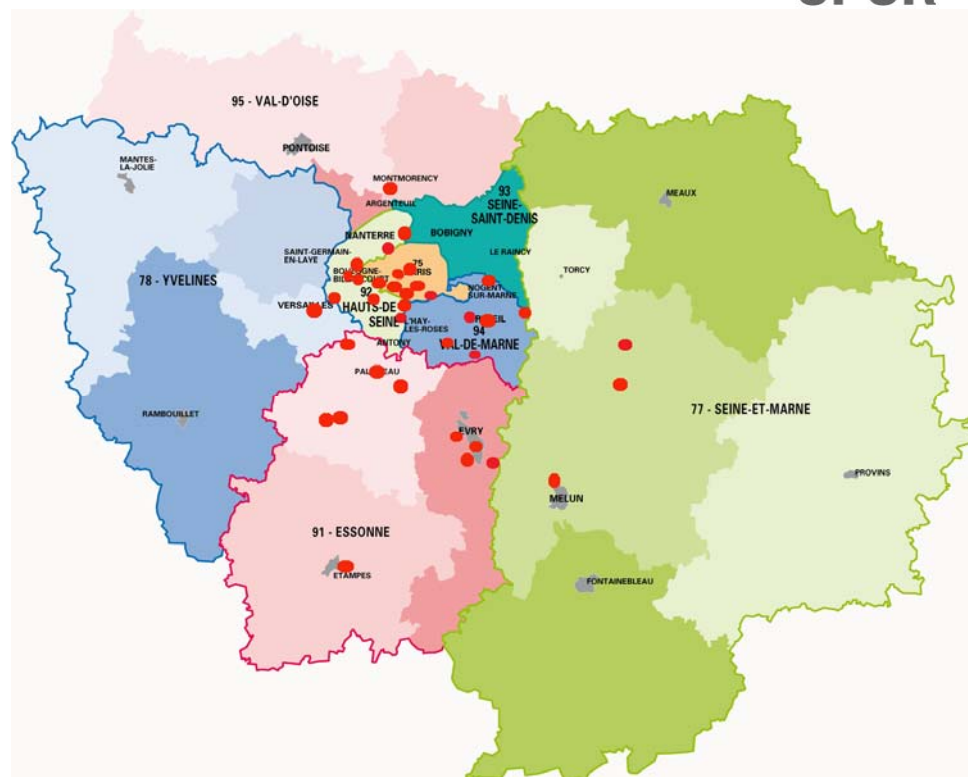


Un flacon en verre pour les AP et PAE

Trois flacons (verre, PP et PE) pour les paramètres généraux

Une glacière

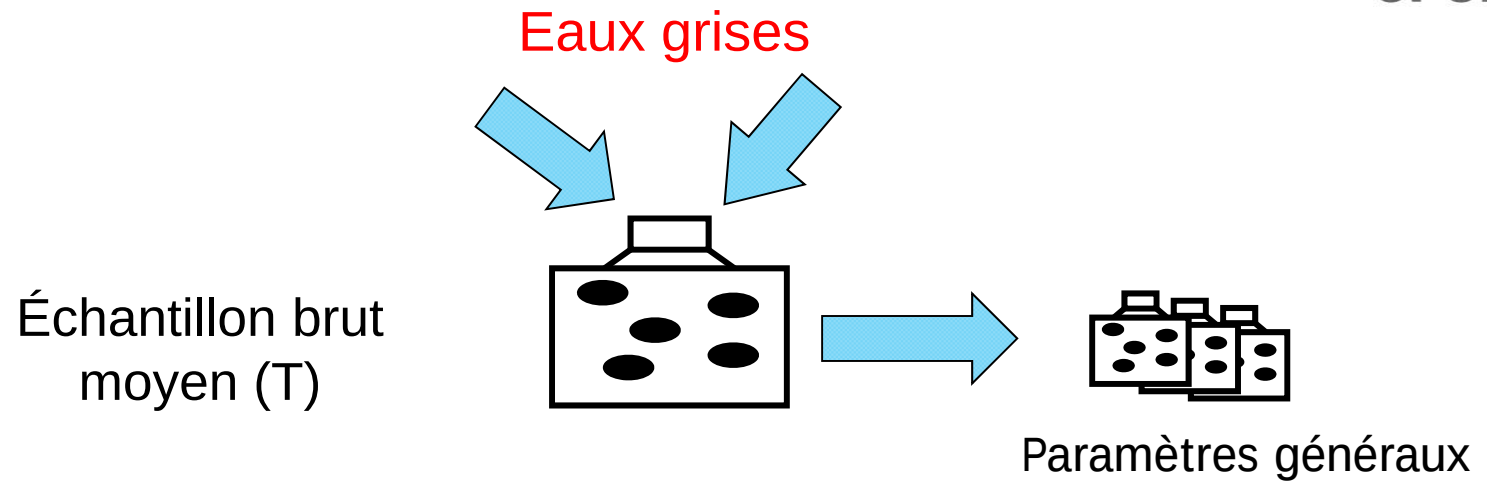
Prélèvements

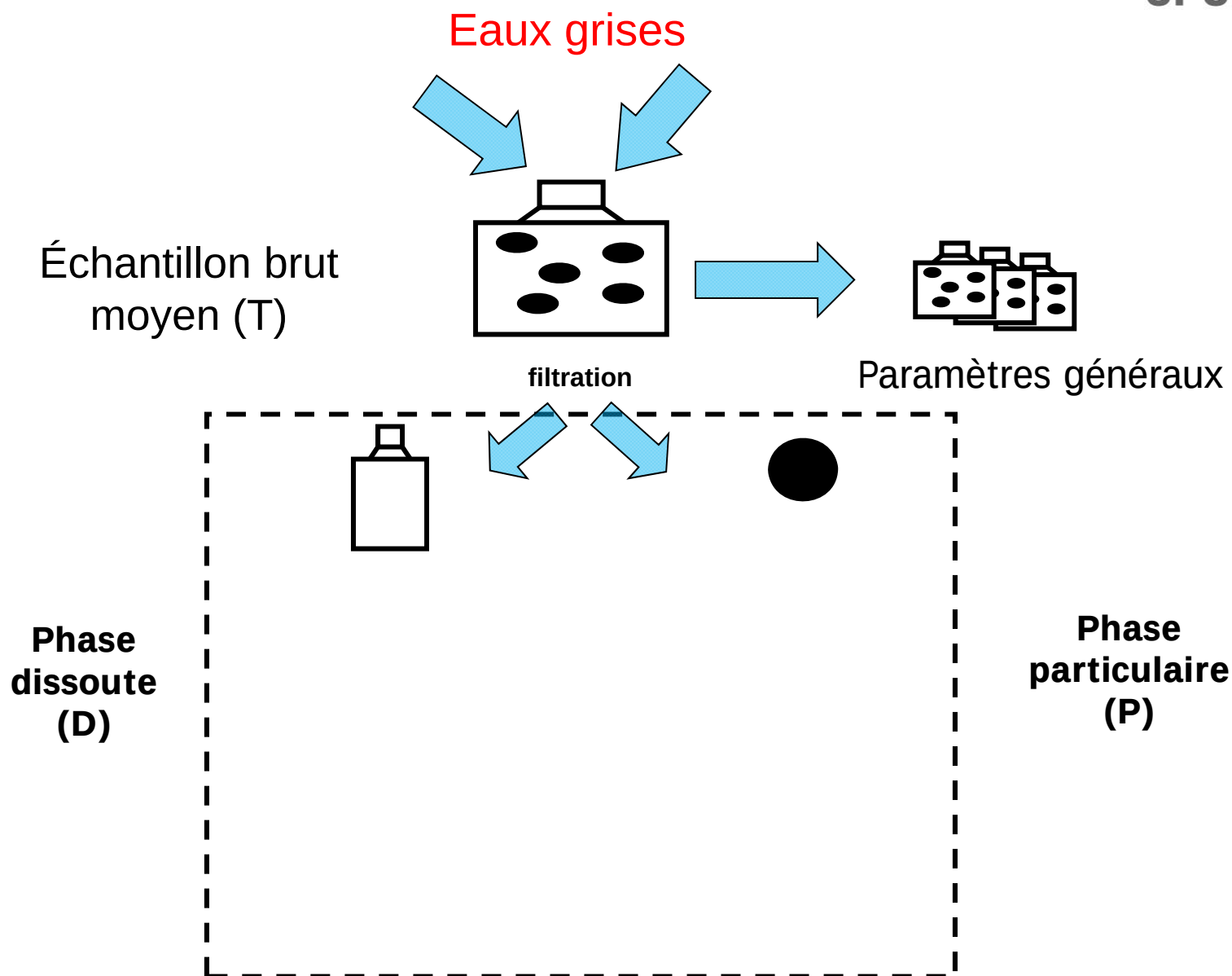


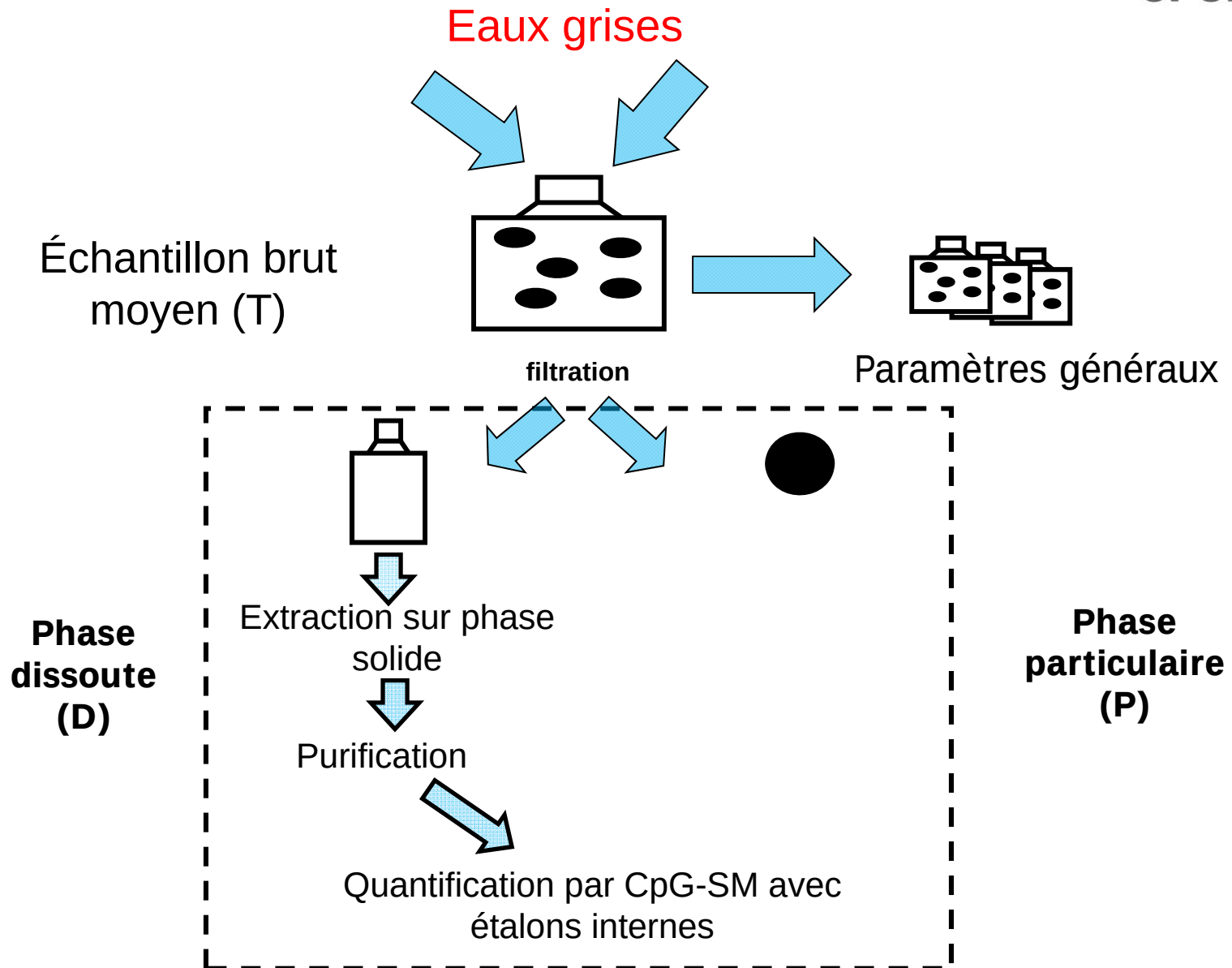
142 échantillons
66 familles volontaires
Réparties sur la région parisienne

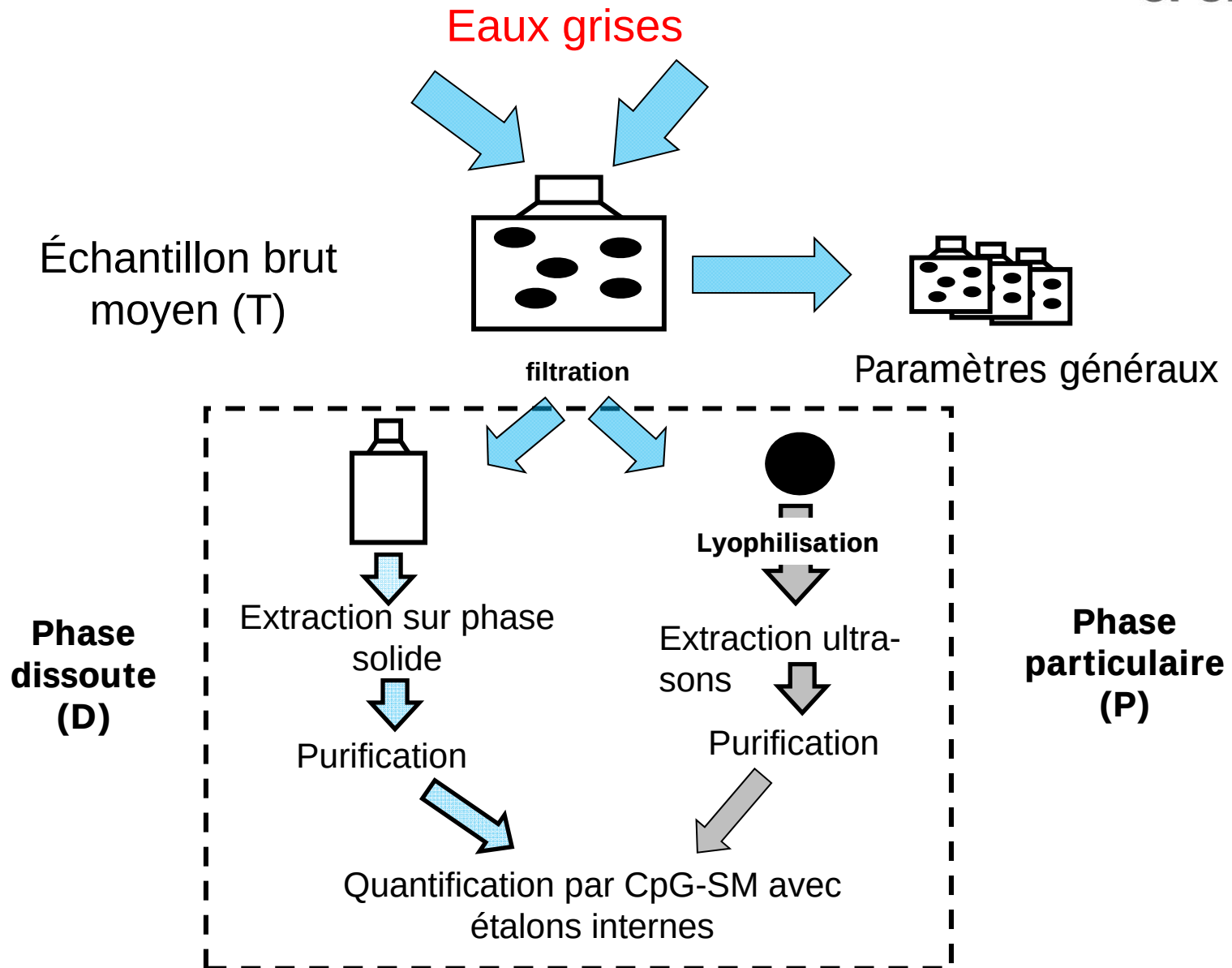
Échantillon brut
moyen (T)











Paramètres généraux



pH	NF EN 872
MES	NF EN ISO 10523
COD et COP	Méthode adaptée de NF T90-102
DCO	NF T90-101
DBO ₅	NF ISO 1899-1
NTK	NF EN 25663
SABM (détergent anionique)	NF EN ISO 16265

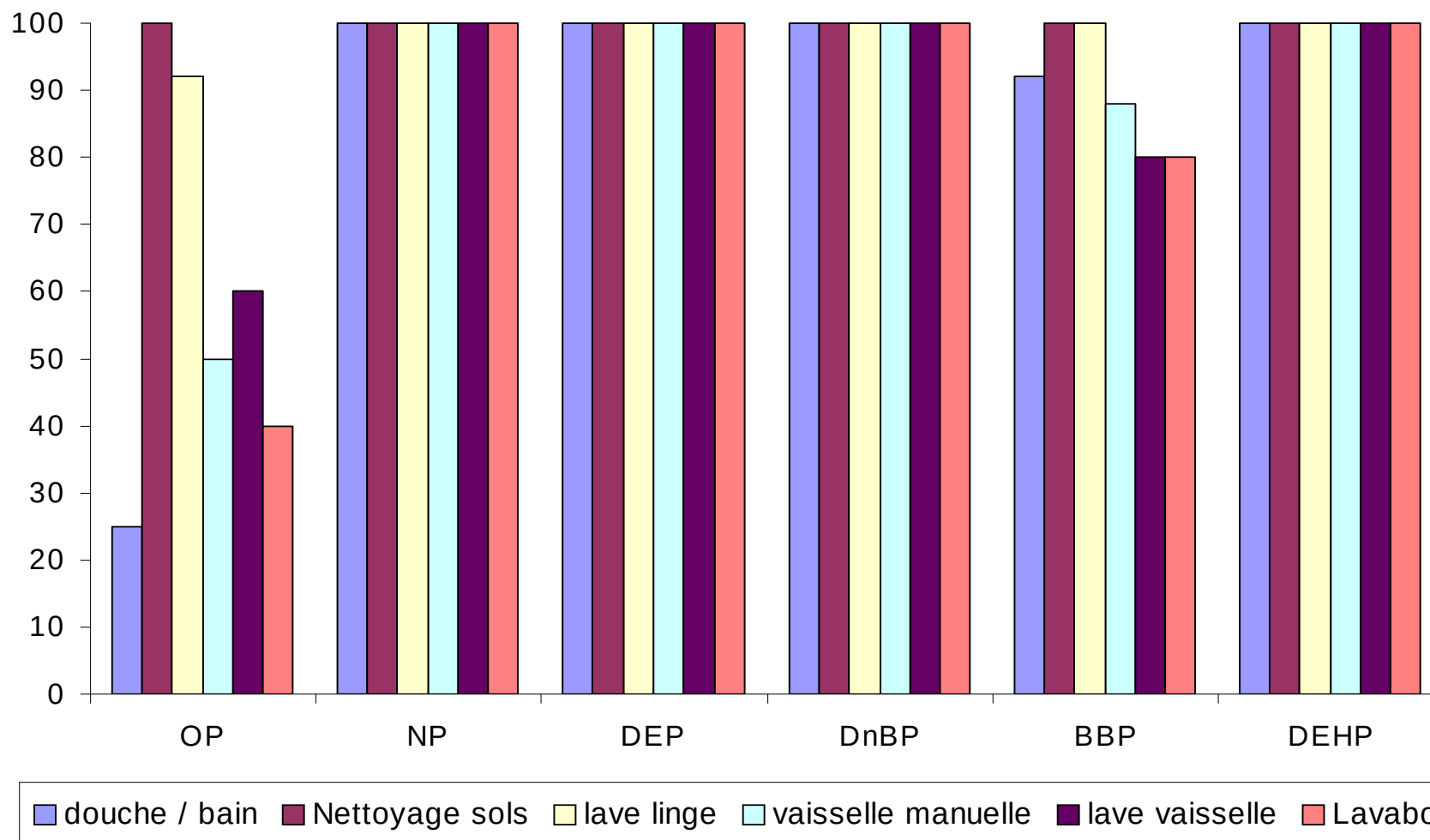
Analyses réalisées par laboratoire accrédité COFRAC

Deux objectifs :

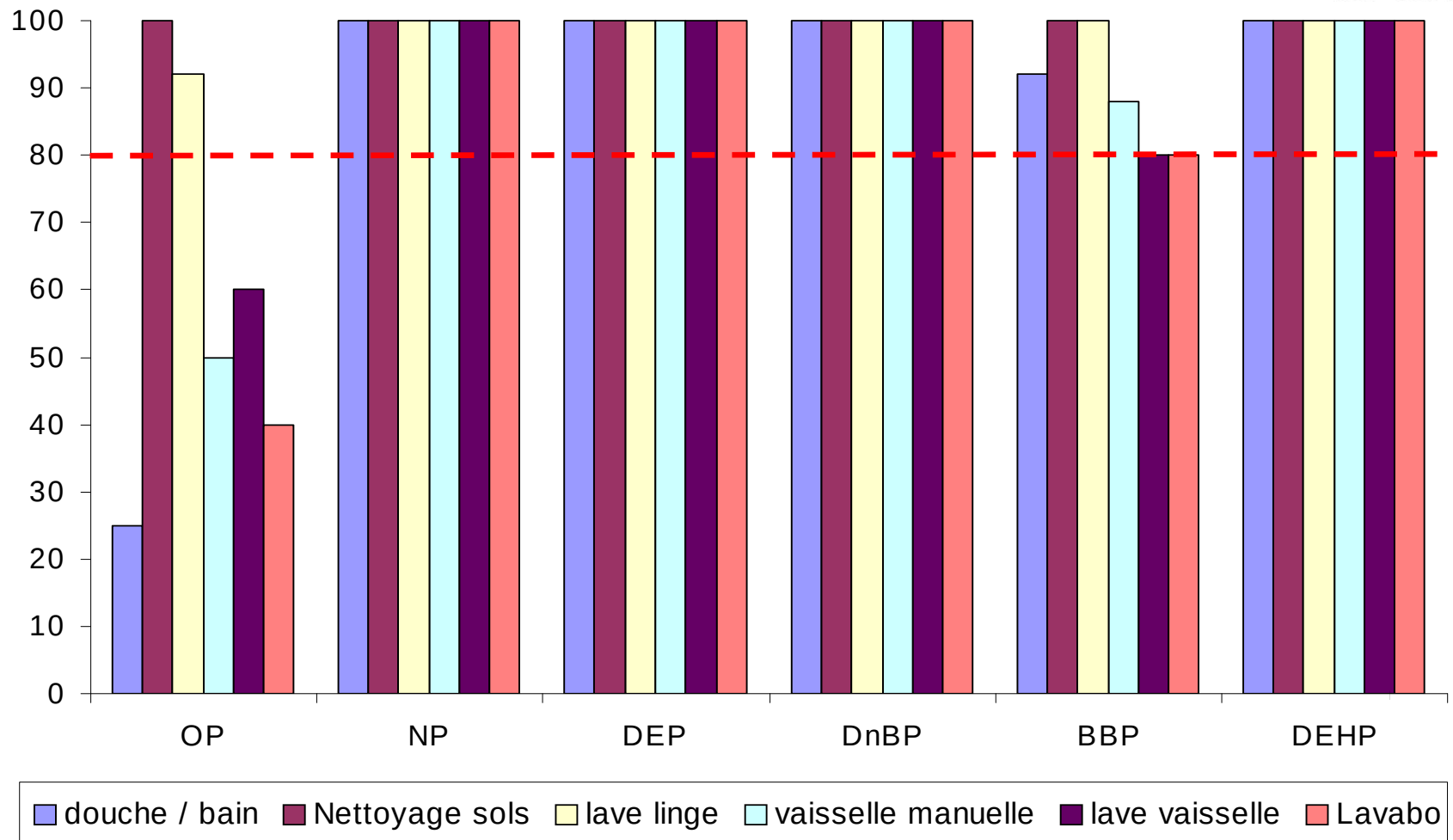
- Confirmer la représentativité de nos échantillons
- Acquérir des données originales



Occurrence (D et/ou P > LQ)



Occurrence (D et/ou P > LQ)



A l'exception de l'OP, composés quantifiés dans plus de 80 % des échantillons

Concentrations

Concentrations médianes

Avec $T(\mu\text{g/l}) = D(\mu\text{g/l}) + P(\mu\text{g/l})$ avec $P = P^*(\mu\text{g/g}) \times [\text{MES}](\text{g/l})$

	OP	NP	DEP	DnBP	BBP	DEHP
douche et bain	0,17	0,89	2,63	2,70	0,34	17,6
Lavage sol	0,82	4,49	4,27	76,6	3,89	150,9
lave linge	0,34	3,59	20,5	16,2	4,45	101,9
Vaisselle manuelle	0,17	0,50	1,28	2,29	0,21	9,2
Lave vaisselle	0,17	2,06	4,03	5,55	0,49	7,60
Lavabo	0,17	0,17	1,96	3,08	0,28	6,01
Eaux grises (Palmquist et hanaeus, 2005)	0,11	3,8	21,3	6,85	7	57,7

Concentrations du même ordre de grandeur entre nos échantillons et l'ensemble des eaux grises

Concentrations

Concentrations médianes

Avec $T(\mu\text{g/l}) = D(\mu\text{g/l}) + P(\mu\text{g/l})$ avec $P = P^*(\mu\text{g/g}) \times [\text{MES}](\text{g/l})$

	OP	NP	DEP	DnBP	BBP	DEHP
douche et bain	0,17	0,89	2,63	2,70	0,34	17,6
Lavage sol	0,82	4,49	4,27	76,6	3,89	150,9
lave linge	0,34	3,59	20,5	16,2	4,45	101,9
Vaisselle manuelle	0,17	0,50	1,28	2,29	0,21	9,2
Lave vaisselle	0,17	2,06	4,03	5,55	0,49	7,60
Lavabo	0,17	0,17	1,96	3,08	0,28	6,01
Eaux grises (Palmquist et hanaeus, 2005)	0,11	3,8	21,3	6,85	7	57,7

Concentrations du même ordre de grandeur entre nos échantillons et l'ensemble des eaux grises

Concentrations supérieures dans les eaux de nettoyage des sols et lave-linge

Concentrations

Concentrations médianes en µg/l

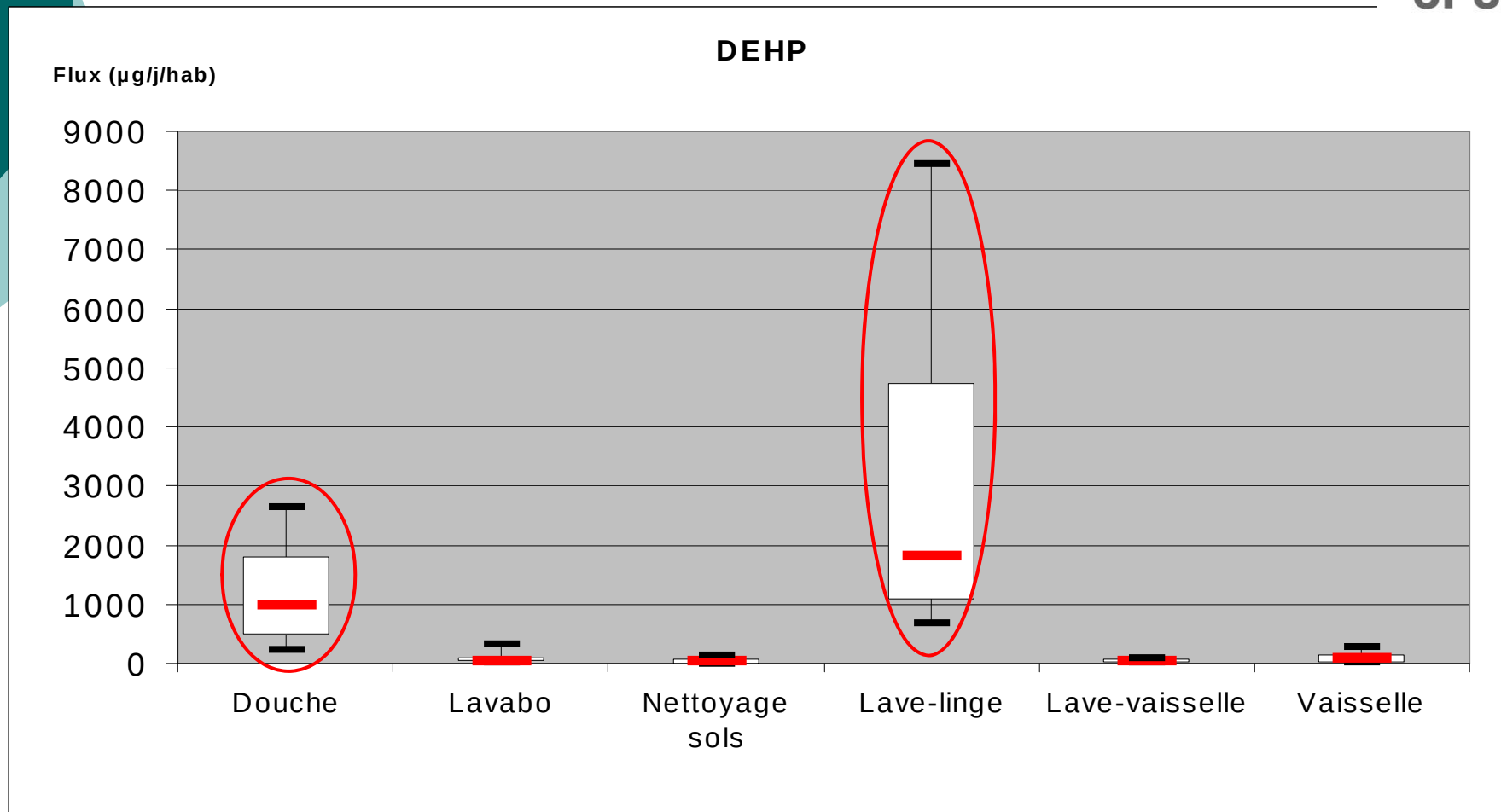
	OP	NP	DEP	DnBP	BBP	DEHP
douche et bain	0,17	0,89	2,63	2,70	0,34	17,6
Lavage sol	0,82	4,49	4,27	76,6	3,89	150,9
lave linge	0,34	3,59	20,5	16,2	4,45	101,9
Vaisselle manuelle	0,17	0,50	1,28	2,29	0,21	9,2
Lave vaisselle	0,17	2,06	4,03	5,55	0,49	7,60
Lavabo	0,17	0,17	1,96	3,08	0,28	6,01
Eaux grises (Palmquist et hanaeus, 2005)	0,11	3,8	21,3	6,85	7	57,7
Eaux Domestiques (Bergé, 2012)	0,89	9,04	10,1	2,93	1,56	40,7

[eaux grises] < [eaux domestiques] pour les alkylphénols

➡ Eaux vannes = source potentielle non négligeable...

[eaux grises] > [eaux domestiques] pour les phtalates

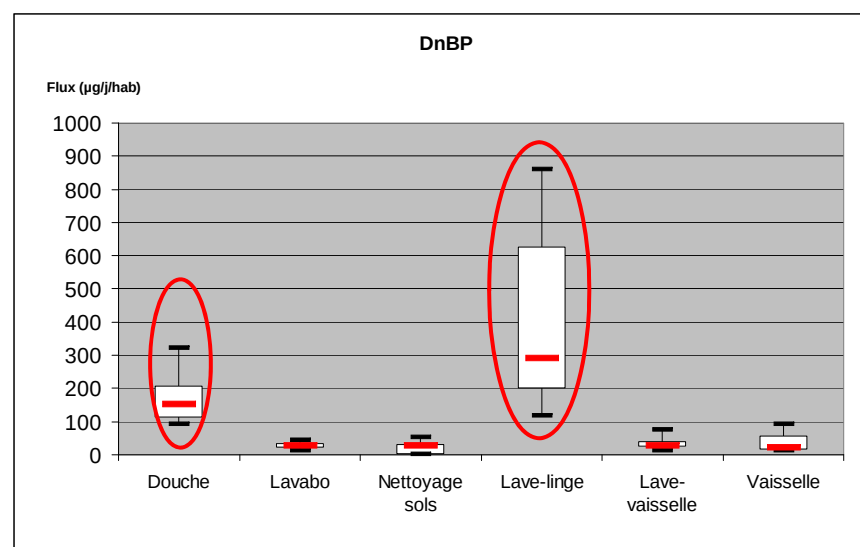
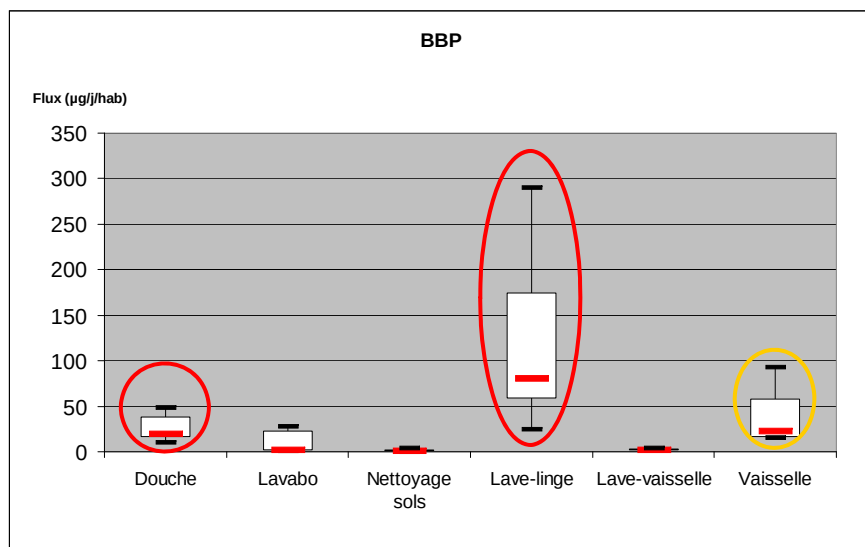
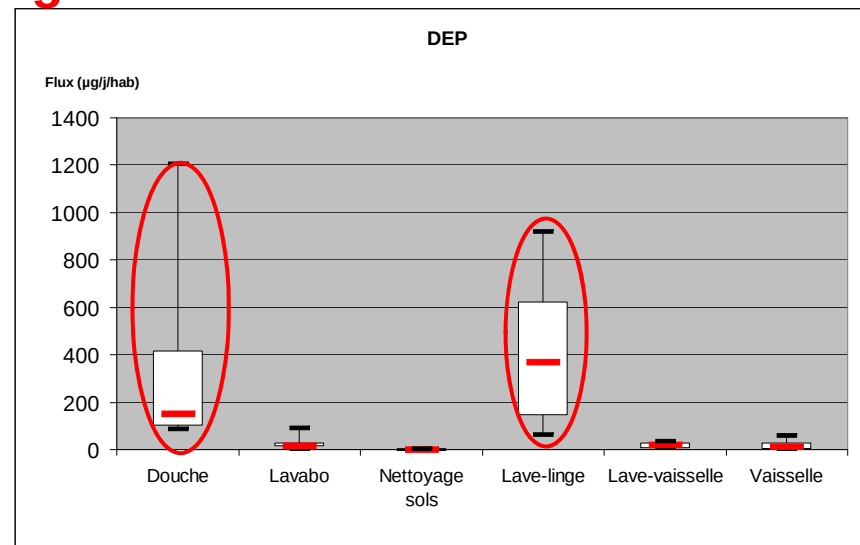
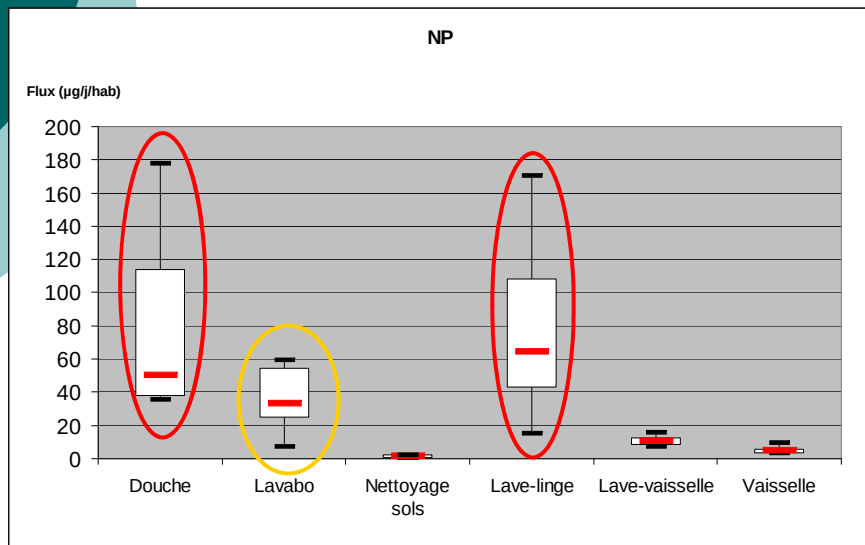
➡ Dilution probable par les eaux vannes



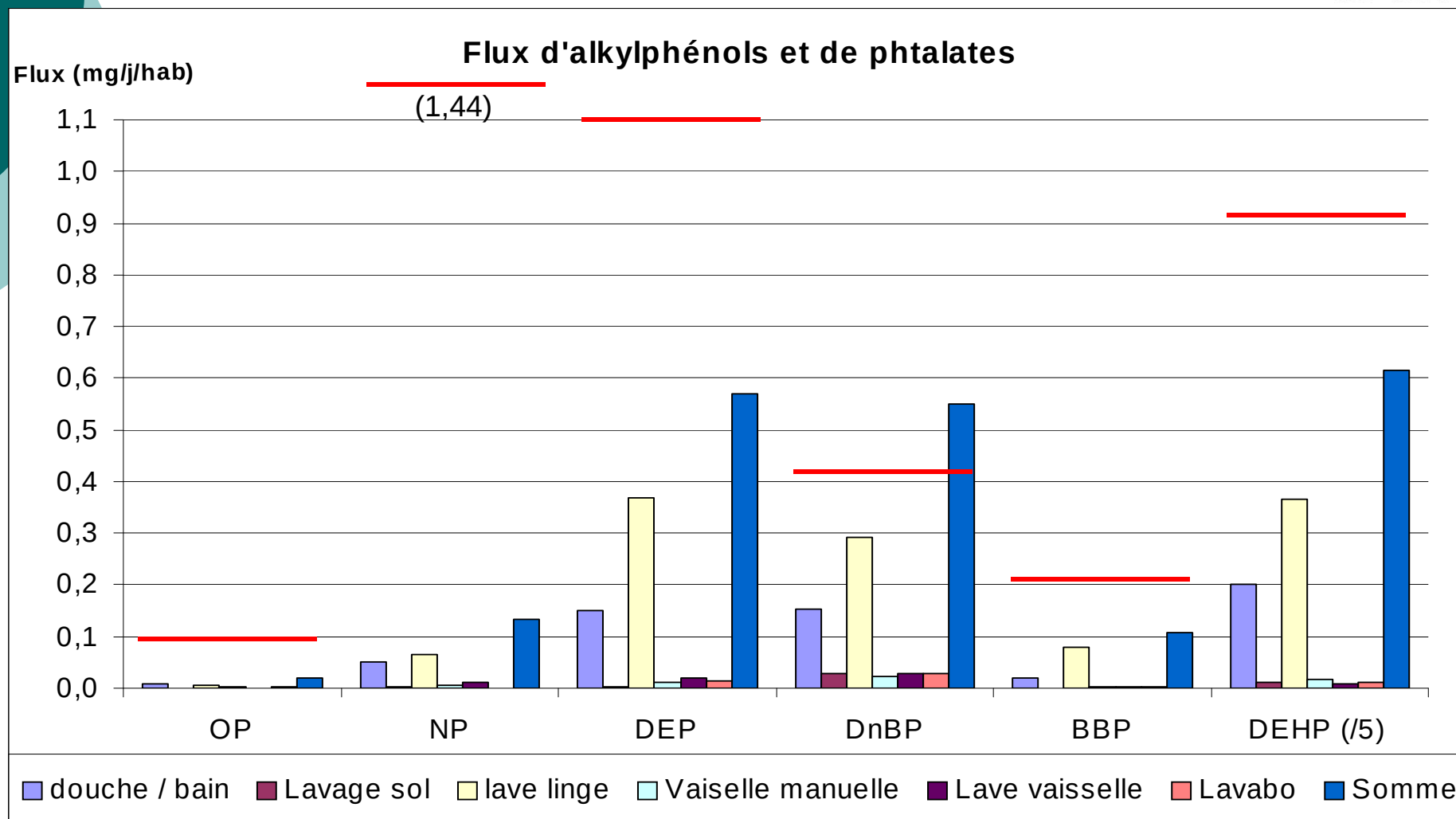
Deux sources de rejets principales : Lave-linge et Douches

Flux

Sources majeures identiques pour tous les composés : Lave-linge et Douches

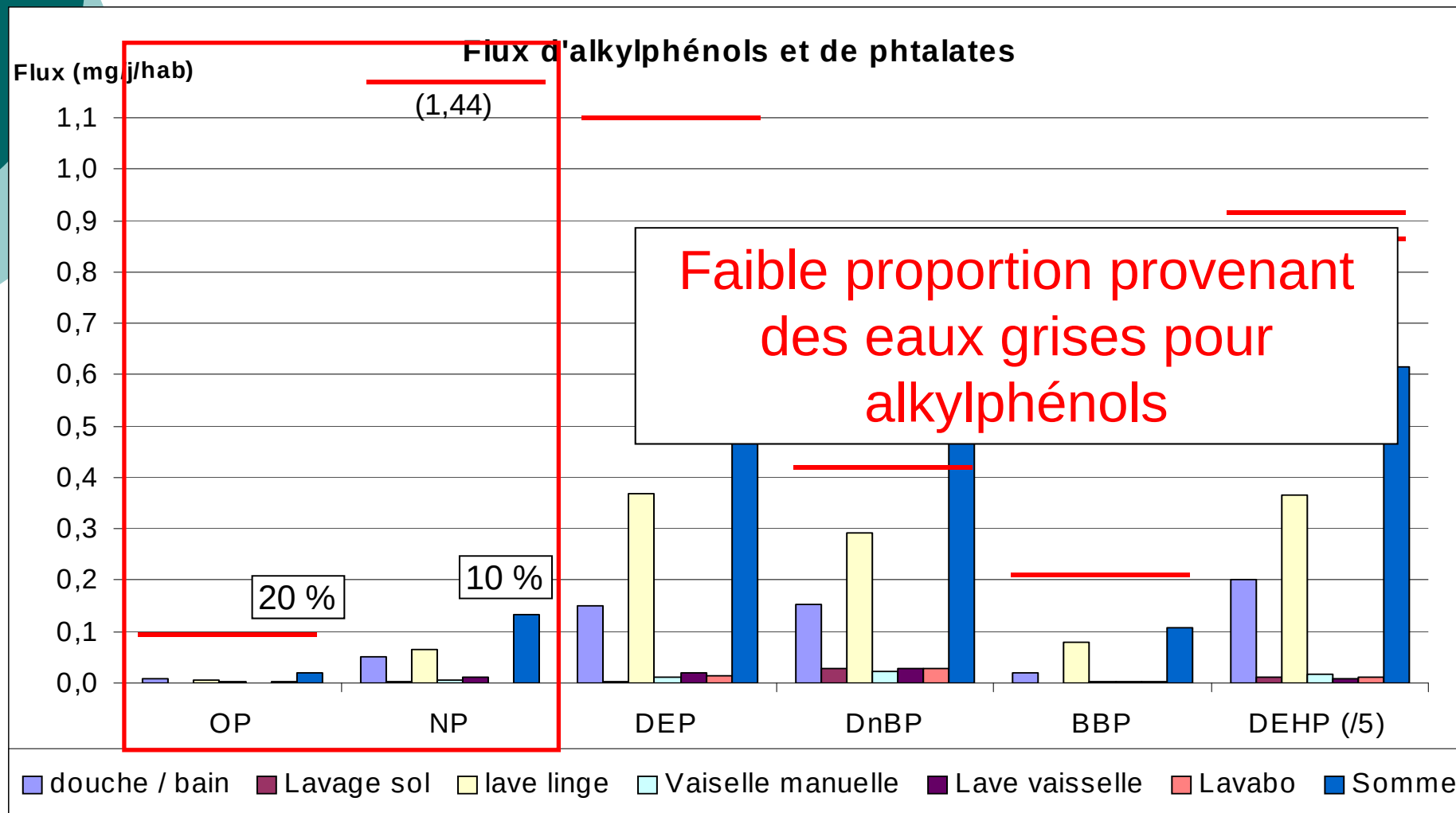


Flux – comparaison avec rejets domestiques



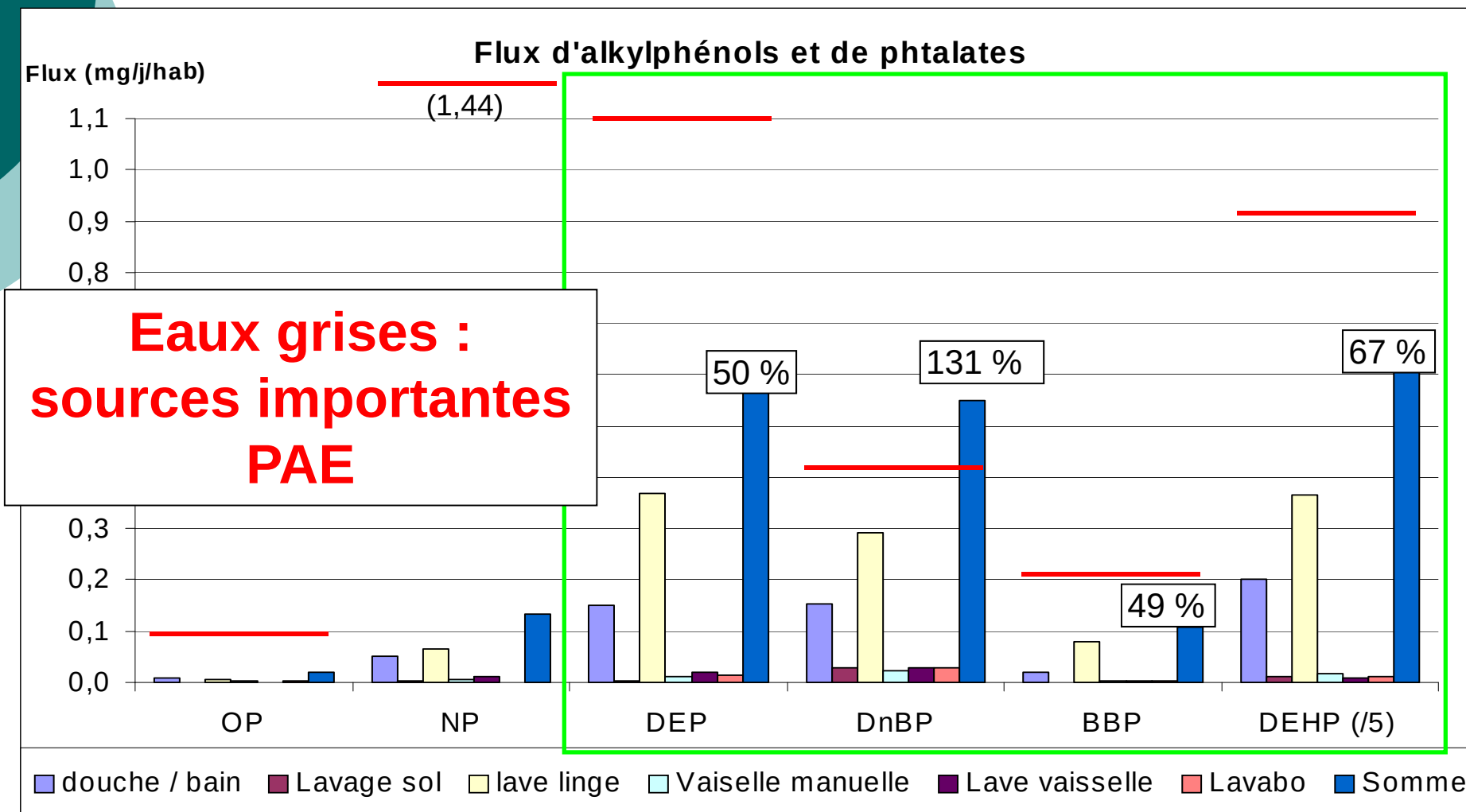
— Flux domestiques (Bergé, 2012)

Flux – comparaison avec rejets domestiques



— Flux domestiques (Bergé, 2012)

Flux – comparaison avec rejets domestiques



Conclusion

Etude réalisée sur **142** échantillons
Réparti en **6 types** d'eaux grises
Provenant de **66 sites** différents

A l'exception de l'OP, forte occurrence des composés recherchés (> 80 %)

Flux des alkylphénols < 20 % du flux des rejets domestiques

- Importance de la dégradation des alkylphénols éthoxylates?
- Evolution des flux globaux depuis 2011?

Importance des eaux grises dans apport des phtalates dans eaux usées (50 – 100 %)

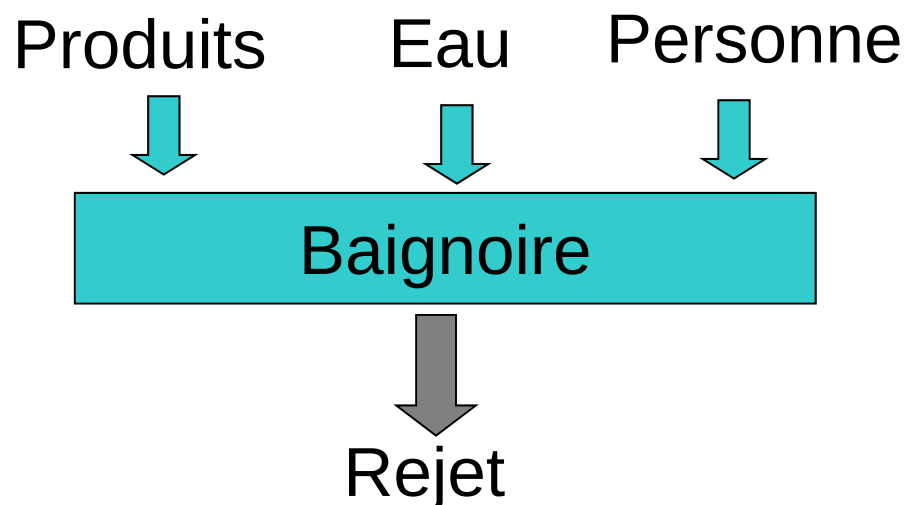
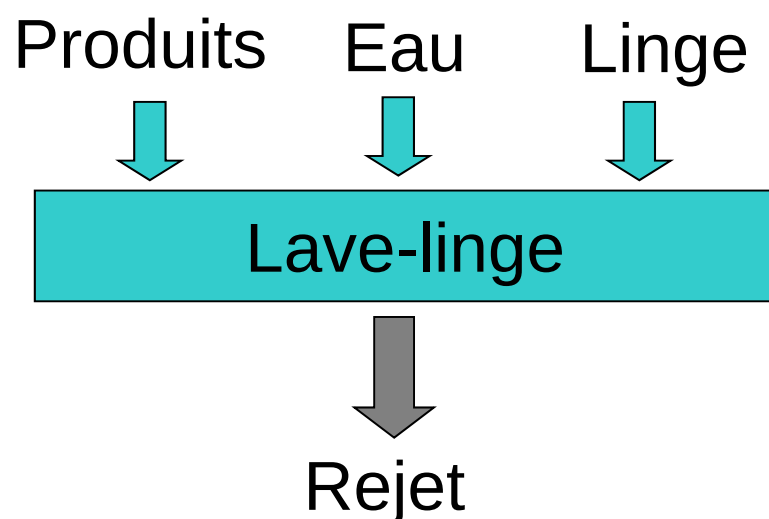
Poursuite des travaux – Eaux grises



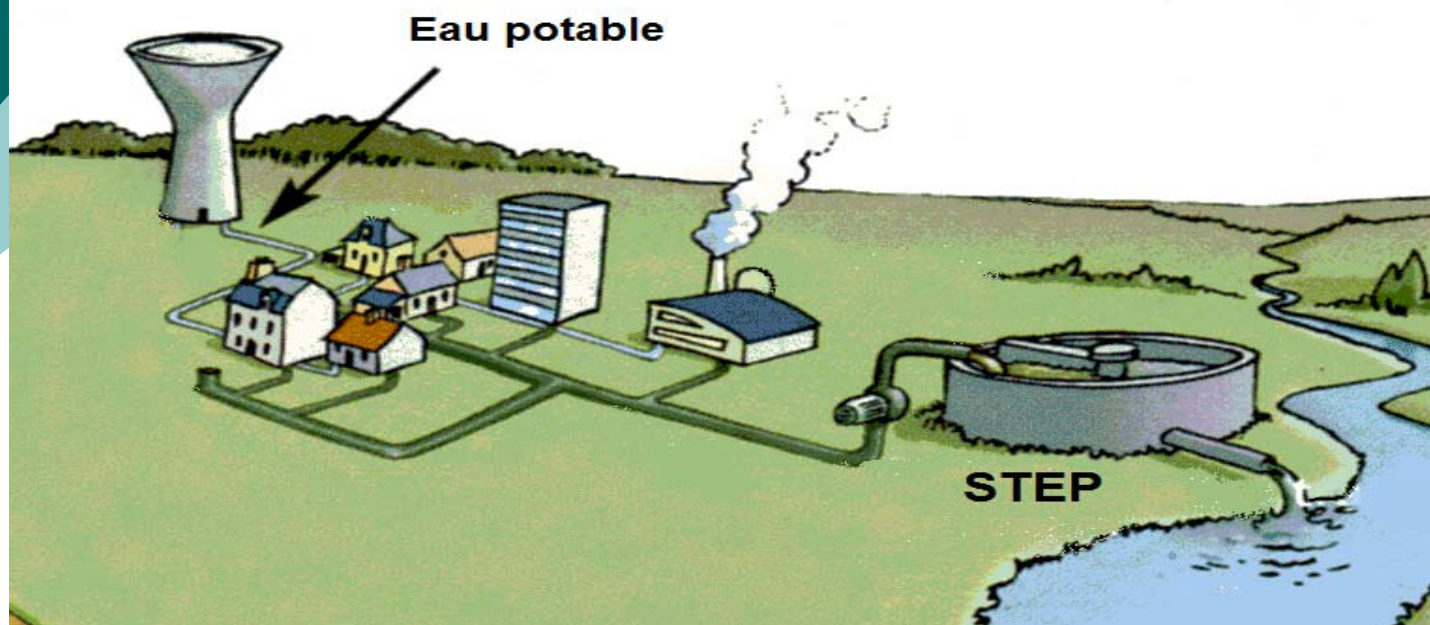
Finaliser la caractérisation des eaux grises (170 échantillons)

Etudier la dégradation des éthoxylates d'alkylphénols dans les eaux grises

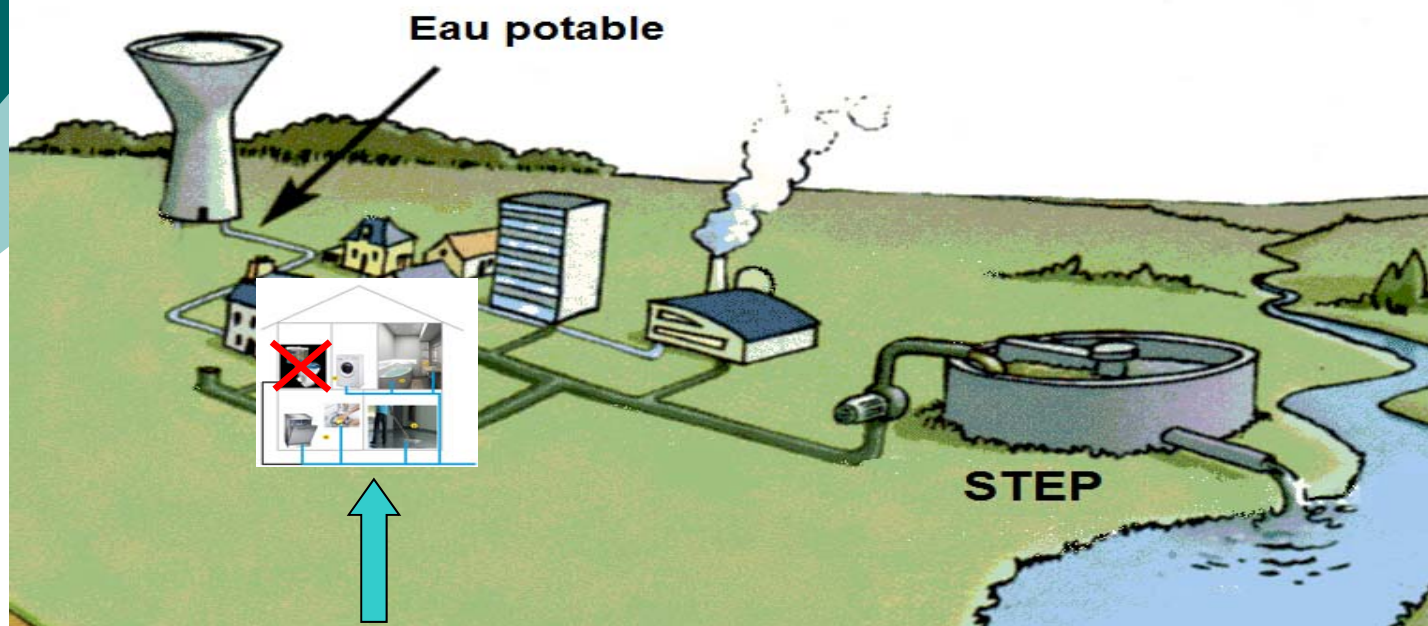
Définir les origines dans les eaux de lave-linge et de douche :



Poursuite des travaux



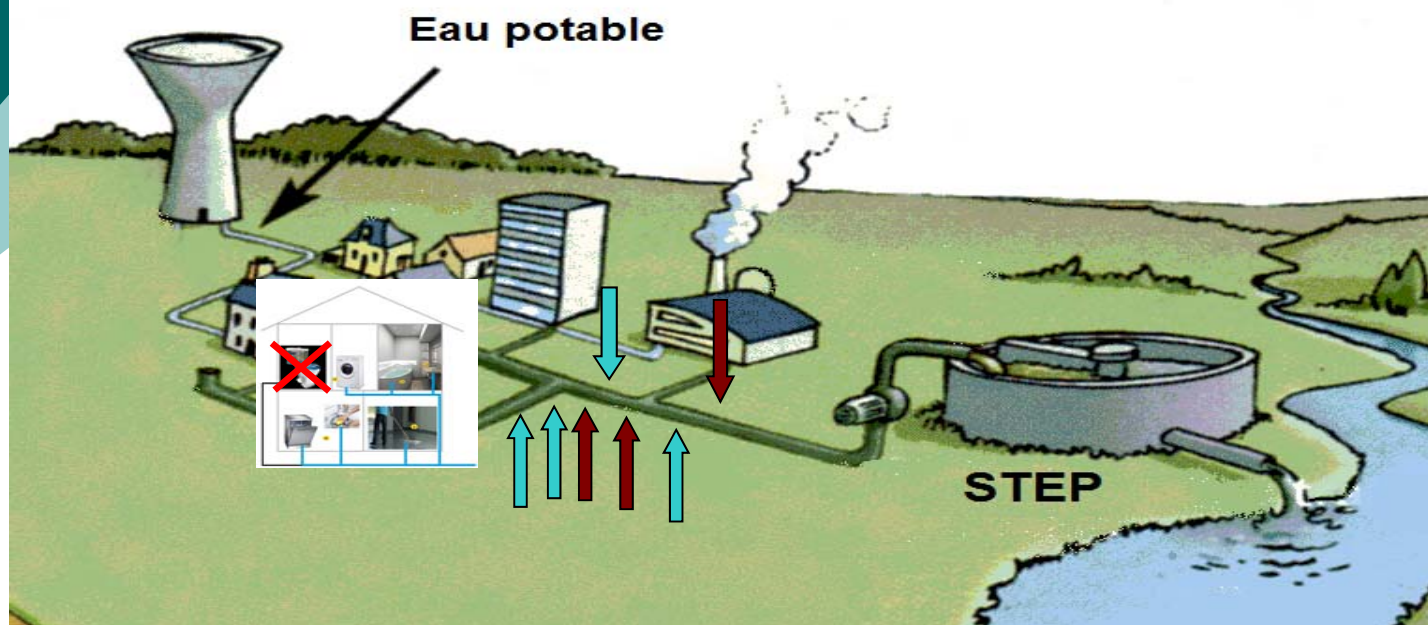
Poursuite des travaux



Eaux grises :

- Fin des analyses pour AP et PAE en novembre 2014
- Etude des alkylphénols éthoxylés courant 2015

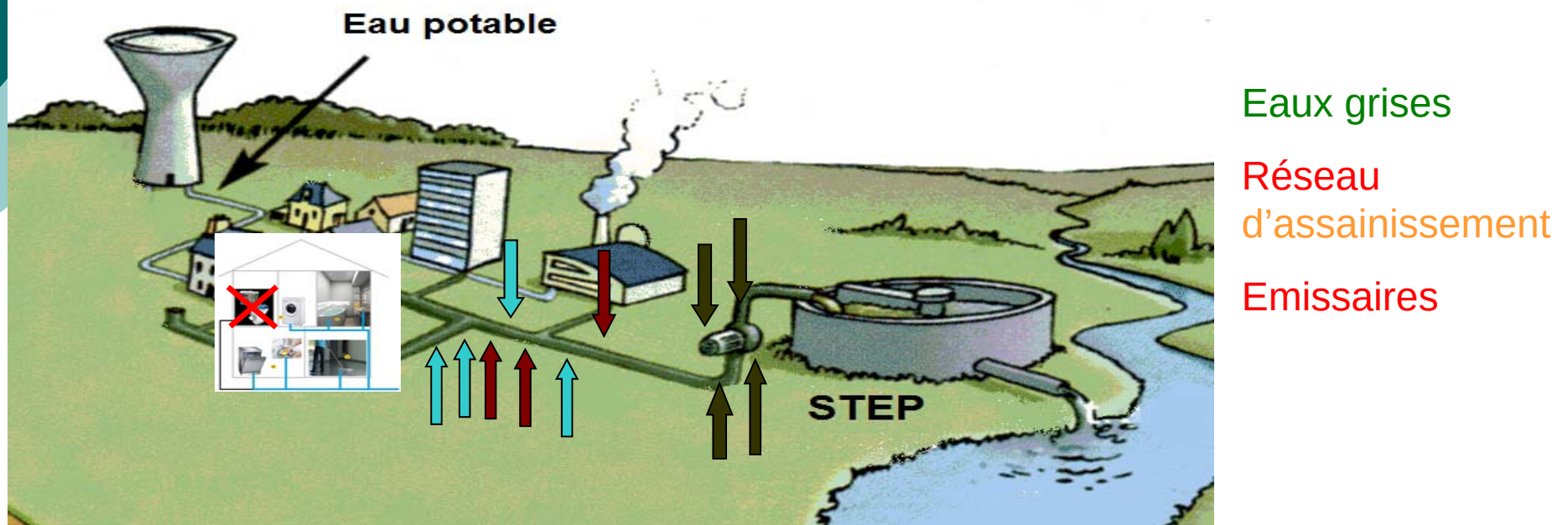
Poursuite des travaux



Réseau d'assainissement :

- Etude des concentrations en réseau
 - Depuis juillet 2014 – concentrations dans les eaux
 - Début 2015 – détermination des teneurs dans les boues

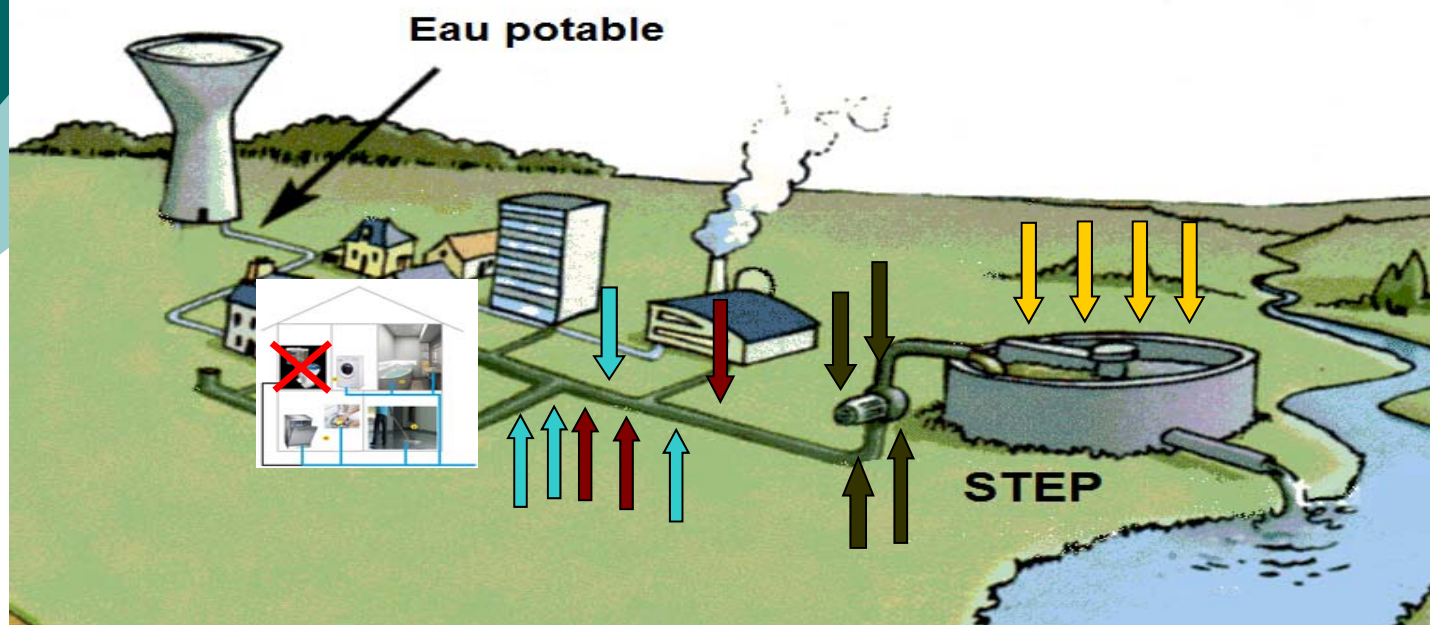
Poursuite des travaux



Emissaires :

- Etude des émissaires de Seine Aval
 - Evolution des concentrations entre mai 2011 et mai 2015

Poursuite des travaux



Eaux grises

Réseau
d'assainissement

Emissaires

STEP

Station d'épuration :

- Traitement des eaux
 - Etude du traitement tertiaire depuis novembre 2013
 - Suivi complet d'une STEP envisagé
- Traitement des boues
 - Analyses en cours



laboratoire eau environnement systemes urbains

Observatoire des Polluants Urbains
7 octobre 2014 (Colombes)



Merci pour votre attention

**Ainsi qu'à tous les volontaires de cette étude et aux
cellules techniques du SIAAP, du Leesu et de la SEVESC**



Micropolluants dans les eaux usées, en réseau
et dans les filières de traitement :

Premières investigations de microplastiques dans les eaux usées et dans les filières de traitement

Rachid Dris, Johnny Gasperi, Vincent Rocher, Bruno Tassin

Problématique et contexte

Pollution plastique

Production de plastique de 288 millions de tonnes par an (*plasticseurope.com*)



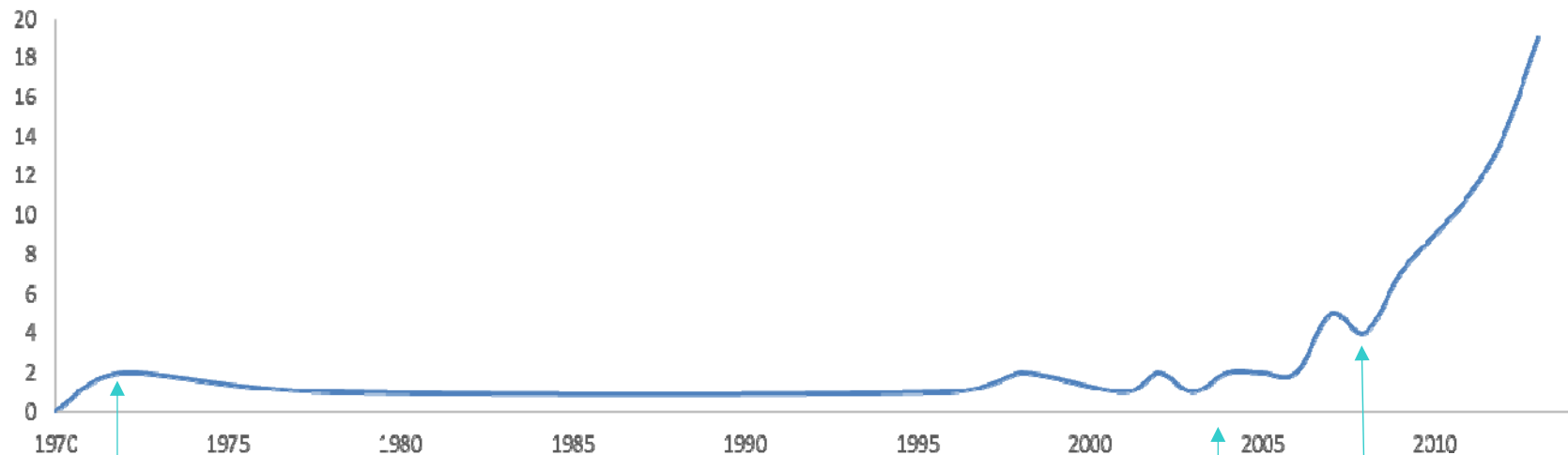
Plus d'un million de sachets plastiques utilisés par minute dans le monde

(<http://www.plasticoceans.net/the-facts/environmental-impact/>)

Problématique et contexte

L'étude des microplastiques

Nombre d'articles traitant de la problématique par année



Mise en évidence de
« microplastiques »
(*Carpenter et al. 1972*)

Première fois que le terme « microplastiques » est utilisé
(*Thompson et al. 2004*)

Les microplastiques sont définis comme des particules
de plastique d'une taille inférieure à 5 mm

Problématique et contexte

Source des microplastiques

Primaires

Microplastiques

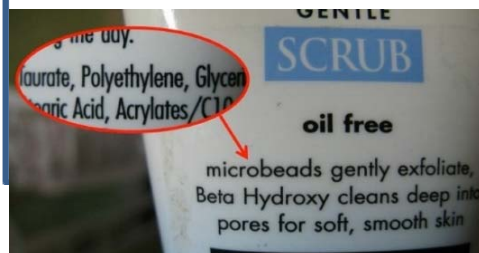
Secondaires



<http://abcnews.go.com/Lifestyle/york-ban-microbeads-facial-scrubs/story?id=22467638>



- Petites sphérules appelées « Microbeads »
- Essentiellement dans les produits de gommage



Fibres textiles

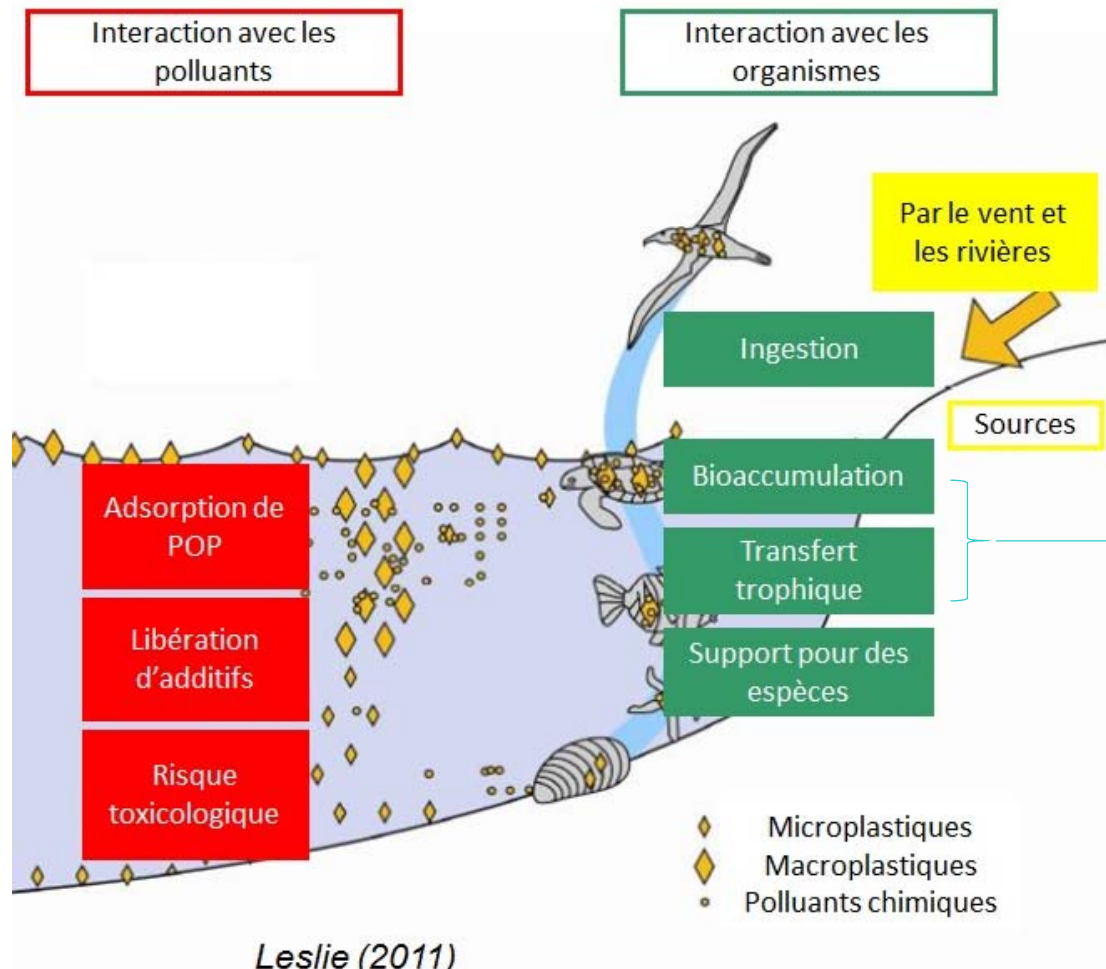
- 27 tonnes de plastiques retenus par les barrages flottants du SIAAP sur la Seine en 2013 (estimation)
- Dégradation par effet d'UV et par dégradation physique essentiellement (biologique dans une moindre mesure)

Problématique et contexte

Impact des microplastiques



Cole et al. (2013)

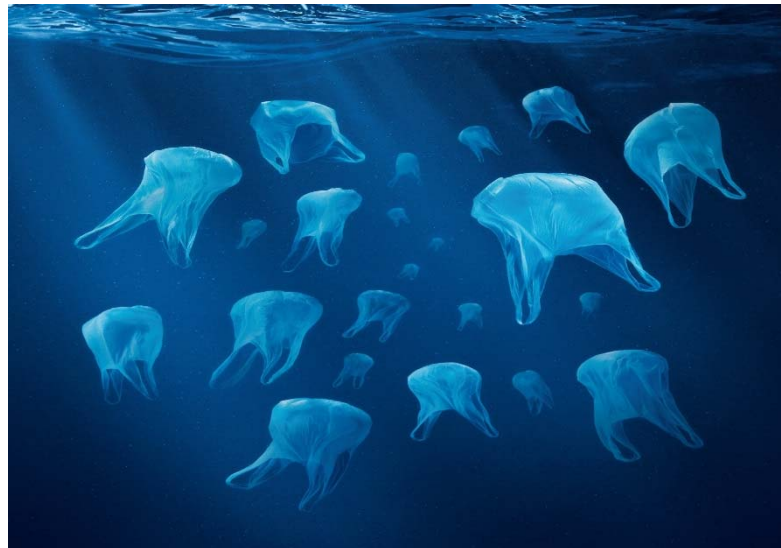


En cas de translocation uniquement !!!

Problématique et contexte

Dans le milieu continental et urbain

Multiplication des données dans les océans, le milieu marin (colonne d'eau et sédiments), plages, estuaires...



Très peu de données en milieu continental

Browne et al. (2011) pointent du doigt le milieu continental comme principale source de la pollution en milieu marin

Problématique et contexte

Microplastiques et stations d'épuration

Habib et al. (1996) indiquent la présence de fibres dans des rejets

Zubris et al. (2005) proposent d'utiliser la présence de fibres dans des sols comme indicatrice d'amendement par boues

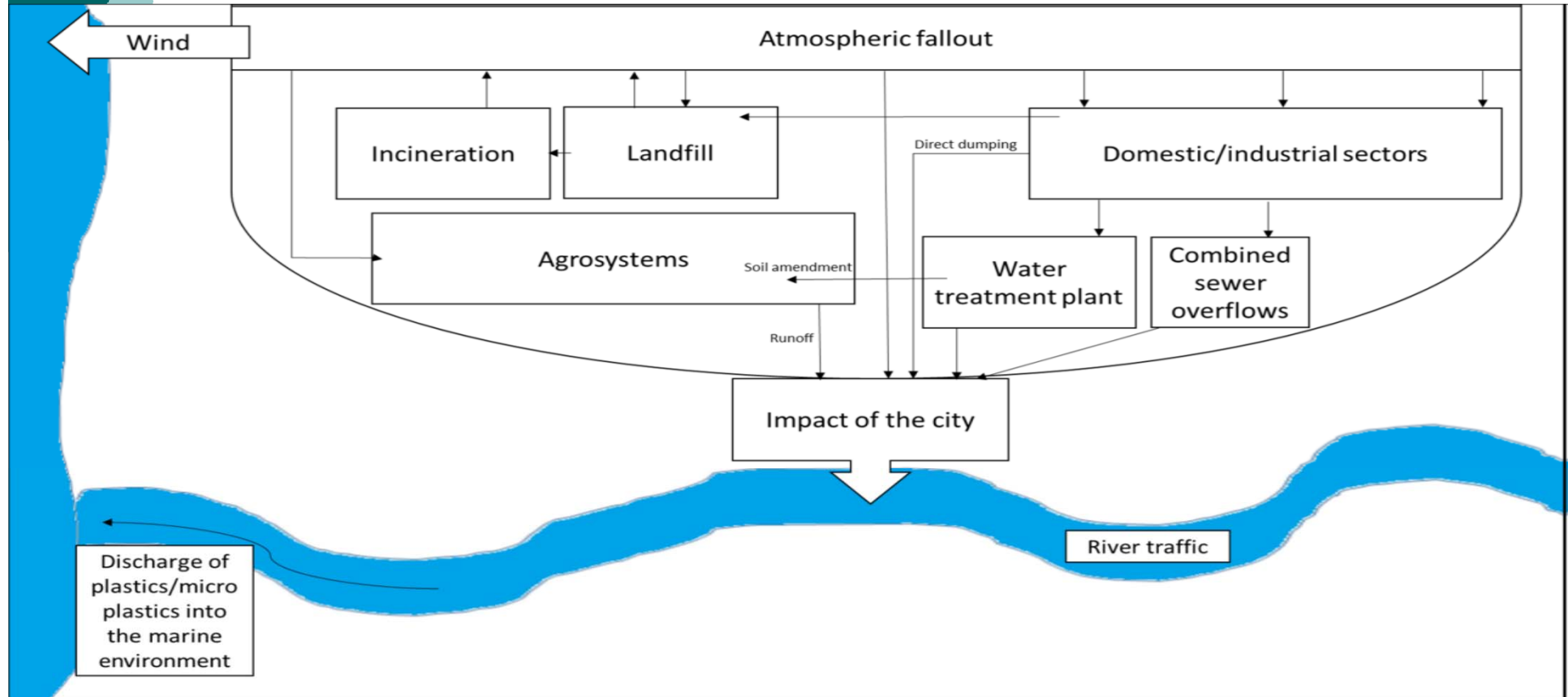


(plus de 1900 fibres par lavage – *Browne et al. (2011)*)

Browne et al. (2011) retrouvent 1 fibre/L dans des rejets de station d'épuration (Filière boues activées avec traitement tertiaire par filtres à sable)

Problématique et contexte

Objectifs



Fournir les premières données en milieu continental et urbain sur les microplastiques

Estimer l'efficacité des traitements sur l'abattement des microplastiques

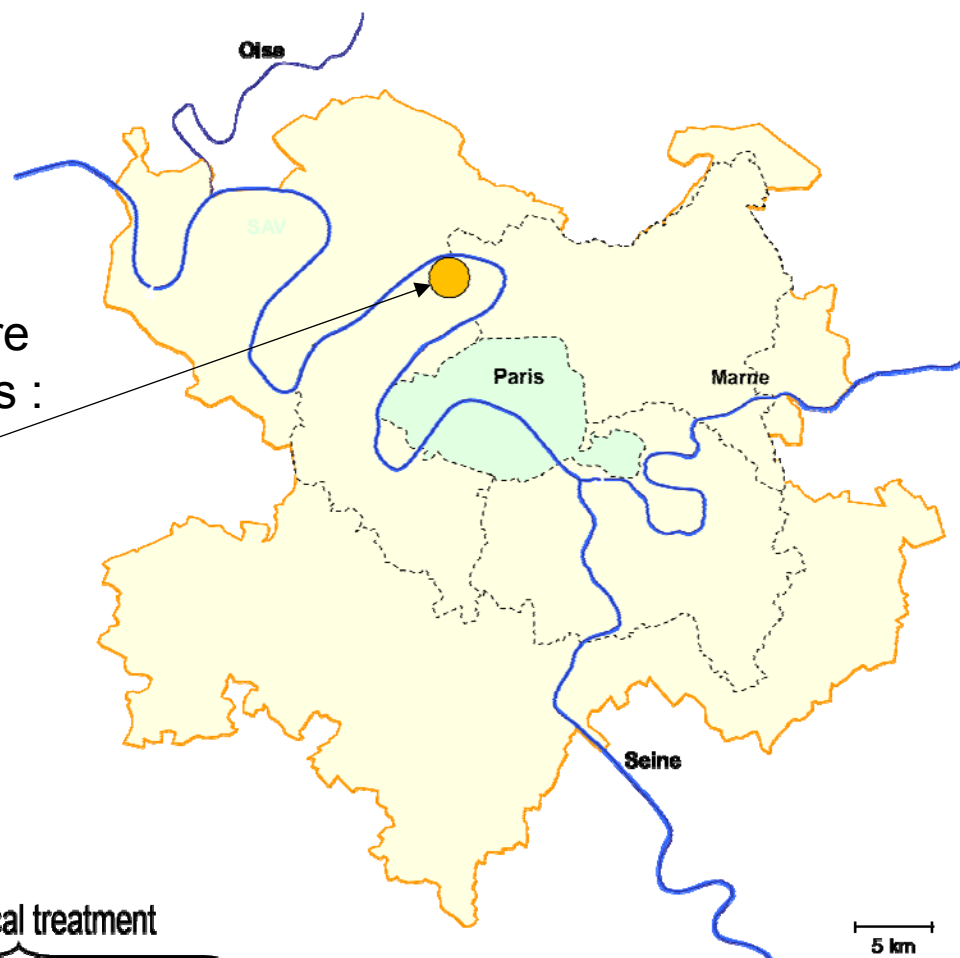
Evaluer l'impact des rejets urbains sur les milieux récepteurs

Matériels et méthodes

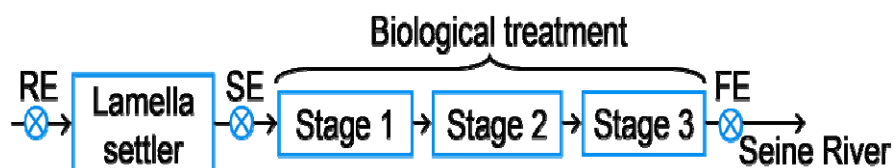
Sites de prélèvement



STEP de Seine-Centre
3 échantillons moyens :
Eaux brutes
Eaux décantées
Eaux traitées



50 ml considérés
pour analyse



Matériels et méthodes

Sites de prélèvement

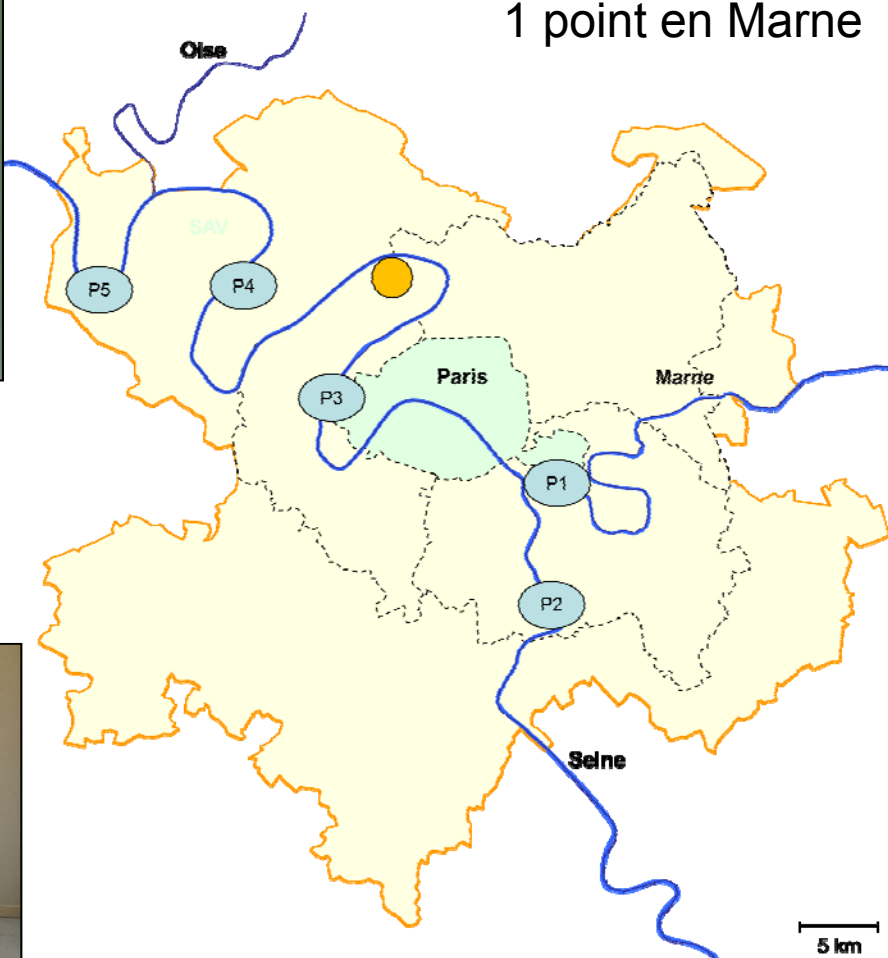
4 points en Seine
1 point en Marne

450 – 2000 L prélevés



Filet exposé durant 60 secondes

Maillage de 80 μm



P1/ Charenton ; P2/ Choisy-le roi ; P3/ Suresnes ; P4/ Sartrouville ; P5/ Poissy

07/10/2014

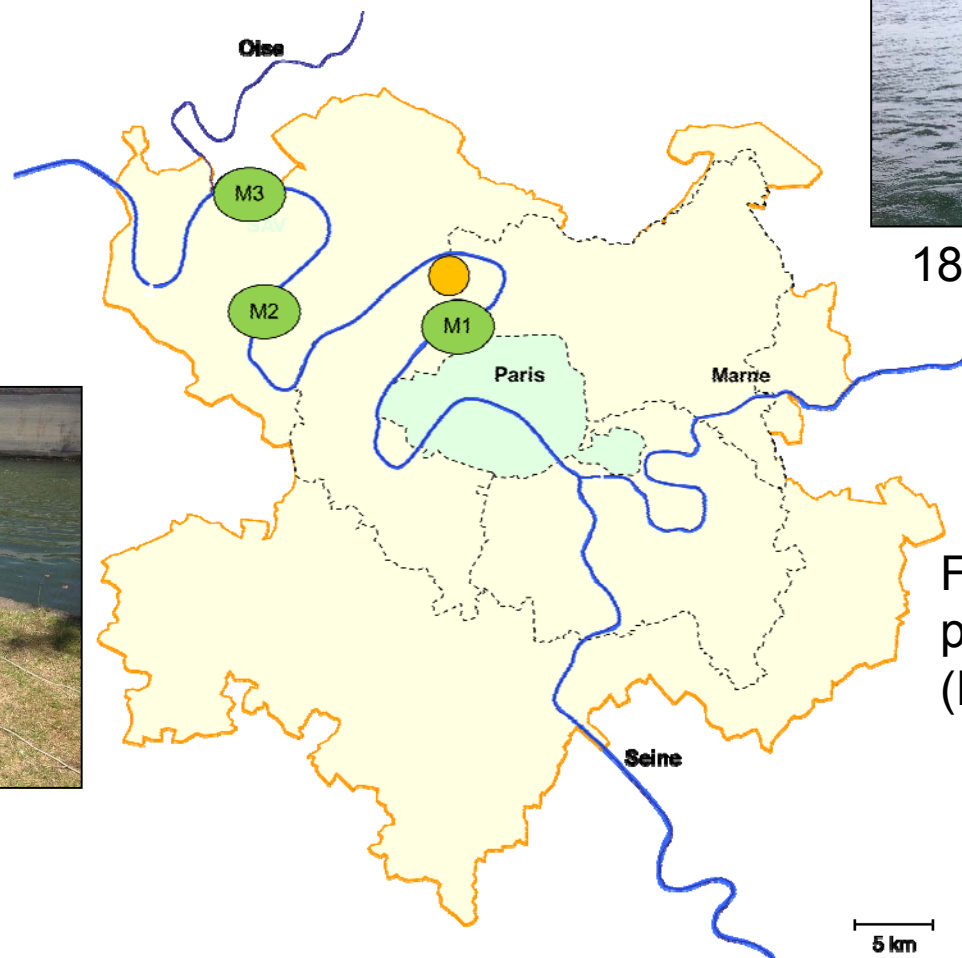
Séminaire OPUR 2014

SYNDICAT INTERDÉPARTEMENTAL POUR L'ASSAINISSEMENT

Matériels et méthodes

Sites de prélèvement

Maillage de 330 μ m



182 000 – 200 000 L
prélevés

Filet tracté par bateau
pendant 15 minutes
(Environ 1,5 Km)

5 km

SYNDICAT INTERDÉPARTEMENTAL POUR L'ASSAINISSEMENT

SIAAP

DE L'AGGLOMÉRATION PARISIENNE

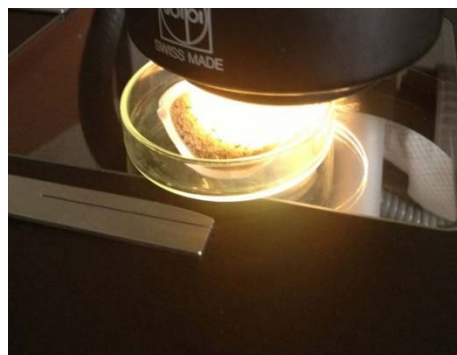
11

Matériels et méthodes

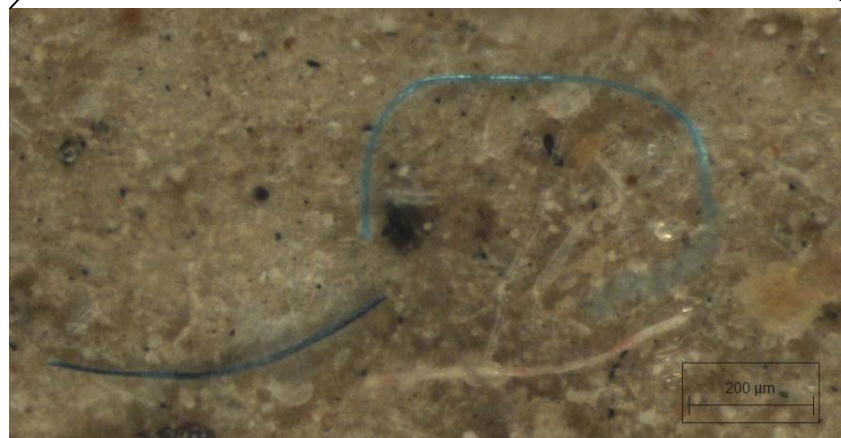
Identification et quantification



Filtres en fibre de verre (1,6 μm)



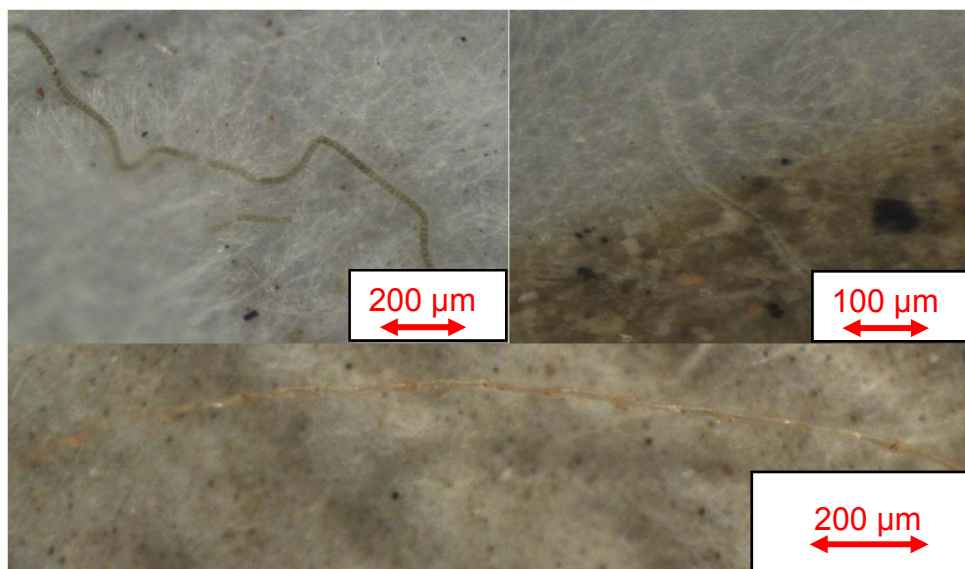
Loupe binoculaire (LISA)



Identification

Critères pour identifier les fibres synthétiques (Norén 2007, Hidalgo-Ruz et al. 2012) :

- Largeur relativement homogène sur toute leur longueur,
- Présence de courbure,
- Absence de structure cellulaire,
- Certaines couleurs indicatrices.



Fibres réparties selon 3 classes de taille :

[100 – 500 μm]

[500 – 1000 μm]

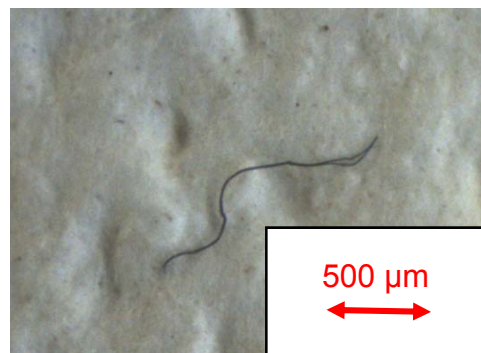
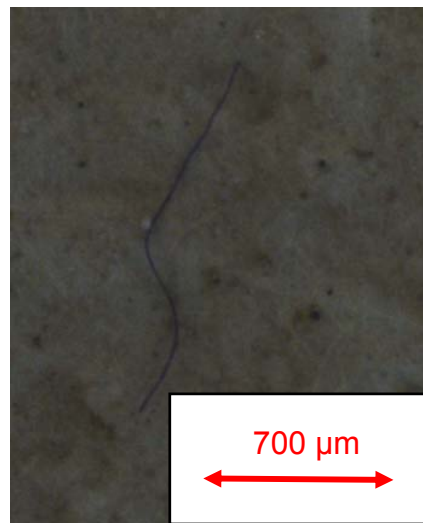
[1000 – 5000 μm]

Résultats

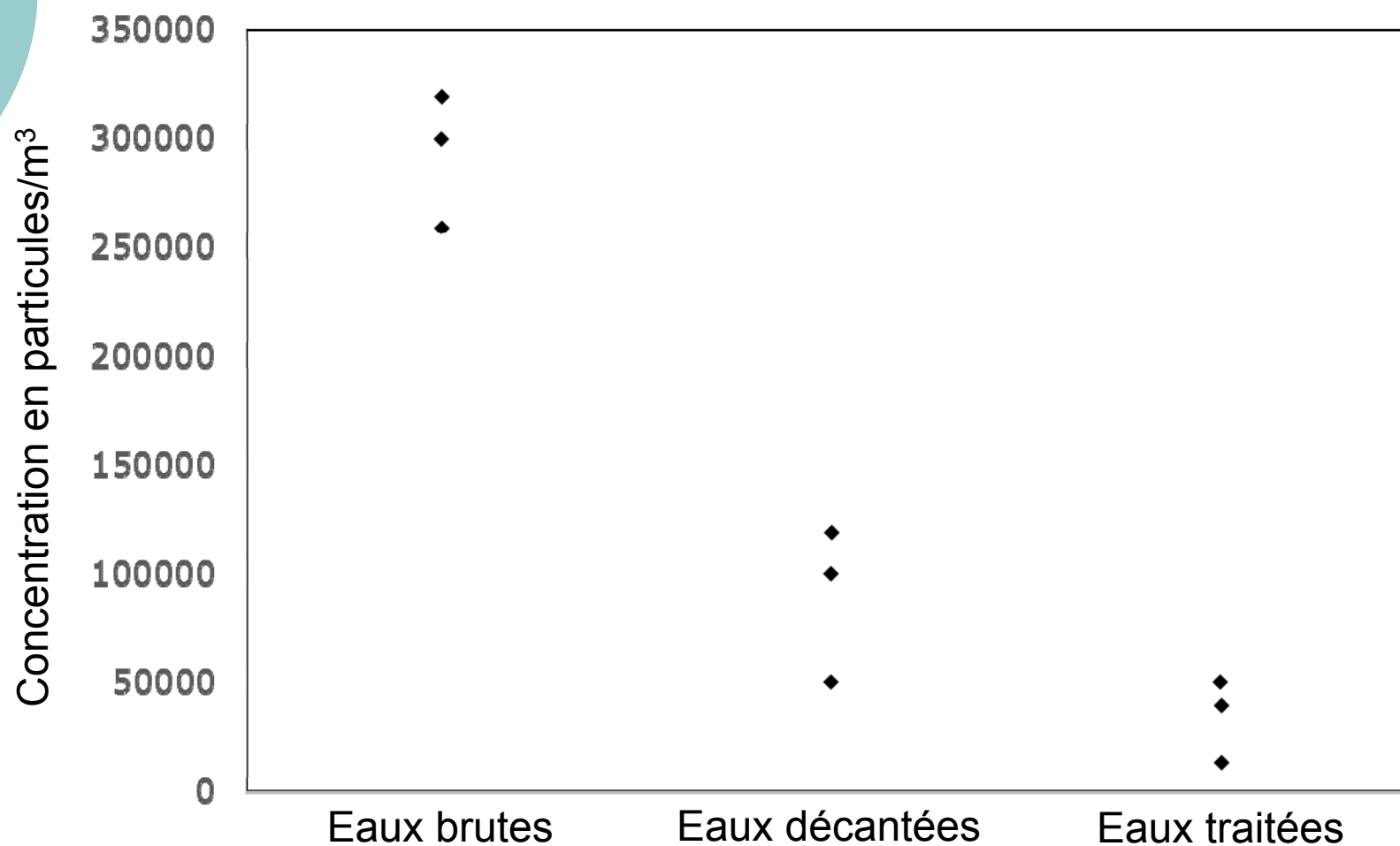
Fibres observées

Dans la littérature : sphérules 3D; fragments 2D; fibres 1D

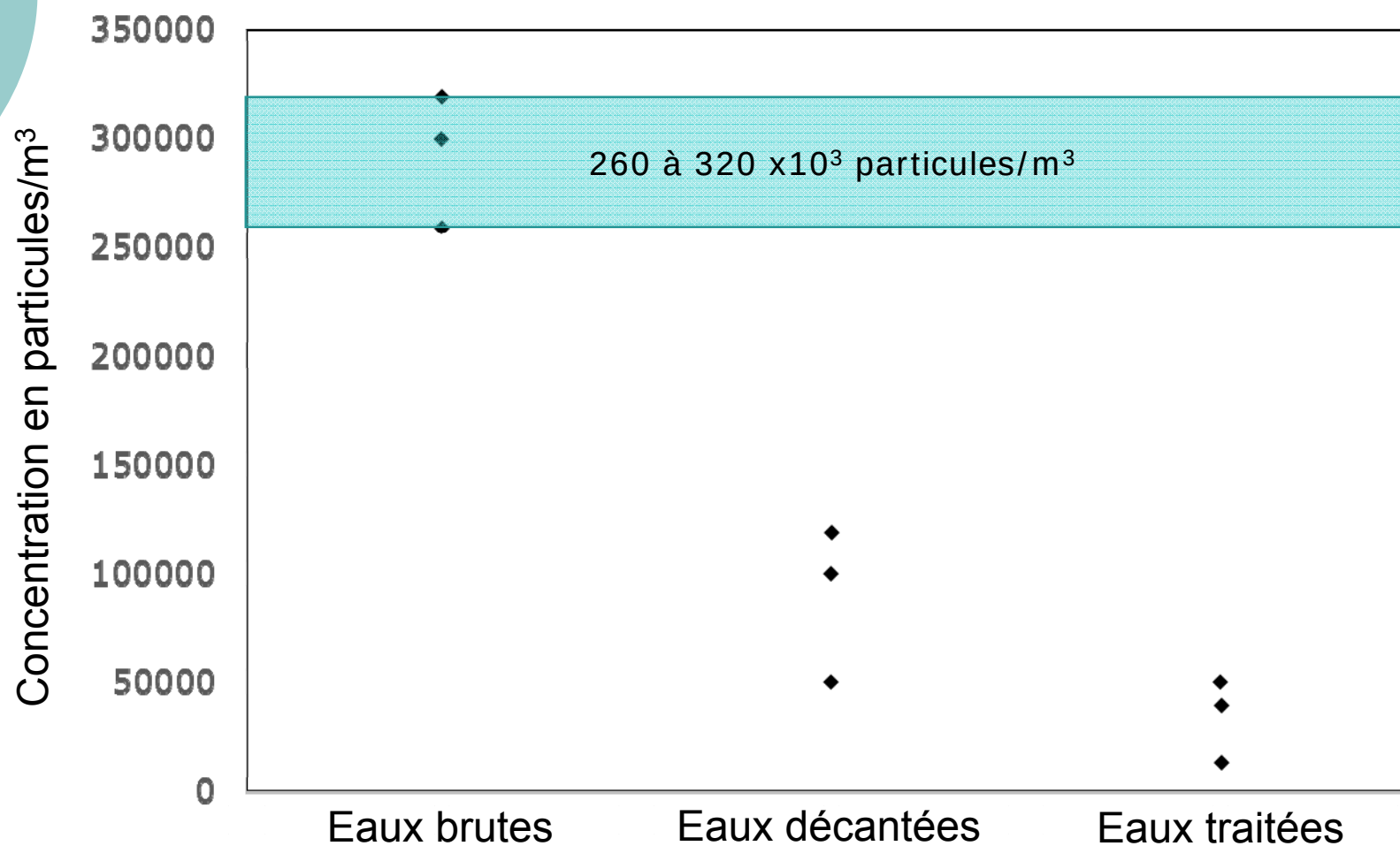
Dans les effluents urbains étudiés : fibres 1D exclusivement



Efficacité des filières de traitements



Efficacité des filières de traitements



Concentration en particules/m³

350000
300000
250000
200000
150000
100000
50000
0

260 à 320 x10³ particules/m³

50 à 120 x10³ particules/m³

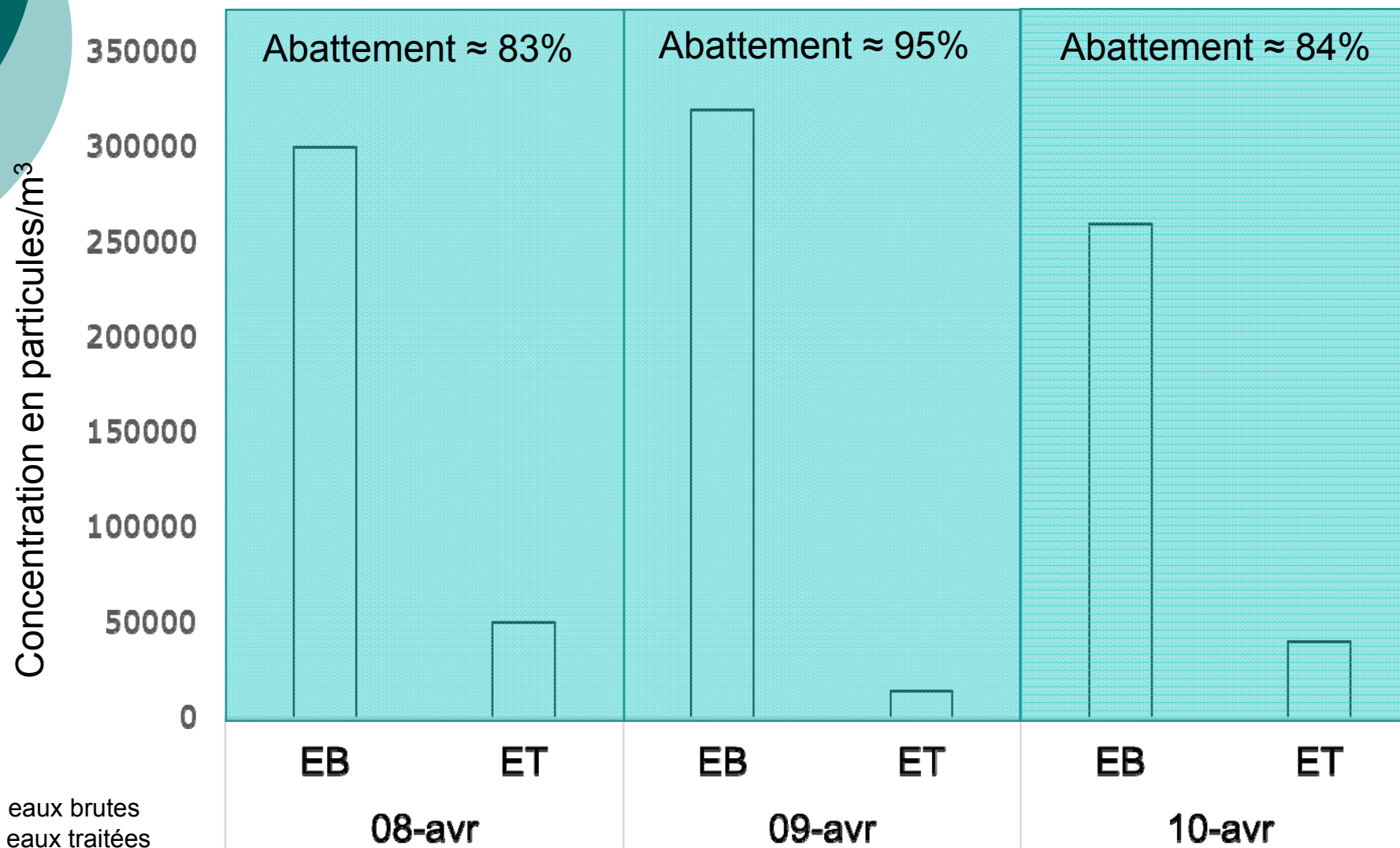
14 à 50 x10³ particules/m³

Eaux brutes Eaux décantées Eaux traitées

Type d'eau	Concentration (particules/m³)
Eaux brutes	260 000, 300 000, 320 000
Eaux décantées	50 000, 100 000, 120 000
Eaux traitées	10 000, 40 000, 50 000

Résultats

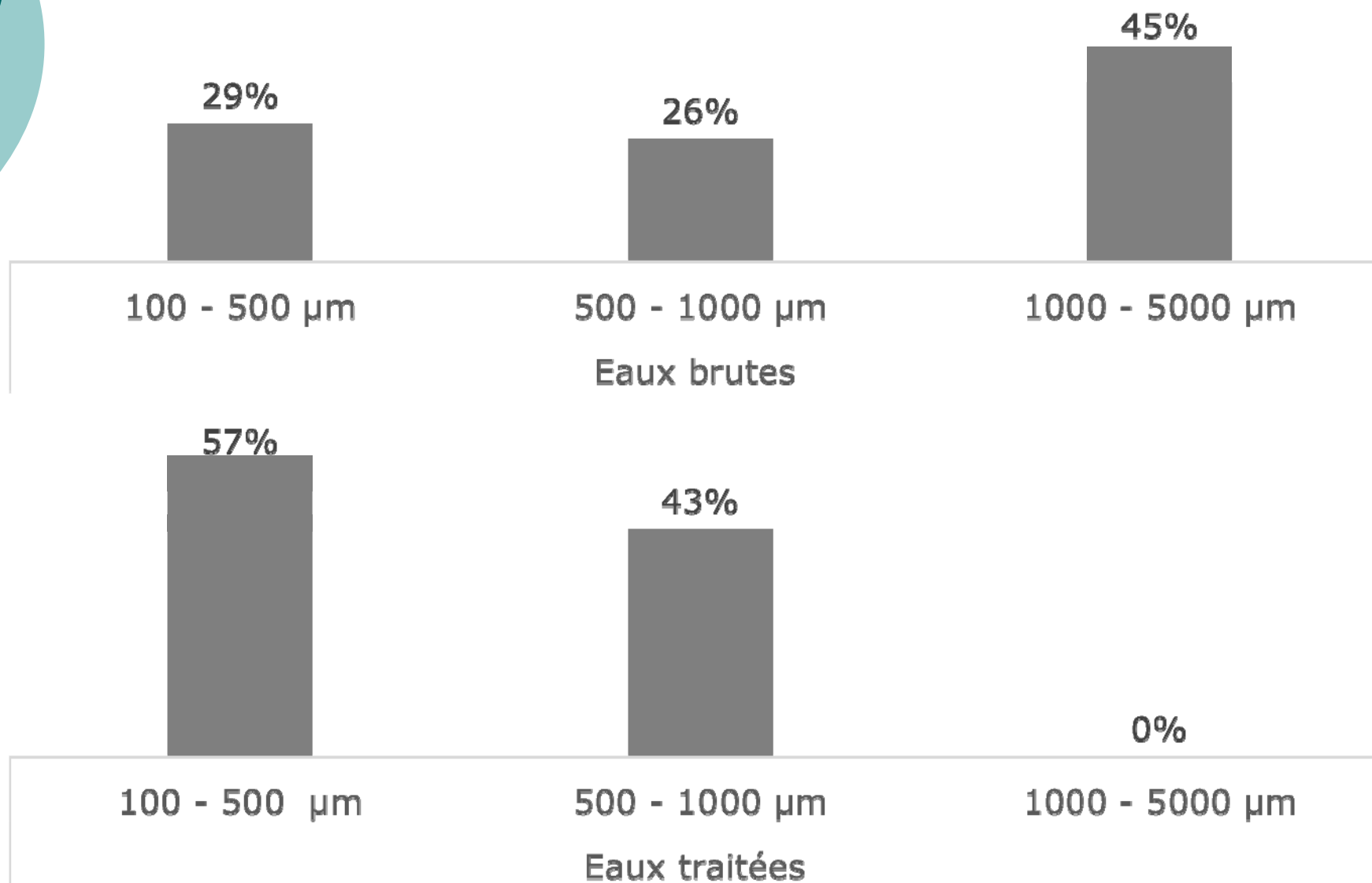
Efficacité des filières de traitements



Résultats

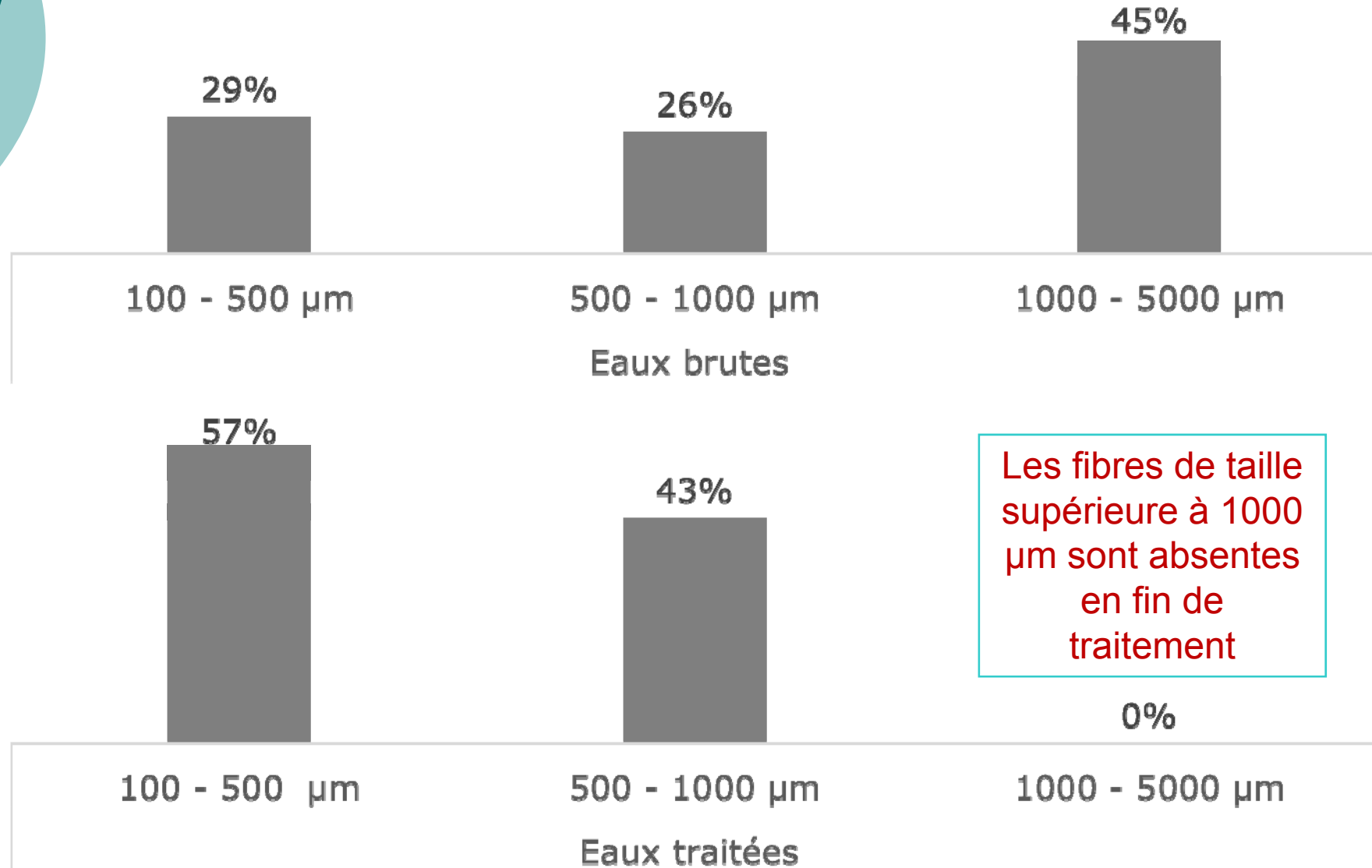


Effacité des filières de traitements



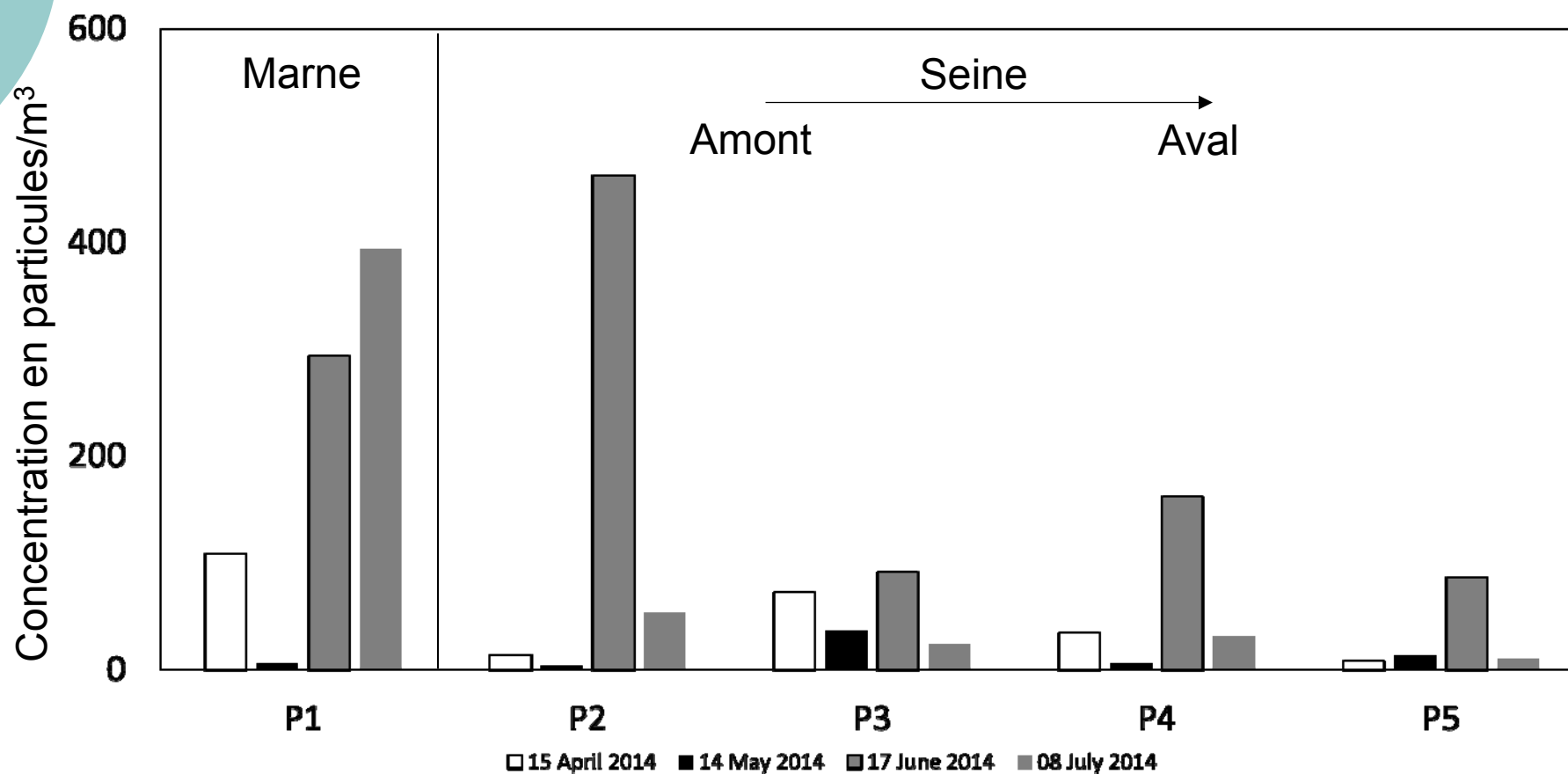
Résultats

Efficacité des filières de traitements



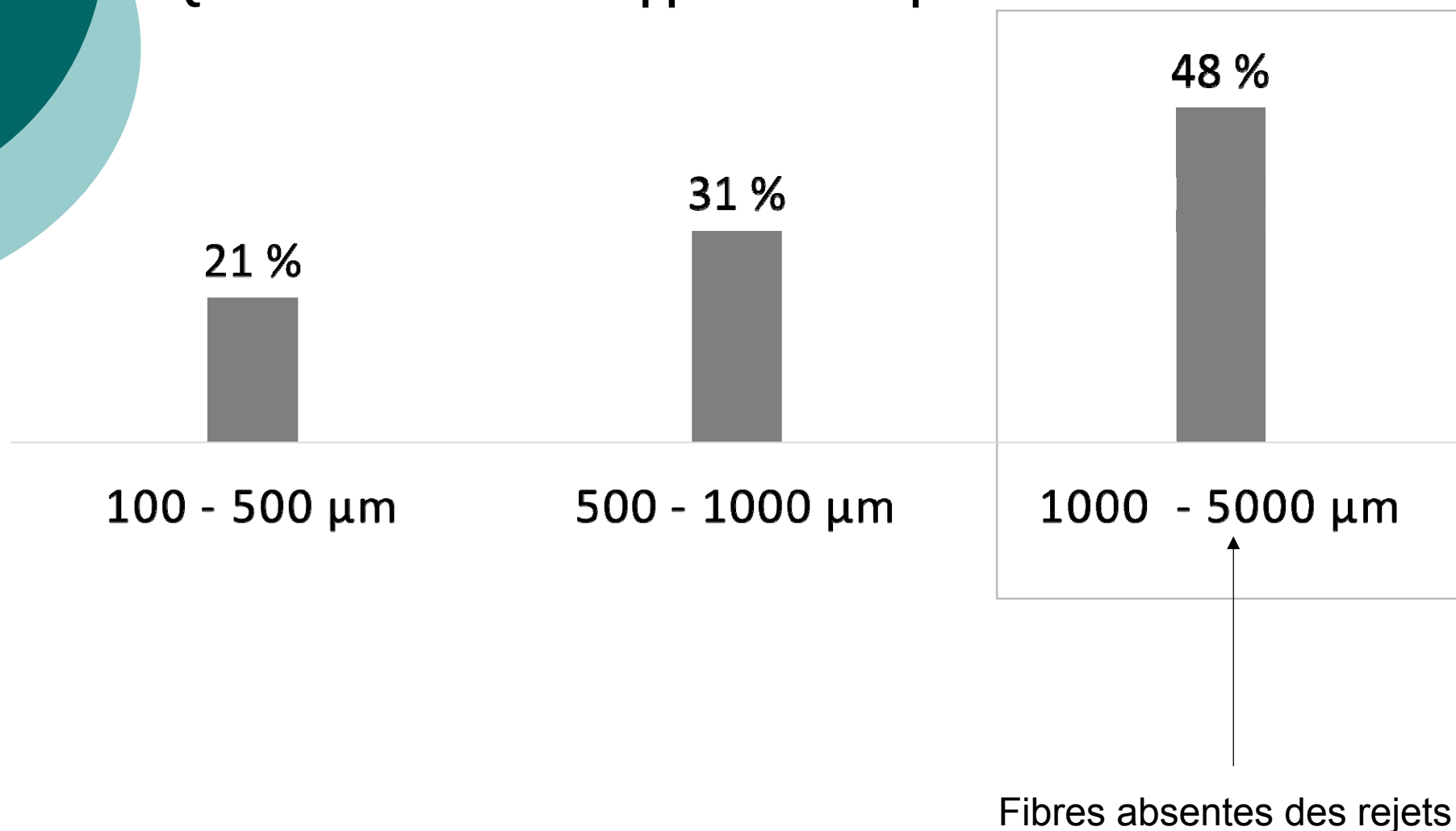
Résultats

Qualité des milieux – Approche filet plancton

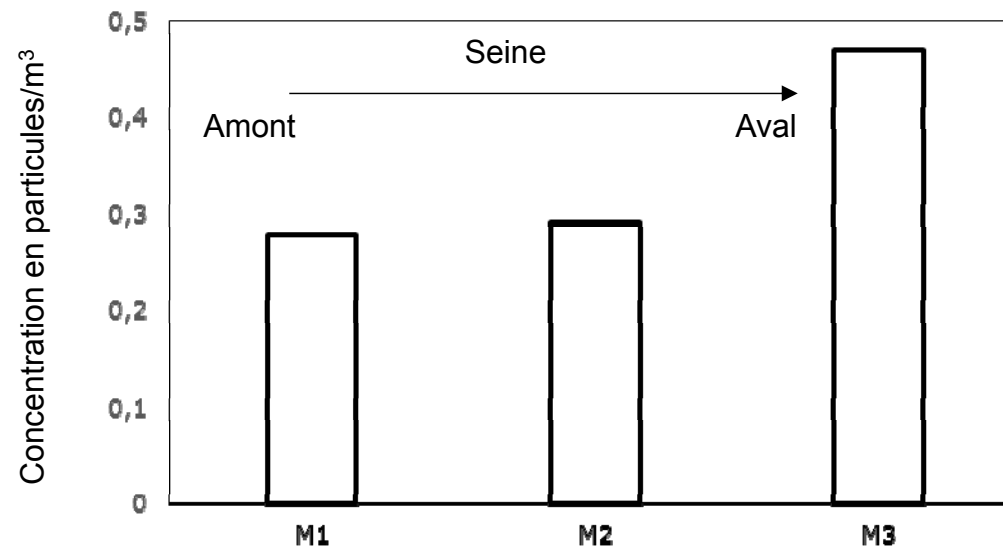


Résultats

Qualité des milieux – Approche filet plancton



Qualité des milieux – Approche Manta



45 % sous forme de fibres

75 % des fibres de taille millimétrique

Résultats

Qualité des milieux : comparaison des deux approches

	Filet Manta	Filet à plancton
Maillage (μm)	330	80
Volumes prélevés (L)	182 000 – 200 000	450 – 2 000
Concentrations (particules/ m^3) [Moyenne]	0,35	91
Concentrations (particules/ m^3) [Min – Max]	0,28 – 0,45	2 - 462
Forme des microplastiques	55% de fragments et sphérules – quelques macroplastiques	Fibres uniquement
=> Méthodes complémentaires		

Autres sources ?

Retombées atmosphériques

- 83 particules/m²/j
- 50% des fibres de taille millimétrique

Dégradation des macroplastiques

- Estimation de 27 tonnes de macroplastiques retenus par les barrages flottants





Conclusions et perspectives

Conclusions

Effluents urbains riches en fibres

Concentrations très élevées dans les eaux usées brutes

Bon abattement mais concentrations élevées en sortie

Abattement élevés pour les fibres longues ($> 1000 \mu\text{m}$)

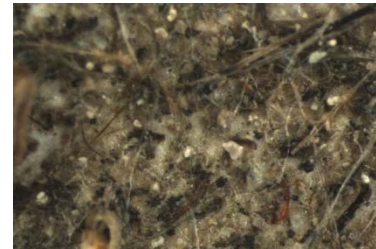
Approches complémentaires pour les eaux de surface

Conclusions et perspectives

Perspectives

Digestion enzymatique

La matière organique gêne l'observation



Echantillon de Seine



Echantillon de rejet

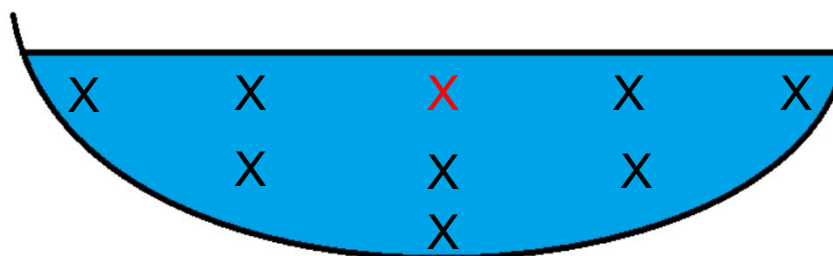


SDS => Lipase, Protéase, Amylase => H₂O₂

Perspectives

Représentativité de l'échantillonnage

La concentration est elle homogène sur toute la section ?



La proportion dans les sédiments est elle négligeable?

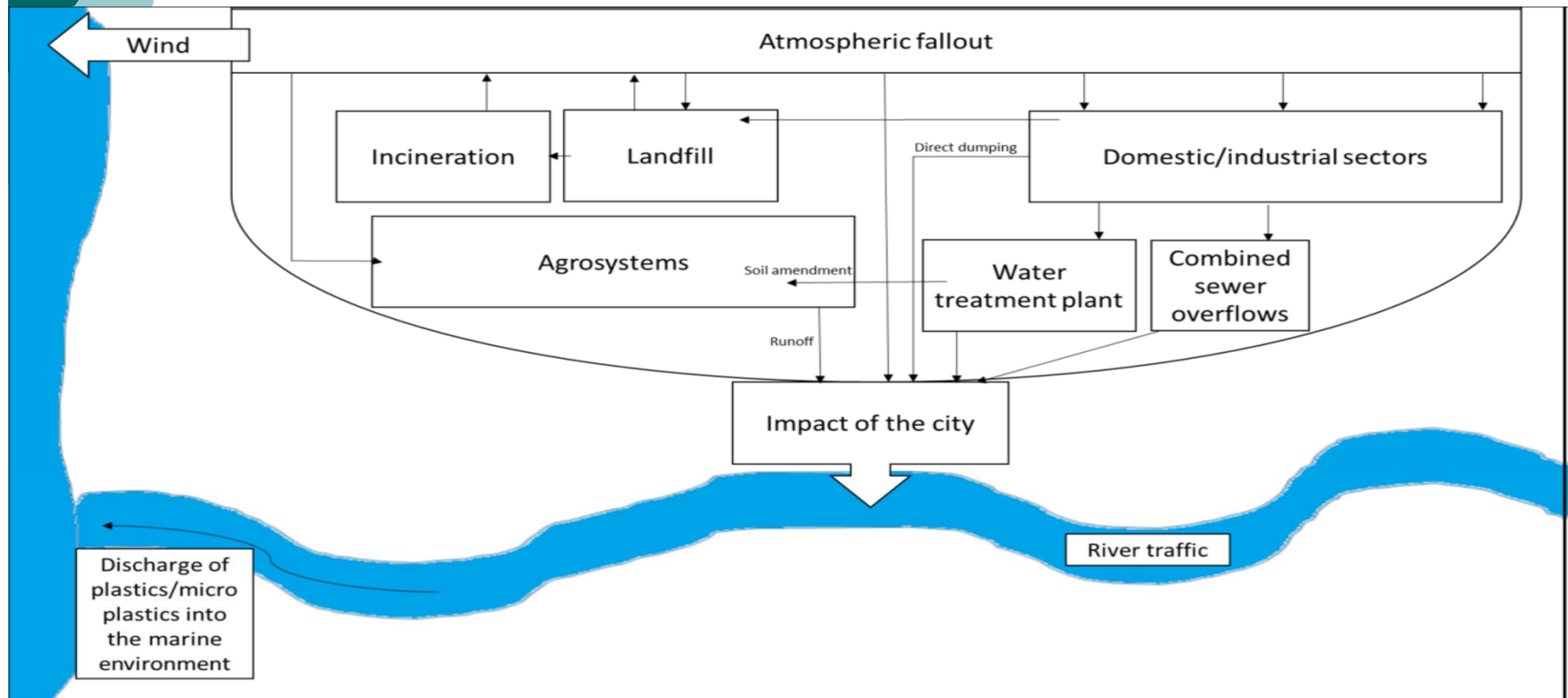
Polyester : 1,38 -1,40 g/cm³

Polyamide : 1,00 -1,20 g/cm³

Polyéthylène : 0,90 - 0,95 g/cm³

Conclusions et perspectives

Perspectives



Premier aperçu simplifié d'un cycle complexe

MERCI POUR VOTRE ATTENTION



Rachid Dris, Johnny Gasperi, Vincent Rocher, Bruno Tassin

Remerciements :

Anne Chabas du LISA

Ceux qui ont participé aux campagnes : Céline Briand, Erwan Garcia Gonzalez, Julien Pouillaude, Anthony Augé, Tiffany Bonin, Nicolas Renault...