



## Partie 2 – Quelle amélioration de l'élimination des micropolluants et à quel prix grâce aux traitements complémentaires ?





# Occurrence et variabilité des concentrations en entrée et sortie de traitements complémentaires

H. Budzinski

**Irstea** : J.M. Choubert, M. Coquery, L. Dherret, C. Miège, A. Roussel-Galle

**Suez Environnement** : S. Baig, S. Besnault, M. Esperanza, S. Martin, N. Noyon.

**Université Bordeaux** : H. Budzinski, K. Le Menach, N. Tapie.





# Contexte

**Développement des activités humaines  
= milliers de substances chimiques libérées dans  
l'environnement**



➤ **La production mondiale de substances chimiques est passée  
d'1 million de tonnes en 1930 à 400 millions aujourd'hui**



➤ **60 000 substances sont communément utilisées**



➤ **95 % contiennent au moins 1 atome de C (composés organiques)**

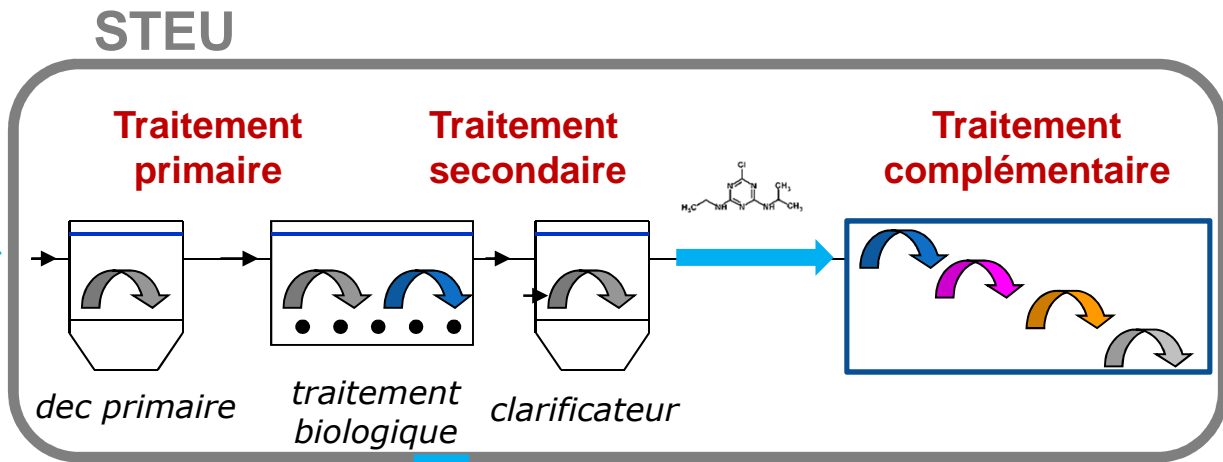




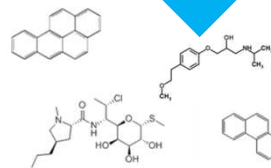
# Contexte



AMPERES  
(2006-2009)



## Filière boues



- biodégradation
- oxydation
- filtration
- adsorption



# Objectif de l'action

- Evaluation de procédés complémentaires pour l'élimination de micropolluants réfractaires présents en sortie de STEU :
  - ✓ Fossé (+lagune) } **ZRV**
  - ✓ Charbon actif
  - ✓ Matériaux alternatifs au charbon actif (argile, zéolite) } **CA+A**
  - ✓ Ozonation
  - ✓ Procédés d'oxydation avancée (O<sub>3</sub>/UV, O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) } **POA**



# Procédés évalués

- Différentes filières amont (4 sites) :
  - Boue activée + Filtre à sable (FAS) + Ozone (O<sub>3</sub>) pour la désinfection
  - Lit d'infiltration-percolation
  - Bioréacteur à membrane (BRM)
  - Boues activées aération prolongée
- Procédés à échelle pilote (5 pilotes) :
  - Adsorption sur charbon actif en grain (CAG) à deux temps de séjour différents
  - Procédés d'oxydation avancée (POA)
  - Filtres avec matériaux adsorbants (argile et zéolite)
- Procédés à échelle réelle (1 site) :
  - Fossé





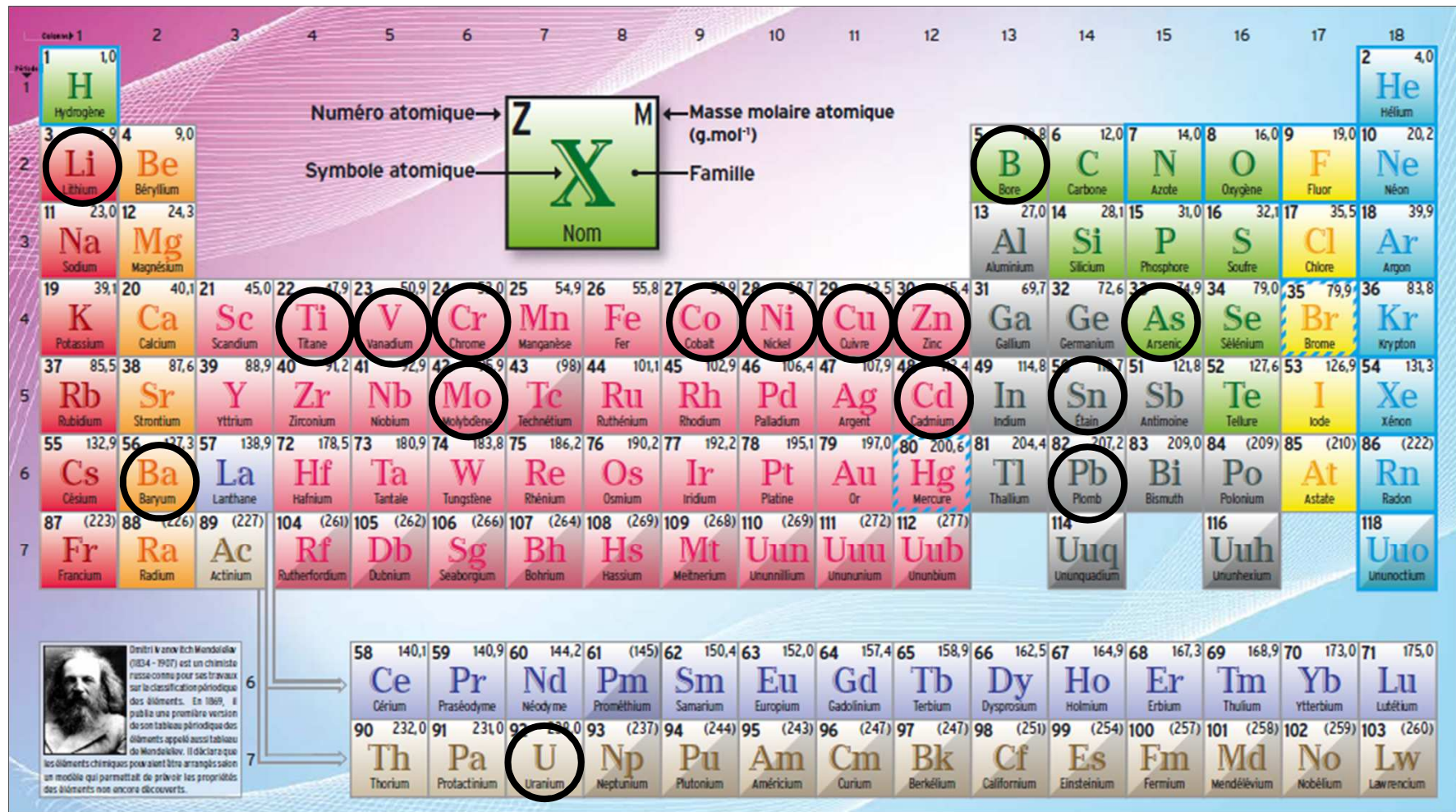


# Micropolluants analysés

- Micropolluants choisis en fonction:
    - ✓ de l'occurrence dans les eaux traitées
    - ✓ des propriétés physico-chimiques: *hydrophiles non biodégradables*
    - ✓ de leur toxicité et de la législation (DCE)
    - ✓ de leur limite de quantification (LQ) et de la disponibilité d'une méthode analytique fiable
- 
- ➔ 65 molécules et éléments analysés dans la phase dissoute
  - ➔ 32 échantillons d'entrée analysés
  - ➔ 49 échantillons de sorties analysés

- Métaux (16)

- Analyse par ICP-MS, LQ : 10 à 2000 ng.L<sup>-1</sup>

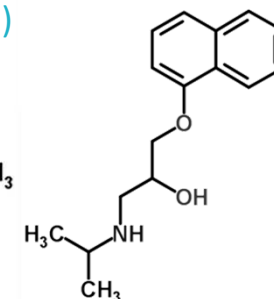
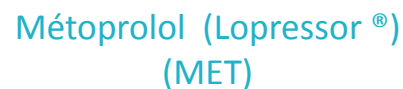
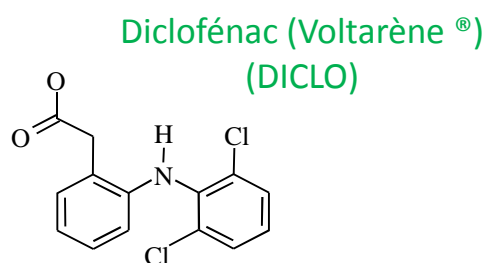
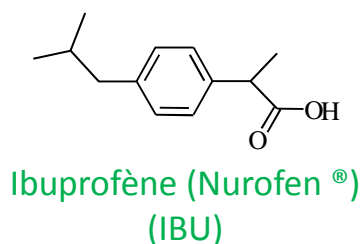




# • Médicaments (18)

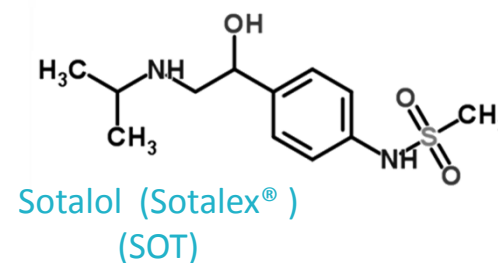
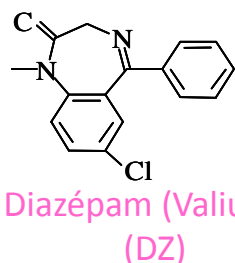
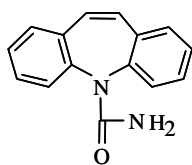
➤ Extraction SPE, analyse HPLC/MS/MS, LQ : 0,5 à 280 ng.L<sup>-1</sup>

## Anti Inflammatoires Non Stéroïdiens (2)



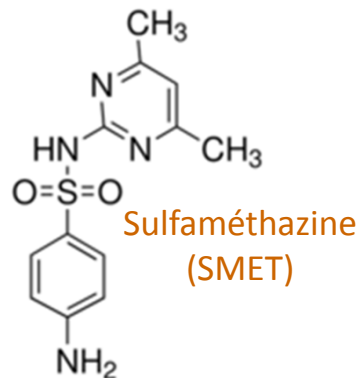
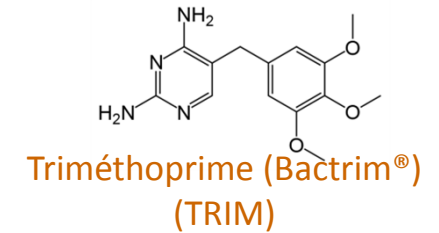
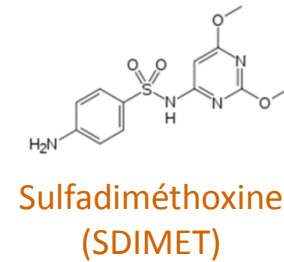
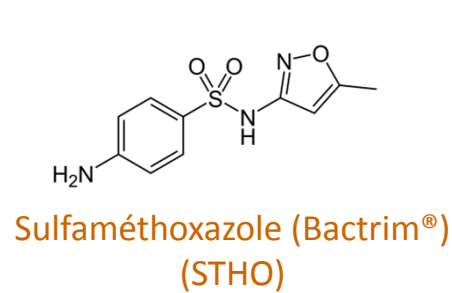
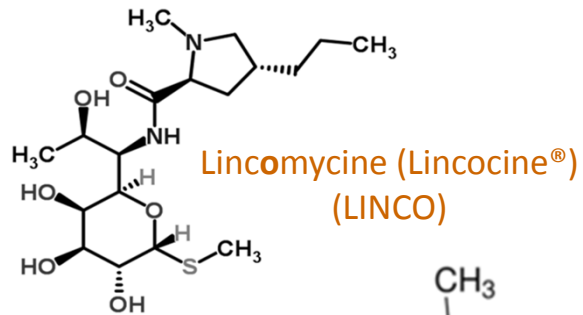
## Bétabloquants (4)

## Anxiolytiques/Antidépresseurs (2)

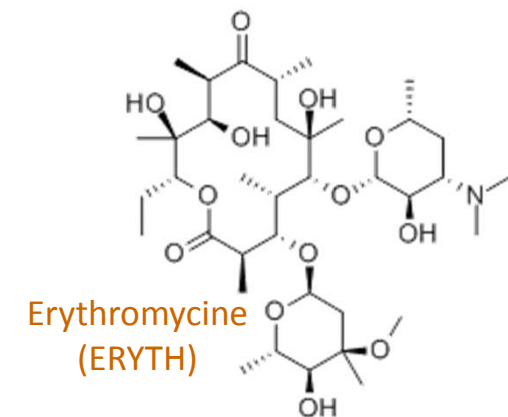
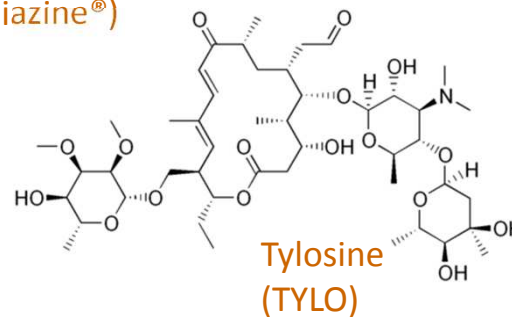
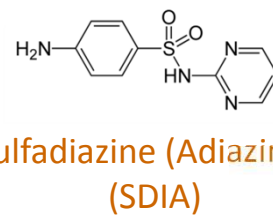
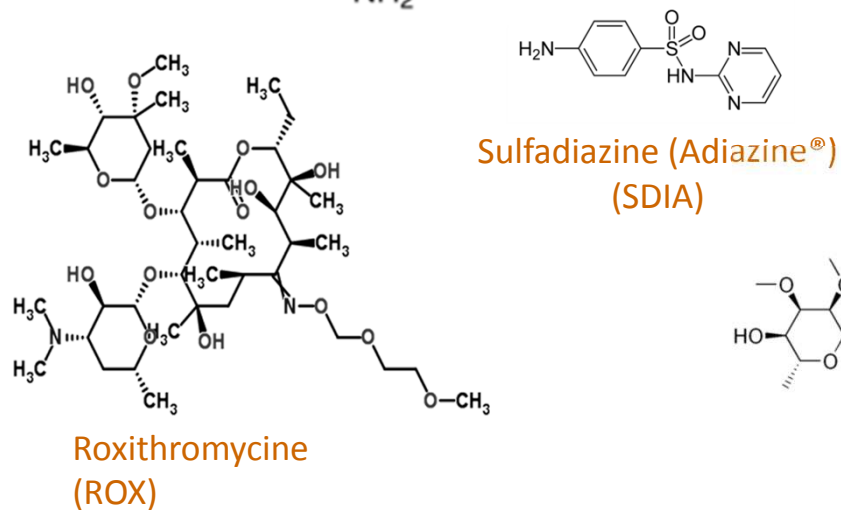
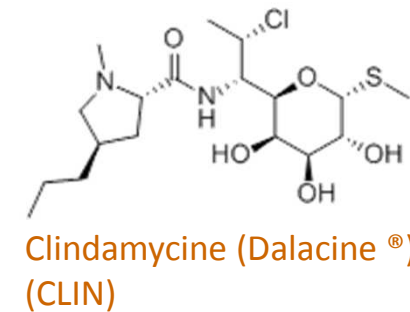


# • Médicaments (18)

➤ Extraction SPE, analyse HPLC/MS/MS, LQ : 0,5 à 280 ng.L<sup>-1</sup>

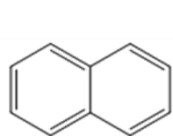


## Antibiotiques (10)

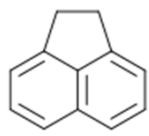


# • HAP (19)

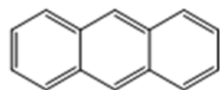
➤ Extraction SPME, analyse GC/MS, LQ : 0,5 à 1 ng.L<sup>-1</sup>



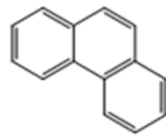
Naphtalène  
(N)



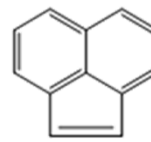
Acénaphtène  
(Acé)



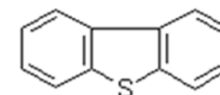
Anthracène  
(An)



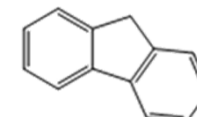
Phénanthrène  
(Phe)



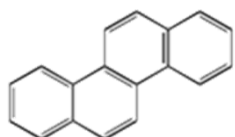
Acénaphtylène  
(Acy)



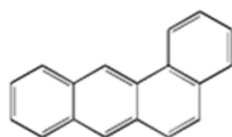
Dibenzothiophène  
(DBT)



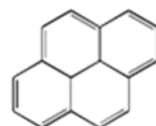
Fluorène  
(Fluoren)



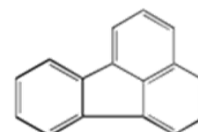
Chrysène  
(Chrys + Triph)



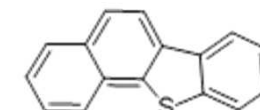
Benzo(a)anthracène  
(BaA)



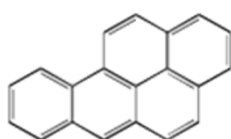
Pyrène  
(Pyr)



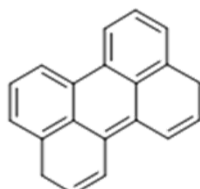
Fluoranthène  
(Fluo)



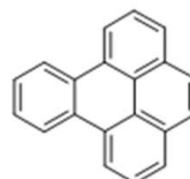
Benzo(b)naphtho(2,1-D)thiophène  
(2,1 BNT)



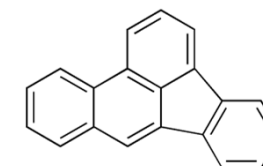
Benzo(a)pyrène  
(BaP)



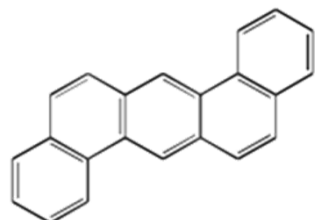
Pérylène  
(Per)



Benzo(e)pyrène  
(BeP)



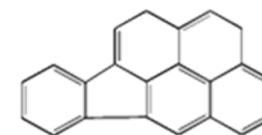
Benzo (b+j+k)fluoranthène  
(BbF+BkF+BJF)



Dibenzo(a,h + a,c)anthracène  
(DacA+DahA)



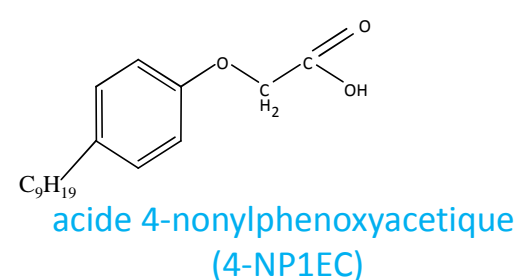
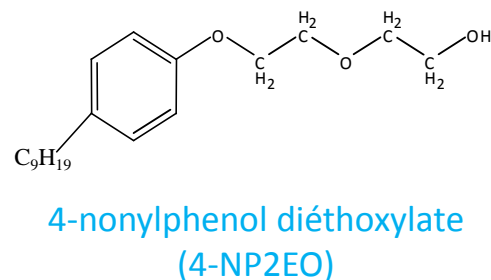
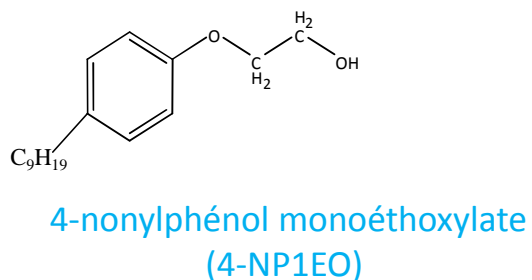
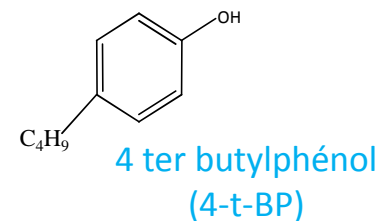
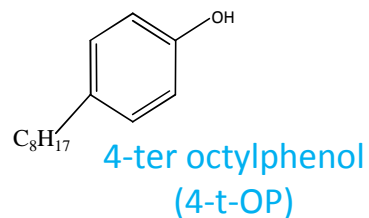
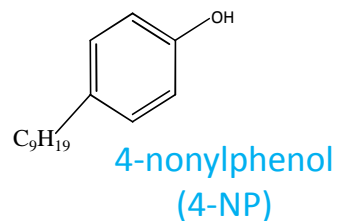
Benzo(ghi)perylène  
(BP)



Indéno(1,2,3-cd)pyrène  
(ID)

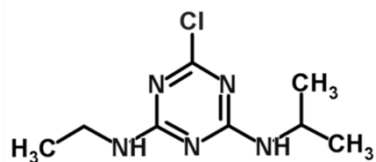
## • Alkylphénols (6)

- Extraction SPE ou SPME, analyse HPLC/MS/MS et GC/MS, LQ 3 à 10 ng.L<sup>-1</sup>

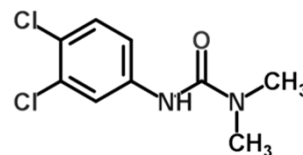


- Pesticides (6)

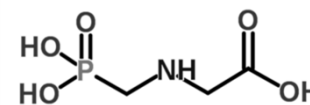
- Extraction SPE ou Dérivation, analyse par HPLC/MS/MS, LQ 5 à 100 ng.L<sup>-1</sup>



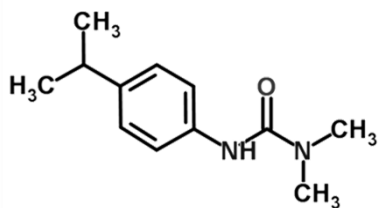
Atrazine  
(ATRA)



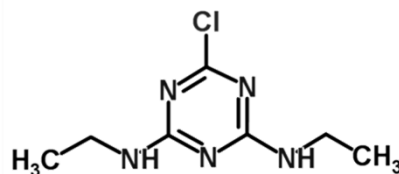
Diuron  
(DIU)



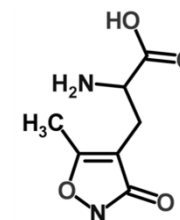
Glyphosate  
(GLY)



Isoproturon  
(ISOP)



Simazine  
(SIM)



Acide aminométhylphosphonique  
(AMPA)





# Résultats obtenus

Comparaison des concentrations entrée/sortie  
des traitements complémentaires

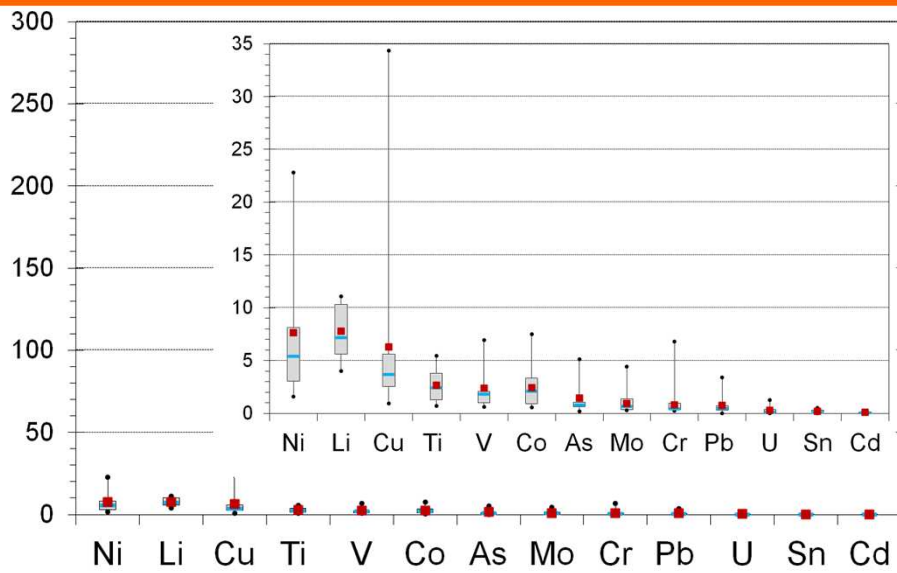
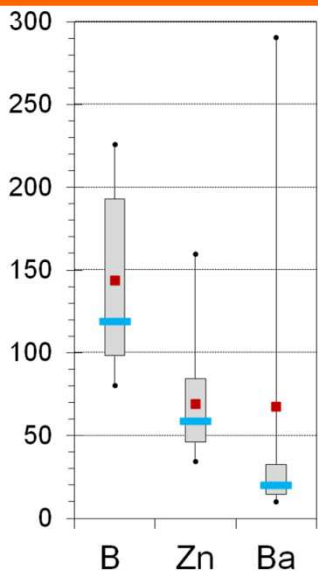
# Résultats obtenus

---

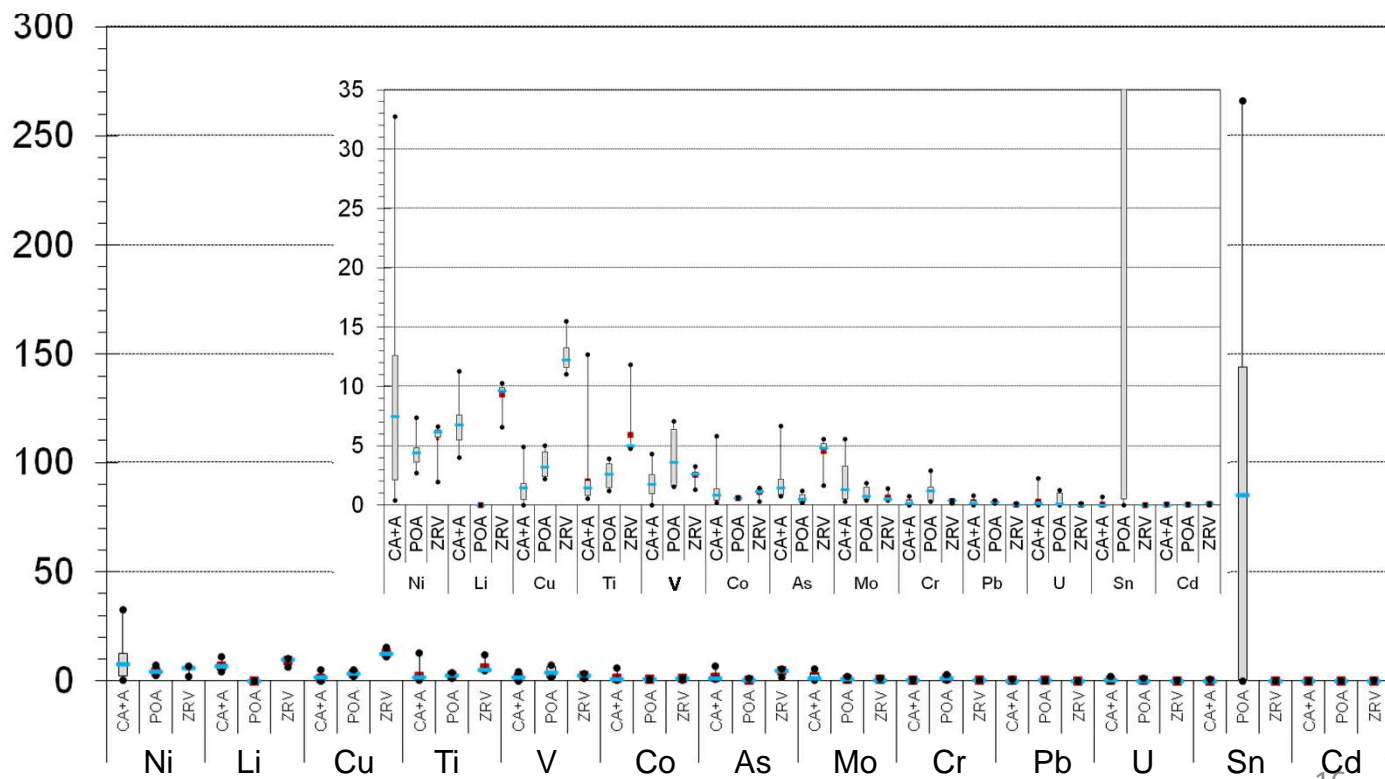
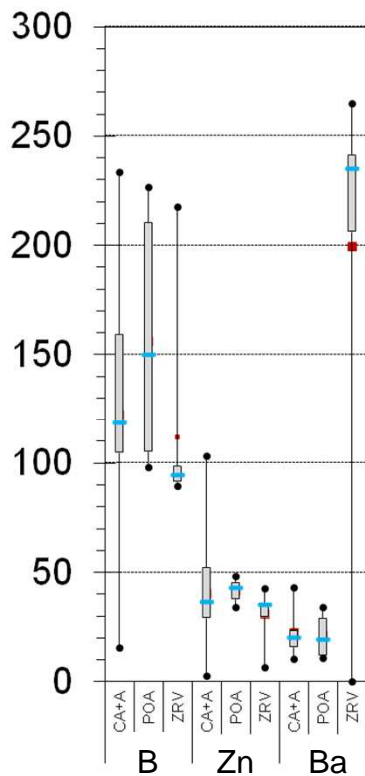
- **En entrée de traitements complémentaires,**  
sur 49 molécules organiques et 16 métaux ciblés (n≈30) :
  - ✓ 16 métaux toujours quantifiés
  - ✓ 40 molécules organiques toujours quantifiées
  
- **En sortie de traitements complémentaires:**
  - ✓ 16 métaux retrouvés dans toutes les eaux traitées
  - ✓ CA + A : 7 molécules éliminées sur 40 (n=23)
  - ✓ POA : 7 molécules éliminées sur 35 (n=16)
  - ✓ ZRV : 2 molécules éliminées sur 34 (n=7)

# Métaux ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )

Entrée

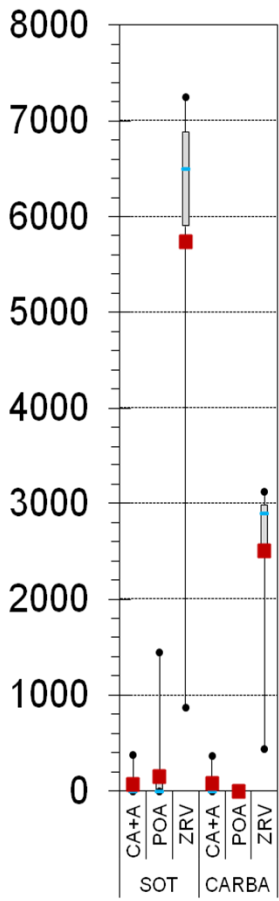


Sortie

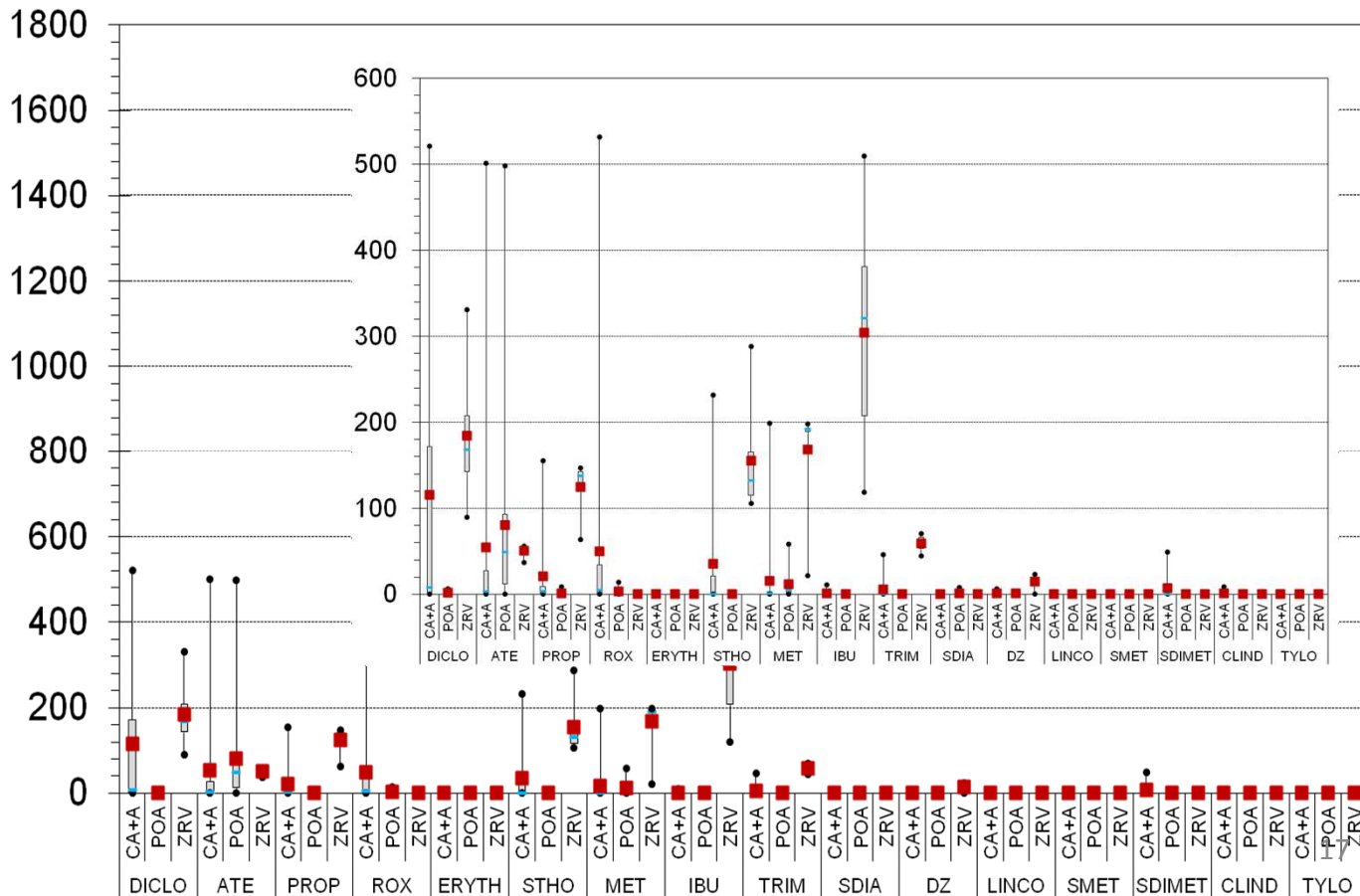
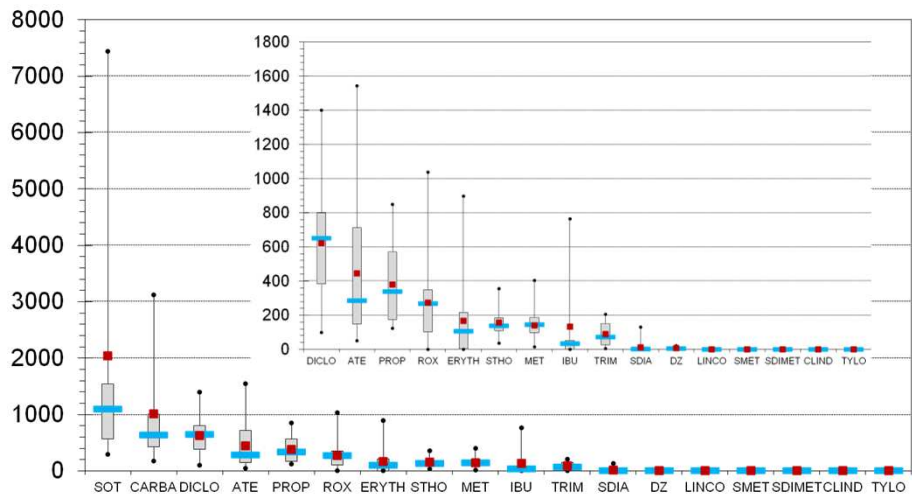


# Médicaments (ng.L<sup>-1</sup>)

## Sortie

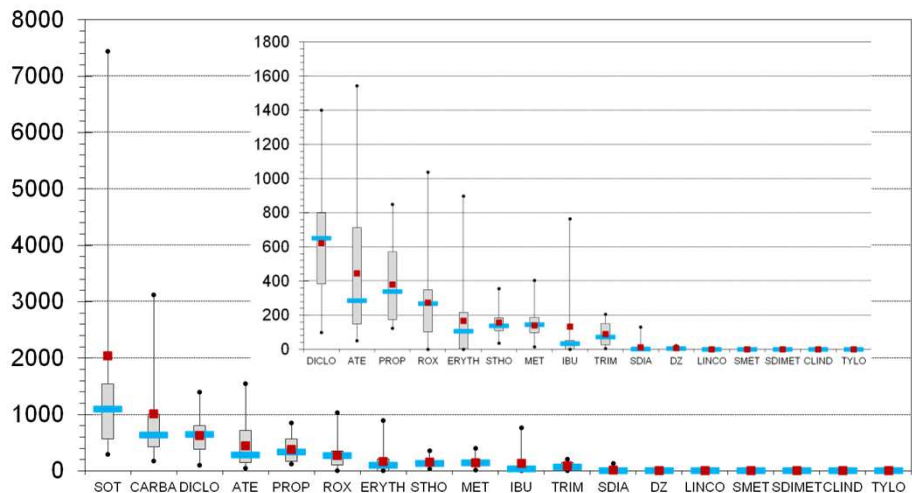


## Entrée

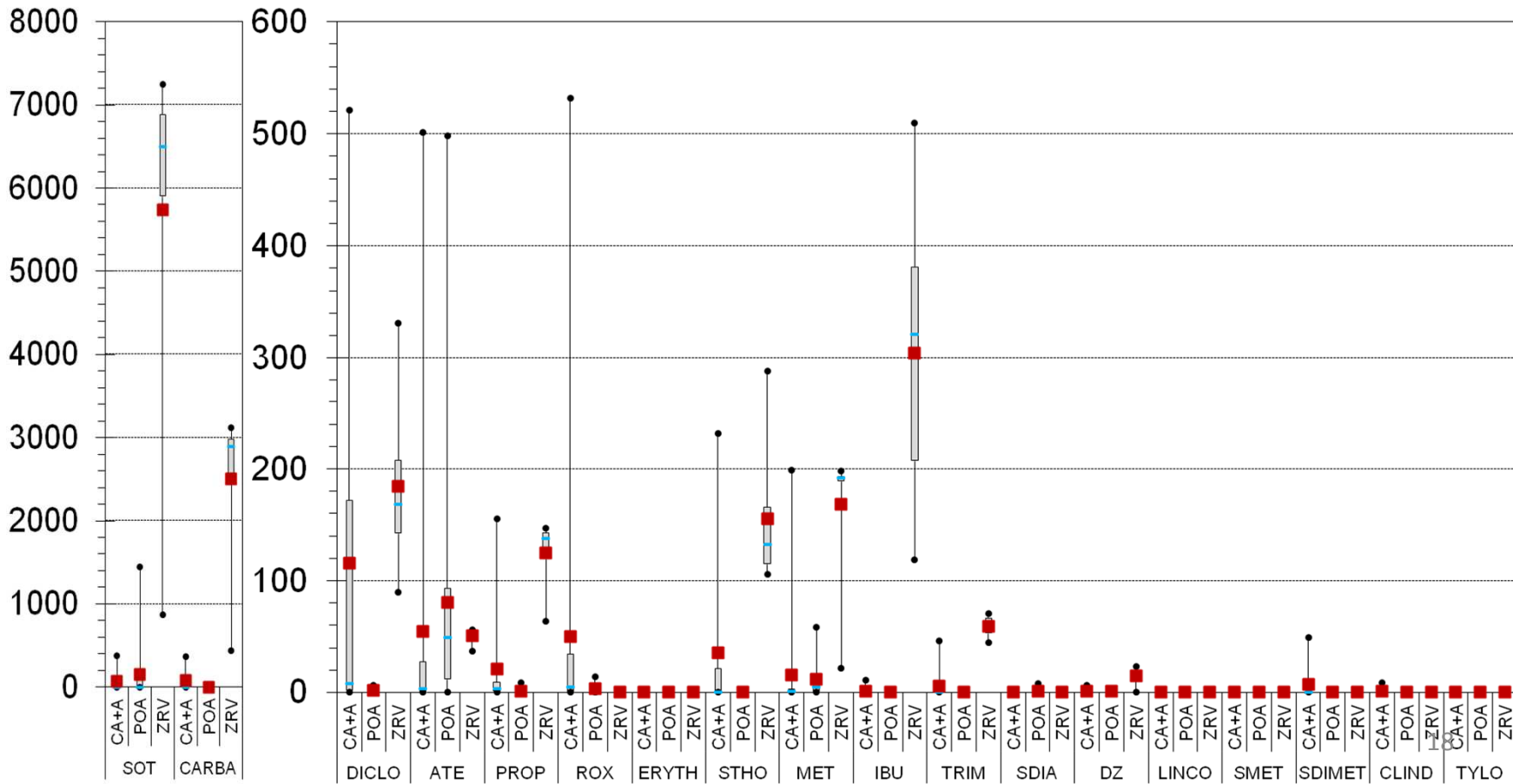


# Médicaments (ng.L<sup>-1</sup>)

## Entrée



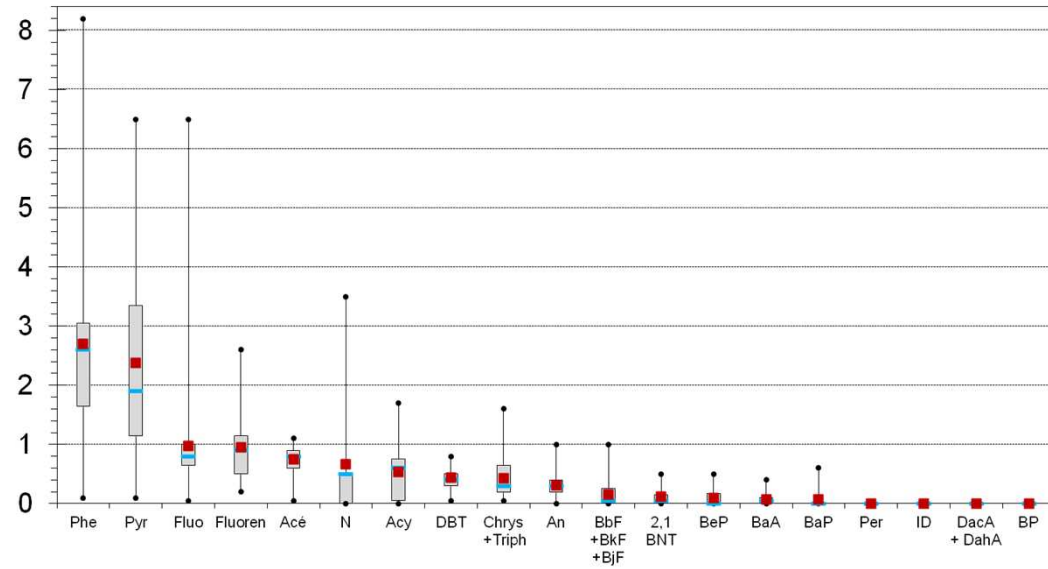
## Sortie



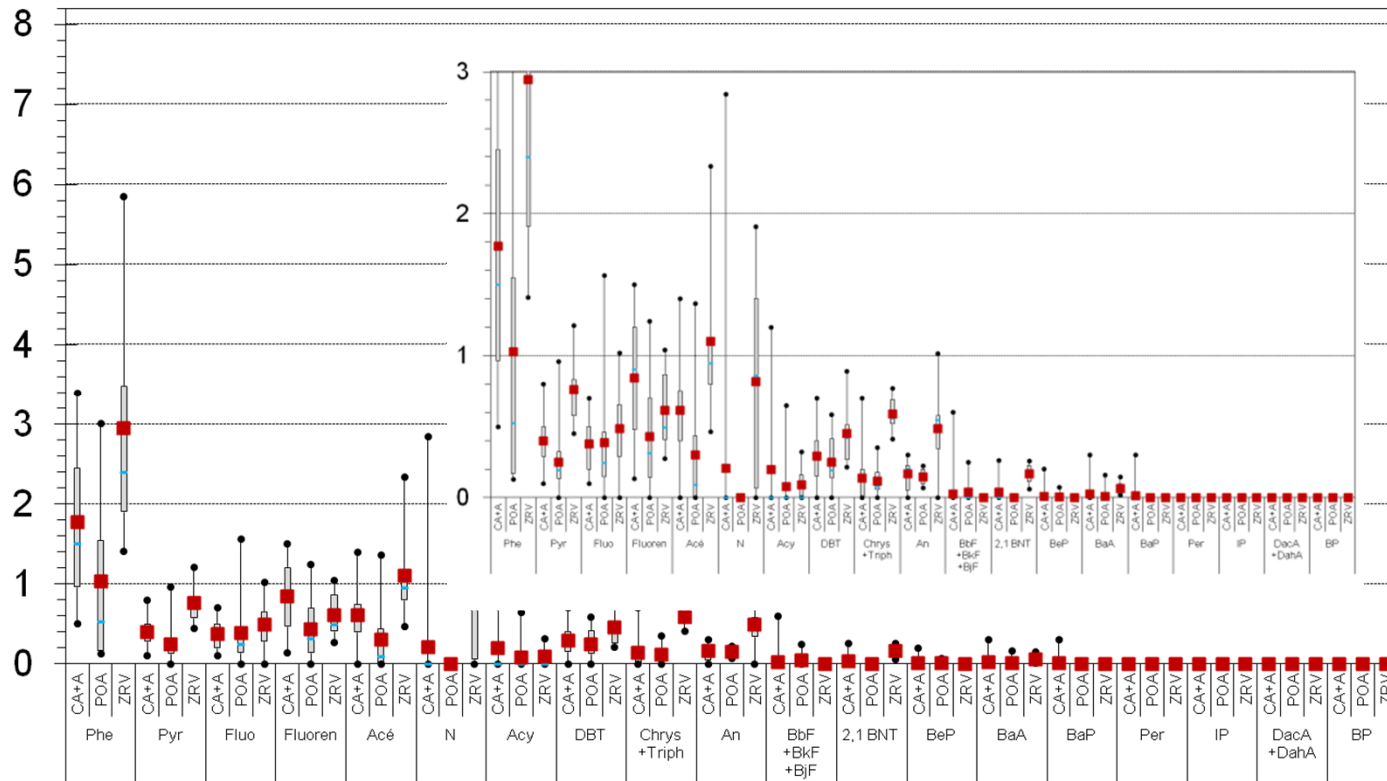


# HAP (ng.L<sup>-1</sup>)

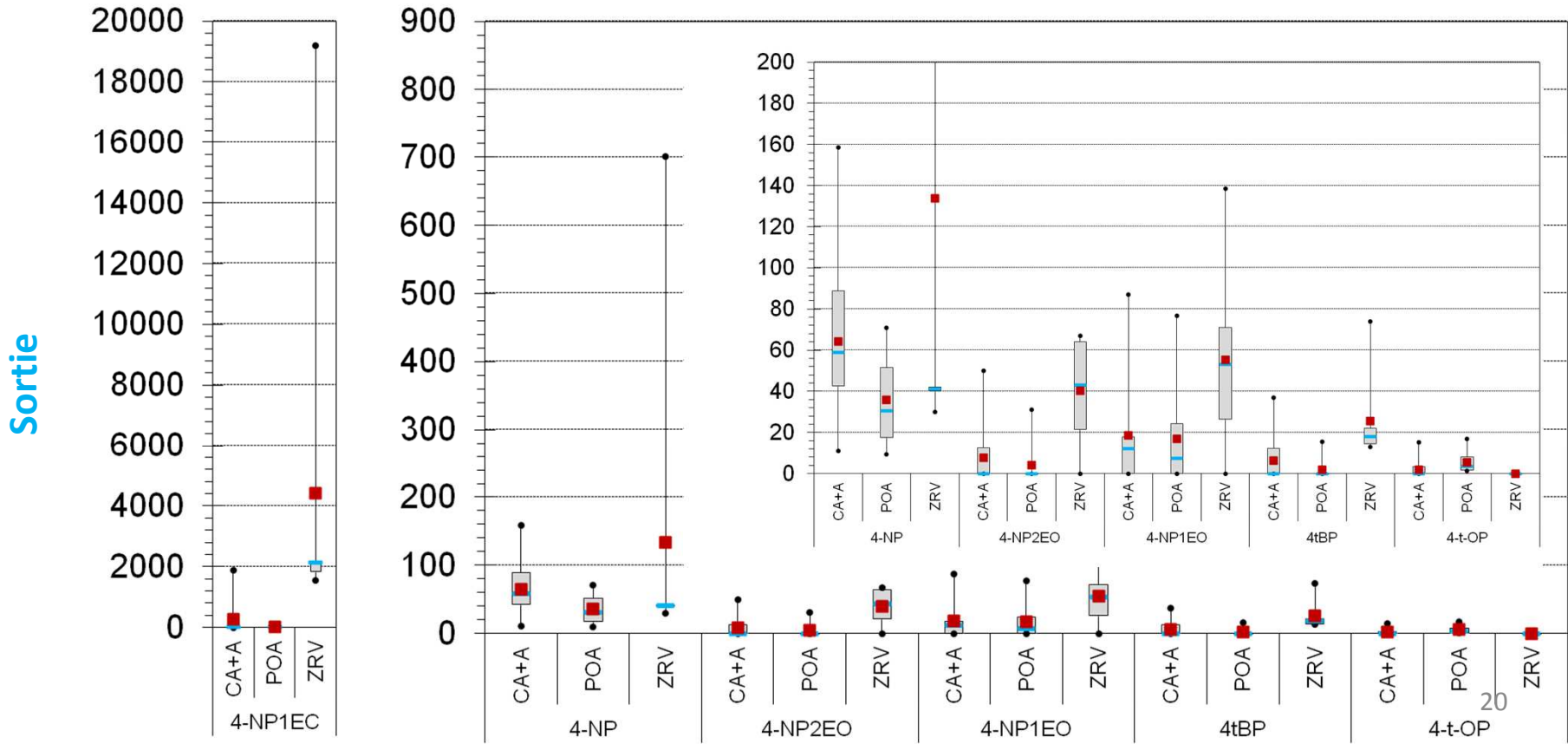
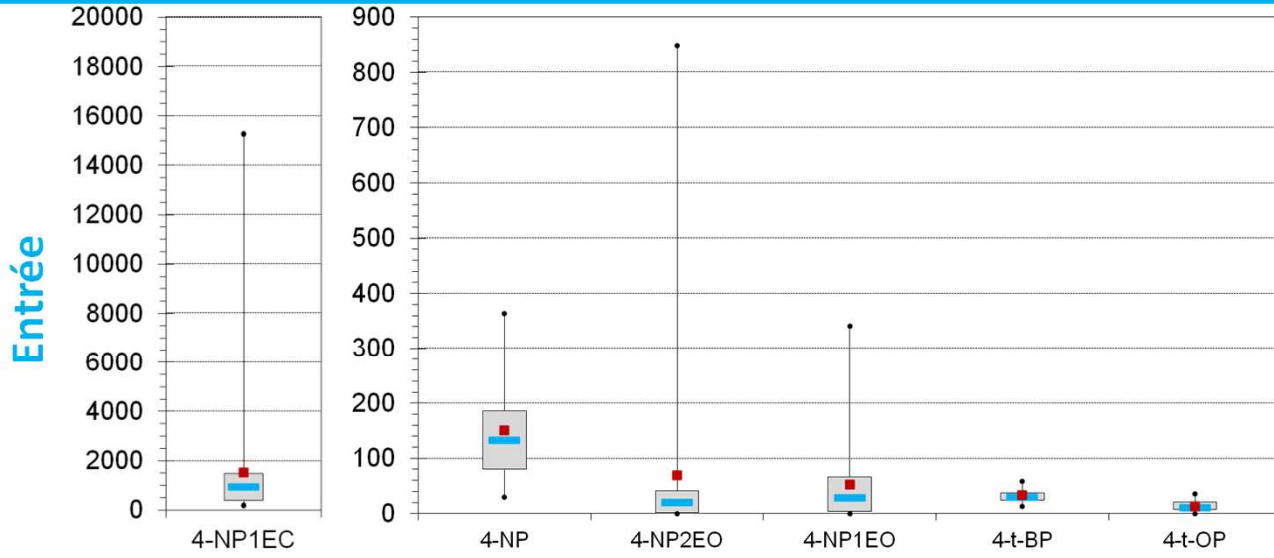
## Entrée



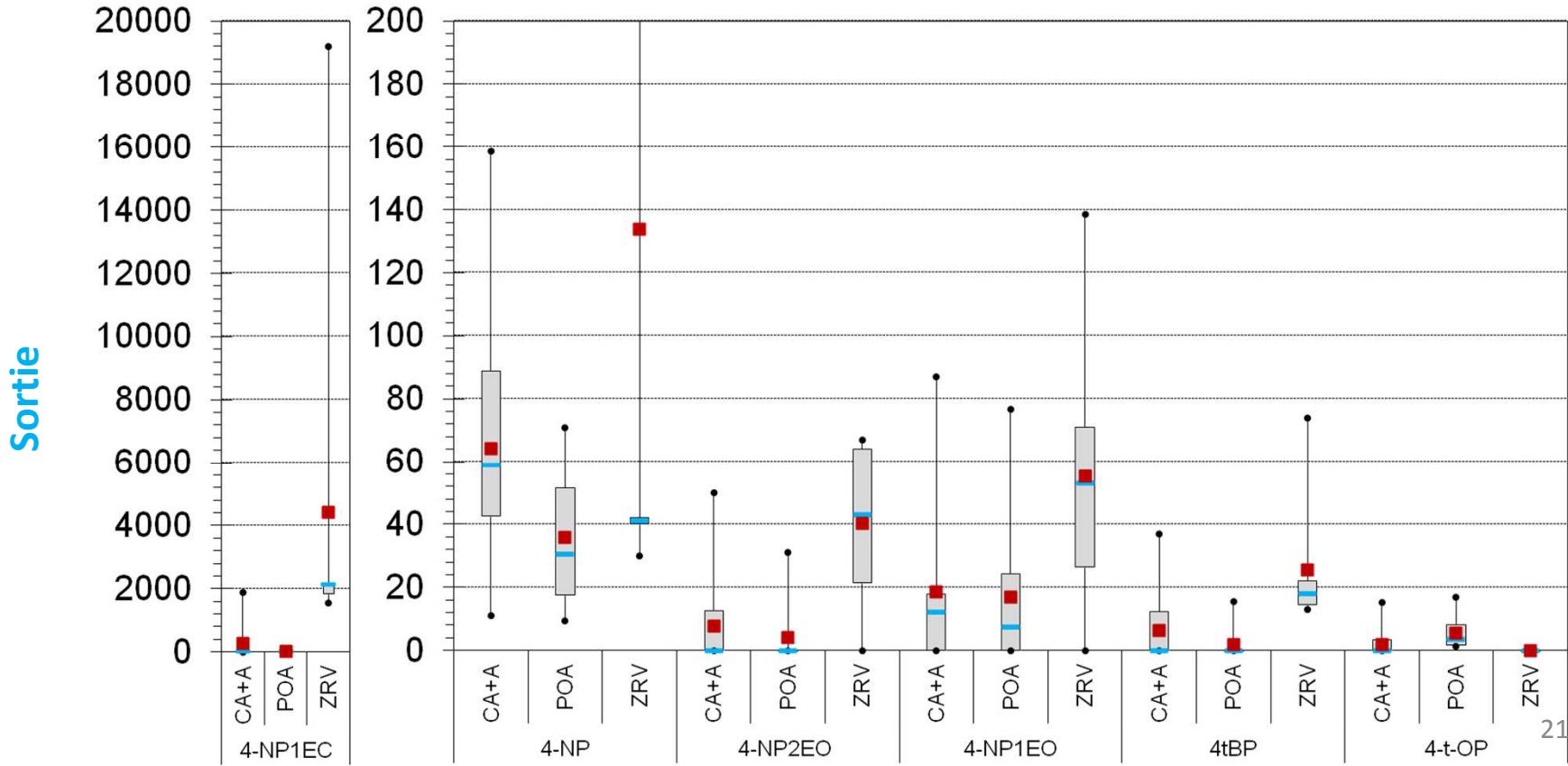
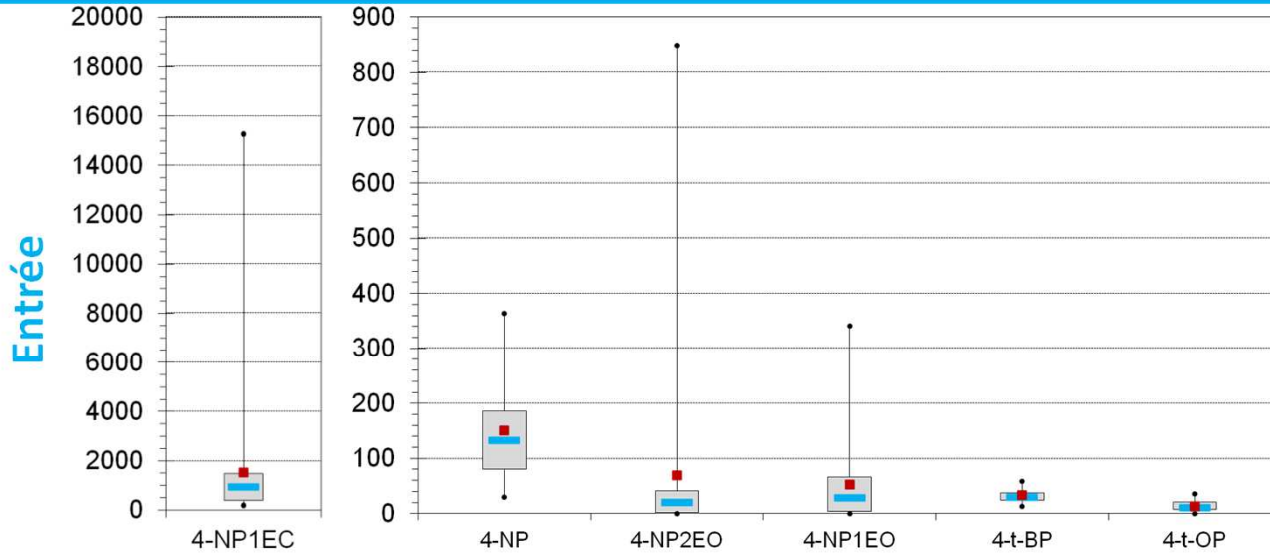
## Sortie



# AKP (ng.L<sup>-1</sup>)

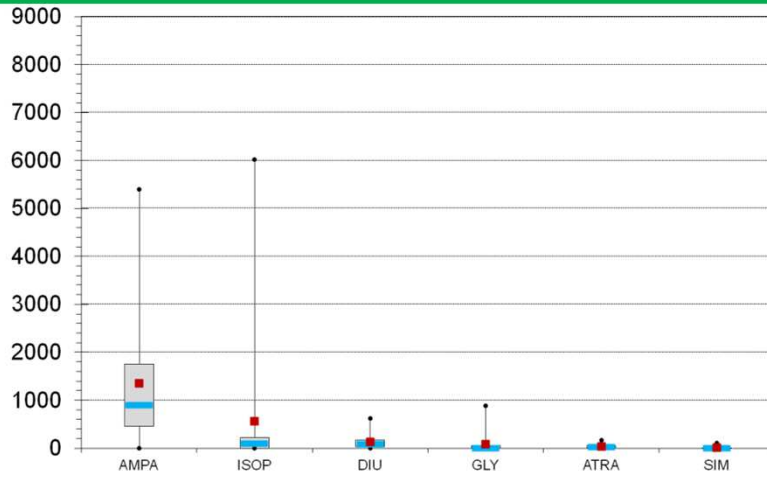


# AKP (ng.L<sup>-1</sup>)

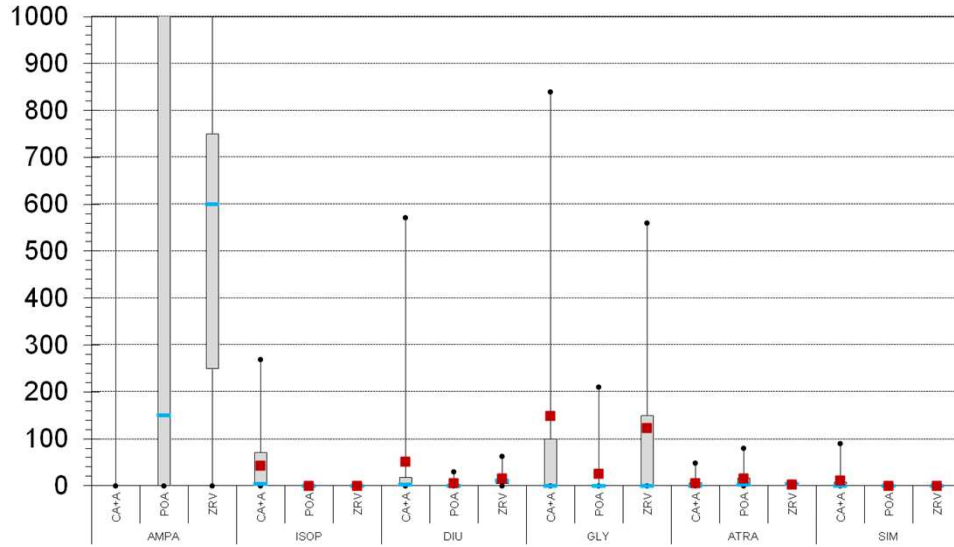
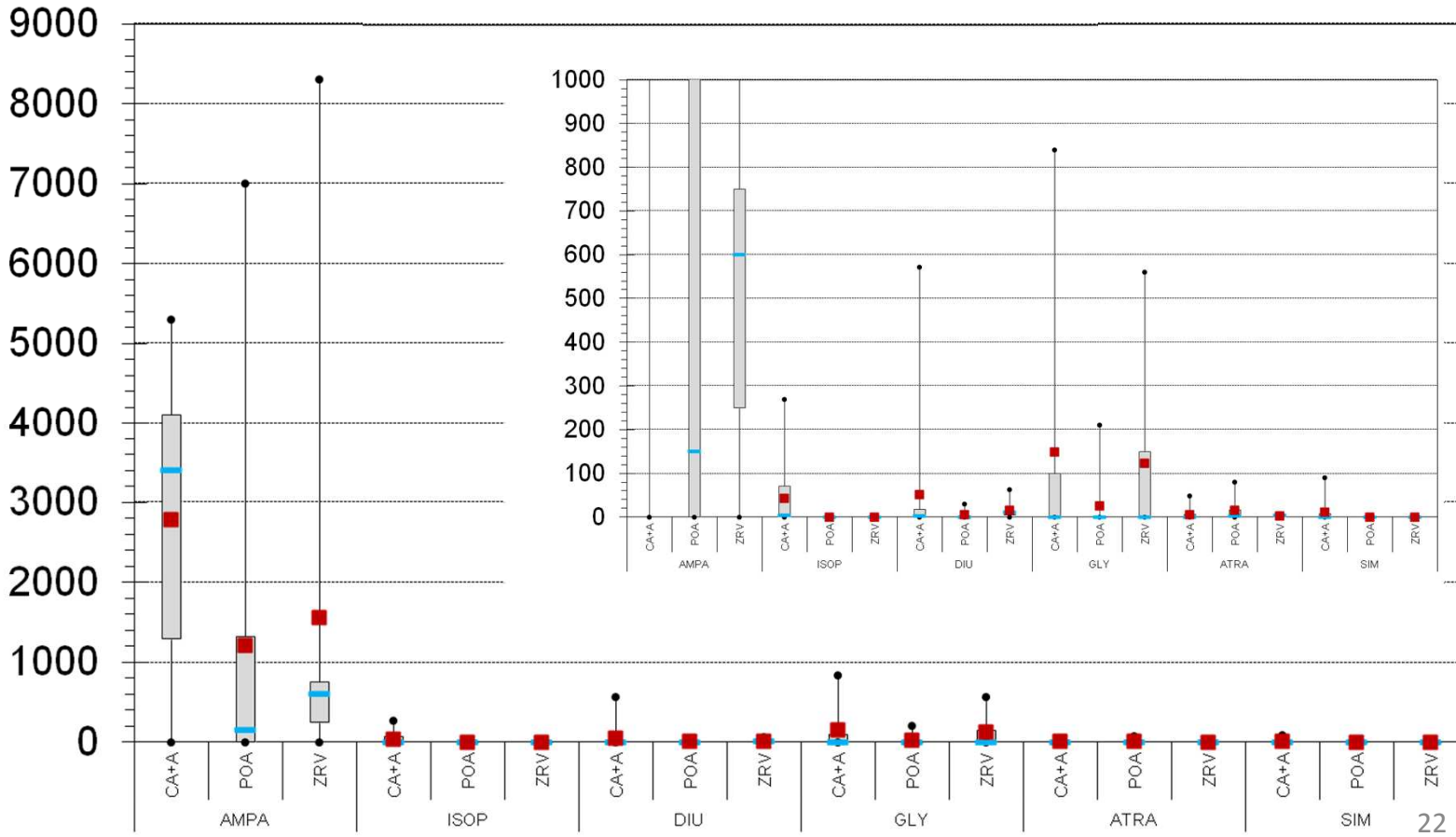


# Pesticides (ng.L<sup>-1</sup>)

Entrée

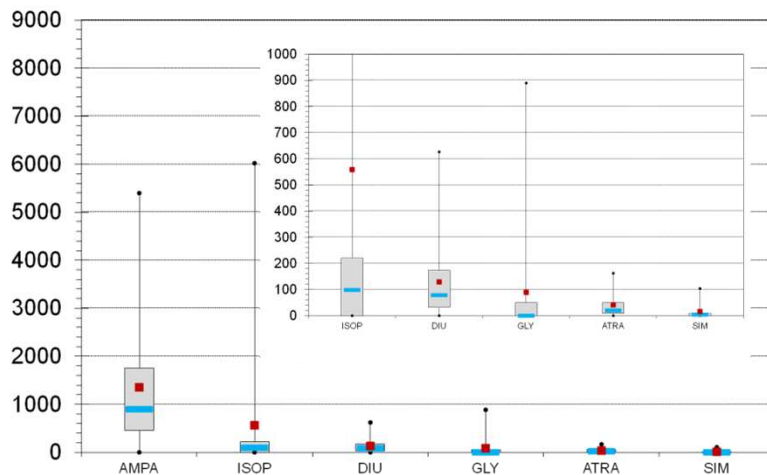


Sortie

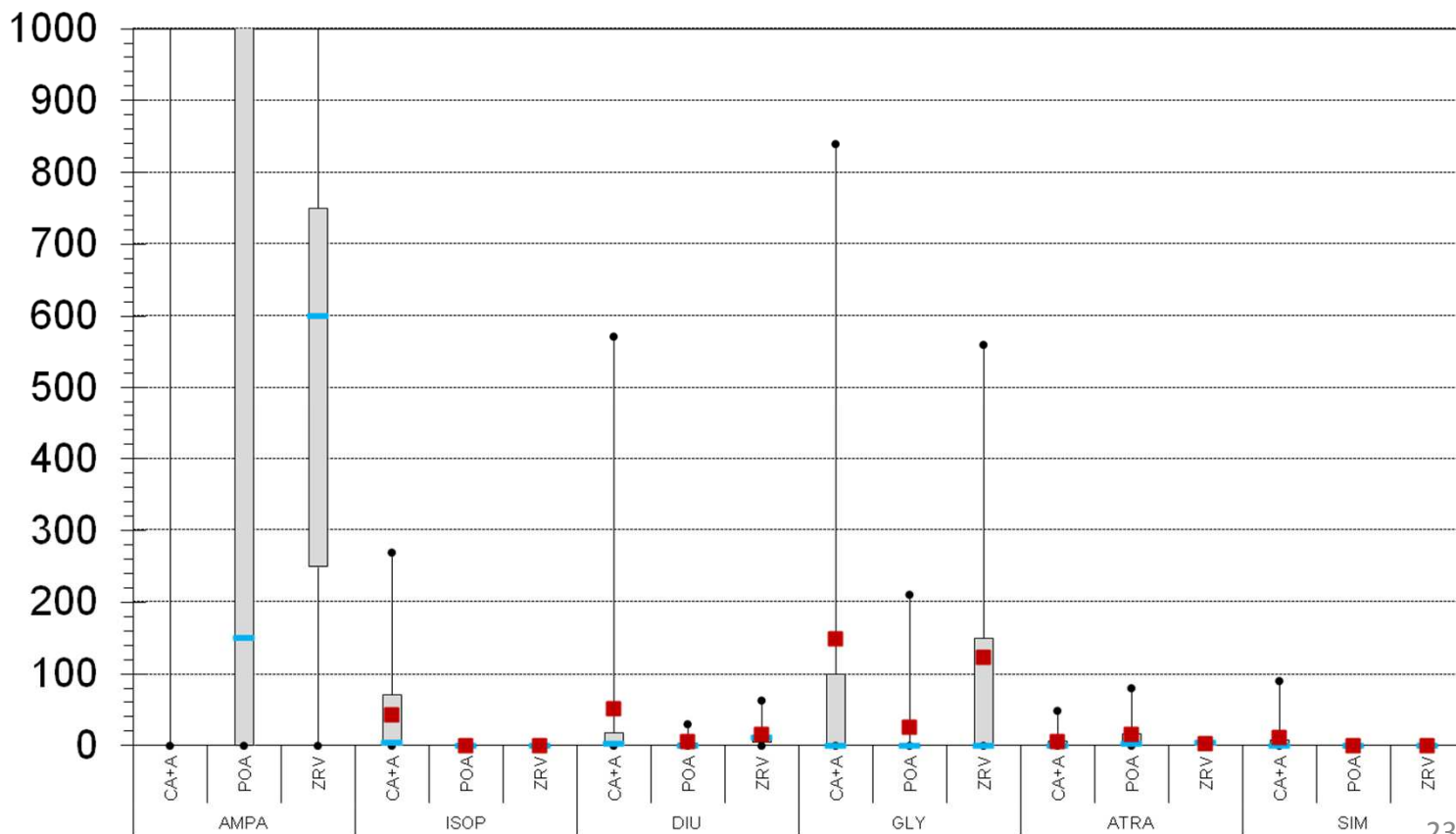


# Pesticides (ng.L<sup>-1</sup>)

Entrée

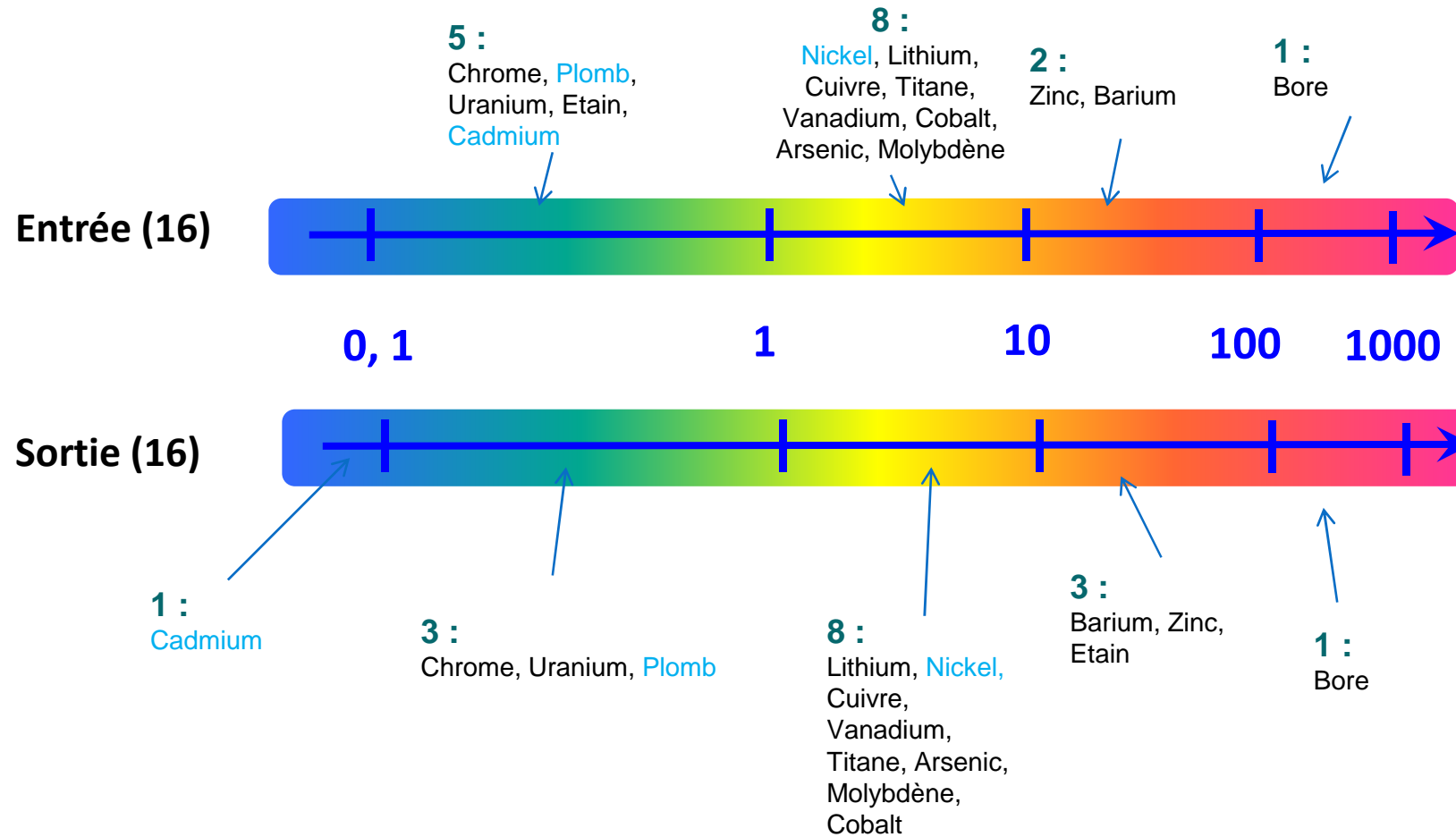


Sortie

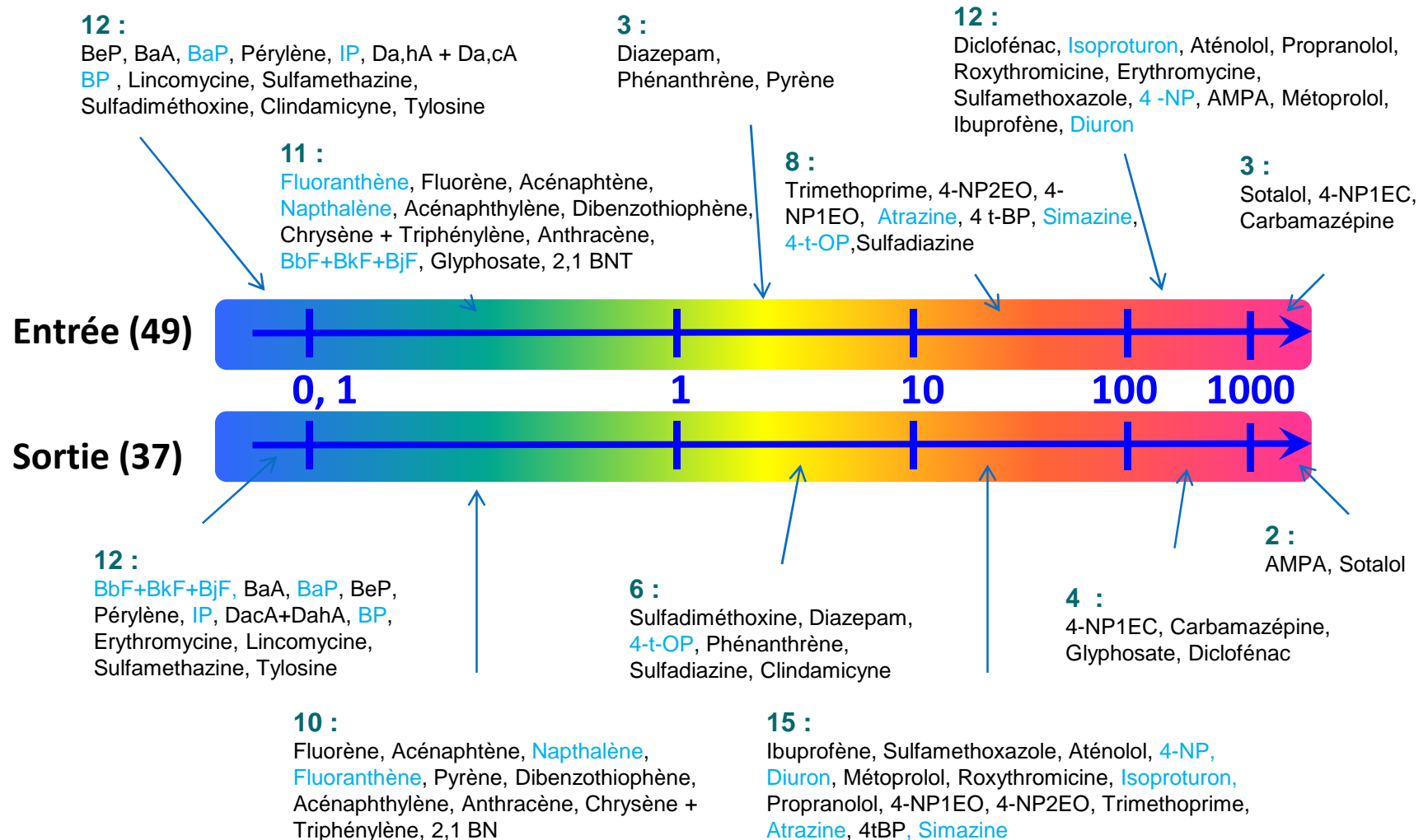




# Métaux ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )



# Molécules organiques (ng.L<sup>-1</sup>)



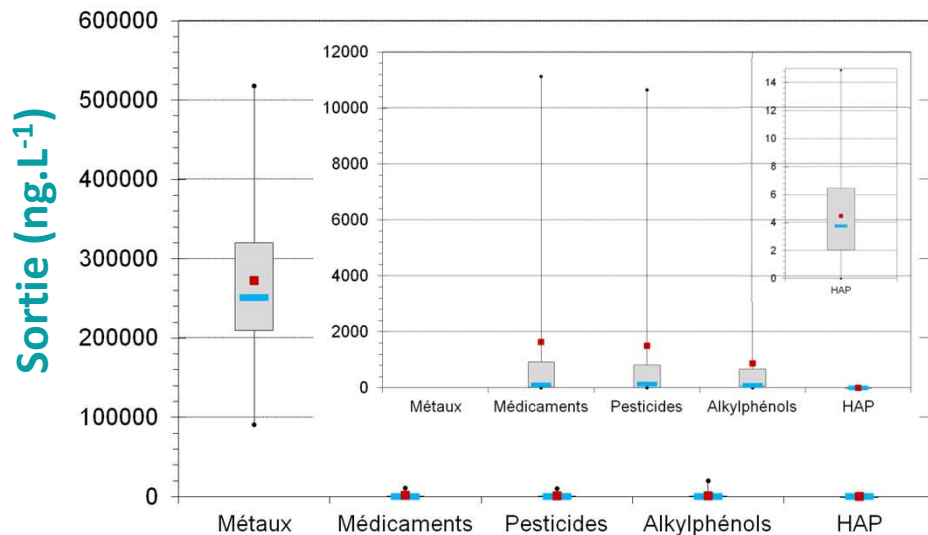
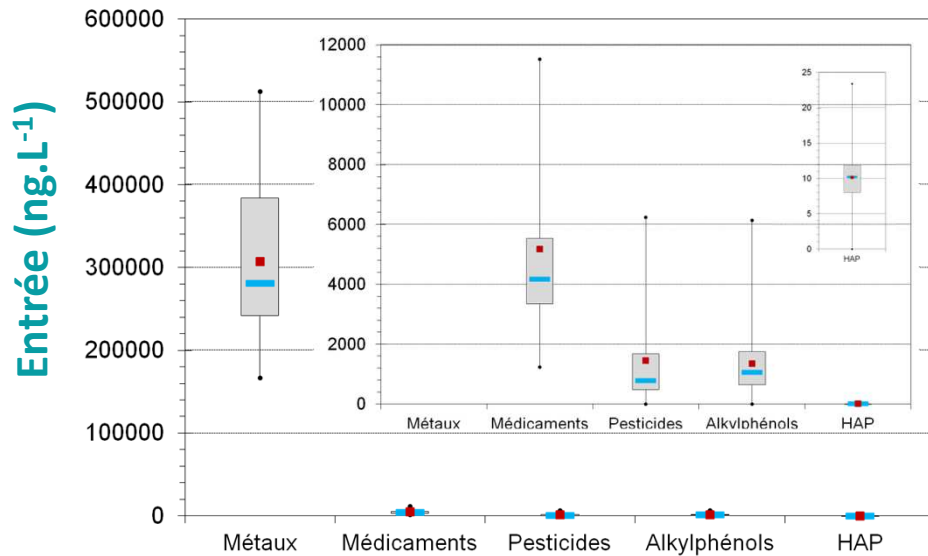
# Concentrations en sortie de traitement complémentaire

Substances prioritaires DCE (NQE 2013/39/CE)

$\mu\text{g.L}^{-1}$	Moyenne [min-max]	NQE-MA x10
Cd	0,04 [nd-0,15]	0,8 à 2,5
Ni	7, 27 [0,37-32,70]	4
Pb	0,2 [nd-0,8]	12

$\text{ng.L}^{-1}$	Moyenne [min-max]	NQE-MA x10
4-NP	65 [10-701]	3 000
4-t-OP	3 [nd-17]	1 000
ATRA	14 [nd-79]	6 000
BaP	0,1 [nd-0,3]	2
BbF+BkF+BjF	0,1 [nd-0,6]	-
BP	< 0,1	-
DIU	51 [nd-571]	2 000
Fluo	0,4 [0,1-1,6]	63
IP	< 0,1	-
ISO	42 [nd-269]	3 000
N	0,4 [nd-2,8]	20 000
SIM	11 [nd-90]	10 000

# Conclusion



- **Métaux:** comportements variables mais globalement conservatifs
- **Médicaments:** comportements variables mais globalement bien éliminés, cas du Sotalol
- **Pesticides:** comportements variables mais globalement bien éliminés, cas de l'AMPA
- **Alkylphénols:** comportements variables mais éliminés, cas du NP1EC
- **HAP:** concentrations faibles, globalement éliminés, cas du Phénanthrène



Merci de votre attention

