



Partie 1- Peut-on améliorer l'élimination des micropolluants des eaux usées en optimisant le procédé à boues activées?





Variabilité des concentrations en entrée et en sortie pour une installation grandeur réelle

M. Coquery

Irstea : J.M. Choubert, M. Pomies, C. Crétollier, C. Miège, L. Dherret

Suez Environnement : M. Esperanza, N. Noyon

Université Bordeaux : H. Budzinski, K. Le Menach





Contexte

- Les stations de traitement des eaux usées (STEU) biologiques éliminent une bonne partie des micropolluants présents dans les eaux usées domestiques
- Pour calculer les rendements (R_w filière eau), on utilise typiquement des échantillons moyens 24h proportionnels au débit
- Les connaissances sur la variabilité des concentrations en micropolluants en entrée et sortie de STEU sont partielles



Objectifs

- Evaluer le devenir des micropolluants par le procédé boues activées, comparer différentes conditions opératoires et développer un modèle spécifique
- Evaluer la variabilité temporelle des concentrations de micropolluants en entrée et en sortie de STEU
- Evaluer la variabilité temporelle des rendements d'élimination à partir des mesures sur 24h



Méthodologie

- Étude d'une STEU boues activées aération prolongée en conditions réelles
- 8 campagnes de prélèvement sur un an



Procédé à boues activées aération prolongée (traitement C et N)

2900 EH, réseau séparatif, eaux usées domestiques

- ✓ Mesure des concentrations en micropolluants totale (dissous / particulaire) en entrée et dissous en sortie
- ✓ Calcul des rendements d'élimination



Méthodologie



Variabilité temporelle sur 1 an :
échantillons moyen 24 h

EB : eaux
usées brutes

ET : eaux
usées traitées



Variabilité intra-journalière :
échantillons moyen 6 h

8 campagnes
(fév 2011- fév 2012)

1 échmoy
24h EB



1 échmoy
24h ET

1 éch boues bassin (ponctuel)

4 campagnes

4 échmoy
6h EB



4 échmoy
6h ET

1 éch boues bassin (ponctuel)





Sélection des micropolluants



Résultats du projet AMPERES (6 stations à boues activées)

- ✓ Rendements intermédiaires R_w 30-70%
- ✓ Variabilité des rendements
- ✓ Fréquence de quantification élevée

Substances supplémentaires

- ✓ Peu éliminées (traceurs, ex : B)
- ✓ Bien éliminées (témoins du bon fonctionnement de la station, ex : paracétamol)



53 micropolluants

Micropolluants inorganiques

11 métaux

Numéro atomique → Z	M	Masse molaire atomique (g.mol ⁻¹)
1	H	1,00794
2	He	4,002602
3	Li	6,941
4	Be	9,012182
5	B	10,811
6	C	12,0107
7	N	14,00644
8	O	15,999
9	F	18,9984032
10	Ne	20,1797
11	Na	22,98976928
12	Mg	24,304
13	Al	26,9815386
14	Si	28,08558
15	P	30,973762
16	S	32,06
17	Cl	35,453
18	Ar	39,948
19	K	39,0983
20	Ca	40,078
21	Sc	44,955912
22	Ti	47,88
23	V	50,9415
24	Cr	51,9961
25	Mn	54,938044
26	Fe	55,845
27	Cobalt	58,933195
28	Ni	58,6934
29	Cu	63,546
30	Zn	65,38
31	Ga	69,723
32	Ge	72,64
33	As	74,9216
34	Se	78,96
35	Br	79,904
36	Kr	83,80
37	Rb	85,4678
38	Sr	87,62
39	Y	88,90584
40	Zr	91,224
41	Nb	92,90638
42	Mo	95,94
43	Tc	98,9062
44	Ru	101,07
45	Rh	102,9055
46	Pd	106,36
47	Ag	107,8682
48	Cd	112,411
49	In	114,818
50	Sn	118,710
51	Sb	121,757
52	Te	127,60
53	I	126,90548
54	Xe	131,29
55	Cs	132,90545
56	Ba	137,327
57	La	138,90547
58	Ce	140,12
59	Pr	140,90766
60	Nd	144,242
61	Pm	144,9127
62	Sm	150,36
63	Eu	151,964
64	Gd	157,25
65	Tb	158,92535
66	Dy	162,50
67	Ho	164,93033
68	Er	167,259
69	Tm	168,93032
70	Yb	173,054
71	Lu	174,967
72	Hf	178,49
73	Ta	180,94788
74	W	183,84
75	Re	186,207
76	Os	190,23
77	Ir	192,222
78	Pt	195,084
79	Au	196,96657
80	Hg	200,59
81	Tl	204,3833
82	Pb	207,2
83	Bi	208,9804
84	Po	209
85	At	210
86	Rn	222
87	Fr	223
88	Ra	226
89	Ac	227
90	Th	232,0377
91	Pa	231,03688
92	U	238,02891
93	Np	237,048173
94	Pu	244,06422
95	Am	243,061381
96	Cm	247,070353
97	Bk	247,070353
98	Cf	251,079589
99	Es	252,083223
100	Fm	257,103756
101	Md	258,103756
102	No	259,103756
103	Lv	262,103756

Micropolluants organiques

14 pharmaceutiques

19 HAP

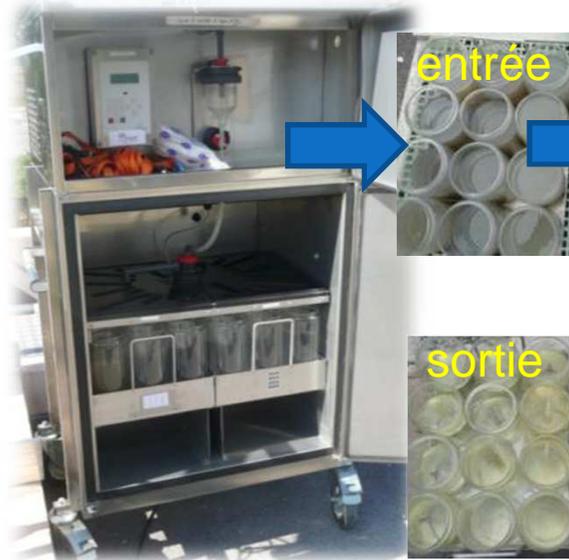
5 alkylphénols (AKP)

4 pesticides

0 2 4 6 Log Kow

Echantillonnage et analyse

PRÉLÈVEMENT



CONDITIONNEMENT



ACHEMINEMENT

ANALYSES



- Matériel d'échantillonnage spécifique (verre, téflon)
- Etape de nettoyage (acide, basique, acétone)
- Procédure de vérification (blancs préleveurs)
- Analyses (dissous et particulaire), faibles limites de quantification (LQ)

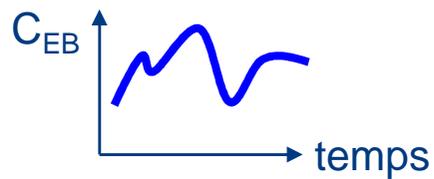


Variation des concentrations totales au cours des 8 campagnes dans les eaux usées brutes (EB)

CV > 30-115%

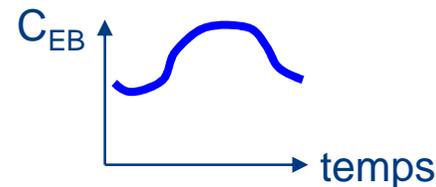
CV ≤ 30%

Variations aléatoires



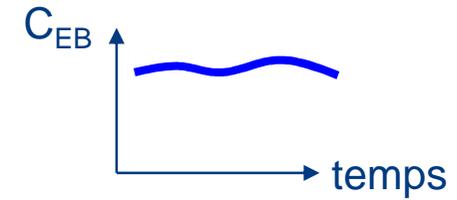
métaux (Ni, Pb, Cd)
HAP, AKP, pesticides,
autres pharmaceutiques

Variations saisonnières

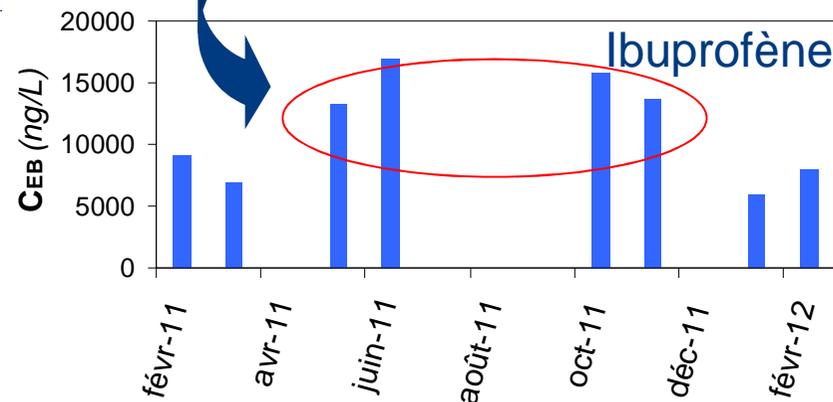


ibuprofène, diclofénac

Peu de variations

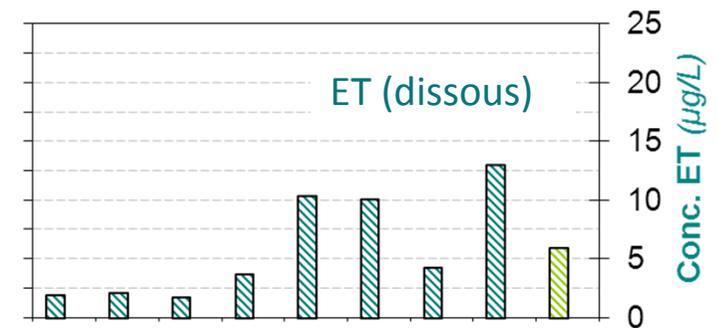
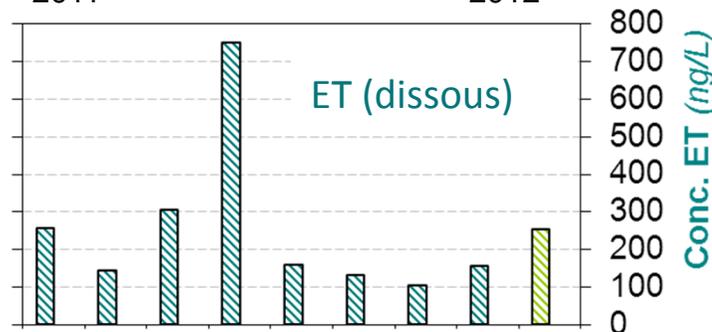
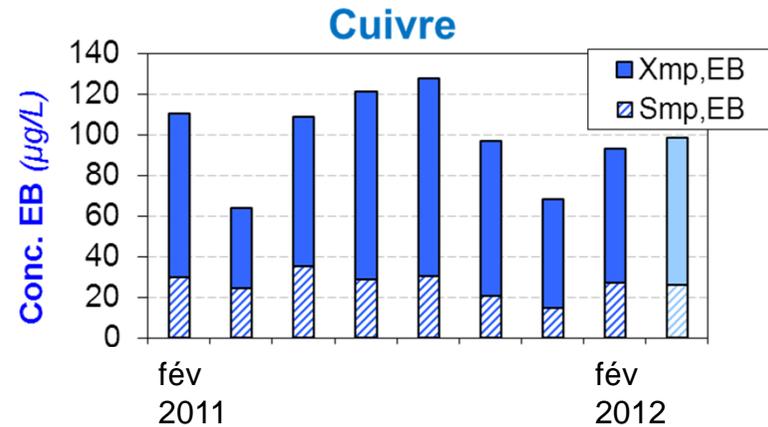
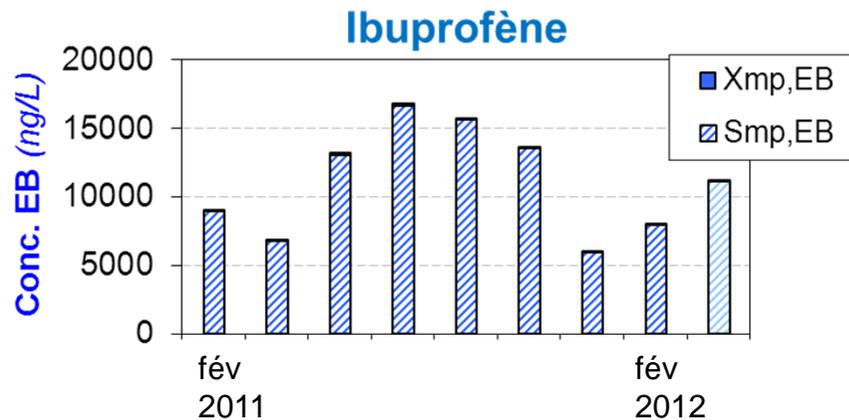


métaux (B, Ti, Cr, Cu, Zn),
aténolol, acébutolol,
bisoprolol



La connaissance de l'amplitude de variation de la concentration dans les eaux usées brutes est nécessaire à la modélisation dynamique

Variation temporelle des concentrations au cours des 8 campagnes



La variabilité dans les EB est en partie liée aux variations de MES pour les substances adsorbables (ex: métaux, alkylphénols, HAP)

=> variations liées au débit, MES, usage des micropolluants,...

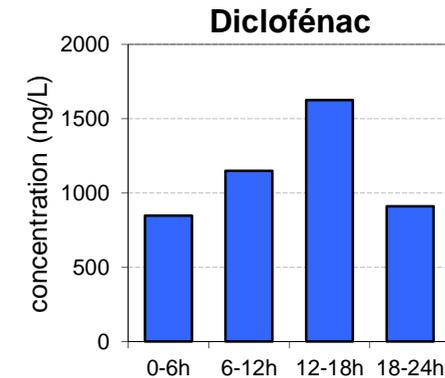
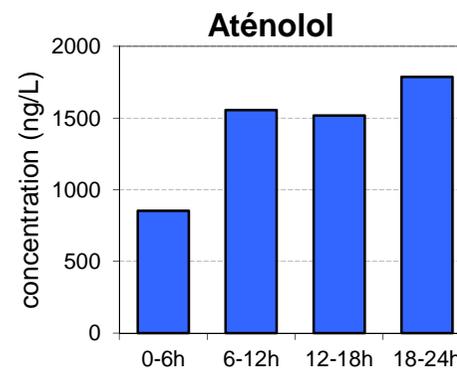
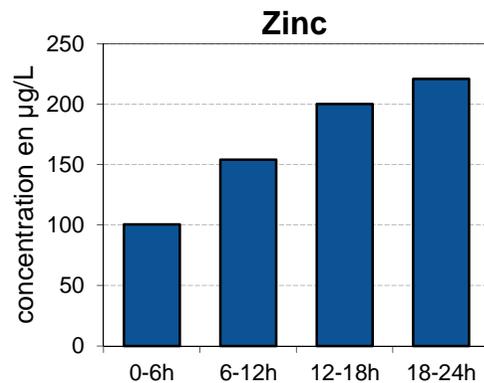
La variabilité dans les ET reste forte pour la majorité des substances



Variation intra-journalière des concentrations

✓ Calcul de la variabilité (écart type relatif) à partir des concentrations mesurées des 4 échmoy 6h consécutifs

Eaux brutes (EB)

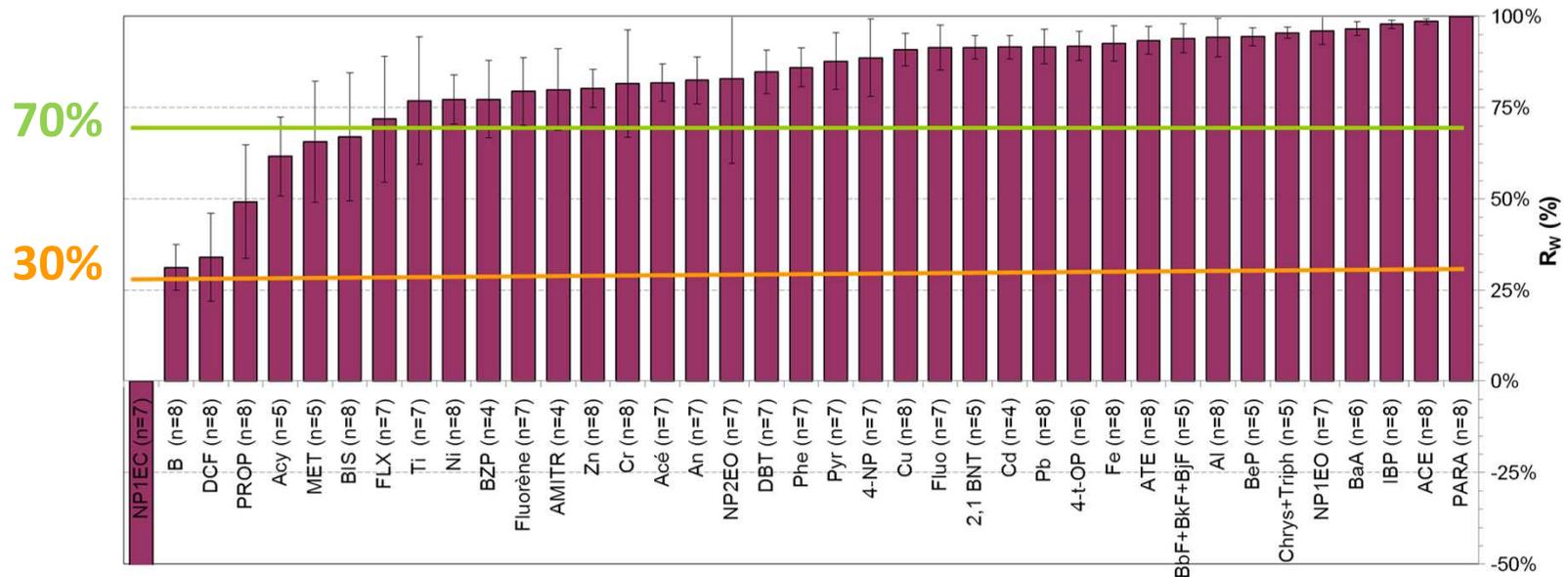


EB : variabilité non négligeable (30-70%) et variable selon les micropolluants ; concentrations + faibles durant la nuit (0-6h) ; lien partiel avec débit et DCO/MES

ET : variabilité faible < 20% => effet tampon du bassin d'aération ; vérifié grâce à la robustesse de la chaîne de mesure !

Variabilité temporelle des rendements (Rw)

STEU d'ARMISTIQ (n=4 à 8)

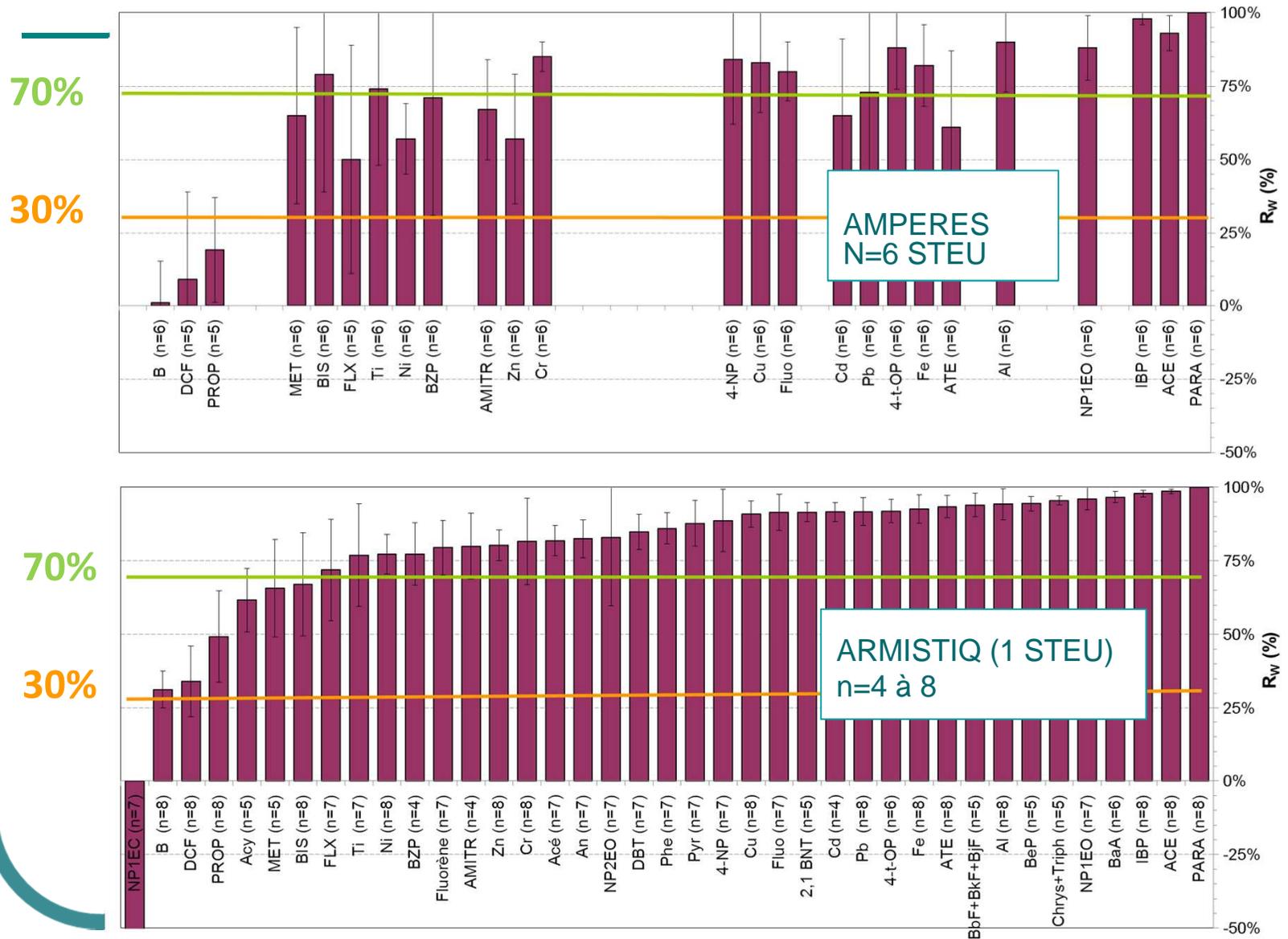


CV < 10% pour les Rw > 70% sauf quelques micropolluants au comportement particulier (ex: alkylphénols)

=> permet de démontrer la validité des mesures et des règles de calcul des Rw



Comparaison avec variabilité inter-STEUE





Conclusions

- Variabilité temporelle des concentrations sur 1 an :
 - ✓ Dans les eaux usées brutes (EB) :
CV 20-70% (moy 43%) pour les métaux
CV 10-115% (moy 55%) pour les micropolluants organiques
 - ✓ Dans les eaux traitées (ET) : la variabilité est similaire à celle des EB (pour des concentrations beaucoup plus faibles)
 - Variabilité intra-journalière des concentrations (4x6h) :
 - ✓ EB : concentrations + faibles la nuit et pic variable durant la journée selon les substances
- ⇒ nécessaire de réaliser des échantillons horaires si l'on souhaite caractériser cette variabilité dans les EB
- ✓ ET : variabilité < 20% pour la majorité des substances
- Variabilité temporelle des rendements (Rw) :
 - CV < 10% pour la plupart des micropolluants avec $Rw > 70\%$
 - CV de 20 à 35% pour substances avec $Rw < 70\%$



Merci de votre attention

Pour en savoir plus :

- Rapport détaillé Action C du projet ARMISTIQ (2014)
- Choubert et al. (2012) Sciences Eaux et Territoires
- TSM (2015)



université
BORDEAUX

