Devenir des micropolluants dans les traitements tertiaires

J.-M. Choubert[1], S. Besnault[2], H. Budzinski[3], C. Miège[1], S. Martin Ruel[2], K. LeMenach[3], M. Esperanza[2], N. Noyon[2], M. Coquery[1]

1 irstea

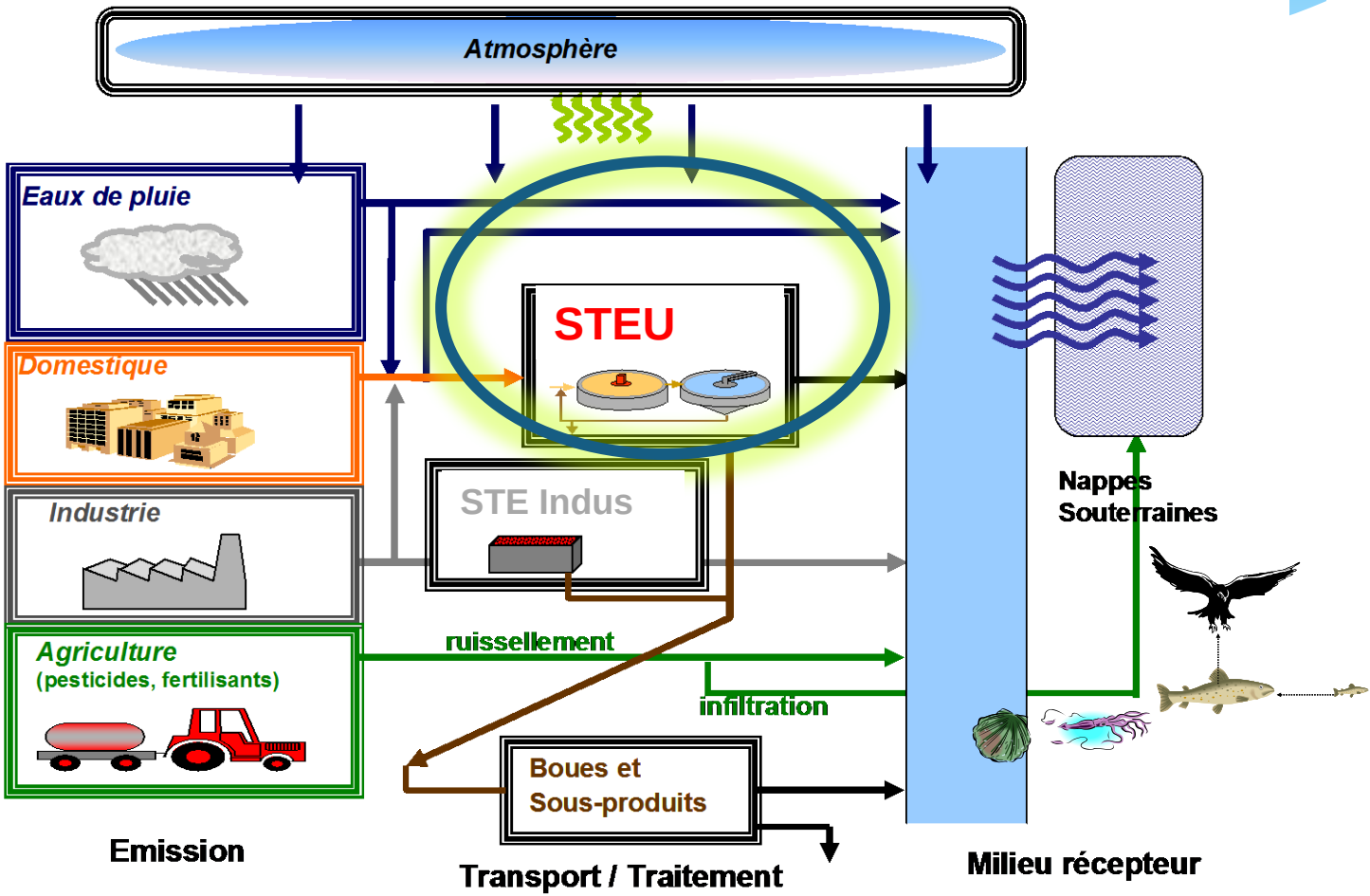
2 suez environnement CIRSEE

3 LPTC EPOC

Vendredi 11 octobre 2013

4 sources principales

d'après Axelera
Projet Rhodanos



Les eaux usées domestiques

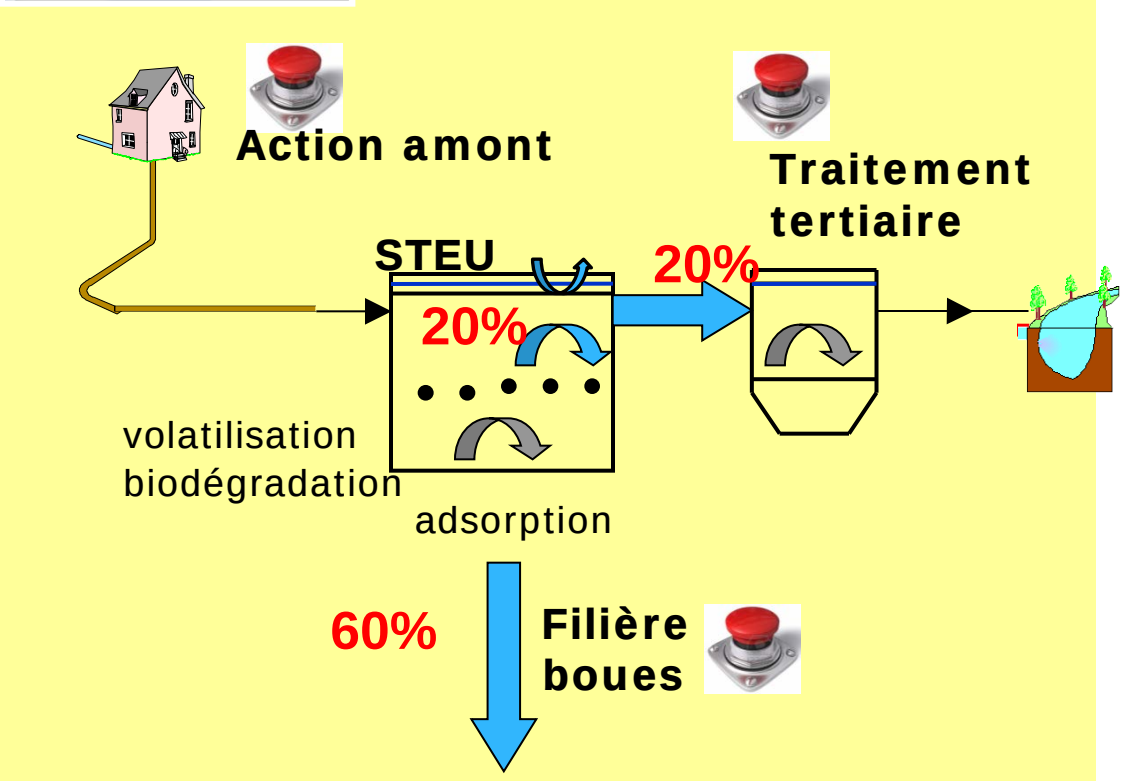
Traitement en STEU, de plus en plus rigoureux
(MES, C, N, P)
Matière organique, N, P, graisses, sucres, protéines, micropolluants

Rejet d'un EH : ~ 0.4 g micropolluants /EH
(80% métaux, 15% pharmaceutiques, autres pesticides, COV)
Chiffres pour le temps sec, c'est différent en temps de pluie

Mélange :
- part domestique (bricolage, produits d'entretiens, de beauté)
- part industrielle (conventions de raccordement)

Réductions des émissions

4 actions possibles



Substances bien éliminées, concentrées en Effluents

alkylphénols (NP, OP)
anti-inflam. (ibuprofène, paracétamol)
métaux (Zn, As, Cr, Ni, Cu)
HAP (anthracène, naphtalène)

Substances mal éliminées

alkylphénols (NP1EC)
pesticides (glyphosate, AMPA, atrazine, diuron)
bétabloquants (oxprénolol, propanolol, sotalol)
antidépress. (carbamazépine, diazépam, nordiazepam)
bronchodilat. (salbutamol, terbutaline)
anti-inflam. (diclofénac)
antibiotique (sulfaméthox, roxytrom)

Substances stockées dans les boues

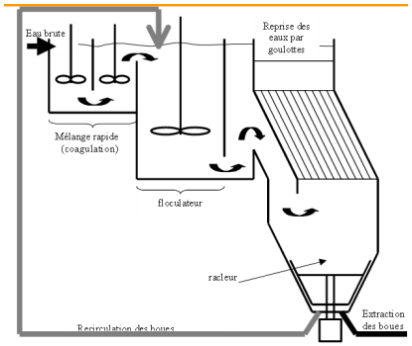
alkylphénols (NP, OP)
pesticides (aldrine, diuron)
métaux (Cd, Hg, Ni, Pb, Cu, Ti, Zn)
HAP (fluoranthène, naphtalène)
Hormones (estrone)
autres: tributylSn, triclosan, DEHP, bisphénol A, tonalide, galaxolide

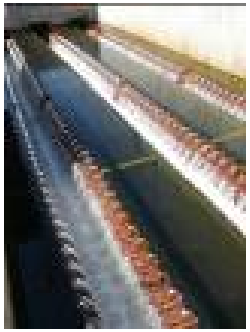
L'action AVAL : tertiaires conventionnels

Objectifs :

- Piégeage des MES, précipitation du phosphore
- Réserve d'eau (incendie)

DECANTEUR RAPIDE
(CLARIFLOCULATEUR)



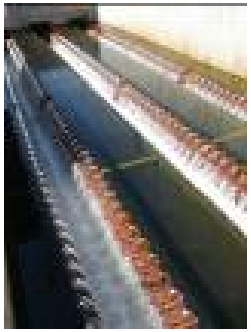


FILTRE A SABLE

LAGUNAGE DE FINITION

D'après projet AMPERES

Tertiaires conventionnels



		Décantation rapide	Filtration s/sable	Lagunage
COVs	dichloromethane, trichloromethane, tetrachloroethylene			
Pesticides	glyphosate			
	AMPA			
	atrazine, simazine			
	diuron, isoproturon			
Chlorophénols	dichlorophenols, tribromophenols			
Phtalates	DEHP			
HAP	fluoranthene			
Additifs industriels	benzothiazoles			
Métaux	Se, Ba			
	As			
	Cu, Sn			
	Fe			
	Cr, Zn			
	Ni, Co, Rb, Mo, Sb, U, Li, B, Ti, V			
	Hg			
	Ag, Cd			
	Pb, Al			
Alkylphénols	nonylphenols			
	octylphenols, NP2EO			
	NP1EO, Alkylphenol carboxylates			
Hormones	Estrone, ethinyl estradiol			
Pharmaceutiques	oxprenolol, bisoprolol, atenolol, sotalol			
	paracetamol, diclofenac, gemfibrozil			
	timolol, nadolol			
	propranolol			
	carbamazepine, diazepam, nordiazepam, alprazolam, fluoxetine, acebutolol, ibuprofene, naproxene, terbutaline			
	amitriptilyne, metoprolol, roxythromicine			
	ketoprofene, salbutamol			
	aspirine			
	sulfamethoxazole, bromazepam			

D'après projet AMPERES

Rendement élimination < 30 %

Rendement élimination 30 à 70 %

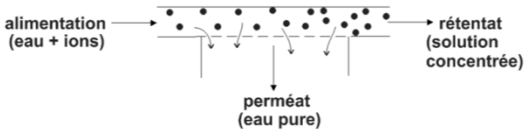
Rendement élimination > 70 %

Tertiaires avancés

Objectifs :

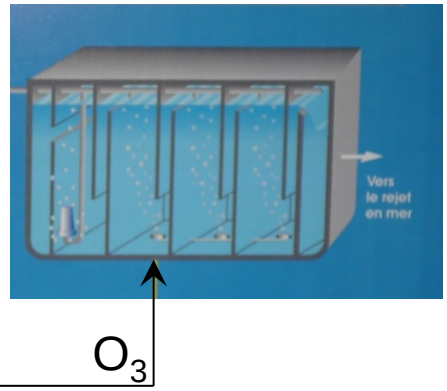
- Elimination des germes pathogènes (zone conchylicole, baignade)
- Réutilisation (irrigation …)
- Traitement des micropolluants

OSMOSE INVERSE



OZONATION

3 - 10 g /m^3



ADSORPTION

CHARBON ACTIF

D'après projet AMPERES

Tertiaires avancés

		Osmose inverse	Ozone	Charbon actif
COVs	dichloromethane, trichloromethane, tetrachloroethylene			
Pesticides	glyphosate			
	AMPA			
	atrazine, simazine			
	diuron, isoproturon			
Chlorophénols	dichlorophenols, tribromophenols			
Phtalates	DEHP			
HAP	fluoranthene			
Additifs industriels	benzothiazoles			
Métaux	Se, Ba			
	As			
	Cu, Sn			
	Fe			
	Cr, Zn			
	Ni, Co, Rb, Mo, Sb, U, Li, B, Ti, V			
	Hg			
	Ag, Cd			
	Pb, Al			(Pb)
Alkylphénols	nonylphenols			
	octylphenols, NP2EO			
	NP1EO, Alkylphenol carboxylates			
Hormones	Estrone, ethinyl estradiol			(E1)
Pharmaceutiques	oxprenolol, bisoprolol, atenolol, sotalol			
	paracetamol, diclofenac, gemfibrozil			
	timolol, nadolol			
	propranolol			
	carbamazepine, diazepam, nordiazepam, alprazolam, fluoxetine, acebutolol, ibuprofene, naproxene, terbutaline			
	amitriptilyne, metoprolol, roxythromicine			
	ketoprofene, salbutamol			
	aspirine			
	sulfamethoxazole, bromazepam			

D'après projet AMPERES

Rendement élimination < 30 %

Rendement élimination 30 à 70 %

Rendement élimination > 70 %

Points faibles

- **Osmose inverse : efficace pour 80% substances**

très coûteux, énergivore, gestion des rétentats

- **Ozonation efficace : pour 70 – 80 % des substances**

énergivore, sous-produits possibles

- **Adsorption charbon actif en grain : efficace pour 70-80% substances**

durée de vie, colmatage, coût (volatil), régénération

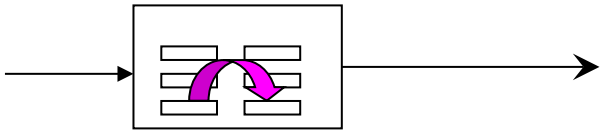
Coût : 0,15 à 0,4 € /m^3 (Projets AMPERES, PILLS)

Impact environnemental : énergie, régénération, ressource

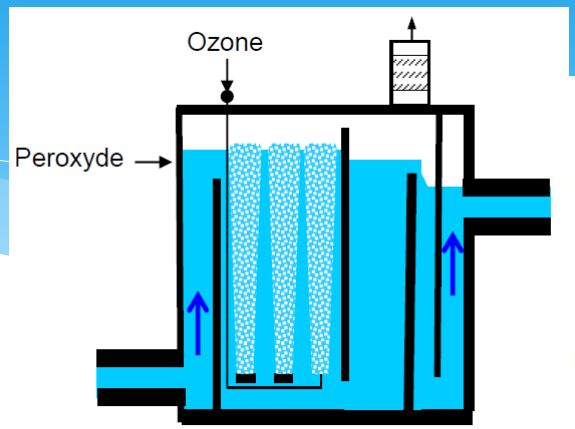
Recherches requises pour :

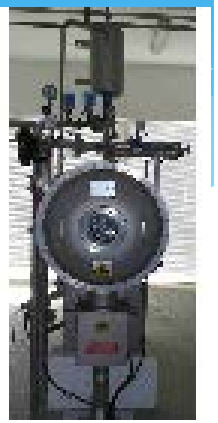
- Procédés avec oxydation plus douce (sous-produits maîtrisés)
- Conditions optimales de fonctionnement
- Durée de vie des matériaux adsorbants en ERU

Procédés en développement

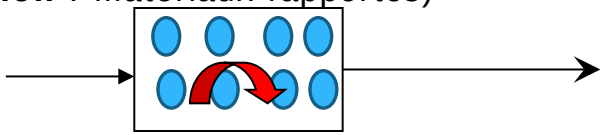


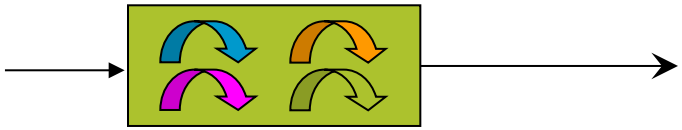
(**Oxydation avancée** : Ozone combinée à UV et/ou H_2O_2)





(**Adsorption** : matériaux rapportés)





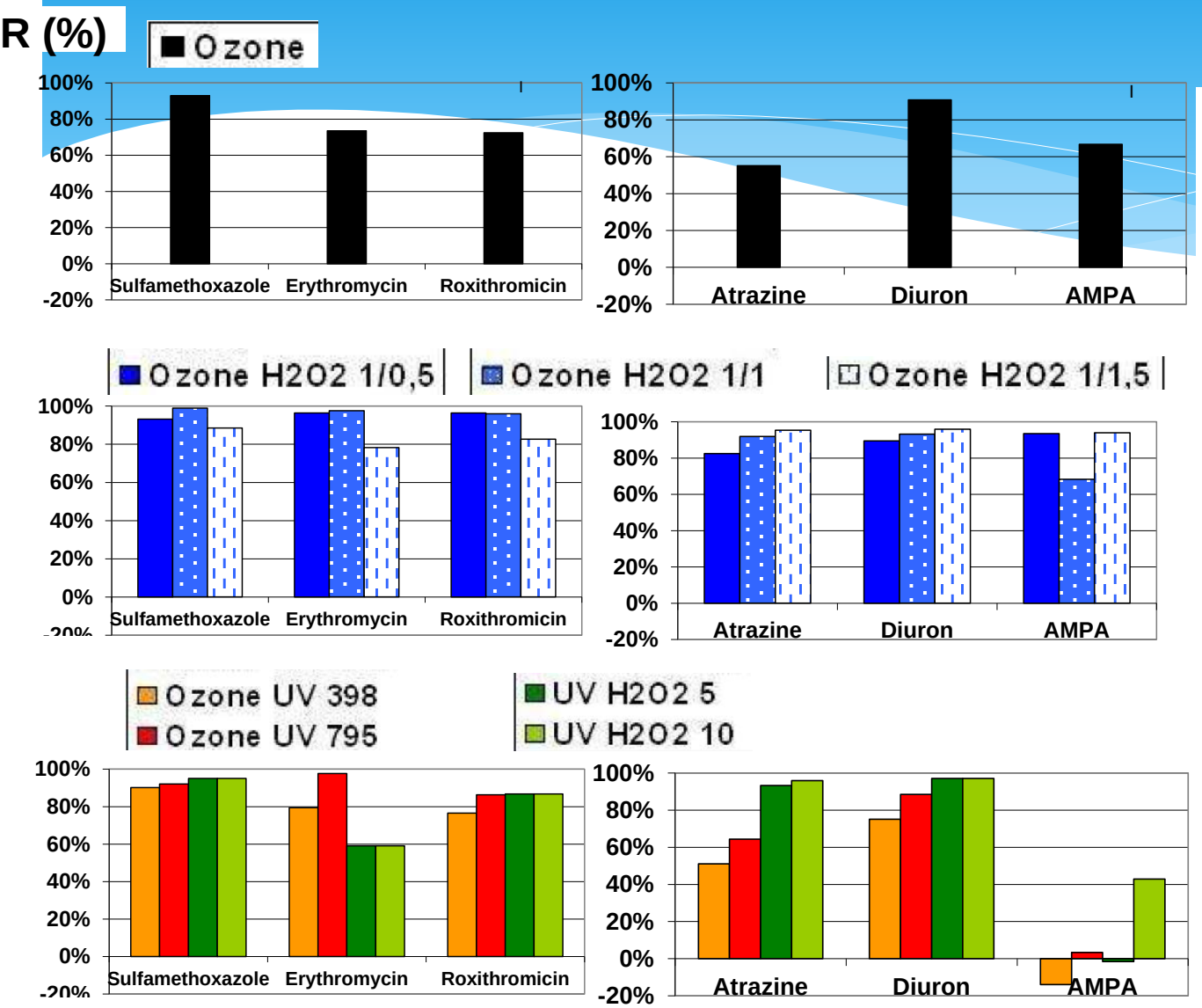
(**Traitements extensifs naturels**)

filtration — oxydation

absorption — adsorption

D'après projet ARMISTIQ

Oxydation avancée O_3/ H_2O_2/ UV



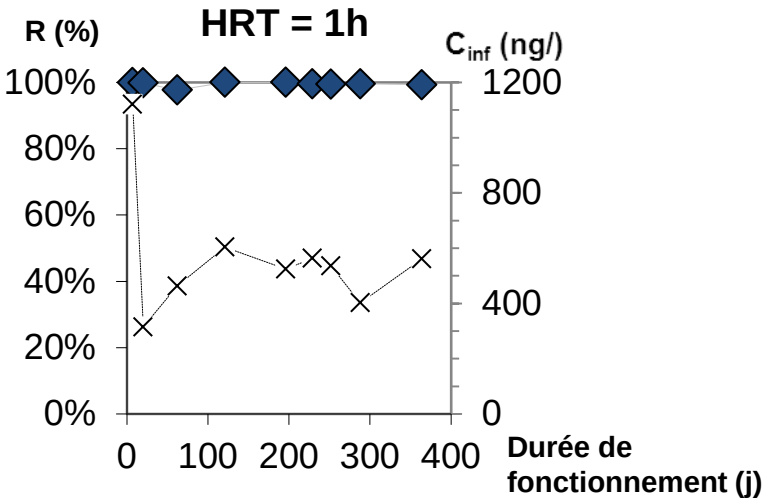
- Meilleurs rendements avec O_3+H_2O_2 (Atrazine, AMPA éliminées)
- Un excès de H_2O_2 dose (1/1,5) réduit l'élimination
- O_3+UV moins performant même à forte dose UV
- UV+H_2O_2 efficace (sauf AMPA). Efficacité pas améliorée à plus forte dose H_2O_2

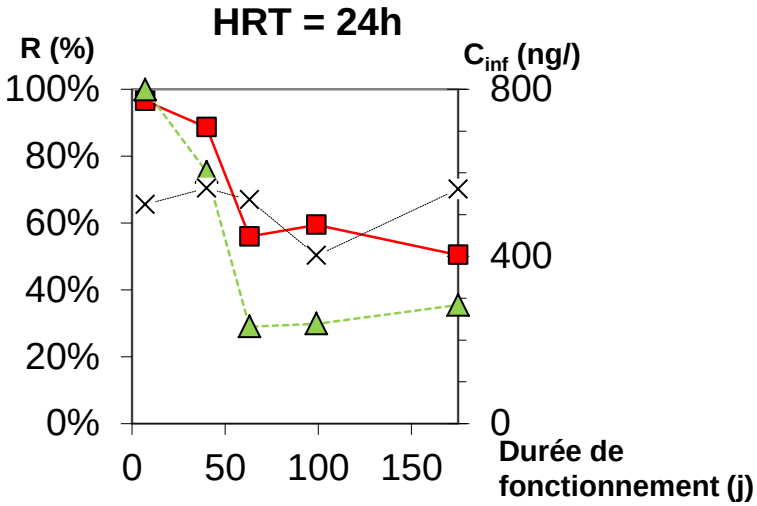
Adsorption
- cas du sotalol -

◆ Charbon actif

■ Argile expansée

▲ Zéolite





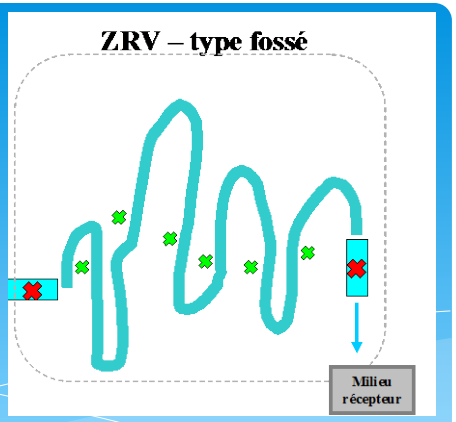
- Adsorption très nettement supérieure avec charbon actif (40 micropolluants)
- Adsorption possible avec argile expansée (10 micropolluants)
- Plus faible efficacité de la zéolite

Doctorat d'Alexandre TAHAR (2013)

Projet ARMISTIQ

Zones de rejet végétalisées

Ouvrage construit entre le rejet de STEP et le milieu dans un espace contraint



500 installations sur le territoire

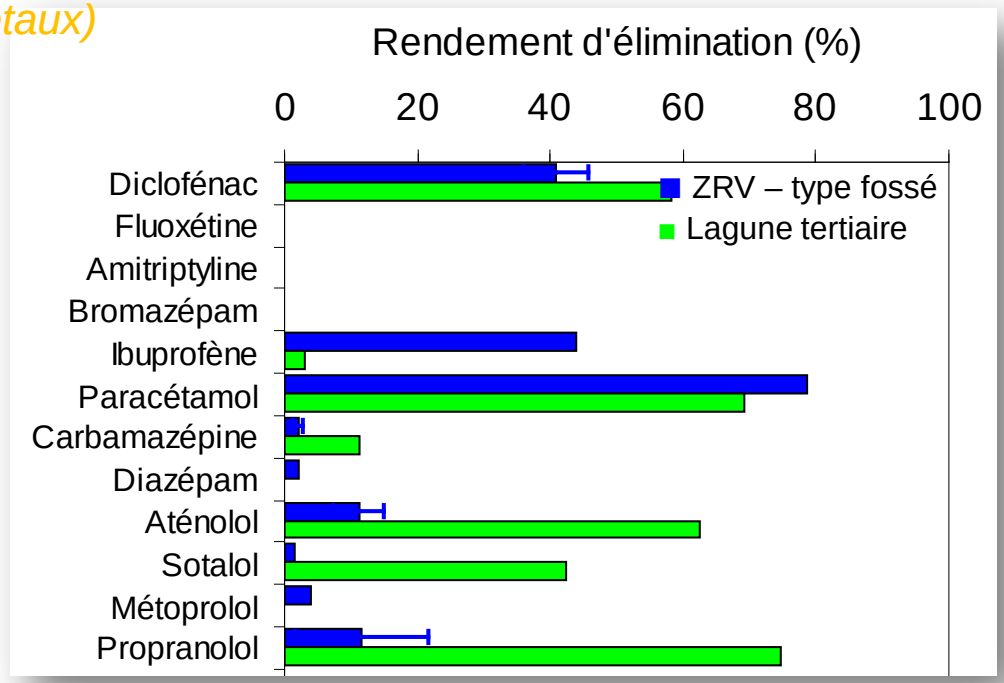
Grande variété de filières

(géométrie, matériaux, végétaux)

Forces motrices :

- évaporation / infiltration
- photo-dégradation
- adsorption (matériaux, sol)
- filtration
- bio-dégradation (sol)

Rôle des végétaux lors du traitement et du rejet des eaux usées
Norme FD P16-004 (2011)



R > 30% pour quelques substances seulement

PERSPECTIVES

- Compléter l'étude de procédés extensifs (ZRV), et déterminer les contribution des processus eau-sol-plante (projet Onema-ZRV : [Biotrytis-CUB (33), Marguerittes-MP (30), Mionnay (01)]
- Améliorer les méthodes d'analyse chimiques / réduire l'incertitude liée au prélèvement
- Liste restreinte de substances à suivre (notion d'indicateurs)
- Identification molécules nouvelles, potentiel toxique (projet ANR-Echibioteb)
- Analyse en ligne / gestion temps réel (tertiaire), surveillance

Merci de votre attention!

journée de restitution à Lyon le **6 fév-2014**