

Des micropolluants dans votre verre ? Mieux vaut prévenir que guérir...

Voix :
Une perspective
canadienne sur
l'eau

Theftord Mines
28 03 2012

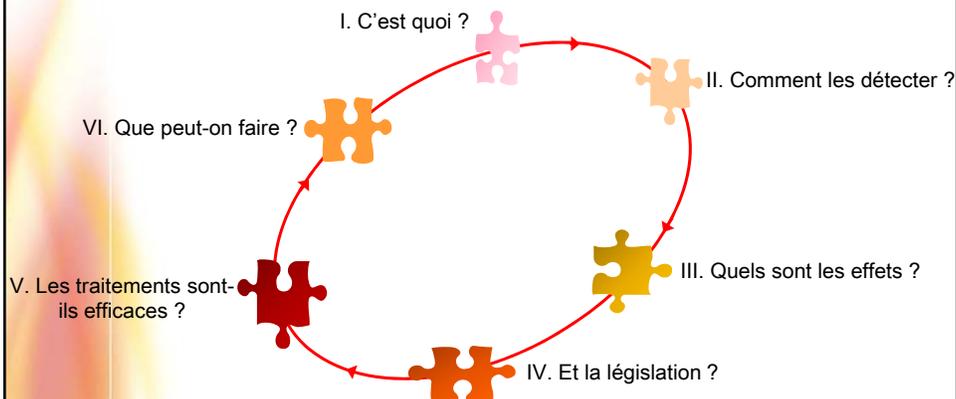
Ludiwine Clouzot et Peter Vanrolleghem



Chaire de Recherche du Canada
en Modélisation de la Qualité de l'Eau



Les micropolluants...



2



Les micropolluants...

I. C'est quoi ?



II. Comment les détecter ?



VI. Que peut-on faire ?



V. Les traitements sont-ils efficaces ?



III. Quels sont les effets ?



IV. Et la législation ?



Le stade olympique et la pollution

- Morceau de sucre : Sébastien Sauvé (UdM)



Micropolluants



Les micropolluants : C'est quoi ?



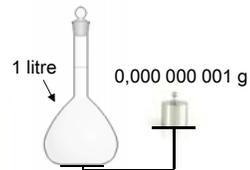
+



=

? g/L

- Si c'est très dilué, quels sont les effets ?



Dans 1 litre, il y a en fait
6 020 000 000 000 de molécules !

Les micropolluants : C'est quoi ?

- Métaux lourds
 - Provenance
 - Pneus (Zinc, Cuivre, Chrome)
 - Pièces de voiture (Plomb, Cadmium)
 - Toitures (Zinc, Cuivre)

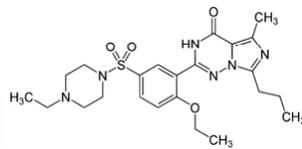


Les micropolluants : C'est quoi ?

- Produits pharmaceutiques et de soin personnel

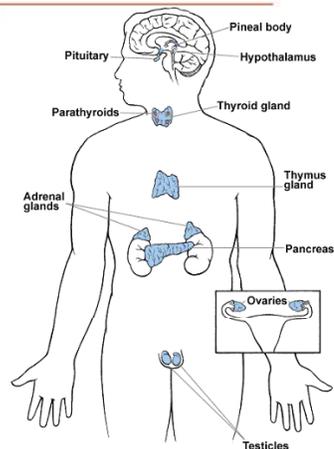
- Médicaments prescrits

- Antibiotiques
- Bêta bloqueurs
- Antidépresseurs
- ...



Les micropolluants : C'est quoi ?

- Perturbateurs endocriniens



Les micropolluants : C'est quoi ?

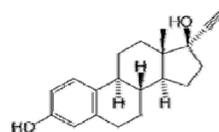
▪ Perturbateurs endocriniens

▪ Hormones

- Naturelles : estrone, progestérone, etc.



- Synthétiques : pilules contraceptives, traitements hormonaux, etc.



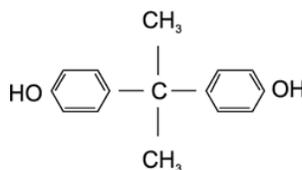
EE2 : 17^α-éthynylestradiol

Les micropolluants : C'est quoi ?

▪ Perturbateurs endocriniens

▪ Bisphénol-A (BPA)

- Polycarbonates (Bouteilles, CDs)
- Résines d'époxy (Boîtes de conserve)



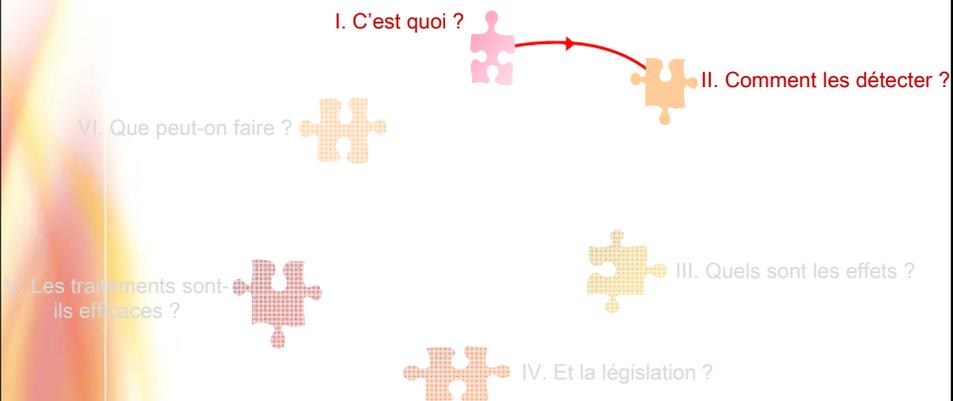
- Banni depuis 2008 au Canada (premier pays au monde)

Les micropolluants : C'est quoi ?

- Pesticides
 - Insecticides
 - Fongicides
 - Herbicides



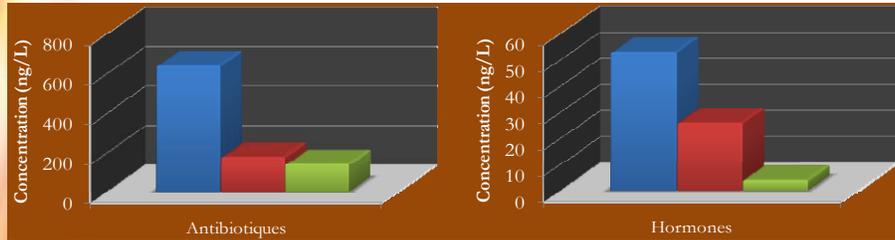
Les micropolluants...



Les micropolluants : Détection

Données de revues de la littérature (199 articles)^{1,2} (Sébastien Sauvé)

■ Effluent dans le monde ■ Eaux de surface dans le monde ■ Résultats dans l'eau de surface de Montréal



1. Segura P., *Environ. Health Perspect.*, 2009 (117), 675;
2. Monteiro S.C., *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 2010 (202), 53.

Les micropolluants : Détection

- Des défis analytiques :
 - Des concentrations très faibles
 - Des matrices complexes : eaux usées, eau de surface
 - Des techniques chères

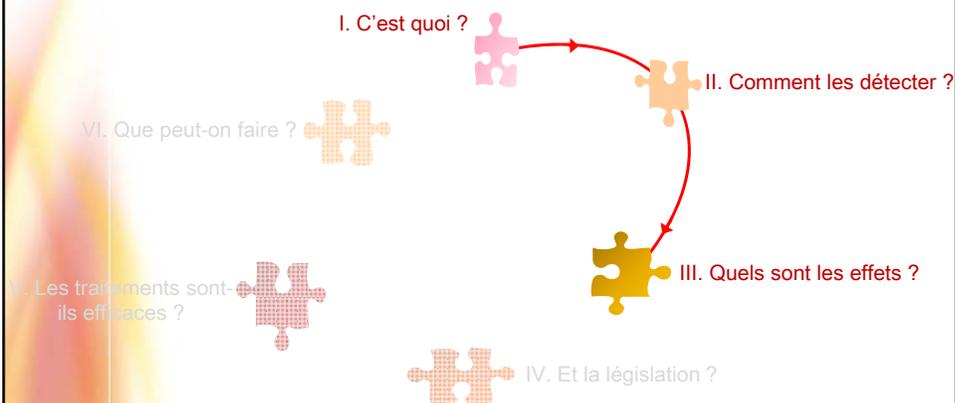


Les micropolluants : Détection

- Des progrès de tous les jours :
 - Des limites de détection de plus en plus faibles
 - Des méthodes de plus en plus précises et demandant moins de temps
 - « Polluants émergents » car on a les méthodes pour les détecter



Les micropolluants...



Les micropolluants : Effets

- Sur l'humain :
 - Métaux lourds : organes vitaux, système nerveux
 - Dérivés de pétrole (PCB, HAP, dioxine) : cancer
 - Antibiotiques : multi-résistance
- Prudence : ce n'est pas parce qu'on mesure des micropolluants que c'est forcément inquiétant ! (*Sébastien Sauvé*)
 -  2L/jour pendant 70 ans =  1 pilule
- Mais, il faut considérer : Effets chroniques
 - Effet additif des composés (1+1 = ?)
 - Résistance aux antibiotiques



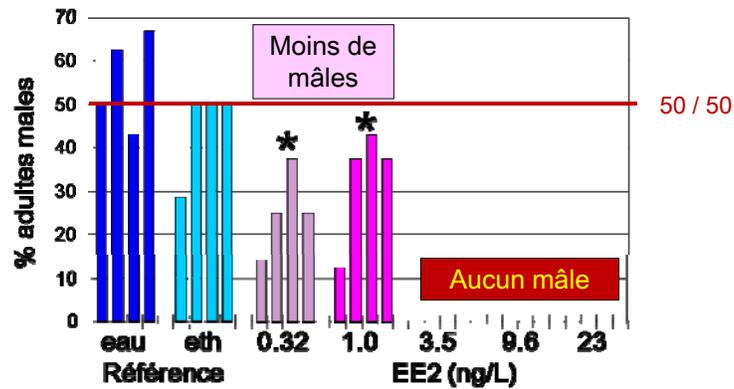
Les micropolluants : Effets

- Sur l'humain :
 - Métaux lourds : organes vitaux, système nerveux
 - Dérivés de pétrole (PCB, HAP, dioxine) : cancer
 - Antibiotiques : multi-résistance
 - Sur la faune :
 - Mutations
 - Malformations
 - Féminisation
 - ...
- Apparition d'ovules dans les testicules



Les micropolluants : Effets

- Féminisation (Joanne Parrot, Environnement Canada) :

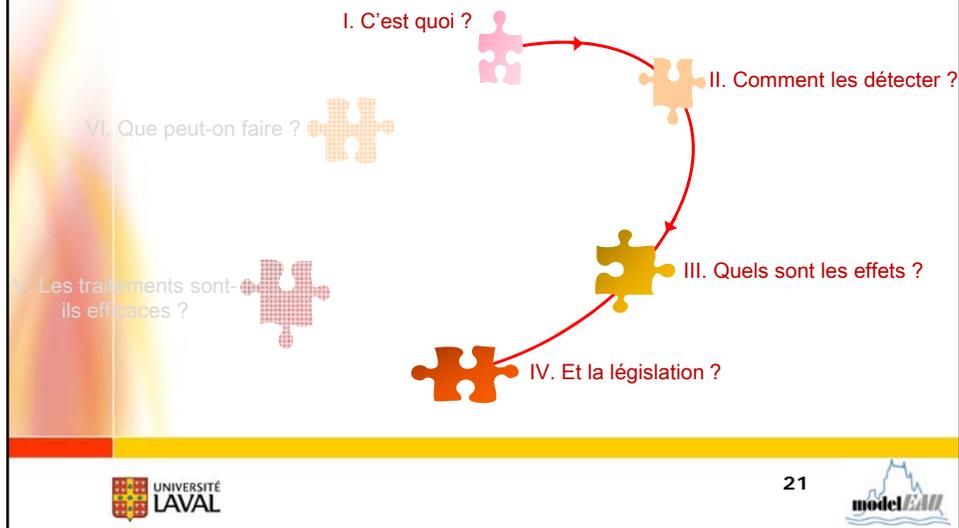


Les micropolluants : Bioamplification



Accumulation des micropollutants dans la chaîne alimentaire

Les micropolluants...



Les micropolluants : Législation

- Règlement sur la qualité de l'eau potable (RQEP)
 - Élaboration de normes pour des contaminants pouvant présenter un risque pour la santé
- Programme de surveillance de la qualité de l'eau
- Élaboration de permis pour activités industrielles
- Municipalités ont la possibilité de contrôler ce qui entre dans les réseaux d'égouts

Développement durable,
Environnement
et Parcs

Québec



Les micropolluants : Législation

- Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME)
- Stratégie pancanadienne sur la gestion des effluents d'eaux usées municipales (2009)
 - Objectifs environnementaux de rejet : incl. micropolluants
 - Évaluation du risque environnemental (incl. le milieu récepteur)
 - À développer pour 2016
 - Toxicité chronique des effluents



Les micropolluants : Législation

- Santé Canada
 - Loi et Règlement sur les aliments et drogues du Canada : Produits pharmaceutiques
 - Loi sur les produits dangereux : Produits destinés aux consommateurs
 - Loi sur les produits antiparasitaires : Pesticides
- Environnement Canada
 - Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE) : Autres substances



Les micropolluants : Législation

Canada

- LCPE (1999)
 - Loi canadienne sur la protection de l'environnement
 - Catégorisation de 23 000 substances existantes
 - Persistance (P)
 - Bioaccumulation (Bi)
 - Toxicité intrinsèque pour l'environnement (T)
 - 393 substances classées « Haute priorité » car ils sont positifs sur les 3 critères P/Bit

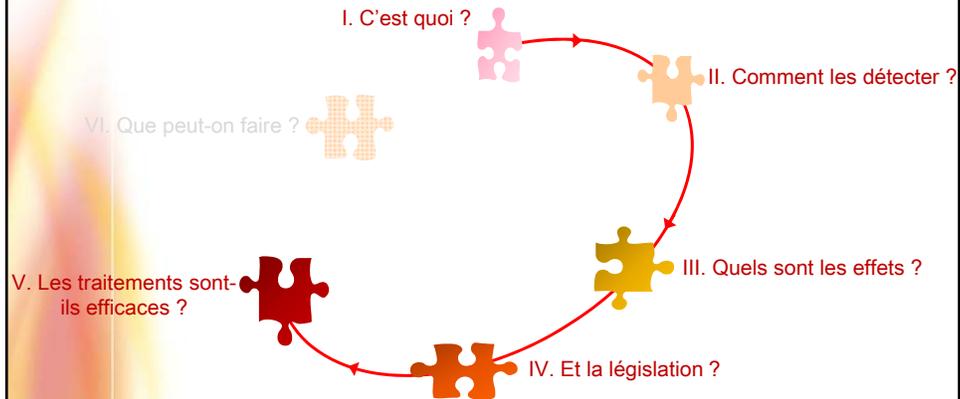
<http://www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca>

Les micropolluants : Législation

- Directive Cadre de l'Eau (2000)
 - Améliorer l'état des eaux de surface et souterraines
- Polluants prioritaires
 - 33 substances considérées comme dangereuses ou nocives
 - Décision de réduire leurs émissions ou de les bannir (P/Bit - 2015)
 - Définition de Standards de Qualité Environnementale (EQS)
 - Concentration moyenne annuelle
 - Concentration maximale permise



Les micropolluants...

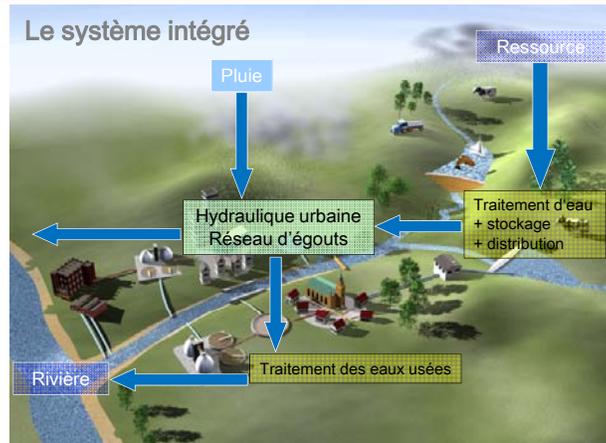


Les micropolluants : Traitement

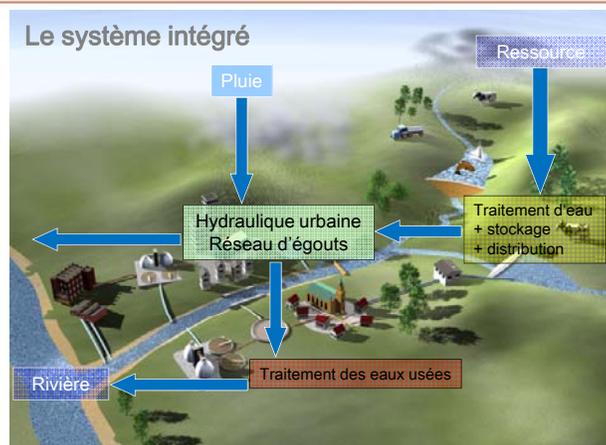
NON « La dilution est la solution à la pollution »



Les micropolluants: Traitement



Les micropolluants: Traitement



Les micropolluants : Traitement

- Les procédés d'élimination
 - Volatilisation
 - Adsorption
 - Photolyse
 - Dégradation chimique (oxydation)
 - Biodégradation
- Élimination d'une substance peut engendrer une production de sous-produits...

Les micropolluants : Traitement

- Dégradation et biodégradation naturelles (*Nicolas Roche*)

Produits	Photolyse naturelle	Biodégradation naturelle
Ibuprofen	Très Faible : $t_{1/2} = 200$ j	Faible : $t_{1/2} = 20$ j
Diclofénac	Photo transformation rapide	Rapide
Carbamazépine	Très Faible : $t_{1/2} = 60$ j	Très Faible : $t_{1/2} = 180$ j
Naproxen	Rapide : $t_{1/2} = 42$ min	-
17 α - Ethinylestradiol	Faible : $t_{1/2} = 36$ h	Persistant

Quels sous-produits ?

Les micropolluants : Traitement

- Dégradation et biodégradation par procédés (Nicolas Roche)

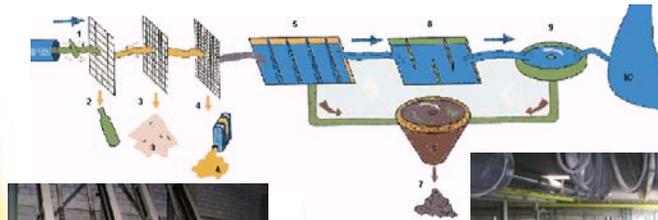
Produits	STEP	UV - Photolyse	Traitement chimique
Ibuprofen	90 – 95 %	< 30%	70 – 95 % (O ₃ et Cl ₂)
Diclofénac	17 – 70 %	30 – 70 %	rapide
Carbamazépine	0 – 10 %	< 30%	30 – 70 %
Naproxen	70 – 80 %	< 30%	70 – 100 %
17α - Ethinylestradiol	50 – 90 %	< 30%	70 %

Adsorption ou dégradation ?

Quels sous-produits ?

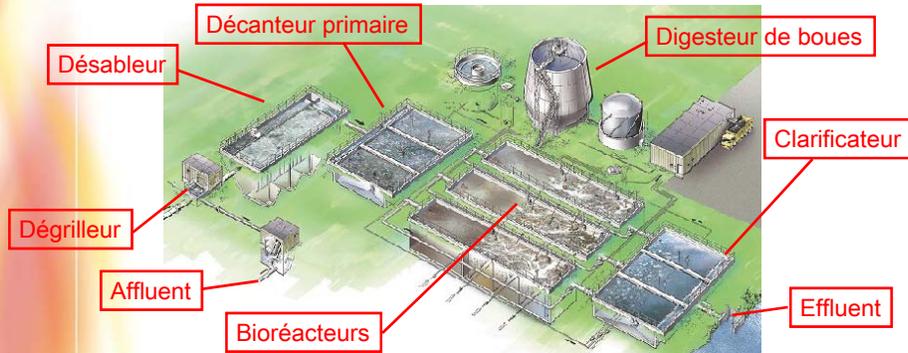
Les micropolluants : Traitement

- Traitement primaire (adsorption, sédimentation)



Les micropolluants : Traitement

- Traitement secondaire par boues biologiques
(adsorption, sédimentation, volatilisation, biodégradation)



Les micropolluants : Traitement

- Boues biologiques



Les micropolluants : Traitement

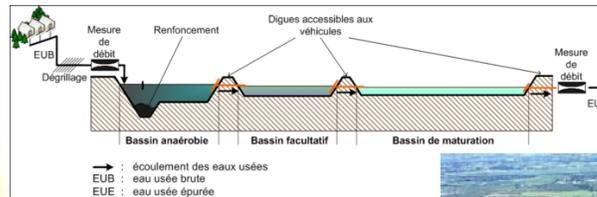
- Performance de traitement : primaire \leftrightarrow secondaire

Family	Substance	Mean removal yields (%)	
		Physico-chemical	Biological
Metals	Cadmium	41%	44%
Metals	Lead	42%	63%
Metals	Nickel	23%	41%
Metals	Copper	48%	68%
PAH	Naphthalene	27%	62%
PAH	Benzo(a)pyrene	75%	79%
PAH	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	80%	83%
Alkylphenols	Nonylphenols	16%	74%
Chlorophenols	Pentachlorophenol	-134%	-56%
VCO	Benzene	99%	85%
VCO	Trichloromethane	80%	69%
VCO	Tetrachloroethylene	54%	76%
Phthalates	Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP)	35%	49%
Chlorinated organics	Hexachlorobenzene	18%	79%
Organochlorinated pesticides	DDT	63%	96%
Organometallic pesticides	Tributyltin	24%	97%
Organophosphorated pesticides	Chlorfenvinphos	?	88%
Organophosphorated pesticides	Chlorpyrifos	42%	44%
Urea pesticides	Diuron	?	31%
Other pesticides	Triclosan	50%	96%
Other chemicals	LAS	7%	91%

Ruel et al. (2008) WST, 57, 1935-1944

Les micropolluants : Traitement

- Étangs aérés
(adsorption, sédimentation, photolyse, volatilisation, biodégradation)



Les micropolluants : Traitement

- Dégradation et biodégradation par procédés (*Nicolas Roche*)

Produits	STEP	UV - Photolyse	Traitement chimique
Ibuprofen	90 – 95 %	< 30%	70 – 95 % (O ₃ et Cl ₂)
Diclofénac	17 – 70 %	30 – 70 %	rapide
Carbamazépine	0 – 10 %	< 30%	30 – 70 %
Naproxen	70 – 80 %	< 30%	70 – 100 %
17α - Ethinylestradiol	50 – 90 %	< 30%	70 %

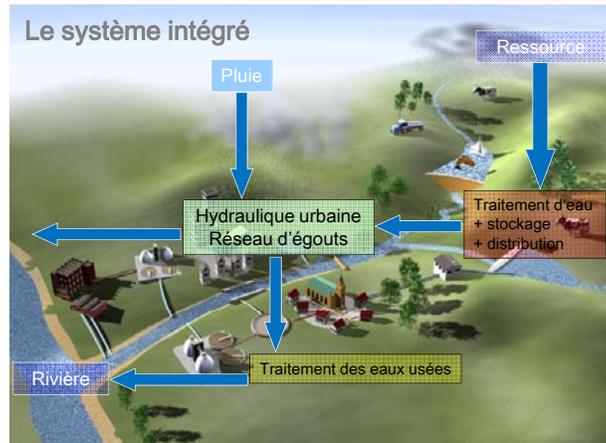
Les micropolluants : Traitement

- Dégradation et biodégradation par procédés (*Nicolas Roche*)

Produits	STEP	Étangs	Traitement chimique
Ibuprofen	90 – 95 %	98 – 100%	70 – 95 % (O ₃ et Cl ₂)
Diclofénac	17 – 70 %	–	rapide
Carbamazépine	0 – 10 %	5 – 50%	30 – 70 %
Naproxen	70 – 80 %	100%	70 – 100 %
17α - Ethinylestradiol	50 – 90 %	80 – 98%	70 %

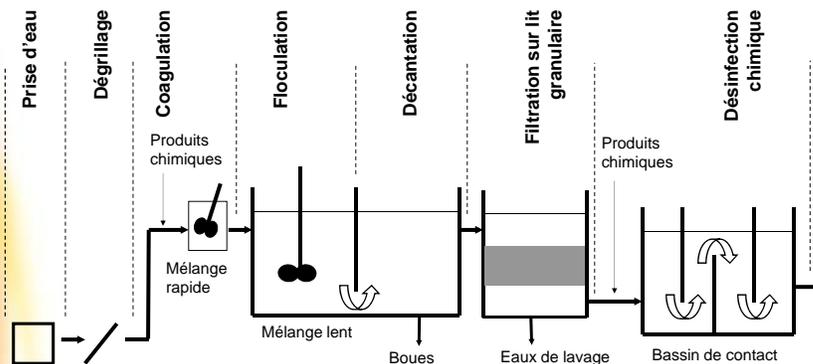
- Résultats confirmés par l'étude de Smyth (Environnement Canada)

Les micropolluants: Traitement



Les micropolluants : Traitement

- Chaîne conventionnelle de production d'eau potable



Les micropolluants : Traitement

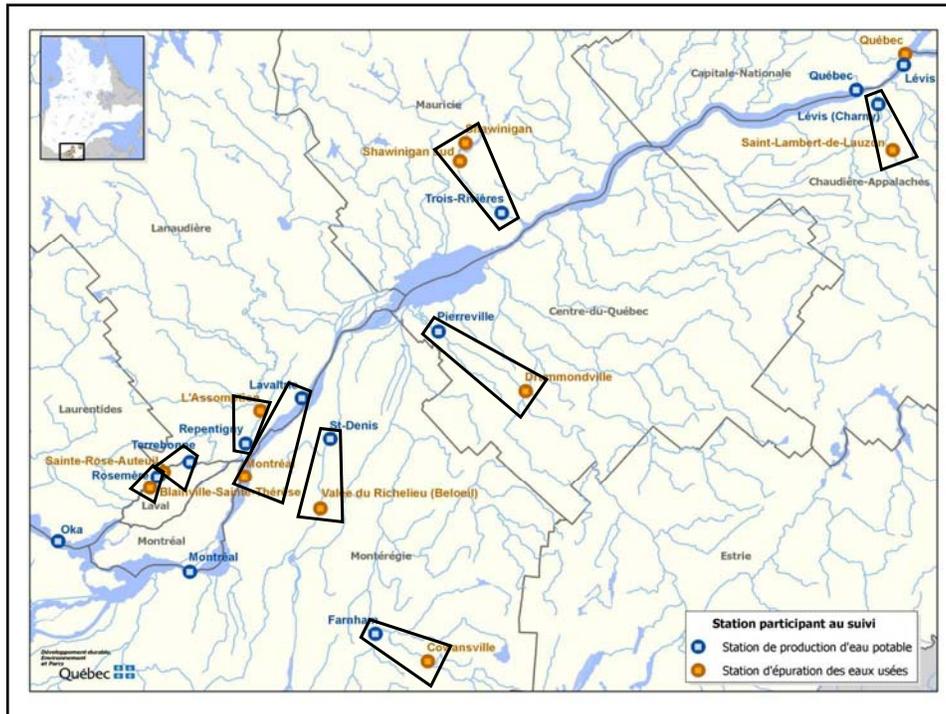
- Traitement pour production d'eau potable



Les micropolluants : Traitement

- Étude au Québec par le MDDEP (*Hélène Tremblay*)
- Caractéristiques des stations sélectionnées :
 - Stations d'eau potable sélectionnées :
 - Situées sur dix cours d'eau ;
 - Elles ont toutes un traitement conventionnel ;
 - Entre 2000 et 1,5 million de personnes
 - Stations d'eaux usées sélectionnées :
 - Situées en amont des stations d'eau potable;
 - Traitements variés (lagunages, biofiltration, boues biologiques, physicochimique)
 - Entre 1500 et 1,5 million de personnes



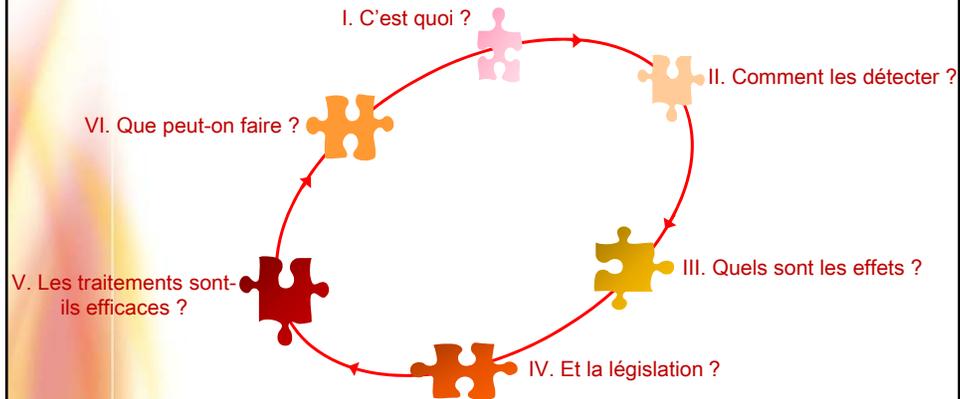


Les micropolluants : Traitement

- Fréquence de détection des hormones :
 - Entrée de stations d'épuration : 53 – 67%
 - Sortie de stations d'épuration : 30 – 73%
 - Eau brute de traitement d'eau : 0 – 30%
 - Sortie d'eau potable : 0 – 2%

- Fréquence de détection des produits pharmaceutiques :
 - Entrée de stations d'épuration : 40 – 100%
 - Sortie de stations d'épuration : 33 – 100%
 - Eau brute de traitement d'eau : 0 – 90%
 - Sortie d'eau potable : 0 – 31%

Les micropolluants...

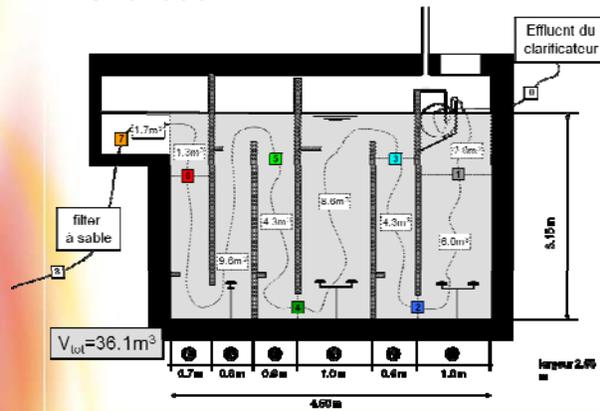


Les micropolluants : Que faire ?

- Traitement plus performant
- Contrôle à la source
- Substitution

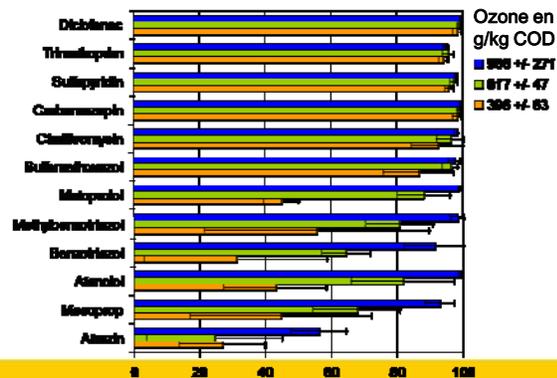
Les micropolluants : Que faire ?

- Ozonation



Les micropolluants : Que faire ?

- Performance d'élimination (%)
en fonction de la quantité d'ozone introduite (*Hansruedi Siegrist*)



Les micropolluants : Que faire ?

- Charbon activé



Les micropolluants : Que faire ?

- Traitement plus performant
- Contrôle à la source
- Substitution

Les micropolluants : Que faire ?

- Contrôle à la source : Ruissellement en agriculture
- Zones tampon (5 – 20 m)



Les micropolluants : Que faire ?

- Contrôle à la source : Eaux pluviales
- Bassin d'orage Chauveau
 - Quartier résidentiel
 - Nouveau développement
 - ~15 ha
 - ~900 habitants



Les micropolluants : Que faire ?

- Contrôle à la source : Eaux pluviales
- Bassin d'orage Chauveau
 - Protection contre des pluies de 100 ans
 - Volume total de 3300 m³
 - Hauteur max. 1,6 m



Les micropolluants : Que faire ?

- Contrôle à la source : Eaux pluviales – Sortie ouverte



Les micropolluants : Que faire ?

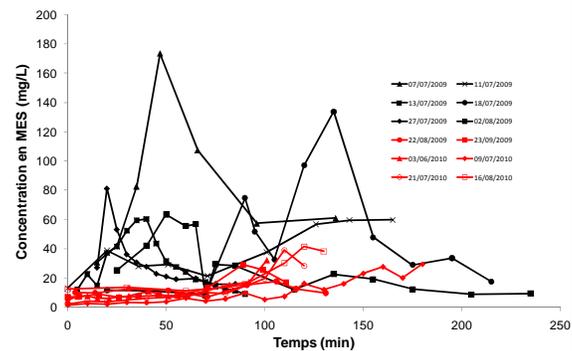
- Contrôle à la source : Eaux pluviales – Sortie fermée



Les micropolluants : Que faire ?

- Contrôle à la source : Eaux pluviales

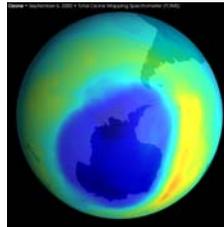
Sortie ouverte
Sortie fermée



Les micropolluants : Que faire ?

- Exemple de substitution :

- Le trou dans la couche d'ozone
- Les CFC (chlorofluorocarbures) ont été montrés du doigt
- Protocole de Montréal (1987)
- Ces substances ont été remplacées
- Couche sera rétablie au niveau de 1980 vers 2050



Les micropolluants : Que faire ?

- Substitution

- Pas toujours possible
- Est-ce que l'utilisateur du produit sera d'accord
 - de payer plus pour la même chose ?
ou
 - ne plus avoir accès ?

Les micropolluants : Que faire ?

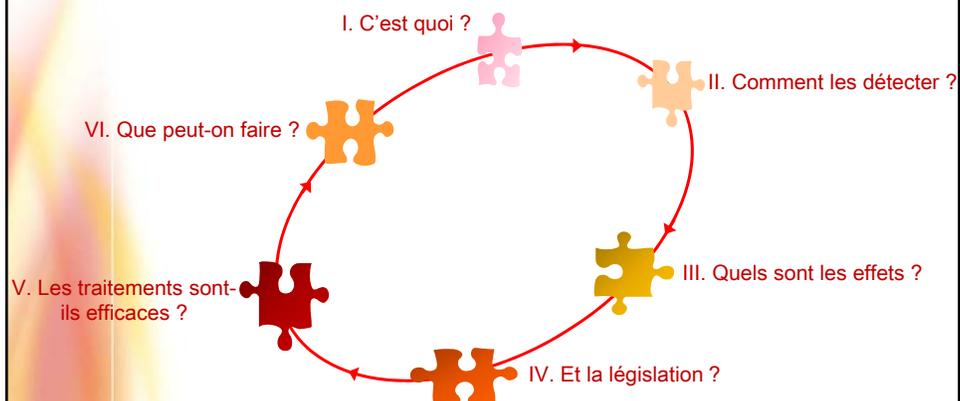
- Substitution partielle est souvent possible

- Exemple : Cadmium

- Difficile à remplacer pour des batteries NiCd
 - A été substitué comme
 - Pigment
 - Stabilisateur de PVC
 - ...



Les micropolluants : Conclusion



Conclusion

- Méthodes d'analyse sont prêtes
- Législation est en place
- Traitement
 - Conventionnel : assez efficace
 - Avancé : plus performant mais cher
- Autres approches
 - Substituer
 - Contrôler à la source
 - Essayer de concentrer les micropolluants

Remerciements

- Peter Vanrolleghem
- Frédéric Cloutier
- Sébastien Sauvé



Chaire de Recherche du Canada
en Modélisation de la Qualité de l'Eau



CRSNG



ScorePP

