

# Comment protéger nos eaux des micropolluants ?

AmiEs de la  
Terre Québec

Centre Frédéric-Back

23 03 2016

Peter Vanrolleghem et Ludiwine Clouzot



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



## Mon premier contact avec le Canada

- 1976 : Les jeux olympiques de Montréal



2



## Mon premier contact avec le Canada

- 1976 : Les jeux olympiques de Montréal

Ivo Van Damme



3

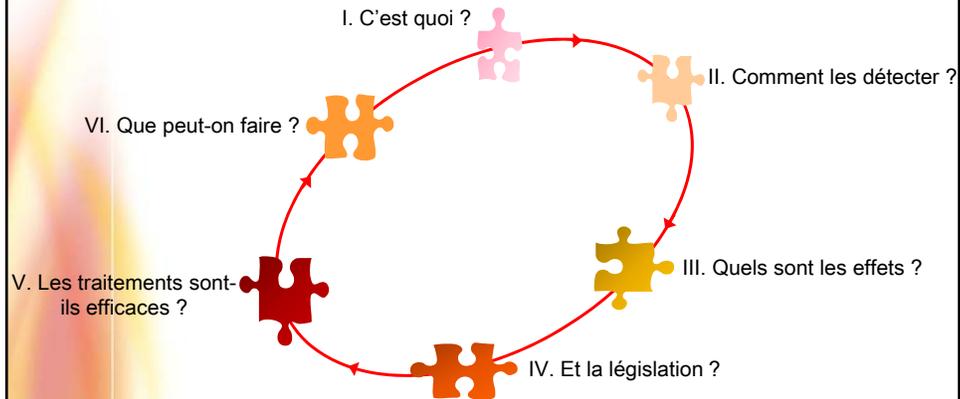


## Le stade olympique et la pollution

- Morceau de sucre : Sébastien Sauvé (UdM)



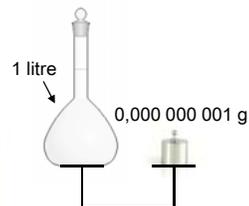
# Les micropolluants...



# Les micropolluants : C'est quoi ?



- 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)

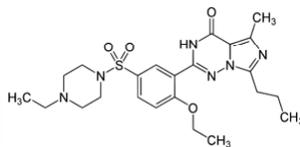


## Les micropolluants : C'est quoi ?

### ▪ Produits pharmaceutiques et de soin personnel

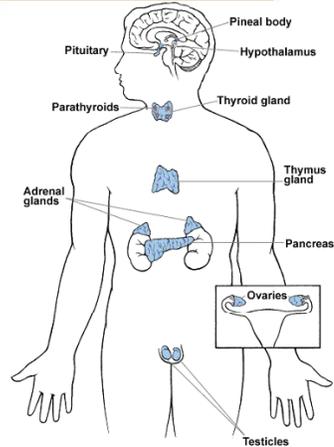
#### ▪ Médicaments prescrits

- Antibiotiques
- Bêta bloqueurs
- Antidépresseurs
- ...



## Les micropolluants : C'est quoi ?

### ▪ Perturbateurs endocriniens



## Les micropolluants : C'est quoi ?

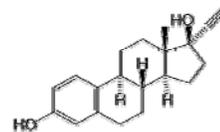
### ▪ Perturbateurs endocriniens

#### ▪ Hormones

- Naturelles : estrone, progestérone, etc.



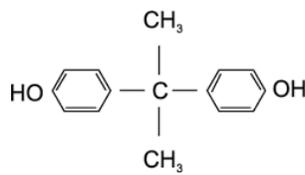
- Synthétiques : pilules contraceptives, traitements hormonaux, etc.



EE2 : 17 $\alpha$ -éthynylestradiol

## Les micropolluants : C'est quoi ?

- Perturbateurs endocriniens
  - Bisphénol-A (BPA)
    - Polycarbonates (Bouteilles, CDs)
    - Résines d'époxy (Boîtes de conserve)



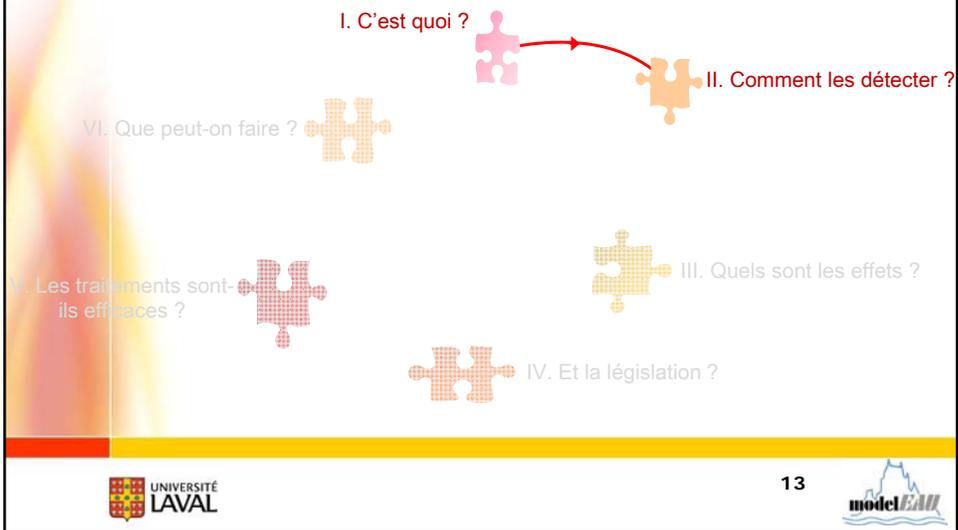
- Banni depuis 2008 au Canada (premier pays au monde)

## Les micropolluants : C'est quoi ?

- Pesticides
  - Insecticides
  - Fongicides
  - Herbicides



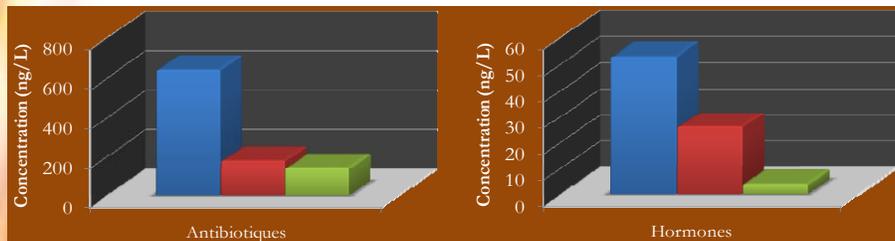
# Les micropolluants...



# Les micropolluants : Détection

Données de revues de la littérature (199 articles)<sup>1,2</sup> (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

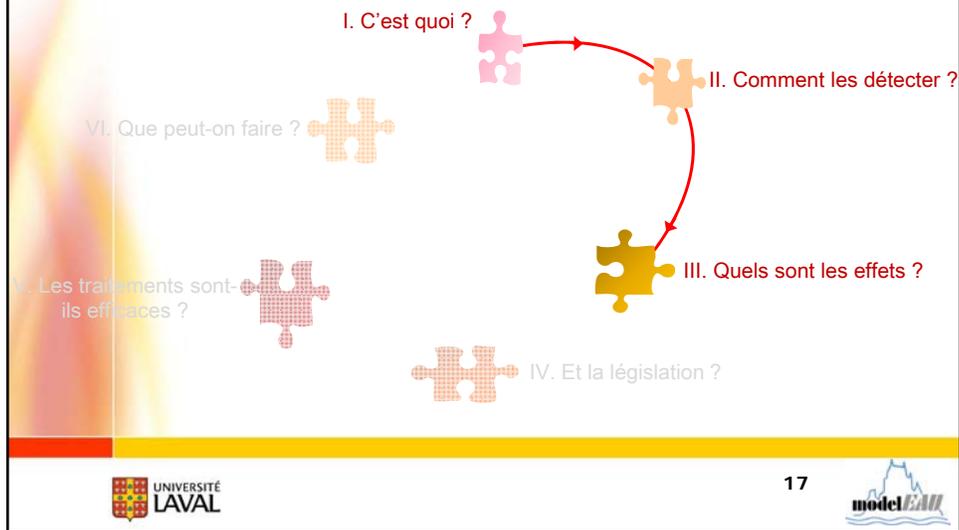


## Les micropolluants : Détection

- 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



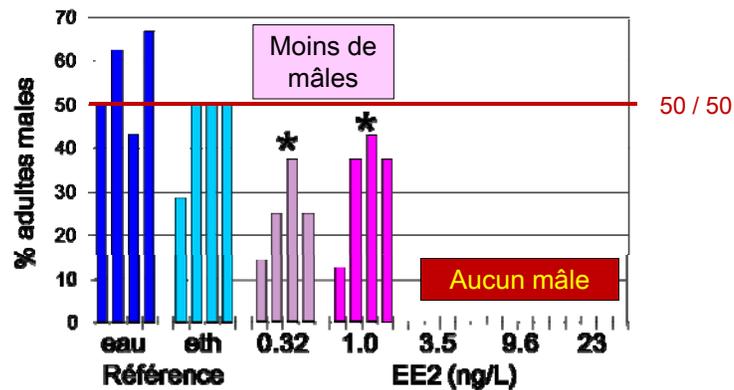
- Sur la faune :
  - Mutations
  - Malformations
  - Féminisation
  - ...



Apparition d'ovules dans les testicules

## Les micropolluants : Effets

- Féminisation (*Joanne Parrot, Environnement Canada*) :

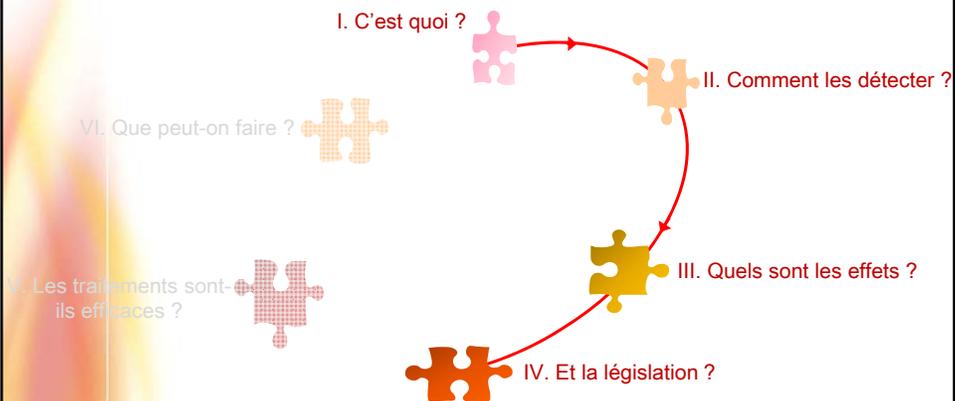


## Les micropolluants : Bioamplification



Accumulation des micropolluants 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

Canada



## Les micropolluants : Législation

- 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

Canada

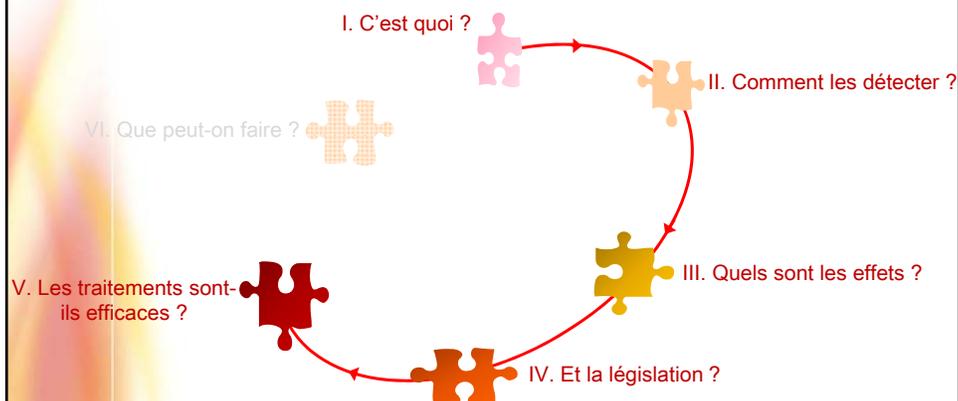
<http://www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca>

## 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...

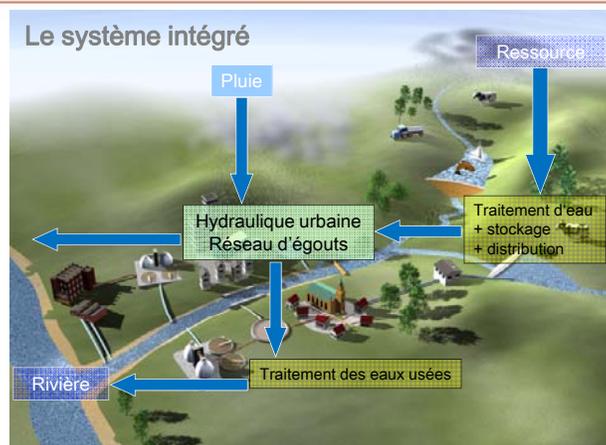


## Les micropolluants : Traitement

**NON** « La dilution est la solution à la pollution »



## Les micropolluants: Traitement



## Les micropolluants : Traitement

- Les 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 $\alpha$ - Ethinylestradiol	Faible : $t_{1/2} = 36$ h	Persistant

Quels sous-produits ?

## Les micropolluants : Traitement

- Dégradation et biodégradation par procédés (Nicolas Roche)

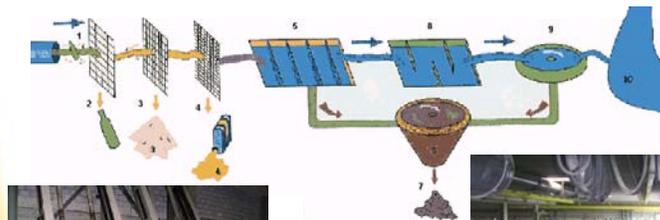
Produits	STEP	UV - Photolyse	Traitement chimique
Ibuprofen	90 – 95 %	< 30%	70 – 95 % (O <sub>3</sub> et Cl <sub>2</sub> )
Diclofénac	17 – 70 %	30 – 70 %	rapide
Carbamazépine	0 – 10 %	< 30%	30 – 70 %
Naproxen	70 – 80 %	< 30%	70 – 100 %
17α - Ethinylestradiol	50 – 90 %	< 30%	70 %

Adsorption ou dégradation ?

Quels sous-produits ?

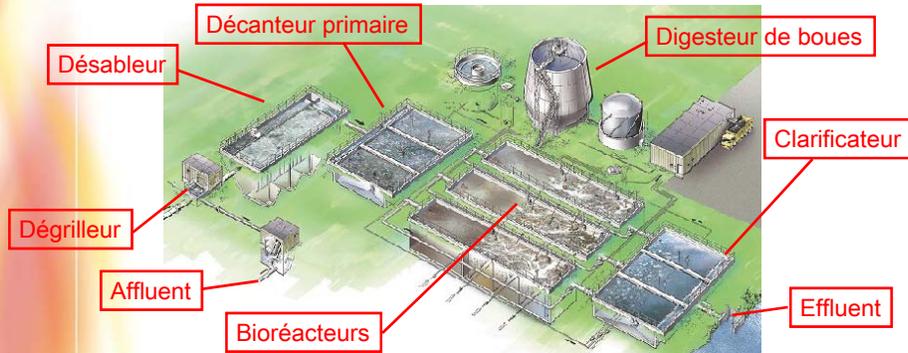
## Les micropolluants : Traitement

- Traitement primaire (adsorption, sédimentation)



## Les micropolluants : Traitement

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



## Les micropolluants : Traitement

- Boues biologiques



## Les micropolluants : Traitement

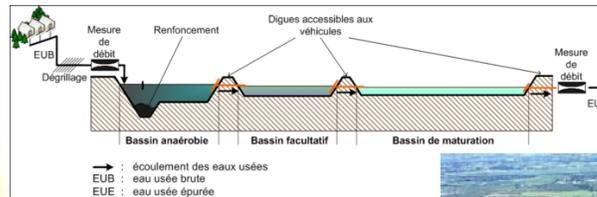
- Performance de traitement : primaire  $\leftrightarrow$  secondaire

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)



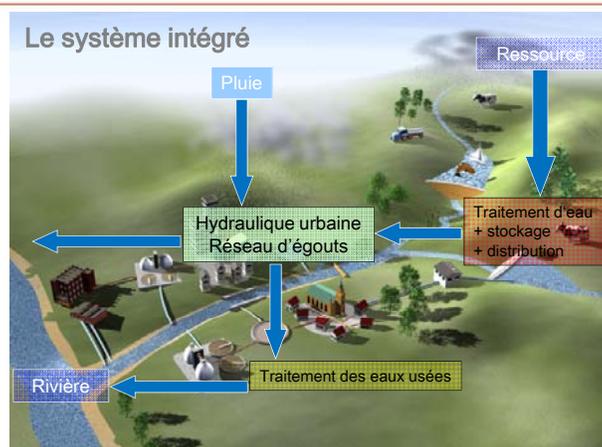
## Les micropolluants : Traitement

- Dégradation et biodégradation par procédés (Nicolas Roche)

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

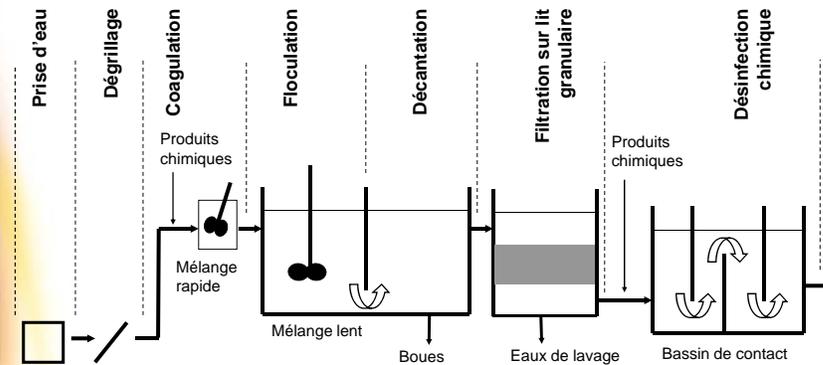
- Résultats confirmés par l'étude de Smyth (Environnement Canada)

## Les micropolluants: Traitement



## Les micropolluants : Traitement

- Chaîne conventionnelle de production d'eau potable



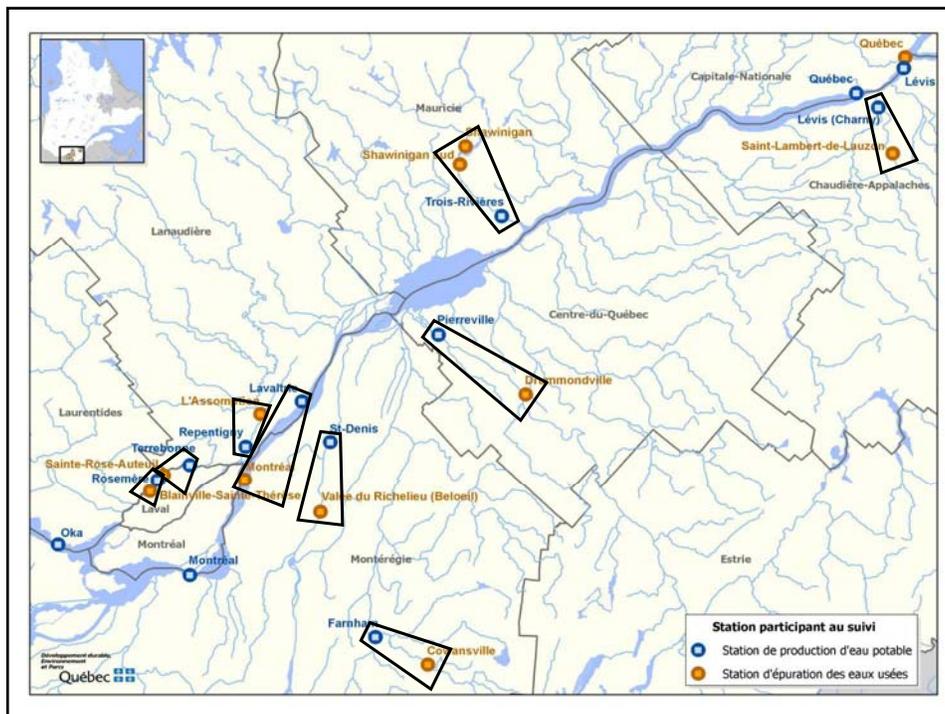
## Les micropolluants : Traitement

- Traitement pour production d'eau potable



## Les micropolluants : Traitement

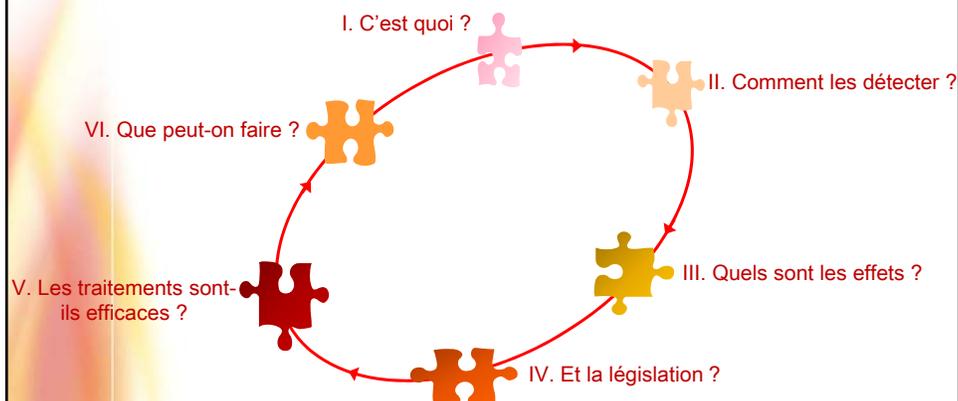
- Étude au Québec par le MDDEP (*Hélène Tremblay*)
- Caractéristiques des stations sélectionnées :
  - Stations d'eau potable sélectionnées :
    - Situées sur dix cours d'eau ;
    - Elles ont toutes un traitement conventionnel ;
    - Entre 2000 et 1,5 million de personnes
  - Stations d'eaux usées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

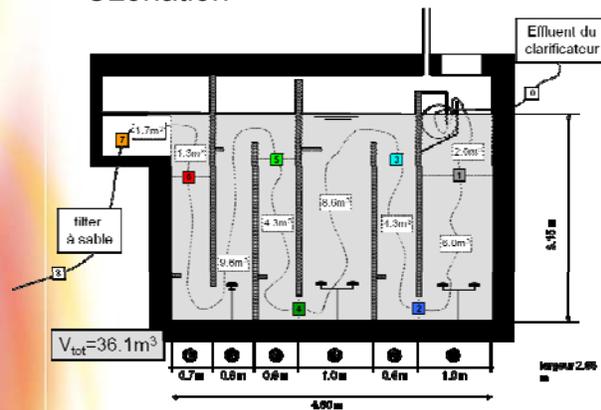


## Les micropolluants : Que faire ?

- Traitement plus performant
- Contrôle à la source
- Substitution

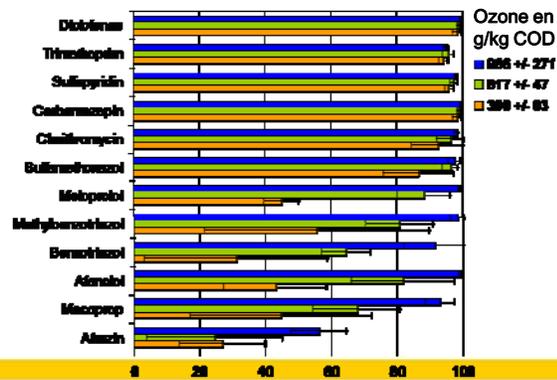
## Les micropolluants : Que faire ?

- Ozonation



## Les micropolluants : Que faire ?

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

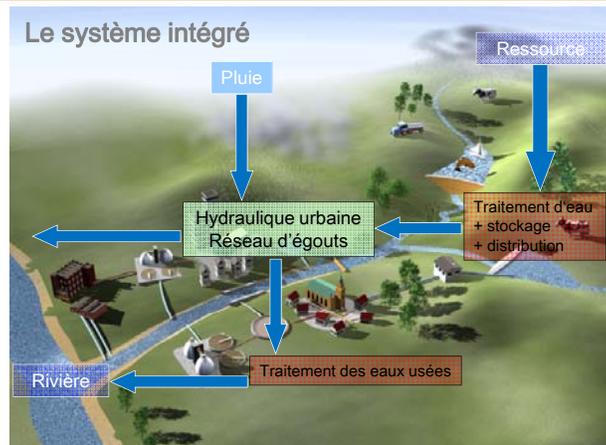


## Les micropolluants : Que faire ?

- Charbon activé



## Les micropolluants: Traitement



## 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 m<sup>3</sup>
  - Hauteur max. 1,6 m



## Les micropolluants : Que faire ?

- Contrôle à la source : Eaux pluviales – Sortie ouverte



## Les micropolluants : Que faire ?

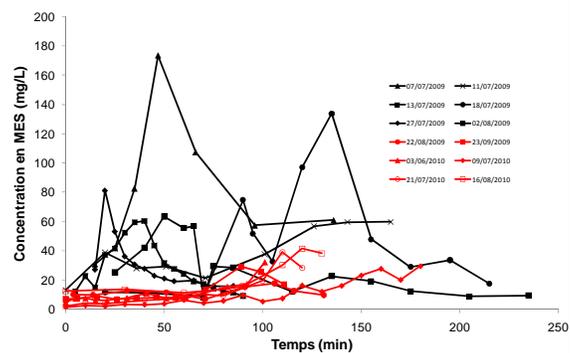
- Contrôle à la source : Eaux pluviales – Sortie fermée



## Les micropolluants : Que faire ?

- Contrôle à la source : Eaux pluviales

Sortie ouverte  
Sortie fermée

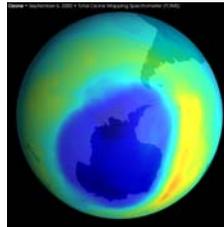




## Les micropolluants : Que faire ?

- 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 ?

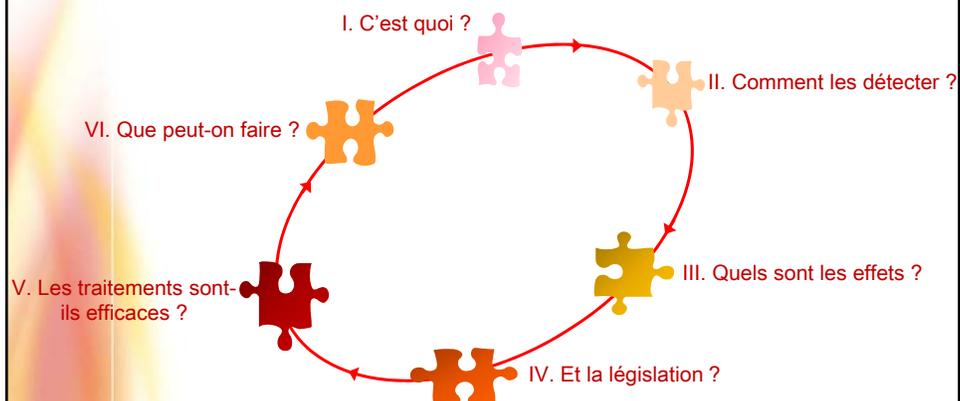
- Substitution partielle est souvent possible

- 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
  - Conventioanel : assez efficace
  - Avancé : plus performant mais cher
- Autres approches
  - Substituer
  - Contrôler à la source
  - Essayer de concentrer les micropolluants

## Remerciements

- Ludiwine Clouzot
- Frédéric Cloutier
- Sébastien Sauvé



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



CRSNG



ScorePP

