

ENLÈVEMENT DES CONTAMINANTS D'INTÉRÊT ÉMERGENT ET DE LA TOXICITÉ LORS DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES



Zeina Baalbaki

Zeina Baalbaki*, Thomas Maere**, Peter A.Vanrolleghem** and Viviane Yargeau*

* Yargeau 3Cs Laboratory, Chemical Engineering Department, McGill University

** modelEAU, Département de génie civil et de génie des eaux, Université Laval



Contaminants d'intérêt émergent (CIEs)



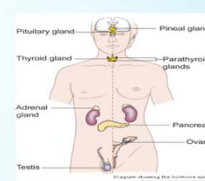
Un ensemble de produits chimiques qui peut présenter une menace potentielle pour l'environnement ou la santé



Pharmaceutiques et drogues



Produits d'hygiène personnelle



Perturbateurs endocriniens

Contexte du projet



Ces contaminants sont rejetés dans l'environnement par l'entremise des rejets des stations de traitement des eaux usées (STEU)



Plusieurs des contaminants d'intérêt émergent (CIEs) sont détectés dans l'eau de surface



Il est essentiel de comprendre l'enlèvement de ces contaminants lors de traitement afin de minimiser leur rejet

3

Objectifs de recherche

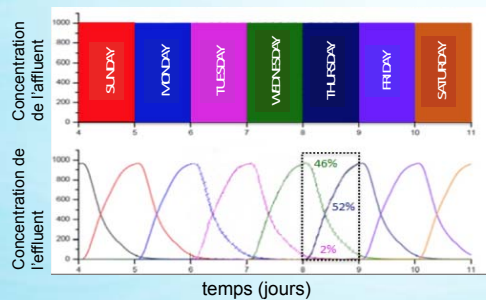
- En utilisant une méthode avancée d'échantillonnage, obtenir des résultats fiables d'enlèvement des contaminants dans 3 stations de traitement
- Mesurer la toxicité des eaux usées en utilisant le système Microtox pour évaluer l'enlèvement de la toxicité lors du traitement
- Développer et valider un modèle de prédiction et d'optimisation de l'enlèvement des CIEs



4

Méthode avancée d'échantillonnage

- ❖ La méthode classique pour déterminer l'enlèvement des CIEs compare les charges d'influent et effluent d'un même jour
- ❖ En raison de la distribution de temps de séjour (DTS), l'effluent sur un certain jour consiste en des charges d'affluent de plusieurs jours passés



Les taux d'enlèvement modifiés

$$E = \frac{L_{ref} - L_{eff}}{L_{eff}} \times 100 \%$$

E : Taux d'enlèvement

L_{eff} : Charge réelle dans l'effluent sur un certain jour

$$L_{ref} = \sum_{i=1}^n f_n L_n$$

L_{ref} : Charge d'effluent calculée sans enlèvement et considérant le DTS

f_n : Fraction de charge d'affluent au chaque jour qui est dans l'effluent

L_n : Charge réelle dans l'affluent aux plusieurs jours passés

5

La conductivité électrique (CE) comme traceur

- ❖ Il n'est pas pratique d'utiliser du sel comme traceur inerte dans une STEU
- ❖ La conductivité est donc utilisée comme un traceur du comportement hydraulique
 - Lors du traitement, la conductivité diminue naturellement, mais légèrement
 - La diminution naturelle de la conductivité, modélisée comme un inerte, est corrigée avant d'effectuer une comparaison avec la conductivité réelle:

$$\text{Conductivité modélisée corrigée} = \text{Fraction de diminution de la conductivité réelle moyenne due au traitement} \times \text{Conductivité modélisée}$$

6

Méthodologie



Déployer les sondes de conductivité électrique (CE) aux endroits sélectionnés



Utiliser la CE comme traceur pour modéliser la distribution des temps de séjour (DTS) dans chacune des étapes de traitement afin de déterminer les fractions de charges



Prélever des échantillons composés sur 24h aux endroits sélectionnés pendant 4 jours consécutifs



Effectuer l'analyse chimique des échantillons par LC-MS/MS et l'analyse de toxicité par Microtox



Utiliser les fractions de charge et les résultats d'analyse chimique pour évaluer l'enlèvement des CIEs

7

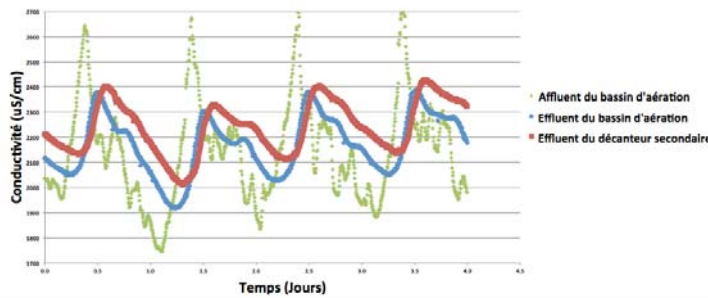
STEU Guelph

- ◇ **PRIMAIRE**
- ◇ **SECONDAIRE**
 - **Boues activées**
- ◇ **TERTIAIRE**
 - **Contacteur biologique rotatif (CBR)**
 - **Filtre à sable**
- ◇ **DÉSINFECTION**



Variations de la conductivité

TRAITEMENT SECONDAIRE



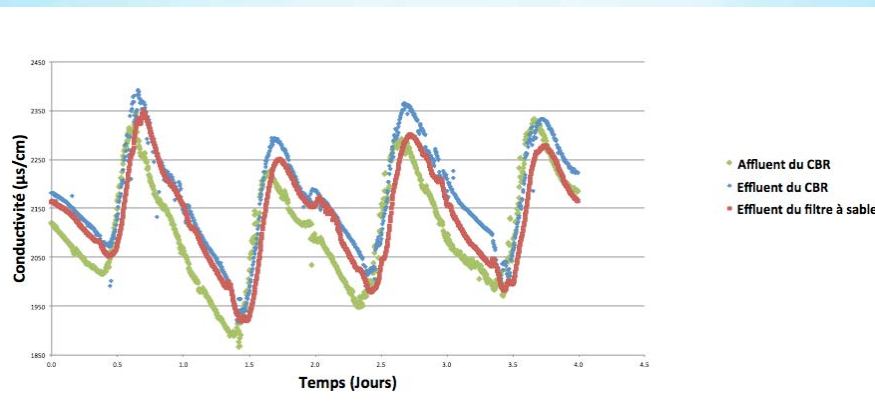
Affluent du bassin d'aération

Effluent de bassin d'aération

9

Variations de la conductivité

TRAITEMENT TERTIAIRE



Affluent du CBR
Effluent du CBR
Effluent du filtre à sable

10

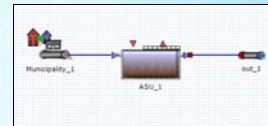
Calage hydraulique sur WEST

❖ Les données réelles de conductivité sont entrées dans le modèle de base en utilisant WEST

❖ En général, le modèle de base consiste en un bassin d'aération qui a un volume équivalent au volume réel

Le calage se fait en variant:

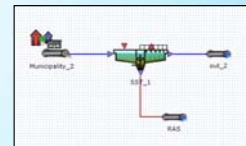
- ◆ Le nombre de bassins d'aération en série
- ◆ Le volume total



❖ Pour les décanteurs, le modèle de base consiste en un décanteur qui a un volume équivalent au volume réel et les paramètres par défaut

Le calage se fait en variant:

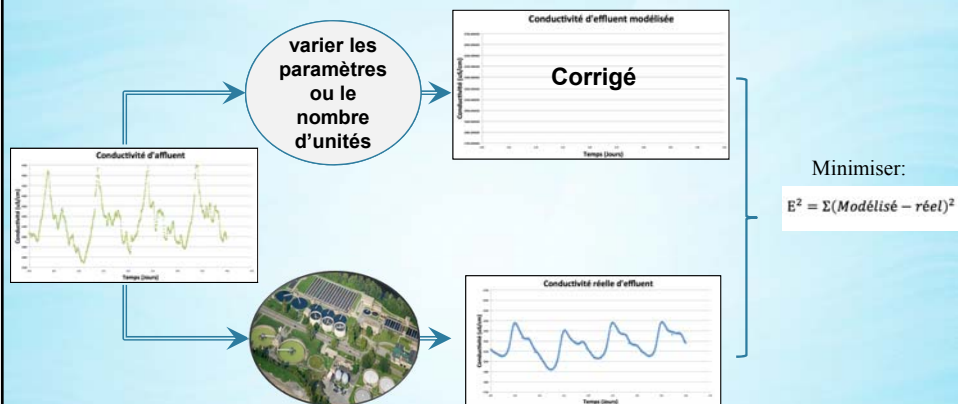
- ◆ Le nombre de couches et la couche d'alimentation
- ◆ Le volume total



❖ Une simulation dynamique est effectuée sur WEST pour une période de traitement équivalente à 4 - 5 jours

11

Choix du meilleur modèle de DTS

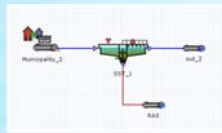


❖ Les différents calages examinés représentent des modèles différents de distribution de temps de séjour

12

Résultats de choix

PRIMAIRE



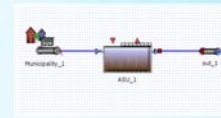
- Paramètres par défaut
- Volume réel

SECONDAIRE



- BASSIN D'AÉRATION: 3 bassins en série
- DÉCANTEUR: Paramètres par défaut et volume réel

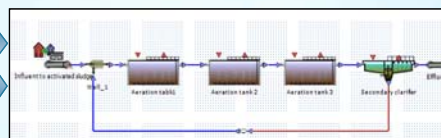
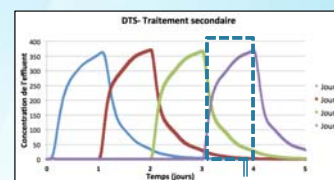
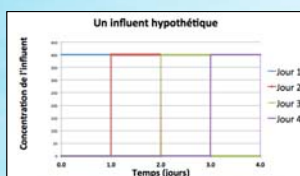
TERTIAIRE



- CONTACTEUR BIOLOGIQUE ROTATIF: Un bassin avec volume ajusté
- FILTRE À SABLE: Un bassin avec volume ajusté

13

Obtenir les fractions de charge TRAITEMENT SECONDAIRE



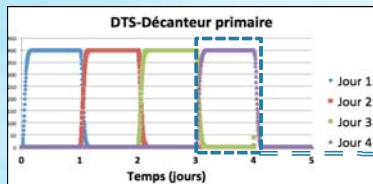
L'effluent du 4^{ème} jour est composé de :

- 61% de l'affluent du 4^{ème} jour
- 38% de l'affluent du 3^{ème} jour
- 3.5% de l'affluent du 2^{ème} jour
- 0.3% de l'affluent du 1^{er} jour

14

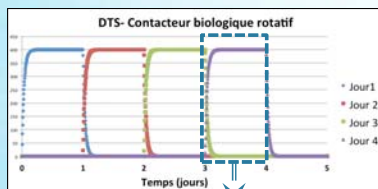
Fractions de charge AUTRES ÉTAPES DE TRAITEMENT

Primaire

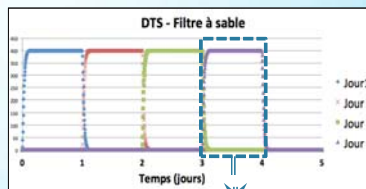


L'effluent au jour 4 est composé de :
 99.7% de l'affluent du 4^{ème} jour
 6% de l'affluent du 3^{ème} jour

Tertiaire



L'effluent au jour 4 est composé de :
 97% de l'affluent du 4^{ème} jour
 3.4% de l'affluent du 3^{ème} jour



L'effluent au jour 4 est composé de :
 97.3% de l'affluent du 4^{ème} jour
 3.1% de l'affluent du 3^{ème} jour

15

Taux d'enlèvement TRAITEMENT SECONDAIRE

Concentrations mesurées de pharmaceutiques (ng/L)

Lieu d'échantillonnage	Jour	Androsténone	Carbamazépine	Estrone	Naproxène	Sulfaméthoxazole	Triclosan	
Affluent au traitement secondaire	Jour 1	56	63	13	< LOQ	< LOQ	225	0.3%
	Jour 2	43	76	7	445	30	85	3.5%
	Jour 3	105	112	< LOD	652	51	145	38%
	Jour 4	58	87	8	904	29	71	61%
Effluent du traitement secondaire	Jour 1	38	158	< LOQ	< LOQ	61	93	
	Jour 2	28	124	< LOQ	25	63	40	
	Jour 3	53	130	5	60	16	46	
	Jour 4	49	128	9	45	33	21	

Taux d'enlèvement calculés selon la méthode conventionnelle et améliorée (%)

Méthode	Jour	Androsténone	Carbamazépine	Estrone	Naproxène	Sulfaméthoxazole	Triclosan
Conventionnelle (Taux quotidien)	Jour 1	31	-149	> 61	-	< -332	59
	Jour 2	34	-64	> 29	94	-111	53
	Jour 3	50	-16	< -160	91	68	69
	Jour 4	16	-48	-21	95	-14	> 71
Améliorée (Fractions de charge)		36	-31	< -63	94	13	80

16

Taux d'enlèvement TRAITEMENT TERTIAIRE

◇ Contacteur biologique rotatif

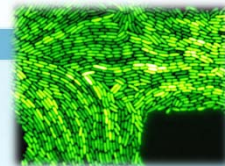
Méthode	Jour	Androsténone	Carbamazépine	Estrone	Naproxène	Sulfaméthoxazole	Triclosan
Conventionnelle (Taux quotidien)	Jour 1	-2	2	-	6	-26	-34
	Jour 2	9	2	<38	-10	73	-21
	Jour 3	-3	7	-23	18	15	-52
	Jour 4	8	-4	41	14	-53	-15
Améliorée (Fractions de charge)		8	-3	40	15	-47	-10

◇ Filtre à sable

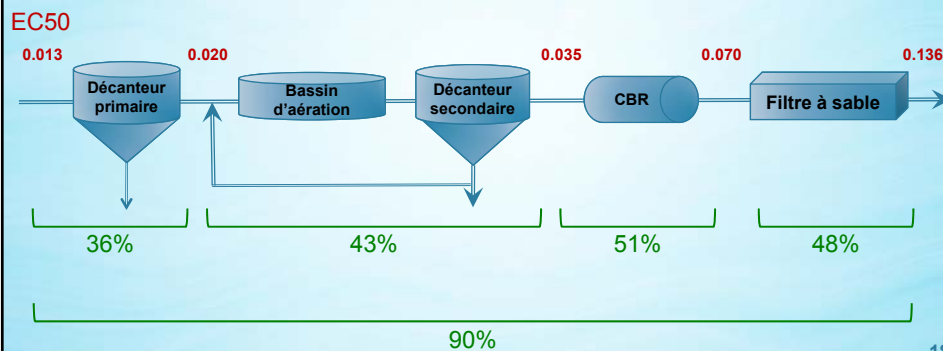
Méthode	Jour	Androsténone	Carbamazépine	Estrone	Naproxène	Sulfaméthoxazole	Triclosan
Conventionnelle (Taux quotidien)	Jour 1	7	-27	-	-140	>37	33
	Jour 2	-16	-8	-	<36	>27	31
	Jour 3	6	-2	-9	>22	>75	36
	Jour 4	-20	-2	-31	>22	>72	>13
Améliorée (Fractions de charge)		-19	-1	-30	>23	>72	18

17

Microtox



- ◇ *Vibrio fischeri*: Un microorganisme marin bioluminescent
- ◇ **EC50**: La concentration (% volume) de l'échantillon qui diminue la luminescence par 50%
- ◇ **La réduction de la toxicité**: Calculée à partir de l'unité toxique qui est obtenue en inversant le EC50



18

Conclusions et perspective

- ❖ **Le calage hydraulique assure l'obtention des données plus fiables d'enlèvement**
 - Par conséquent, les taux d'enlèvement faibles indiquent des traitements inefficaces pour ces composés et les taux négatifs suggèrent la formation du composé d'origine à partir de ses métabolites
- ❖ **La majeure partie de la réduction de la toxicité se produit dans les étapes de traitement biologique ainsi que le filtre à sable**



19

Remerciements

- ❖ **Prof. Viviane Yargeau**
- ❖ **Prof. Peter Vanrolleghem et Thomas Maere**
 - Université Laval
- ❖ **McGill Engineering Doctoral Award (MEDA)**
- ❖ **NSERC Projets stratégiques**

20