

Lit filtrant réactif :

Suivi et évaluation de la performance d'un éco-procédé pour le traitement des eaux de ruissellement d'autoroute.



Arthur Michaux,
Candidat à la maîtrise en
génie civil

Directrice de recherche:
Prof. Rosa GALVEZ

28/11/2013

INTRODUCTION

Contexte géographique

- Lac en milieu urbain,
à 16 km de Québec
- 2,1 km x 0,3 km
prof. moy = 3,5 m
- Principalement
alimenté par les eaux
souterraines
- Taux de renouvellement : 2 fois par année



Galvez-Cloutier, 2003

INTRODUCTION

Contexte historique



Transformation du territoire:

- *Agriculture*
- *Urbanisation*
- *Autoroute 40*



Sources diffuses et ponctuelles
de contaminants:

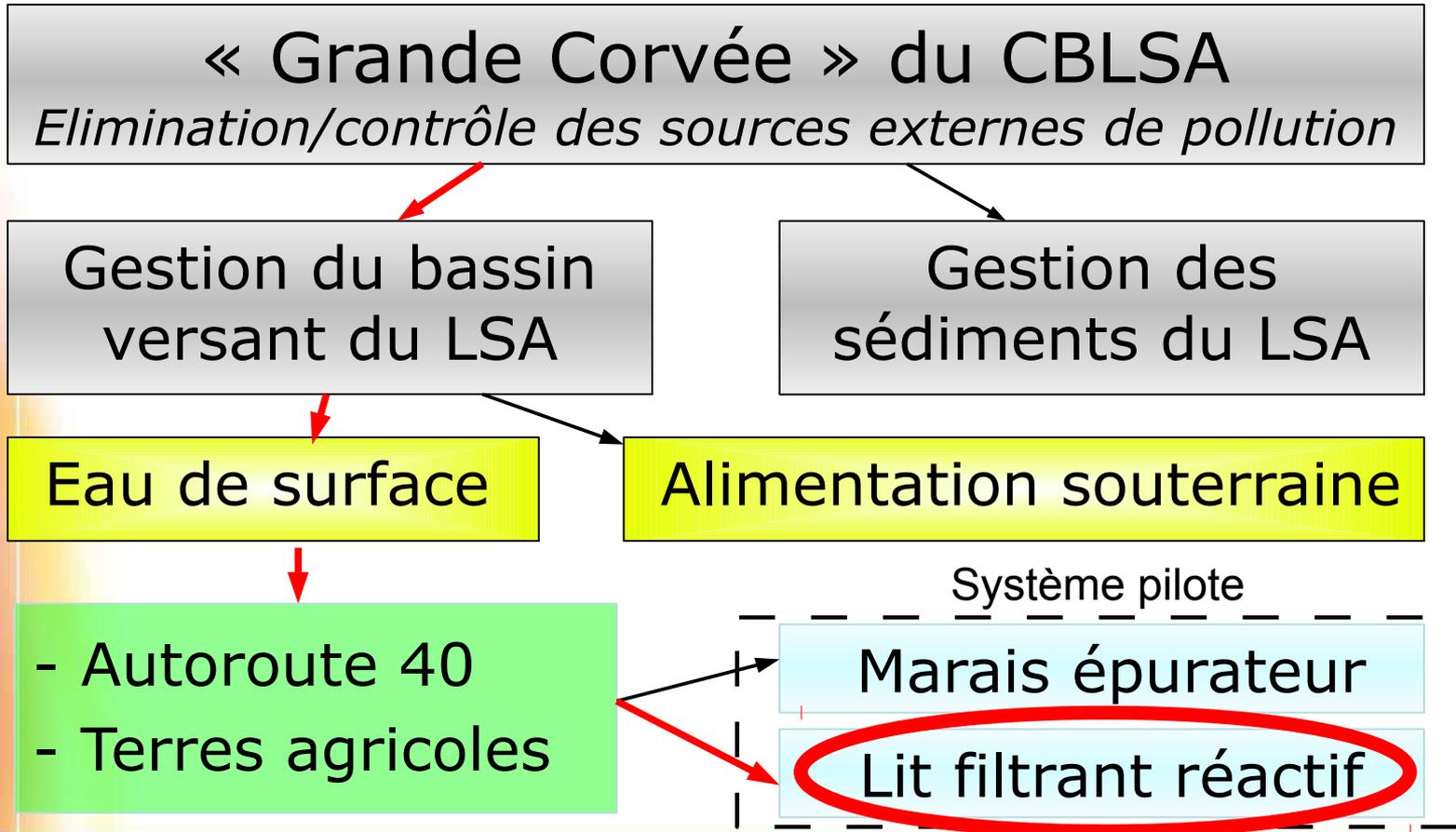
*Engrais, eaux usées, polluants
liés aux autos et hydravions,...*



Eutrophisation accélérée:

INTRODUCTION

Projet de restauration



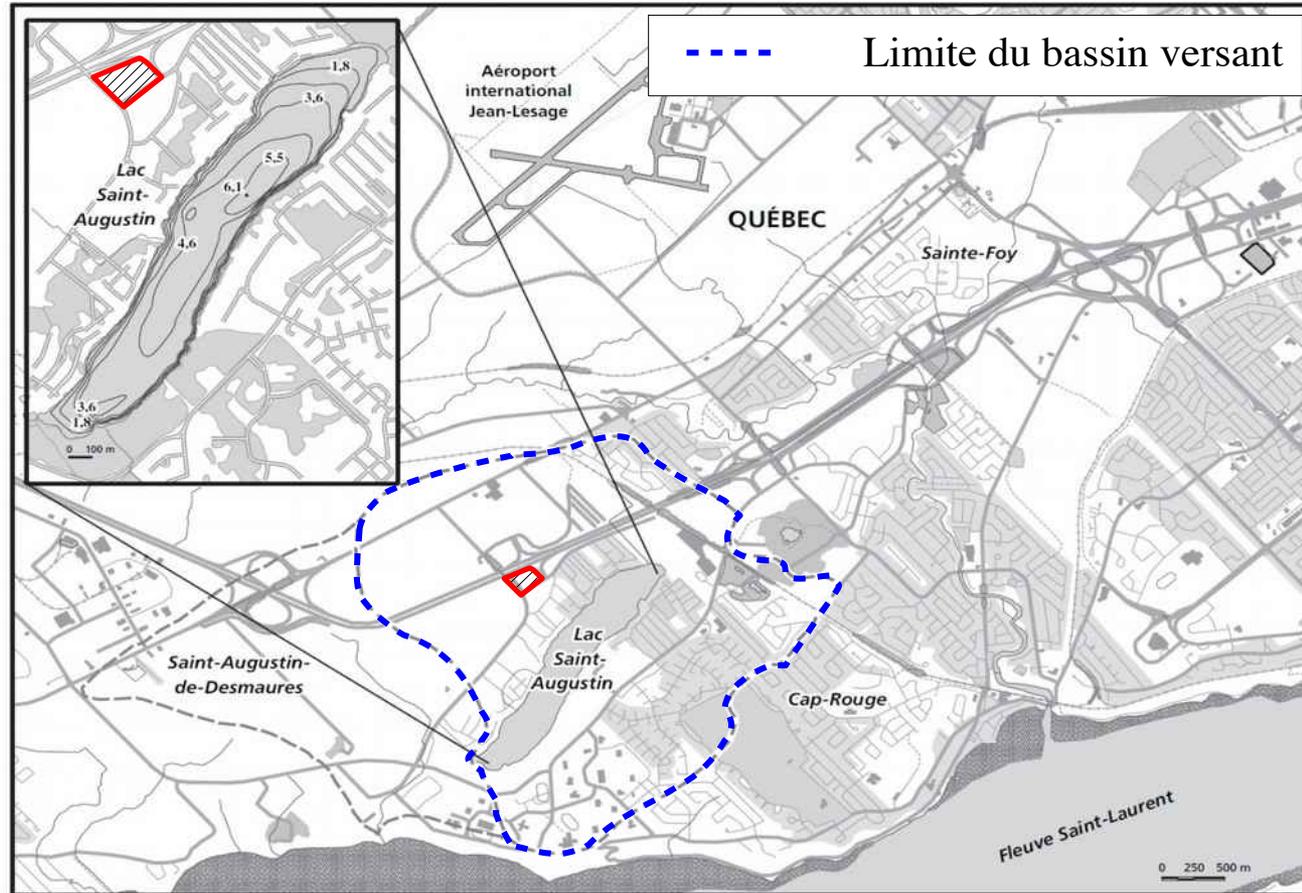
BUT ET OBJECTIFS

- **But** : Étudier l'enlèvement du phosphore, des sels de déglacage, ainsi que des métaux par le lit filtrant réactif (LFR).
- **Objectifs**
 - Faire le suivi de la qualité de l'eau aux extrémités du LFR ainsi que sur la globalité du système de traitement concerné.
 - Caractériser le comportement hydraulique du LFR.
 - Observer le comportement saisonnier du LFR sur le terrain.

MATERIELS et METHODOLOGIE

Système pilote

- Surface du bassin versant : 6,3 km²
- Mai 2011 : Construction du système pilote. Conçu par l'université Laval, construit par Dessau.



MATERIELS et METHODOLOGIE

Système pilote



MATERIELS et METHODOLOGIE

Système pilote

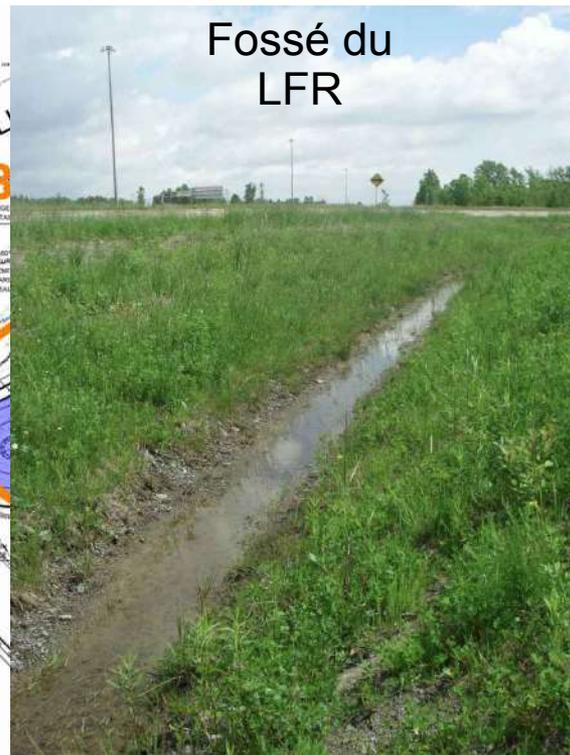
Paramètre	Unité	Eau des fossé*	Seuil admissible**
Phosphore total	µg/L	100-400 µg/L	-
Phosphore soluble	µg/L		20
Chlorure	mg/L	10 - 10 000	250
Sodium	mg/L	10 - 500	200
Calcium	mg/L		-
Conductivité	µS/cm	4380	<i>non mentionné</i>
EMT	µg/L	Quelques mg/L de Pb, Cu, Zn	10 (Pb) 1000 (Cu) 5000 (Zn) 70 (Ni) ; 5 (Cd)
pH	-	7 – 8	6,5 – 8,5

* sources : Galvez-Cloutier, 2010

** sources : MDDEFP, 2013

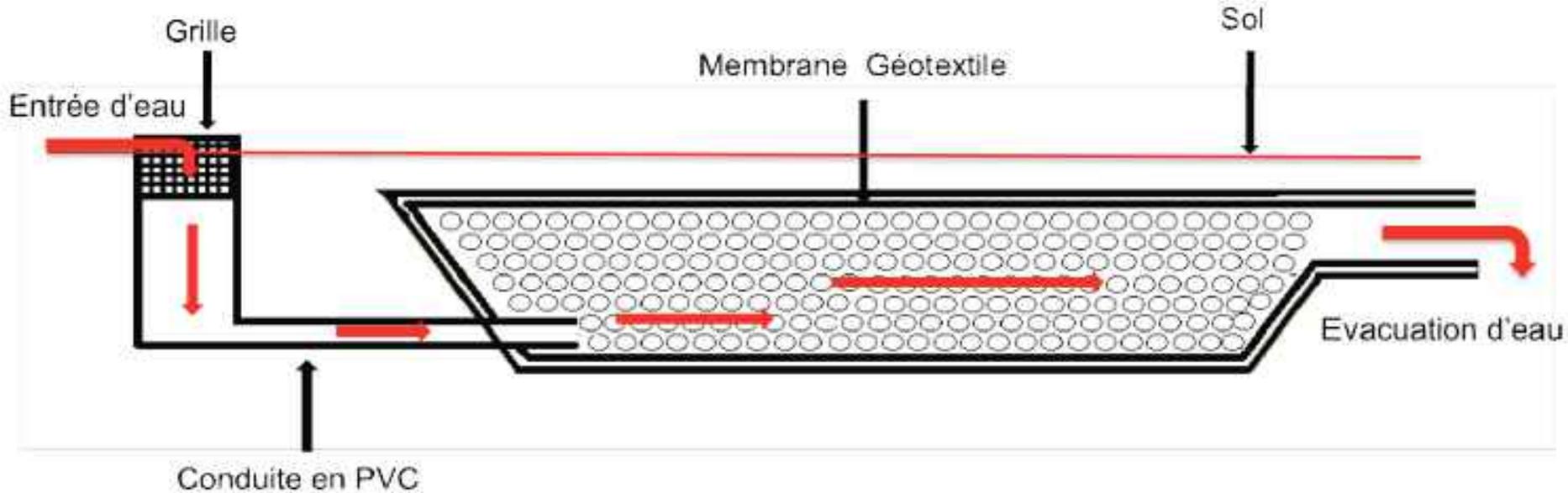
MATERIELS et METHODOLOGIE

Système pilote



MATERIELS et METHODOLOGIE

Lit filtrant réactif

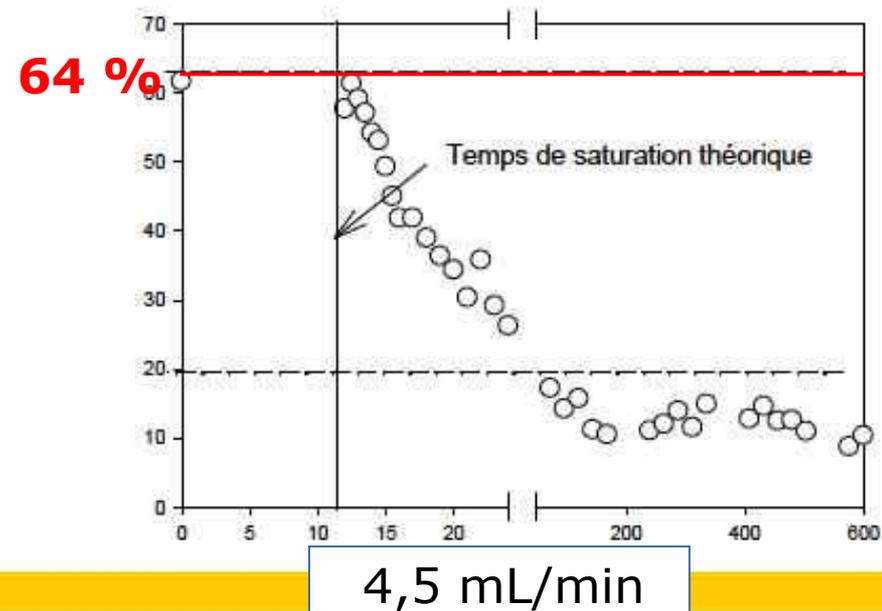
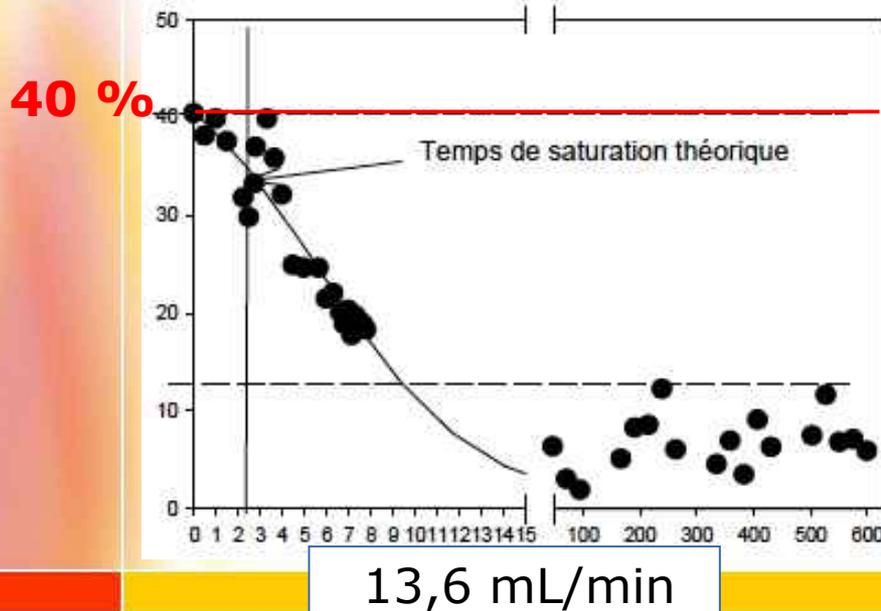


- Composition :
 - Calcite 80%
 - dolomite 20%
 - Granulométrie : 5-10 mm
 - Porosité = 47 %
- Paramètres de construction théoriques :
 - $TRH_{min} = 2 \text{ h}$
 - $Q_{max} = 5 \text{ L/s}$
 - $V = 0,6 \times 4,8 \times 27 \text{ m}^3$

MATERIELS et METHODOLOGIE

Lit filtrant réactif

- Etudes précédentes (Morteau, 2011) :
 - Adsorption de **1,7** (mg P/g de calcite)
 - Jusqu'à **28 %** d'adsorption du **sodium**
 - Essais en **colonne** :



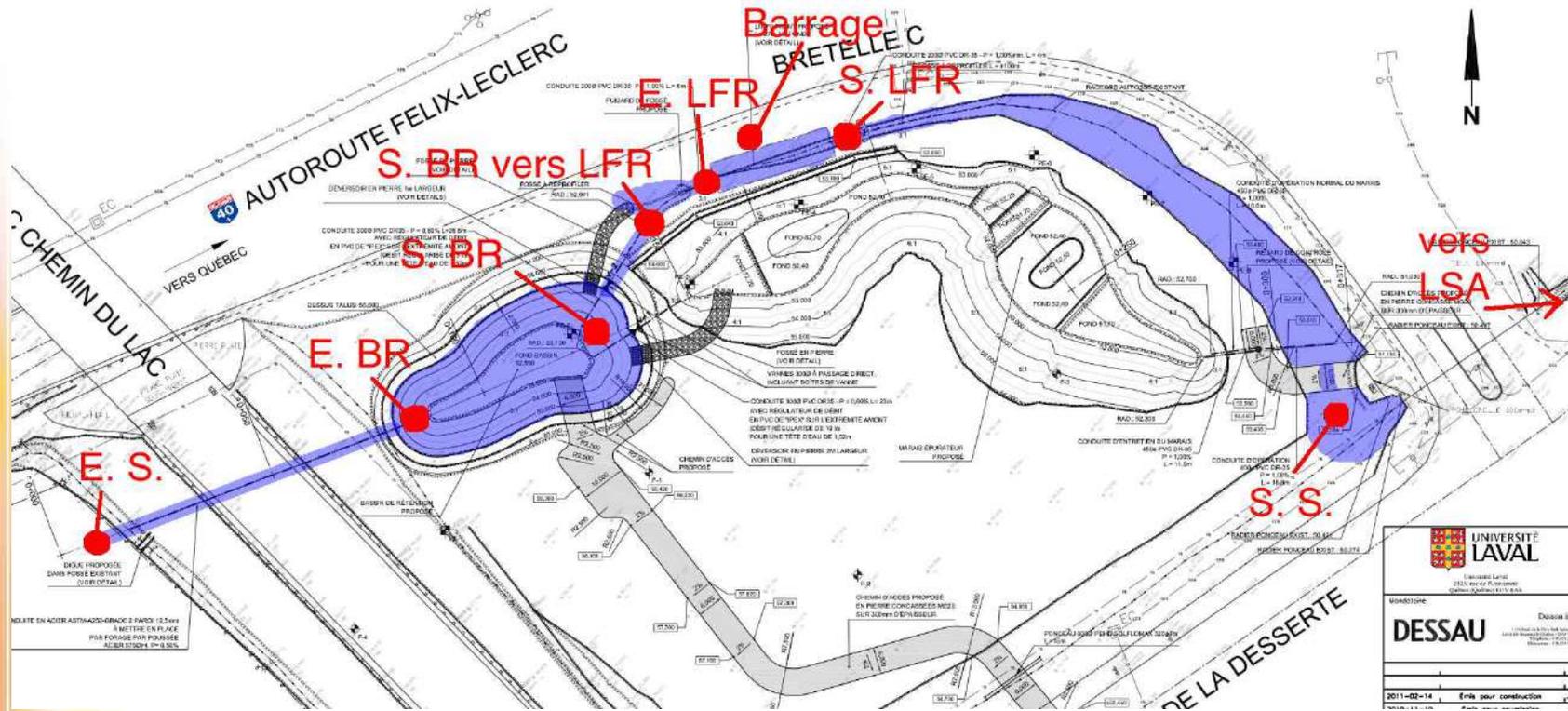
MATERIELS et METHODOLOGIE

Volet chimique

- 2012 : **30 échantillonnages** répartis entre mars et novembre.
- 2013 : **14 échantillonnages** répartis entre avril et août.
- Paramètres analysés:
 - **Phosphore soluble**
 - Sels : **Cl, Na, Ca**
 - Métaux lourds : **Pb, Ni, Cd**
 - **MeS**
 - **Conductivité**
 - **pH**

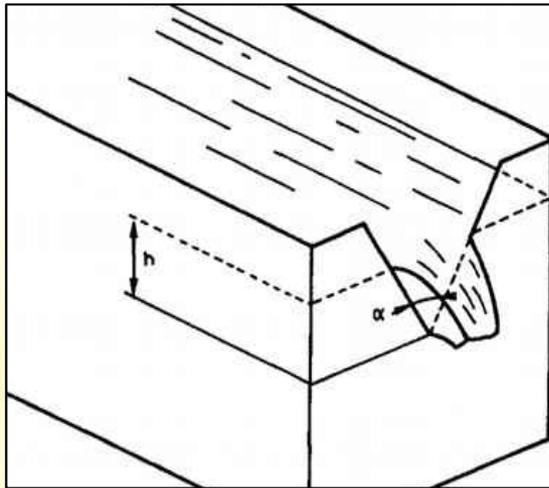
MATERIELS et METHODOLOGIE

Volet chimique



MATERIELS et METHODOLOGIE

Volet hydraulique



Formule empirique :
Gourley

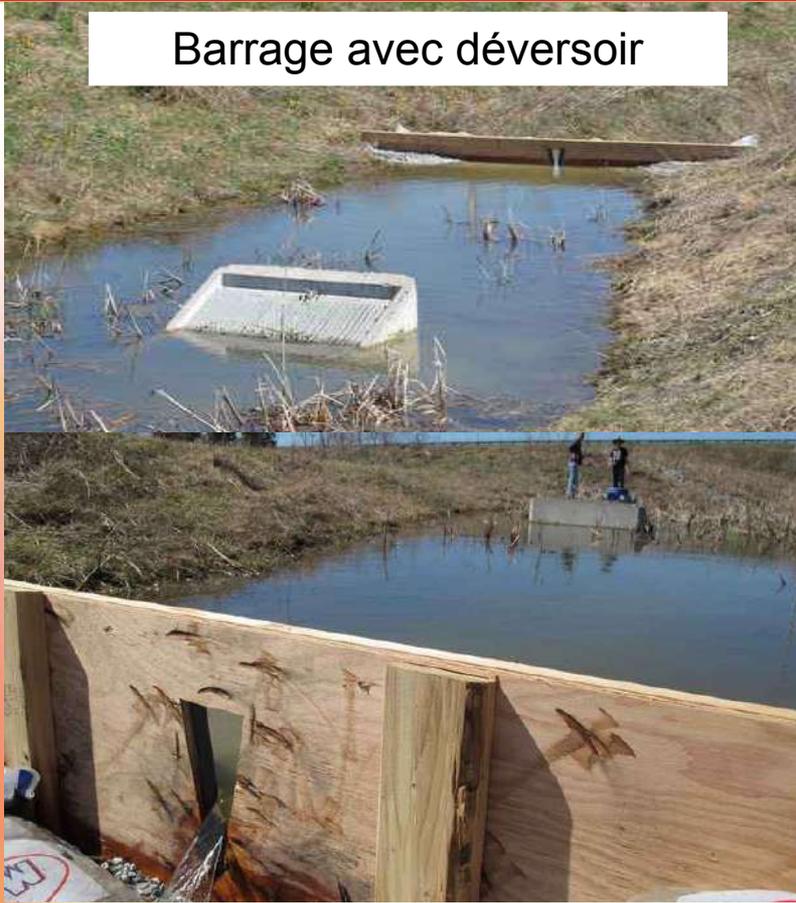
$$Q = 1,32 \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot h^{2,47}$$



MATERIELS et METHODOLOGIE

Volet hydraulique

Barrage avec déversoir



Sortie bassin avec déversoir



MATERIELS et METHODOLOGIE

Volet hydraulique

- 2012 : **1^{er} essai «test» de traçage** réalisé en novembre.
 - 2013 : **3 essais de traçage** réalisés en mai, juin et juillet.
 - Traceur : **rhodamine WT**
 - **Mesure en continu** la concentration en **sortie**
 - **Suivi visuel** en entrée et sortie
 - Suivi des **débits**
 - Suivi des évolutions **météorologiques**
- => Mieux caractériser le **comportement hydraulique** du lit filtrant, notamment son ***temps de rétention***.

MATERIELS et METHODOLOGIE

Volet hydraulique



Entrée LFR juste après injection de rhodamine



Sortie LFR au pic de rhodamine

Entrée LRF
Sortie LRF
Sortie système
Vers LSA



Echantillonnage du
18/07/13

MATERIELS et METHODOLOGIE

Modélisation en laboratoire

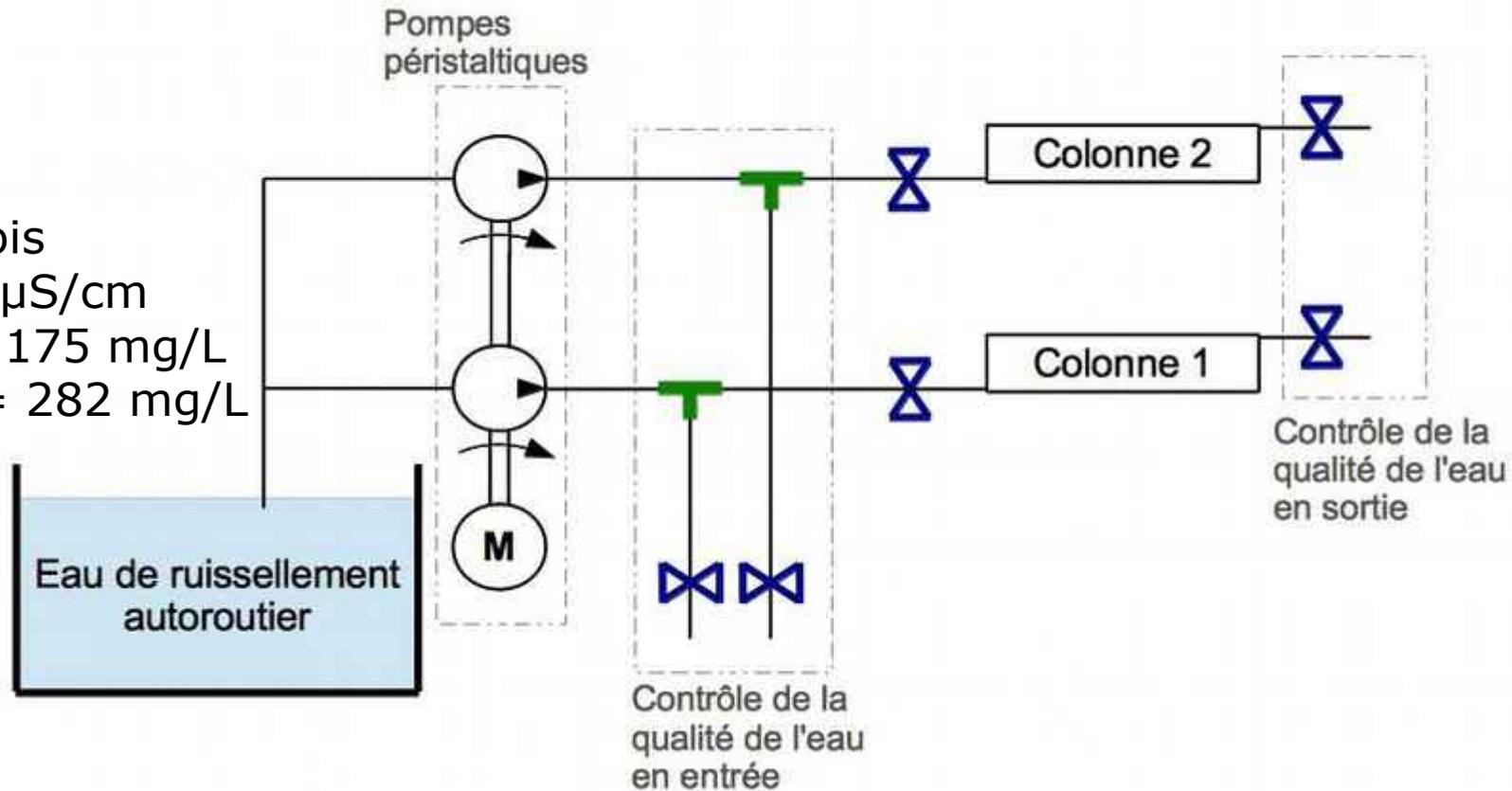


- 2 granulométries testées : **5-10 mm** et **10-14 mm**
- Débit constant : \approx **3,7 mL/min**
- Colonnes : $\emptyset =$ **15 cm** ; **L = 96 cm**
- 20 jours d'**adsorption**

MATERIELS et METHODOLOGIE

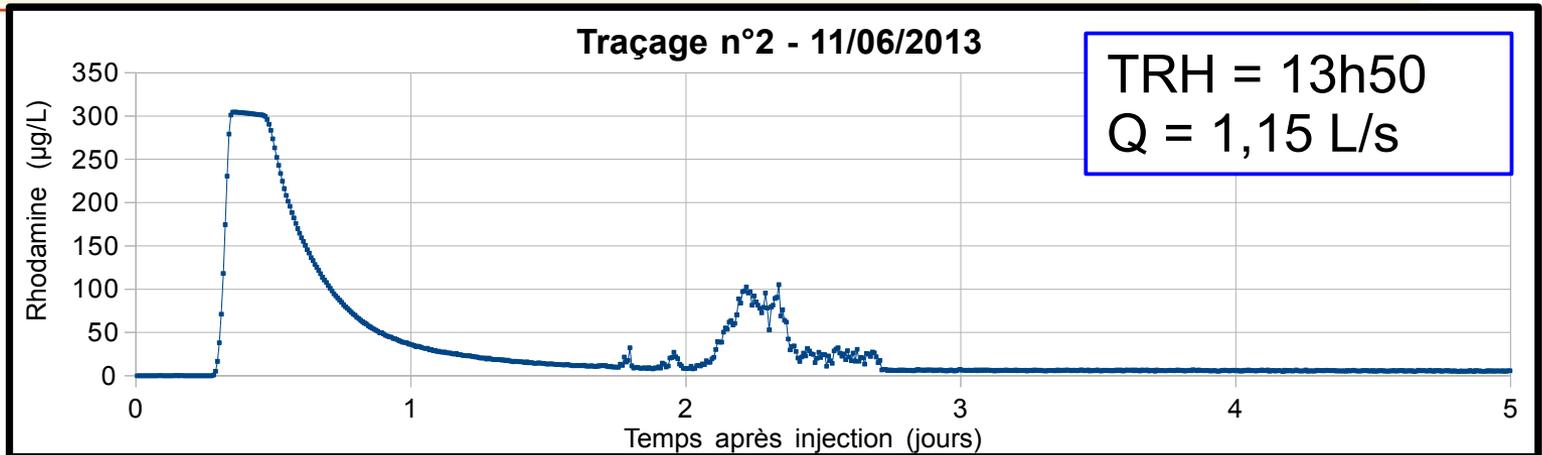
Modélisation en laboratoire

- Diluée 10 fois
- $\sigma = 1104 \mu\text{S}/\text{cm}$
- sodium = 175 mg/L
- chlorure = 282 mg/L

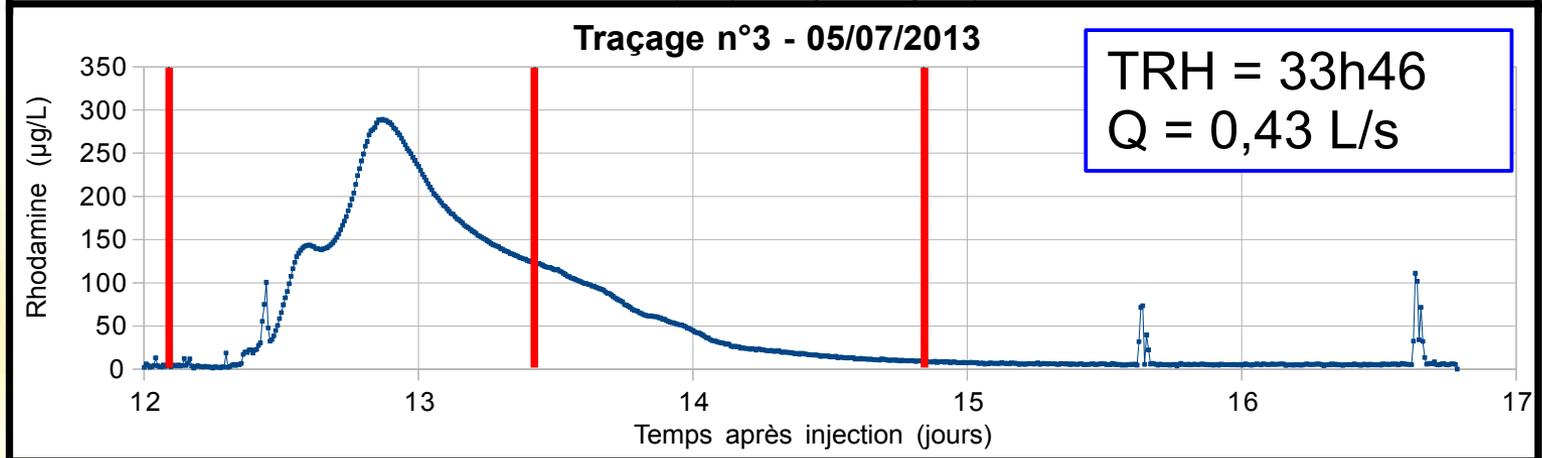


RESULTATS

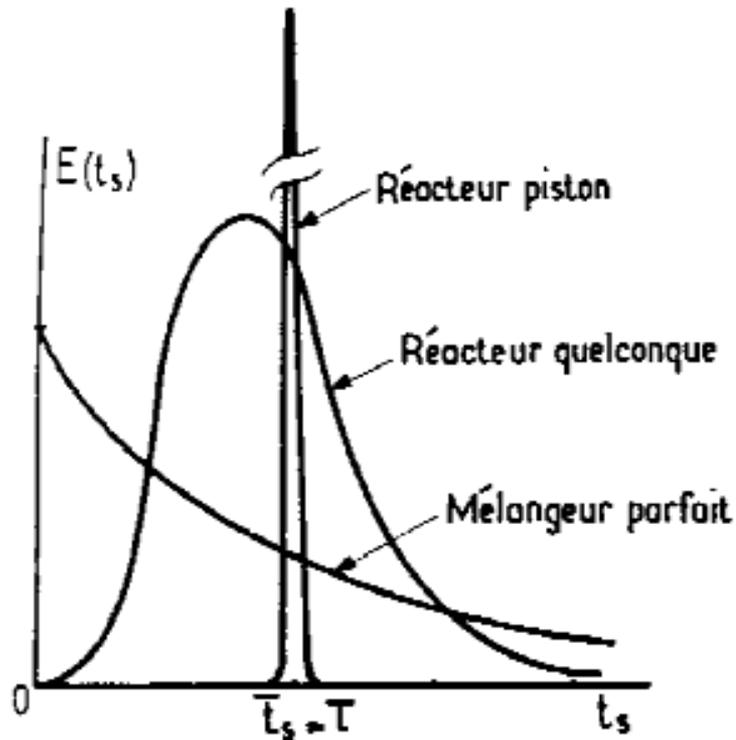
Juin



Juillet



RESULTATS



- Fonctionnement du LFR dépend du **débit** :
 - Grand débit : réacteur piston
 - Faible débit : mélangeur

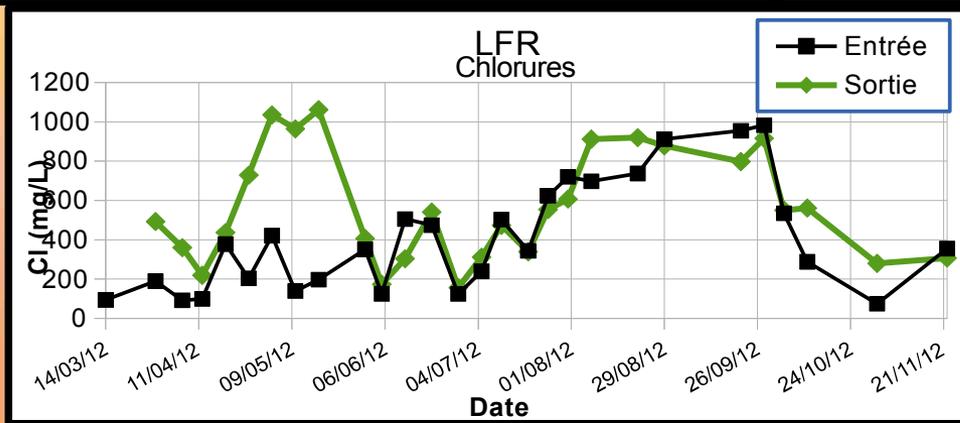
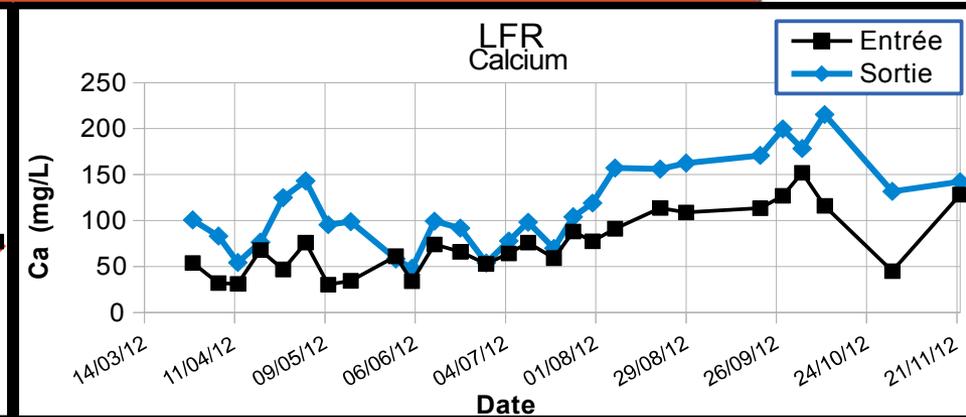
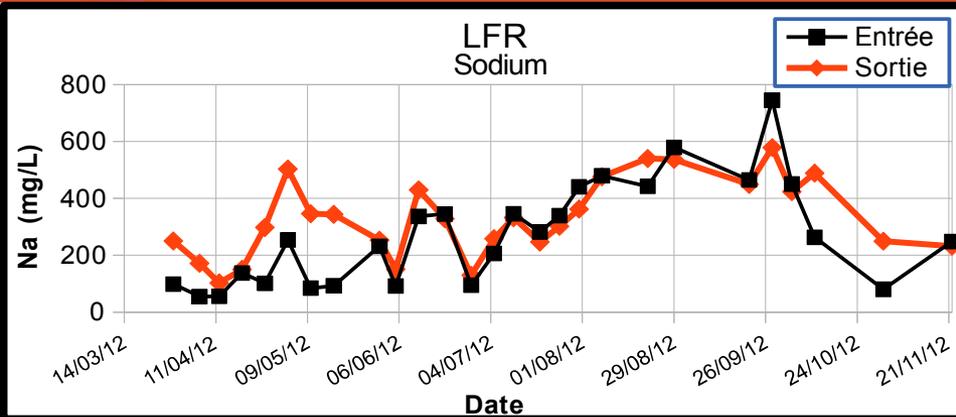
Villermaux, Jacques. *Conception et fonctionnement des réacteurs.*

RESULTATS

Pour l'année **2012** :

- Phosphore soluble : concentrations en dessous de la limite de détection (<10 µg/L)
=> **difficile de conclure sur l'efficacité du LFR**
- MeS : bonne capacité d'abattement
=> **80 % d'abattement des MeS**
- pH : entre 7 et 8 : acceptables pour les eaux de surface
=> **diminution de 0,5 entre l'entrée et la sortie**
- Conductivité : tendance à l'augmentation pour le LFR, mais à une diminution pour le système

RESULTATS



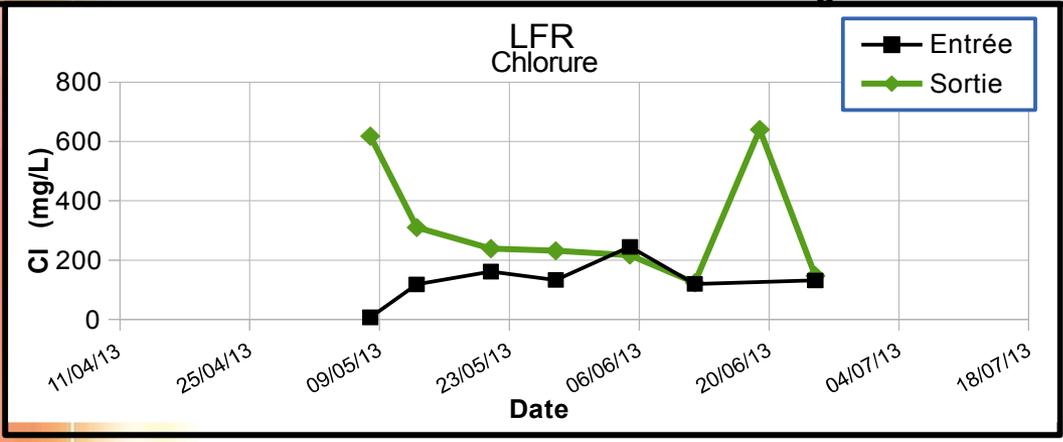
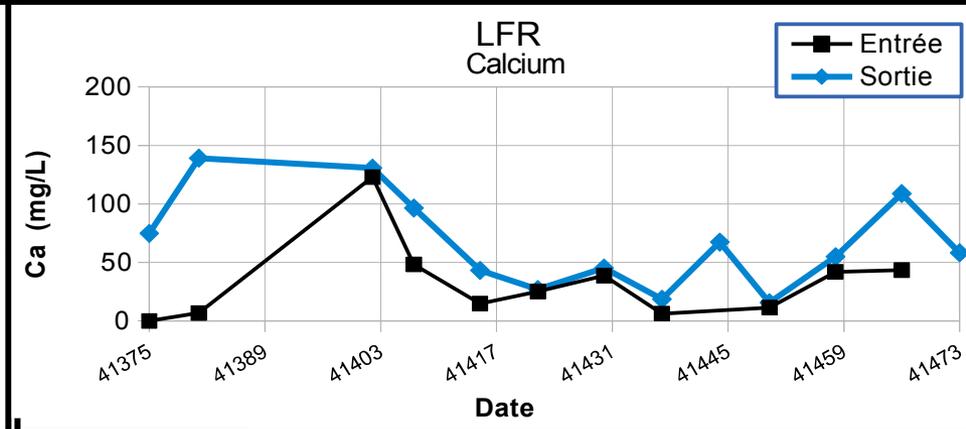
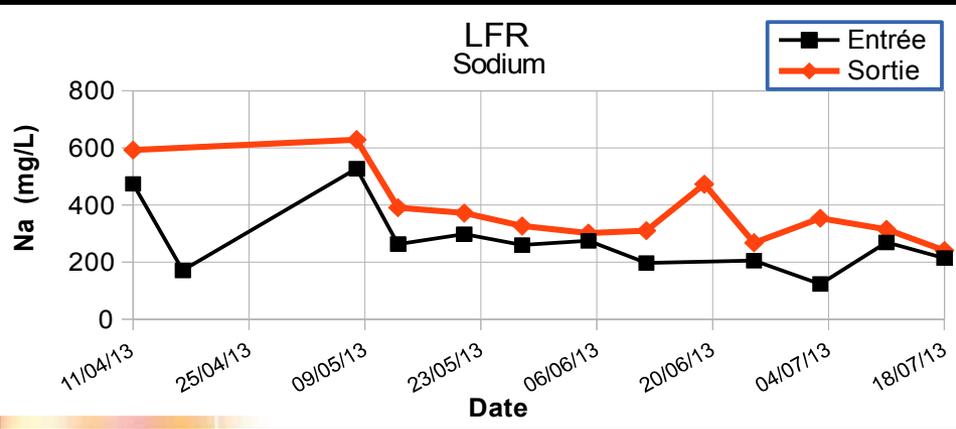
Pour l'année
2012

RESULTATS

Pour l'année **2013** :

- Phosphore soluble : concentrations toujours sous la limite de détection.
- MeS : encore une bonne capacité d'abattement.
=> **83 % d'abattement des MeS**
- pH : toujours compris entre 7 et 8 :
=> **diminution de 0,6 entre l'entrée et la sortie**
- Conductivité : toujours une tendance à l'augmentation pour le LFR.
=> **résultats de 2013 semblables à 2012**

RESULTATS



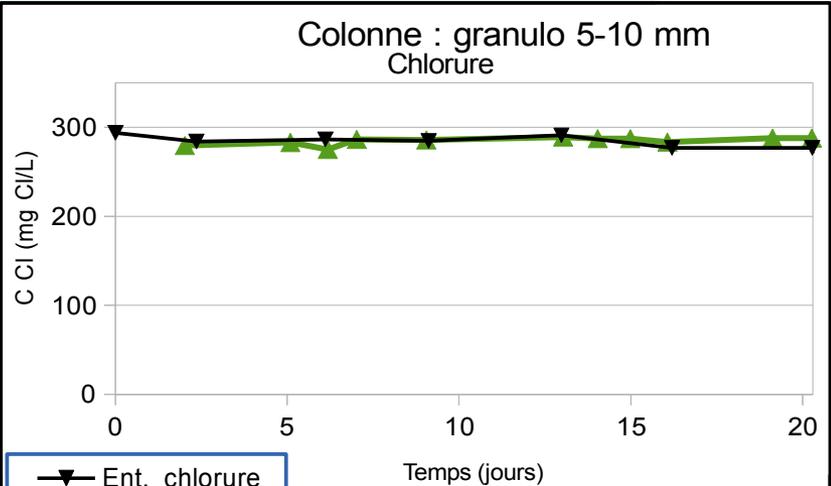
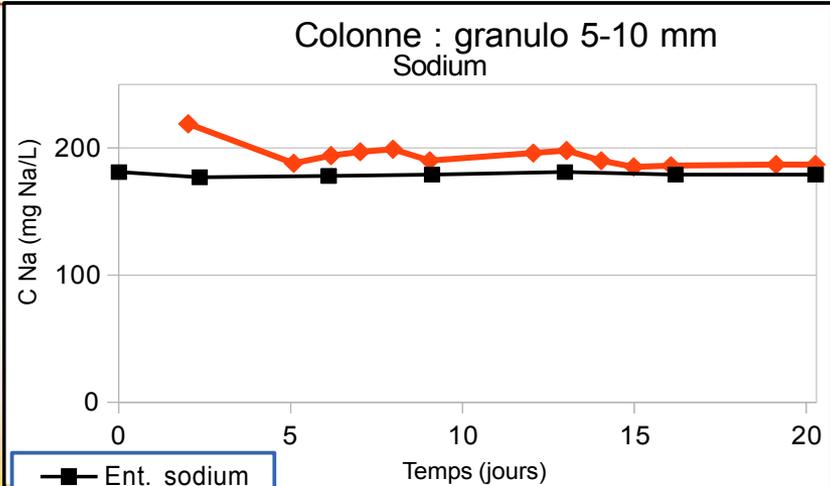
Pour l'année
2013

RESULTATS

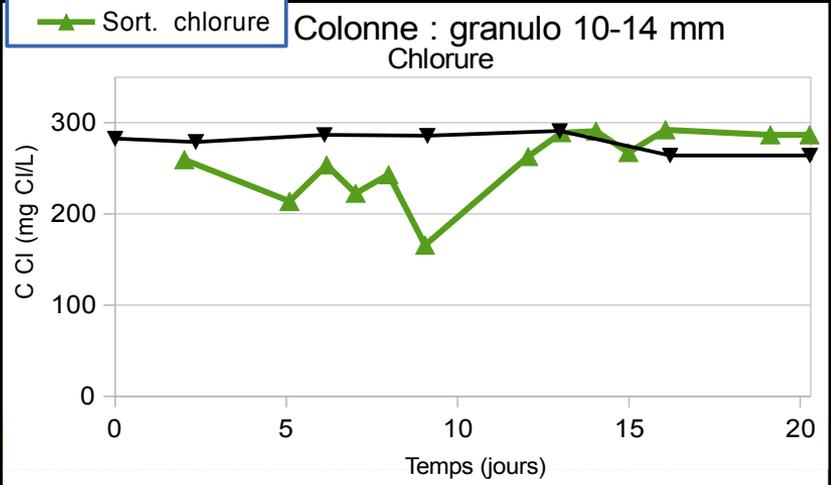
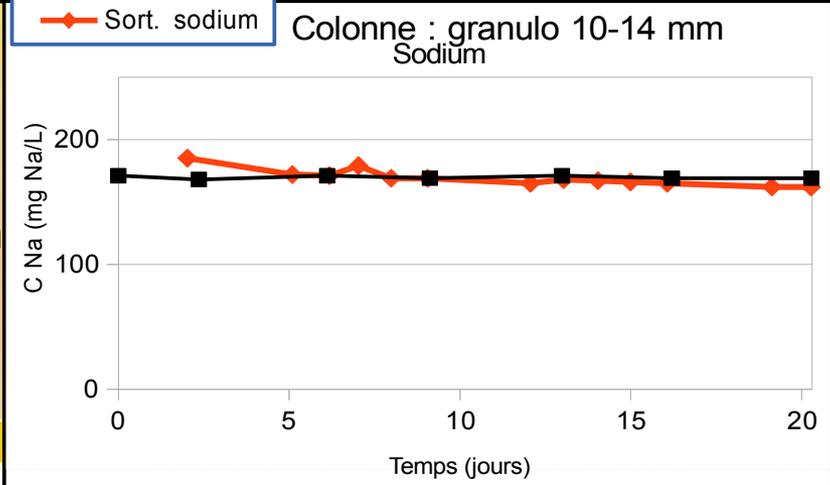
- 2013 : utilisation des mesures hydrauliques :
 - Système très (trop) réactif : possibilité de passer à coté d'un **épisode intense**.
 - Capacité de **stockage** en amont du LFR.
 - Bilan hydrique non complet : possibilité d'une éventuelle **infiltration**.

RESULTATS

Granulo
5-10mm



Granulo
10-14mm



Sodium

Essais en colonnes

Chlorure

CONCLUSION

- Reste une bonne solution pour le **phosphore**
- Bonne capacité de traitement pour les **MeS**
- Faible rétention des **sels**
- **Infiltration** mise en évidence dans le LFR
- Système **réactif** très sujet aux variations de débit

CONCLUSION

- Recommandations : poursuite du projet pilote
 - Analyser la **composition des MeS** à l'entrée et à la sortie du LFR pour le phosphore total.
 - Faire un **suivi en continu** des débits.
- Recommandations : système final
 - Mettre le LFR **à la suite du MECA.**
 - **Dimensions** plus adaptées aux débits mis en jeu.

Références

Galvez-Cloutier, Rosa. 2010. *Évaluation pilote d'éco-procédés pour le traitement du ruissellement routier : suivi de l'écosystème et performance.*

Galvez-Cloutier, Rosa, Marie-Eve Brin, Gerardo Dominguez, Serge Leroueil, et Sylvain Arsenault. 2003. « Quality Evaluation of Eutrophic Sediments at St. Augustin Lake, Québec, Canada ». *ASTM Spec. Tech. Publ.* Vol. 1442, p. 35-52.

MDDEP. 2013. « Critères de qualité de l'eau de surface ». Disponible sur : http://www.mddefp.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp > (Consulté le 18 novembre 2013).

Morteau, Bertrand. 2011. [Thèse]. *Développement d'un système de traitement des eaux de ruissellement routier par MEC adapté et lit filtrant réactif.* Université Laval, 448 p.

Villermaux, Jacques. 1993. *Génie de la réaction chimique : conception et fonctionnement des réacteurs.* 2e éd. rev. et augm. Lavoisier Tec & Doc, 448 p. ISBN : 2852067595.

Remerciements

Partenaires du projet



UNIVERSITÉ
LAVAL

Faculté des sciences et de génie
Département de génie civil
et génie des eaux



SAINT-AUGUSTIN
DE-DESMAURES



*Développement durable,
Environnement,
Faune et Parcs*

Québec



Transports
Québec



*Centre d'expertise
en analyse
environnementale*

Québec



*Fonds de recherche
sur la nature
et les technologies*

Québec



DESSAU



UNIVERSITÉ
LAVAL

MERCI DE VOTRE ATTENTION !

DES QUESTIONS ??

