



# Prédiction des CCRL en RDEP selon le matériau des conduites



*John McGrath, ing. M.Sc*

Directrice de recherche: Geneviève Pelletier, ing. Ph.D.

Co-directeur : Christian Bouchard, ing. Ph.D.



Chaire de recherche en eau potable  
de l'Université Laval

# Concentration de chlore résiduel libre

- Seuil minimal à la sortie de l'UTE (RQEP MDDELCC, 2012)
  - **0,3** mg Cl<sub>2</sub>/L
- Seuil minimal en tout point du RDEP (OMS, 1997)
  - **0,2** mg Cl<sub>2</sub>/L

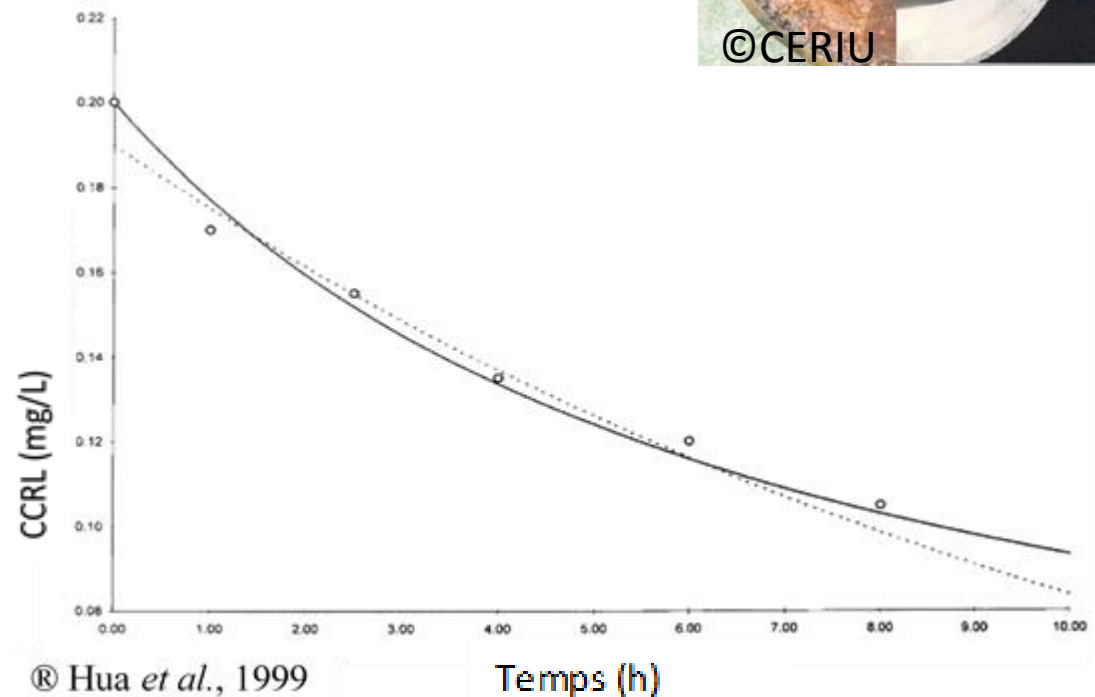
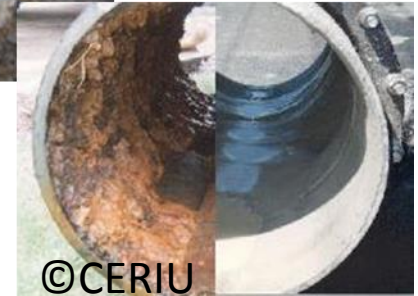


# Problématique

- 💧 SEEP et sensibilisation
- 💧 Économie d'eau et réduction des fuites

## 💧 Impacts

- ↓ Débit d'eau distribué
- ↑ Temps de séjour (TDS)
- ↓ Concentration de chlore résiduel libre (CCRL)



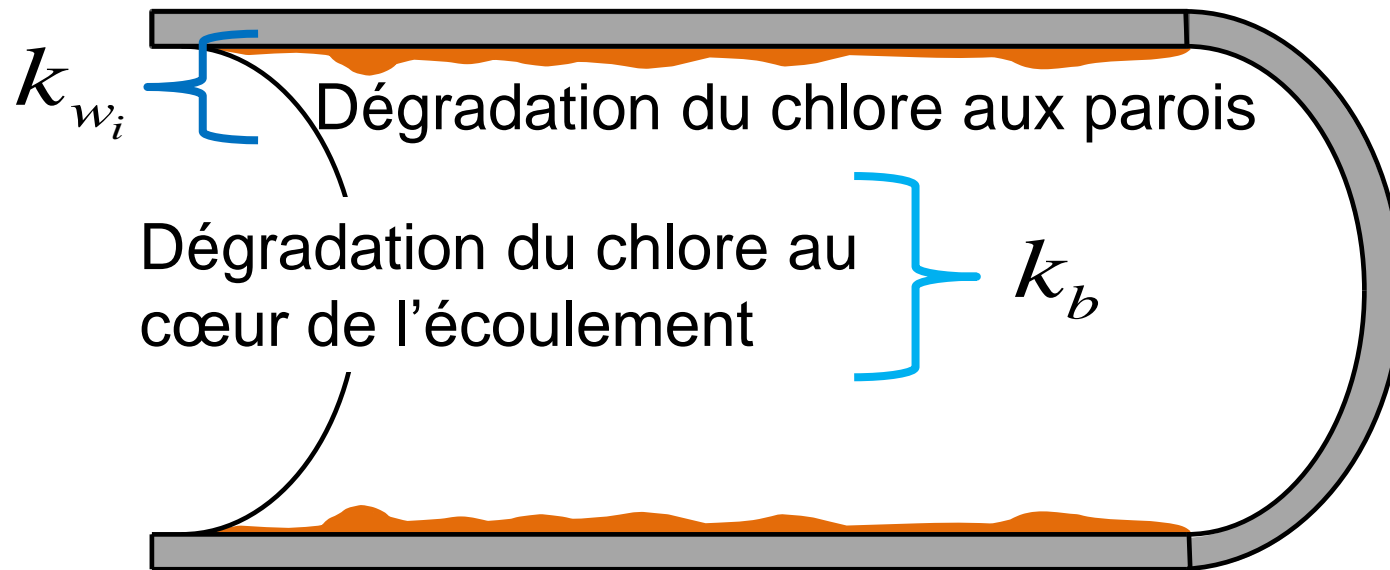
## Objectif

- Quantifier l'impact de la réduction des débits sur la pratique de désinfection secondaire d'un réseau de distribution d'eau potable (RDEP) de municipalités du Québec.



# Cinétiques de dégradation du chlore

•  $C_i = C_0 e^{-k_{Ti}t_i}$  où  $k_{Ti} = k_b + k_{wi}$



# Méthodologie

Modélisation hydraulique

Débits

$TDS_{\text{Simulés}}$

Simulation hydraulique des TDS

Campagne d'échantillonnage en réseau

$k_T$

Suivi de la dégradation en laboratoire

$k_b$

Évaluation des chemins hydrauliques

$k_w$

Calage et simulation des CCRL

$CCRL_{\text{Simulées}}$

Impact des réductions du débit sur la chloration secondaire



Chaire de recherche en eau potable de l'Université Laval

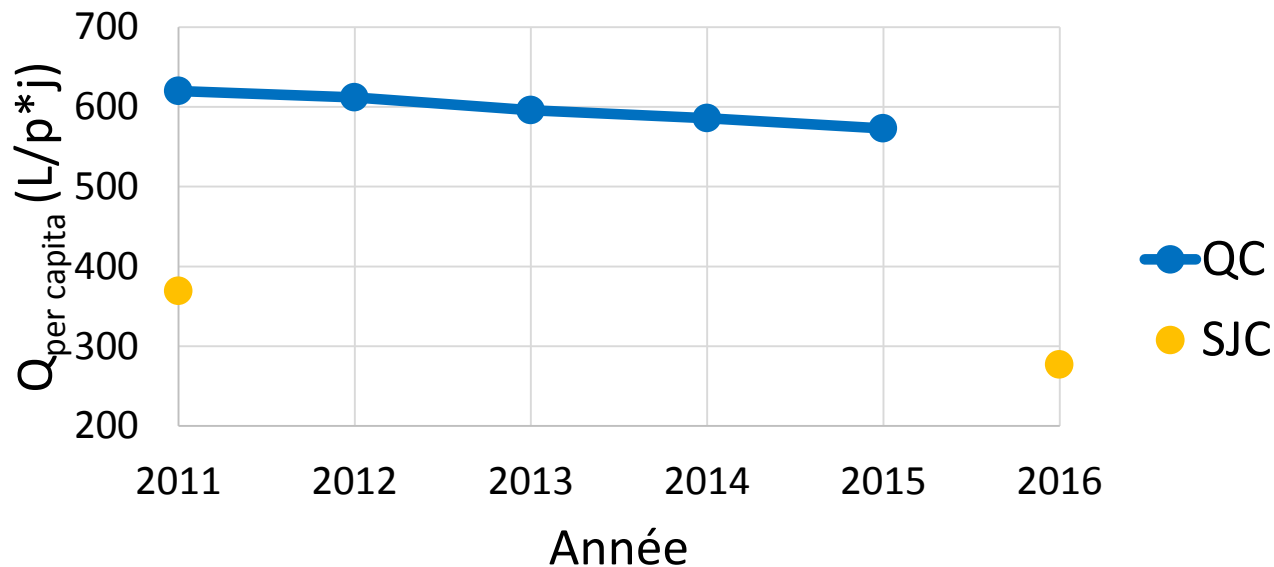


# Réseaux à l'étude



## 💧 St-Jean-Chrysostome (SJC)

Consommation totale per capita 2011-2016

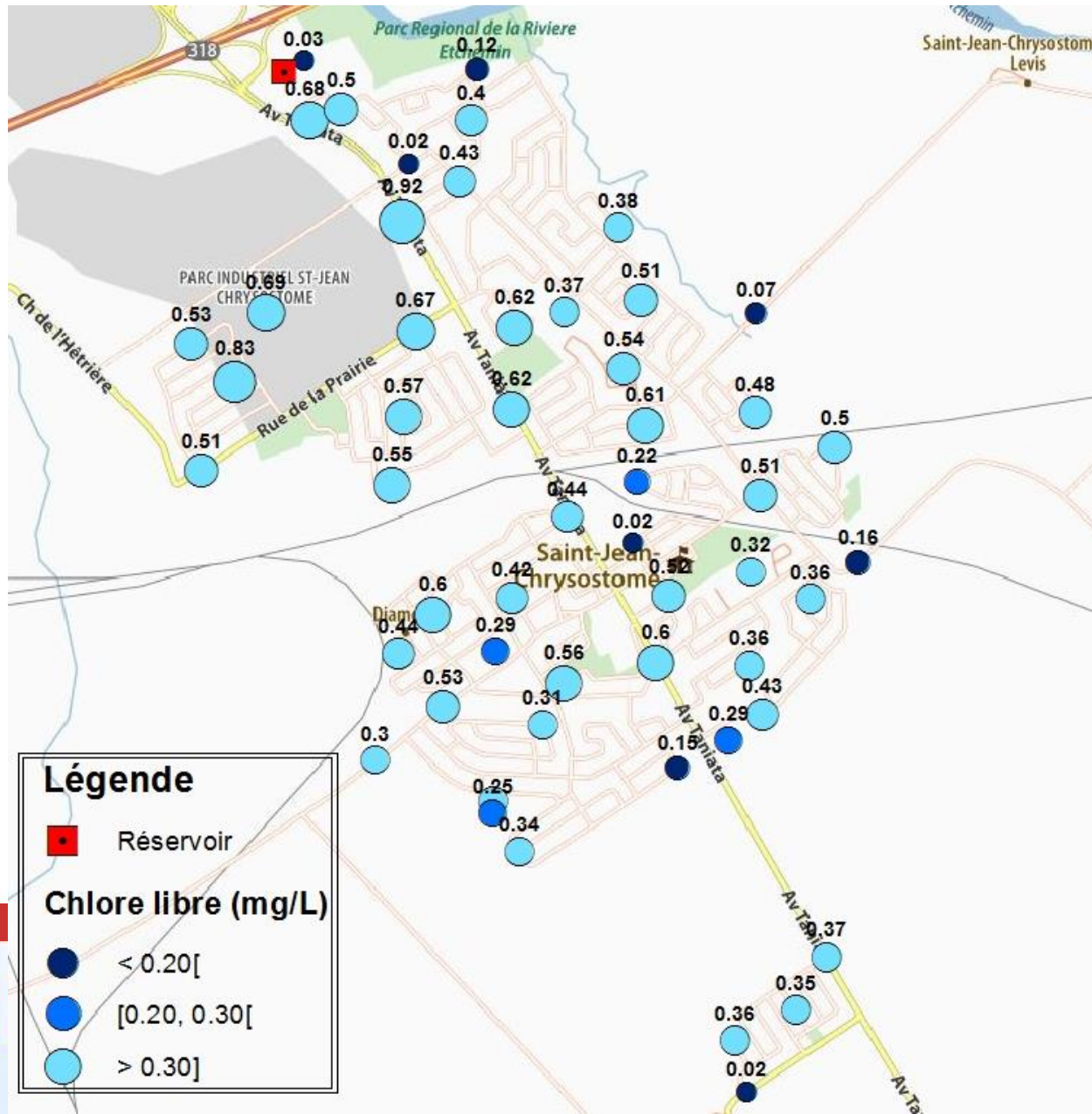
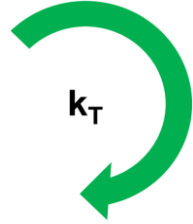


St-Jean-Chrysostome			% de fuite
Année	Population	Q (L/(p*j))	
2011	18495	370	33,0
2016	18742	277	21,9



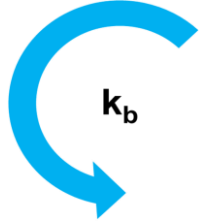


# Résultats de la campagne 2016 - St-Jean-C.





# Dégradation du chlore dans l'écoulement



- Influence de la température

$$k_b = \frac{a}{C_0 \cdot e^{bT}}$$

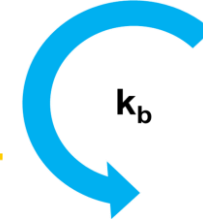
- Suivi de la dégradation en laboratoire

- Test en bouteille  $C_i = C_0 e^{-k_b i t}$

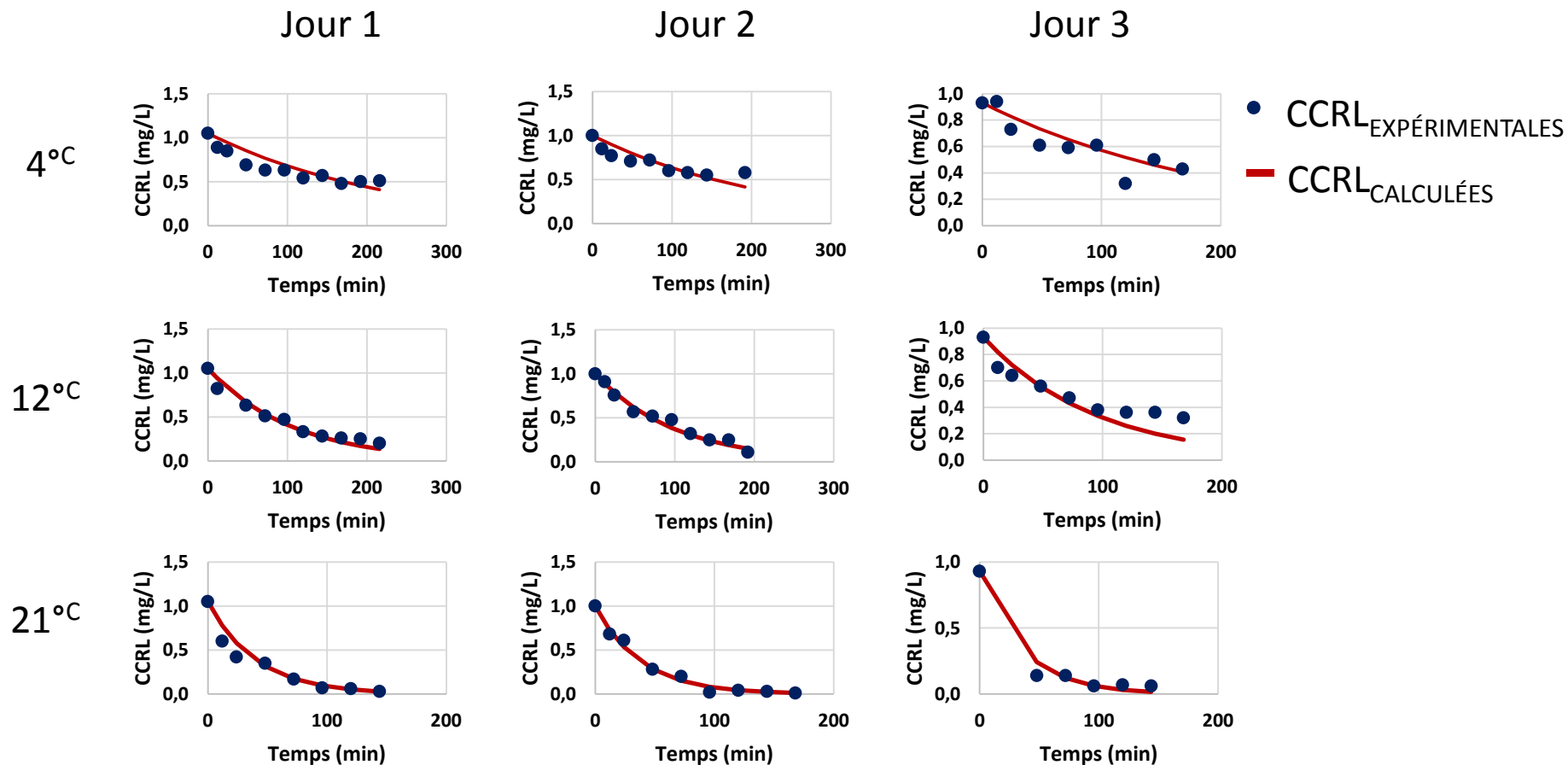
- 3 températures de référence



# Essais en laboratoire – St-Jean-Chrysostome



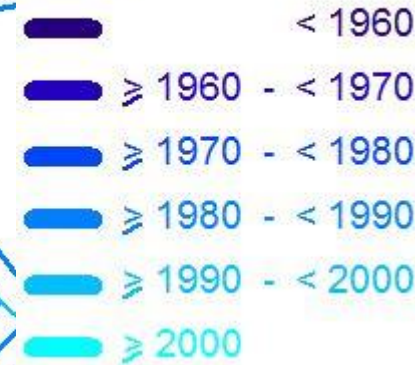
$k_b$



# Dégradation aux parois



Année

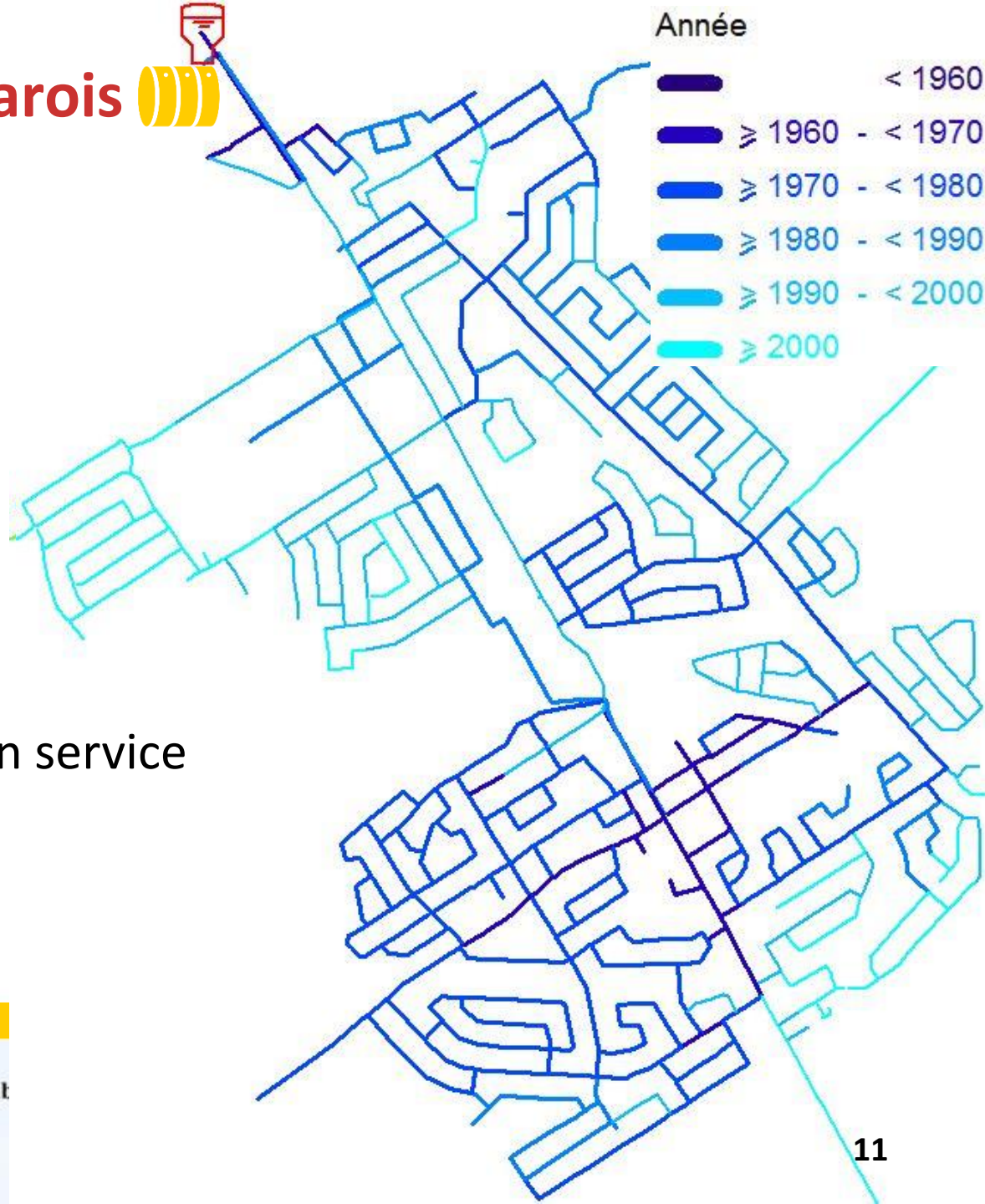


● Effet paroi

● Diamètre

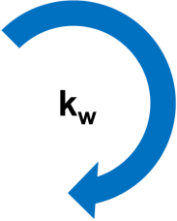
● Matériau

● Année de mise en service



Chaire de recherche en eau potable  
de l'Université Laval

# Dégradation aux parois



- Détermination de catégories représentatives

Diamètres St-Jean-C.		
150	57%	86%
200	29%	
250	6%	14%
300	3%	
350	2%	
400	3%	



©CERIU

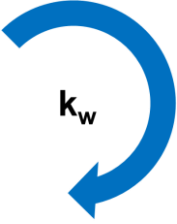
Classes St-Jean-C.	
PVC	16%
Fonte Ductile	75%
Fonte Grise	9%

$$C_i = C_0 e^{-k_{ri} t_i} \rightarrow C_i = C_0 e^{(-k_{T\alpha} t_{\alpha i} - k_{T\beta} t_{\beta i} - k_{T\gamma} t_{\gamma i})}$$





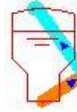
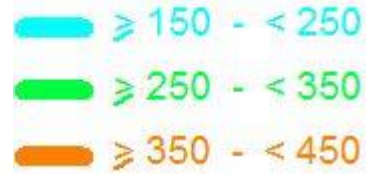
# Chemins hydrauliques



Temps de séjour (h)



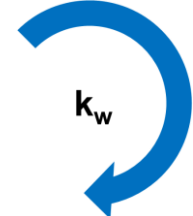
Diamètre (mm)



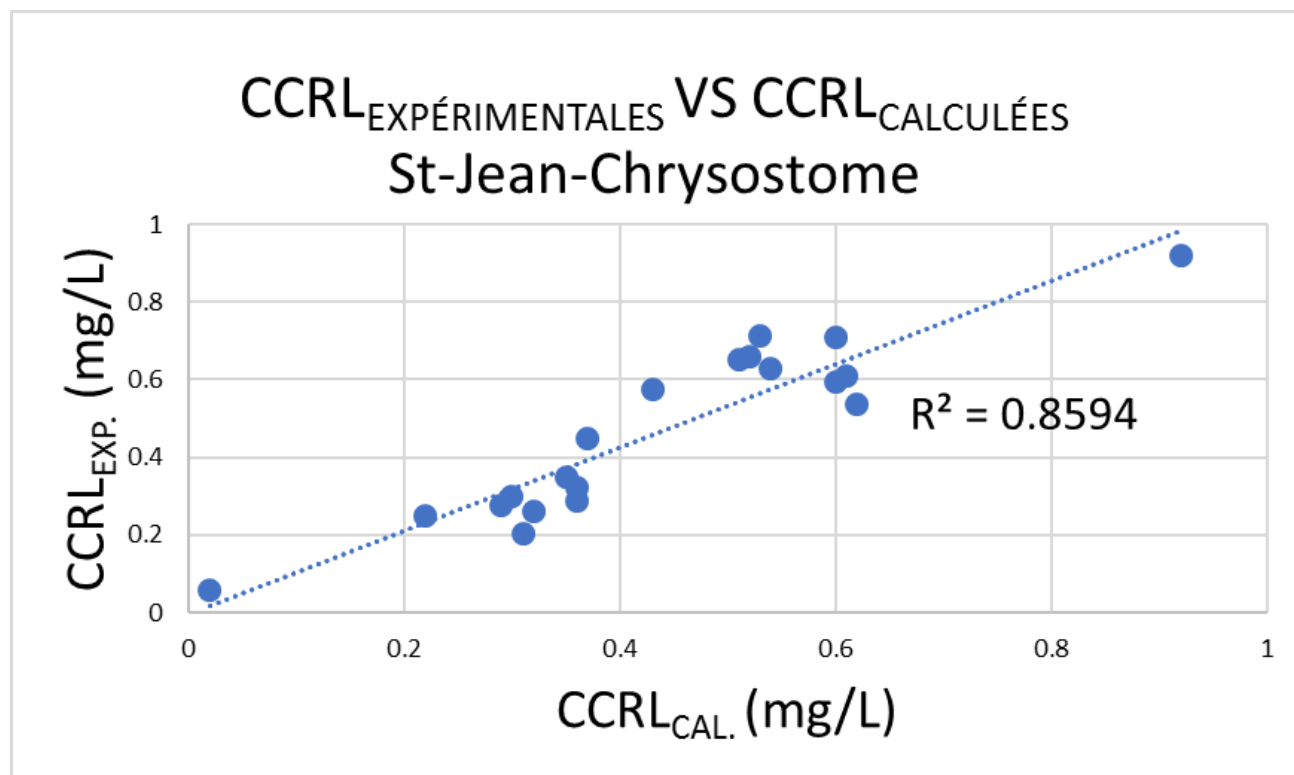
- 💧 Sens d'écoulement
- 💧 Diamètre des conduites
- 💧 TDS



# Résolution numérique



$$C_i = C_0 e^{(-k_T \alpha t_{\alpha i} - k_T \beta t_{\beta i} - k_T \gamma t_{\gamma i})} \rightarrow k_w(\alpha, \beta, \gamma) = k_T(\alpha, \beta, \gamma) - k_b$$





# Cinétique de dégradation du chlore

## ● Valeurs des constantes cinétiques

St-Jean-C.	FD	FG	PVC
$k_t$ ( $10^{-3}/h$ )	55.6	71.0	39.8
$k_b$ ( $10^{-3}/h$ )	11.0		
$k_w$ ( $10^{-3}/h$ )	44.6	60.0	28.8



# Calage du modèle hydraulique



## • Cinétiques de dégradation du chlore

• Simulation des TDS 

• Échantillonnage en réseau 

• Constante cinétique totale 

• Essais en laboratoire 

• Chemins hydrauliques 

$$C_i = C_0 e^{-k_{Ti} t_i}$$

$$C_i = C_0 e^{-k_{Ti} t_i}$$

$$k_{Ti} = \frac{-1}{t_i} \cdot \ln \left( \frac{C_i}{C_0} \right)$$

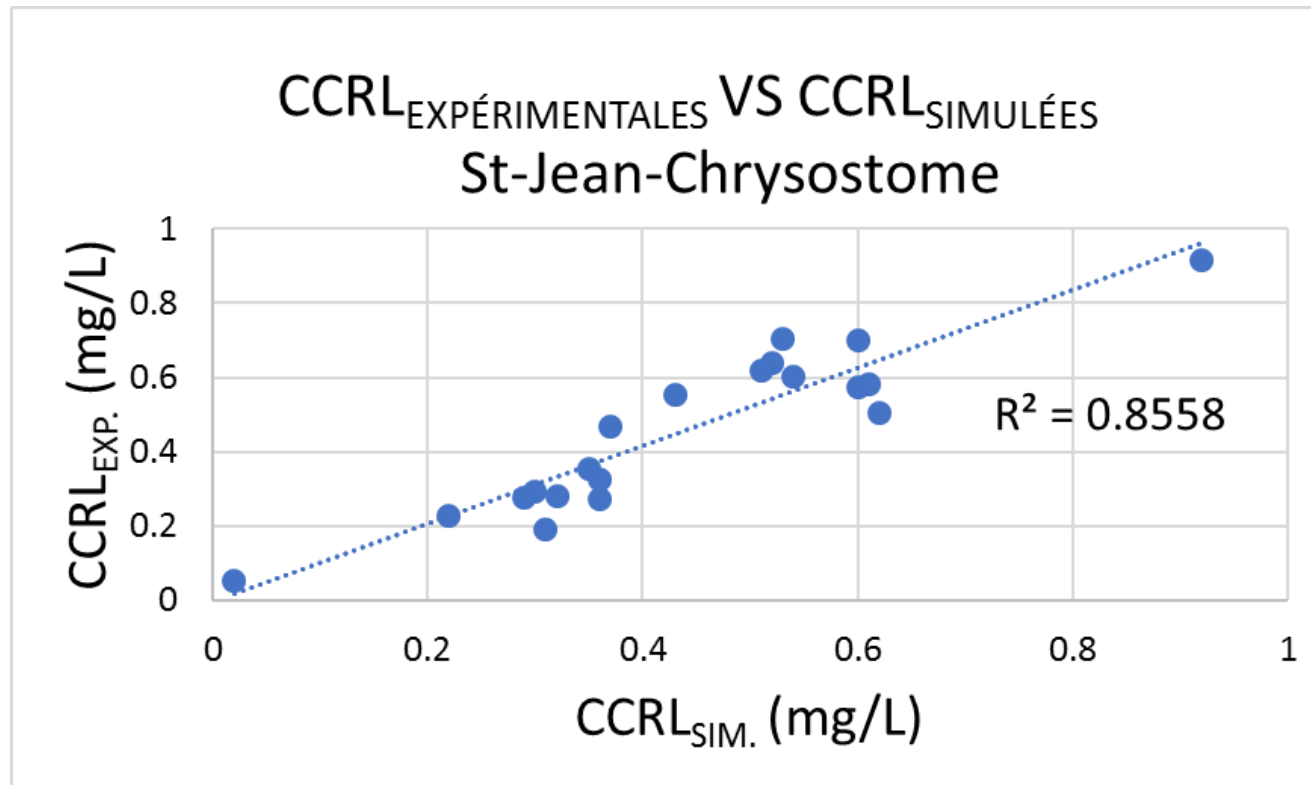
$$k_{Ti} = k_b + k_{wi}$$

$$k_{wi} = k_{Ti} - k_b$$

# Calage du modèle hydraulique

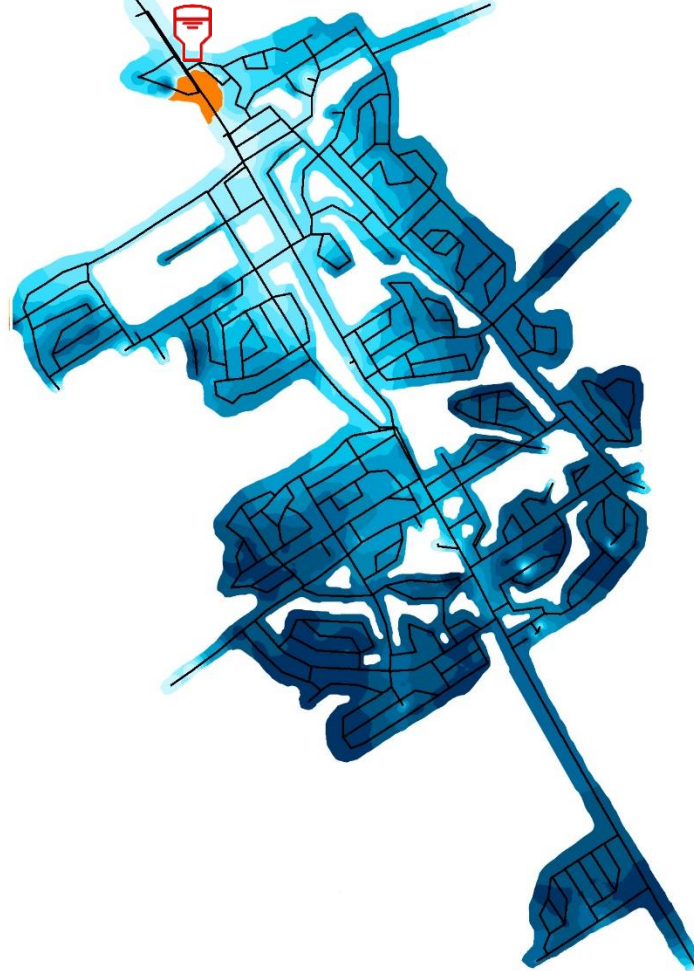


## Validation de la résolution numérique

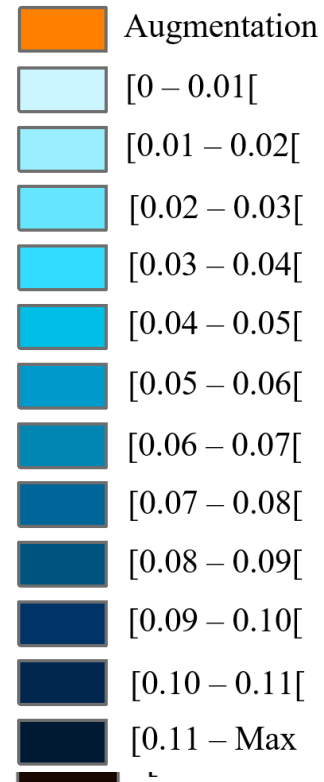


# Comparaison – St-Jean-Chrysostome

$\Delta$ CCRL 2011-2016




**Diminution CCRL (mg/L)**



# Impact sur la chloration

- Quantification de l'écart des  $C_0$

$$C_i = C_0 e^{(-k_{T\alpha}t_{\alpha i} - k_{T\beta}t_{\beta i} - k_{T\gamma}t_{\gamma i})}$$

$C_0$ (mg/L)	2011	2016	
St-Jean-Chysostome	0,84	0,95	13%



# Conclusions

- La réduction des débits influence les concentrations du désinfectant résiduel dans un RDEP par la hausse des TDS.
- La méthodologie assure le calage d'un modèle hydraulique selon la qualité physicochimique de l'eau et selon les caractéristiques des conduites du RDEP.
- Il est possible d'anticiper les zones vulnérables d'un RDEP et de quantifier l'impact sur la concentration de désinfectant secondaire à l'entrée du RDEP.





# Questions



# Principales références bibliographiques

- ◆ **Hua** et coll., 1999. Modeling of chlorine decay in municipal water supplies. *Water Research*, **33**(12): 2735-2746.
- ◆ **Kowalska**, B., Kowalski, D. et Musz, A. 2006. Chlorine decay in water distribution systems. Department of Environment Protection Engineering, Lublin University of Technology, **32**(2): 5-16.
- ◆ **MAMOT**, 2011. *Stratégie québécoise d'économie d'eau potable*. [http://www.mamot.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/grands\\_dossiers/strategie\\_eau/strategie\\_eau\\_potable.pdf](http://www.mamot.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/grands_dossiers/strategie_eau/strategie_eau_potable.pdf)
- ◆ **MAMOT**, 2017. *Rapport annuel de l'usage de l'eau potable 2015*. [http://www.mamot.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/grands\\_dossiers/strategie\\_eau/rapport\\_usage\\_eau\\_potable\\_2015.pdf](http://www.mamot.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/grands_dossiers/strategie_eau/rapport_usage_eau_potable_2015.pdf)
- ◆ **MDDELCC**, 2017. *Règlement sur la qualité de l'eau potable (RQEP)*. <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/pdf/cr/Q-2,%20R.%2040.pdf>
- ◆ **Powell** et coll., 2000. Factors which control bulk chlorine decay rates. *Water Research*, **34**(1): 117-126.
- ◆ **Vasconcelos** et coll., 1997. Kinetics of chlorine decay. *Journal AWWA*, **89**(7): 54-65.

