

# Intégration du contrôle en temps réel des bassins d'orage comme mesure d'adaptation aux changements climatiques



Kerkez, Gruden et al. 2016

**Karine Bilodeau**  
Ing. Jr.  
Candidate à la Maîtrise  
en Génie des eaux

Directrice: Geneviève Pelletier (Université Laval)  
Co-directrice: Sophie Duchesne (INRS)



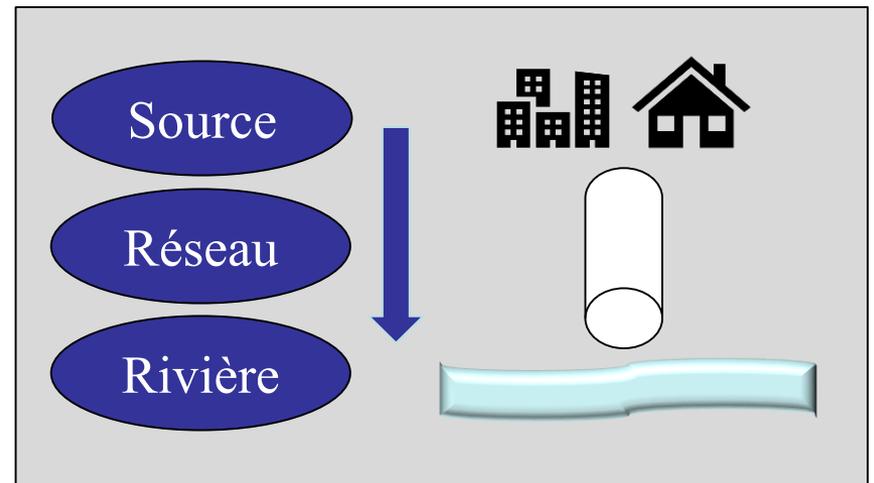
# Plan de la présentation

---

- ☁ Objectifs en gestion des eaux pluviales et problématique
- ☁ Le contrôle en temps réel (CTR) comme mesure d'adaptation
- ☁ Méthodologie du projet de recherche
- ☁ Cas d'étude #1 : contrôle réactif local d'un bassin d'orage
- ☁ Cas d'étude #2 : contrôle prédictif global de conduites surdimensionnées
- ☁ Cas d'étude #3: CTR global
- ☁ Performance du CTR et comparaison des cas d'étude
- ☁ Conclusion

# Objectifs en gestion des eaux pluviales

- Contrôle **quantitatif**
- Contrôle **qualitatif**
- Contrôle de l'**érosion**
- Recharge de la **nappe phréatique**



## Solutions existantes:

- **Bassins d'orage**
- Pratiques de gestion optimales



Minimiser impacts  
gros événements

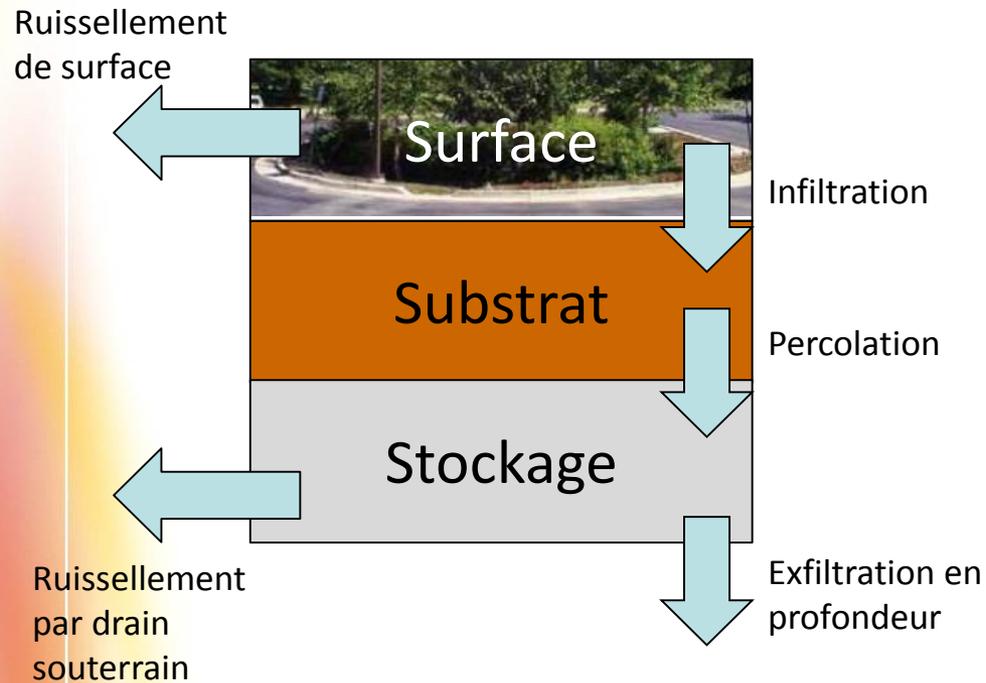
Diminution débit  
pointe  
(ex. 35 L/s.ha)

Traitement par  
sédimentation  
(60% enlèvement  
MES)

- Contrôle **quantitatif**
- Contrôle **qualitatif**
- Contrôle de l'**érosion**
- **Recharge de la nappe** phréatique

## Solutions existantes:

- Bassins d'orage
- **Pratiques de gestion optimales**



Diminution débit  
pointe

Diminution volume

Exfiltration en  
profondeur

Traitement qualitatif

- Contrôle **quantitatif**
- Contrôle **qualitatif**
- Contrôle de l'**érosion**
- **Recharge de la nappe** phréatique

# Objectifs en gestion des eaux pluviales

- Contrôle **quantitatif**

Événements majeurs

- Contrôle **qualitatif**

- Contrôle de

- Recharge de  
**phréatique**

**COUVRIR LA GAMME  
COMPLÈTE  
D'ÉVÉNEMENTS**

# Changements climatiques

« Toutes les régions du Québec peuvent s'attendre à des augmentations de la quantité maximale annuelle de précipitations pour toutes les durées et pour toutes les périodes de retour »

- Ouranos, 2015

## VERS L'ADAPTATION

Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec

Édition 2015



# Objectif

---

Évaluer la performance du **contrôle en temps réel** des bassins d'orage  
comme **mesure d'adaptation** aux changements climatiques

## Sous-objectifs:

- (1) CTR comme mesure d'adaptation de fin de réseau
- (2) CTR comme mesure globale d'adaptation
- (3) Combinaison CTR + PGO comme mesure globale d'adaptation

# Contrôle en temps réel

---

## Unitaire

Limiter les débordements d'égouts

## Pluvial

Limiter l'érosion et les rejets d'eaux polluées

Utilisation optimale du **stockage disponible** dans le réseau

- Contrôle **quantitatif**
- Contrôle **qualitatif**
- Contrôle de l'**érosion**
- **Recharge de la nappe** phréatique

# Contrôle en temps réel

## Réactif

Régulation de l'ouvrage en fonction de mesures (débits, hauteurs, etc)



## Prédictif

Réactif

+



Prise en compte des prévisions

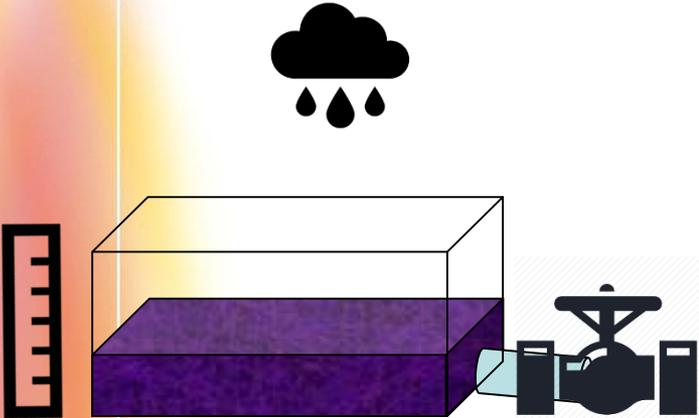
Prévoir intrants futurs (intensités pluie, débits)

Calculer propagation de ces intrants

# Contrôle en temps réel

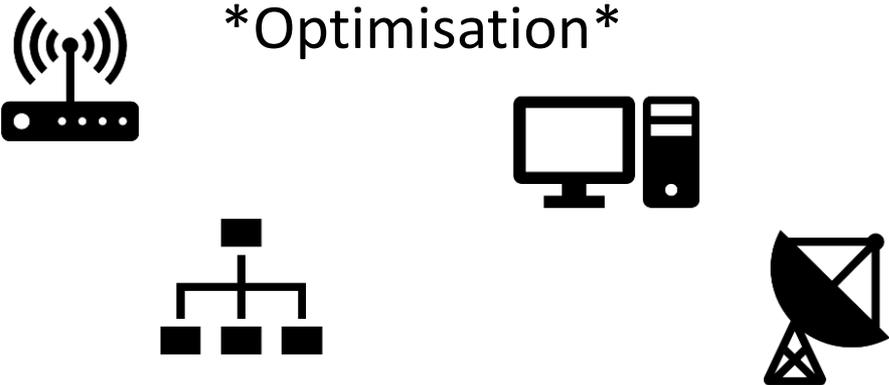
## Local

Seules les mesures au voisinage de l'ouvrage contrôlent son opération



## Global

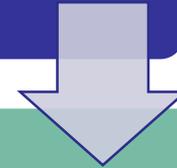
L'état du système en d'autres points du réseau est pris en compte pour opérer l'ouvrage



# Projet de recherche - Méthodologie

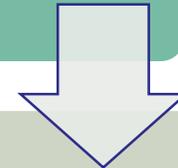
---

Analyse des données de pluie



Modèle de référence (PCSWMM)

- Localisation et sélection de PGO



Règles de contrôle

- réactif/prédictif
- local/global



Simulations en climat futur

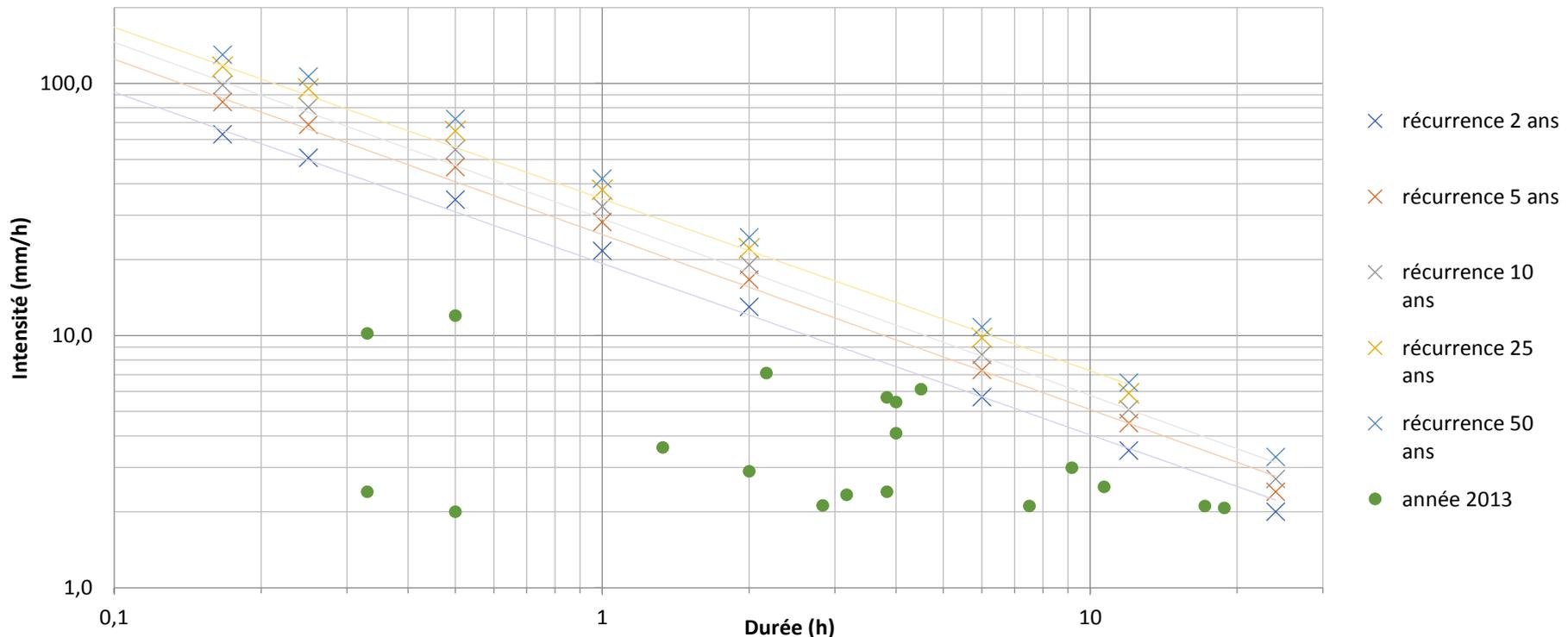
# Séries pluviométriques – climat actuel

**Station Arthabaska** (1<sup>er</sup> mai au 30 septembre)

2005 – 2013 [pas de temps 10 minutes]

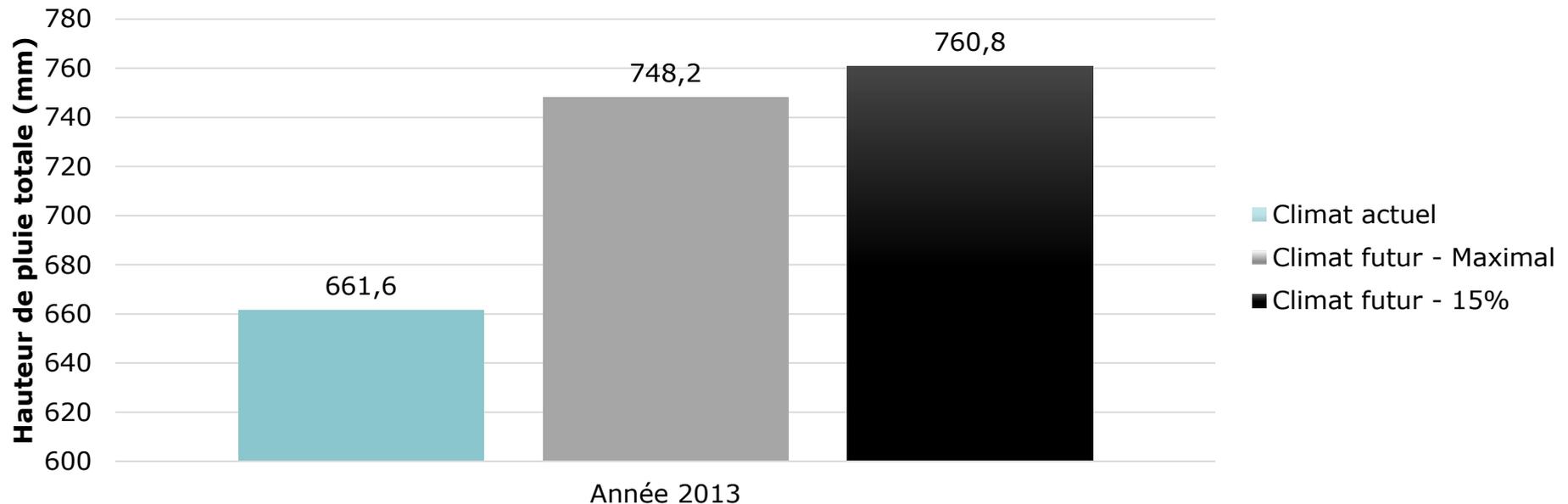
Actuel 2013	Moyenne (1981-2010)
661,6 mm	550,1 mm

**Données sur l'intensité, la durée et la fréquence des pluies (2013)**



# Séries pluviométriques – climat futur

Scénario	Période	Pourcentage de majoration
Valeurs maximales RCP8.5 (Ouranos 2015)	Mars-Avril-Mai	18%
	Juin-Juillet-Août	10%
	Sept-Oct-Nov	14%
Valeur moyenne (Mailhot et al. 2012)	Fixe	15%



# Présentation des cas d'étude

## Mesures d'adaptation

CTR



PGO

- **Sherbrooke:** CTR sur bassin d'orage en fin de réseau
- **Victoriaville:** CTR sur conduites surdimensionnées en fin de réseau
- **Granby:** CTR global

- Réduire les volumes de ruissellement
- Réduire les débits de pointe
- Décaler la pointe

# Présentation des cas d'étude

## Mesures d'adaptation

CTR



PGO

- **Sherbrooke:** CTR sur bassin d'orage en fin de réseau
- **Victoriaville:** CTR sur conduites surdimensionnées en fin de réseau
- **Granby:** CTR global

- Réduire les volumes de ruissellement
- Réduire les débits de pointe
- Décaler la pointe

# Cas d'étude #1

## Sherbrooke



Superficie: 162 ha

**CTR réactif local**

du bassin de rétention en  
fin de réseau

+

Ajout PGO en réseau

# Cas d'étude #1

## Règles de contrôle - CTR réactif local

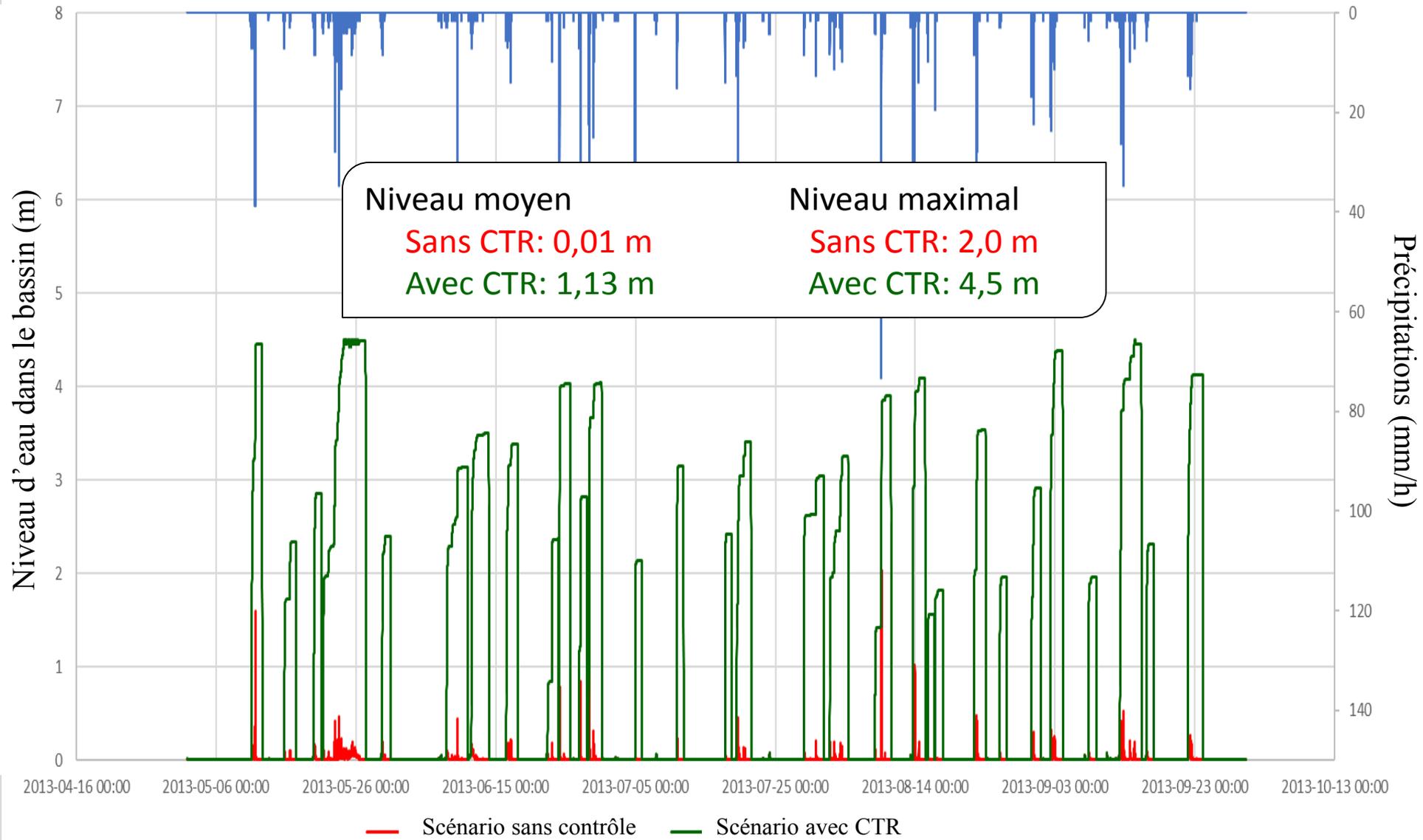
- Contrôle **quantitatif**
- Contrôle **qualitatif**
- Contrôle de l'**érosion**
- Recharge de la **nappe phréatique**

Conditions		Action de la vanne (%)	Objectifs
SI $H_{\text{bassin}} > 5.25 \text{ m}$		100%	Vidange d'urgence pour éviter débordement
S'il pleut	Et $4.5\text{m} \leq H_{\text{bassin}} < 5\text{m}$	20%	Vidange graduelle pour limiter le débit de pointe
	Et $H_{\text{bassin}} < 4.45$	0%	Retenir le « first-flush »
Si le temps de rétention $< 20\text{h}$		0%	Maximiser le temps de rétention
Si le temps de rétention $> 20\text{h}$		40% (15 L/s.ha)	Limiter la prolifération des moustiques

# Cas d'étude #1

## Résultats - CTR réactif local

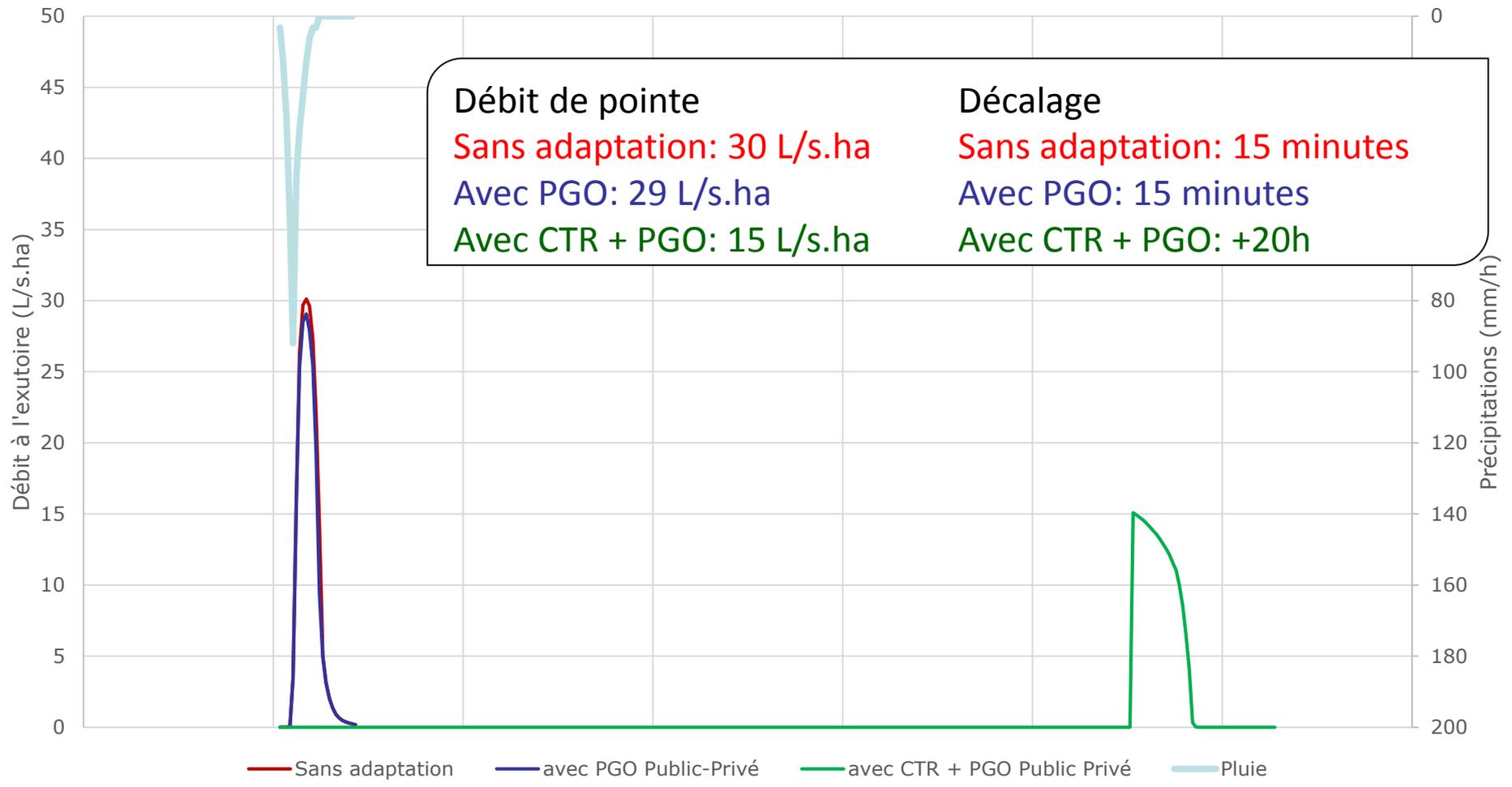
- Contrôle **quantitatif**
- Contrôle **qualitatif**
- Contrôle de l'**érosion**
- **Recharge de la nappe** phréatique



# Cas d'étude #1

## Résultats – Ajout de PGO

SEA 2A1H – futur 15%



# Présentation des cas d'étude

## Mesures d'adaptation

CTR



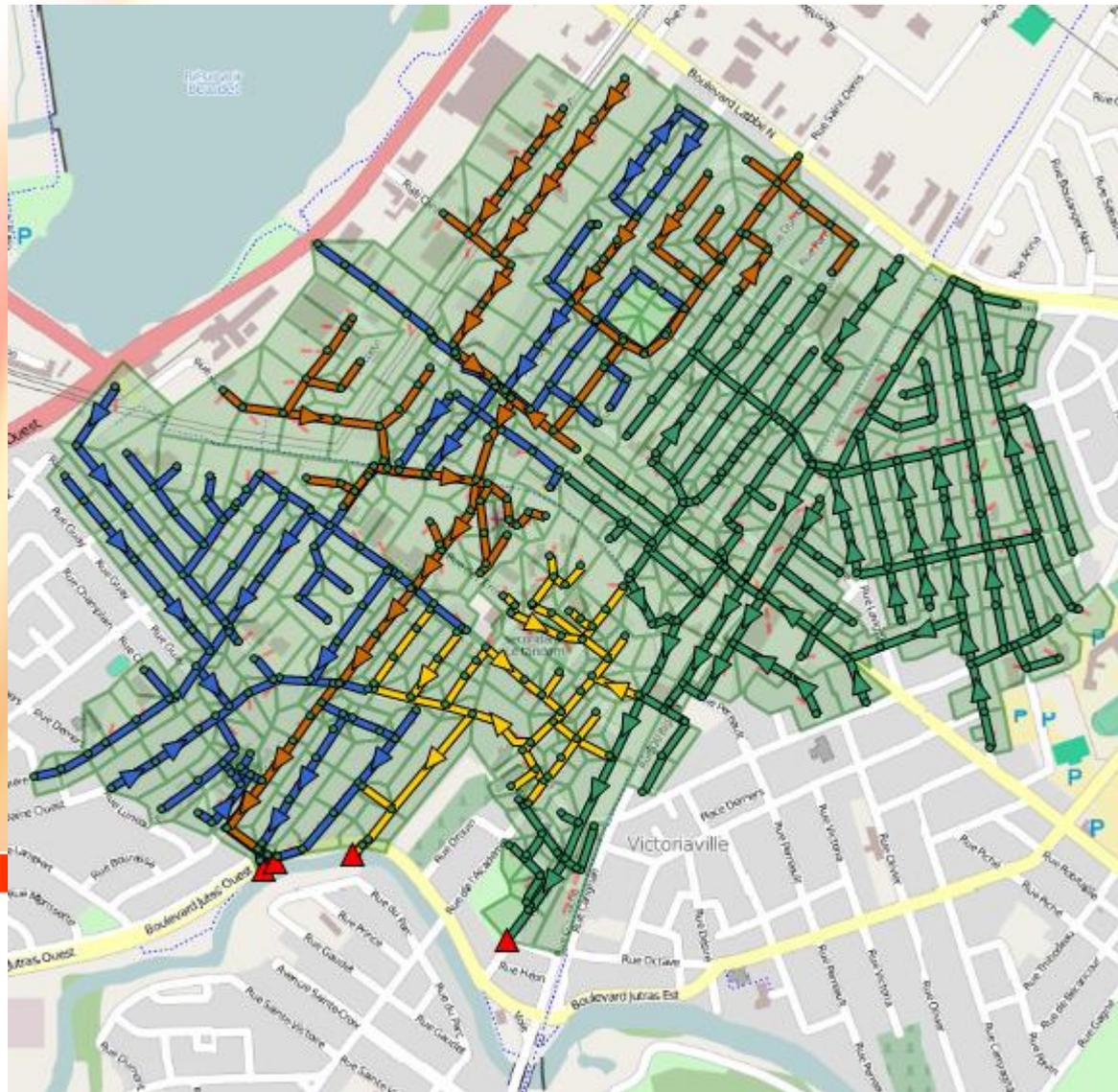
PGO

- **Sherbrooke:** CTR sur bassin d'orage en fin de réseau
- **Victoriaville:** CTR sur conduites surdimensionnées en fin de réseau
- **Granby:** CTR global

- Réduire les volumes de ruissellement
- Réduire les débits de pointe
- Décaler la pointe

# Cas d'étude #2

## Victoriaville



Superficie: 312 ha

Occupation diversifiée et  
dense

4 exutoires pluviaux

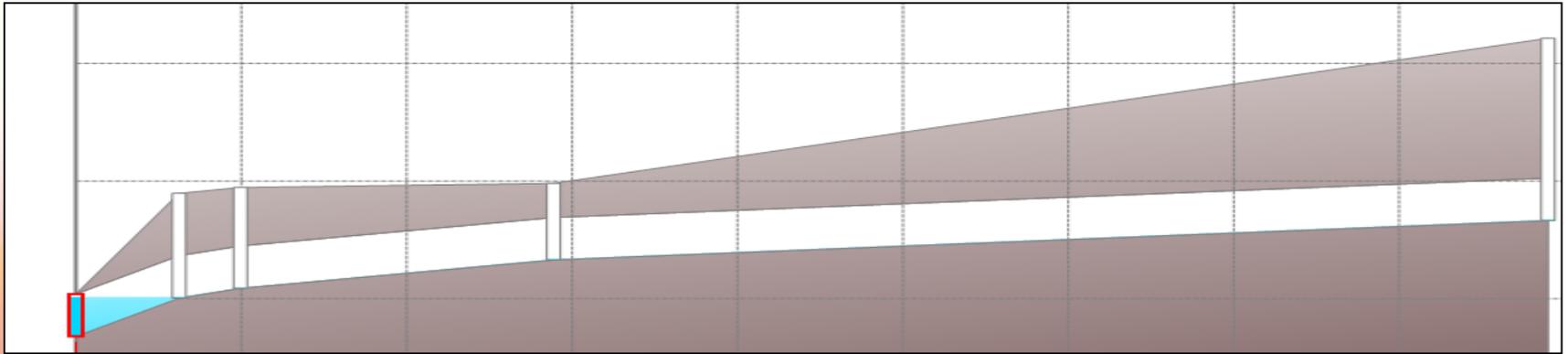
**CTR prédictif global**  
des conduites  
surdimensionnées fin de  
réseau

# Cas d'étude #2

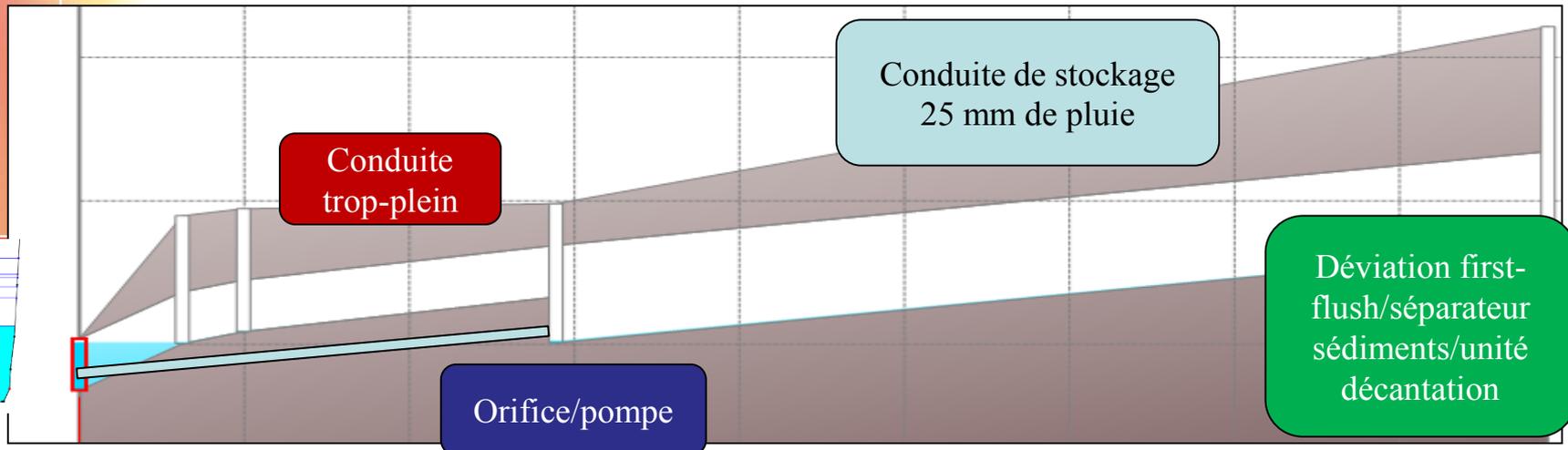
## Règles de contrôle - concept

- Contrôle **quantitatif**
- Contrôle **qualitatif**
- Contrôle de l'**érosion**
- **Recharge de la nappe** phréatique

Sans conduite surdimensionnée



Avec conduite surdimensionnée



# Cas d'étude #2

## Règles de contrôle - concept

- Contrôle **quantitatif**
- Contrôle **qualitatif**
- Contrôle de l'**érosion**
- **Recharge de la nappe** phréatique

Condition(s)	Action sur vanne (%)	Objectif(s)
S'il commence à pleuvoir	0%	Traitement <b>qualitatif*</b> Décalage de la pointe
XX:XX après la pluie	100% *	Vidange successive des ouvrages (gestion du risque)
Si la capacité résiduelle < Volume de ruissellement du prochain événement	X %	Retenir le prochain événement sans causer de débordement par le trop-plein

# Cas d'étude #2

## Résultats

- Contrôle **quantitatif**
- Contrôle **qualitatif**
- Contrôle de l'**érosion**
- **Recharge de la nappe** phréatique

Scénario	Performance	C-vert	C-orange	C-bleu	C-jaune
Avec CTR	Volume contrôlé (% volume total)	97%	97%	89%	93%
Sans CTR	Débit maximal (L/s.ha)	61	88	88	38
Avec CTR	Débit maximal contrôlé (L/s.ha)	34	34	31	35
	Débit maximal trop- plein (L/s.ha)	12	17	28	11

# Cas d'étude #2

## Ajout de PGO – Résultats

SEA 2A1H climat futur (15%) -> 25,475 mm

	Sans adaptation	CTR Sans PGO	CTR PGO Public	CTR PGO Public-Privé
Ruissellement/Pluie (%)	52,8	52,8	50,7	47,4
Conduites en charge (%)	27	27	22	18
Débordement par le trop-plein	-	OUI	OUI	NON
Débit de pointe à l'exutoire (L/s.ha)	83	13	12	12
Décalage de la pointe	20 min	7h00	7h05	7h05

# Présentation des cas d'étude

## Mesures d'adaptation

CTR



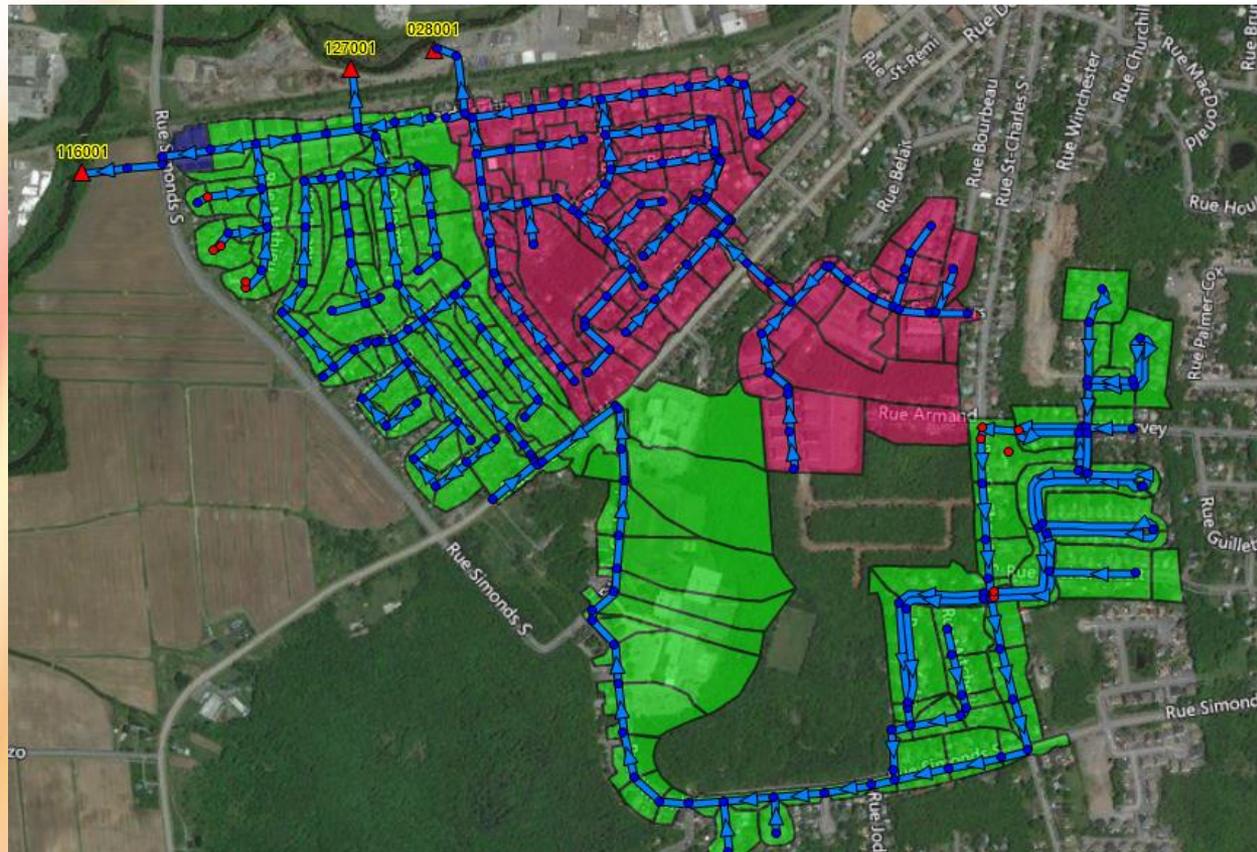
PGO

- **Sherbrooke:** CTR sur bassin d'orage en fin de réseau
- **Victoriaville:** CTR sur conduites surdimensionnées en fin de réseau
- **Granby:** CTR global

- Réduire les volumes de ruissellement
- Réduire les débits de pointe
- Décaler la pointe

# Cas d'étude #3

## Granby



Superficie: 141 ha

Occupation diversifiée

Centre-ville dense

Secteurs développés  
amont et aval

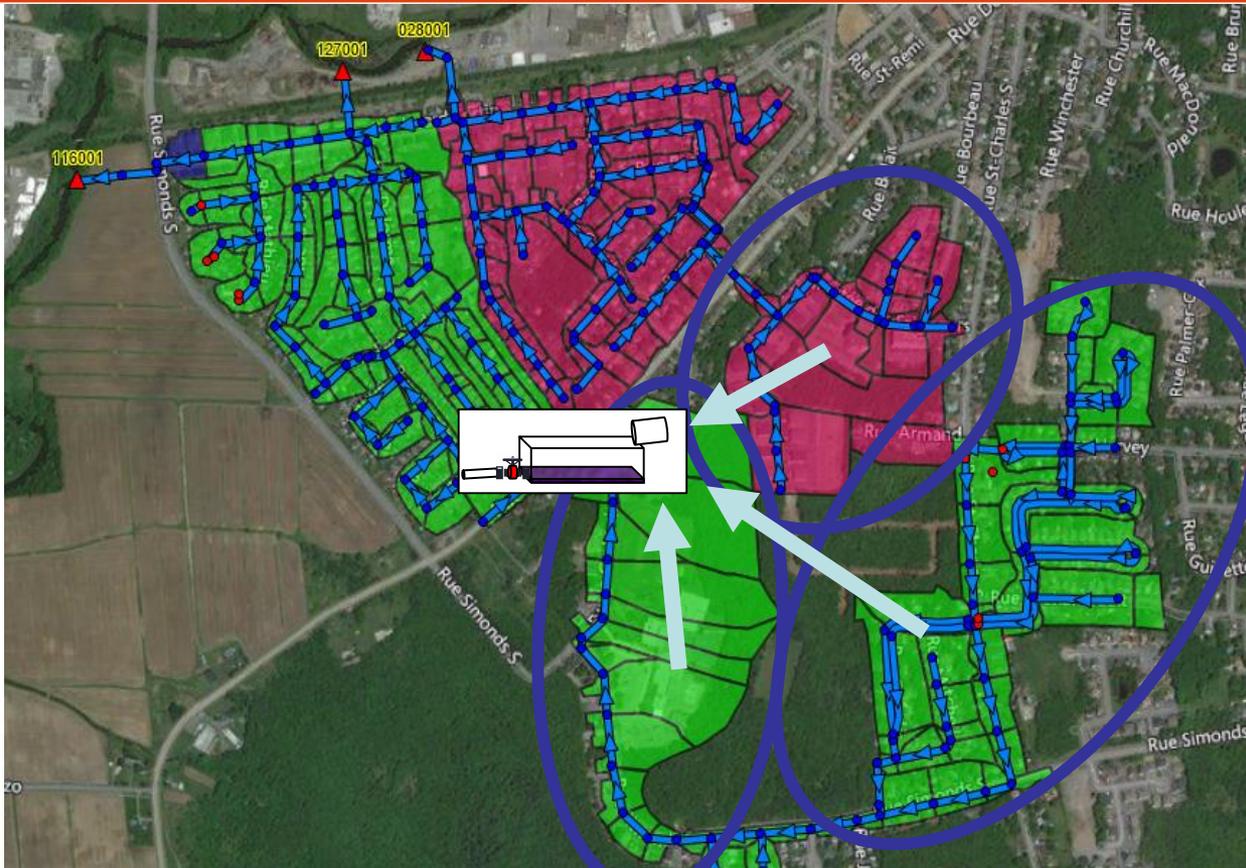
2 exutoires majeurs

**CTR prédictif global**

# Cas d'étude #3

## Présentation concept

Gestion globale avec contrôle à la source



- **Avantages** : Limite la construction d'ouvrage de rétention. Libère les conduites à l'aval (stockage supplémentaire). Utilise tout le stockage disponible en réseau. 100% du ruissellement amont est contrôlé
- **Contraintes** : Gestion du ruissellement à l'aval: techniques alternatives (PGO, contrôle en réseau, ouvrages de rétention de plus faible dimension, etc)

# Cas d'étude #3

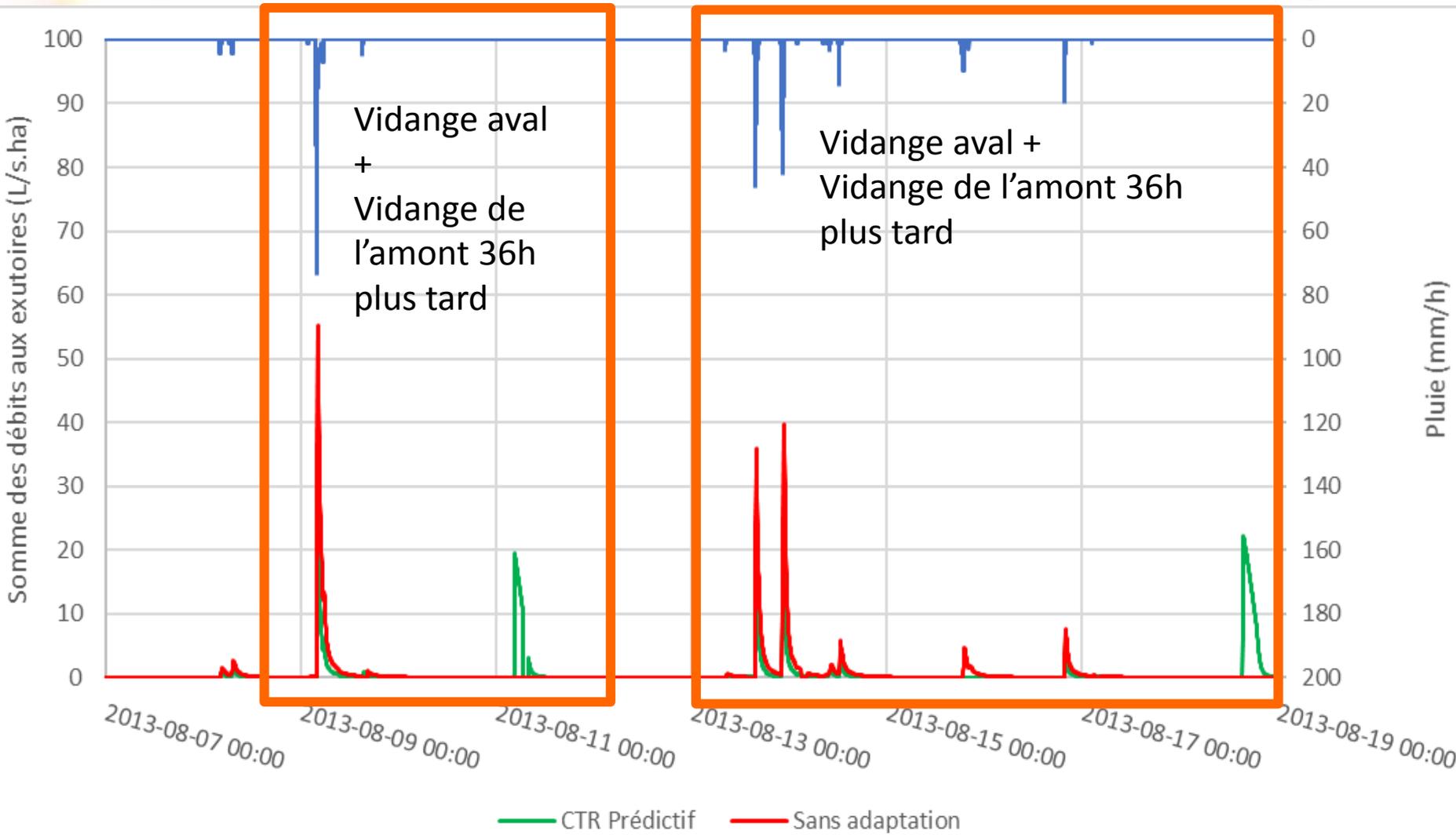
## Règles de contrôle

- Contrôle **quantitatif**
- Contrôle **qualitatif**
- Contrôle de l'**érosion**
- **Recharge de la nappe** phréatique

Condition(s)	Action sur vanne (%)	Objectif(s)
S'il commence à pleuvoir	0%	Traitement <b>qualitatif</b> Décalage de la pointe <b>Libérer le collecteur aval*</b>
36:00 après la pluie	40%	Limiter les débits de pointe (25 L/s.ha)
Si la capacité résiduelle < Volume de ruissellement du prochain événement	X %	Retenir le prochain événement et empêcher une vidange pendant la pluie  <b>Limiter le débordement de l'ouvrage de rétention</b>

# Cas d'étude #3

## Résultats



# Cas d'étude #3

## Résultats

Action	Condition	CTR Réactif	CTR Prédictif
Ouverture	H > 2.95m	21	0
	Rétention prolongée	24	24
	Prédictif (avant pluie)	-	13
Fermeture	Début pluie	42	34
	Temps sec	3	3
Nombre total actions de contrôle		90	74

# Cas d'étude #3

## Conclusion partielle

- Contrôle **quantitatif**
- Contrôle **qualitatif**
- Contrôle de l'**érosion**
- **Recharge de la nappe** phréatique

Adaptation du réseau -> **CTR** prédictif global + PGO !

- **Traitement qualitatif**
- Diminution et décalage du débit de pointe
- **Aucun débordement de l'ouvrage malgré l'utilisation optimale du stockage**
- **Diminution du volume de ruissellement**

La **localisation adéquate des ouvrages** contrôlés permet de:

- Réduire impact des développements amont sur la capacité à l'aval
- Réduire impact des CC sur un réseau déjà utilisé à sa pleine capacité
- Limiter le nombre d'ouvrages à contrôler
- Libérer de l'espace de stockage dans les conduites en aval\*\*\*

# Le CTR: possibilités multiples !

- Contrôle **quantitatif**
- Contrôle **qualitatif**
- Contrôle de l'**érosion**
- Recharge de la **nappe phréatique**

- Cas d'étude #1

Cas typique – nouveau développement/banlieue

**Adaptation d'un bassin d'orage existant**

- Cas d'étude #2

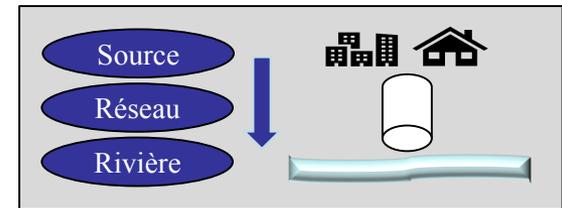
Cas typique – centre-ville « dense »

**Adaptation d'un réseau existant sans possibilité de construction d'un bassin d'orage**

- Cas d'étude #3

Cas typique – centre-ville dense + développements en amont

**Adaptation d'un réseau existant + localisation optimale des ouvrages de stockage**



# Remerciements

Fonds Marthe-et-Robert  
Ménard

*Fonds de recherche  
Nature et  
technologies*

Québec 



# Références

- EPA (2016). "Storm Water Management Model Reference Manual." **3**(Water Quality).
- Gaborit, E. (2012). "Improving the performance of stormwater detention basins by real-time control using rainfall forecasts." TandF Online **10**(4): 230-246.
- Kerkez, B., et al. (2016). "Smarter Stormwater Systems." Environmental Science & Technology **50**(14): 7267-7273.
- Mailhot, A. (2014). "Recommandations sur les majorations à considérer pour les courbes intensité-durée-fréquence (IDF) aux horizons 2040-2070 et 2070-2100 pour l'ensemble du Québec - Phase II.«
- Mailhot, A., et al. (2012). "Future changes in intense precipitation over Canada assessed from multi-model NARCCAP ensemble simulations." International Journal of Climatology **32**(8): 1151-1163.
- MDDELCC (2012). « Guide de gestion des eaux pluviales »
- Ouranos (2015). "VERS L'ADAPTATION: Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec".
- Soleno (2016). "Traitement: Solution de traitement efficaces et faciles d'entretien".