

# Intégration des infrastructures vertes et du contrôle en temps réel pour réduire les débordements de réseaux d'égout unitaires

Marie-Ève Jean, Camille Morin, Sophie Duchesne, Geneviève Pelletier, Martin Pleau

*Webinaire CentrEau, 25 novembre 2021*



Institut national de la recherche scientifique



UNIVERSITÉ  
LAVAL



NSERC  
CRSNG



TETRA TECH



Études, bourses et  
activités de la Carrière  
Vanier  
Canada Graduate  
Scholarships



# Table des matières

- 💧 **Mise en contexte**
- 💧 **Méthodologie**
- 💧 **Résultats**
- 💧 **Conclusion**



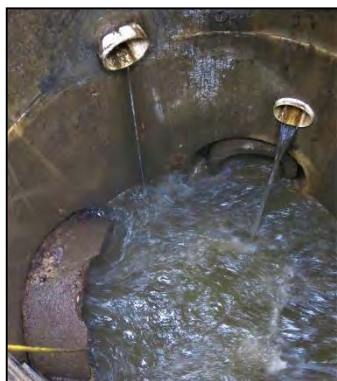
Mise en contexte

## Réseaux d'égout de type unitaire

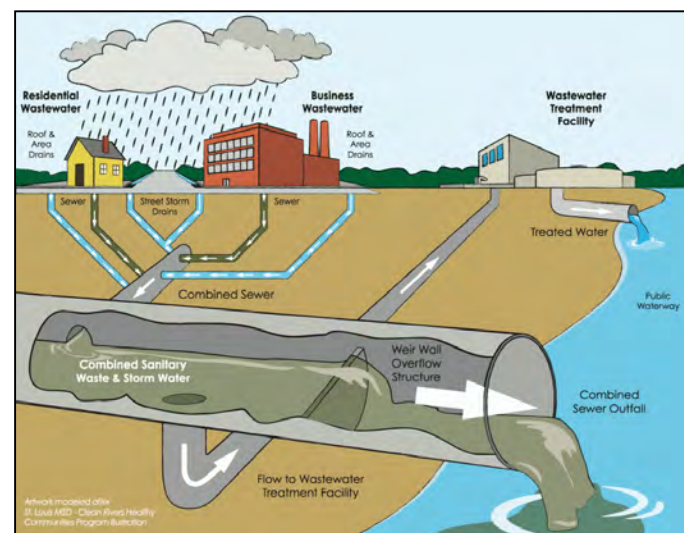
Capacité d'interception et de traitement limitée en temps de pluie ou de fonte des neiges

➔ **Débordement de Réseaux Unitaires (DRU)**

≈ 50 000 DRU enregistrés au Québec en 2018  
(MELCC, 2020)



© 2016 Jean



© 2014 Ontario Rivers Alliance



Mise en contexte

## Conséquences des DRU

- 💧 Dégradation de l'environnement
- 💧 Contamination des sources d'eau potable
- 💧 Restrictions des usages récréotouristiques

➔ Investissements majeurs requis pour la mise aux normes des infrastructures urbaines



© 2017 King County

Mise en contexte

## Cadre réglementaire québécois

**Depuis 2014:**

Éviter l'augmentation de la fréquence des DRU en temps de pluie/fonte lors de projets d'extension/densification de réseau et le non-respect d'une norme de débordement pour chaque ouvrage de surverse par des actions compensatoires.

<https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/ouvragesmunicipaux/debordements.htm>



© 2016 Lavallée



© 2016 Jean

# Mise en contexte

## Solutions de contrôle des DRU

### 🔹 Infrastructures grises

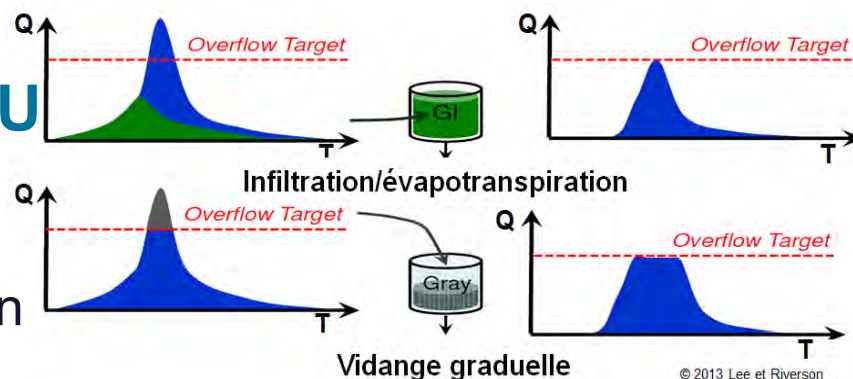
Rétention souterraine ou augmentation des capacités de transport et de traitement

### 🔹 Contrôle en temps-réel

Contrôle dynamique des débits en mode local ou global et réactif ou prédictif

### 🔹 Solutions de contrôle à la source

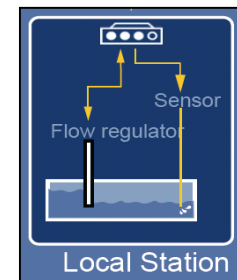
Infrastructures vertes (IVs) ou aménagements perméables



Adaptée de © 2013 Lee et Riverson



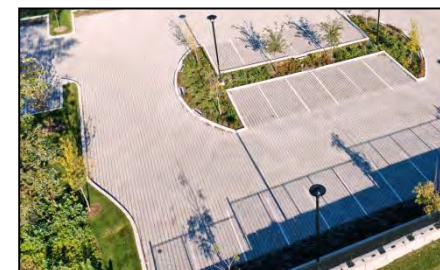
© 2017 Soleno



© 2016 Tetra Tech



© 2014 Dagenais



© 2019 CMORISSETTE INC

Mise en contexte

## IVs ailleurs dans le monde

### Villes éponges en Chine

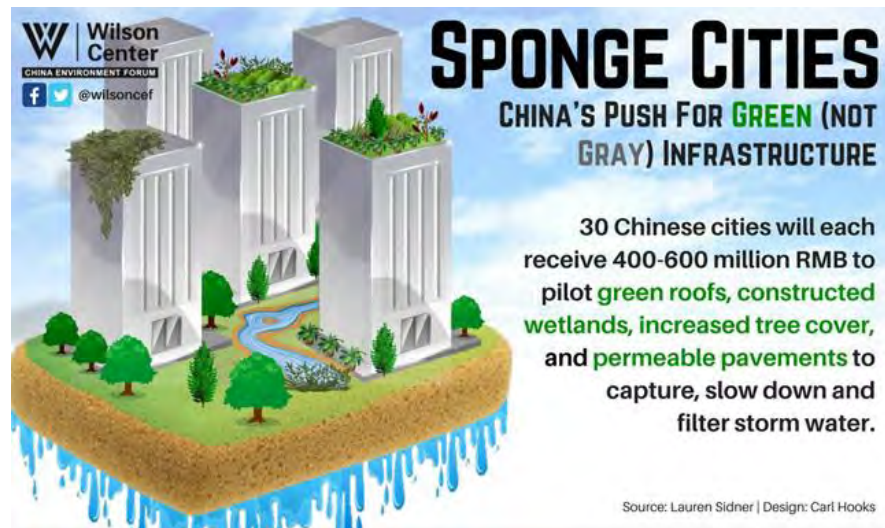
- 💧 Stocker et réutiliser les eaux pluviales à la sources avec des IVs et d'autres mesures à faible impact
- 💧 30 villes pilotes
- 💧 Transformer 80% de la zone bâtie d'ici 2030

- Xiang et al. (2019)

### Ville de New York

- 💧 Capturer avec les IVs 25 mm de pluie (1 po) sur 10% des surfaces imperméables dans le réseau combiné
- 💧 Installer des IVs sur 3 200 ha (8 000 acres) d'ici 2030

- NYC Environmental protection (2021)

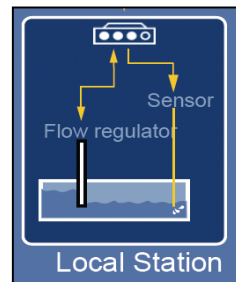




# Mise en contexte

## Objectifs de recherche

- Évaluer comment le contrôle en temps réel (CTR) du réseau de drainage influence la conception des infrastructures vertes et grises
- Comparer différentes stratégies de CTR et leur influence sur les performances des infrastructures vertes



© 2016 Tetra Tech



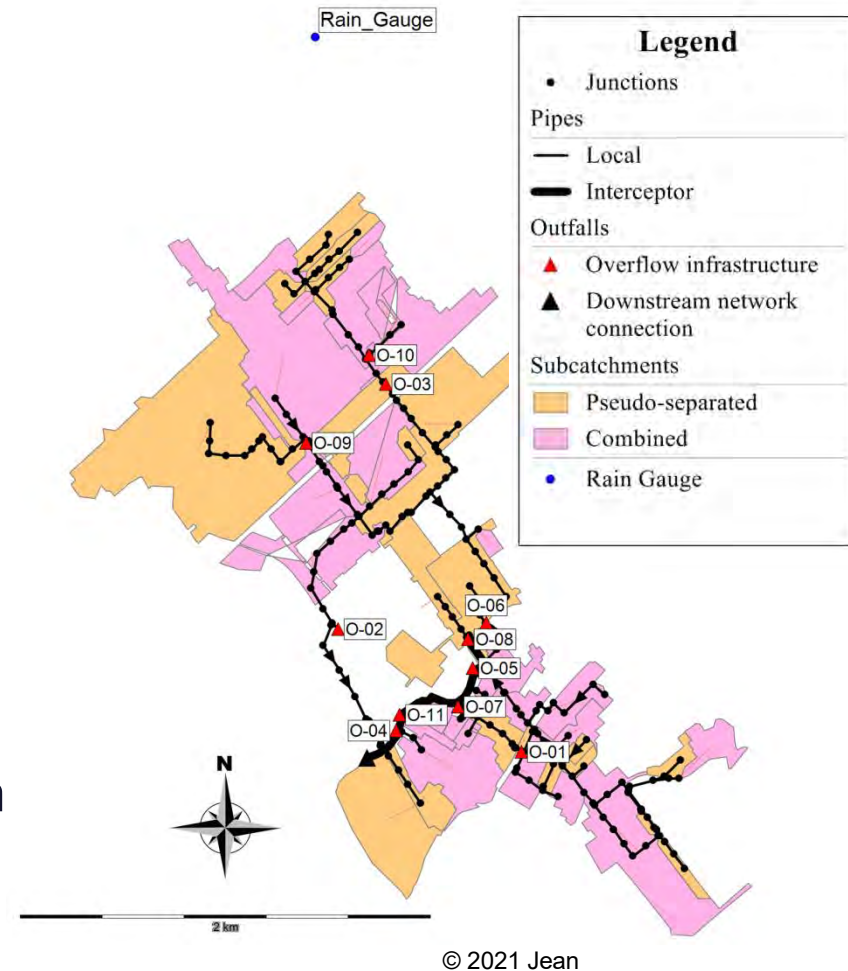
© 2014 Dagenais



# Méthodologie

## Cas d'études 1

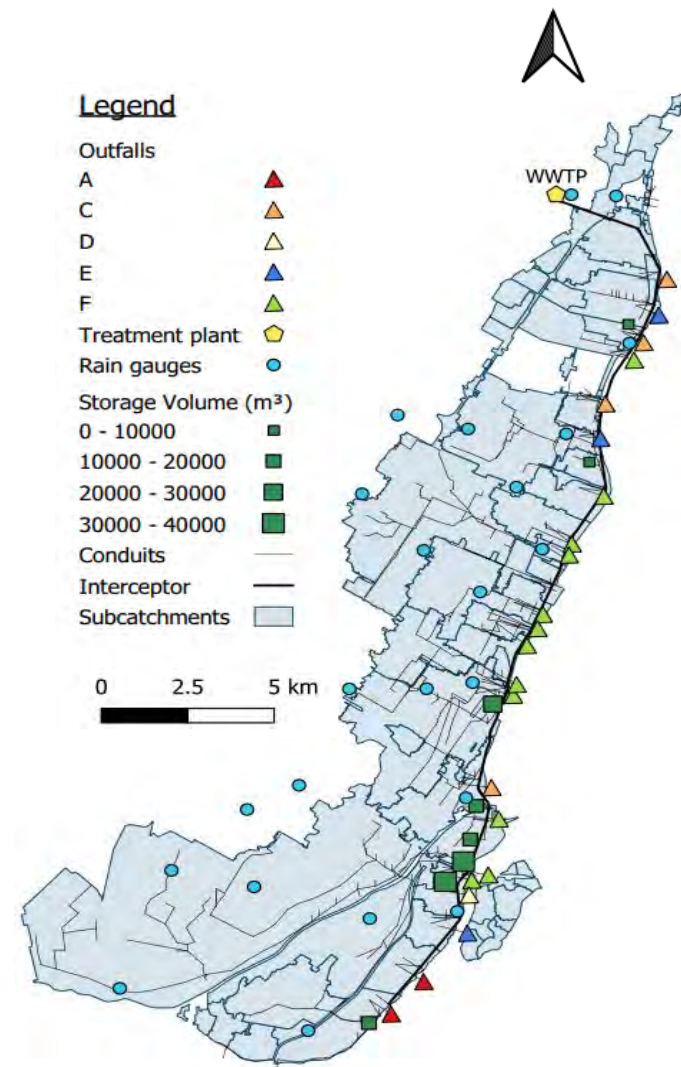
- Sous-secteur de Thetford Mines
- 181 ha, 30% imperméable
- Aucune solution mise en place
- 6 ouvrages de surverses sont problématiques
- Fréquence actuelle: +50 DRU/saison
- Fréquence cible (basée sur les objectifs de DRU): 7 DRU/saison
- 9 années de données pluviométriques aux 5 min de mai à novembre (2006-2009 et 2011-2015)



# Méthodologie

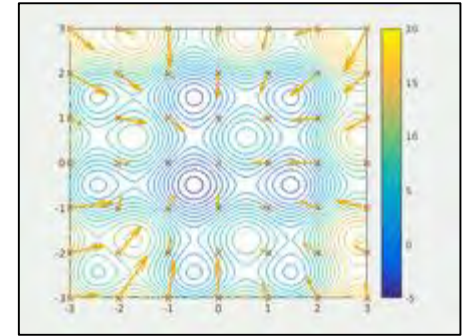
## Cas d'études 2

- 🔹 Intercepteur sud de Montréal
- 🔹 17 000 ha, 43% imperméable
- 🔹 8 réservoirs totalisant 150 000 m<sup>3</sup>
- 🔹 22 sites de régulation (application du CTR global prédictif ou local réactif)
- 🔹 22 ouvrages de surverses et priorités pour ne pas déborder (A = priorité la plus élevée à F = priorité la moins élevée)
- 🔹 2 mois de données pluviométriques aux 5 minutes (juillet-août 2016)



# Méthodologie

## Logiciels de simulation et optimisation



© Ephramac

### Modélisation hydrologique et hydraulique:

- 💧 Storm Water Management Model (SWMM) (Rossman, 2015)
- 💧 PCSWMM (CHI, 2016)

### Optimisation des solutions:

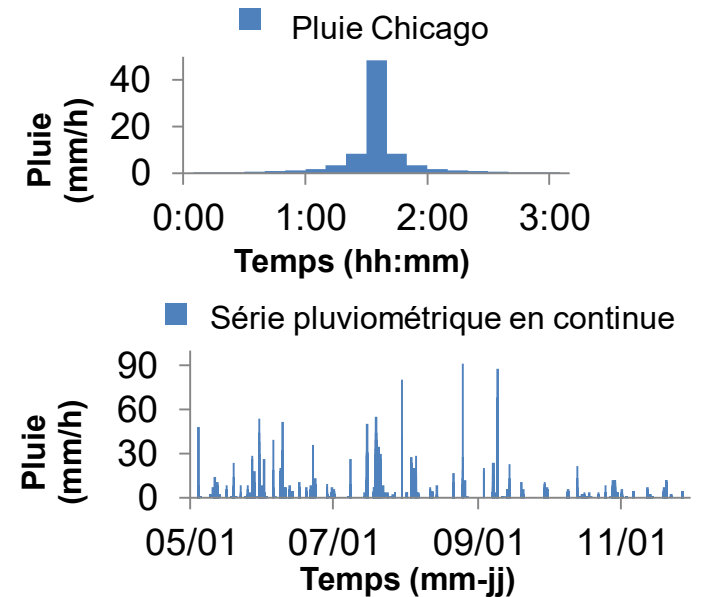
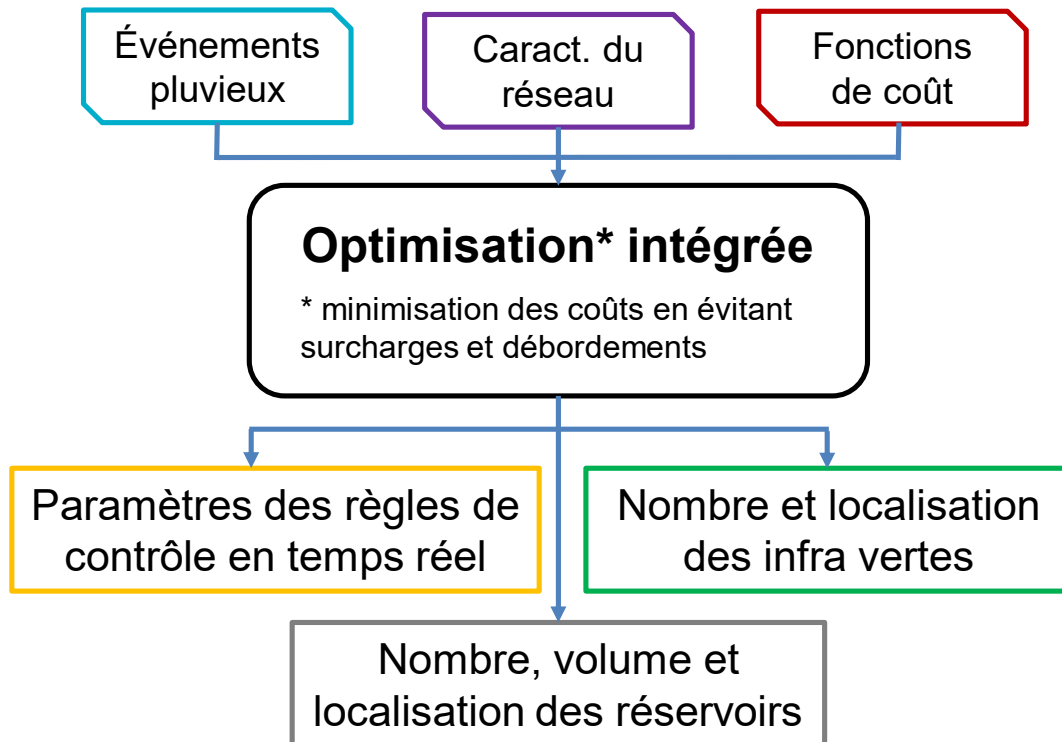
- 💧 Integrated Planning and Optimization Program (iPOP) développé par Tetra Tech

### Contrôle en temps réel:

- 💧 Combined Sewer Overflow SOFTWARE (Csoft) (Pleau et al., 2005)

# Méthodologie

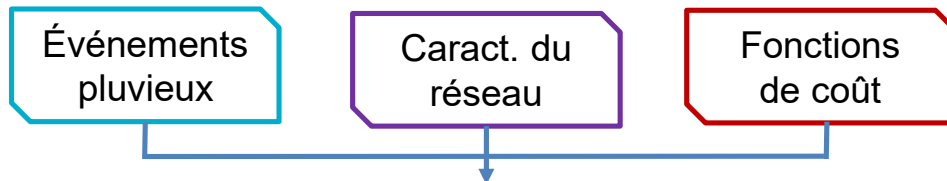
## Processus d'optimisation (cas d'étude 1)





# Méthodologie

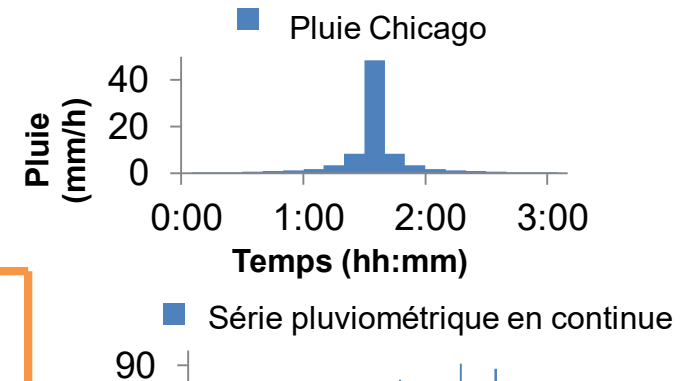
## Scénarios (cas d'étude 1)



Nom du scénario	Type de controle	Infra vertes	Réservoirs
1. Base case	Statique	-	-
2. RTC	CTR	-	-
3. Static-Grey	Statique	-	Oui
4. RTC-Grey	CTR	-	Oui
5. Static-Grey-Green	Statique	Oui	Oui
6. RTC-Grey-Green	CTR	Oui	Oui
7. Static-Green	Statique	Oui	-
8. RTC-Green	CTR	Oui	-

Param  
con

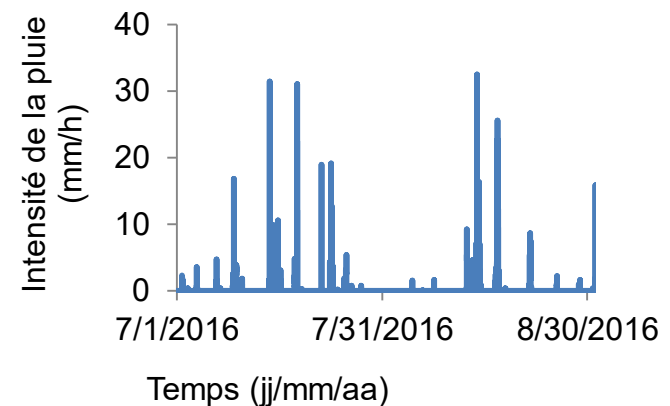
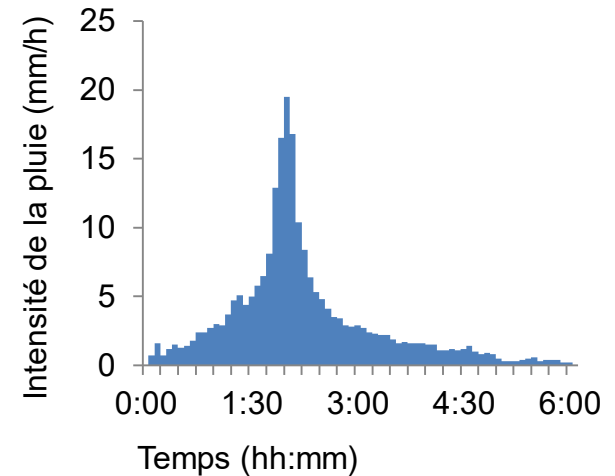
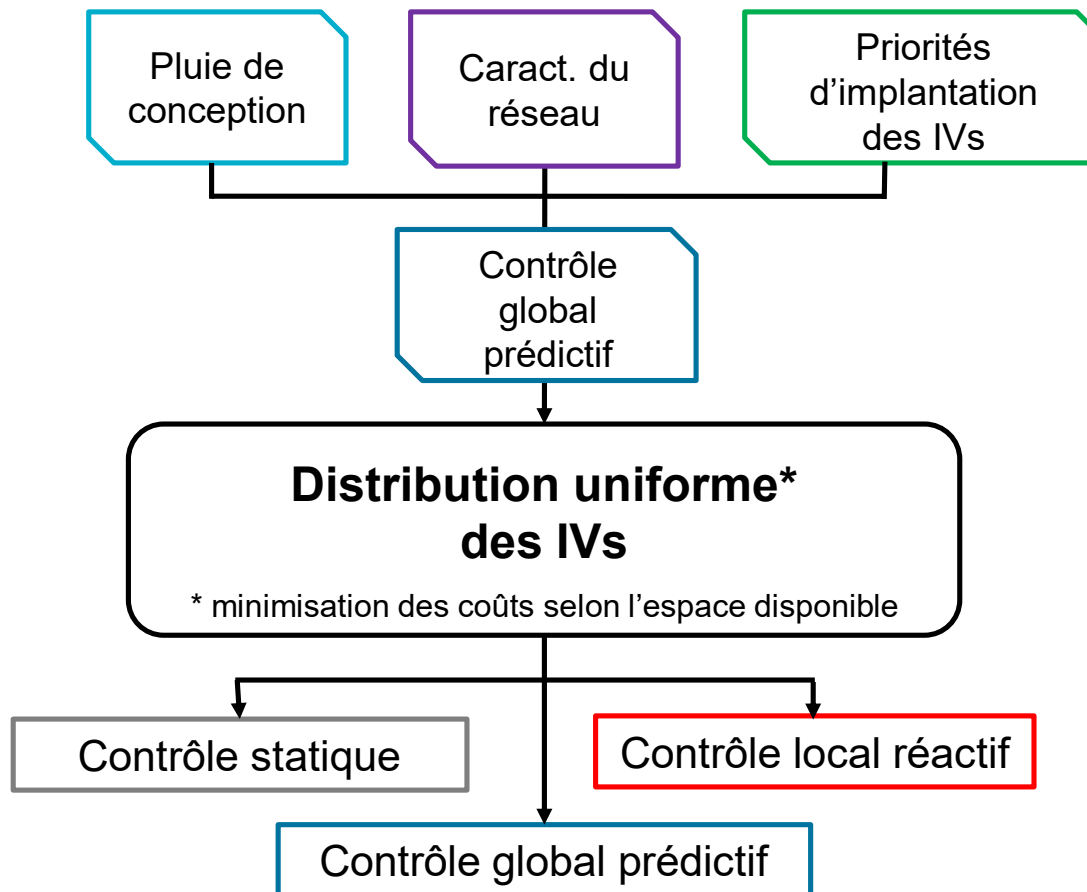
on  
Pluie (mm/h)



Comparaison de toutes les possibilités de solutions pour le contrôle des DRUs (8 scénarios)

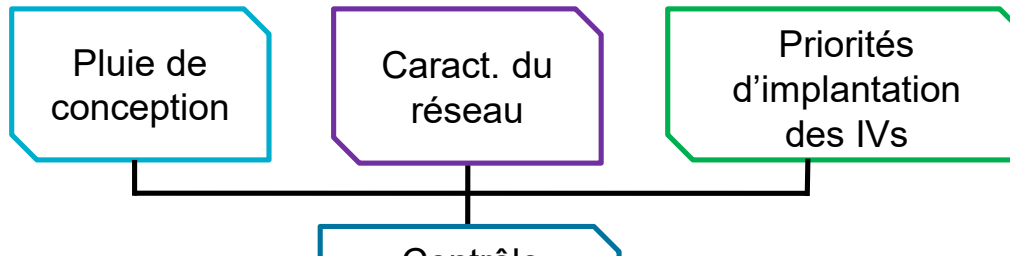
# Méthodologie

## Processus d'implantation des IVs (cas d'étude 2)



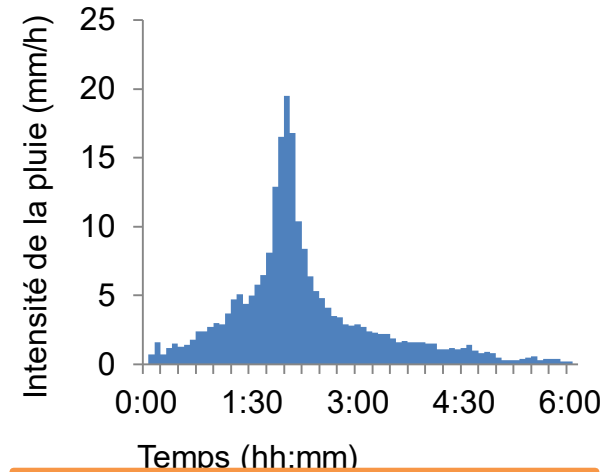
# Méthodologie

## Scénarios (cas d'étude 2)



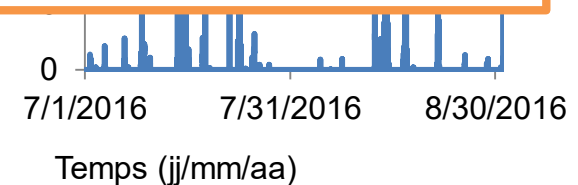
Nom du scénario	Type de contrôle	Infra vertes	Réservoirs
1. Statique référence	Statique	-	Oui
2. Statiqu-IV	Statique	Oui	Oui
3. CTR-LR référence	CTR-Local réactif	-	Oui
4. CTR-LR-IV	CTR-Local réactif	Oui	Oui
5. CTR-GP référence	CTR-Global prédictif	-	Oui
6. CTR-G-IV	CTR-Global prédictif	Oui	Oui

Contrôle global prédictif



Comparaison de tous les modes de contrôle avec/sans IVs pour le contrôle des DRUs (6 scénarios)

Intensité de la pluie



# Méthodologie

## Simulation des IVs

### Module LID de SWMM

- Cellules de bioretention de 10 m<sup>2</sup>

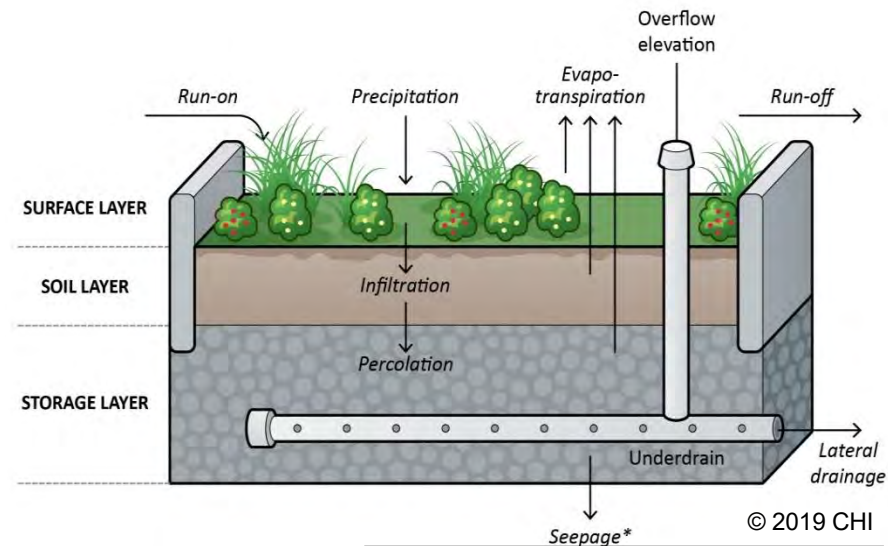
### Analyse spatiale

(détermination de l'espace maximale disponible):

- Occupation du territoire
- Type de sol, contamination, % d'imperméabilité, pente, etc.
- Guides/Plans d'action/Études des villes et du gouvernement

### Paramètres de conception des IVs

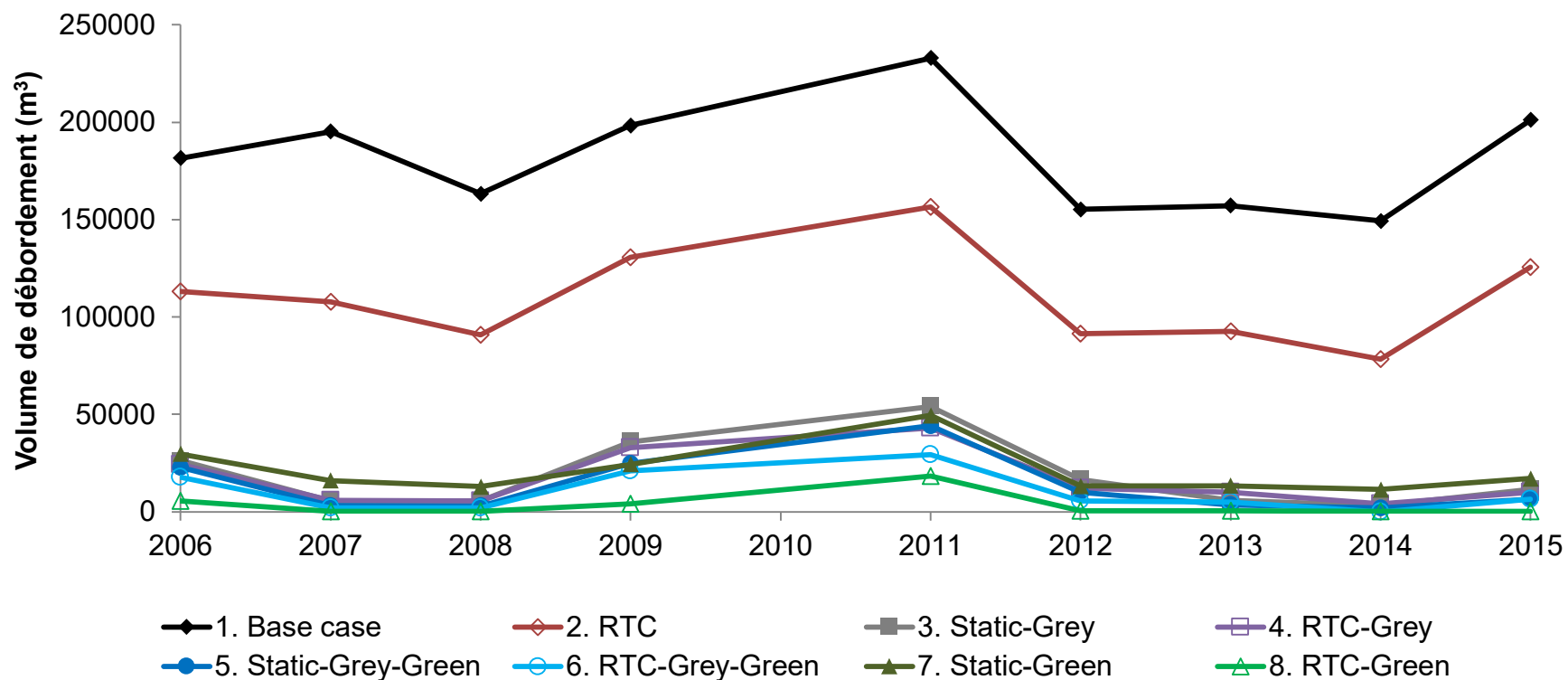
- Norme de la Canadian Standard Association
- Données de terrain
- Littérature SWMM





# Résultats (Cas d'étude 1)

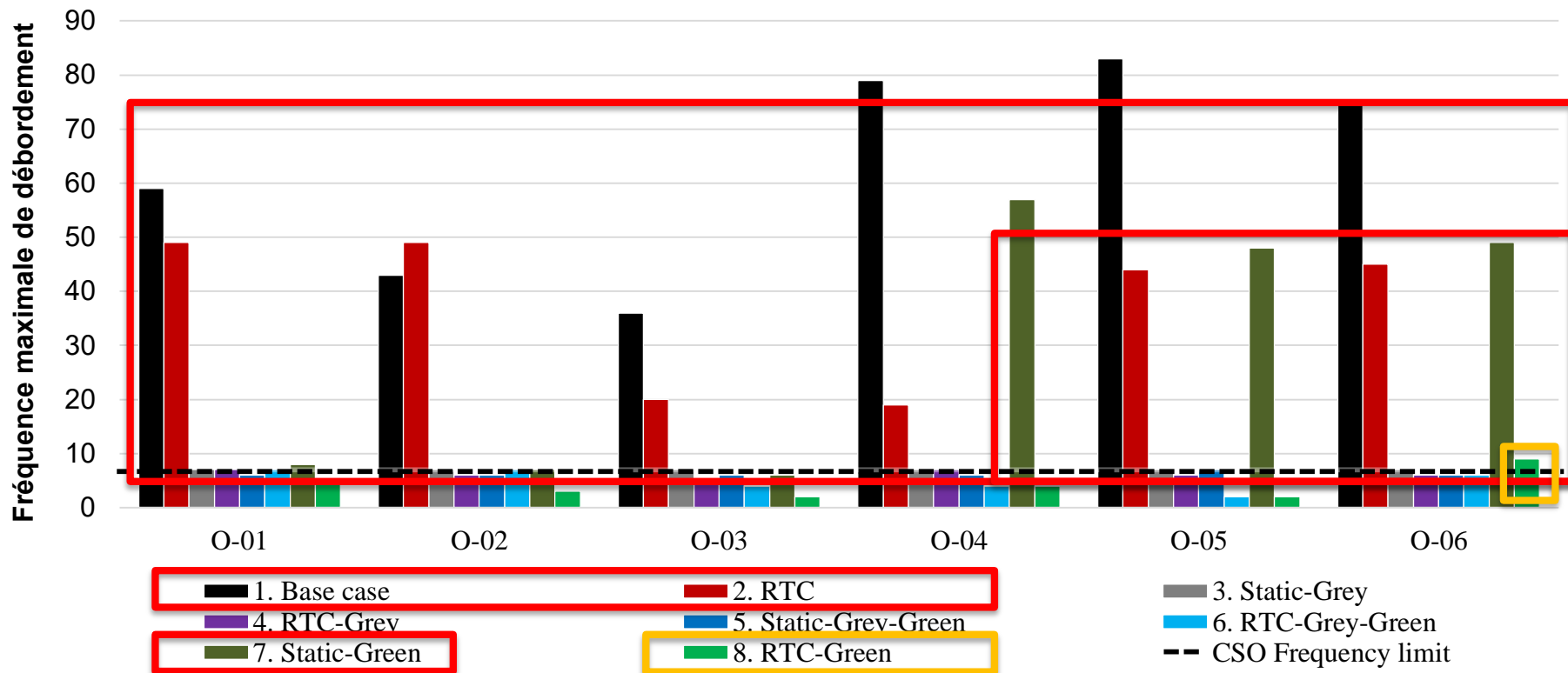
## Volumes de DRU



Volumes totaux débordés annuellement (m<sup>3</sup>)

# Résultats (Cas d'étude 1)

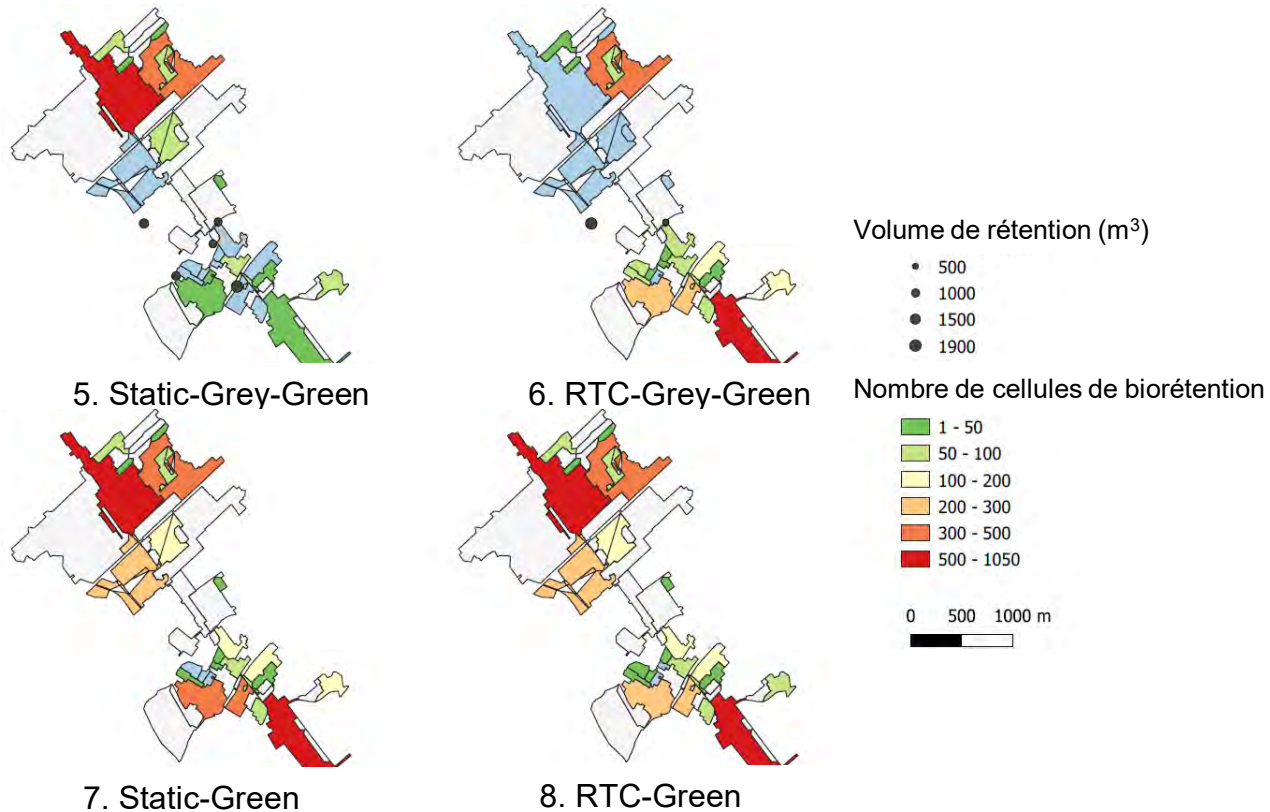
## Fréquence maximale de DRU



Fréquence maximale de débordement sur 9 années par ouvrage

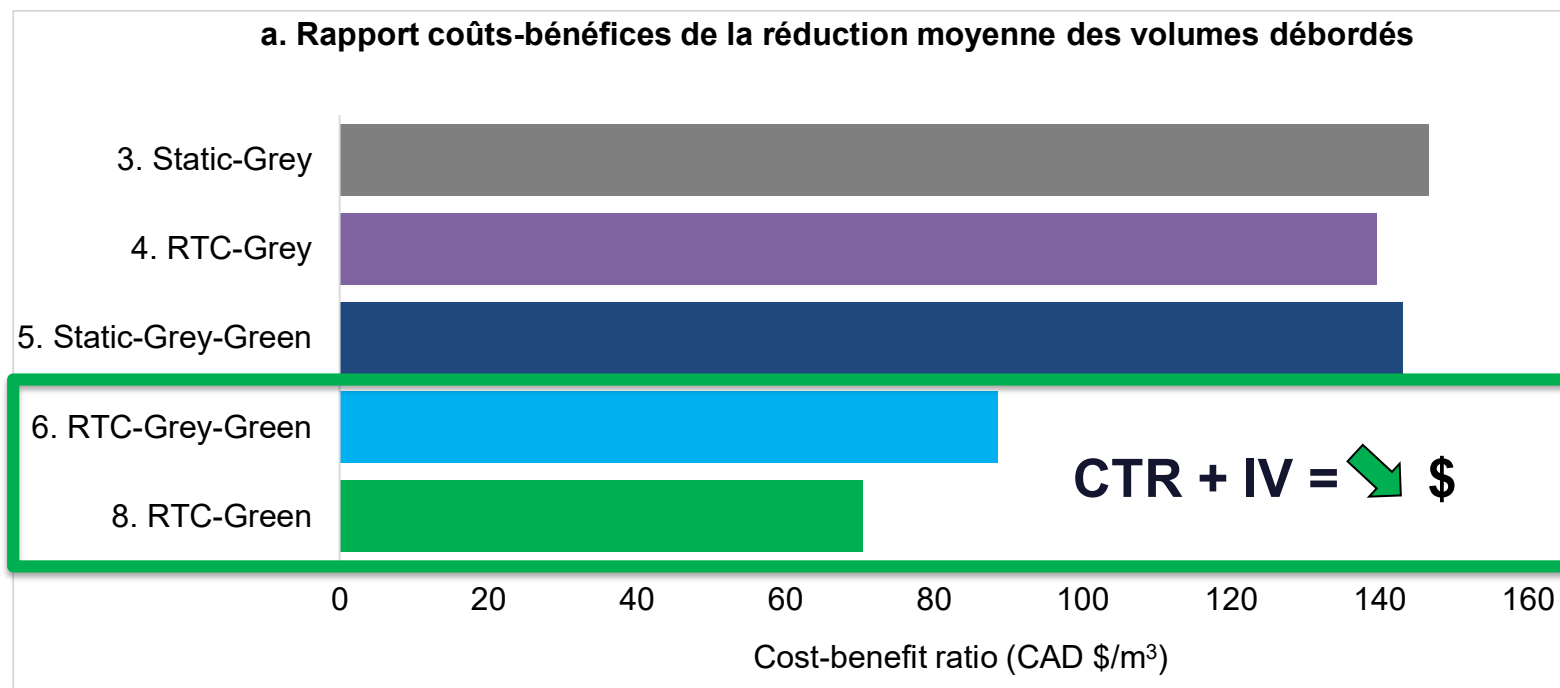
# Résultats (Cas d'étude 1)

## Distribution spatiale des IVs



# Résultats (Cas d'étude 1)

## Rapport coûts-bénéfices

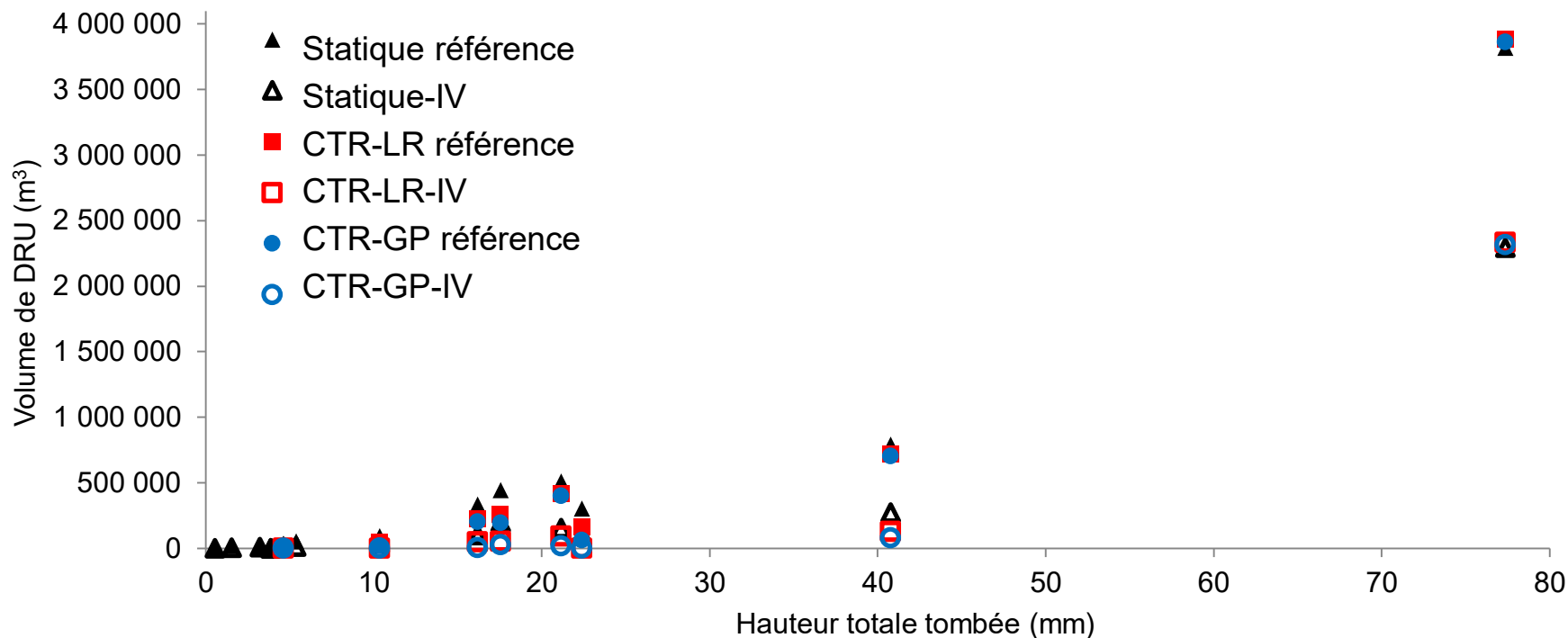


**Rapport entre le coût d'investissement initial et la réduction moyenne des volumes de DRU sur 9 années**



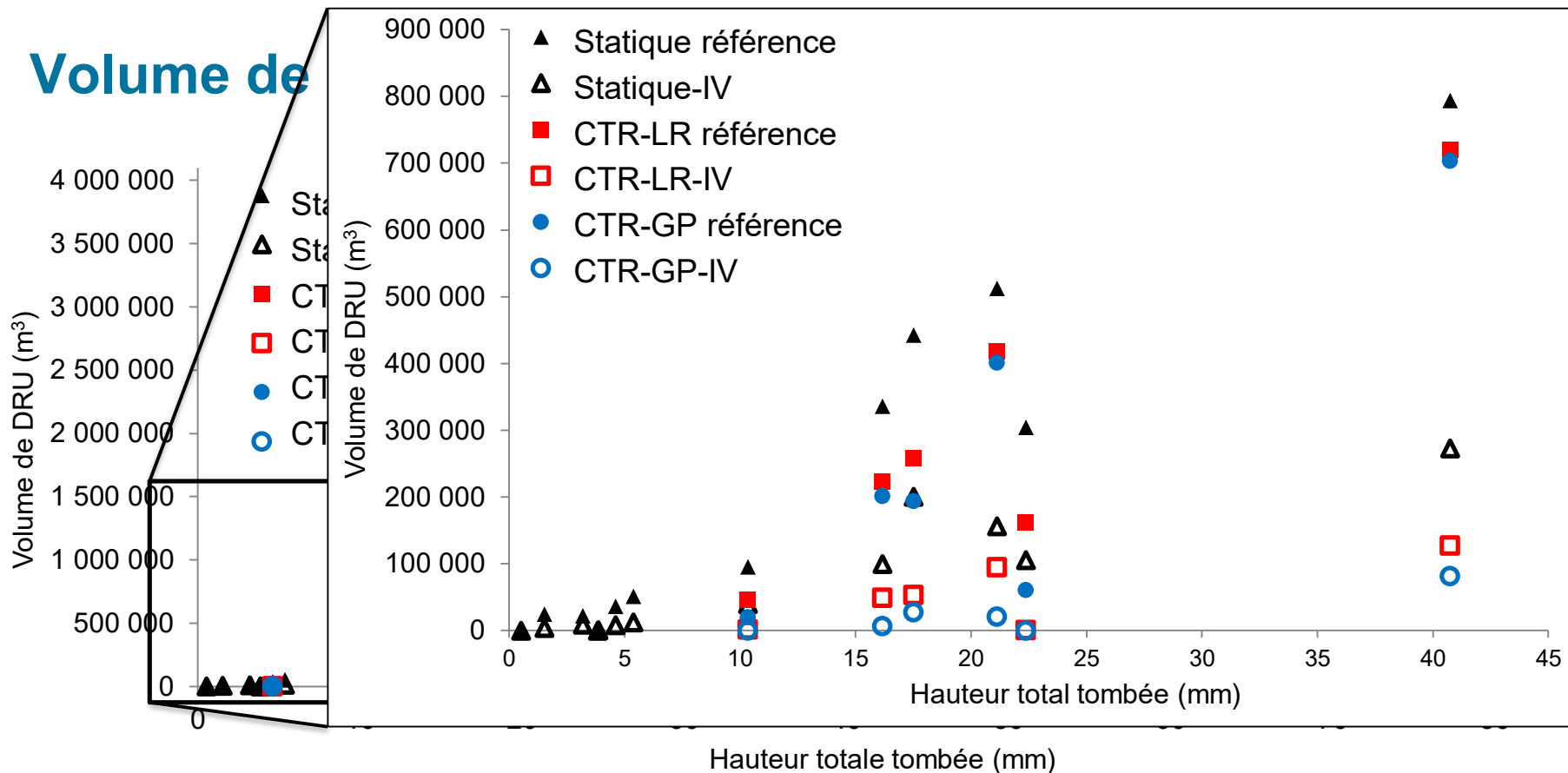
# Résultats (Cas d'étude 2)

## Volume de DRU par événement



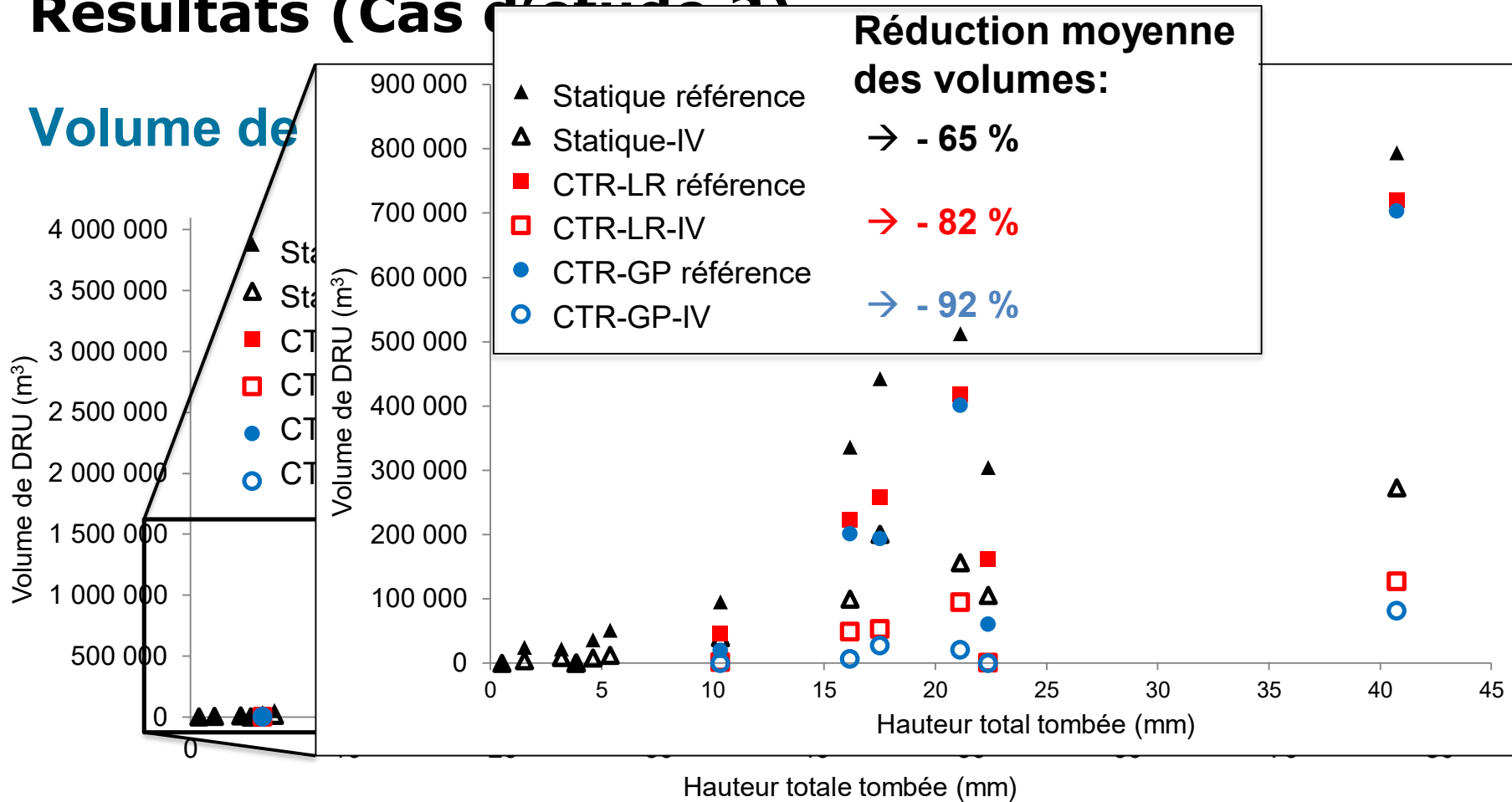
DRU similes pour juillet-août 2016

# Résultats (Cas d'étude 2)



**DRU similes pour juillet-août 2016**

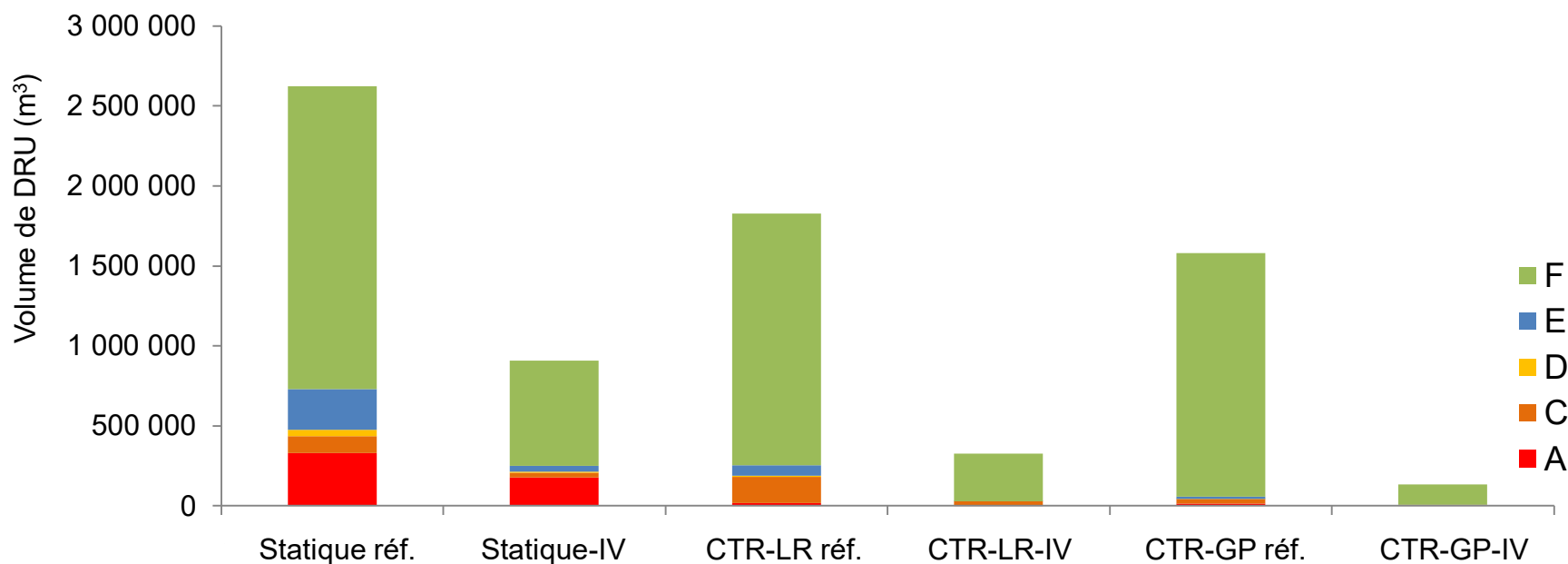
# Résultats (Cas d'étude 2)



**DRU simlés pour juillet-août 2016**

# Résultats (Cas d'étude 2)

## Volumes de DRU selon les priorités de non-débordement



**Volumes totaux de DRU simulés pour juillet-août\* 2016**

\*Sans la pluie du 16 août

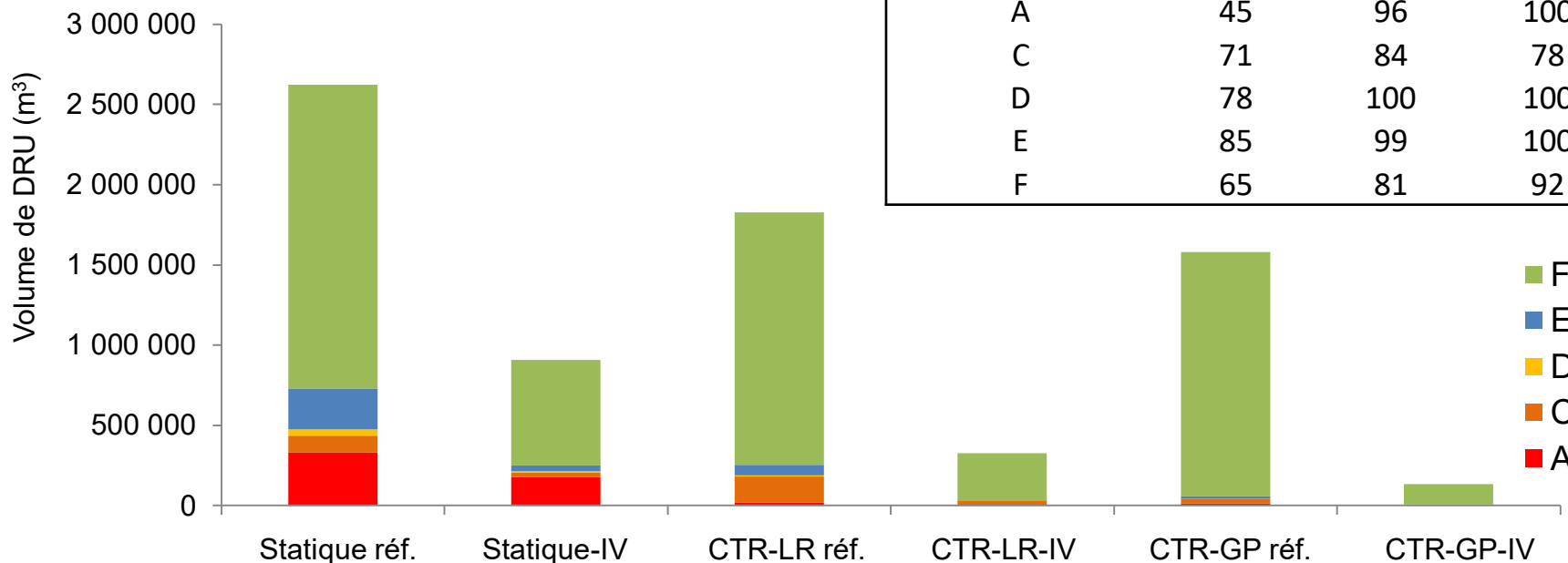


# Résultats (Cas d'étude 2)

## Volumes de DRU selon les prio

Réduction des volumes débordés par priorité (%)

Priorité de non-débordement	Statique - IV	CTR-LR - IV	CTR-GP - IV
A	45	96	100
C	71	84	78
D	78	100	100
E	85	99	100
F	65	81	92



### Volumes totaux de DRU simulés pour juillet-août\* 2016

\*Sans la pluie du 16 août

# Conclusion

## **Intégration optimisée du CTR et des IVs**

Réduction maximale des volumes débordés et des coûts, mais nécessite un nombre élevé d'infrastructures vertes

## **Intégration optimisée du CTR, des IVs et des réservoirs**

Contrôle de la fréquence des DRU pour tous les ouvrages à un coût faible et pour une implantation d'infrastructures vertes plus modérée

## **Comparaison du CTR global prédictif vs local réactif**

Le contrôle global prédictif du réseau d'égout permet un meilleur respect des priorités de non-débordement en fréquence et en volume de DRU

IN  
RS

MERCI !