



# Évaluation environnementale et hydrologique d'un enrobé drainant comme ouvrage de gestion des eaux pluviales

Jean-Philippe Robitaille, biol. M.Env. | Ministère des Transports et de la Mobilité durable

Sophie Duchesne, Ph.D., ing. | INRS (Centre Eau Terre Environnement)

INFRA - 21 novembre 2022



# Plan de présentation

- Mise en contexte
- Planification
- Conception
- Construction
- Suivi



# 1. Mise en contexte

- Besoin du Ministère

## À la source

(bande filtrante,  
revêtement perméable)



## En réseau

(fossé et noue  
engazonnée, aire de  
biorétention)



## À l'émissaire

(bassin de rétention, marais  
artificiel)



**Milieus récepteurs** (cours  
d'eau, lac, milieux  
humides)



# 1. Mise en contexte

- Revue de littérature



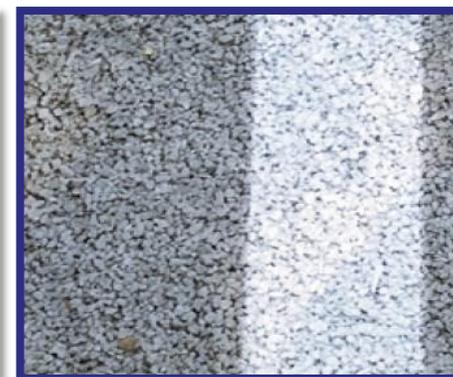
Structures alvéolées (en béton ou plastique)



Enrobé drainant



Pavés perméables (joints perméables)



Béton perméable



# 1. Mise en contexte

- Gains attendus avec l'enrobé drainant
  - Réduction des volumes et contrôle des débits de pointe;
  - Réduction de 95 % des matières en suspension, des hydrocarbures (C10-C50) et du zinc;
  - Réduction de 25 % du phosphore total;
  - Réduction de l'utilisation des sels de voirie;
  - Moins sensible au gel-dégel;
  - Réduction des coûts d'un projet (évite la construction d'un autre OGEP).
- Caractéristiques
  - Mêmes constituants qu'un enrobé conventionnel;
  - Granulométrie plus grossière;
  - Plusieurs vides interconnectés.



# 1. Mise en contexte

- Objectif général
  - Développement et partage des connaissances.
- Objectifs spécifiques
  - Valider l'efficacité du système;
  - Formuler des recommandations afin d'optimiser les gains environnementaux;
  - Définir une norme de conception et d'entretien adaptée au climat québécois;
  - Évaluer la durée de vie potentielle et réaliser une analyse coûts-bénéfices.





## 2. Planification

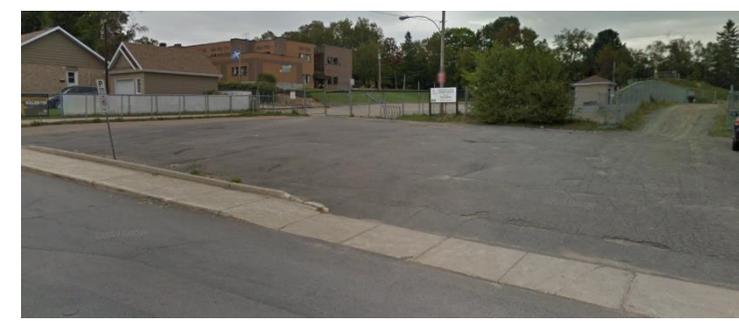
- Comité de travail ministériel
- Partenaires externes





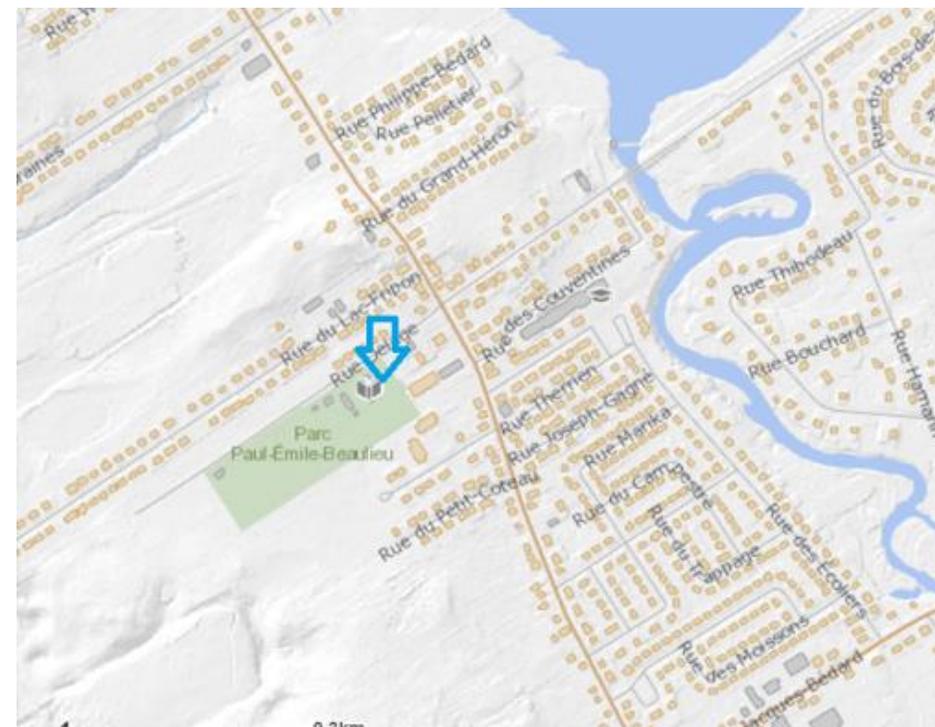
## 2. Planification

- Sélection du site / Grille d'aide à la décision



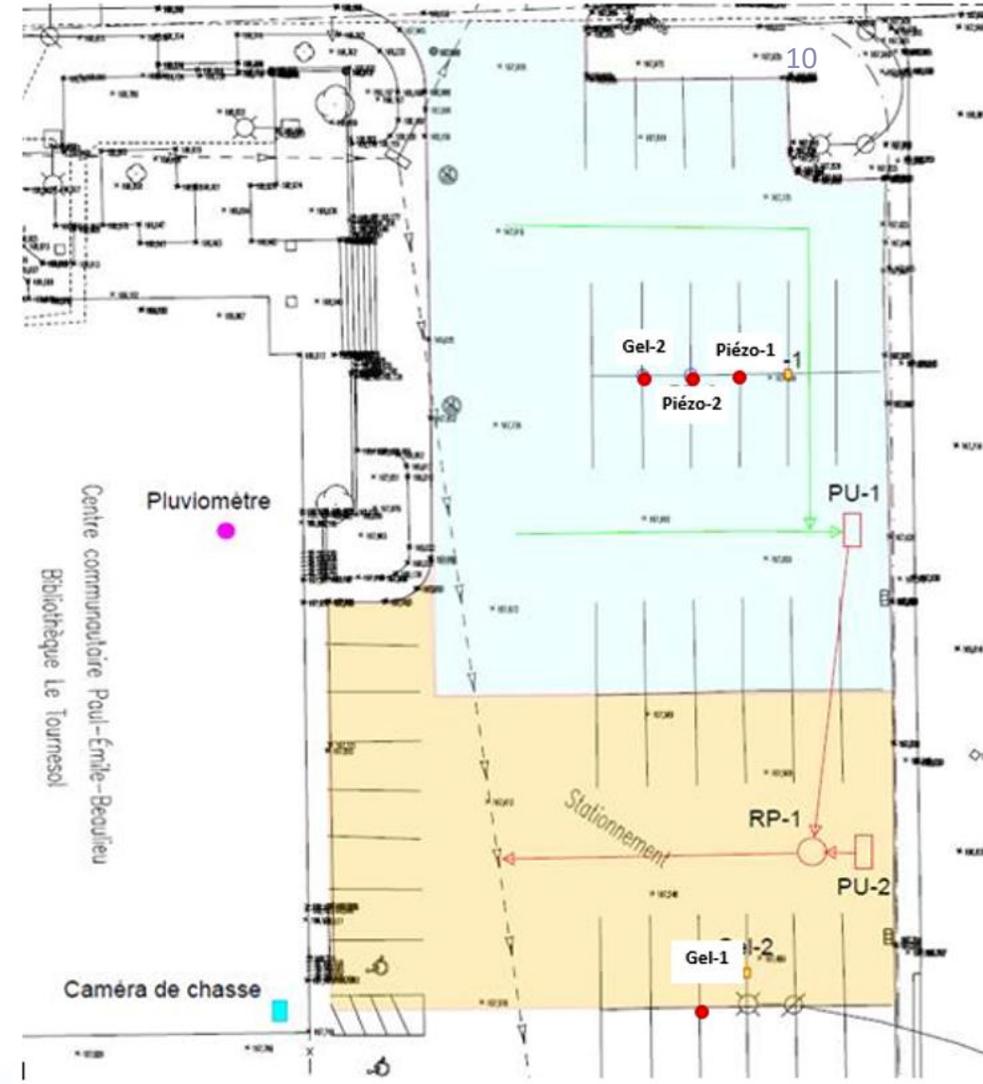
## 2. Planification

- Sélection du site
  - Centre communautaire Paul-Émile-Beaulieu (530, rue Delage, Québec)
  - Bassin versant de la prise d'eau potable de la rivière Saint-Charles
- Contraintes
  - Stationnement souterrain
  - Sous-sol de la bibliothèque
  - Entreposage de la neige usée
  - Gestion des sols contaminés
  - Gestion des sédiments



# 3. Conception

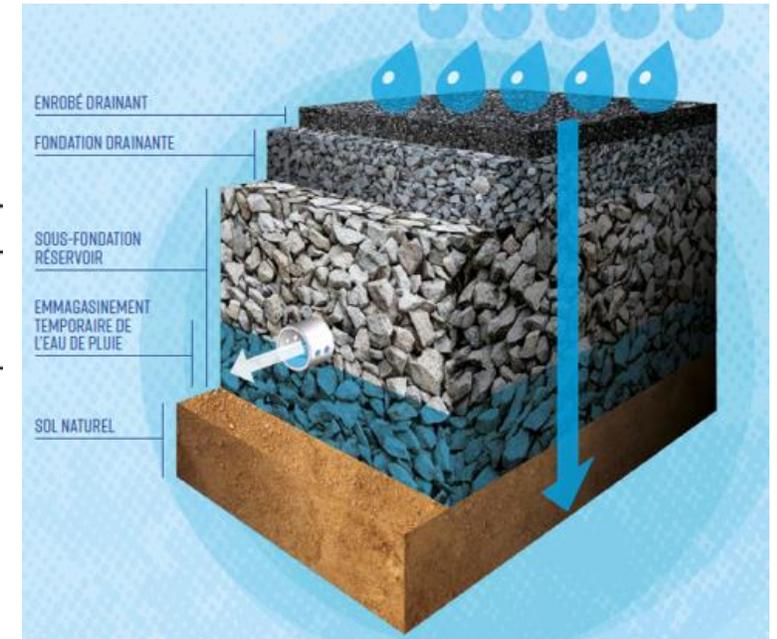
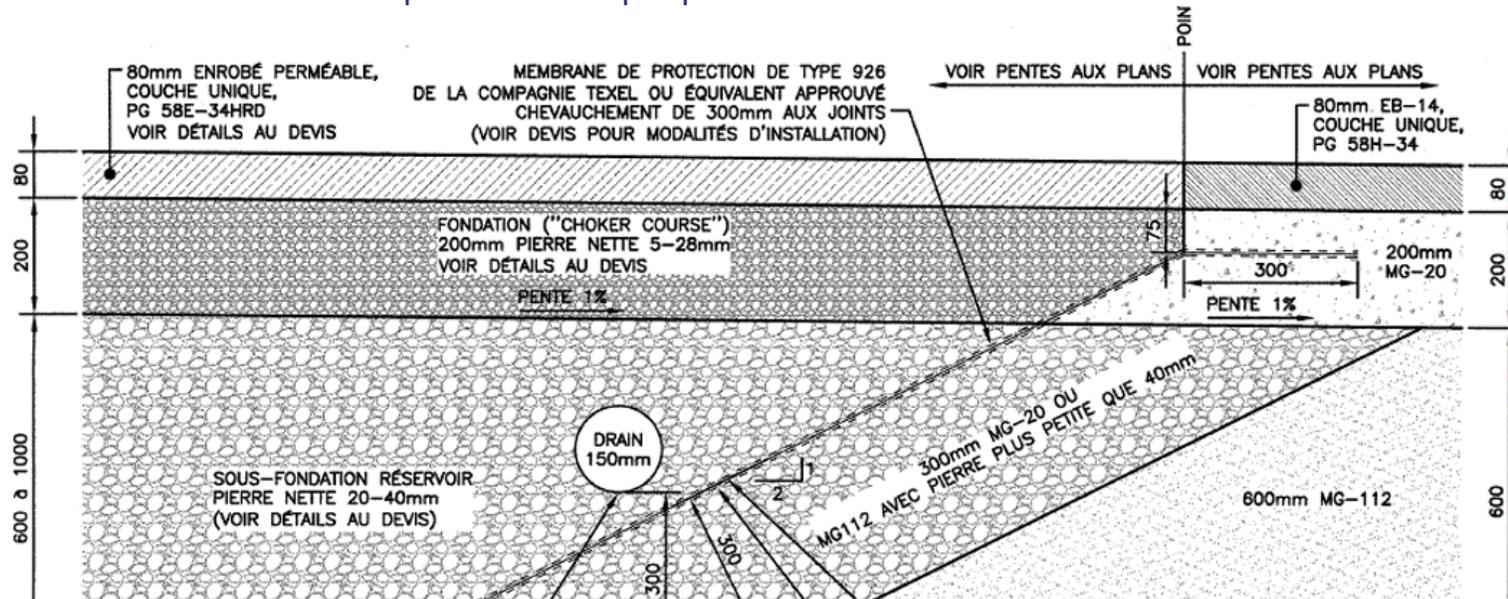
- Particularités du site
  - Aucune pente au niveau du sol d'infrastructure
  - Membrane imperméable en périphérie
  - Structure de chaussée en pierre nette et enrobé drainant
- Opportunités
  - Superficie importante
  - Comparaison avec la chaussée conventionnelle adjacente
- Références
  - Permeable Pavements, ASCE 2015
  - Porous Asphalt Pavements for Stormwater Management, NAPA 2008
  - Conception selon AASHTO 1993, adaptée aux conditions particulières de ce type de conception



# 3. Conception

## • Structures de chaussée et hydraulique

- Enrobé drainant : calibre 14 mm, 80 mm d'épaisseur
- Fondation : 200 mm de pierre nette 5-28 mm;
- Sous-fondation réservoir : 600 à 1000 mm de pierre nette 20-40 mm
- Membrane imperméable en périphérie



## 3. Conception

- Formulation de l'enrobé drainant
  - Vides élevés (18 à 22% visé)
  - Granulométrie très grossière pour atteindre les vides élevés
  - Fibre de cellulose recommandée pour augmenter la teneur en bitume et éviter l'arrachement (0,3 à 0,5%)
  - Utilisation d'un bitume visqueux (classification « E » à l'essai MSCR) pour éviter l'arrachement et le fluage
  - Teneur en bitume variable selon la quantité de cellulose
  - Granulats de grosseur nominale maximale de 10 ou 14 mm
  - Limiter l'égouttement du bitume (drain down)



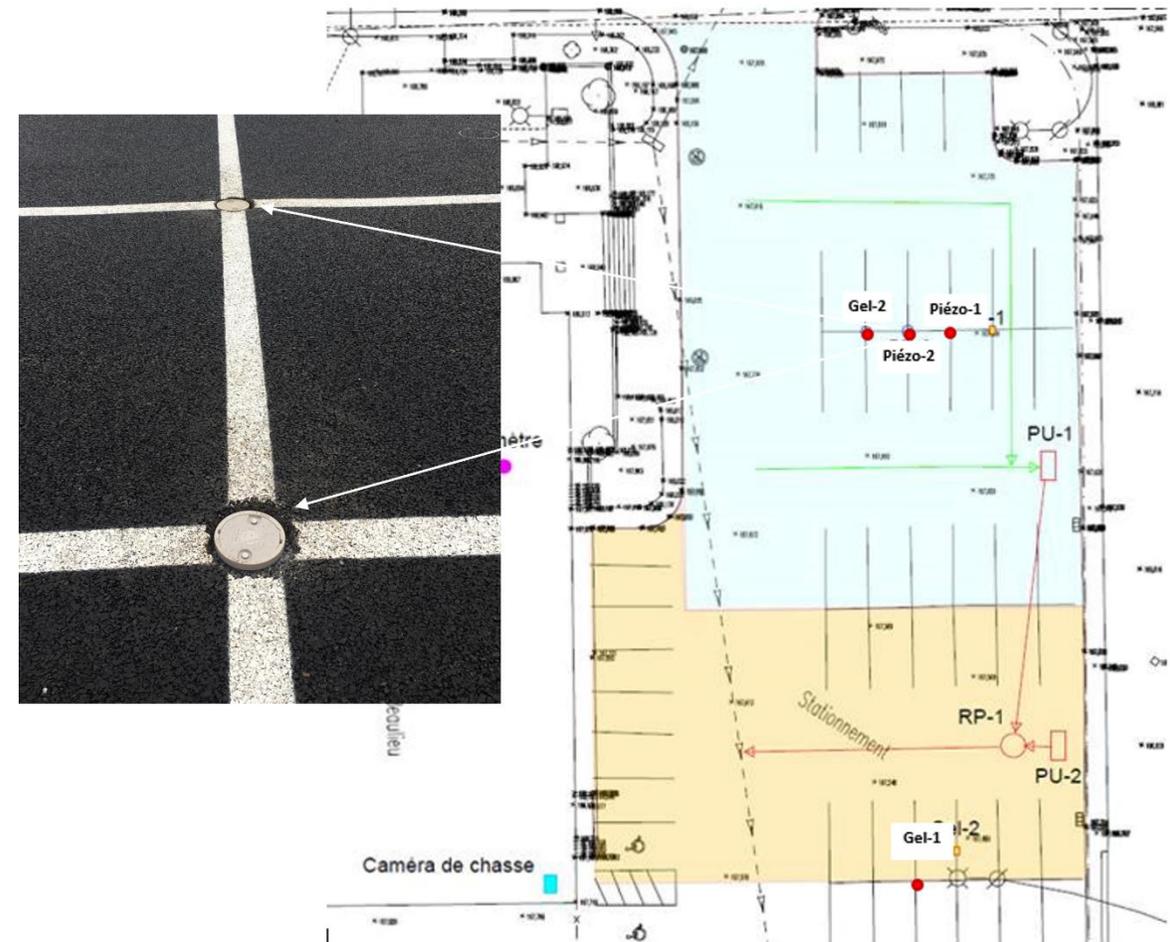
## 4. Construction

- Particularités du projet
- Planche d'essai
- Production de l'enrobé
- Pose de l'enrobé drainant



## 5. Suivi

- Entretien du stationnement
- Suivi à l'interne
  - Suivi de la profondeur de gel
  - Capacité portante
  - Élévation de la surface par nivellement
- Projet de recherche





# Conclusion

- **Déjà un succès!**
  - Défi relevé avec brio par tous les intervenants
  - Engouement et fierté
  - Projet phare
  - Développement de l'expertise
  - Projet # 2 à venir?



# Essai d'un enrobé drainant et d'une chaussée réservoir comme ouvrage de gestion des eaux pluviales pour un stationnement

Projet de maîtrise de Khalid Aglida

Supervision : S. Duchesne (INRS) et G. Pelletier (U. Laval)

# Projet de recherche - Sommaire

- Mandat octroyé à l'INRS par le MTQ
- Dates : 15 octobre 2019 au 31 août 2022
- Prolongation ?
- Objectifs spécifiques :
  - Évaluer le potentiel d'amélioration de la qualité des eaux de ruissellement (réduction de la pollution)
  - Évaluer le potentiel de gestion des débits et volumes de ruissellement
  - Évaluer l'impact de ce type d'ouvrage sur la température des eaux de ruissellement
  - Formuler des orientations pour améliorer la performance générale de l'ouvrage lors de futurs projets

# Site expérimental - Aperçu

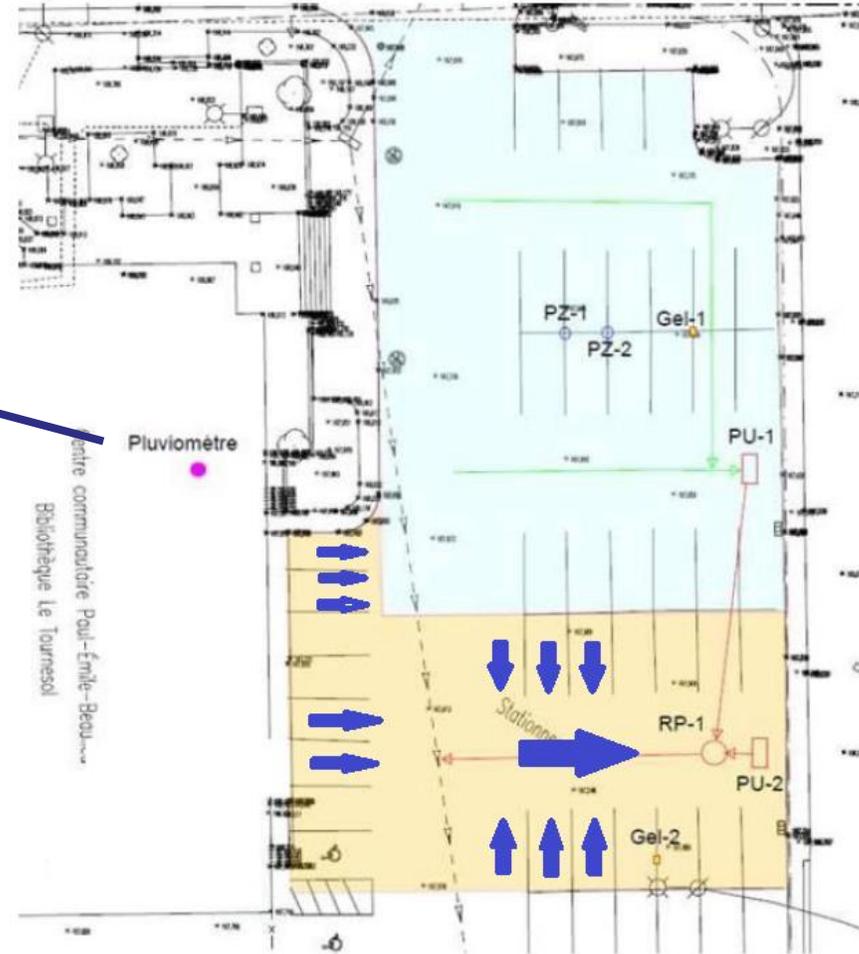


Aperçu du site expérimental par temps humide (crédit photo : Zakaria El-Haji, INRS)

# Cheminement de l'eau et instrumentation

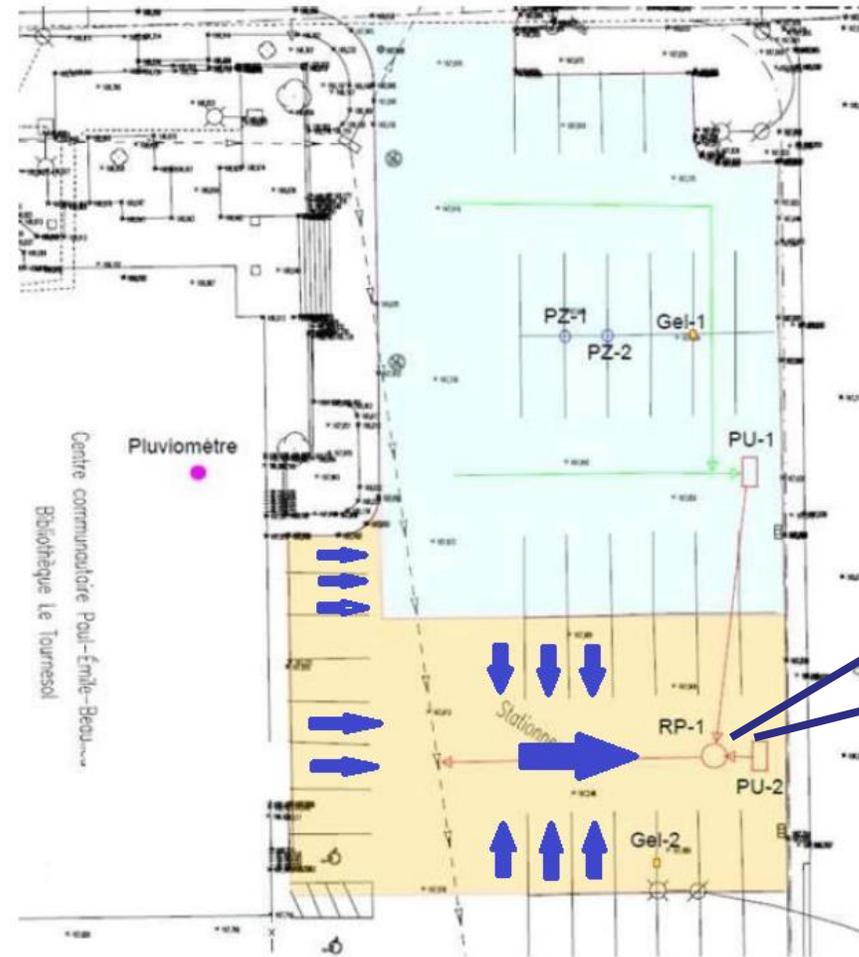


Pluviomètre à auget chauffant  
ONSET S-RGB-M002



(fond d'image : MTQ)

# Cheminement de l'eau et instrumentation

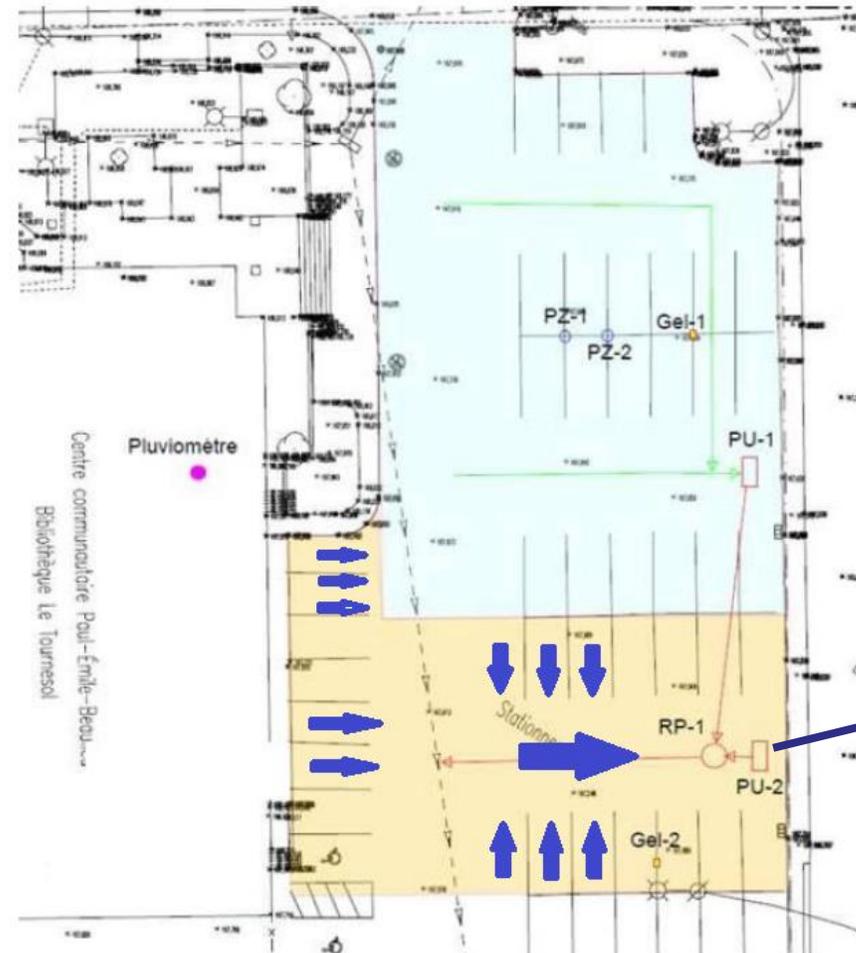


(fond d'image : MTQ)



Mesure des débits des zones perméable et imperméable (déversoirs Thelmar et sondes de niveau HOB0 MX2001)

# Cheminement de l'eau et instrumentation

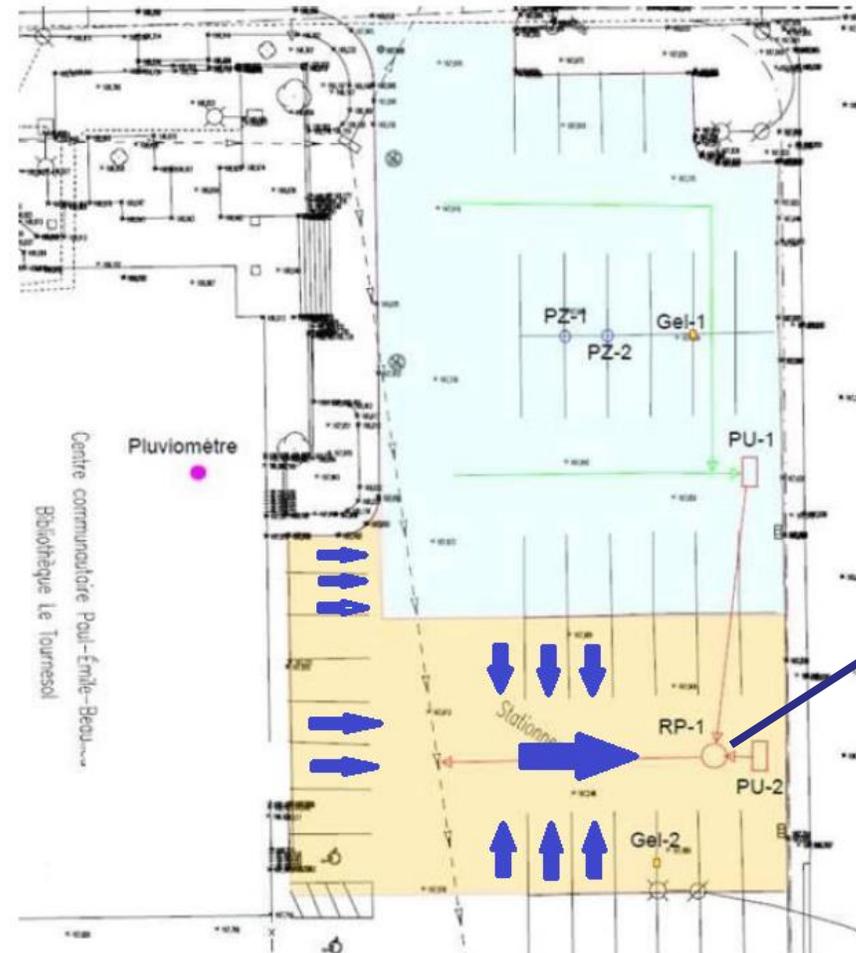


(fond d'image : MTQ)



Échantillonnage manuel : eau de ruissellement zone imperméable

# Cheminement de l'eau et instrumentation

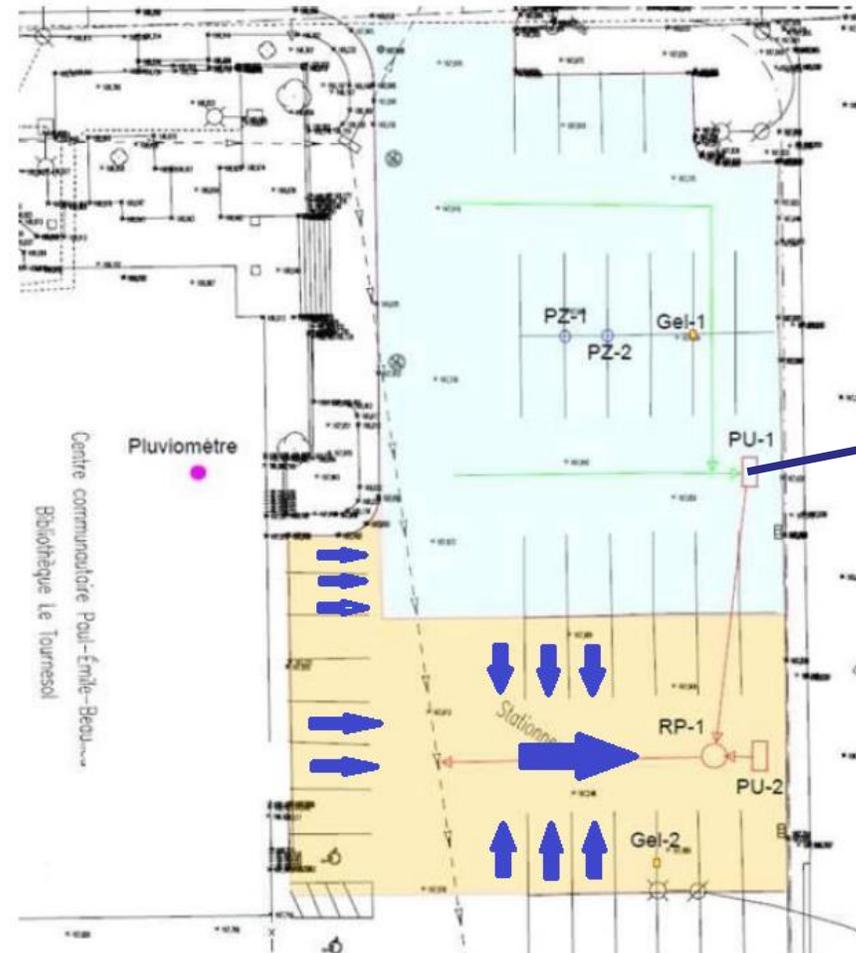


(fond d'image : MTQ)



Échantillonnage automatique : eau zone imperméable vers réseau (ISCO 3700)

# Cheminement de l'eau et instrumentation



Échantillonnage manuel : drain de la zone perméable

(fond d'image : MTQ)

# Mesure du taux d'infiltration - Méthodologie

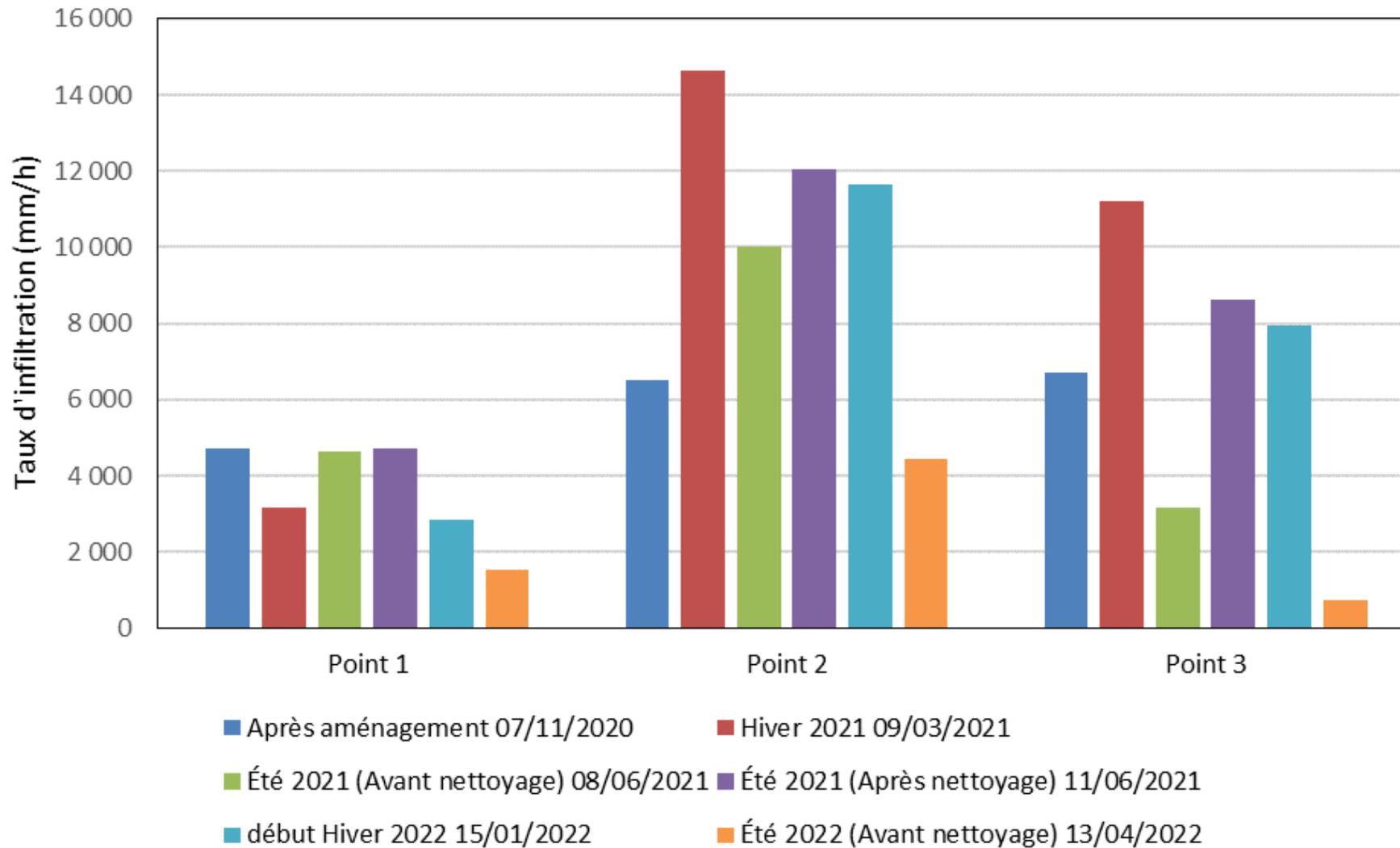
## Mesures en trois points du site



## Norme ASTM C1781/C1781M -14a

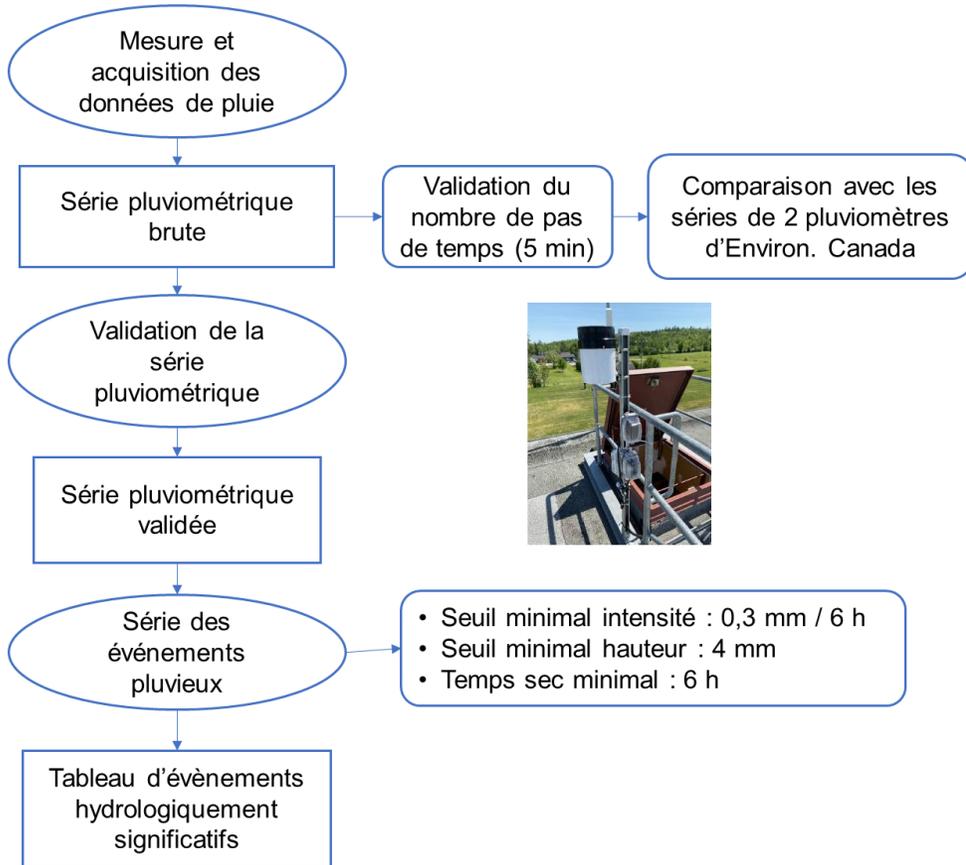


# Mesure du taux d'infiltration - Résultats

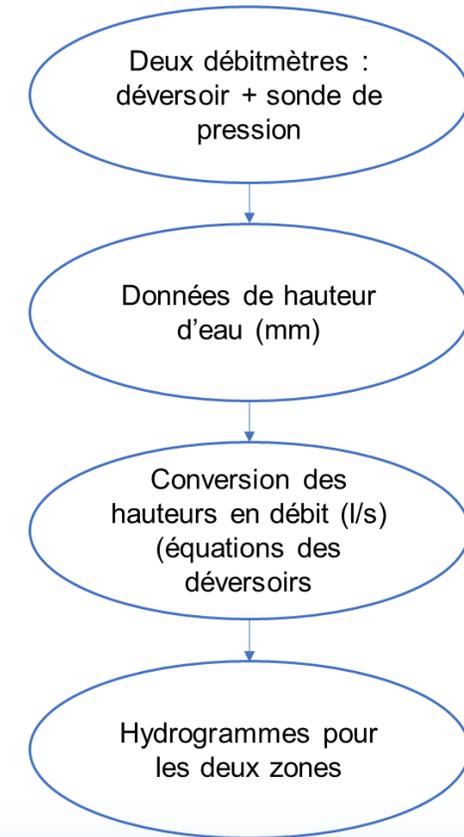
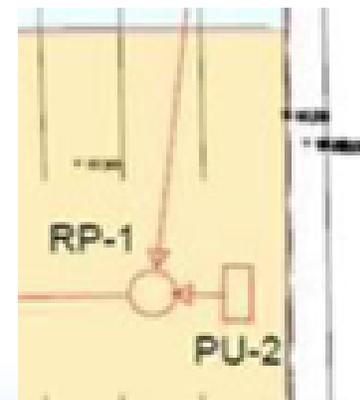


# Évaluation du potentiel de gestion des débits et volumes de ruissellement - Méthodologie

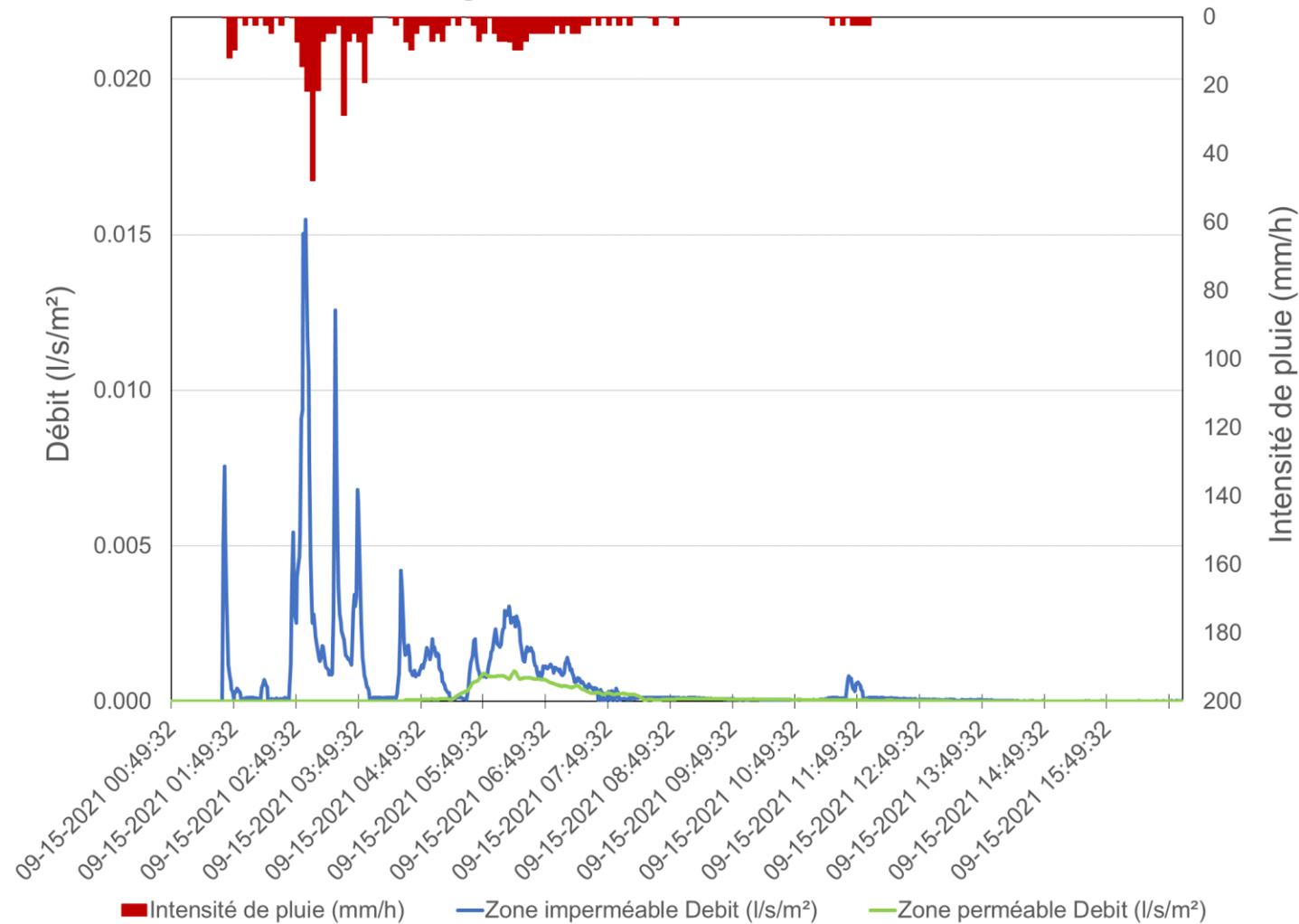
## Pluie



## Débits : zones imperméable et perméable



# Évaluation du potentiel de gestion des débits et volumes de ruissellement – Exemple de résultats



# Évaluation du potentiel de gestion des débits et volumes de ruissellement – Sommaire des résultats

Date (mm/jj/an)	H tot. pluie (mm)	I <sub>max</sub> 5 min (mm/h)	Durée antér. sèche (j)	Durée pluie (h)	V ruisselé zone imperm. (l/m <sup>2</sup> )	V ruisselé zone perméable (l/m <sup>2</sup> )	Réduction vol. total (%)	Débit max. zone imperm. (l/s/m <sup>2</sup> ) x 0,0001	Débit max. zone perméable (l/s/m <sup>2</sup> ) x 0,0001	Réduction débit max. (%)
29/08/2021	15,8	12,0	33,5	14,0	14,99	0,00	100 %	4,71	0,00	100 %
5/09/2021	17,4	26,4	6,2	6,3	17,18	0,00	100 %	7,28	0,00	100 %
6/09/2021	5,8	7,2	0,5	15,4	5,34	0,00	100 %	1,13	0,00	100 %
8/09/2021	8,6	14,4	1,4	9,2	8,06	0,00	100 %	3,46	0,00	100 %
12/09/2021	12,4	19,2	3,2	9,8	11,63	0,00	100 %	3,89	0,00	100 %
15/09/2021	36,4	48,0	2,5	10,6	35,92	6,64	82 %	15,49	1,03	93 %
24/09/2021	6,8	9,6	9,0	10,5	6,55	0,00	100 %	2,39	0,00	100 %
27/09/2021	6,4	12,0	2,7	3,6	6,07	0,00	100 %	3,29	0,00	100 %
29/09/2021	6,2	7,2	1,8	13,2	5,71	0,00	100 %	1,37	0,00	100 %
30/09/2021	6,2	24,0	0,4	3,6	5,78	0,00	100 %	5,17	0,00	100 %
16-17/10/2021	52,0	-	15,8	32,0	49,38	16,02	68 %	21,57	1,83	91 %
7/04/2022	19,0	7,20	13,3	17,8	18,19	0,00	100 %	1,38	0,00	100 %
9/06/2022	21,4	21,60	1,1	12,5	21,42	0,16	99 %	5,94	0,07	99 %

# Évaluation du potentiel d'amélioration de la qualité de l'eau - Méthodologie

## 1. Échantillonnage composite :

- eau de ruissellement de la partie imperméable (manuel)
- eau de la partie imperméable vers le réseau (automatique)



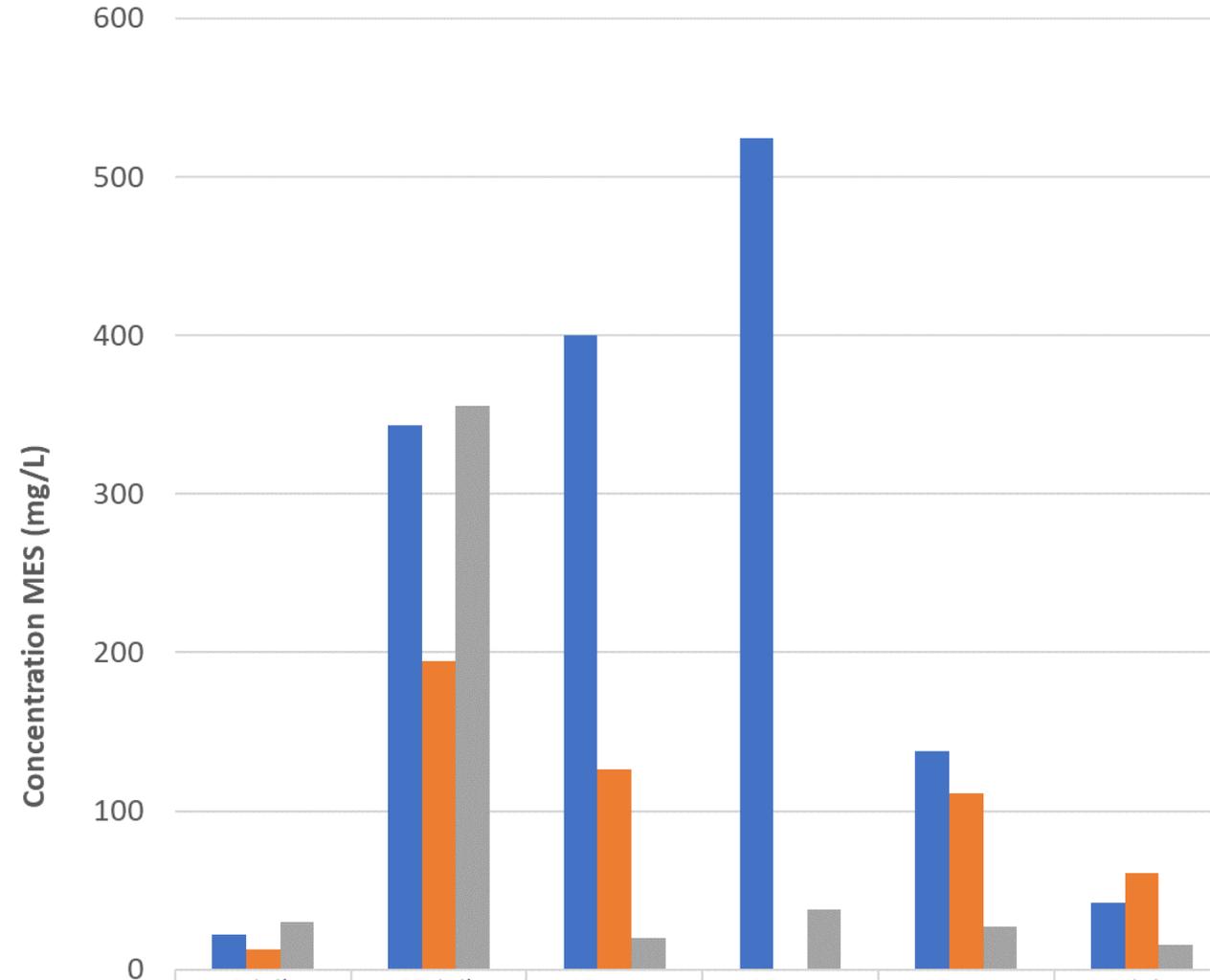
## 2. Échantillonnage 1 L :

- eau du drain de la partie perméable



# Évaluation du potentiel d'amélioration de la qualité de l'eau - Résultats

## Matières en suspension

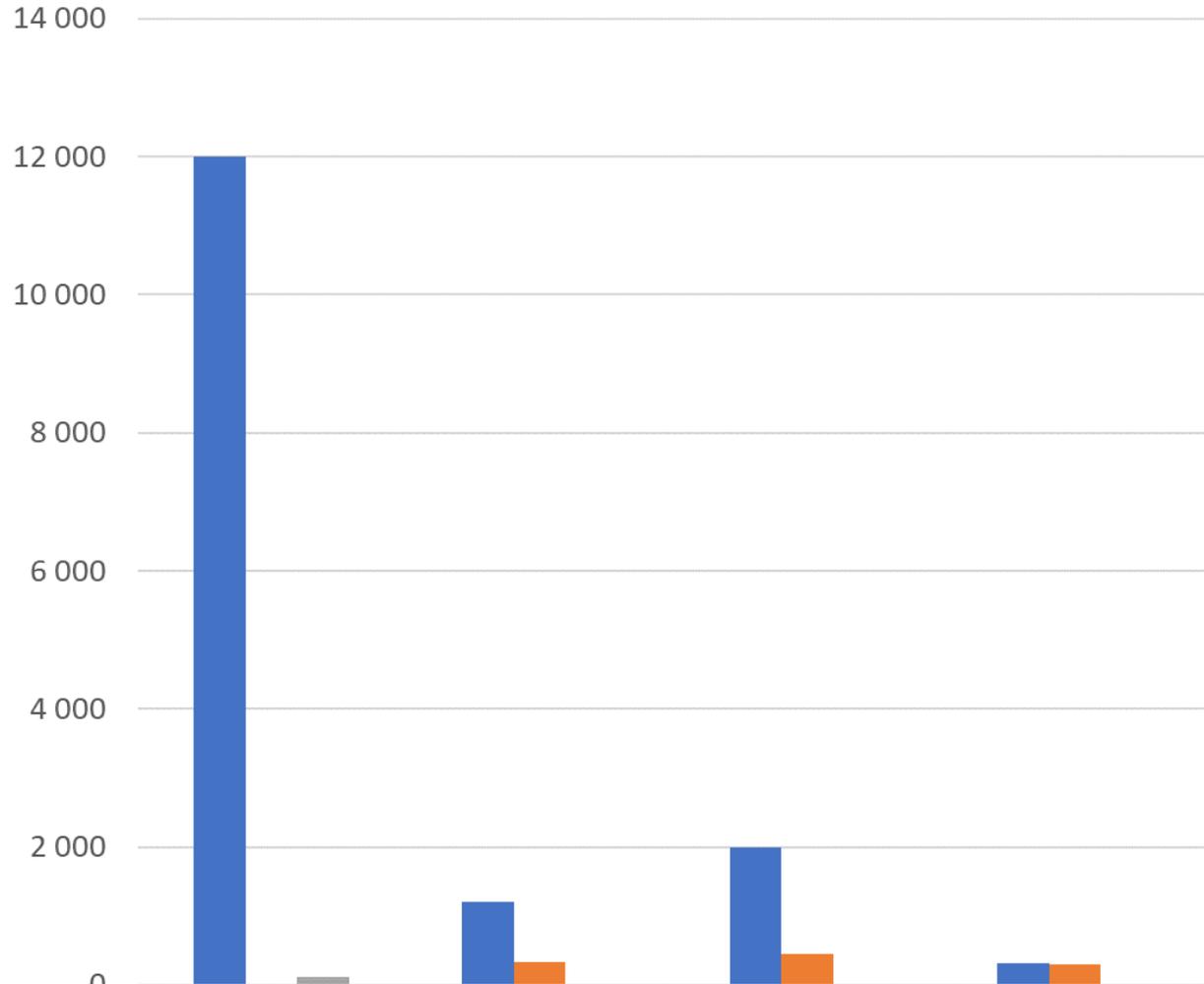


# Évaluation du potentiel d'amélioration de la qualité de l'eau - Résultats



## Hydrocarbures C10-C50

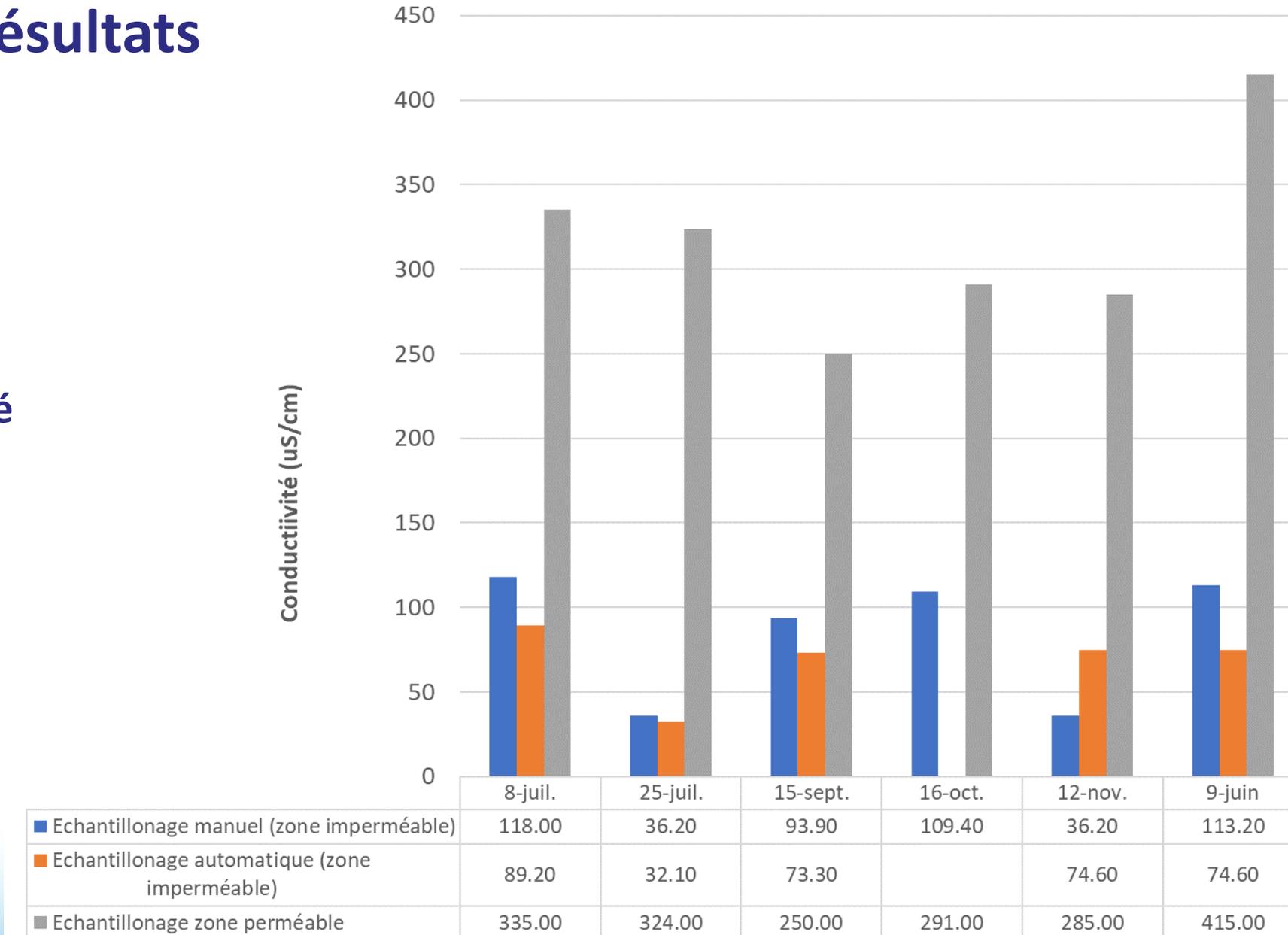
Concentration C10-C50 (ug/L)



	25-juil.	15-sept.	16-oct.	12-nov.
■ Echantillonnage manuel (zone imperméable)	12000	1200	2000	310
■ Echantillonnage automatique (zone imperméable)		340	450	290
■ Echantillonnage zone perméable	120	0	0	0

# Évaluation du potentiel d'amélioration de la qualité de l'eau - Résultats

## Conductivité



# Principales conclusions du suivi

33

## 1. Enrobé drainant :

- Grande capacité d'infiltration : affectée par les activités hivernales et l'entretien

## 2. Enrobé drainant jumelé à sa chaussée réservoir pour ce site :

- Potentiel élevé de réduction des volumes et débits de pointe
- Aucun effluent observé pour les pluies < 21 mm
- Réductions moyennes des concentrations :
  - 83 % pour matières en suspension
  - 100 % pour hydrocarbures C10-C50

## 3. Volonté de poursuivre le suivi



# Questions ?

# Projet de recherche - Sommaire

35

## • Principales étapes :

- Participation à la conception du site : octobre - décembre 2019
- Aménagement du site par la Ville de Québec et le MTQ : septembre 2020
- Finalisation du protocole et acquisition des équipements : janvier à juin 2021
- Suivi de la pluviométrie : juin 2020 à juin 2022
- Suivi de la capacité d'infiltration : novembre 2020 à avril 2022
- Suivi des débits et températures : août 2021 à juin 2022
- Récolte et analyse d'échantillons en temps de pluie :
  - 3 événements de pluie avant réaménagement (juillet 2020)
  - 26 événements de pluie après réaménagement (mai 2021 à août 2022)
- Analyse des résultats et rédaction des rapports : juillet 2022 à août 2022