

Le pavage perméable : un outil de gestion du risque hydrologique en milieu urbain

Catherine Vaillancourt, INRS

Sophie Duchesne, INRS

Geneviève Pelletier, Université Laval



Gestion durable des eaux pluviales

- Impacts de l'imperméabilisation :
 - i. surcharge des réseaux : refoulements, inondations
 - ii. rejets :
 - eau pluviale (réseaux séparés)
 - eau usée + pluviale (réseaux unitaires)



Source : <http://p.twimg.com>



<https://www.satellytics.com>

Gestion durable des eaux pluviales

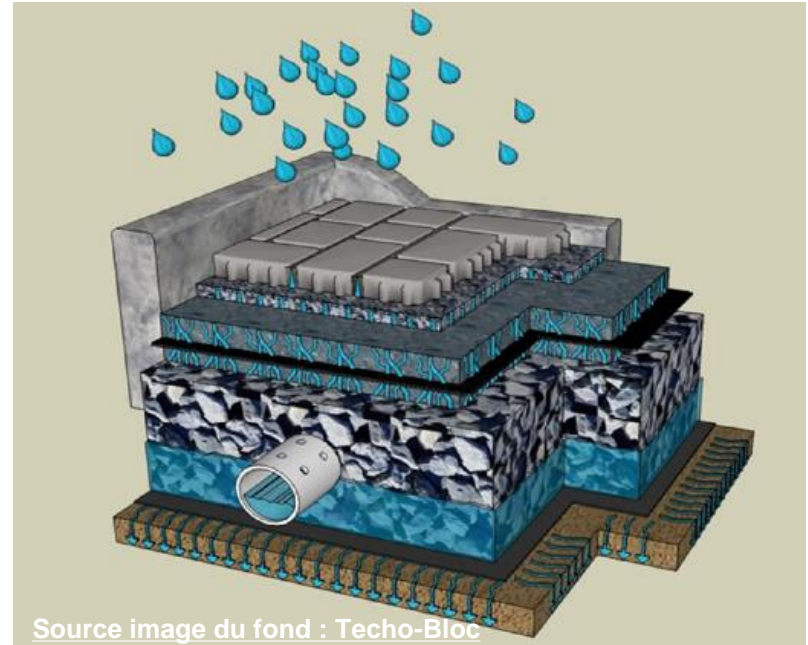
- Impacts de l'imperméabilisation :
 - i. surcharge des réseaux : refoulements, inondations
 - ii. rejets : eau pluviale (réseaux séparés)
eau usée + pluviale (réseaux unitaires)
- PGO : pratiques de gestion optimale
 - favorisent infiltration, évaporation, rétention, amélioration de la qualité de l'eau

Pavage perméable en pavés autobloquants de béton (PPAB)

- Surface fonctionnelle
- Joints perméables
- Sous-couche réservoir



Imperméable Perméable



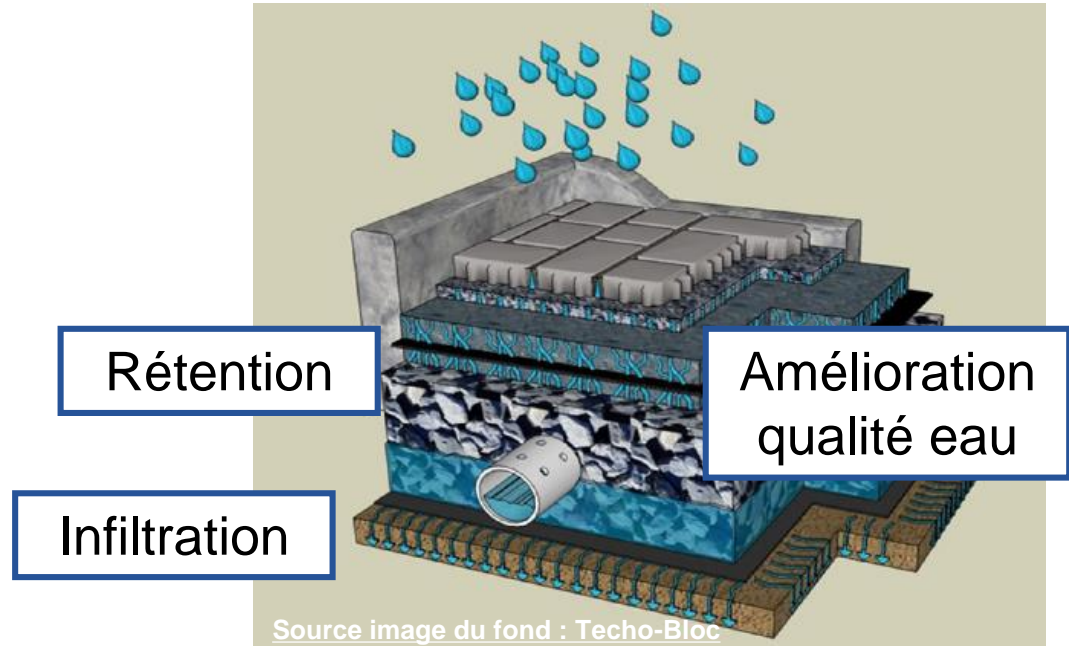
- Permet de remplacer des surfaces imperméables par des surfaces perméables

Pavage perméable en pavés autobloquants de béton (PPAB)

- Surface fonctionnelle
- Joints perméables
- Sous-couche réservoir



Imperméable Perméable



- Permet de remplacer des surfaces imperméables par des surfaces perméables

Projet de recherche

- Objectif principal :
 - estimer la performance de l'implantation de sites de PPAB à l'échelle d'un bassin versant urbain en matière de
 - i. protection du cours d'eau récepteur (débits, vitesses et volumes rejetés, fréquence des surverses)
 - ii. réduction des dysfonctionnements hydrauliques des réseaux (fréquence et ampleur des refoulements et inondations)

Méthodologie

1. Caractérisation de la capacité d'infiltration de 5 sites
2. Instrumentation et bilan hydrique sur un des sites
3. Modélisation du fonctionnement hydrologique du site
4. Mise en place d'un modèle de conception améliorée
5. Implantation « virtuelle » dans secteurs urbains réels

Caractérisation de la capacité d'infiltration

Cour d'entreposage



Stationnement (parc)



Stationnement (résidences)



Voie d'urgence

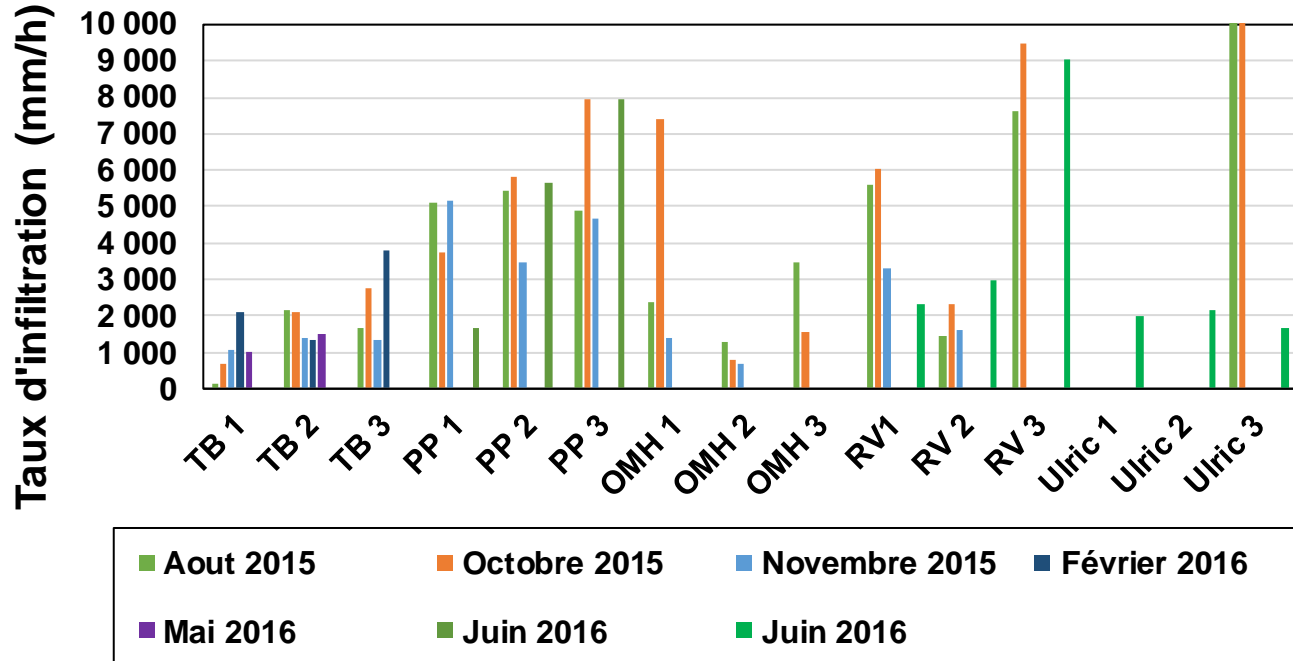


Stationnement (école)



Caractérisation de la capacité d'infiltration

- Norme C1781/C1781M -14a de l'ASTM
- Essais réalisés : plusieurs saisons et usages

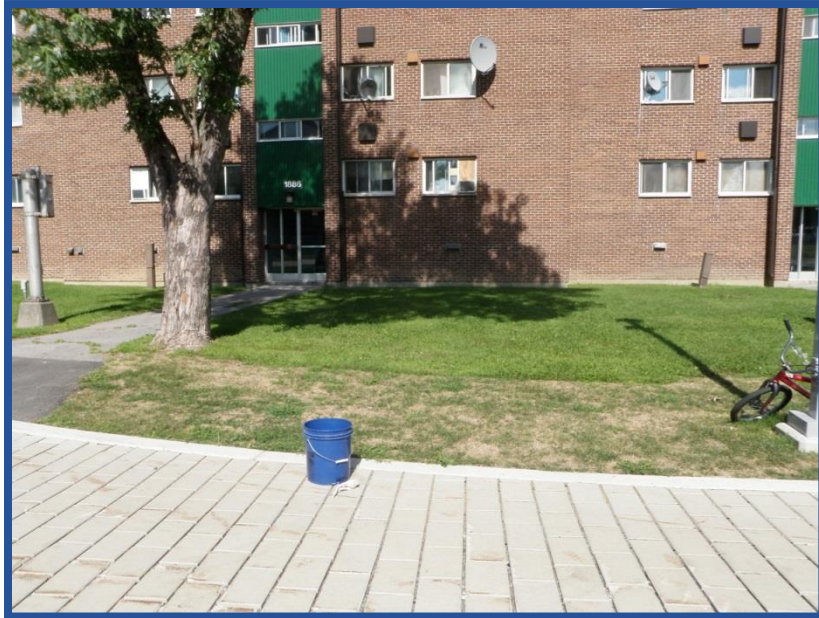


Caractérisation de la capacité d'infiltration

- Principales conclusions :
 - capacité d'infiltration très élevée
 - peu de variation en fonction de la saison
 - sites tous du même âge environ : impossible de vérifier l'évolution en fonction des années
 - peu d'impact du type d'utilisation (industriel ou autre)
 - impact principal : apports des surfaces connexes (importance de la bordure)

Caractérisation de la capacité d'infiltration

- Principales conclusions :
 - capacité d'infiltration très élevée

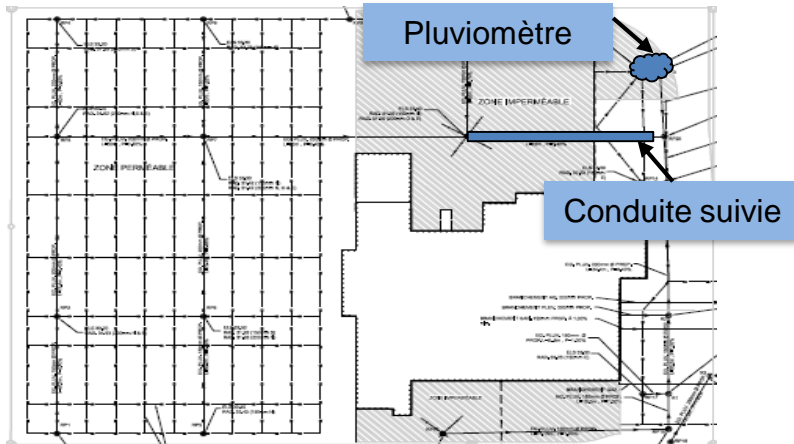


ion
env
s a
tilis
s de
e)



Instrumentation et suivi d'un site

- Usine Stonedge de Techo-Bloc à Chambly : cour d'entreposage et passage de camions lourds
(26 575 m² PPAB + 1 585 m² imperméables)
- Instrumentation : pluviomètre et sonde niveau-vitesse



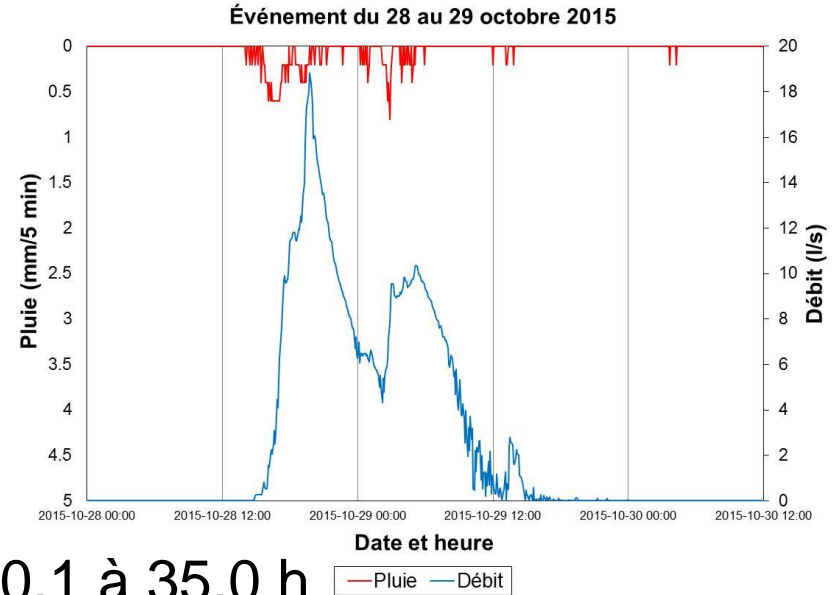
Analyse des événements pluvieux

1. Périodes de suivi :

- septembre – décembre 2015
- avril – novembre 2016
- avril – août 2017

2. Quelques constats :

- événements de 1 à 28 mm - 0,1 à 35,0 h
- décalage des pointes de 4 min à 3 h
- fraction ruisselée de 0 à 74 %

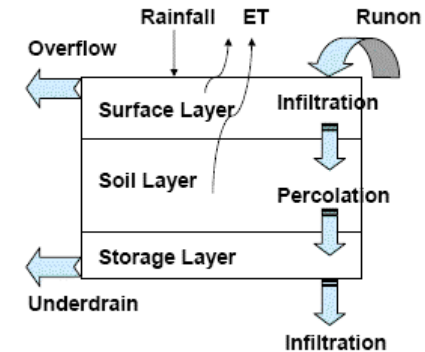
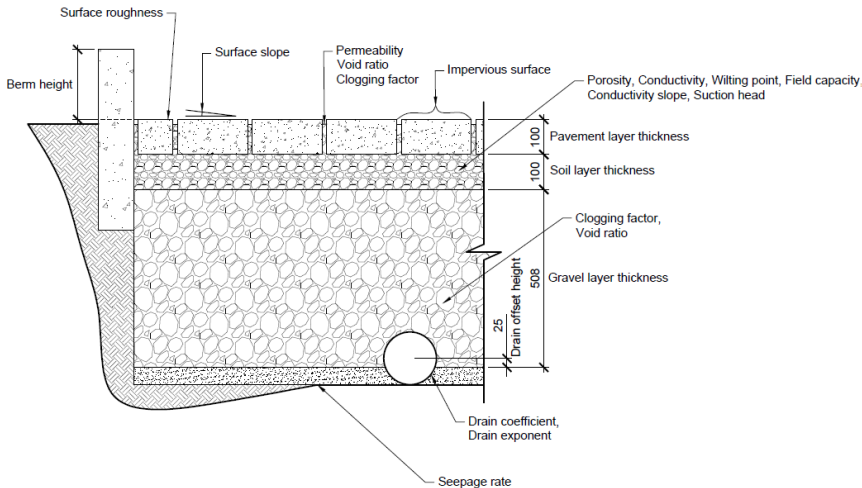


Analyse des événements pluvieux

No	Date	H tot. pluie (mm)	Durée pluie (h)	I _{moy} (mm/h)	I _{max} 5 min (mm/h)	V ruisselé (mm)		% ruisselé		Décalage pointes
1	2015-10-28	28,0	23,7	1,2	9,6	20,8	22,0	74	78	2h45; 2h20
2	2015-11-01	8,2	9,7	0,8	26,4	1,5	2,0	18	24	10 min
3	2015-11-12	20,6	35,0	0,6	12,0	5,9	7,9	29	38	17 min
4	2015-11-27	13,2	13,3	1,0	7,2	2,9	3,5	22	26	3 h
5	2015-12-21	11,8	32,5	0,4	9,6	0,5	0,7	4	6	-
6	2015-12-23	6,8	3,9	1,7	9,6	0,4	0,9	6	14	-
7	2016-07-02	4,6	1,0	4,6	9,6	0,5	0,6	10	13	13 min
8	2016-07-22	5,0	0,5	10,1	19,2	0,4	0,5	8	10	25 min
9	2016-07-23	14,2	3,0	4,8	62,4	9,2	9,7	65	68	36 min
10	2016-07-25	3,0	7,1	0,4	12,0	0,1	0,1	3	3	21 min
11	2016-07-28	1,0	0,1	10,3	9,6	0,1	0,1	5	5	24 min
12	2016-08-31	1,4	0,4	3,2	4,8	1,1	1,1	75	78	27 min
13	2017-06-12	2,2	0,2	13,2	14,4	0,1	0,1	4	4	4 min

Modélisation du site Stonededge

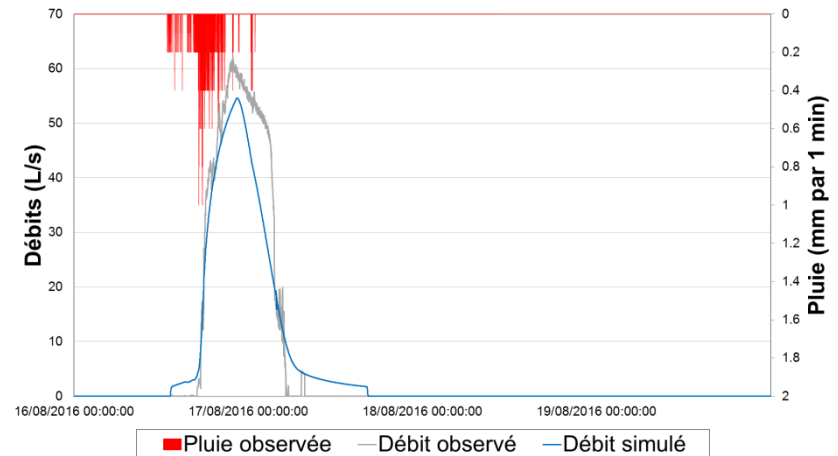
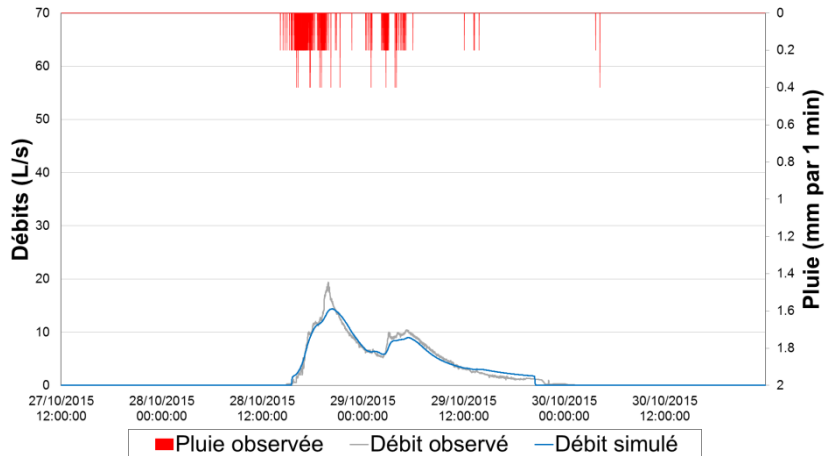
- Logiciel SWMM avec module LID
- Modèle calé à partir des données récoltées (pluie/débit, taux d'infiltration)



Source : <https://www.chiwater.com/>

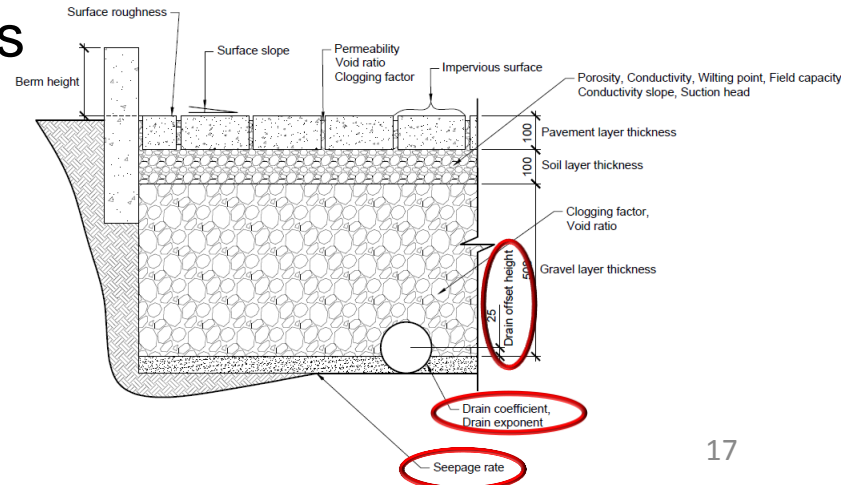
Modélisation du site Stonededge

	Calage		Validation
Date de l'événement	2015-10-28	2016-08-16	2016-07-23
Coefficient de Nash	0,97	0,93	0,65
Volume observé (L)	662 200	1 880 000	301 000
Volume simulé (L)	648 900	1 727 000	315 200
Err. rel. sur volumes (%)	-2,01	-8,14	4,72
Pluie totale (mm)	28,0	65,2	14,2



Modèle de conception améliorée

- Modification de certains paramètres afin d'augmenter les performances du pavage :
 - augmentation du taux de fuite (taux d'infiltration)
 - réduction de la quantité de drains
 - élévation du drain

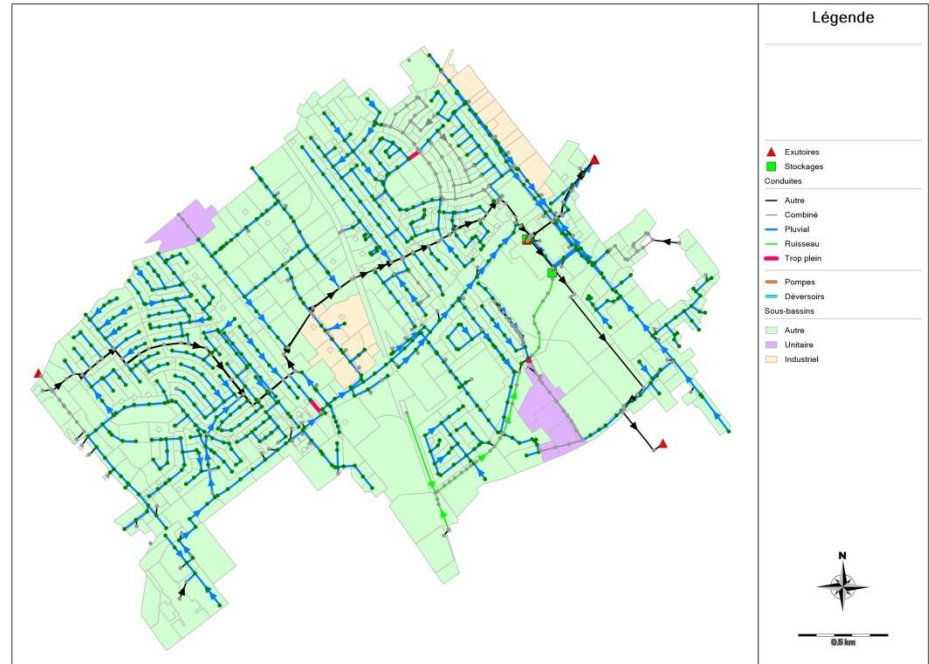


Modèle de conception améliorée

- Modification de certains paramètres afin d'augmenter les performances du pavage :
 - augmentation du taux de fuite (taux d'infiltration)
 - de 0,01mm/h à 0,12 mm/h : débits réduits de 0,5 l/s en tout temps
 - réduction de la quantité de drains
 - réduire de moitié : réduction du débit de pointe de 5 à 35% et augmentation du retard de pointe de 30 min à 2 h
 - élévation du drain
 - élévation de 50 mm : réduction des volumes de 20% à 100%

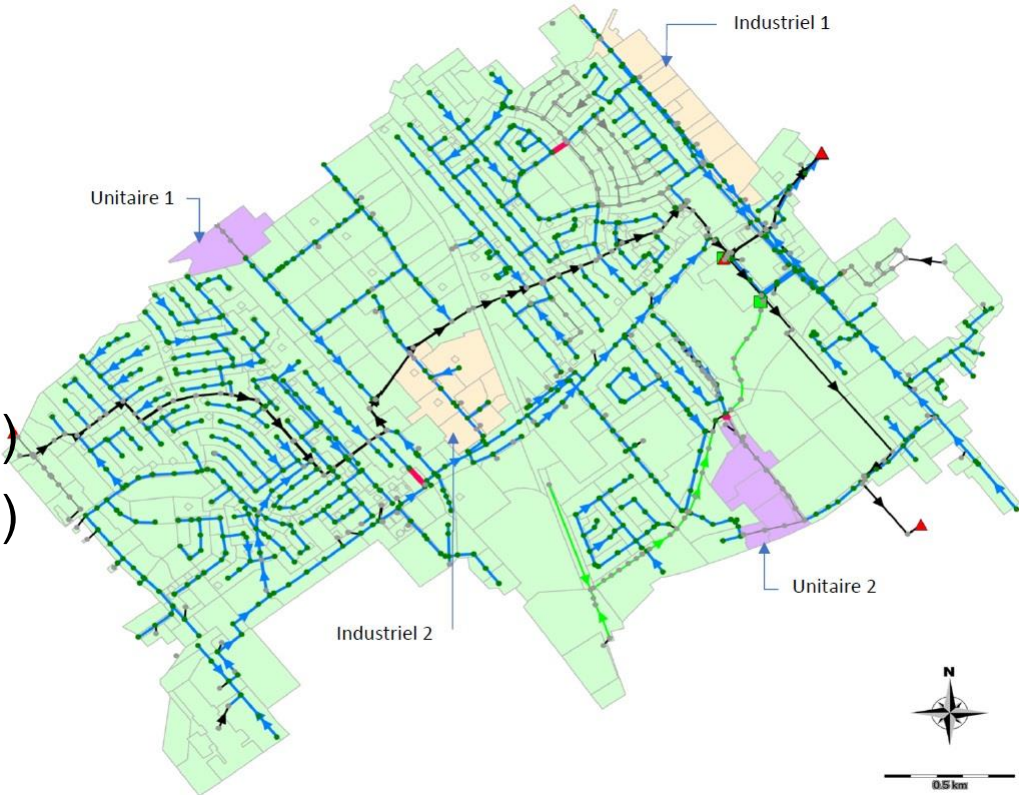
Implantation sur secteurs réels

- Pluie Chicago 3 h – récurrences 2 ans et 10 ans
- Séries de pluie 1^{er} mai au 30 novembre, 2004 à 2011
- Modélisation SWMM
- Comparaison :
 - état actuel
 - PP (conception améliorée)



Implantation sur secteurs réels

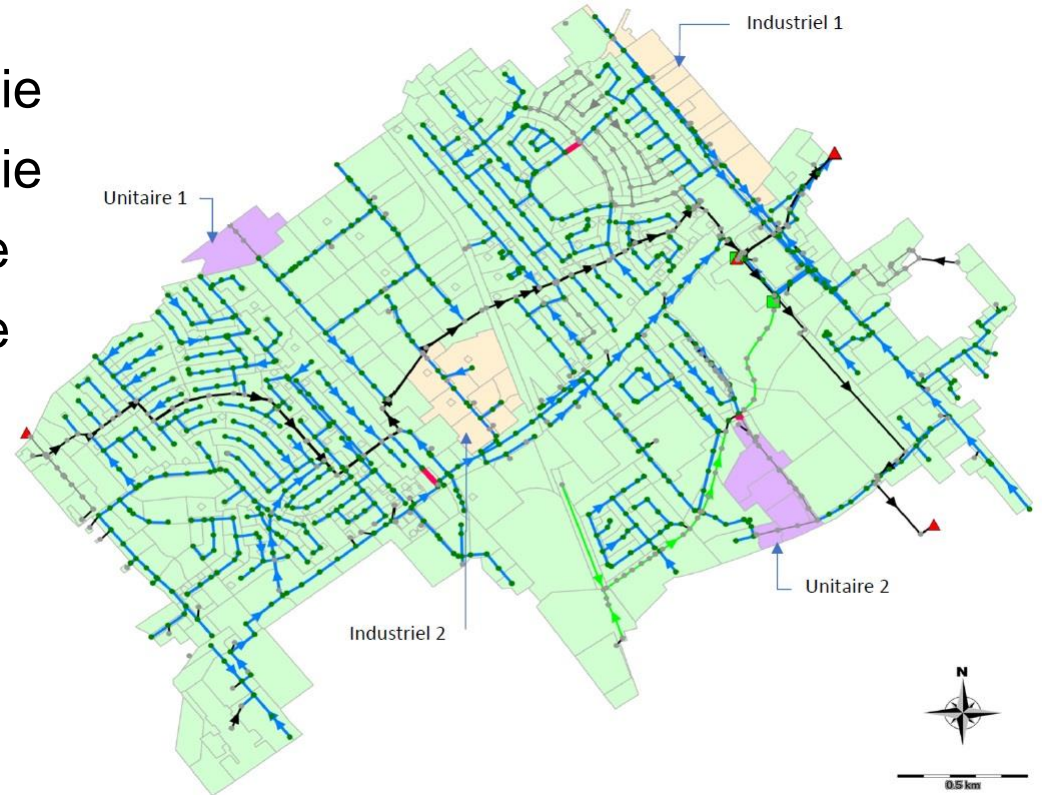
- Comparaison :
 - état actuel
 - PP (conception améliorée)
- Secteurs :
 - Industriel 1 = 13,7 ha (séparé)
 - Industriel 2 = 14,4 ha (séparé)
 - Unitaire 1 = 5,8 ha
 - Unitaire 2 = 9,7 ha



0,5 km

Implantation sur secteurs réels

- Scénarios avec PP
 - Industriel 1 : 46 % superficie
 - Industriel 2 : 45 % superficie
 - Unitaire 1 : 26 % superficie
 - Unitaire 2 : 18 % superficie



Implantation sur secteurs réels

Réduction du temps d'inondation en surface

	2004-2011	Chicago 2 ans	Chicago 10 ans
Industriel 1	81 %	82 %	65 %
Industriel 2	61 %	54 %	42 %
Unitaire 1	24 %	-	43 %
Unitaire 2	35 %	-	-



Source : <http://www.lapresse.ca/actualites/regional/montreal/200907>

Implantation sur secteurs réels

Réduction de la durée des surverses

	2004-2011
Unitaire 1	48 %
Unitaire 2	21 %



<https://www.pghcitypaper.com>



<https://www.satellytics.com>

Réduction du volume des surverses

	2004-2011
Unitaire 1	65 %
Unitaire 2	26 %

Implantation sur secteurs réels

Réduction du débit de pointe

	Chicago 2 ans	Chicago 10 ans
Industriel 1	21 %	17 %
Industriel 2	8 %	8 %



Source : USGS, <http://gallery.usgs.gov/photos>



Source : Logé et al. (2008)

Réduction du volume rejeté

	2004-2011
Industriel 1	32 %
Industriel 2	30 %

Sommaire des conclusions

- Capacité d'infiltration élevée
- Ruissellement réduit
- Réduction de :
 - durée d'inondation
 - volumes envoyés au cours d'eau
 - débits de pointe
 - nombre de surverses
- Contribution du PPAB à la gestion du risque hydrologique en milieu urbain



Le pavage perméable : un outil de gestion du risque hydrologique en milieu urbain

Catherine Vaillancourt, INRS

Sophie Duchesne, INRS

Geneviève Pelletier, Université Laval



Imperméable →



← Perméable

Fonte bien drainée sur PPAB



Eau de fonte sur pavage imperméable

