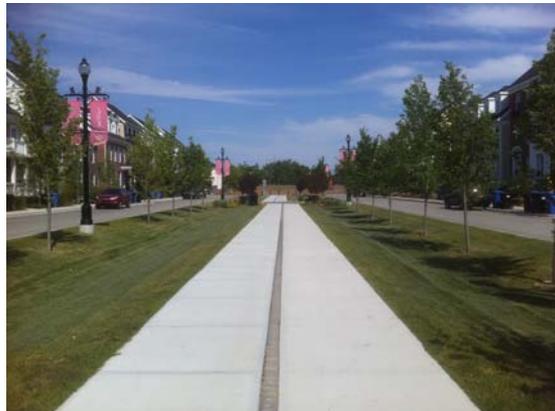


# CHAÎNES DE TRAITEMENT DES EAUX PLUVIALES ET PERFORMANCE

Gilles Rivard, ing., M.Sc.



# PLAN DE LA PRÉSENTATION

---

- **REVUE DES CRITÈRES DE BASE**
- **PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES (PGO) POUR LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ**
  - Types de pratiques
  - Mécanismes de traitement
- **ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE POUR LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ**
- **CHAÎNES DE TRAITEMENT**
  - Secteur résidentiel
  - Secteur industriel/commercial
  - Secteur à haute densité
  - Route / Autoroute

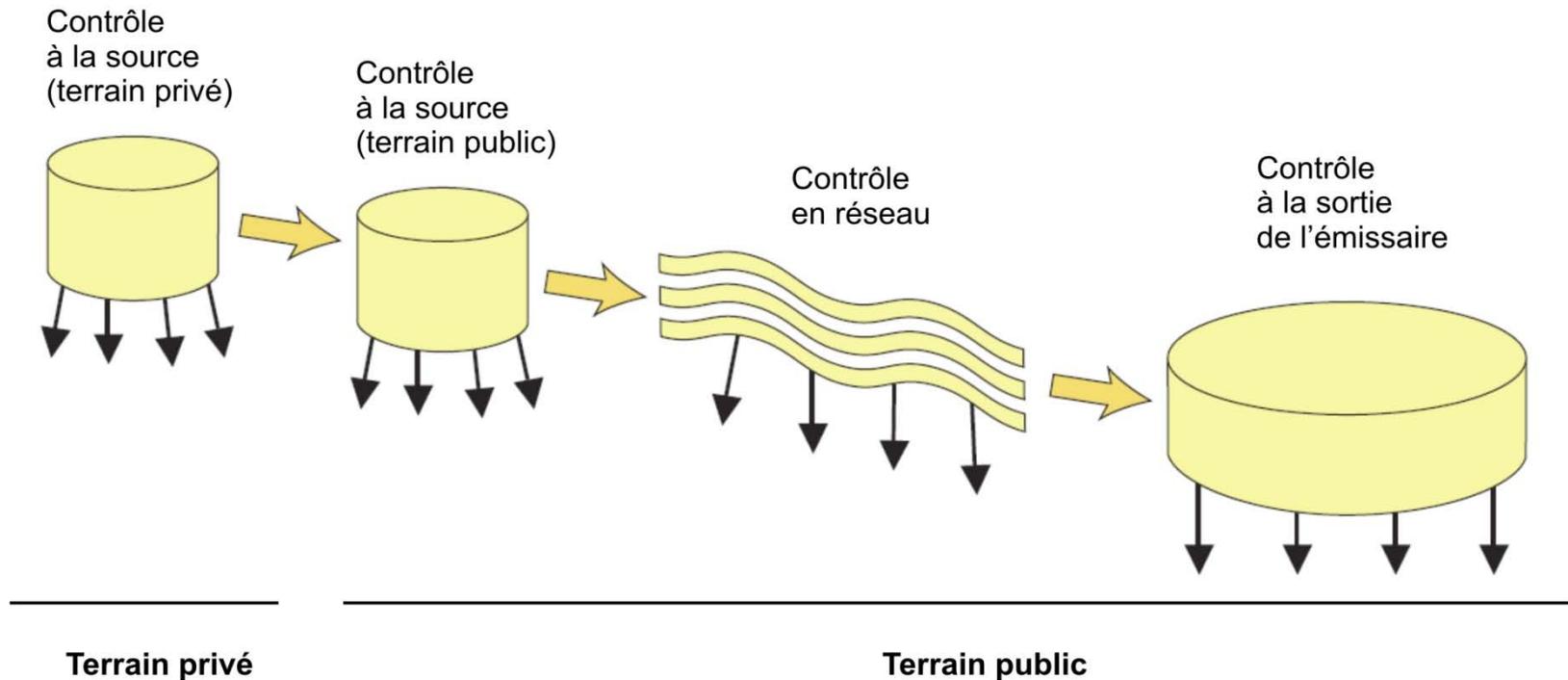


# REVUE DES CRITÈRES DE BASE

## Types de projets visés par la gestion des eaux pluviales

TYPES DE PROJETS	APPLICATION DES EXIGENCES ?
Installation ou prolongement d'un réseau d'égout pluvial visant à desservir un <b>nouveau développement résidentiel ou commercial</b>	<b>Oui</b>
Projets de réfection ou de réaménagement dans un <b>secteur déjà bâti</b>	<b>Non</b> (si % imperméable non augmenté et pas de problème créé) – <b>PGO recommandées quand même</b>
Autres types de projets d'égout (projets routiers, projets industriels, etc.)	Selon le cas
Pas d'égout pluvial (drainage par fossés ou par des noues engazonnées <u>sans puisard</u> )	<b>Non</b> (si pas de problème créé)

# REVUE DES CRITÈRES DE BASE



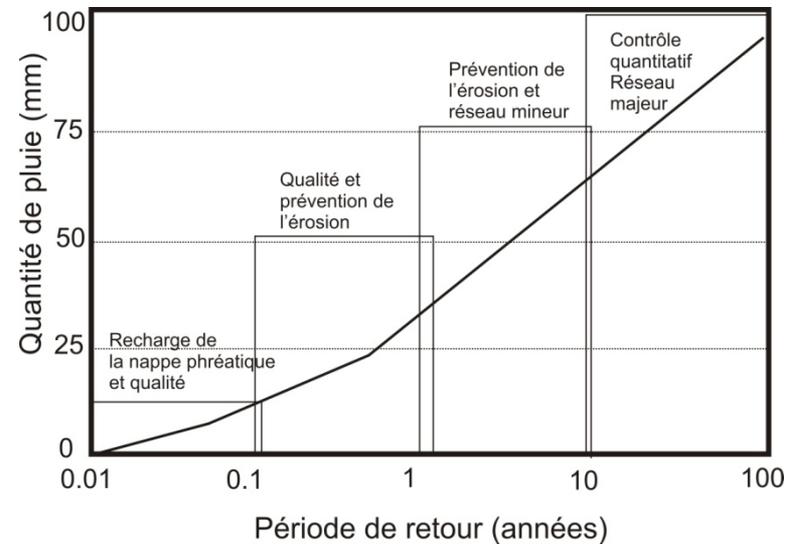
# REVUE DES CRITÈRES DE BASE

## Critères de conception

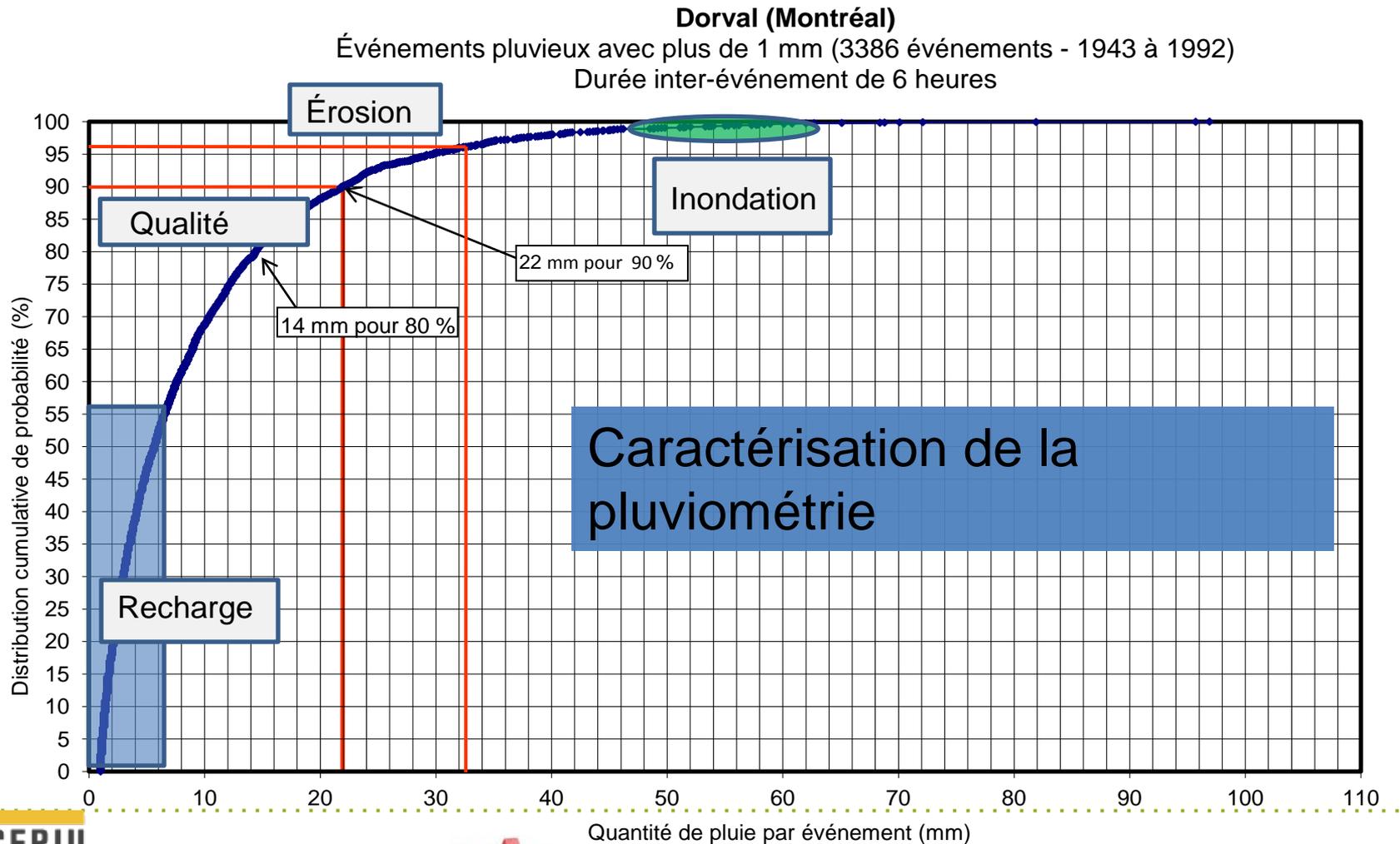


- Contrôle du volume de ruissellement

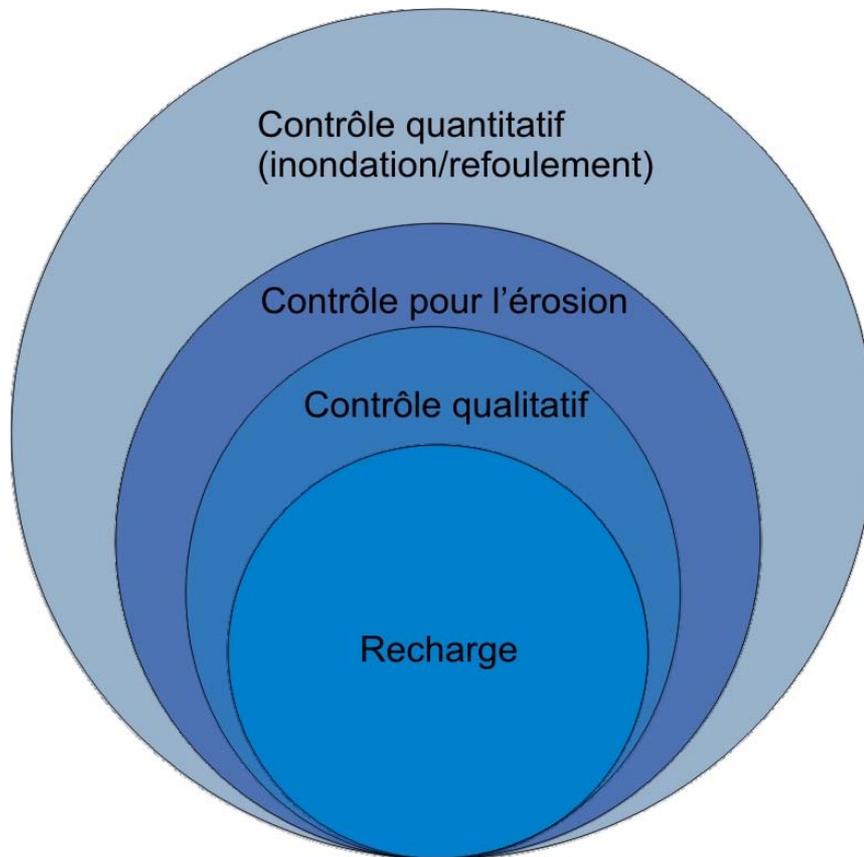
- Gamme complète de pluie



# REVUE DES CRITÈRES DE BASE



# REVUE DES CRITÈRES DE BASE



- Recharge de la nappe – 5 à 10 mm
- Qualité – 25 mm (90 % des événements)
- Érosion – 1:1 an relâché sur 24 ou 48 heures
- Quantitatif – 1:2 ans; 1:10 ans et 1:100 ans inchangés après développement

# REVUE DES CRITÈRES DE BASE

## SYSTEMES DE TRAITEMENT POUR LA QUALITÉ

### DESIGN BASÉ SUR LE VOLUME

- BASSIN DE RÉTENTION SEC
- BASSIN AVEC RÉTENTION PERMANENTE
- MARAIS ARTIFICIEL
- BIORÉTENTION

### DESIGN BASÉ SUR LE DÉBIT

- BANDE FILTRANTE
- NOUES
- TRANCHÉE DRAINANTE
- SÉPARATEURS HYDRODYNAMIQUES



# REVUE DES CRITÈRES DE BASE

---

- B.5 Recharge de la nappe : **recommandé**
- B.9 Contrôle quantitatif : **obligatoire**
- B.10 Contrôle de l'érosion : **selon le cas**
- B.11 Contrôle qualitatif : **obligatoire (2 ha et plus)**

Pratiques de gestion optimales (PGO) peuvent permettre d'atteindre 1 ou plusieurs des critères



# REVUE DES CRITÈRES DE BASE

**Contrôle qualitatif : obligatoire (pour 2 ha et plus). Non requis pour rejet vers réseau unitaire.**

Impact sur  
la qualité



## Critères :

- Enlèvement des matières en suspension (MES)
- Enlèvement du phosphore total
- Étude pour chaque cas



# REVUE DES CRITÈRES DE BASE

---

**Contrôle qualitatif : obligatoire (pour 2 ha et plus). Non requis pour rejet vers réseau unitaire.**

MES

Réduire les MES de 60 %  
(protection minimale) ou de 80 %  
(dans le cas de milieux sensibles)

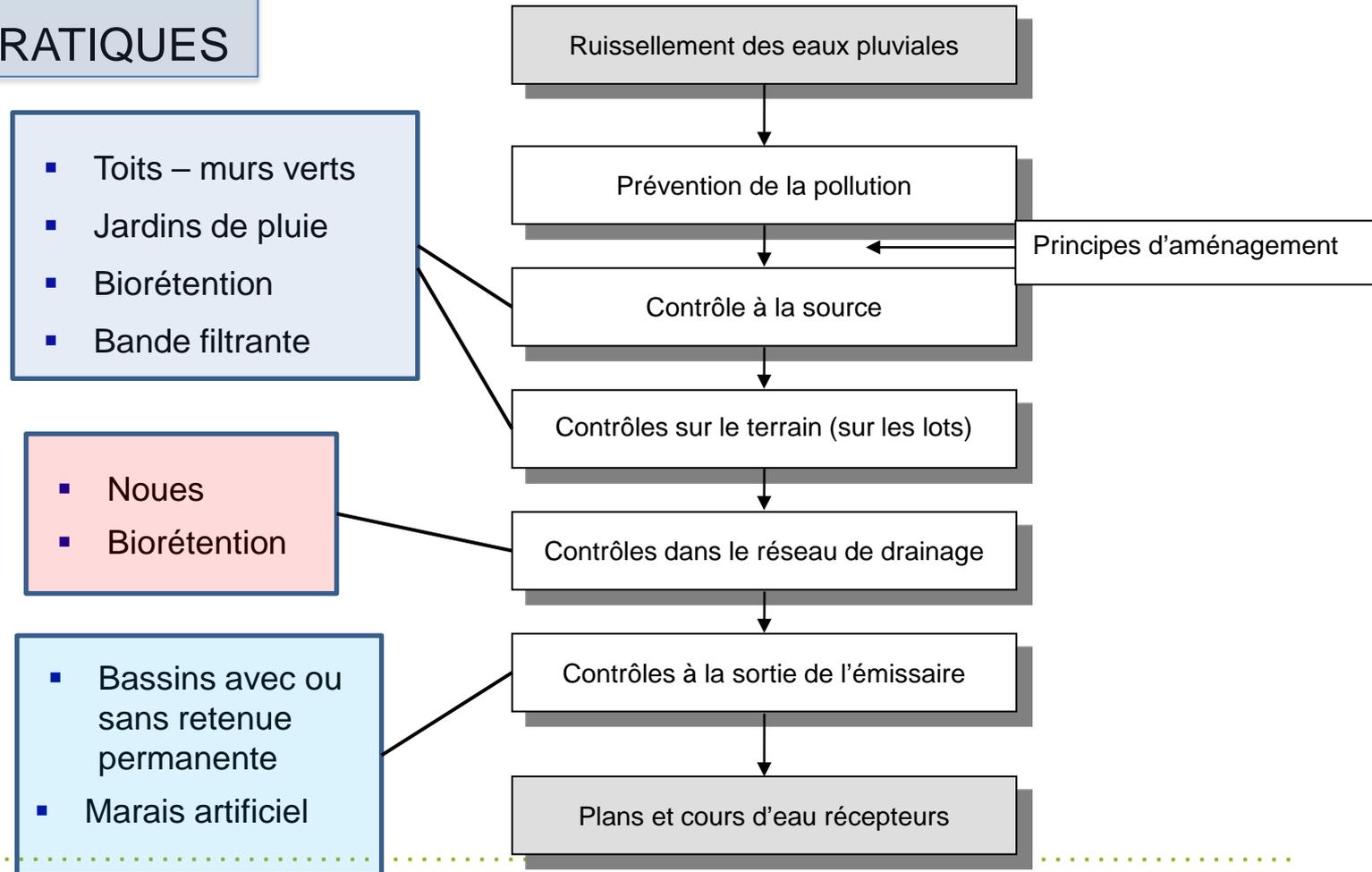
Phosphore total

Réduire le phosphore de 40 %  
(dans le cas de milieux sensibles)



# PGO POUR LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

## TYPES DE PRATIQUES



# PGO POUR LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

## TYPES DE PRATIQUES

### → CONTRÔLE À LA SOURCE (NON STRUCTURAL)

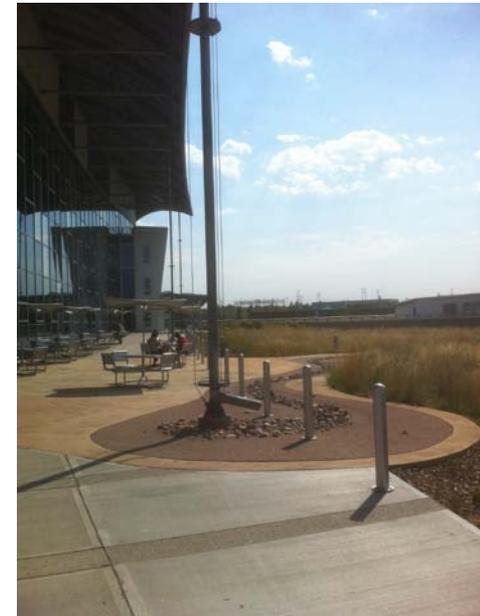
- Programme d'éducation du public
- Planification de l'aménagement du territoire
- Règlements relatifs aux égouts
- Pratiques de maintenance
- Contrôle des chantiers de construction
- Nettoyage des rues
- Nettoyage des puisards



# PGO POUR LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

## TYPES DE PRATIQUES

- **PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES AU NIVEAU DU TERRAIN (CONTRÔLE À LA SOURCE)**
- Nivellement contrôlé des terrains / réduction de la pente du terrain
  - Stockage sur le toit, en surface (aires de stationnement ou des parcs) ou souterrain (chambres ou conduites)
  - Puits ou tranchée d'infiltration sur le terrain
  - Débranchement des gouttières
  - Pompe de drain de fondation
  - Puisard perméable
  - Réutilisation de l'eau de pluie (barils ou citernes)
  - Bande de végétation filtrante
  - Aménagement absorbant et modification du sol
  - Bio-rétention / jardin de pluie
  - Toits verts
  - Blocs ou revêtements perméables
  - Séparateurs d'huile et de sédiments



# PGO POUR LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

## TYPES DE PRATIQUES

### → PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES POUR LE TRANSPORT DES EAUX PLUVIALES

- Fossé et noue engazonnée (sec)
- Noue avec retenue permanente
- Noue avec bio-rétention
- Tranchée d'infiltration
- Système de conduite perforée
- Système de stockage en surface des rues et en conduites



# PGO POUR LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

## TYPES DE PRATIQUES

### → PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES EN FIN DE RÉSEAU

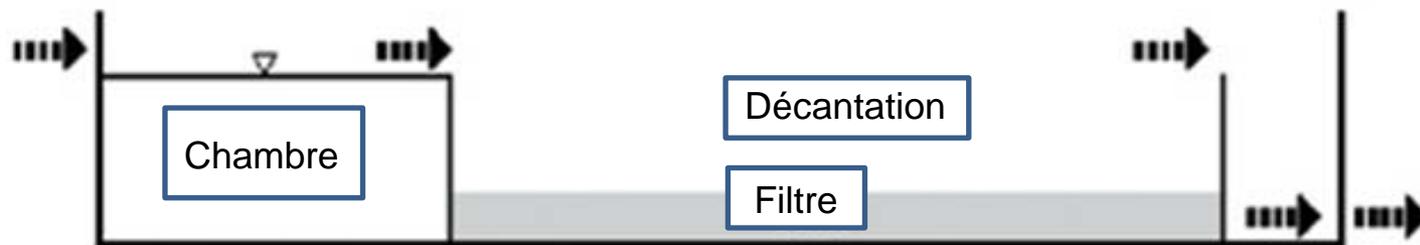
- **Ouvrages à l'entrée et à la sortie**
- **Plantations**
- **Bassin de rétention sans retenue permanente (sec)**
- **Bassins de rétention avec retenue permanente**
- **Bassins d'infiltration**
- **Marais artificiels**
- **Filtre à sable**



# PGO POUR LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

## MÉCANISMES DE TRAITEMENT

- **Procédé** : mécanisme pour l'enlèvement des polluants (exemple: sédimentation, filtration)
- **Unité d'opération** : système où se produit un ou plusieurs procédés (exemples : bassin de rétention, séparateur hydrodynamique)



Sédimentation et  
flottation

Sédimentation, filtration, sorption et  
précipitation

(Minton, 2011)

# PGO POUR LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

## MÉCANISMES DE TRAITEMENT

Tableau 11.2

Processus de traitement pour différentes techniques (adapté de Minton, 2005).

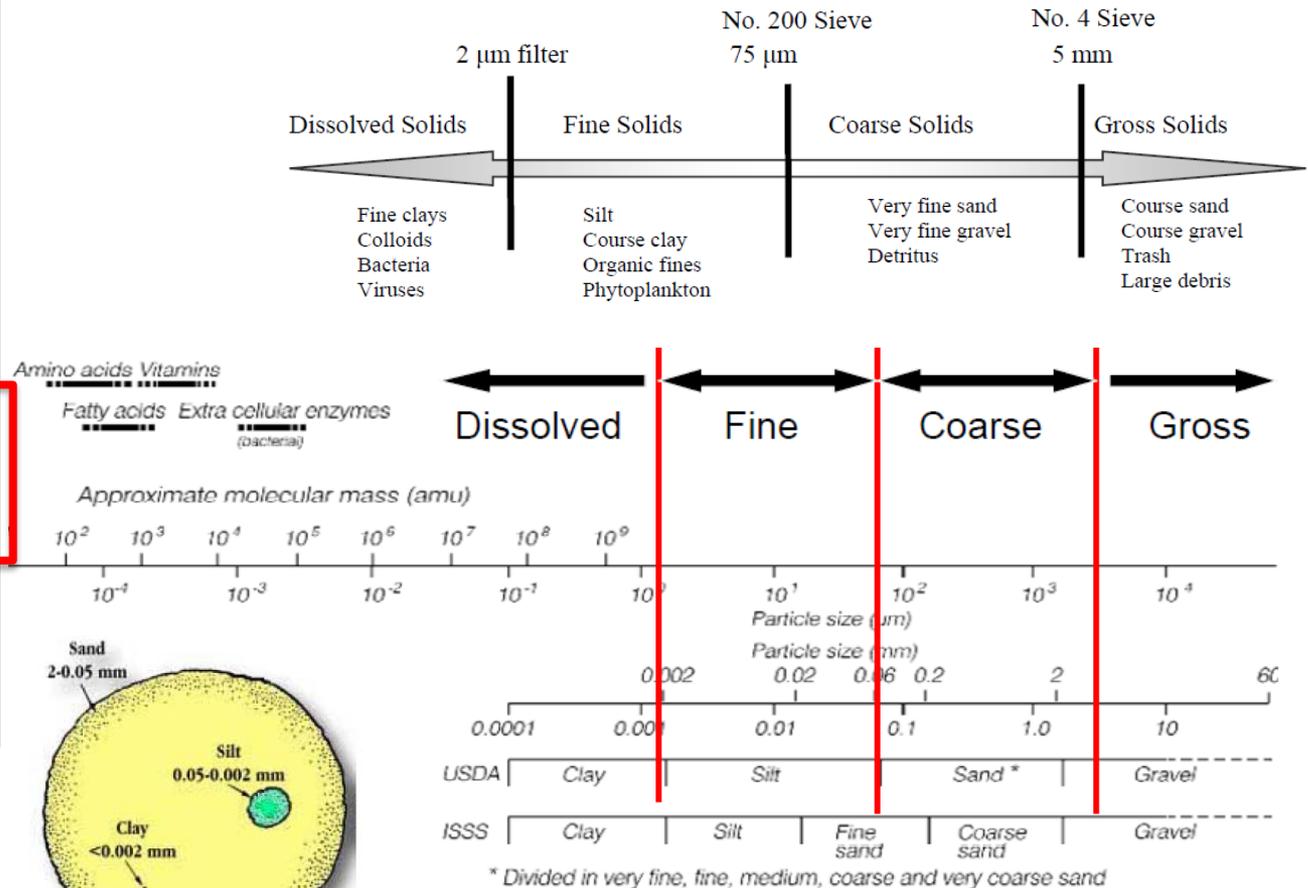
Pratiques de gestion	Processus impliqués		
	Physique	Chimique	Biologique
Bassin sec	Décantation		
Bassin avec retenue permanente	Décantation Flottation	Sorption au sol Précipitation dans l'eau	Assimilation biologique et sorption par des algues
Marais artificiel	Décantation Flottation	Sorption au sol Précipitation dans l'eau	Transformation par les bactéries Assimilation par les plantes
Fossé engazonné et bande filtrante	Décantation Filtration	Sorption au sol	Assimilation par la végétation
Systèmes avec infiltration (bassin, tranchée, pavé poreux)	Décantation Filtration	Sorption au sol Précipitation	Transformation ou enlèvement par les bactéries
Mécanismes hydrodynamiques à vortex	Décantation Flottation		
Séparateurs d'huile, graisse et sédiments	Flottation Décantation		

# PGO POUR LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

## MÉCANISMES DE TRAITEMENT

Size (mm)	Class
64-32	Very coarse gravel
32-16	Coarse gravel
16-8	Medium gravel
8-4	Fine gravel
4-2	Very fine gravel
2-1	very coarse sand
1-0.5	coarse sand
0.5-0.25	medium sand
0.25-0.125	fine sand
0.125-0.062	very fine sand
0.062-0.031	coarse silt
0.031-0.016	medium silt
0.016-0.008	fine silt
0.008-0.004	very fine silt
0.004-0.002	coarse clay
0.002-0.001	medium clay
0.001-0.0005	fine clay
0.0005-0.0002	very fine clay

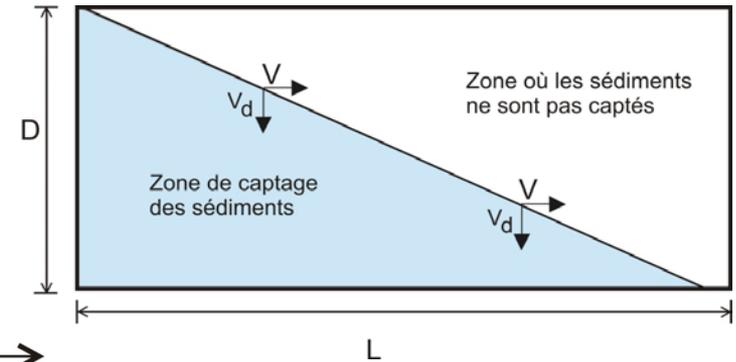
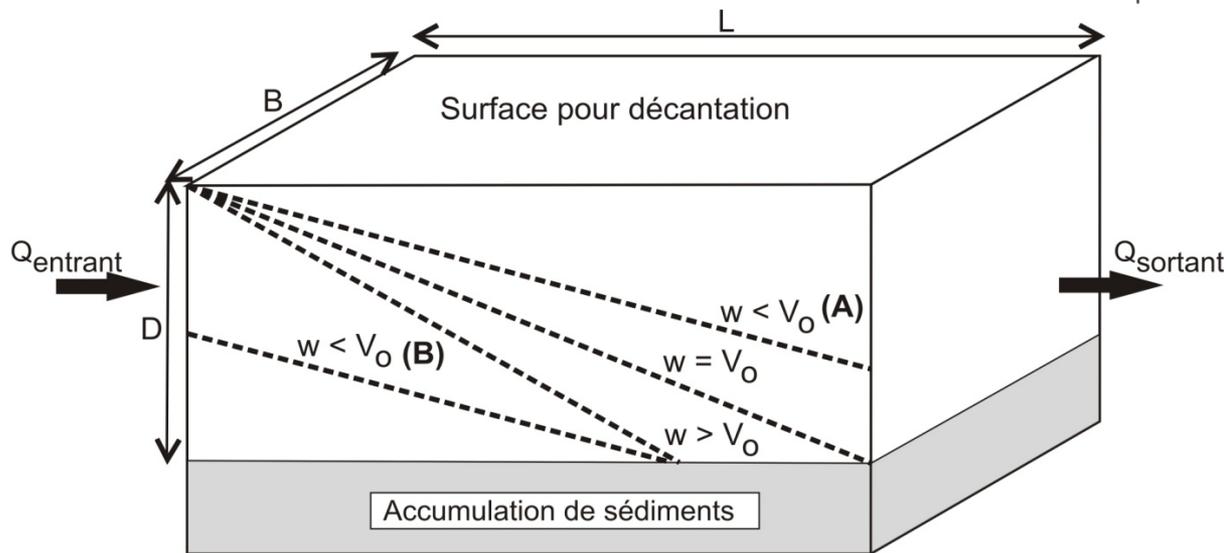
American Geophysical Union  
Sediment Classification System



# PGO POUR LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

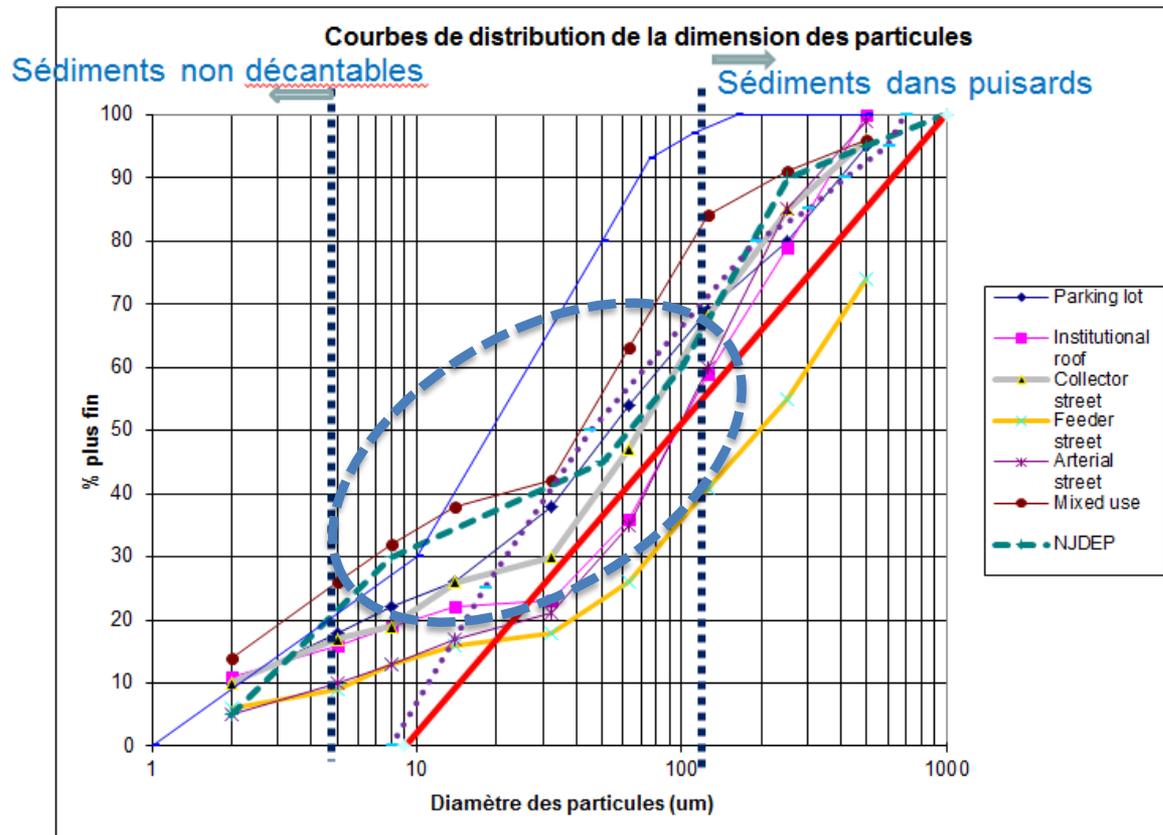
## MÉCANISMES DE TRAITEMENT

### BASSIN DE DÉCANTATION



$$\frac{V}{V_d} = \frac{L}{D}$$

# ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE



Synthèse des courbes

# ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE

## RÉCENTS RÉSULTATS - MES

Table 2. Influent/Effluent Summary Statistics for TSS (mg/L)

BMP Type	Count of Studies and EMCs		25th Percentile		Median (95% Conf. Interval)*		75th Percentile	
	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
Grass Strip	19, 350	20, 286	19.3	10.0	43.1 (36.0, 45.0)	<b>19.1 (16.0, 21.5)**</b>	88.0	35.0
Bioretention	14, 202	14, 193	18.0	3.8	37.5 (29.2, 45.0)	<b>8.3 (5.0, 9.0)**</b>	87.8	16.0
Bioswale	21, 338	23, 354	8.00	5.12	21.7 (16.2, 26.0)	<b>13.6 (11.8, 15.3)**</b>	56.0	33.0
Composite	10, 201	10, 163	40.3	8.0	94.0 (76.2, 107)	<b>17.4 (12.4, 18.8)**</b>	184.0	34.0
Detention Basin	20, 278	21, 299	24.2	11.3	66.8 (52.3, 76.1)	<b>24.2 (19.0, 26.0)**</b>	121.0	46.5
Green Roof	2, 20	4, 51	1.44	0.89	10.5 (1.13, 14.5)	2.9 (1.0, 3.5)	20.5	8.0
Manufactured Device	55, 923	63, 904	12.0	6.0	34.5 (30.0, 36.8)	<b>18.4 (15.0, 19.9)**</b>	93.0	45.0
Media Filter	28, 442	29, 409	26.2	4.0	52.7 (45.9, 58.2)	<b>8.7 (7.4, 10.0)**</b>	112.0	22.0
Porous Pavement	14, 246	23, 406	18.3	7.08	65.3 (45.0, 80.3)	<b>13.2 (11.0, 14.4)**</b>	186.7	27.0
Retention Pond	47, 725	48, 723	20.7	5.72	70.7 (59.0, 79.0)	<b>13.5 (12.0, 15.0)**</b>	180.0	33.0
Wetland Basin	15, 301	17, 305	9.4	2.36	20.4 (16.6, 24.4)	<b>9.06 (7.0, 10.9)**</b>	54.4	19.5
Wetland Channel	8, 189	8, 154	12.0	8.0	20.0 (17.0, 22.0)	<b>14.3 (10.0, 16.0)**</b>	66.0	27.0

\*Computed using the BCa bootstrap method described by Efron and Tibshirani (1993)

\*\*Hypothesis testing in Attachment 2 shows statistically significant decreases for this BMP category.

2012



International Stormwater Best Management Practices (BMP) Database  
Pollutant Category Summary  
Statistical Addendum:

TSS, Bacteria, Nutrients, and Metals



# ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE

## RÉCENTS RÉSULTATS - Phosphore

Table 22. Influent/Effluent Summary Statistics for Total Phosphorus (mg/L)

BMP Type	Count of Studies and EMCs		25th Percentile		Median (95% Conf. Interval*)		75th Percentile	
	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
Grass Strip	20, 358	20, 280	0.08	0.10	0.14 (0.11, 0.15)	<b>0.18 (0.15, 0.20)***</b>	0.26	0.35
Bioretention	18, 271	18, 249	0.06	0.05	0.11 (0.08, 0.12)	0.09 (0.07, 0.10)	0.22	0.20
Bioswale	20, 331	22, 364	0.06	0.12	0.11 (0.09, 0.12)	<b>0.19 (0.17, 0.20)***</b>	0.24	0.32
Composite	9, 176	10, 153	0.17	0.08	0.36 (0.27, 0.40)	<b>0.13 (0.11, 0.15)**</b>	0.69	0.23
Detention Basin	18, 250	19, 275	0.19	0.13	0.28 (0.25, 0.30)	<b>0.22 (0.19, 0.24)**</b>	0.51	0.36
Green Roof	2, 22	5, 60	0.02	0.31	0.09 (0.02, 0.13)	0.50 (0.36, 0.72)***	0.21	1.20
Manufactured Device	45, 602	52, 641	0.09	0.06	0.19 (0.16, 0.22)	<b>0.12 (0.10, 0.13)**</b>	0.46	0.30
Media Filter	28, 433	28, 403	0.10	0.05	0.18 (0.16, 0.19)	<b>0.09 (0.08, 0.10)**</b>	0.32	0.17
Porous Pavement	13, 231	22, 389	0.09	0.05	0.15 (0.12, 0.16)	<b>0.09 (0.08, 0.09)**</b>	0.29	0.14
Retention Pond	46, 657	48, 654	0.15	0.06	0.30 (0.27, 0.31)	<b>0.13 (0.12, 0.14)**</b>	0.53	0.23
Wetland Basin	13, 282	13, 278	0.08	0.04	0.13 (0.11, 0.14)	<b>0.08 (0.07, 0.09)**</b>	0.20	0.15
Wetland Channel	8, 167	8, 147	0.09	0.10	0.15 (0.13, 0.17)	0.14 (0.13, 0.17)	0.23	0.23

2012

\*Computed using the BCa bootstrap method described by Efron and Tibishirani (1993)

\*\*Hypothesis testing in Attachment 4 shows statistically significant decreases for this BMP category.

\*\*\*Hypothesis testing in Attachment 4 shows statistically significant *increases* for this BMP category.



International Stormwater Best Management Practices (BMP) Database  
Attachment 4  
Statistical Addendum:

TSS, Bacteria, Nutrients, and Metals



# ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE

Tableau 8.17

Pourcentages d'enlèvement médians des polluants pour différentes PGO.

Paramètres	Bandes filtrantes	Fossés de rue sans aménagement	Noues engazonnées	Bassin de rétention sec avec retenue prolongée	Bassin avec retenue permanente	Marais artificiel	Biorétention	Pratiques avec infiltration
MES	60 <sup>4</sup>	30 <sup>1</sup>	80 <sup>1,3</sup>	60 <sup>1</sup>	80 <sup>1,3</sup>	70 <sup>1,3</sup>	80 <sup>4</sup>	89 <sup>3</sup>
Phosphore total	20 <sup>4</sup>	0 <sup>1</sup>	34 <sup>1</sup>	20 <sup>1,3</sup>	52 <sup>2,3</sup>	45 <sup>1,3</sup>	40 <sup>5</sup>	65 <sup>3</sup>
Nitrates totaux	N/D	20 <sup>1</sup>	31 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	31 <sup>1,3</sup>	65 <sup>2,3</sup>	40 <sup>2,3</sup>	0 <sup>3</sup>
Azote total Kjeldahl	N/D	0 <sup>1</sup>	34 <sup>1</sup>	30 <sup>1</sup>	24 <sup>1,2</sup>	30 <sup>1</sup>	28 <sup>2</sup>	N/D
Cuivre total	N/D	10 <sup>1</sup>	50 <sup>1</sup>	30 <sup>1,3</sup>	57 <sup>1,3</sup>	40 <sup>1,2</sup>	75 <sup>2,3</sup>	86 <sup>3</sup>
Zinc total	N/D	10 <sup>1</sup>	70 <sup>1</sup>	30 <sup>1,3</sup>	64 <sup>1,3</sup>	40 <sup>1,2,3</sup>	80 <sup>2,3</sup>	66 <sup>3</sup>
Plomb total	N/D	10 <sup>1</sup>	70 <sup>1</sup>	50 <sup>1</sup>	60 <sup>1</sup>	45 <sup>1</sup>	70 <sup>2</sup>	N/D
Bactéries	N/D	10 <sup>1</sup>	60 <sup>1</sup>	40 <sup>1</sup>	65 <sup>1,3</sup>	60 <sup>1</sup>	N/D	N/D

Références : <sup>1</sup>Guide pour la Ville de Toronto (2006); <sup>2</sup>Geosyntec (2007); <sup>3</sup>CWP, (2007); <sup>4</sup>ASCE BMP DATABASE (2011); <sup>5</sup>Virginie (2010).

Notes :

- Les polluants pour lesquels il est recommandé de faire un contrôle sont les MES et le phosphore total.
- Les séparateurs avec technologies brevetées (à vortex ou avec d'autres mécanismes), ne sont pas inclus au tableau puisqu'ils offrent un pourcentage d'enlèvement variable en fonction des critères de conception retenus.

# ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE

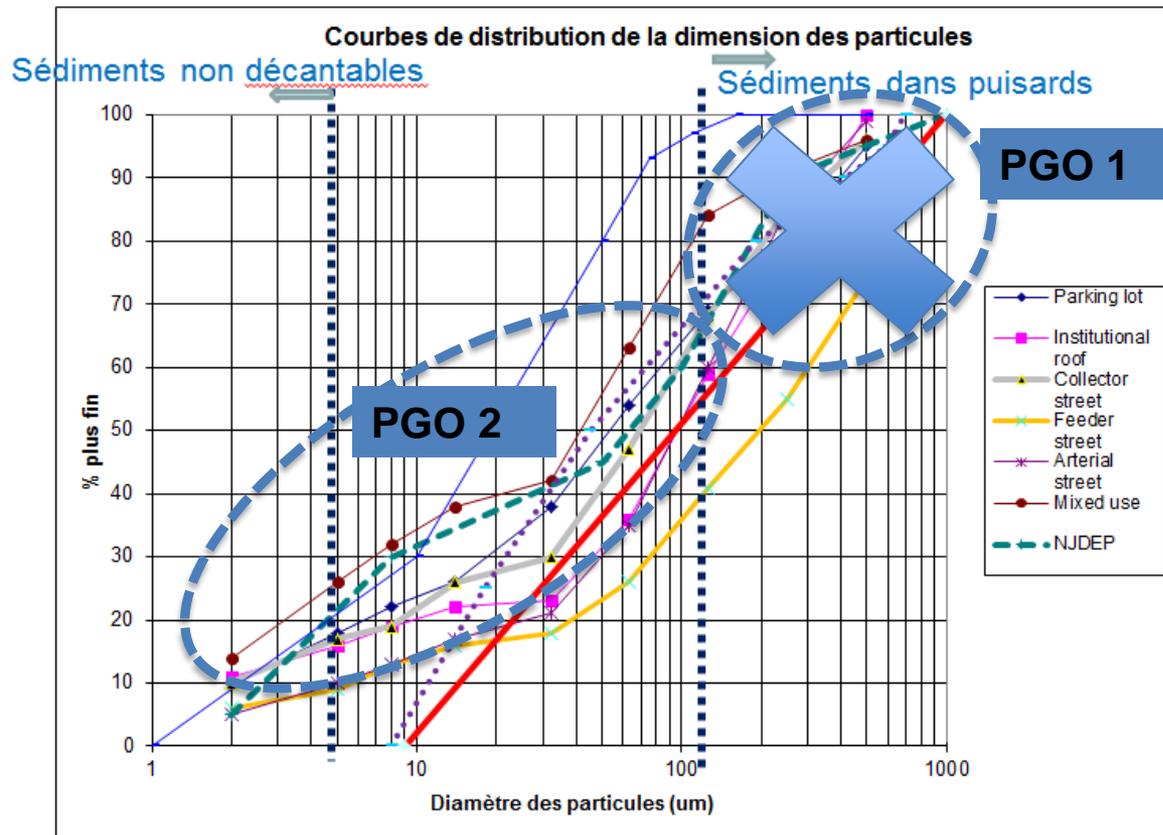
## Mécanismes de contrôle en série

$$R = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - r_i) \quad (8-8)$$

où R représente l'enlèvement de polluant de n PGO en série,  $r_i$  est l'enlèvement de polluant pour la PGO<sub>i</sub>. Donc, si on a 3 PGO en série, l'enlèvement global serait :

$$R = 1 - ((1 - r_1) \times (1 - r_2) \times (1 - r_3)) \quad (8-9)$$

# ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE



Synthèse des courbes

# ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE

---

## Mécanismes de contrôle en série

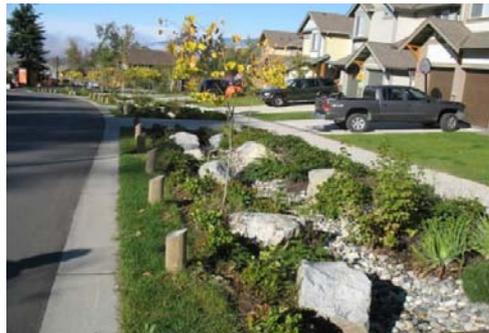
- Mettre les pratiques dans un ordre croissant de capacité de traitement pour les MES
- Mettre les pratiques dans un ordre croissant de capacité de traitement pour le phosphore
- Mettre les pratiques par ordre décroissant de facilité à enlever les débris et sédiments

New Jersey (2004)



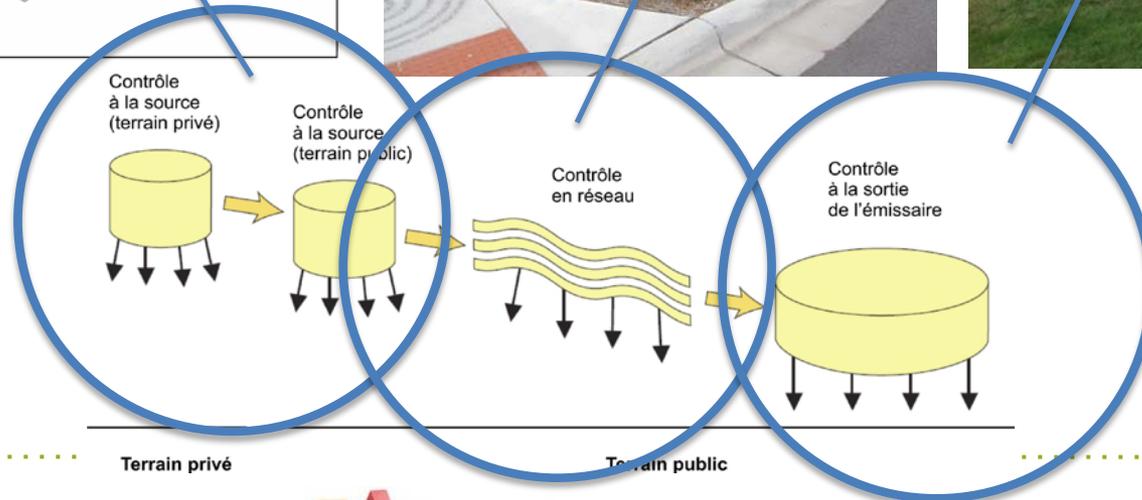
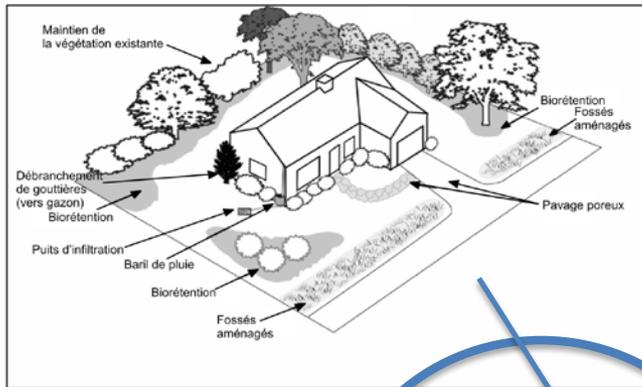
# CHAÎNES DE TRAITEMENT

## SECTEUR RÉSIDENTIEL – BASSE DENSITÉ



# CHAÎNES DE TRAITEMENT

## SECTEUR RÉSIDENTIEL – BASSE DENSITÉ



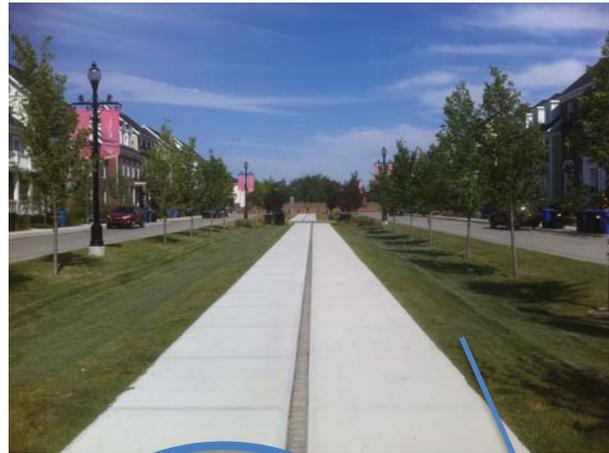
# CHAÎNES DE TRAITEMENT

## SECTEUR RÉSIDENTIEL – MOYENNE ET HAUTE DENSITÉ

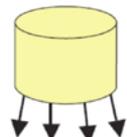


# CHAÎNES DE TRAITEMENT

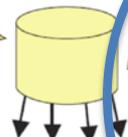
## SECTEUR RÉSIDENTIEL – MOYENNE ET HAUTE DENSITÉ



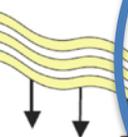
Contrôle  
à la source  
(terrain privé)



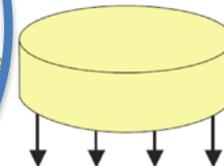
Contrôle  
à la source  
(terrain public)



Contrôle  
en réseau



Contrôle  
à la sortie  
de l'émissaire



Terrain privé

Terrain public



**INFRA 2013**  
La somme de nos compétences au service des citoyens  
CENTRE DES CONGRÈS DE QUÉBEC, QUÉBEC | 2 AU 4 DÉCEMBRE 2013

**GENIVAR**

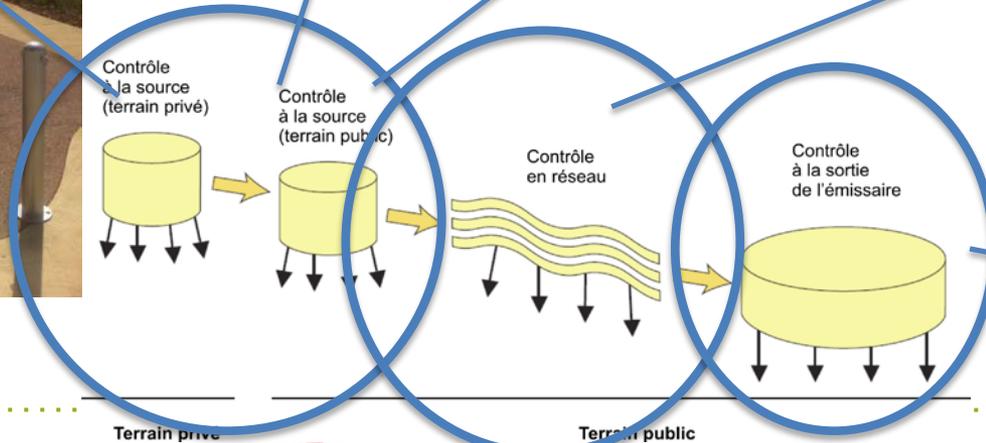
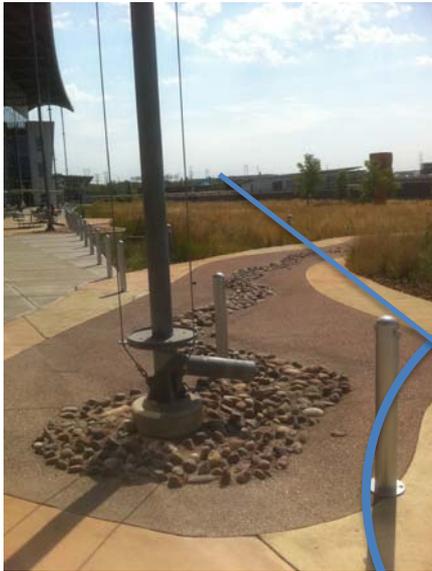
# CHAÎNES DE TRAITEMENT

## SECTEUR INDUSTRIEL/COMMERCIAL



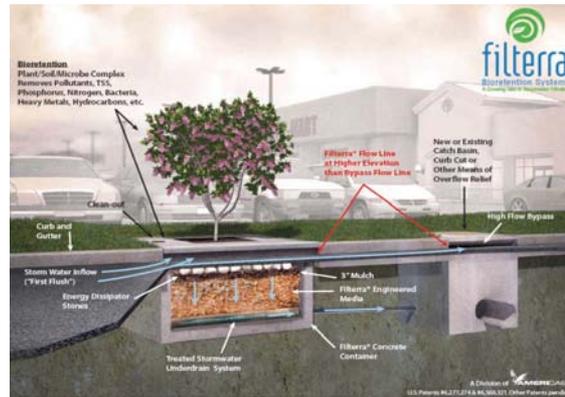
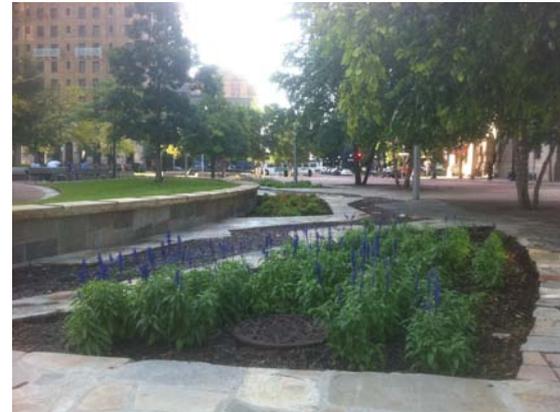
# CHAÎNES DE TRAITEMENT

## SECTEUR INDUSTRIEL/COMMERCIAL



# CHAÎNES DE TRAITEMENT

## SECTEUR HAUTE DENSITÉ



# CHAÎNES DE TRAITEMENT

## ROUTE / AUTOROUTE

### Systèmes linéaires

- Bande filtrante
- Noues
- Bassins de rétention
- Possibilité de séparer drainage des voies de transport du drainage adjacent

### Drainage local

- Contrôles à la source
- Équipements pré-manufacturés
- Puisards modifiés et stockage en conduites ou chambres
- Bande filtrante
- Bassin de rétention
- Biorétention
- Tranchée ou puits d'infiltration

### Systèmes «ultra – urbains »

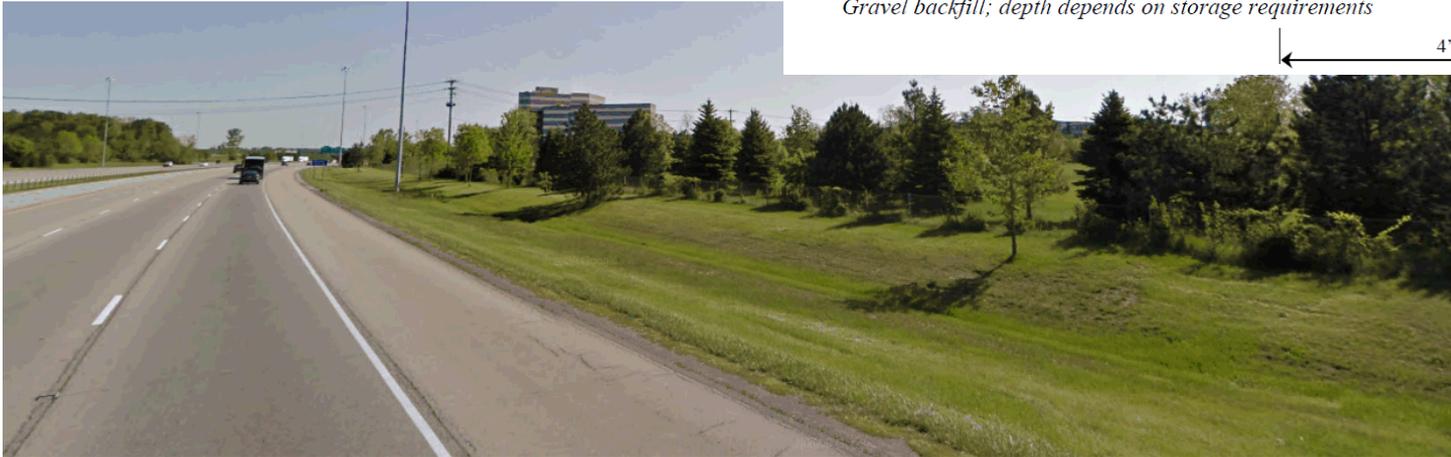
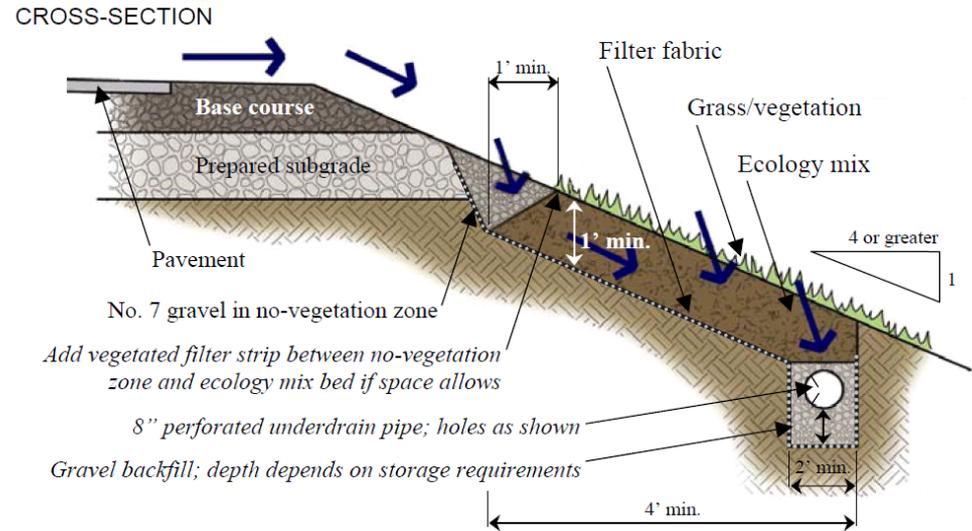
- Avec bordures et puisards
- Revêtement poreux
- Équipements pré-manufacturés
- Puisards modifiés et stockage en conduites ou chambres
- Biorétention
- Tranchée ou puits d'infiltration
- Gestion (nettoyage de rue et de puisards)



# CHAÎNES DE TRAITEMENT

## ROUTE / AUTOROUTE

Système bande  
filtrante et noue



# CHAÎNES DE TRAITEMENT

## ROUTE / AUTOROUTE



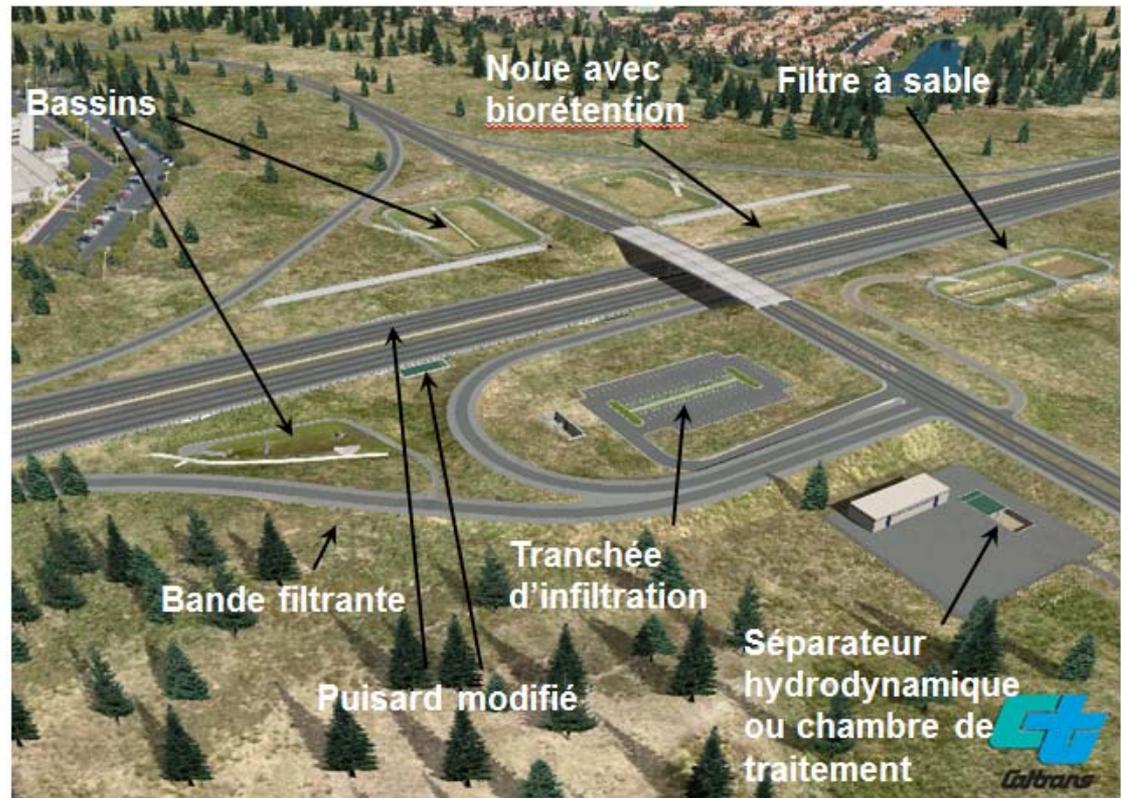
Bassin de rétention

## Équipements préfabriqués



# CHAÎNES DE TRAITEMENT

## ROUTE / AUTOROUTE



# CHAÎNES DE TRAITEMENT

## PRATIQUES LES PLUS EFFICACES

Stormwater Management Improvements	Structural BMPs	Non-Structural BMPs
Flow Reduction	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vegetated infiltration basins</li> <li>Soakage trenches</li> <li>Various stormwater planters</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revegetation</li> <li>Development requirements for infiltration and revegetation</li> </ul>
Volume Reduction	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vegetated infiltration basins</li> <li>Infiltration stormwater planters</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Development requirements</li> <li>Reduction of impervious surfaces</li> </ul>
Habitat Improvement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revegetation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protection of stream buffers through regulation</li> </ul>
Temperature Reduction	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revegetation of riparian areas</li> <li>Flow management in stream</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protection of stream buffers through regulation</li> </ul>
Pathogen Management	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filters</li> <li>Stream restoration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Public education</li> <li>Pet waste programs</li> </ul>
TSS Removal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wet ponds</li> <li>Swales</li> <li>Vegetated infiltration basins</li> <li>Various stormwater planters</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Street sweeping</li> <li>Maintenance of MS4 system components</li> <li>Erosion control</li> <li>Development regulation</li> </ul>
Nutrient Reduction	<ul style="list-style-type: none"> <li>Treatment wetlands</li> <li>Wet ponds</li> <li>Swales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Street sweeping</li> <li>Maintenance of MS4 system Components</li> </ul>
Dissolved Metals Management	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filters</li> <li>Riparian restoration</li> <li>Swales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Street sweeping</li> <li>Downspout disconnection</li> </ul>

Oregon, 2007

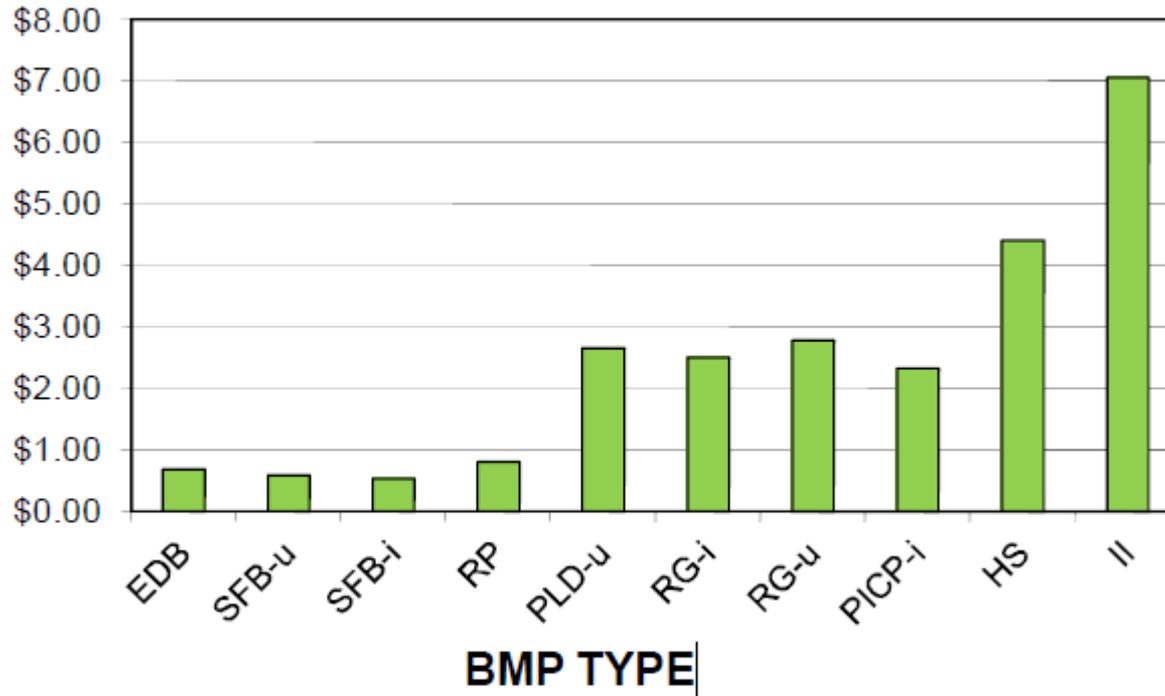


# CHAÎNES DE TRAITEMENT

PRATIQUES LES PLUS EFFICACES

BMP Type
EDB - Extended Detention Basin (dry)
RP - Retention Ponds (wet)
SFB-u - Sand Filter Basin w/ Underdrain
SFB-i - Sand Filter Basin w/Infiltration
RG-u - Rain Garden w/Underdrain
RG-i - Rain Garden w/Infiltration
PICP-u - Porous Interlocking Concrete Paver w/Underdrain
PICP-i - Porous Interlocking Concrete Paver w/Infiltration
HS - Hydrodynamic Device
II - Inlet Insert

Annual Unit Cost of TSS Removed (\$/lb/yr)



Urbonas, 2011



# CONCLUSIONS

---

- **EFFICACITÉ DES PRATIQUES PRISES INDÉPENDAMMENT**
  - Relativement bien connue pour les caractéristiques internes
  - Certains paramètres à préciser (par exemple – substrat)
  
- **PERFORMANCE EN SÉRIE DES CHAÎNES DE TRAITEMENT MOINS BIEN CONNUE**
  
- **PERFORMANCE GLOBALE À L'ÉCHELLE DU BASSIN VERSANT À ÉVALUER**
  - Localisation et densité pour produire un effet significatif
  - Quantification des bénéfices



