

Gestion des eaux pluviales

Abderrazak Ramadane, M. ing., Ph.D.

Filière génie civil



Chapitre 1 :Introduction

- Objectifs du cours
- Cycle de l'eau en milieu urbain
- Les quatre problèmes du NIPE
- Les avenues de solution du NIPE
- Cadre réglementaire
- Conclusions



Cycle de l'eau en milieu urbain



Définition des eaux usées

- Aujourd'hui, les eaux usées désignent aussi bien les eaux sanitaires d'origine domestique, industrielle et institutionnelle que les eaux de ruissellement en milieu urbain.
- $Q_{usée} = Q_{sanitaire} + Q_{pluvial}$



Historique de la gestion des eaux usées

- Le concept d'évacuation des eaux sanitaires par l'égout remonte à au moins 2500 av J.C, en inde où des conduites d'évacuation des eaux sanitaires reliaient les salles d'eau des maisons à un égout placé sous la rue (Chocat, 1997).



Historique de la gestion des eaux usées

- Au début des années 1800, le concept d'égout sanitaire est remis de l'avant par les hygiénistes suite aux épidémies de choléra en Europe!
- Le premier réseau moderne d'égout est construit à Hambourg en 1843 (Chocat,1997);
- Ainsi, les réseaux d'égout étaient destinés à éloigner les eaux usées sanitaires des villes pour éviter les odeurs et les risques épidémiologiques.



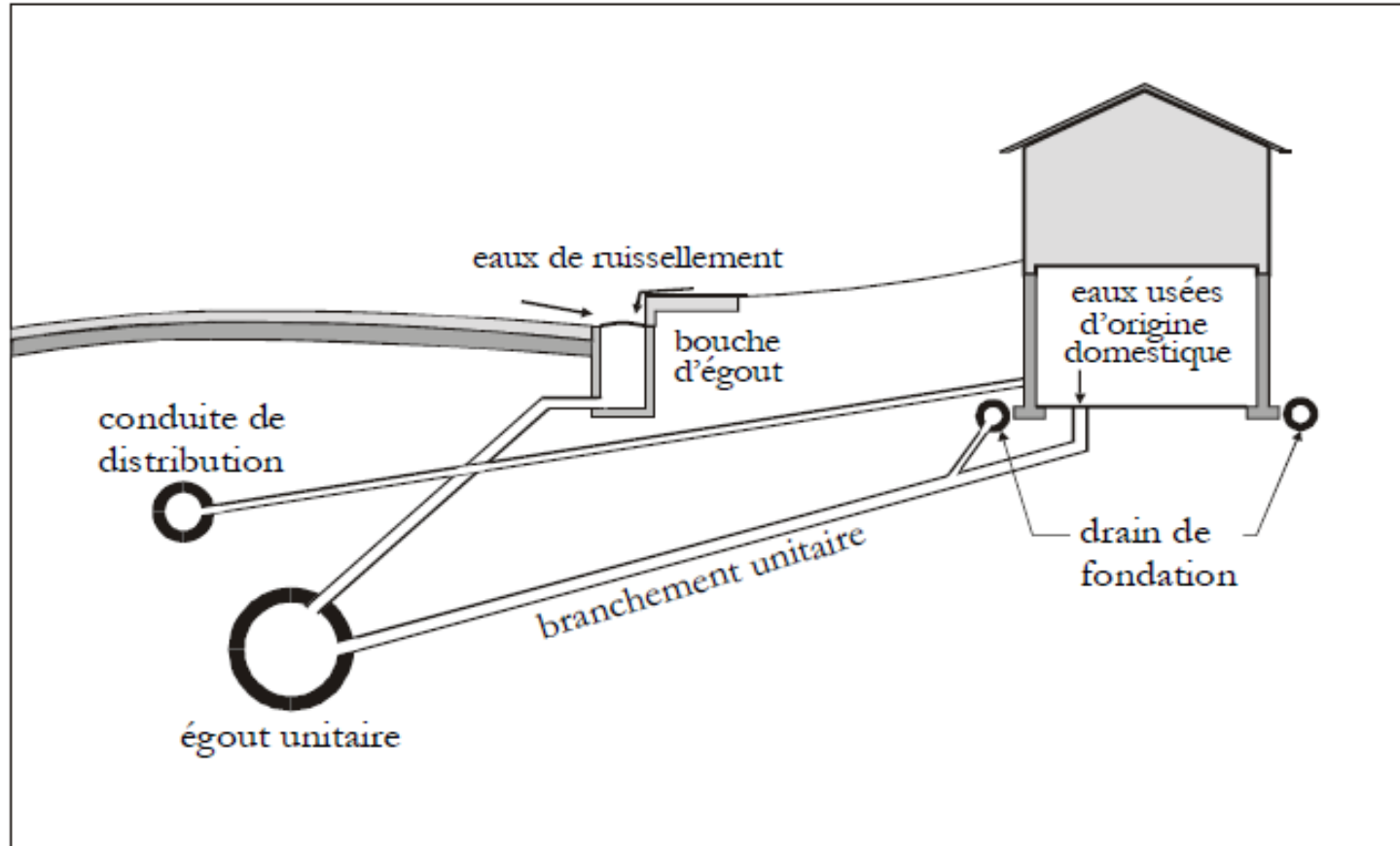
Historique de la gestion des eaux usées

- Tant qu'a y être pourquoi ne pas drainer aussi les eaux pluviales par les mêmes réseaux en temps de pluie;
- D'où l'implantation des réseaux unitaires qui acheminent toutes les eaux vers le milieu récepteur sans traitement.



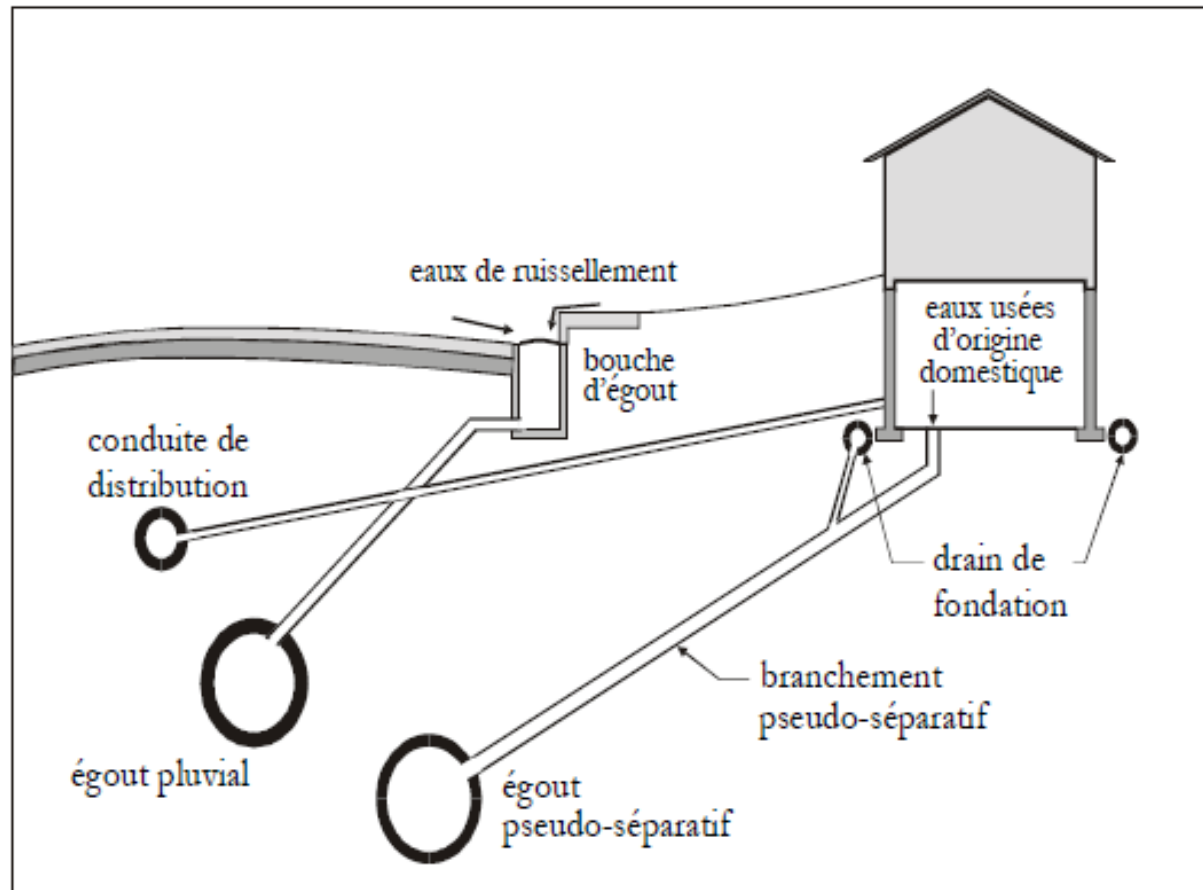
RÉSEAU UNITAIRE

avant 1965 (Brière, 1997)



RÉSEAU PSEUDO-SÉPARATIF

de 1965 à 1980 (Brière, 1997)



Historique de la gestion des eaux usées

- Jusqu'à la période d'après guerre, la solution du tout à l'égout, sans aucun traitement, demeurerait viable tant que la densité de population restait raisonnable et les bassins versants peu perméabilisés!



Épuration des eaux usées

- Mais avec l'augmentation de la densité de population, et le stress sur les milieux récepteurs, on a commencé à construire des usines d'épuration des eaux usées.



État de l'assainissement au Québec

- 1978, seulement 2 % de la population desservie par un réseau était raccordée à une station d'épuration;
- En 1998 ,98% de la population desservie par un réseau d'égout est raccordée à une station d'épuration.



État de l'assainissement au Québec

- On compte 568 stations (de types disparates) qui desservent 762 localités.
- Malgré cet effort, beaucoup de problèmes persistent, notamment:
 - les trop plein d'égouts en temps de pluie;
 - Et
 - la pollution des eaux pluviales



Capacité des usines d'épuration

- Comme les réseaux sont en grande partie unitaires, les usines ont été construites généralement pour traiter trois(3) fois de débit de temps sec(sanitaire).



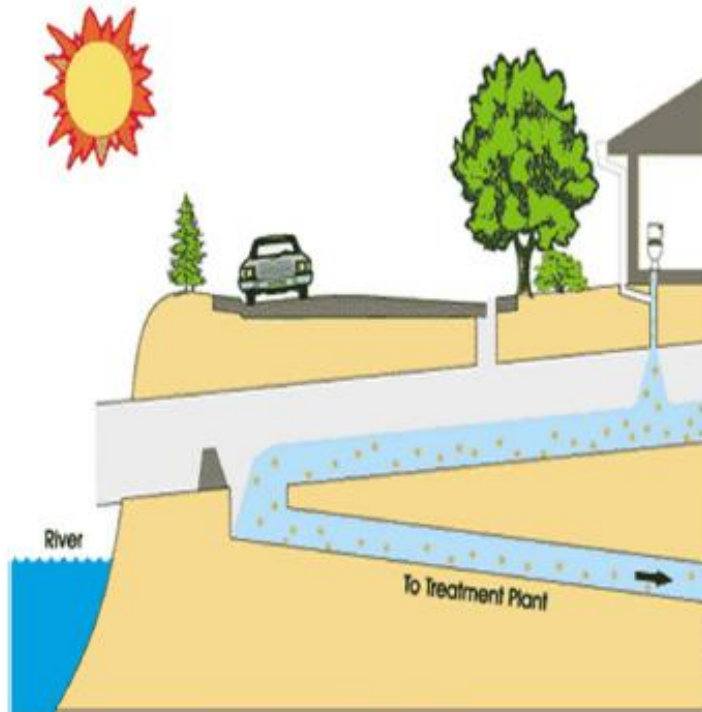
CSO(Combined Sewer Overflow)

- Comme le débit de ruissellement en temps de pluie peut atteindre, voire dépasser cent(100) fois le débit de temps sec, le surplus du mélange est déversé sans traitement dans le milieu récepteur (rivière, fleuve, lac, mer, ...)



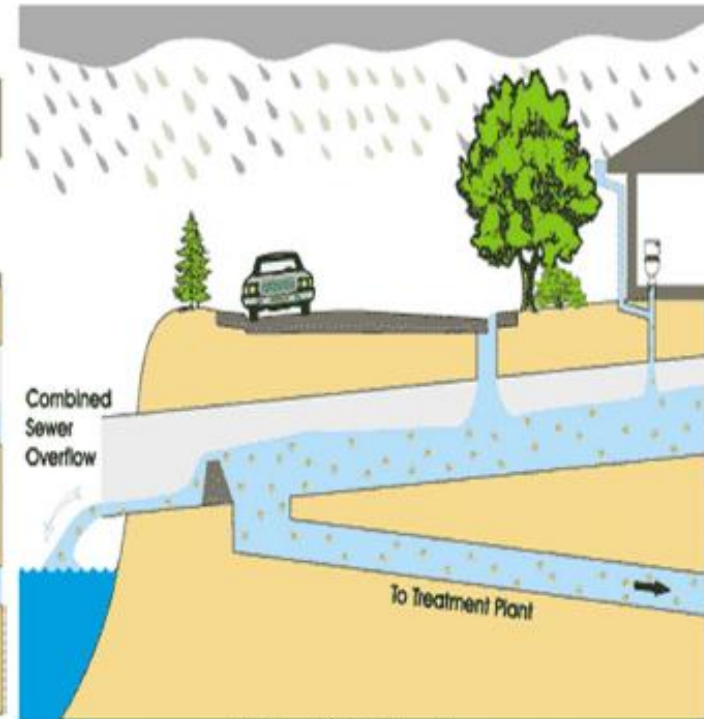
Problématique : débordement d'égout unitaire en temps de pluie

En temps sec



Dry - 99% Of The Time

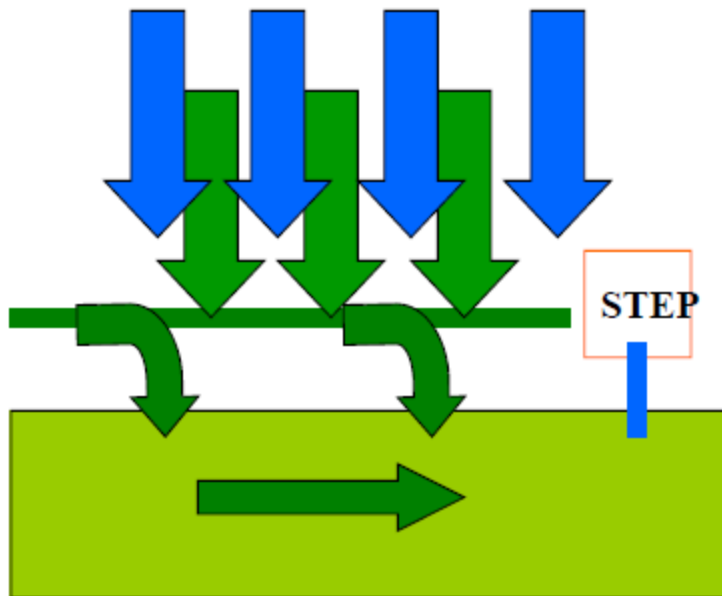
• En temps de pluie



Wet - 1% Of The Time



Combined sewer Overflow (CSO)



Les vieux réseaux échappent à la loi actuelle car ils ont été construits en unitaire

En temps sec

Le sanitaire est intercepté et traité

En début de pluie

-les eaux sanitaires mélangée aux eaux pluviales sont interceptées et traitées.

-quand la pluie devient importante

($Q > 3Q_{SEC}$)

le surplus du mélange sanitaire-pluvial est déversé par le trop plein dans le cours d'eau.

Types de réseaux d'égout sur l'île de Montréal

(Comité Zip Jacques-Cartier-2003)



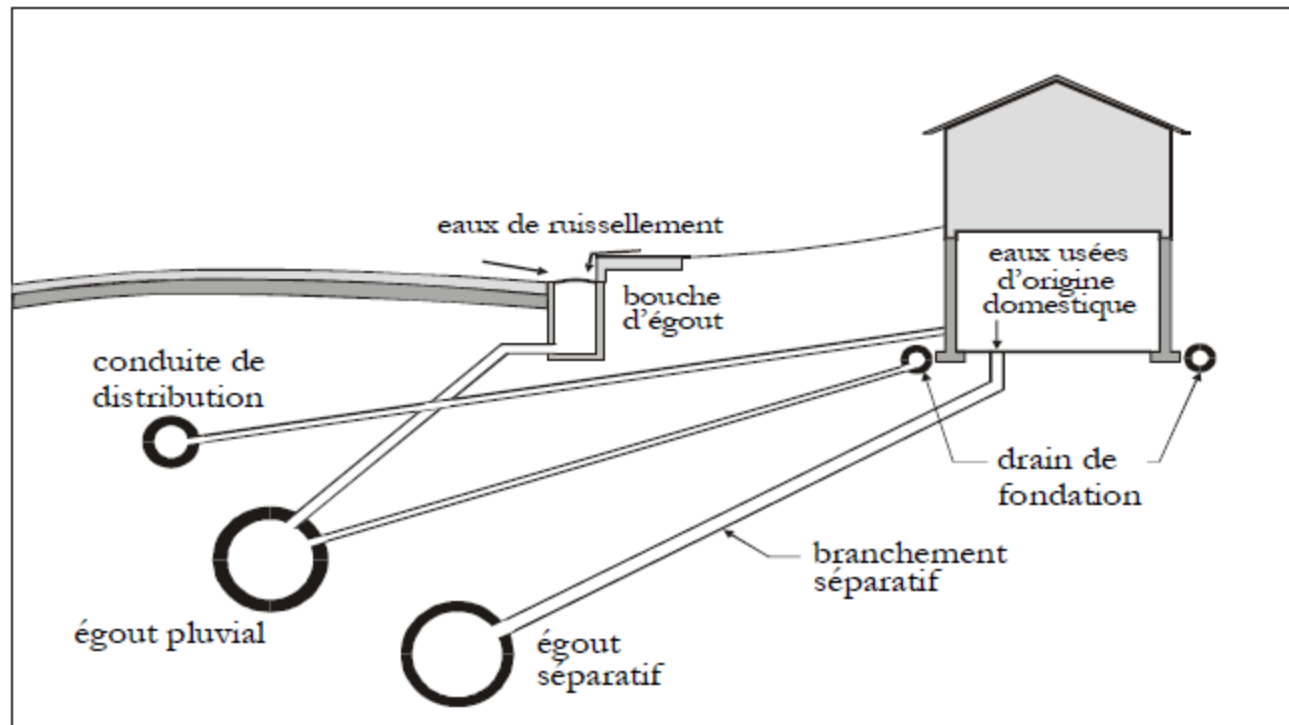


LA GESTION DE L'EAU à Montréal



RÉSEAU SÉPARATIF

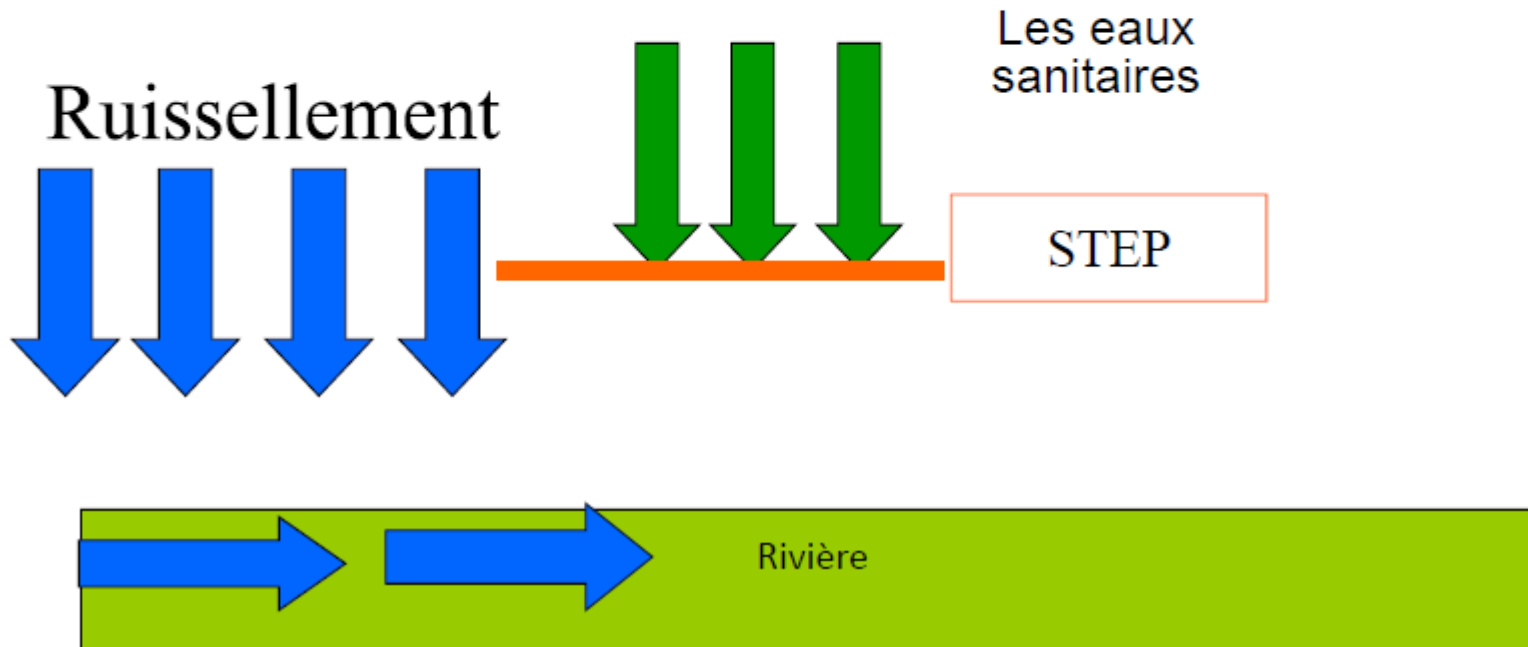
Depuis 1980 (Brière, 1997)



Loi sur l'environnement jusqu'en 2012

-Les réseaux sont séparés :

- les eaux sanitaires sont interceptées et traitées
- les eaux pluviales sont déversées sans traitement



Limites du mode traditionnel de gestion des eaux pluviales

- *Conséquences:*
 - *Appauvrissement des nappes*
 - *Pollution*
 - *Inondation*
 - *Érosion des cours d'eau*



Impacts de l'urbanisation

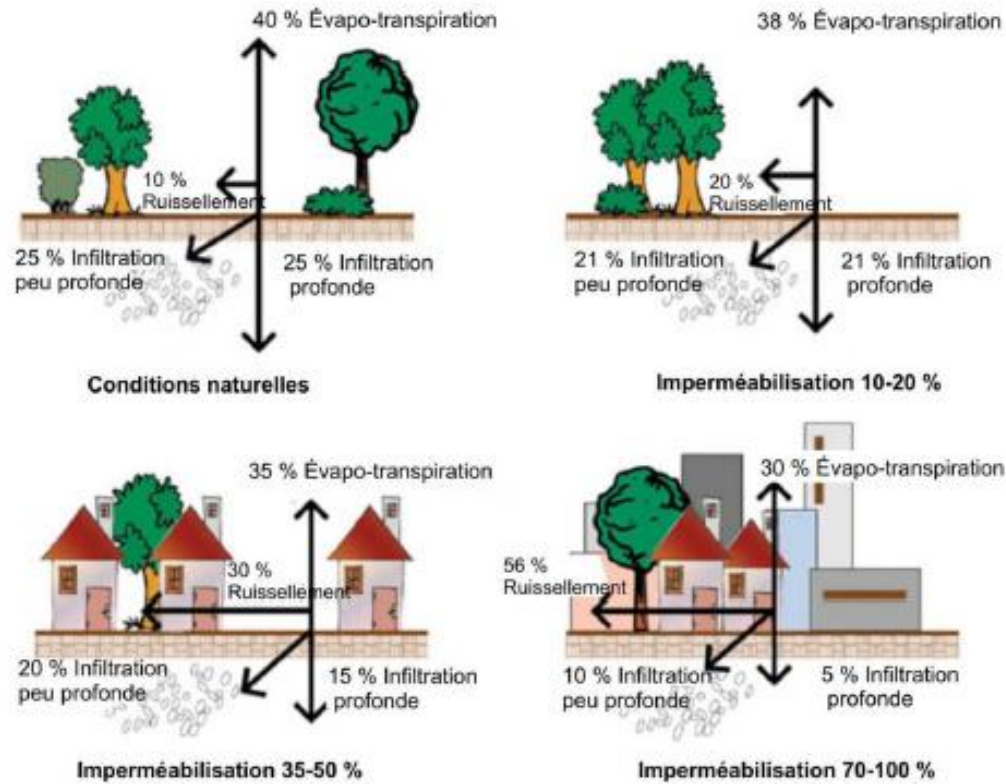
- Augmentation de la densité de population et des volumes sanitaires;
- Augmentation des volumes et des débits de ruissellement;
- Augmentation des charges de pollution dans les eaux de ruissellement;
- Augmentation des vitesses d'écoulement dans les cours d'eau;
- Diminution des volumes d'infiltration.



IMPACTS ET JUSTIFICATIONS

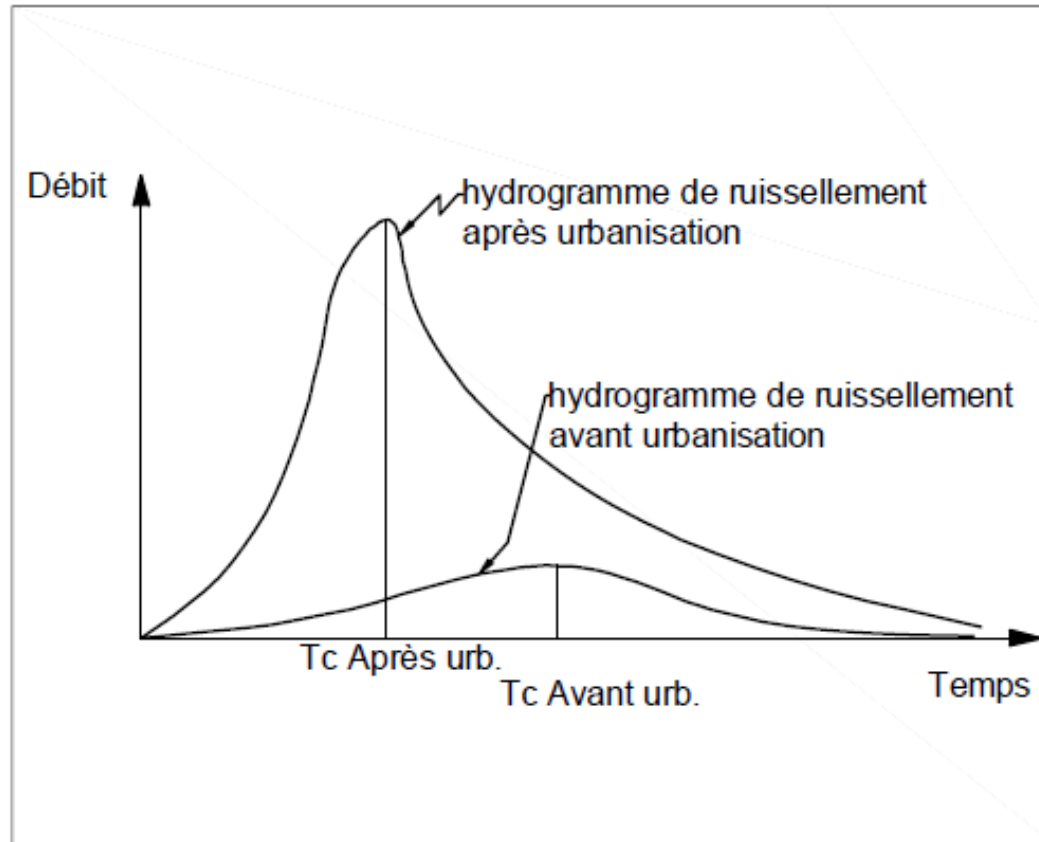
MDDEF(2011)

Modifications au cycle hydrologique



Hydrogrammes avant et après urbanisation

MDDEFP(2011)

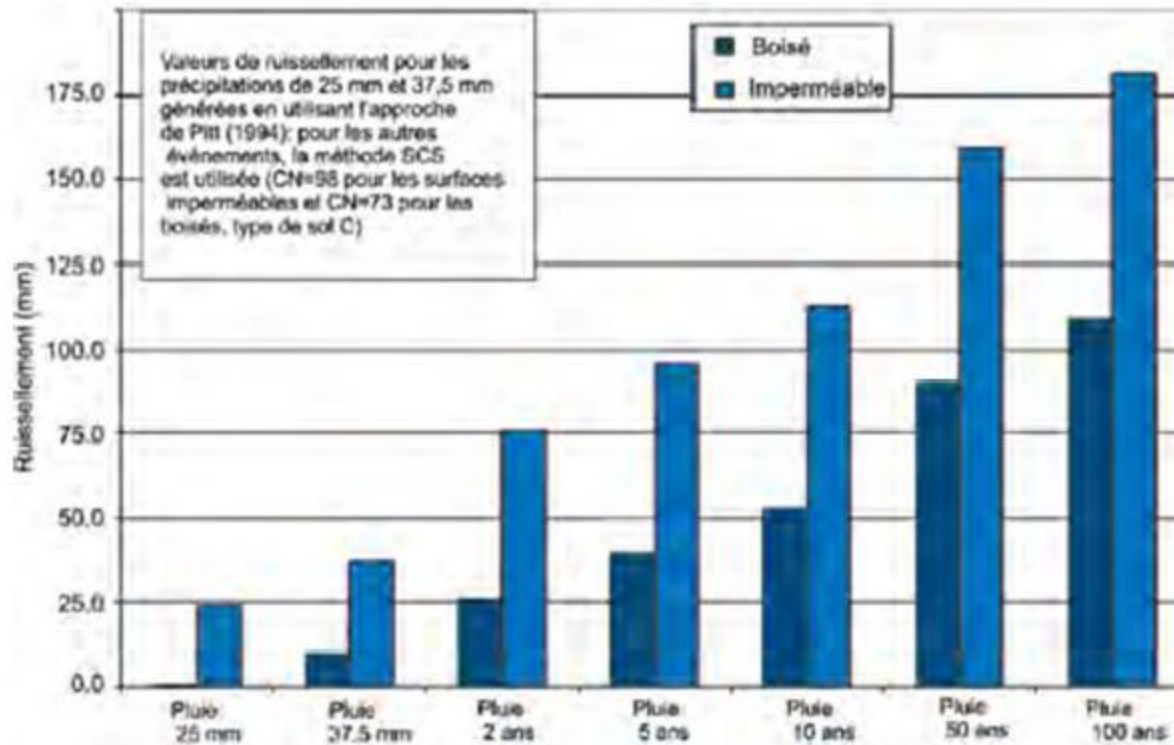


Impact de l'urbanisation sur l'hydrogramme de crue
Adaptée de Zhang et al ([2007, p. 27](#))



Comparaison des quantités ruisselées entre un secteur boisé et un secteur complètement imperméabilisé

Adapté de Pennsylvanie(2006) par MDDEFP(2011)



Conditions de conception:

Écoulement uniforme avec pente de la conduite=pente de la ligne d'énergie(ligne piézométrique)

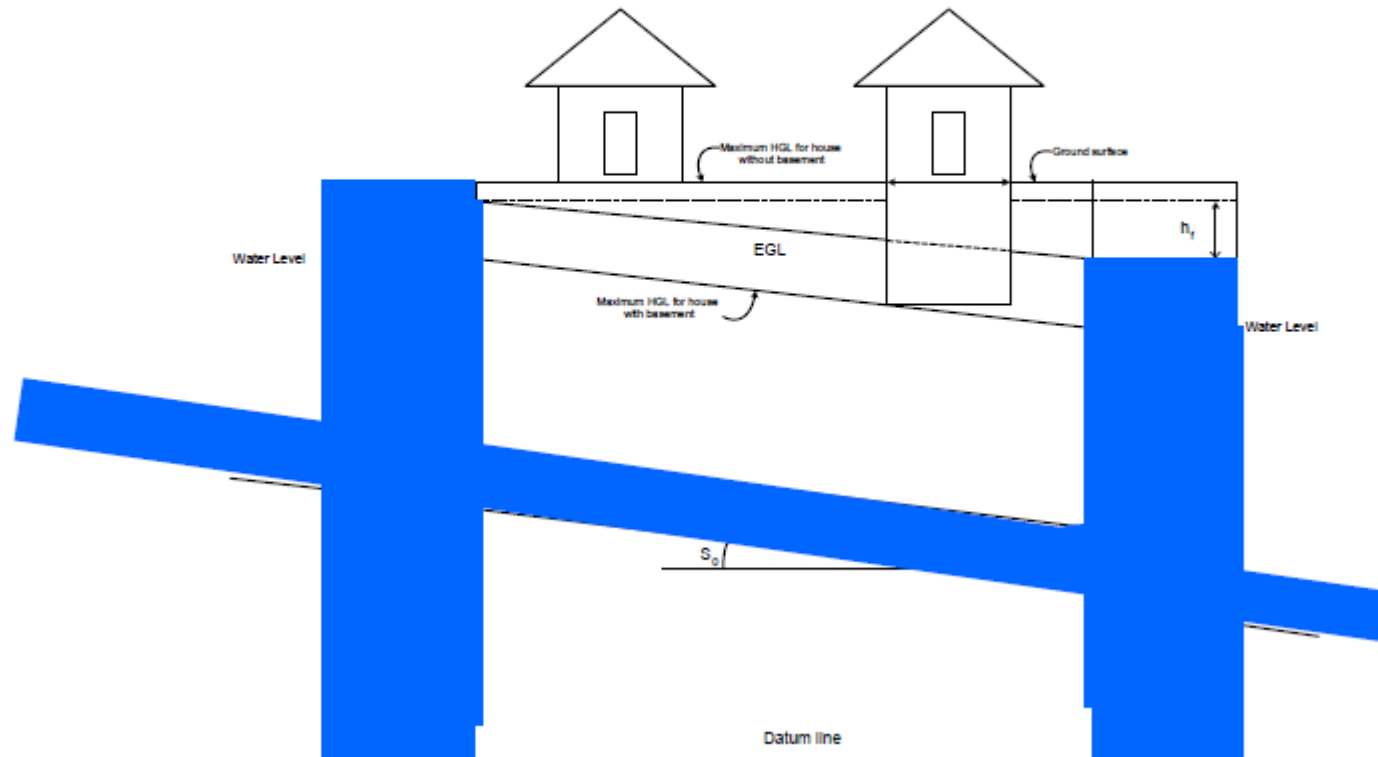
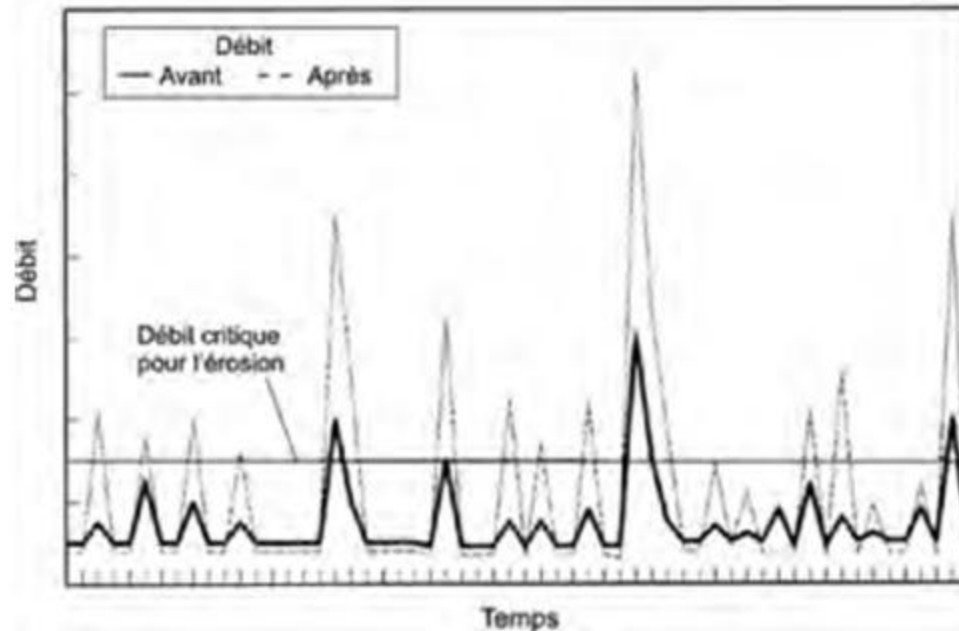


Figure .2 Schématic Representation of the Hydraulic Parameters



Augmentation de la fréquence et de l'amplitude des débits d'érosion

(adapté de MDE,2000 par MDDEP,2011)



Aspect qualitatif des eaux pluviales

- *Les eaux pluviales qu'on pensait, a tort, propre s'avèrent plus chargées en certains contaminants que les eaux sanitaires!*
- *Déjà en 1989, la directive 004, préconisait le choix judicieux de leur déversement pour réduire les impacts!*



Caractérisation de la pollution selon le site

(adapté de Novotny et Olem, 1994 par Rivard, 2011)

Type de rejet	DBO5 (mg/L)	MES (mg/L)	Azote total (mg/L)	Phosphore total (mg/L)	Plomb (mg/L)	Coliformes totaux (UFC/100 mL)
Eaux pluviales ^a	10 – 250 (30)	3 – 11 000 (650)	3 – 10	0,2 – 1,7 (0,6)	0,03 – 3,1 (0,3)	10 ³ – 10 ⁸
Site de construction ^b	ND	10 000 – 40 000	ND	ND	ND	ND
Débordement de réseaux unitaires ^a	60 – 200	100 – 1 100	3 – 24	1 – 11	(0,4)	10 ⁵ – 10 ⁷
Zone avec industries légères ^c	8 – 12	45 – 375	0,2 – 1,1	ND	0,02 – 1,1	10
Ruissellement de toit ^c	3 – 8	12 – 216	0,5 – 4	ND	0,005 – 0,03	10 ²
Effluent d'égout non traité ^d	(160)	(235)	(35)	(10)	ND	10 ⁷ – 10 ⁹
Effluent de station d'épuration ^e	(13)	(13)	(ND)	(0,56)	ND	10 ¹ – 10 ⁶ (coliformes fécaux)

Note: () = moyenne; ND = non disponible; station d'épuration avec traitement secondaire (biologique)

^a Novotny et Chesters (1981) et Lager et Smith (1974)

^b Recherches non publiées – Wisconsin Water Resources Center

^c Ellis (1986)

^d Novotny *et al.*, (1989)

^e MAMROT (2008). Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2007.



Aperçu des principaux polluants des eaux pluviales, leur source et effet MDDEFP(2011)

Polluants des eaux pluviales	Sources	Effets	Répercussions connexes
Nutriments (azote/phosphore)	Eaux de ruissellement urbaines (engrais, détergents, débris d'origine végétale, sédiments, poussières, essence, pneus), eaux de ruissellement agricoles (engrais, déchets d'origine animale), installations septiques défectueuses.	Le phosphore est le premier élément nutritif qui pose problème dans la plupart des systèmes d'eau douce. Dans les systèmes d'eau salée, c'est l'azote qui pose problème, mais sa présence est également préoccupante dans les cours d'eau.	Prolifération d'algues, moins de lumière et d'oxygène dissous, émission d'autres polluants. Les éléments nutritifs peuvent limiter les activités de loisirs et de sports (natation, navigation de plaisance, pêche ou autres), réduire l'habitat animal et contaminer les réserves d'eau.
Matières en suspension (M.E.S.)	Chantiers de construction, autres terres remaniées et non couvertes de végétation, berges érodées, sablage des chaussées, ruissellement urbain.	Augmentation de la turbidité et dépôt de sédiments.	Augmentation de la turbidité, moins de lumière et d'oxygène dissous, dépôt de sédiments, étouffement de l'habitat aquatique.
Agents pathogènes (bactéries/virus)	Déchets d'origine animale, ruissellement urbain, installations septiques défectueuses.	Présence en grand nombre de bactéries et de souches virales, y compris les streptocoques et les coliformes fécaux. Les taux de bactéries sont généralement plus élevés en été; les températures élevées en favorisant la reproduction.	Les réserves d'eau potable, les zones de croissance des mollusques et les plages contaminées présentent des risques pour la santé.
Métaux (plomb, cuivre, cadmium, zinc, mercure, chrome, aluminium, etc.)	Procédés industriels, usure normale des câbles de freins et des pneus des véhicules, gaz d'échappement, fuite de fluides de véhicules, toitures métalliques.	Augmentation de la toxicité des eaux de ruissellement et accumulation (bioamplification) dans la chaîne alimentaire.	Toxicité de la colonne d'eau et des sédiments; bioaccumulation dans les espèces aquatiques et dans toute la chaîne alimentaire.



Métaux (plomb, cuivre, cadmium, zinc, mercure, chrome, aluminium, etc.)	Procédés industriels, usure normale des câbles de freins et des pneus des véhicules, gaz d'échappement, fuite de fluides de véhicules, toitures métalliques.	Augmentation de la toxicité des eaux de ruissellement et accumulation (bioamplification) dans la chaîne alimentaire.	Toxicité de la colonne d'eau et des sédiments; bioaccumulation dans les espèces aquatiques et dans toute la chaîne alimentaire.
Hydrocarbures (pétrole et graisse, HAP)	Procédés industriels, usure des véhicules, gaz d'échappement, fuites de fluides de véhicules, huiles usées.	Aspect dégradé de la surface des eaux, interactions entre l'eau et l'air limitées (moins d'oxygène dissous). Les hydrocarbures ont une forte affinité pour les sédiments.	Toxicité de la colonne d'eau et des sédiments; bioaccumulation dans les espèces aquatiques et dans toute la chaîne alimentaire.
Composés organiques [pesticides, biphenyles polychlorés (BPC), produits chimiques synthétiques]	Pesticides (herbicides, insecticides fongicides, etc.); procédés industriels.	Augmentation de la toxicité chez les espèces animales et les ressources halieutiques sensibles et accumulation (bioamplification) dans la chaîne alimentaire.	Toxicité de la colonne d'eau et des sédiments; bioaccumulation dans les espèces aquatiques et dans toute la chaîne alimentaire.
Sel (sodium, chlorures)	Épandage de sel sur les routes et stockage de sel à découvert.	Toxicité chez les organismes; diminution des ressources halieutiques; augmentation des taux de sodium et de chlorure dans les eaux souterraines et de surface. Pourrait perturber le processus respiratoire des espèces végétales à cause de ses effets sur la structure des sols. Peut également provoquer la perte d'autres composés nécessaires à la viabilité des végétaux, entraîner leur mort ou réduire leur croissance ou leur diversité en endommageant les racines et les feuilles.	Toxicité de la colonne d'eau et des sédiments. Le sel peut entraîner la disparition d'espèces animales, végétales et de ressources halieutiques sensibles. Il peut contaminer les eaux souterraines ou de surface.



Évolution dans l'approche de gestion eaux pluviales

- Aujourd'hui les eaux pluviales sont gérées selon quatre (4) critères:
 - Le contrôle quantitatif;
 - Le contrôle qualitatif;
 - Le contrôle pour minimiser l'érosion des cours d'eau;
 - Le contrôle de la recharge de la nappe phréatique.



Nouvelles tendances dans la gestion des eaux de ruissellement

En Europe: Les techniques alternatives (Alternatives au réflexe traditionnel du tout à l'égout ,le plus vite et le plus loin possible!)

Aux États-Unis: Les BMP (Best Management Practices)

En Australie :LID (Low Impact Development)

Au Canada Français : Les PGO (Pratiques de gestion optimales des eaux pluviales)

Des appellations différentes mais le concept est le même:
Reproduction les processus naturels d'avant développement.



Principe général des PGO

- Les pratiques de gestion optimale sont basées sur les principes d'infiltration naturelle et de rétention des eaux de ruissellement sur les sites où elles ont été générées.
- Elle vise à réduire les volumes et les débits de ruissellement, à améliorer la qualité des eaux, recharger la nappe phréatique et éviter l'érosion des berges.



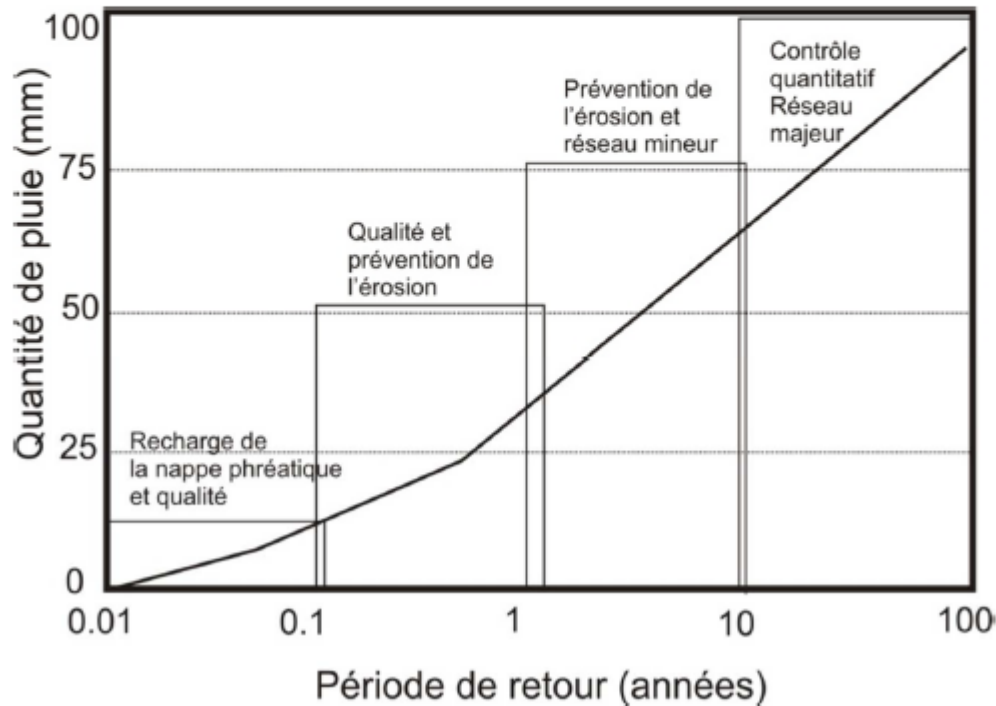
Objectifs d'une saine gestion des eaux pluviales (NIPE)

- Recharger de la **N**appe phréatique
- Réduire la fréquence des **I**nondations
- Éviter la **P**ollution des plans d'eau
- Éviter l'**É**rosion

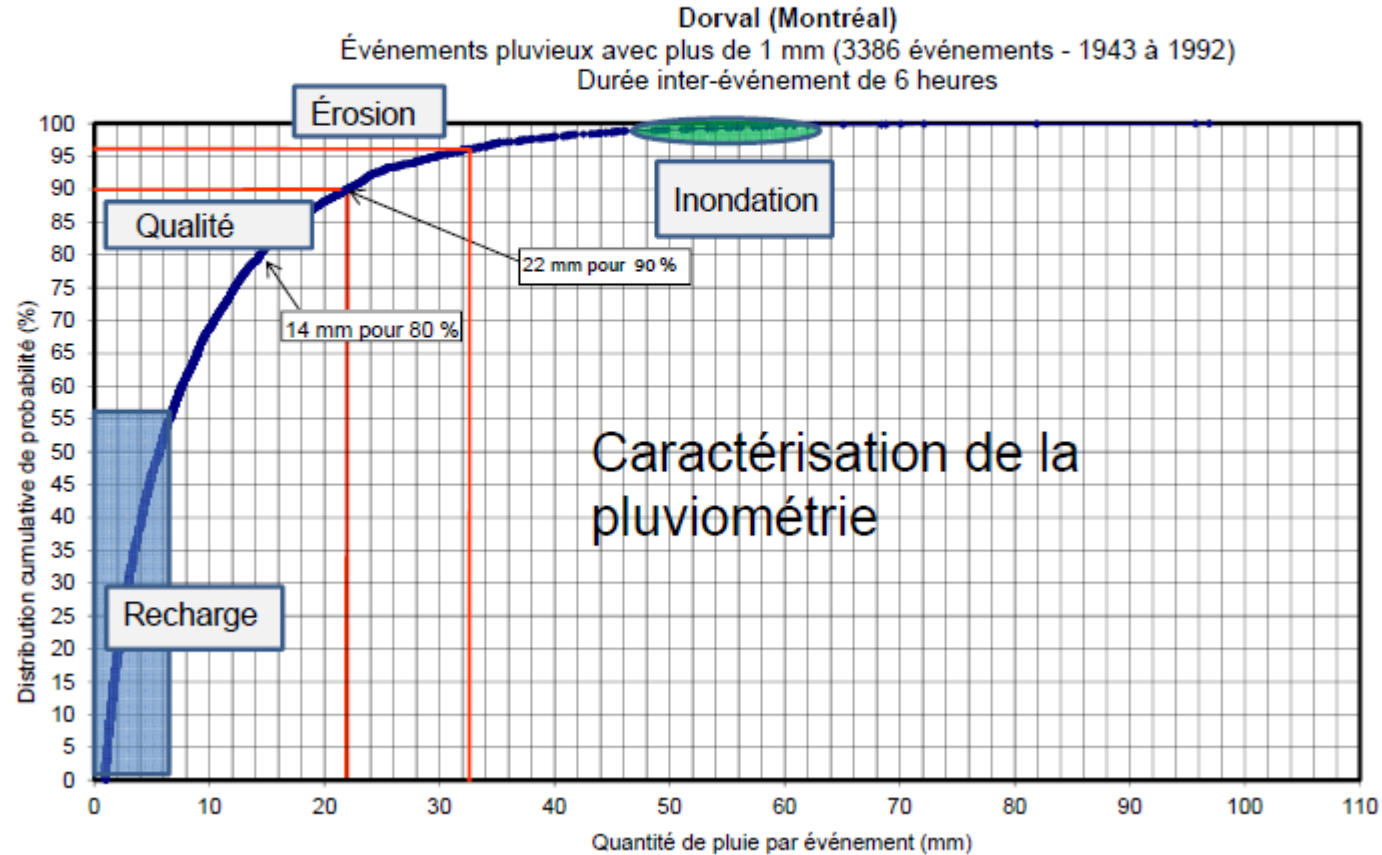


Pluies correspondantes aux différents objectifs

MDDEFP(2011)



GESTION DES EAUX PLUVIALES ÉLÉMENTS DE PLUVIOMÉTRIE Osseyrane et Rivard (2013)



Pourcentage d'augmentation des précipitations entre les périodes 1961-1990 et 2041-2070 (D'après Mailhot et al.2007)

Durée (heures)	Période de retour (années)	Accroissement Présent-futur (%)
2	2	20,6
	5	18,1
	10	15,8
	25	13,0
6	2	13,9
	5	14,5
	10	13,1
	25	10,1
12	2	11,0
	5	10,0
	10	8,2
	25	5,1
24	2	10,6
	5	8,8
	10	6,9
	25	3,9



Prise en compte des changements climatiques

Recommandations :

- majoration des courbes IDF de 15% à 20 % pour les réseaux mineurs (périodes de retour de 2 à 10 ans)
- majoration des courbes IDF de 5% à 10 % pour les réseaux majeurs (périodes de retour de 25 à 100 ans) et les ouvrages de rétention



Aspect réglementaire dans la gestion des eaux usées

- Plusieurs paliers dans la réglementation de la gestion des eaux pluviales
 - Fédéral (Pêche et océan, voies navigables);
 - Provincial: Directive 004(MENVIQ,89)=1^{er} Cadre de référence pour le concepteur d'un égout;
 - Articles 22 et 32, BNQ 1809-300, MAMROT/Ouvrages de débordement, gestion de l'eau par bassin(2002);
 - Municipalités régionales de comté (MRC) et Communautés urbaines (CU)



GESTION DES EAUX PLUVIALES Contexte légal et administratif

Osseyrane et Rivard (2013)

Loi sur la qualité de l'environnement

Article 22

Les travaux susceptibles de nuire à la qualité du milieu ou qui prévoient l'émission, le dépôt, le dégagement ou le rejet dans l'environnement d'un contaminant au-delà de la quantité ou de la concentration prévue par règlement du gouvernement doivent avoir été autorisés au préalable par le MDDEF.

1^{er} alinéa: assujettit l'obtention d'un certificat pour tous les types de travaux Et activités susceptibles de contaminer l'environnement ou d'en modifier la qualité.
2^{ème} alinéa étend cette obligation à tous les travaux, ouvrages et activités effectués Dans un cours d'eau à débit régulier ou intermittent, un lac, un marais, un marécage, Un étang ou une tourbière.



GESTION DES EAUX PLUVIALES Contexte légal et administratif

Osseyrane et Rivard (2013)

Loi sur la qualité de l'environnement

Nul ne peut établir un aqueduc, une prise d'eau d'alimentation, des appareils pour la purification de l'eau, ni procéder à l'exécution de travaux d'égout ou à l'installation de dispositifs pour le traitement des eaux usées avant d'en avoir soumis les plans et devis au ministre et d'avoir obtenu son autorisation

Article 32

Formulaire de demande d'autorisation
Module B : Gestion des eaux pluviales



Module B : Gestion des eaux pluviales

Osseyrane et Rivard (2013)

B.3 Directive 004 et devis NQ 1809-300

Attestation quant à :

- la conformité à la Directive 004 sur les réseaux d'égout(1989)
- l'exécution des travaux selon la dernière version du devis BNQ 1809-300 comme base de référence minimale



Module B : Gestion des eaux pluviales

Osseyrane et Rivard (2013)

B.7 Rejet dans un égout pluvial existant

- La demande d'autorisation (DA) doit démontrer que le réseau pluvial existant est en mesure de supporter les apports supplémentaires en eaux pluviales compte tenu du niveau de service pour lequel il a été conçu.



Module B : Gestion des eaux pluviales Thèmes et exigences du MDDEFP

Osseyrane et Rivard (2013)

- 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)**



GESTION DES EAUX PLUVIALES NOUVELLES OBLIGATIONS – CRITÈRES

Osseyrane et Rivard (2013)

B.5 Recharge de la nappe : **recommandé**

Impact : diminution
des débits d'été



Critère : Infiltration jusqu'à 10 mm



GESTION DES EAUX PLUVIALES

NOUVELLES OBLIGATIONS – CRITÈRES

Adapté de Osseyrane et Rivard (2013)

Recharge de la nappe - Réduction des volumes

Tableau 3.3

Valeurs recommandées pour la recharge en fonction du type de sol
(adapté de Vermont (2001)).

Type hydrologique de sol (classification du NRCS – 1999)	Exigences pour la recharge de la nappe
A	10 mm
B	6 mm
C	2,5 mm
D	Pas d'exigence

CLASSIFICATION HYDROLOGIQUE DES SOLS SELON LA CARTE PÉDOLOGIQUE	
Texture de sol à prédominance grossière	
Gravier, sable et certains loams grossiers avec un bon drainage	A
Gravier, sable et certains loams graviers avec drainage d'imparfait à mauvais	AB
Mince couche de gravier, sable et certains loams sableux sur argile ou sur roc	B
Texture de sol à prédominance moyennement grossière	
Loam moyennement grossier, épais qualifié de graveleux, schisteux et cherteux	AB
Loam moyennement grossier, épais ou mince couche sur roche ou sur argile	B
Texture de sol à prédominance moyenne	
Mince couche de loam moyen sur roc	B
Loam moyen épais qualifié de graveleux, schisteux ou cherteux	B
Loam moyen épais avec drainage de bon à imparfait	B
Loam moyen épais avec mauvais drainage	BC
Loam moyen mince sur argile	BC
Texture de sol à prédominance fine	
Loam limoneux et loam fin avec drainage de bon à imparfait	BC
Loam limoneux et loam fin avec drainage mauvais	C
Texture de sol à prédominance très fine	
Argile, loam argileux, loam argileux-limoneux, argile limoneuse	C
Argile lourde	CD



GESTION DES EAUX PLUVIALES NOUVELLES OBLIGATIONS – CRITÈRES

Osseyrane et Rivard (2013)

B.9 Contrôle quantitatif : **obligatoire**

Impact :
inondation



Critères :

- Conserver les débits avant/après développement
- Importance du phasage
- Capacité du réseau aval
- Étude pour chaque cas



GESTION DES EAUX PLUVIALES NOUVELLES OBLIGATIONS – CRITÈRES

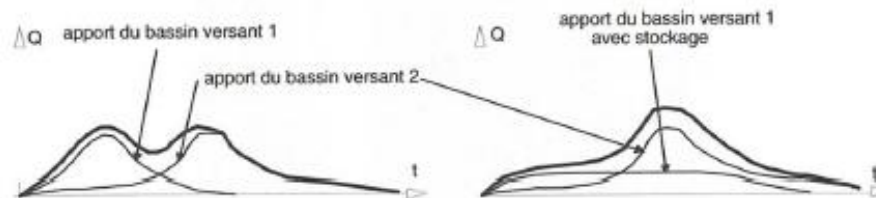
Osseyrane et Rivard (2013)

B.9 Contrôle quantitatif : **obligatoire**

Critères à établir pour
chaque cas

Importance du
phasage

- S'il y a un potentiel d'inondation directement en aval d'un site en développement, un contrôle quantitatif devra nécessairement être mis en place.
- Si le développement est situé dans la partie supérieure du bassin versant, les débits après-développement devraient être similaires aux débits prévalant avant le développement, et ce, pour les périodes de retour de 2 ans à 100 ans.
- Si le développement est situé dans les parties inférieures du bassin versant, les contrôles quantitatifs devraient être établis avec une modélisation permettant d'évaluer le potentiel de synchronisme des débits de pointe.



GESTION DES EAUX PLUVIALES NOUVELLES OBLIGATIONS – CRITÈRES

Osseyrane et Rivard (2013)

B.10 Contrôle de l'érosion : **selon le cas**

Impact : Érosion
des cours d'eau



Critère : **Rétention du volume 1 dans 1 an après
développement et relâche en 24 h ou 48 h**



GESTION DES EAUX PLUVIALES NOUVELLES OBLIGATIONS – CRITÈRES

Osseyrane et Rivard (2013)

B.11 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**



GESTION DES EAUX PLUVIALES NOUVELLES OBLIGATIONS – CRITÈRES

Osseyrane et Rivard (2013)

B.11 **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)



Exemple de réglementation à l'échelle municipale

- Certaines municipalités exigent la rétention des eaux pluviales sur la propriété privée lorsque la surface imperméable totale dépasse 1000 m²(0.1 ha)



Exemple de réglementation pour encadrer l'urbanisation

- Le débit maximum relâché à l'égout public en provenance d'un lot dont la surface imperméable dépasse 1000 m² ne doit pas dépasser un seuil pour une pluie de projet fixée par la municipalité.
- À Montréal: $Q_{\text{sortie-max}} = 35 \text{ l/s/ha}_{\text{tot}}$ pour $i_{1/25 \text{ ans}}$



Principes généraux dans la gestion des eaux pluviales

- Prévention et réduction à la source des polluants;
- Minimiser les surfaces imperméables directement drainées lors de la conception;
- Implanter des ouvrages de contrôle de la pollution pour des lames de pluie <25 mm(6h)
- Utilisation de filière de traitement

