



Villes vertes

Eau bleue

**Guide d'introduction à la gestion
écologique des eaux de pluie**



Great Lakes United



Union St-Laurent Grands Lacs

Crédits

Direction

Hélène Godmaire

Conception, recherche et rédaction

Nathalie Bédard, Caroline Larivière et Hélène Godmaire

Partenaires financiers

Plan Saint-Laurent

Fondation EJLB

Illustrations

Nathalie Bédard

Conception graphique

Blaise Barrette

Révision linguistique

Joanne Goulet-Giroux et Valérie Lacourse

Remerciements

Nous tenons à remercier sincèrement les municipalités de Longueuil, Laval, Trois-Rivières, Salaberry-de-Valleyfield et Shawinigan, les firmes Fahey et Associés, la firme Cima+, le Comité ZIP du Haut-Saint-Laurent, le Comité H₂O, l'Institut de technologie agricole de Saint-Hyacinthe, le Réseau environnement, l'Association québécoise d'urbanisme ainsi que le Réseau québécois villes et villages en santé pour leur participation au projet *Villes Vertes pour un fleuve et des communautés en santé* réalisé en 2009-2010. Un grand merci va à Judith Granger-Godbout pour son excellent travail dans le cadre de ce projet.

Nous remercions également tous ceux qui ont de près ou de loin contribué à faire de ce projet un succès : experts, représentants gouvernementaux, institutions de recherche, consultants, écoles, etc. et aussi tous ceux qui nous ont accordé le droit d'utiliser leurs superbes photos.

Nous exprimons notre sincère reconnaissance à nos bailleurs de fond, dont la Fondation EJLB et principalement le Programme Interaction communautaire lié au Plan Saint-Laurent pour un développement durable. Le financement de ce programme conjoint est partagé entre Environnement Canada et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. Merci pour leur confiance en notre projet et surtout pour leur mission qui supporte l'innovation en matière de protection de l'environnement.



Table des matières

Introduction.....	1
1. Comment la pluie devient-elle pollution?	2
2. D’hier à aujourd’hui	5
3. Changement d’approche	8
3.1 De la source au cours d’eau	8
3.2 Trois échelles de gestion des eaux pluviales.....	8
4. Planifier les quartiers autrement	11
4.1 Préserver les aires naturelles	12
4.1.1 Zones tampon et bandes riveraines	12
4.1.2 Développement en grappes.....	13
4.2 Réduire les surfaces imperméables	14
4.2.1 Routes	14
4.2.2 Trottoirs	15
4.2.3 Entrées de garage	15
4.2.4 Culs-de-sacs	15
4.2.5 Espaces de stationnement.....	16
4.3 Utilisation de revêtements perméables.....	17
5. Créer des aménagements écologiques	19
5.1 Toits verts	19
5.2 Déconnection des gouttières	22
5.3 Citernes et barils de pluie.....	24
5.4 Tranchées d’infiltration	26
5.5 Jardin de pluie	28
5.6 Aire de biorétention.....	31
5.7 Bandes filtrantes	32
5.8 Fossés végétalisés	33
5.9 Plantation d’arbres.....	35
5.10 Marais filtrants	38
6. Aspects économiques	40
7. Obstacles et préoccupations.....	43
Conclusion	45
Annexe 1.....	46
Annexe 2.....	47
Références.....	54

Introduction

Depuis une cinquantaine d'années, l'eau de pluie est considérée comme une nuisance en milieu urbain. Pour l'évacuer le plus rapidement possible, les systèmes de drainage souterrains des villes acheminent l'eau de ruissellement vers des stations d'épuration ou des cours d'eau. Dans les deux cas, l'eau pluviale devient une source de pollution.

D'année en année, cette situation s'accroît avec l'urbanisation, l'accroissement des transports, le vieillissement des infrastructures et les changements climatiques. Il va sans dire que ces transformations entraînent de sérieux défis pour la gestion conventionnelle des eaux de ruissellement. Dans ce contexte de bouleversement du climat et de dégradation des écosystèmes aquatiques, un changement d'approche s'impose. Heureusement, un nouveau champ d'expertise est aujourd'hui en plein essor ! À l'aide d'une combinaison de pratiques et d'aménagements inspirés des fonctions naturelles d'infiltration, de rétention et d'épuration, il est maintenant possible de réduire les impacts des eaux pluviales sur la qualité de l'eau, en plus d'engendrer des retombées sociales et économiques bénéfiques.

Pour mieux découvrir ces nouvelles pratiques, le guide *Villes vertes Eau bleue* propose une introduction à la gestion écologique des eaux de ruissellement en milieu urbain. Il s'adresse aux décideurs municipaux, aux développeurs et aux résidents qui souhaitent adopter une nouvelle approche de gestion des eaux pluviales et de nouvelles pratiques d'aménagement soucieuses de la qualité de l'eau des lacs et des rivières.

Le guide *Villes vertes Eau bleue* examine tout d'abord les raisons pour lesquelles la pluie devient pollution. Une brève revue de l'évolution des différentes approches de gestion des eaux pluviales depuis les 50 dernières années au Canada et en Amérique du Nord est présentée. Le guide aborde également la notion de gestion intégrée, fondée sur les processus naturels du cycle de l'eau et ce, à l'échelle d'une propriété, d'un quartier et d'un bassin versant. Pour mieux comprendre les nouvelles pratiques, un ensemble d'aménagements écologiques sont décrits. En terminant, l'aspect économique, les contraintes et les obstacles liés à l'implantation d'une gestion écologique des eaux pluviales sont discutés, en lien avec notre expérience et la littérature récente.

Cet ouvrage contribuera, nous l'espérons, à convaincre les lecteurs des bienfaits des aménagements écologiques, respectueux de l'environnement et de la qualité de l'eau. Bonne lecture!

Note aux lecteurs : Précisons que les pratiques et les techniques décrites dans ce document ne sont pas exhaustives ni assez détaillées pour constituer des standards d'aménagement. La conception et l'installation de tels aménagements requièrent, pour la majeure partie, l'aide de professionnels (ingénierie, urbanisme, architecture de paysage, hydrogéologie) afin d'optimiser leurs rendements dans diverses conditions.

1. Comment la pluie devient-elle pollution?



Les réseaux d'égout ont été conçus principalement pour recevoir à la fois les eaux sanitaires et les eaux pluviales
Photo : N. Bédard

Sous les bâtiments et les routes, des centaines de kilomètres de conduites transportent les eaux usées vers les stations d'épuration. Au début du 20^{ème} siècle, les réseaux d'égout ont été conçus principalement pour recevoir à la fois les eaux sanitaires et les eaux pluviales. Même si on a plus tard intégré des réseaux séparatifs aux nouveaux développements, les systèmes unitaires des anciens quartiers sont devenus problématiques. Aujourd'hui, alors que ces installations supportent des populations de plus en plus denses, elles ne suffisent plus à la tâche, en particulier lors de fortes pluies. Afin d'éviter les inondations, de grandes quantités d'eaux usées non traitées sont alors rejetées (surverses)ⁱ dans les lacs et les rivières.

Par ailleurs, l'absence de végétation, la compaction des sols et le pavage de grandes surfaces dans les villes ont pour effet de réchauffer l'eau et d'augmenter le volume et la vitesse du ruissellement. Sur son passage, l'eau de pluie recueille une panoplie

de polluants (sédiments, nutriments, bactéries, pesticides, contaminants libérés par les véhicules, etc.). Déversées dans les milieux aquatiques, ces eaux polluées en dégradent la qualité et accélèrent l'eutrophisation.

En transformant les paysages, l'urbanisation a grandement modifié le cycle de l'eau. Le ruissellement, l'infiltration, l'évaporation et l'évapotranspiration sont drastiquement modifiés en milieu urbain, comparativement au milieu forestier (figures 1 et 2). Dans une ville, le ruissellement prédomine, alors que l'infiltration et l'évaporation sont significativement réduites. À mesure que les surfaces imperméables gagnent du terrain dans les villes, le ruissellement s'accroît. Une telle augmentation survenant dans les secteurs pourvus de réseaux unitaires fait gonfler les volumes d'eau à traiter aux stations d'assainissement. Cette surcharge entraîne une hausse significative des coûts de traitement et de pompage et occasionne des surverses. Dans les secteurs où le réseau de collecte des eaux usées est séparatif, les eaux de ruissellement sont recueillies dans de vastes bassins de rétention avant d'atteindre le cours d'eau. De cette façon, les débits de pointe sont réduits, mais les eaux libérées dans les milieux récepteurs demeurent polluées.



Déversées dans les milieux aquatiques, ces eaux polluées en dégradent la qualité et accélèrent l'eutrophisation.

ⁱ Les surverses sont des débordements d'eaux usées déversés directement en milieu naturel. Elles surviennent lorsque les volumes d'eau dépassent la capacité de traitement d'une station d'épuration.

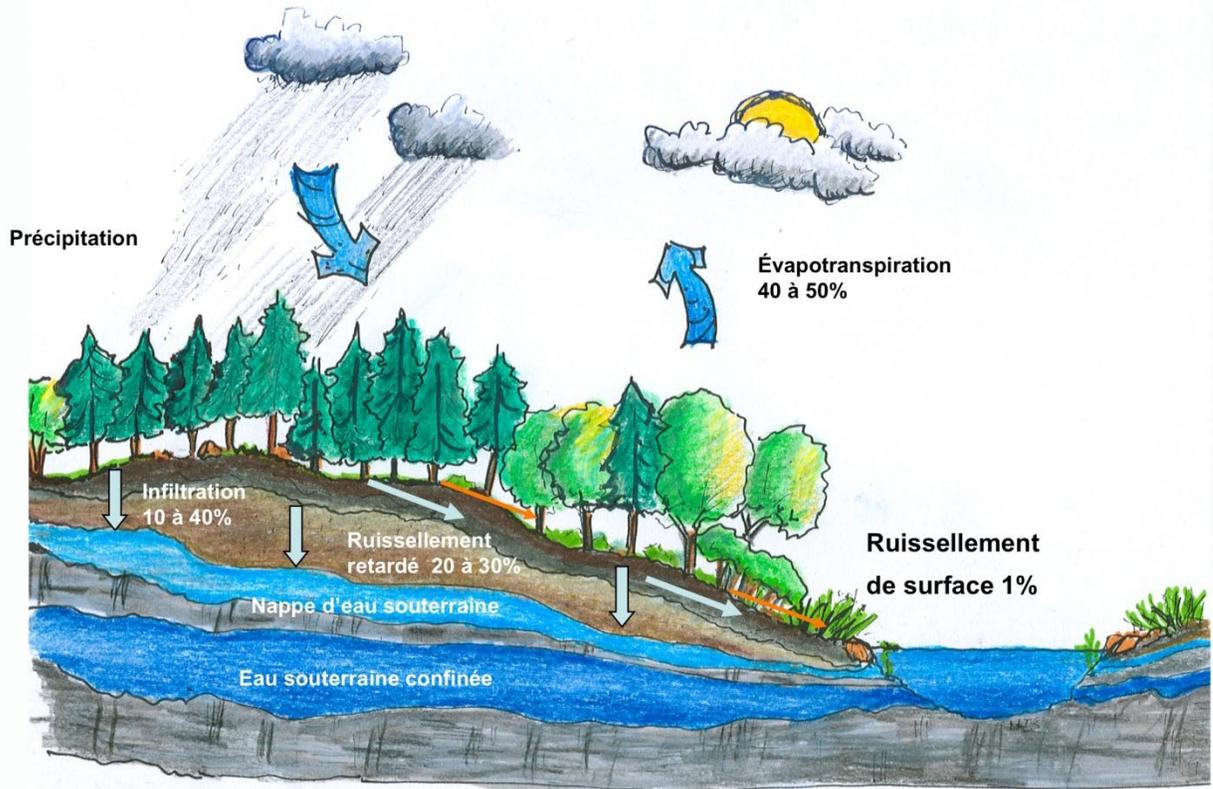


Figure 1. Cycle de l'eau d'un milieu naturel forestier. Illustration : N. Bédard



Figure 2. Cycle de l'eau d'un milieu urbain. Illustration : N. Bédard

L'augmentation des surfaces imperméables urbaines affecte les milieux aquatiques de plusieurs façons. À cause d'un ruissellement beaucoup plus important, les débits des cours d'eau sont perturbés et les inondations plus fréquentes. L'érosion des sols et l'accroissement de la sédimentation détériorent les cours d'eau (lit et berges), réduisant la qualité de l'eau et des habitats (tableau 1)¹.

Afin de revoir l'efficacité des systèmes actuels, l'organisme *Credit Valley Conservation* (2007)² s'est penché sur l'optimisation des pratiques de gestion conventionnelles des eaux pluviales pour réduire les problèmes engendrés par le ruissellement. Leur étude a montré que même si les pratiques habituelles sont déployées de façon exemplaire, elles ne produisent que des bénéfices limités pour rétablir le ruissellement à son état initial de pré-développement. À leur meilleur, ces pratiques ne peuvent pas réparer les dégâts causés par la croissance rapide du développement urbain. En conclusion, les auteurs montrent la nécessité d'une nouvelle approche de gestion des eaux pluviales, issue des connaissances scientifiques et technologiques actuelles.

Tableau 1. Impacts de l'augmentation de l'imperméabilité des surfaces urbaines sur les milieux aquatiques (débits, habitats, intégrité, érosion, qualité de l'eau) selon le *Toronto and Region Conservation* (2009)¹.

Augmentation de l'imperméabilité	Impacts					
	Inondation et perturbation des débits	Perte d'habitats	Érosion et sédimentation	Élargissement du chenal	Altération du lit du cours d'eau	Qualité de l'eau
<i>Augmentation du débit</i>	√	√	√	√	√	√
<i>Augmentation du débit de pointe</i>	√	√	√	√	√	√
<i>Augmentation de la durée du débit de pointe</i>	√	√	√	√	√	√
<i>Augmentation de la t° de l'eau</i>		√				√
<i>Diminution du débit de base</i>	√	√				√
<i>Modification de la charge en sédiments</i>	√	√	√	√	√	√

2. D'hier à aujourd'hui

Une étude du *British Columbia Ministry of Water, Land and Air Protection* (2002)³ présente un survol de l'évolution des pratiques de gestion des eaux pluviales en Amérique du Nord. Voici en bref une synthèse de cette recherche (traduction libre et adaptation) : « C'est après la première guerre mondiale que les infrastructures modernes de gestion des eaux pluviales ont été inventées. Il s'agissait à l'époque d'évacuer les pluies vers le plus proche plan d'eau, à l'aide de systèmes de drainage efficaces constitués de puisards et de conduites. Quelques dizaines d'années plus tard, les gestionnaires et les ingénieurs constataient que de telles pratiques entraînent des inondations en aval et l'érosion des sols et des berges. Puis dans les années 1970, l'idée de prévenir définitivement les inondations et de mieux gérer l'eau « sur place » à commencé à faire son chemin. Le concept de plan directeur de l'eau faisait son apparition. De nombreux modèles, fondés sur l'hydrologie (quantité, fréquence) et l'hydraulique (vitesse d'écoulement) à l'échelle locale, ont alors vu le jour. Même si ces plans proposaient les meilleures solutions (tous scénarios confondus) connues à l'époque pour éviter les inondations, la dynamique interne « de gestion des urgences » des gouvernements locaux n'a pas favorisé leur mise en œuvre. Vers la fin des années 1980 apparaissait une nouvelle génération d'approches intégrant la qualité de l'eau et le rôle de la végétation. Avec le développement des connaissances et de la technologie, la nécessité d'une gestion plus performante et d'une réglementation adaptée a favorisé les changements progressifs des pratiques. Les années 1990 ont vu émerger l'approche de gestion par bassin versant et de développement à faible impact ». Ces principes sont de plus en plus populaires ailleurs au Canada et constituent maintenant des incontournables pour la protection de l'eau. Le défi à venir est de montrer leur efficacité dans diverses conditions en sol québécois.

Aujourd'hui, pour faire face aux impacts des changements climatiques et aux problèmes de gestion des eaux pluviales, plusieurs villes de la région des Grands Lacs et de la côte Ouest ont adopté ces principes. Elles ont opté pour une gestion du ruissellement à la source. En réduisant les quantités d'eau qui atteignent les égouts, la charge sur les réseaux pluvial et séparatif est allégée. Les surverses sont ainsi diminuées et l'eau de pluie peut être traitée sur place grâce à des stratégies novatrices, dont le développement à faible impact et les infrastructures vertes. Les jardins de pluie, les fossés végétalisés, les toits verts et les revêtements perméables en sont de bons exemples.

À l'aide de végétation et de matériaux poreux, les infrastructures vertes contribuent à réduire le ruissellement en favorisant l'infiltration et la rétention. Depuis la dernière décennie, leur popularité est grandissante dans plusieurs villes américaines et canadiennes (Toronto, Chicago, Portland, Vancouver, Seattle, etc.)^{4,5}. Voyons maintenant en quoi consiste cette approche de gestion écologique et quelles sont ses stratégies et ses pratiques d'aménagement.

Le **développement à faible impact** (Low Impact Development) est une approche novatrice et écologique qui intègre la gestion des eaux pluviales aux plans de développement. L'objectif de l'approche est d'atténuer l'impact du développement sur l'environnement en protégeant à la fois le sol, l'eau et l'air. Le principe de base consiste à s'inspirer de la nature en traitant les eaux pluviales là où elles tombent. Grâce à des techniques de design communément appelées « infrastructures vertes », l'infiltration, la filtration, la rétention et l'évaporation sont favorisées (figure 3). Au lieu d'acheminer trop rapidement les eaux

pluviales vers des réseaux de drainage coûteux, le développement à faible impact encourage l'utilisation d'aménagements ou de pratiques qui retiennent, ralentissent et filtrent le ruissellement à l'échelle locale. L'approche est flexible, économique et s'adapte à tous les types de développements, même ceux déjà construits. Les composantes de l'environnement urbain tel les espaces verts, les parcs, les cours d'école, les toits, les trottoirs, les bordures de routes et les stationnements peuvent servir à la gestion de l'eau. Le développement à faible impact permet d'atteindre un meilleur équilibre entre la croissance urbaine, la protection des écosystèmes, la santé publique et la qualité de vie^{4,6}.

Ailleurs dans le monde, plusieurs approches semblables existent, chacune comportant ses particularités régionales. Même si les termes employés varient, ils réfèrent tous à des objectifs et des pratiques similaires. À Melbourne, en Australie, le « Water Sensitive Urban Design » vise à insérer le cycle de l'eau dans les plans de développement urbain⁷. Au Royaume-Uni, l'Agence de protection environnementale de l'Écosse (*Scottish Environment Protection Agency*) fait la promotion des systèmes de drainage urbains durables (*Sustainable Urban Drainage Systems*)⁸. Le Département de la conservation de l'environnement de New York (*New York State Department of Environmental Conservation*) utilise l'expression « Better Site Design » pour nommer les approches alternatives d'urbanisme qui réduisent les impacts du ruissellement⁹. Au Canada, en Colombie-Britannique, on parle plutôt de gestion intégrée des eaux pluviales (*Integrated stormwater management*) ou de « RAINwater management », RAIN étant un acronyme pour « Retaining and Integrating Nature » (conserver et intégrer la nature)^{10,11}.

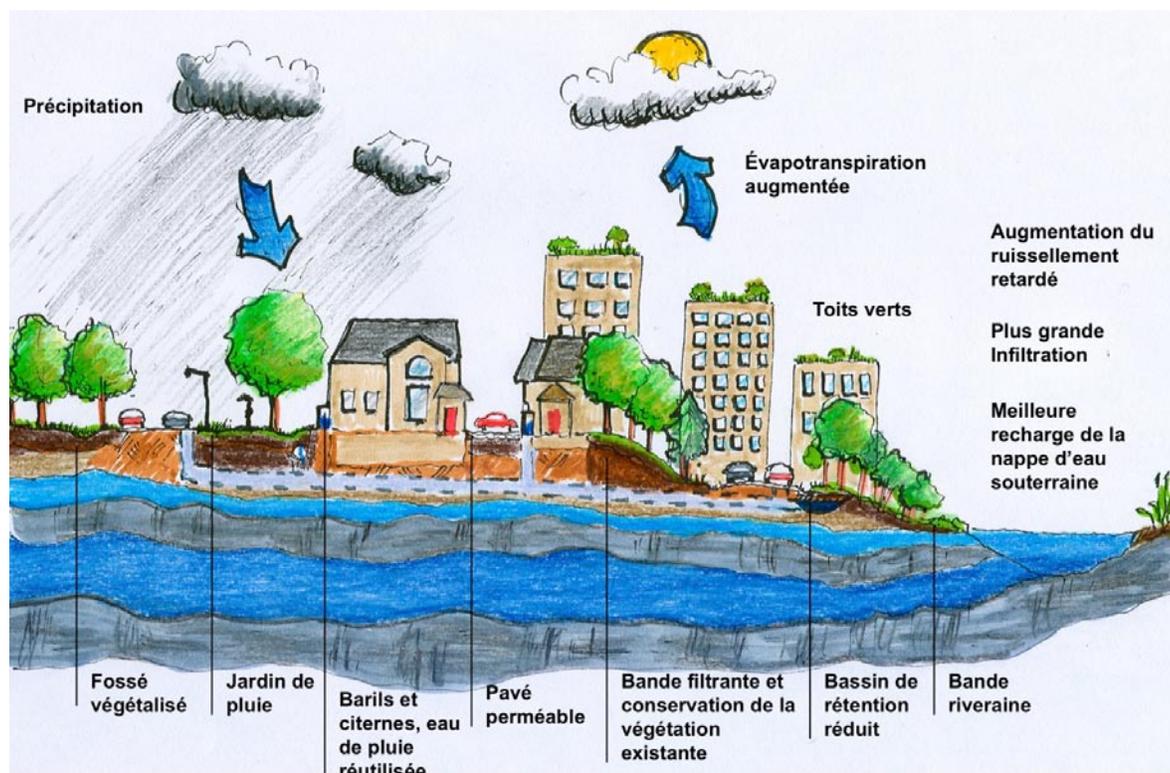


Figure 3. Infrastructures vertes en milieu urbain. Illustration : N. Bédard

Le concept d'**infrastructure verte** est relativement nouveau. Cette expression désigne des aménagements qui gèrent le ruissellement à la source en captant les précipitations avant qu'elles n'atteignent le système d'égout. Globalement, il réfère à une approche plus écologique et plus verte de conception d'infrastructures urbaines¹². Ces aménagements, de formes et de dimensions variables, sont conçus principalement avec des végétaux et/ou des matériaux poreux. Les fossés végétalisés, bandes filtrantes, pavés perméables, toits verts et jardins de pluie en sont des exemples. Il s'agit de créer des espaces qui favorisent l'infiltration, la filtration et la rétention des eaux pluviales. Avec toute une variété de designs possibles, les infrastructures vertes s'intègrent au paysage et rehaussent l'esthétisme des lieux.

En imitant les fonctions des écosystèmes naturels, les infrastructures vertes ralentissent la vitesse et le volume du ruissellement et éliminent une partie des polluants. Elles engendrent également des effets bénéfiques pour l'environnement, tel l'atténuation des îlots de chaleur et l'amélioration de la qualité de l'air dans les villes. Les arbres et la végétation plantés près des bâtiments améliorent l'isolation et diminuent l'utilisation du chauffage et de la climatisation. De plus, l'infiltration de l'eau dans le sol recharge les réserves d'eau souterraines et réduit les effets de l'érosion^{4, 5, 12}.

3. Changement d'approche

3.1 De la source au cours d'eau

Il existe trois méthodes de gestion de l'eau de ruissellement :

- À la source ou sur les lieux
- Par le réseau pluvial
- À la sortie de l'émissaire

Aucune de ces approches, utilisées indépendamment, ne peut parvenir à régler les problèmes de gestion des eaux pluviales. L'une des voies les plus prometteuses et souvent la plus économique consiste à utiliser une série de solutions qui intègrent successivement les trois types de gestion. On parle alors d'une stratégie de gestion communément appelée « traitement en chaîne » (tableau 2)^{5, 13, 14}.

Tableau 2. Exemple de stratégies et de pratiques du traitement en chaîne¹⁴

À la source	Réseau pluvial	À la sortie de l'émissaire
<ul style="list-style-type: none">• Storage• Toits verts• Stationnements verts• Bassins de rétention sous la surface• Barils de pluie	<ul style="list-style-type: none">• Infiltration• Réduction du déboisement• Tranchées d'infiltration• Infiltration• Systèmes de tuyaux perforés	<ul style="list-style-type: none">• Milieux humides• Bassins humides• Bassins secs• Filtres• Bassins d'infiltration

Le développement à faible impact propose justement des solutions intégrées pour réduire le ruissellement. Précisons que ce type de développement gère les pluies les plus fréquentes (≤ 25 mm), soit celles qui représentent un pourcentage élevé du total des précipitations ($\geq 90\%$) (Rivard, 2010)^{15,16}. Dans ces circonstances, le système conventionnel (complémentaire et nécessaire) est principalement sollicité pour l'évacuation rapide des précipitations plus extrêmes¹¹.

3.2 Trois échelles de gestion des eaux pluviales

Le défi de la gestion des eaux pluviales d'aujourd'hui est de trouver un équilibre entre les besoins du développement urbain et ceux des écosystèmes aquatiques¹⁷. Dans la perspective d'améliorer les pratiques conventionnelles, les efforts de recherche investis jusqu'à maintenant pour développer des approches alternatives ont porté fruit. L'échelle résidentielle apparaît comme un point de départ pour la gestion des eaux pluviales et pour sa planification.

Voici des exemples de stratégies de développement à faible impact qui peuvent être utilisées à l'échelle résidentielle, locale et régionale (tableau 3). Ces exemples sont tirés de l'étude de Marsalek et Shreier (2009)¹⁸.

Tableau 3. Exemples de stratégies pour la gestion des eaux pluviales

1. À l'échelle résidentielle

Approche traditionnelle	Approche novatrice
1 Diriger l'eau des gouttières vers le réseau d'égout.	1 Installer un toit vert qui retient l'eau de pluie, permet l'évapotranspiration et réduit le ruissellement.
2 Collecter l'eau de ruissellement du toit et la rejeter dans le réseau d'égout.	2 Installer un baril de pluie pour recevoir l'eau à la sortie des gouttières et utiliser l'eau récupérée pour des usages intérieurs ou extérieurs.
3 Paver les voies d'accès pour automobiles et pour piétons.	3 Minimiser les surfaces imperméables, utiliser les pavés perméables et laisser l'eau s'infiltrer dans les fossés.
4 Déplacer le sol, permettre sa compaction pendant la construction de la maison et poser une mince couche de gazon après la construction.	4 Prévenir la compaction du sol ou restaurer la porosité du sol après la construction, prévoir au moins 30 centimètres de sol en dessous du gazon.
5 Utiliser le boyau d'eau potable pour arroser les pelouses et les jardins.	5 Utiliser l'eau de ruissellement du toit récupérée pour arroser les pelouses, les jardins ou les aménagements paysagers.
6 Couper les arbres matures à cause du risque d'endommager la maison par temps violent.	6 Planter et préserver les arbres sur la propriété pour réduire le ruissellement et pour les crédits de carbone.

2. À l'échelle des quartiers

Approche traditionnelle	Approche novatrice
1 Paver toutes les routes et les trottoirs et diriger le ruissellement vers le réseau d'égout à l'aide d'un système de caniveaux.	1 Minimiser la largeur des routes, éliminer tous les caniveaux, diriger le ruissellement vers des fossés végétalisés en bordure des routes et utiliser les pavés perméables (le plus possible).
2 Construire un réseau d'égout et diriger le ruissellement vers les cours d'eau locaux.	2 Construire des bassins de rétention et des milieux humides pour retenir le ruissellement et réduire les polluants et les sédiments qui entrent dans le système.
3 Construire des stationnements imperméables et diriger le ruissellement vers le réseau d'égout.	3 Construire des stationnements avec du pavé perméable ou diriger le ruissellement vers des systèmes de rétention, des fossés et des milieux humides reconstruits.
4 Permettre aux contaminants de s'accumuler sur la surface des rues et d'être ramassés par les eaux de ruissellement pour aboutir dans le réseau d'égout.	4 Contrôler la pollution à la source en minimisant l'utilisation de produits chimiques, en balayant les rues, en retenant les contaminants et en réhabilitant les terrains contaminés.

3. À l'échelle des bassins versants

Approche traditionnelle	Approche novatrice
1 Les eaux pluviales sont dirigées vers des conduites souterraines pour ensuite traverser des zones tampon riveraines et se déverser dans les cours d'eau locaux.	1 Créer des zones tampon riveraines et construire des milieux humides à l'intérieur de ces zones pour entreposer les eaux de ruissellement, retenir les polluants et les sédiments et filtrer l'eau. Minimiser ou éliminer les rejets d'eaux pluviales directement dans les cours d'eau.
2 Canaliser les cours d'eau urbains pour augmenter le débit, minimiser l'érosion des berges et augmenter la vitesse du drainage.	2 Maintenir les cours d'eau à l'état naturel pour permettre l'écoulement latéral et la rétention des eaux pluviales à l'intérieur de la zone riveraine.
3 La plaine inondable est désignée et des structures de contrôle des inondations sont construites.	3 Désigner des zones à l'intérieur de la plaine inondable et de la forêt riveraine pour retenir temporairement le ruissellement lorsqu'il y a des inondations.
4 Tous les réseaux d'égout sont connectés et les sorties des tuyaux deviennent des sources de pollution qui se déchargent dans les cours d'eau locaux.	4 Éviter les effets cumulatifs qui augmentent les débits et les charges de polluants en dirigeant tous les réseaux de drainage vers des systèmes de rétention et d'infiltration.

En résumé, le développement à faible impact s'appuie sur une approche intégrée et décentralisée, la conservation des milieux naturels et la prévention de la pollution, dans le but d'optimiser la qualité de l'eau. L'implantation des infrastructures vertes peut être faite autant sur des terrains privés que publics. L'emphase est mise sur la gestion des faibles pluies, qui sont les plus fréquentes.

4. Planifier les quartiers autrement

Certains auteurs regroupent les stratégies de développement à faible impact sous trois axes principaux, soit : 1) la préservation des caractéristiques naturelles, 2) la réduction des surfaces imperméables et 3) la reproduction des fonctions naturelles^{19, 20, 21, 22, 23} (Annexe 1)⁹.

Afin d'encourager l'implantation de nouvelles pratiques, le développement d'un volet éducatif destiné aux résidents, aux consultants et aux gestionnaires sera également souhaitable. Il va sans dire que ces efforts devront faire l'objet d'un appui financier à l'échelle municipale.

Le choix des stratégies pour aménager des quartiers verts se fait selon le contexte du développement et les objectifs à atteindre pour protéger les ressources en eau de la région.

Voici une liste d'étapes et de considérations qui peuvent être appliquées pour chacun des axes.

1. Préserver les caractéristiques naturelles et l'hydrologie du site

- Faire un inventaire des caractéristiques hydrologiques de l'environnement (recharge de la nappe phréatique, directions de l'écoulement, zones de décharge) tôt dans le processus de planification.
- Planifier le développement pour répondre aux objectifs de la région en ce qui concerne le bassin versant.
- Configurer le développement selon les caractéristiques hydrologiques du site.
- Construire le réseau routier en fonction des directions du ruissellement.
- Préserver les zones qui ont une fonction hydrologique importante, par exemple : sols perméables, milieux humides, bandes riveraines, plaines inondables et zones naturelles non perturbées (voir « Préservation des aires naturelles et des bandes riveraines »).
- Traiter l'eau de pluie le plus près possible de sa source en décentralisant le réseau de drainage pour gérer le ruissellement sur de petits sites.
- Éviter la compaction des sols durant la phase de construction en limitant l'accès à la machinerie sur le terrain.
- Éviter le développement sur les sols qui ont une perméabilité élevée.
- Préserver les arbres tout au long de la phase de développement.
- Privilégier le développement en grappes (voir « Développement en grappes »).

2. Réduire les surfaces imperméables

- Réduire les surfaces des toits, les stationnements, les rues, les trottoirs, les culs-de-sac et autres surfaces imperméables (voir « Réduire Largeur de rue, trottoir, entrée, cul-de-sac » et « Réduire l'espace de stationnement »).
- Construire des bâtiments en hauteur plutôt qu'en longueur.
- Diminuer l'empreinte des bâtiments en concentrant les services au même endroit.
- Utiliser si possible les pavés perméables (voir « Utilisation de revêtements perméables »).

3. Reproduire les fonctions naturelles et gérer l'eau de pluie à la source

- Favoriser l'implantation des infrastructures vertes pour ralentir le ruissellement (voir « Créer des aménagements écologiques »).
- Utiliser les infrastructures vertes pour conserver le réseau de drainage naturel, par exemple avec les fossés végétalisés.
- Adopter les pratiques d'infiltration dans les secteurs où les sols sont perméables.
- Restaurer la microtopographie (buttes et creux) pour ralentir le ruissellement^{9,24}.

Les sections suivantes abordent quelques pratiques proposées par divers auteurs.

4.1 Préserver les aires naturelles

25,26,27,28,29

La préservation des caractéristiques naturelles d'un site inclut les pratiques de protection des zones plus sensibles et la conservation de couverts forestiers lors des travaux de construction. Il s'agit également de planifier les travaux afin de réduire la compaction du sol pour mieux conserver ses caractéristiques hydrologiques et ses propriétés d'infiltration et de drainage. Plusieurs études témoignent de l'importance de protéger les arbres existants afin de réduire le ruissellement tant en milieu urbain qu'en périphérie soit en zone moins développée. Les techniques de protection des arbres gagneraient certainement à être mieux connues.

4.1.1 Zones tampon et bandes riveraines

9, 10, 30

Ces zones de protection sont placées le long des ruisseaux, des rivières, des lacs et des milieux humides. Les aires tampon les plus efficaces sont constituées de forêts naturelles. Néanmoins, une forêt reconstituée peut aussi atteindre une efficacité semblable. En plus de réduire le ruissellement, les espaces protégés stabilisent et préservent les berges. L'ombre produite par la végétation rafraîchit l'eau, offrant de meilleures conditions de vie pour les écosystèmes aquatiques. Les racines des arbres et des plantes retiennent le sol et réduisent le transport des sédiments et des polluants. Pour la faune locale, les aires tampon sont des corridors assurant la continuité de leurs habitats.

Aménagement

9

Certains propriétaires recherchent la proximité d'espaces verts, afin de rehausser la valeur de leurs propriétés. À cet égard, les municipalités peuvent adopter des règlements et des mesures incitatives pour encourager ces derniers à conserver les aires tampon sur leurs terrains. Dès l'étape de planification du développement, la délimitation de l'aire à conserver doit être déterminée. Il s'agit ensuite de s'assurer que l'espace demeure protégé tout au long du processus de construction et d'occupation²⁵. La zone tampon est efficace lorsqu'elle est continue et sans interruption avec une surface imperméable. Les rives devraient être végétalisées sur une bande de 10 à 15 mètres³¹. La reconstitution de toutes les strates de la forêt est requise.



Une zone tampon forme un corridor vert près des résidences. Photo : P. Kärppä, Malmö, Suède

Considérations particulières

9, 10

- La zone tampon doit avoir idéalement une largeur d'au moins 10 m (30'), mais l'idéal est qu'elle soit de 15 m (50') et plus.
- Un entretien périodique est nécessaire. Les arbres malades et les plantes exotiques envahissantes doivent être enlevés.
- Si le ruissellement se concentre à un endroit, un réaménagement de l'espace devra être fait en replantant des végétaux.
- La conservation des aires et leur restauration engendrent parfois des coûts élevés.
- Il peut être difficile de maintenir une largeur suffisante là où la valeur des terrains est très élevée.

Avantages des aires tampon et bandes riveraines

9, 10, 30

- Filtration de l'eau
- Réduction du ruissellement et de l'érosion
- Stabilisation des berges
- Infiltration
- Prévention des inondations
- Protection des écosystèmes aquatiques
- Création d'habitats fauniques
- Esthétisme



Éco-corridor / zone tampon
Photo: P. Kärppä, Malmo, Suède

4.1.2 Développement en grappes

5, 9, 19, 22, 23, 30, 32

Le développement en grappes consiste à limiter la grandeur des terrains et à les situer de façon à conserver des espaces naturels importants tout en concentrant le développement aux endroits moins sensibles. Il s'agit de conserver entre 25 à 80% du territoire à l'état naturel. Selon l'organisation *AWARE Colorado*, le groupement de terrains permet une réduction de 10 à 50% des surfaces imperméables, comparativement aux autres types de développement. Les lots étant rassemblés, la longueur des rues et des trottoirs est plus courte. En outre, les réseaux de distribution d'eau, d'électricité et de téléphone sont moins longs, ce qui entraîne des économies de 25% sur le coût de construction des infrastructures publiques. De plus, on a observé que la communauté est souvent mieux desservie par les services municipaux (police, service des incendies, etc.). La planification et la conception de ce type de développement permettent plus de flexibilité et de créativité dans la gestion des eaux pluviales sur le site. La conservation de l'hydrologie naturelle multiplie les possibilités d'intégration des infrastructures vertes tout en réduisant les coûts de construction du réseau de drainage.

Au lieu d'aménager des terrains avec de grandes cours privées, les aires naturelles sont partagées entre les résidents et ces espaces se transforment en parcs récréatifs. Les quartiers et les centres urbains attrayants contribuent à augmenter la valeur des propriétés. L'environnement devient plus favorable pour les piétons et les cyclistes. Des habitats fauniques sont conservés et le défrichement limité prévient l'érosion des sols. Il est évident que ces nouveaux choix impliquent un profond changement des mentalités mais, force est de constater, que dans plusieurs villes nord-américaines, ce changement est déjà amorcé.

Considérations particulières

5, 9, 30

- Pour assurer la conservation des aires naturelles, une équipe responsable de la surveillance et de l'entretien doit être désignée.
- Malgré tous les avantages du développement en grappes, le marché peut être affecté par une résistance de la part des acheteurs qui préfèrent les rues larges et les grands terrains privés.

Avantages du développement en grappes

5, 9, 19, 30

- Réduction des surfaces imperméables
- Diminution du ruissellement et des impacts de l'érosion
- Contrôle des inondations
- Protection d'aires naturelles
- Conservation de l'hydrologie naturelle du site
- Diminution du coût de construction
- Création de lots uniques et attrayants
- Réduction des polluants

4.2 Réduire les surfaces imperméables

Les stratégies de réduction des surfaces imperméables peuvent inclure la réduction des surfaces des toits, des rues, des aires de stationnements et de toutes les autres surfaces qui ne laissent pas pénétrer l'eau de pluie dans le sol et génèrent du ruissellement.

4.2.1 Routes

5, 9, 22, 23, 30

Dans les secteurs résidentiels, les rues représentent près de la moitié des surfaces imperméables. Afin de réduire ces surfaces, la largeur des rues ne devrait pas excéder l'espace nécessaire aux voies de circulation, le stationnement sur rue et l'accès aux véhicules d'urgence. Pour déterminer la largeur d'une route, il faut tenir compte du volume de circulation projeté et de la limite de vitesse désirée. Lorsque l'achalandage est faible, le stationnement sur rue peut être éliminé ou réduit à un côté. Si la densité de la circulation le permet, on peut envisager des rues à sens unique ou à une voie. Les coûts de construction et d'entretien de routes moins larges sont réduits et puisque les automobilistes conduisent plus lentement sur les rues étroites, les lieux sont plus sécuritaires pour les piétons et les cyclistes.



Rue de quartier résidentiel plus étroite. Photo : N. Bédard

4.2.2 Trottoirs

9, 30

Dans plusieurs municipalités, des règlements exigent la construction de trottoirs des deux côtés de la rue. Toutefois, dans la perspective de réduire les surfaces imperméables, il y aurait lieu de revoir cette exigence. Si l'achalandage est faible, un aménagement de trottoirs sur un seul côté n'est pas forcément associé à une diminution de la sécurité des piétons. L'aménagement de trottoirs devrait être plutôt fait en fonction de la densité de la circulation piétonnière. Des trottoirs plus étroits ou disposés d'un seul côté de la rue peuvent aussi bien accommoder certains secteurs et entraîner des économies sur les coûts de construction et d'entretien.

4.2.3 Entrées de garage

5, 9, 30, 33

Il existe différentes interventions pour réduire ou éliminer ces surfaces imperméables. Il faut d'abord cerner les besoins et déterminer la surface minimale requise. Pour une automobile de taille moyenne, une largeur de 2,6 m (8 ½') et une longueur de 5,5 m (18') suffisent. Lorsque le stationnement sur rue est disponible, il n'est pas nécessaire de prévoir un espace pour les visiteurs. En diminuant l'emprise en façade, l'entrée est plus courte. De plus, on peut remplacer une voie d'accès par deux bandes de revêtement pour les roues, séparées d'une surface végétalisée. Les bandes doivent avoir une largeur d'au moins 60 cm (2'). Le pavé perméable est aussi un autre choix de revêtement judicieux. Le partage d'entrée entre plusieurs maisons, même s'il est peu utilisé de nos jours, constitue une technique très efficace pour réduire la surface de pavage.

4.2.4 Culs-de-sacs

9, 30

Le rayon des culs-de-sacs est généralement de 12 m (40') ou plus, ce qui génère un ruissellement important. Il est donc conseillé de limiter le nombre de culs-de-sacs et leur superficie et de les remplacer par d'autres aménagements. L'installation d'une aire de biorétention au centre d'un cul-de-sac contribuerait par exemple à absorber l'eau de pluie et embellir les lieux. Une fin de route en « T » ou une boucle peuvent remplacer le design du cul-de-sac. La réduction du rayon à 9 m (30') est une autre option, en autant que l'accès aux véhicules d'urgence et d'entretien ne soit pas compromis. Le *New York State Department of Environmental Conservation (2008)*⁹ suggère de vérifier si les véhicules municipaux sont conçus pour pouvoir tourner dans des zones restreintes. Pour ce qui est des autobus scolaires, ils n'entrent habituellement pas dans les culs-de-sacs.



Arbres conservés dans un cul-de-sac. Photo : N. Bédard

4.2.5 Espaces de stationnement

5, 9, 29, 30, 34

Les stationnements sont de vastes surfaces pavées qui produisent d'importantes accumulations d'eau et de polluants. Des fluides d'automobiles, des sédiments, des métaux et d'autres substances sont déposés sur le pavé, puis transportés par la pluie vers les collecteurs d'eau. Selon Penn State (2008)²⁹, ces surfaces imperméables génèrent 36 fois plus de ruissellement qu'une forêt, 20 fois plus qu'une prairie et 10 fois plus qu'un développement résidentiel. Ainsi, pour protéger les milieux aquatiques, l'organisation américaine *AWARE Colorado* (2007)³⁰ recommande de disposer ces grandes étendues d'asphalte loin des cours d'eau et des milieux humides. Une autre solution évidente serait évidemment celle de diminuer la superficie des stationnements.

La conception d'une aire de stationnement se fait souvent en fonction de la superficie du bâtiment qu'elle dessert et du nombre d'espaces requis en haute saison et à l'heure de pointe. Par conséquent, plusieurs espaces restent inoccupés presque toute l'année. À ce sujet, Le *New York State Department of Environmental Conservation* (2008)⁹ propose de calculer la superficie du stationnement selon la moyenne d'espaces requis. Afin d'éviter le débordement dans les rues locales pendant les périodes très achalandées, des parcomètres et des zones réservées aux résidents peuvent être ajoutés. Les sites accessibles par transport en commun devraient avoir un nombre d'espaces de stationnement limité. De plus, il est possible d'éliminer les doubles voies de façon à ce que la circulation dans l'aire de stationnement soit à sens unique.



Aire de stationnement vert, Portland. Photo : N. Bédard



Aire de stationnement avec biorétention, Portland. Photo : N. Bédard

Le guide sur le verdissement des aires de stationnements de Toronto (2007)³⁴ propose plusieurs possibilités afin de reverdir et d'améliorer le confort des usagers tout en réduisant, entre autres, les îlots de chaleur. Ce guide présente plusieurs outils d'urbanisme et s'attarde notamment aux normes de règlement de zonage. On y explique comment modifier les standards pour permettre et encourager des espaces plus courts, moins larges et en angle, une largeur réduite des voies de circulation, différents types de revêtements perméables et des normes de plantation d'arbres plus sévères.

D'autres solutions consistent à drainer les aires de stationnement par petites zones vers des aires de biorétention et des îlots de verdure, au lieu d'évacuer le ruissellement directement à l'égout, pour mieux gérer les petites pluies et réduire la charge polluante vers les cours d'eau^{9, 30, 34}. Il est possible également d'envisager le partage d'un espace entre deux groupes d'utilisateurs lorsque les heures d'achalandage ne sont pas les mêmes. Par exemple, il pourrait y avoir un partage entre un bureau et un centre commercial. Les travailleurs utilisent le stationnement les jours de semaine alors que les clients du centre commercial sont plus nombreux les soirs et la fin de semaine.

4.3 Utilisation de revêtements perméables

4, 9, 19, 30, 33

Les revêtements perméables permettent l'infiltration de l'eau de pluie. Ils conviennent mieux aux lieux peu achalandés, comme les ruelles et les aires de stationnement d'appoint. Les entrées de garages, les patios, les trottoirs et les places publiques sont également tout indiqués pour l'utilisation de revêtements perméables. Ces derniers captent autant le ruissellement que l'eau de fonte de neige. Un lit de gravier situé sous la surface sert de lieu d'entreposage pour l'eau de pluie avant qu'elle ne s'infilte dans le sol.

L'asphalte et le béton poreux, les pierres naturelles, les granulats lâches (cailloux, poussières de pierres, pierres concassées, briques concassées, etc.) et les systèmes de renforcement pour gazon sont des exemples de surfaces perméables. L'asphalte poreux et les pavés en béton préfabriqués offrent une bonne durabilité. Les granulats lâches ont un faible coût initial, mais leur durabilité moyenne exige davantage d'entretien (remplacement du matériel, nivellement, désherbage). Les systèmes de renforcement d'aire gazonnée conviennent aux aires de stationnement peu fréquentées. En répartissant le poids des véhicules, ils ne laissent pas de trace, tout en permettant à l'eau de pluie de s'infiltrer directement.



Pavé préfabriqué perméable démonstration
University of Minnesota (2007)

Aménagement

4, 30, 35, 36

Les coûts des matériaux et de l'installation des pavés en béton préfabriqués perméables disponibles au Québec sont similaires aux coûts des pavés préfabriqués traditionnels. Toutefois, l'entretien du pavé perméable en augmente le coût global. L'asphalte poreux, plus économique, est encore peu disponible au Québec. Les états du New-Hampshire, du Maine et du Vermont l'utilisent avec succès pour ses vertus d'infiltration et sa capacité à réduire l'utilisation des sels de déglçage³⁶. Des économies peuvent être réalisées à long terme, car le ruissellement étant réduit, les coûts des infrastructures de drainage sont moindres.

Considérations particulières

9, 19, 23

- La construction de la fondation de n'importe quel type de surface perméable doit prévoir un drainage adéquat et prévenir les dommages causés par le gel. Ceci est particulièrement vrai pour l'installation en sols argileux³⁴.
- L'installation d'un drain perforé dans la fondation est souvent requise pour entreposer ou éliminer l'excès d'eau vers le système d'égout pluvial ou un autre type d'aménagement de collecte des eaux de ruissellement³⁴.
- Le pavé perméable nécessite un entretien périodique par le propriétaire (balayage, et nettoyage annuel à l'aide d'un vacuum pour éviter l'obstruction des interstices par les poussières. Pour cette raison, le sable ne devrait pas être utilisé pour l'entretien hivernal³⁴.
- L'installation doit se faire sur des sols ayant une bonne perméabilité.
- Ces surfaces exigent un entretien occasionnel de la végétation.
- Un lit de gravier constitué de pierres concassées stabilise la surface.
- Les pavés perméables ne sont pas assez durables pour être utilisés sur des routes à achalandage élevé.

Avantages des revêtements perméables

4, 9, 30

- Filtration de l'eau
- Réduction du ruissellement et des surverses
- Efficacité à l'année longue
- Réalisation d'économies à long terme
- Réduction des îlots de chaleur urbains (pavés verts)
- Esthétisme

5. Créer des aménagements écologiques

Les aménagements écologiques font beaucoup plus qu'embellir ou reverdir les lieux : une fois combinés sur un même site, ils contribuent à reproduire les fonctions naturelles d'un lieu et à gérer l'eau de pluie sur place (figure 4). En voici quelques exemples.

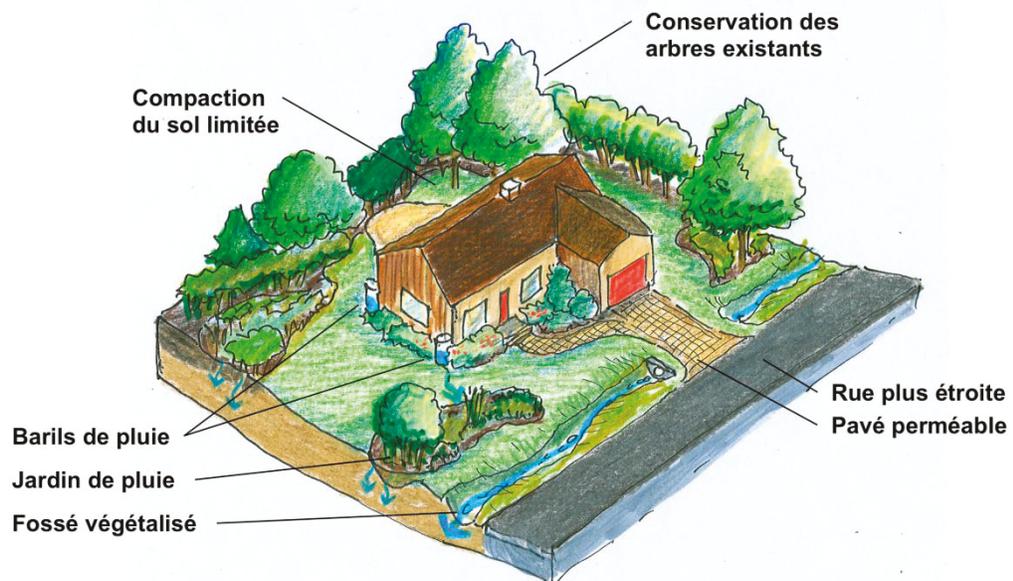


Figure 4. Terrain résidentiel avec infrastructures vertes. Illustration : N. Bédard

5.1 Toits verts

4, 9, 10, 37

Les toits verts sont conçus pour supporter des végétaux. Certains aménagements comprennent des petits jardins ou des bacs à fleurs alors que d'autres couvrent l'ensemble de la toiture. L'eau de pluie est collectée, retenue et filtrée par le sol. Les végétaux absorbent l'eau et la rejettent dans l'atmosphère. Selon une étude allemande³⁸, les toits verts réduisent le ruissellement de 50 à 100%. De plus, la végétation améliore la qualité de l'air en captant les particules en suspension et en retenant les polluants. Sous le couvert végétal, la température des toits est plus fraîche. L'isolation des bâtiments étant améliorée,



Exemple de toit vert intensif en Suède. Aménagement de fines herbes et vivaces, Architecte paysagiste Par Söderblom
Photo : P. Stahre

l'utilisation de la climatisation et du chauffage est réduite. Puisque les toitures vertes génèrent moins de chaleur, l'augmentation de leur popularité pourrait faire baisser la température estivale dans les villes. La Ville de Toronto est la première ville à avoir adopté une réglementation exigeant que toute nouvelle construction soit dotée d'un toit vert³⁹.

Aménagement

4, 9, 10, 37, 40

Les toits verts peuvent être extensifs ou intensifs. Un toit extensif est caractérisé par un substrat mince et une diversité de végétaux limitée (figure 5). Cela convient mieux aux toits qui sont difficilement accessibles, entre autres parce qu'il demande peu d'entretien. Le toit extensif est aussi plus abordable qu'un toit intensif, qui requiert une structure solide et un accès facile pour l'entretien. Sur un toit intensif, le sol épais sert de support à une grande diversité de plantes. Selon la facilité d'accès au toit, des passages piétonniers peuvent être tracés pour permettre aux utilisateurs du bâtiment de profiter de l'espace vert. De façon générale, les toitures végétales conviennent seulement aux toits plats ou à faible pente dont l'inclinaison est de préférence inférieure à 30 degrés. Pour assurer la stabilité du toit, le choix du type de terreau de plantation se fait en fonction de la structure du bâtiment.



Toit vert extensif, Portland. Photo : N. Bédard

Considérations particulières

4, 10, 23

- Sur les toits existants, il faut parfois ajouter un support supplémentaire. Il est habituellement plus facile d'aménager un toit vert sur un nouveau bâtiment.
- L'installation de détecteurs de fuites d'eau peut éviter des coûts de réparation importants.
- Les conditions climatiques (forte exposition aux vents et au soleil) peuvent rendre l'établissement de la végétation difficile.
- Pendant les premières années, un suivi et un entretien régulier (arrosage et désherbage) assureront l'établissement complet de la végétation.

Avantages des toits verts

4, 9, 10, 41, 37

- Filtration des polluants
- Réduction du ruissellement
- Réduction des surfaces imperméables
- Meilleure efficacité énergétique
- Prolongement de la durée de vie du toit
- Réduction des îlots de chaleur urbains
- Amélioration de la qualité de l'air
- Esthétisme

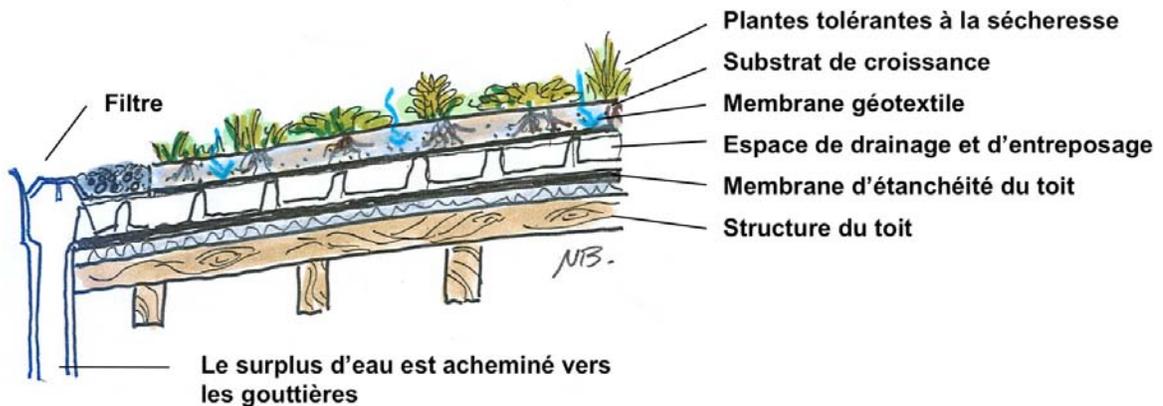


Figure 5. Toit vert extensif. Illustration : N. Bédard

5.2 Déconnexion des gouttières

4, 21, 42

Contribuez à l'amélioration de la qualité de l'eau dans nos lacs et nos rivières en déconnectant vos gouttières²¹ !

L'eau pluviale collectée par les gouttières est habituellement acheminée dans le système d'égout municipal (figure 6). En déconnectant les gouttières, l'eau de pluie n'engorge plus le système d'égout et peut ainsi être récupérée et utilisée sur place (figure 7). Il suffit de rediriger les sorties des gouttières vers des surfaces perméables comme la pelouse, un jardin ou encore un puits d'infiltration. On peut aussi recueillir l'eau dans un baril ou une citerne et s'en servir pour arroser les plantes. L'eau qui ne sera pas absorbée par la végétation rechargera les réserves d'eau souterraines.



Gouttière déconnectée dirigée vers une plate-bande, Portland. Photo : N. Bédard

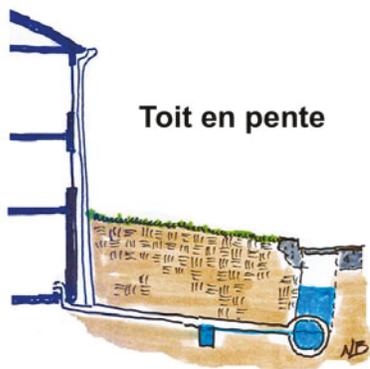
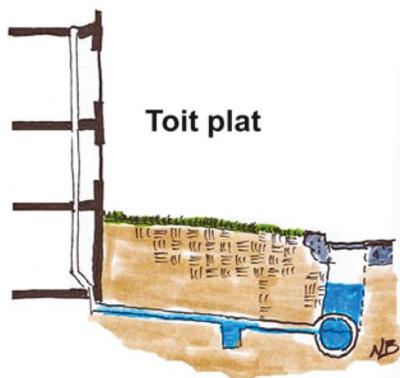


Figure 6. Connexions conventionnelles des gouttières. Illustration : N. Bédard

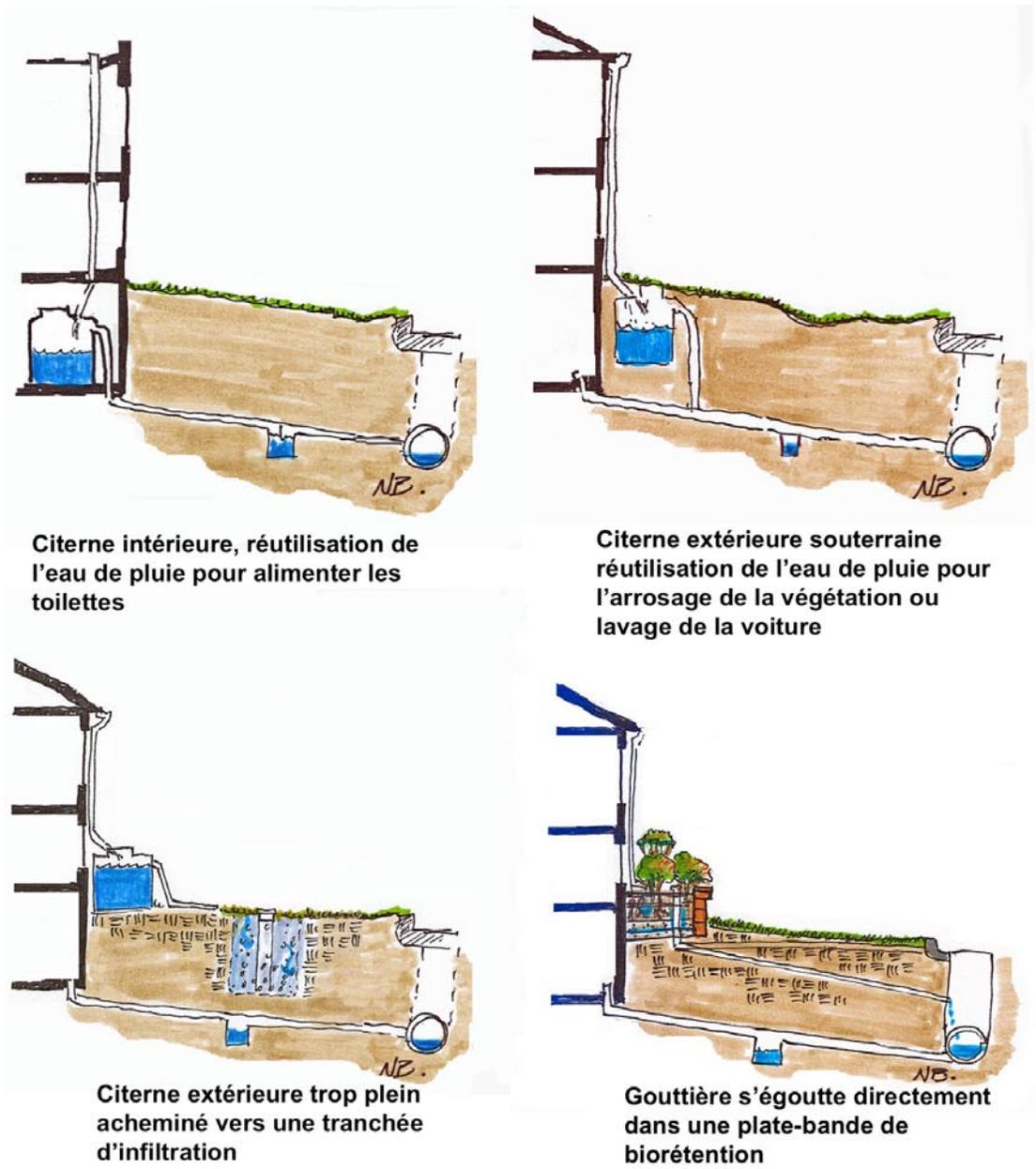


Figure 7. Diverses alternatives de déconnection des gouttières. Illustration : N. Bédard

Aménagement

21

Déconnecter une gouttière demande peu de temps et de ressources. Le matériel nécessaire est abordable et se trouve dans la plupart des quincailleries. Après avoir coupé la gouttière, il s'agit d'installer une rallonge pour amener l'eau vers la végétation existante. Les arbres, les fleurs et la pelouse en bénéficieront grandement. L'aménagement d'un jardin de pluie pour recueillir les surplus d'eau de pluie du toit contribuera à infiltrer cette eau et recharger la nappe phréatique.

Considérations particulières

21

- Les sorties des gouttières doivent être éloignées des fondations du bâtiment pour éviter l'inondation du sous-sol. Une distance minimale de 1 m (3') est recommandée ;
- Avant de déconnecter les gouttières, il faut choisir l'endroit où l'eau sera redirigée. En hiver, les accumulations d'eau peuvent se transformer en glace. Il faut prendre les précautions nécessaires pour assurer la sécurité des lieux.

Avantages de la déconnection des gouttières

4, 21

- Réutilisation de l'eau
- Réduction des inondations
- Réduction des surverses
- Recharge des réserves d'eau souterraines

5.3 Citernes et barils de pluie

4, 9, 42, 43, 44

La récolte d'eau de pluie n'est pas chose nouvelle, depuis des milliers d'années plusieurs cultures du Moyen-Orient, de l'Asie, de l'ancienne Rome et du Mexique ont eu recours à cette pratique pour s'approvisionner en eau potable⁴⁴. Depuis l'aménagement des systèmes d'aqueduc efficaces dans les villes, cette habitude a été perdue au détriment de la santé des cours d'eau.

Aujourd'hui, même dans les régions riches en eau comme le Québec, la récolte et l'entreposage de l'eau de pluie provenant des gouttières dans les citernes et les barils comportent certains avantages. Ces réserves d'eau sont utilisées pour arroser les jardins, les arbres et les pelouses pendant les périodes de sécheresse. Cette pratique permet de réduire les pressions sur les ressources en eau de la municipalité. Cette économie peut être significative car en été, l'arrosage des gazons représente près de 40% de la consommation domestique totale d'eau potable.



Urne de pluie
Conception et photo : N. Bédard,

Les barils sont de petits réservoirs qui contiennent entre 75 et 375 litres (20 et 100 gallons d'eau) alors que les citernes peuvent en contenir des milliers. Les barils sont habituellement faits de plastique ou de bois, tandis que les citernes peuvent être en métal, en bois, en plastique ou en béton. Des infrastructures plus complexes permettent l'utilisation des réserves d'eau pour faire fonctionner les douches et les toilettes d'un bâtiment.

Aménagement

33, 43, 45

Pour récupérer l'eau, il s'agit de positionner la sortie de gouttière au-dessus d'un baril pour que l'eau y soit directement déversée. Une grille installée sur l'ouverture empêchera l'accumulation de débris dans le baril. De plus, la grille bloquera l'accès aux moustiques qui pourraient pondre leurs œufs à la surface de l'eau. Le baril est muni d'un robinet qui sert à remplir les arrosoirs. Un tuyau d'arrosage peut y être branché. Pour éviter les débordements, il suffit de raccorder le trop-plein à un tuyau qui dirige l'eau vers une aire végétalisée ou un jardin de pluie.



Baril de Pluie, Minnesota. Photo : Washington Conservation District

Considérations particulières et entretien

23, 33, 45

- Le baril doit être vidé fréquemment et un nettoyage annuel est suggéré. Avant le début de l'hiver, le baril doit être vidé et remisé.
- La grille doit être nettoyée régulièrement pour éviter l'accumulation de débris.
- La récupération d'eau de pluie des toits en cuivre ou fabriqués avec d'autres matériaux comportant des résidus toxiques n'est pas recommandée.

Avantages des citernes et des barils de pluie

4, 9, 42

- Faible coût
- Réduction du ruissellement
- Réduction des pressions sur les réserves d'eau municipales
- Réduction de la consommation d'eau domestique

5.4 Tranchées d'infiltration

1, 10, 77

Les tranchées d'infiltration sont des excavations de forme rectangulaire ou allongée qui permettent l'infiltration de l'eau dans le sol. Les parois de l'infrastructure sont recouvertes d'un géotextile et l'excavation est remplie de gravier ou de tout autre matériel poreux. Après un épisode de pluie, l'eau qui est dirigée vers la tranchée est entreposée dans les interstices entre les pierres, puis elle s'infiltré lentement dans le sol pour ensuite rejoindre la nappe phréatique. Les tranchées d'infiltration servent à traiter les eaux de ruissellement qui proviennent des toits et des voies d'accès pour piétons sur les lots individuels. À cause de leur forme, elles ont l'avantage de pouvoir s'aménager sur des sites plus étroits, comme par exemple entre deux terrains. Peu d'études ont été faites pour mesurer la performance des tranchées sur le traitement des eaux pluviales. Selon la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), la qualité des eaux pluviales peut être améliorée avec cette pratique. Par contre, il est souhaitable de prétraiter l'eau à l'aide d'une bande de végétation filtrante afin d'éviter la contamination des réserves d'eau souterraines.

Les puits secs et les chambres d'infiltration sont des variantes des tranchées d'infiltration. Tout comme les tranchées, les infrastructures contiennent du gravier, mais elles sont enterrées au lieu d'être en surface. Les puits secs sont des fosses recouvertes d'un géotextile alors que les chambres d'infiltration sont des réservoirs perforés ou à fond ouvert. Les puits secs peuvent améliorer la qualité de l'eau jusqu'à un certain point, ce qui n'est habituellement pas le cas avec les chambres d'infiltration. Ces dernières sont surtout utilisées pour la rétention des eaux pluviales. Puisque la capacité filtrante des puits n'est pas bien documentée, il est plus prudent de les utiliser pour le contrôle du ruissellement plutôt que pour le contrôle de la qualité de l'eau. Les puits secs et les chambres d'infiltration s'intègrent bien aux sites qui ont une petite superficie parce qu'ils occupent peu d'espace.

Aménagement

10, 77

Les tranchées d'infiltration sont utiles pour recharger les nappes phréatiques dans les régions où les sols sont imperméables. Il s'agit d'un des avantages les plus importants de cette pratique d'infiltration. Cependant, les tranchées ne conviennent pas à tous les types de terrains. Avant d'opter pour cette infrastructure, une évaluation par un professionnel est nécessaire. Le choix dépendra du sol, de la distance avec la nappe phréatique, du relief et des caractéristiques du bassin versant. Le système doit être conçu pour drainer l'eau dans un délai de 72 heures. Les tranchées d'infiltration sont généralement utilisées pour drainer des sites de moins de 20 000 m² (5 acres) alors que les puits secs peuvent drainer des sites de moins de 4 000 m² (1 acre) seulement.

Considérations particulières

1, 10, 23, 77

- Les pratiques d'infiltration sont efficaces en hiver, seulement si le haut de l'infrastructure est localisé en dessous du niveau de gel. Toutefois, dans les régions où les hivers sont longs et froids, le rendement des tranchées peut s'avérer insatisfaisant. Les cycles de gel et dégel en profondeur nuisent au fonctionnement du système.
- Les tranchées d'infiltration ne sont pas adéquates pour la gestion quantitative des eaux pluviales.
- Des problèmes d'odeurs et d'insectes peuvent être associés aux tranchées d'infiltration.
- Les infrastructures doivent se trouver à une distance de 3 à 4 mètres des fondations.
- Les pratiques d'infiltration ne sont pas recommandées dans les secteurs où la charge en sédiments et en polluants est élevée, ni dans les zones à relief escarpé.

Puits secs et chambres d'infiltration

1, 10, 18

- Le dessus des structures se trouve à un minimum de 30 cm (12") en dessous de la surface. L'épaisseur de la couverture de sol dépend surtout de la porosité du sol.
- L'emplacement sous la surface peut varier entre 1 et 4 m (3 à 12').
- Le fond des structures doit se situer entre 0,60 (2') et 1 m au dessus du substrat rocheux ou du niveau saisonnier le plus haut de la nappe phréatique.

Avantages des tranchées d'infiltration

77

- Amélioration de la qualité de l'eau
- Contrôle des débits de pointe
- Recharge des réserves d'eau souterraines
- Protection contre l'érosion

5.5 Jardin de pluie

4, 35, 42

Protégez les ressources en eau de votre région en rehaussant la beauté de votre propriété !

Un jardin de pluie est une aire aménagée formant un creux de 30 à 45 cm de profondeur et disposée dans une zone en dépression (figure 8). L'eau de pluie se dirige vers ce point bas et s'infiltrate dans le sol grâce aux longues racines des plantes et à l'ajout d'un terreau sablonneux permettant une bonne infiltration. L'eau de pluie met normalement de 24 à 48 heures pour s'infiltrer dans le sol. Contrairement à un marais, l'eau ne stagne pas en surface, ce qui permet d'éviter la prolifération des moustiques. Les jardins de pluie sont une forme simple de biorétention.

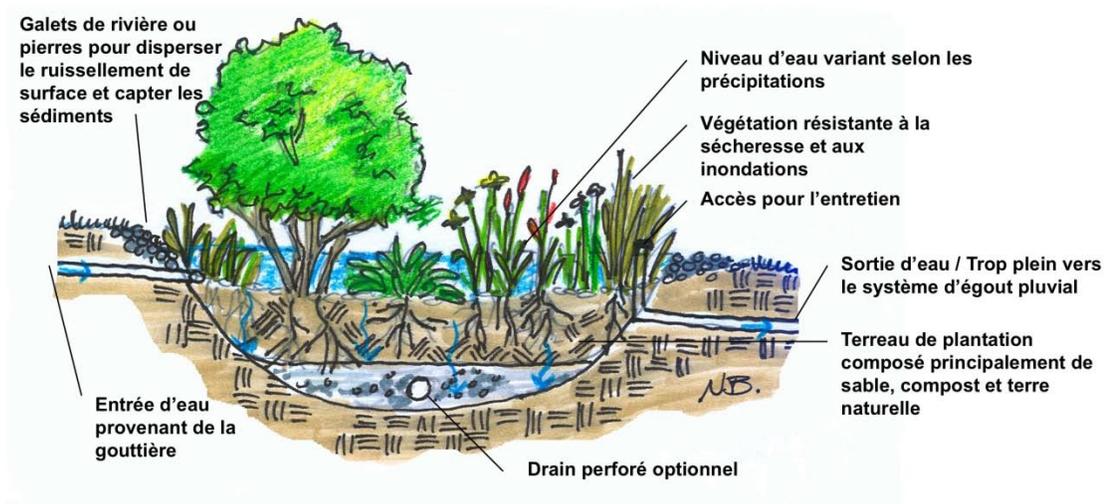


Figure 8. Jardin de pluie. Illustration : N. Bédard

Aménagement

4, 33, 42, 46

Il n'est pas essentiel d'avoir recours à un professionnel pour aménager un jardin de pluie chez soi. Il existe d'ailleurs plusieurs guides destinés aux jardiniers amateurs^{43, 47}. Tout d'abord, les espèces végétales du



Jardin de pluie résidentiel, Minnesota. Photo : Blue Thumb – Planting for Clean Water.

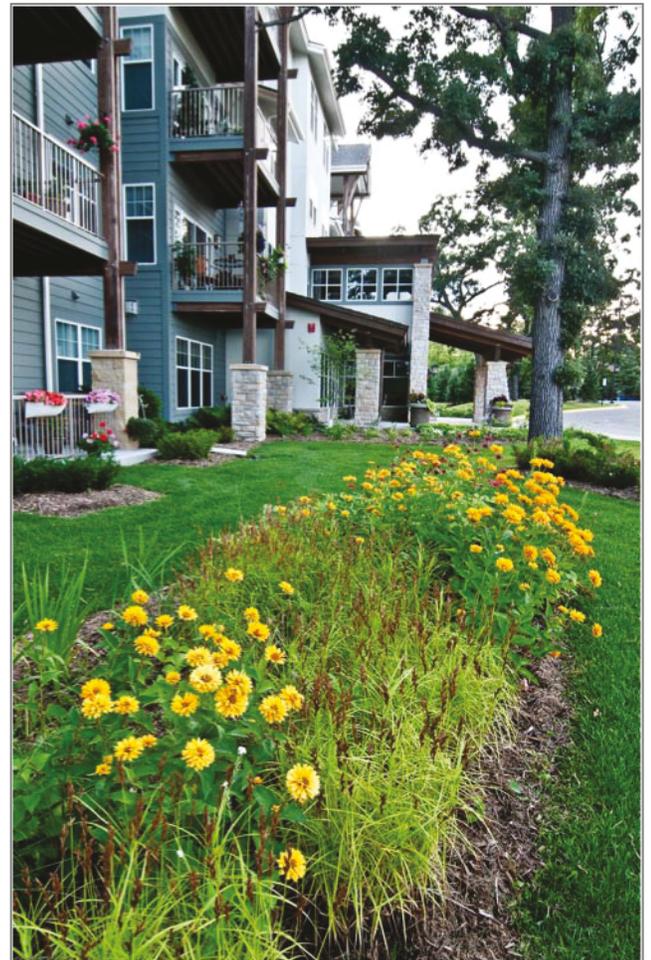
jardin de pluie sont essentiellement indigènes et résistantes à la fois aux sécheresses et aux inondations passagères. Fougères, graminées, arbustes et vivaces sont tout à fait appropriés. En ce qui concerne les arbres, ils doivent être plantés aux abords du jardin plutôt que dans les creux. L'emploi d'un paillis de bois pour recouvrir la surface aide à maintenir l'humidité en périodes sèches. L'installation d'un système de trop-plein évite les débordements en cas de fortes précipitations.

Les jardins de pluie sont appréciés pour leur aspect esthétique et leur polyvalence, puisqu'ils s'implantent dans divers milieux ensoleillés à mi-ombragés, selon des formes, des couleurs et des textures variées. De plus, certaines plantes attirent les oiseaux et les papillons. Aménager un jardin de pluie sur son terrain, c'est amener la nature près de chez soi!

Comment choisir l'emplacement du jardin?

33, 47

- L'aménagement doit se faire à au moins 4 m (13') du bâtiment pour éviter l'infiltration d'eau vers les fondations.
- Il faut éviter de le placer au-dessus d'une fosse septique ou d'un champ d'épuration, trop près d'un puits d'eau potable ou sur de fortes pentes.
- La granulométrie du sol doit être grossière (sable ou matériel plus grossier) pour ne pas ralentir la vitesse d'infiltration. L'eau ne doit pas stagner plus de deux jours.



Jardin de pluie devant un bâtiment multifamilial, Minnesota. Photo : Blue Thumb – Planting for Clean Water

- Le point bas du jardin de pluie doit se situer à au moins 1 m (3') au-dessus de la nappe phréatique, selon son niveau saisonnier le plus élevé^{33, 47}.
- En présence de sols fortement argileux un drain pourra être installé.

Avantages des jardins de pluie

4, 35, 42, 46

- Diminution du ruissellement et des impacts de l'érosion
- Réduction des inondations et des surverses
- Filtration naturelle de l'eau
- Recharge des réserves d'eau souterraines
- Diminution des îlots de chaleur
- Aménagement et entretien faciles
- Esthétisme et attrait pour la faune

5.6 Aire de biorétention

4, 9, 10, 35

Similaire au jardin de pluie, l'aire de biorétention est une variante le plus souvent aménagée sur des terrains commerciaux pour ses fonctions de filtration des polluants. Comme le jardin de pluie, cette dépression végétalisée favorise l'infiltration de l'eau de pluie. Elle est située plus bas que les aires à drainer et s'installe principalement dans les stationnements et en bordure des trottoirs ou des routes. Le ruissellement et les polluants entraînés s'écoulent vers cet espace et s'infiltrent dans le sol en quelques jours. La végétation agit comme filtre. Les aires de biorétention sont particulièrement appréciées pour la réduction de chaleur dans les lieux fortement urbanisés.



Aire de biorétention en milieu urbain
Portland. Photo : N. Bédard



Aire de biorétention pour un stationnement commercial, Washington
County South Service Center in Cottage Grove, Minnesota. Photo :
Washington Conservation District

Aménagement

4, 35, 9

Les aires de biorétention reverdissent et embellissent les aires de stationnement et les autres surfaces dures et imperméables. L'utilisation de plantes indigènes est privilégiée puisque celles-ci s'adaptent naturellement à notre climat et contribuent à maintenir la biodiversité. En hiver, ces espaces peuvent servir à entreposer la neige^{1, 47}. Dans ce cas, il est important de choisir des espèces qui tolèrent l'accumulation de neige et les sels de déglçage. Une aire de biorétention munie d'une zone de prétraitement peut fonctionner pendant plus de 20 ans si elle est bien aménagée et entretenue.

Considérations particulières

35

- Un système de prétraitement est recommandé, il peut s'agir d'une bande de gazon de 1m ou une tranchée de pierres rondes qui aura pour but d'éliminer une partie des sédiments et de disperser plus uniformément l'écoulement du ruissellement dans toute la surface^{23, 24, 48, 49}.
- Un drain perforé peut être nécessaire dans les cas où les sols ont une faible capacité d'infiltration (sol argileux).

- L'aménagement doit se faire à au moins 3 m (10') des bâtiments pour éviter l'infiltration d'eau dans les fondations.
- L'installation d'un trop-plein dirigé vers le système d'égout pluvial ou une aire conçue à cet effet évite les accumulations d'eau excessives au-delà de l'aire de biorétention.
- Une inspection périodique est nécessaire pour prévenir le mauvais fonctionnement du système.
- Lorsqu'il y a des accumulations de sédiments, il faut procéder à un nettoyage.
- La présence de roc près de la surface et une nappe phréatique trop haute empêcheront sa création.

Avantages des aires de rétention

4, 9, 10, 35

- Adaptation aux milieux urbains
- Diminution du ruissellement et des impacts de l'érosion
- Réduction des inondations et des surverses
- Recharge des réserves d'eau souterraines
- Filtration des polluants
- Diminution des îlots de chaleur
- Esthétisme

5.7 Bandes filtrantes

35, 10

Une bande filtrante est une zone végétalisée constituée d'arbres, d'arbustes et de vivaces. On l'a d'abord utilisée en agriculture pour ses capacités de réduction du phosphore, de l'azote et des sédiments. En milieu urbain, les bandes filtrantes sont souvent aménagées près des aires de stationnement, afin de ralentir le ruissellement et le distribuer à travers toute la végétation pour y être filtré. Située plus bas que la surface imperméable, une bande filtrante est composée d'une tranchée de gravier rond ou de galets de rivière. Cet aménagement permet de distribuer plus uniformément l'écoulement d'eau de surface et d'éviter de le concentrer dans une seule partie. Selon la ville de Chicago (2003)³⁵, une bande filtrante peut éliminer de 70 à 95% des particules en suspension et des métaux et de 25 à 65% des nutriments.



Bande filtrante près d'un stationnement commercial, Minnesota, Photo : Université du Minnesota.

Aménagement

35, 10

On recommande l'utilisation de plantes indigènes et d'arbres pour favoriser l'élimination des polluants et l'infiltration. Les bandes filtrantes ont un meilleur impact sur le ruissellement lorsque la végétation est dense et que les pentes sont faibles. Les plantes choisies doivent pouvoir survivre à la fois dans des sols humides et secs. Une bande filtrante bien conçue est très durable et doit rarement être remplacée. L'installation est facile, l'entretien est simple et le coût est faible. Selon certains experts, les bandes seraient plus efficaces pour la réduction des sédiments que pour la filtration des polluants⁵⁰. Il faut donc évaluer les risques de contamination de la nappe phréatique puisque les composantes inorganiques solubles tel que le sel, ne sont généralement pas bien éliminées. Ces composés peuvent alors migrer dans les couches plus profondes du sol et atteindre la nappe phréatique. Cette pratique est souvent combinée à d'autres techniques et agit à titre de prétraitement pour réduire la charge en sédiments.

Considérations particulières

10, 23, 35

- Un nivellement approprié permet de distribuer le ruissellement dans toute la surface.
- L'aire plantée doit être recouverte de paillis afin de diminuer l'entretien et l'établissement de plantes envahissantes.
- Il faut assurer un entretien régulier et enlever les mauvaises herbes et les plantes exotiques envahissantes. Il faut parfois couper la végétation ou en replanter à certains endroits.
- Il est préférable d'aménager les bandes sur des pentes de 2 à 6%, mais elles sont fonctionnelles sur des pentes de plus de 15%. Dans ces cas, les couvertures anti-érosion peuvent être nécessaires afin de stabiliser la pente.

Avantages des bandes filtrantes

10, 35

- Réduction du ruissellement
- Filtration des polluants et des sédiments
- Contrôle de l'érosion
- Infiltration
- Faible coût
- Installation simple

5.8 Fossés végétalisés

4, 9, 35

Les fossés végétalisés sont des canaux larges et peu profonds, aux pentes douces et ensemencés de plantes vivaces (gazon ou graminées indigènes). Dans des quartiers de faible densité, ces fossés peuvent être construits le long des routes et remplacer le réseau de collecte pluvial souterrain conventionnel. On peut y inclure des aménagements plus élaborés, en évitant bien entendu l'usage de pesticides et d'engrais qui risqueraient de polluer les cours d'eau. Les fossés végétalisés réduisent la vitesse et la quantité du ruissellement et captent les polluants.

Aménagement

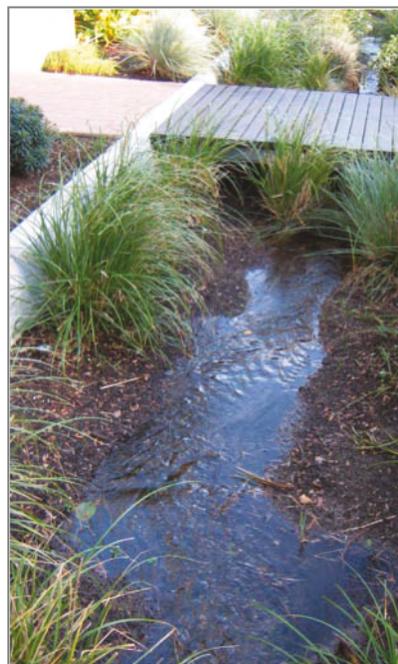
30, 33, 35

Les coûts de construction d'un système de drainage avec fossé végétalisé sont considérablement moindres que ceux d'un réseau conventionnel¹⁷. Leur conception est faite en fonction des volumes d'eau et de la vitesse d'écoulement. En plus de soutenir la biodiversité en devenant des habitats pour la faune, ces plantes stabilisent les pentes et contrôlent l'érosion. Leurs racines souvent plus longues que celles du gazon accélèrent la vitesse d'infiltration.

Considérations particulières

23, 30, 33, 35

- Il est possible d'installer des seuils ou des petits barrages à travers le fossé afin de ralentir le ruissellement et augmenter le captage des sédiments.
- L'emploi de seuils peut faciliter l'entretien car il suffit d'enlever les sédiments accumulés en amont de ceux-ci.
- Il est préférable d'opter pour un fossé de forme sinueuse pour ralentir davantage l'écoulement et maximiser l'infiltration.
- Le choix des plantes doit se faire selon leur tolérance aux conditions humides et sèches.
- Un nettoyage périodique est requis. Si on contrôle les sources de sédiments, en particulier sur les sites en construction, les fossés exigeront moins d'entretien.



Fossé végétalisé pouvant recevoir un plus fort débit d'eau, Portland. Photo : N. Bédard

Avantages des fossés végétalisés

4, 30, 33, 35

- Réduction du coût de construction pour le réseau pluvial
- Filtration des polluants et captage des sédiments
- Diminution du ruissellement
- Protection des habitats aquatiques et création d'habitats fauniques
- Peu d'entretien requis
- Esthétisme



Fossé végétalisé, Seattle. Photo : N. Bédard

5.9 Plantation d'arbres

10, 20, 30, 33, 42

L'une des pratiques les plus simples et les plus abordables pour éliminer les problèmes du ruissellement en milieu urbain consiste à planter et à préserver des arbres. Une forêt urbaine en santé peut réduire le ruissellement de plusieurs façons. Tout d'abord, les feuilles et les branches des arbres interceptent les gouttes d'eau qui s'évaporent après la pluie. Elles diminuent le volume d'eau qui atteint le sol, réduisant ainsi le ruissellement et les débits de pointe (figure 9).

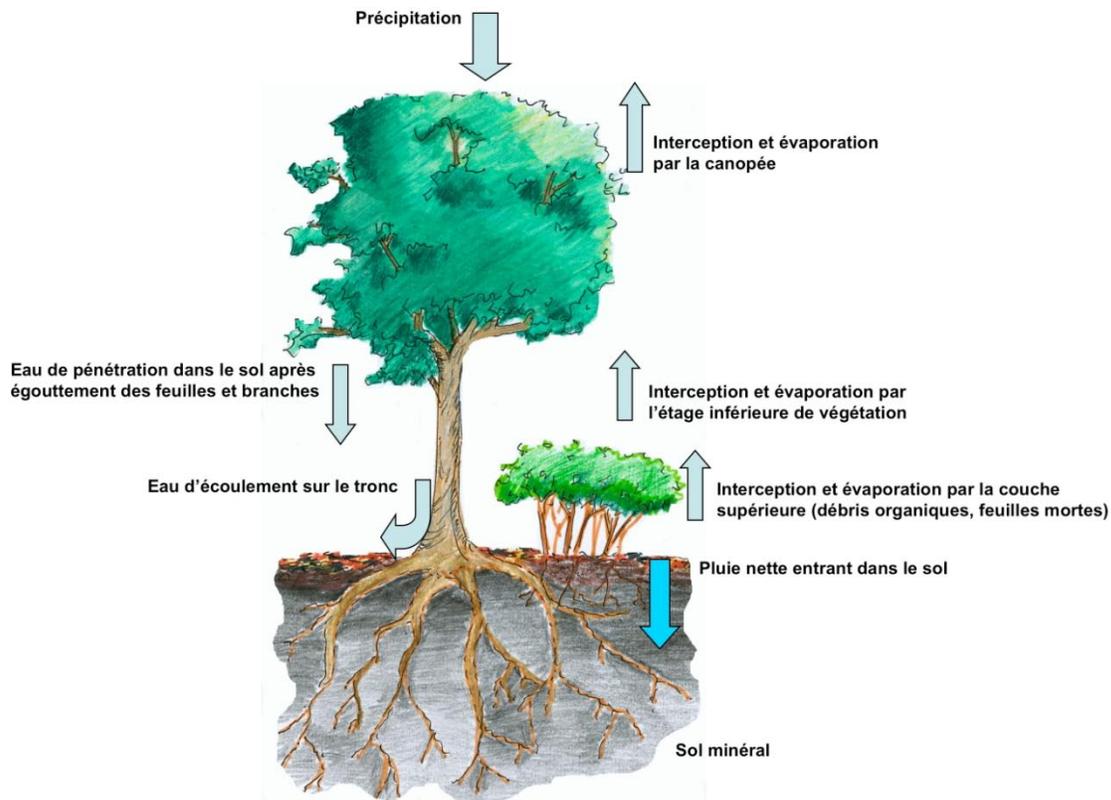


Figure 9. Cycle de l'eau : ruissellement limité en forêt. Illustration : N. Bédard

Les racines aèrent le sol et créent des espaces permettant à l'eau de s'infiltrer plutôt que de ruisseler. En absorbant l'eau en surface et dans le sol, l'arbre augmente la capacité de rétention du sol. De plus, la canopée diminue l'érosion créée par les gouttes de pluie qui tombent directement sur un sol nu²⁷.

À Ottawa, la canopée représente près de 27% de la superficie de la ville. Une étude évaluant la contribution des arbres à la santé environnementale a montré que ces derniers participent à réduire d'environ un sixième (629 323 kg/ 3 900 000kg) la charge de polluants dans l'air. En ce qui concerne les eaux de ruissellement, près de quatre millions de m³ d'eau sont absorbés. En termes de coûts, cette valeur représente une économie annuelle de 220 millions de dollars en frais de traitement⁵¹

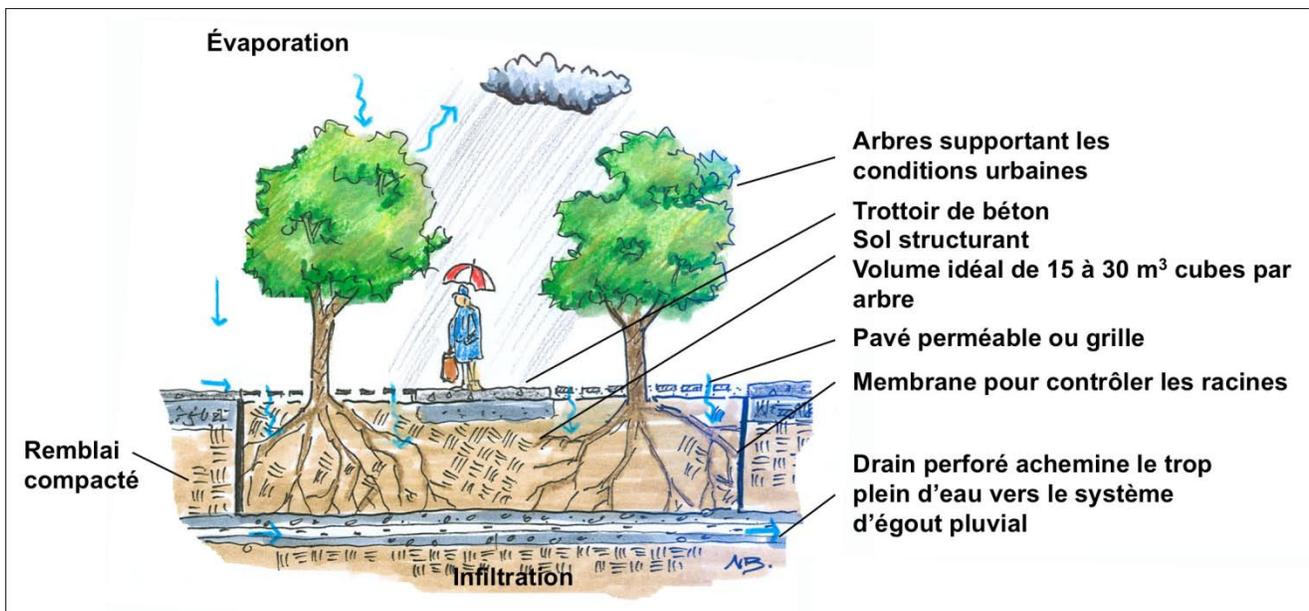


Figure 10. Fosse de plantation d'arbres en continu. Illustration: N. Bédard

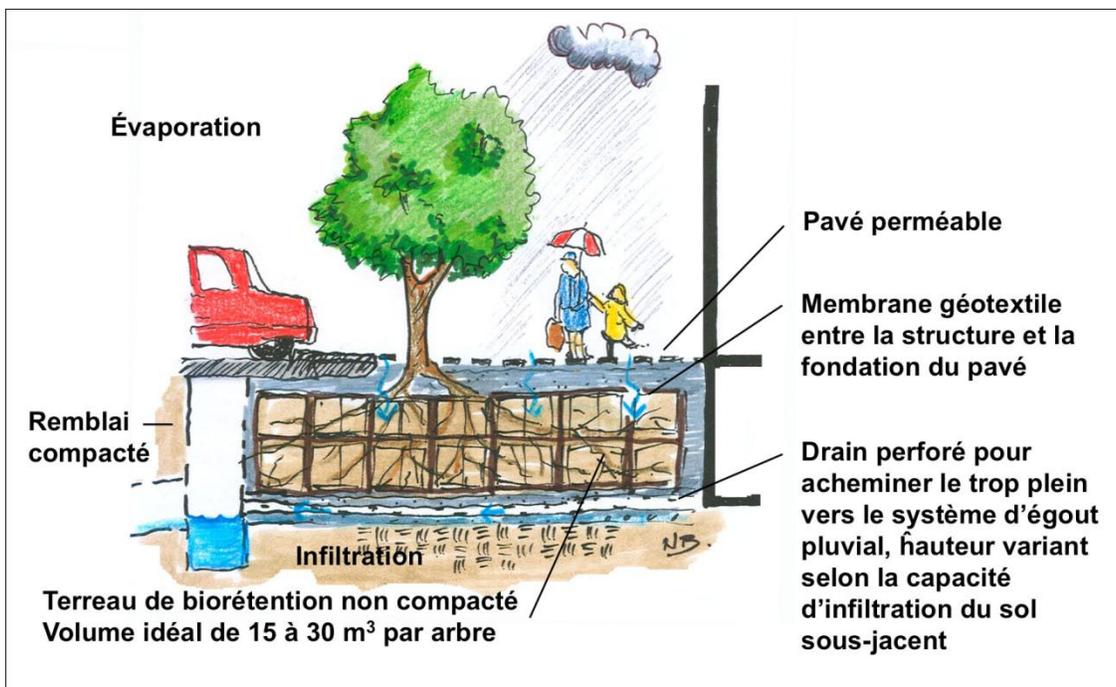


Figure 11. Fosse de plantation d'arbres avec structure souterraine. Illustration : N. Bédard

En plus de constituer des habitats pour la faune, les arbres rendent les quartiers plus attrayants. Plantés le long des routes ou dans les stationnements, ils ont un effet rafraîchissant. En bordure des ruisseaux, des

rivières et des lacs, ils protègent les milieux aquatiques. Le feuillage des arbres refroidit l'eau et les éléments nutritifs sont captés avant d'atteindre les cours d'eau. En termes de coûts, planter des arbres reste, dans bien des cas, l'une des solutions les plus accessibles. Les arbres matures gèrent de plus gros volume d'eau de ruissellement. Il est toutefois important de savoir qu'en hiver, le contrôle du ruissellement est réduit en raison du gel et de l'absence de feuillage.

Aménagement

52, 53, 54

La méthode de plantation en fosse continue augmente la disponibilité de sol et améliore la croissance des arbres (figure 10). Des structures soutenant une surface dure et offrant du même coup un plus grand volume de terre, sont maintenant disponibles et testées au Canada et aux États-Unis⁵³ (figure 11). Ces structures de filtration jouent un rôle similaire à celui d'un *Stormceptor*ⁱⁱ, avec les bienfaits du verdissement en plus. Les coûts de ces systèmes sont assez élevés mais ils doivent aussi être évalués en fonction des gains en qualité de l'eau. Par ailleurs, une autre méthode consiste à utiliser des sols structurants qui soutiennent la construction de pavés et trottoirs tout en permettant aux racines des arbres de bénéficier de conditions plus propices à une saine croissance.

Considérations particulières

10, 20, 55

- Il est démontré que le développement de l'arbre est proportionnel au volume de terre disponible^{53, 54}.
- Pour éviter de remplacer les arbres tous les cinq ans, une pratique de plantation durable en milieu urbain doit respecter des normes élevées, afin de maximiser le volume de sol disponible et diminuer sa compaction. Dans ce contexte, la ville de Toronto a adopté de nouvelles normes et exige maintenant 30 m³ de sol par arbre. En comparaison, la ville de Québec utilise 8 m³⁵⁶.
- Les arbres exigent un entretien périodique (enlèvement des feuilles mortes, taille, etc.).
- L'utilisation de différentes espèces adaptées aux conditions urbaines est recommandée.

Avantages de la préservation et de la plantation d'arbres

10, 20, 27, 28, 30, 33

- Filtration de l'eau
- Recharge des réserves d'eau souterraines
- Contrôle de l'érosion
- Réduction du ruissellement et des inondations
- Amélioration de la qualité de l'air
- Réduction de la pollution sonore
- Réduction des îlots de chaleur urbains
- Création d'habitats pour la faune
- Augmentation de la valeur des propriétés
- Amélioration du milieu de vie
- Esthétisme

ⁱⁱ Le *Stormceptor* est un réservoir souterrain fait de fibre de verre ou de béton et doté de déflecteurs. La tuyauterie d'entrée et de sortie possède des dispositifs conçus pour séparer les sédiments et l'hydrocarbure de l'eau.

5.10 Marais filtrants

10, 57

La principale fonction d'un marais filtrant est de diminuer la charge en sédiments et en nutriments (phosphore, azote, etc.) des eaux de ruissellement à l'aide de plantes aquatiques. Les micro-organismes qui se fixent sur les plantes et sur le gravier, les pierres rondes ou le matériel filtrant jouent un rôle épuratoire. Les marais, aussi appelés biofiltres, sont efficaces pour réduire le ruissellement et prévenir les inondations. Selon l'organisation *American Rivers* (2008)¹⁰, la reconstruction de marais permet une réduction du ruissellement pouvant atteindre 90%. À part l'enlèvement des mauvaises herbes au cours des premières années, les marais exigent peu d'entretien.



Marais filtrant en milieu urbain, Malmo, Suède.
Photo : P. Stahre

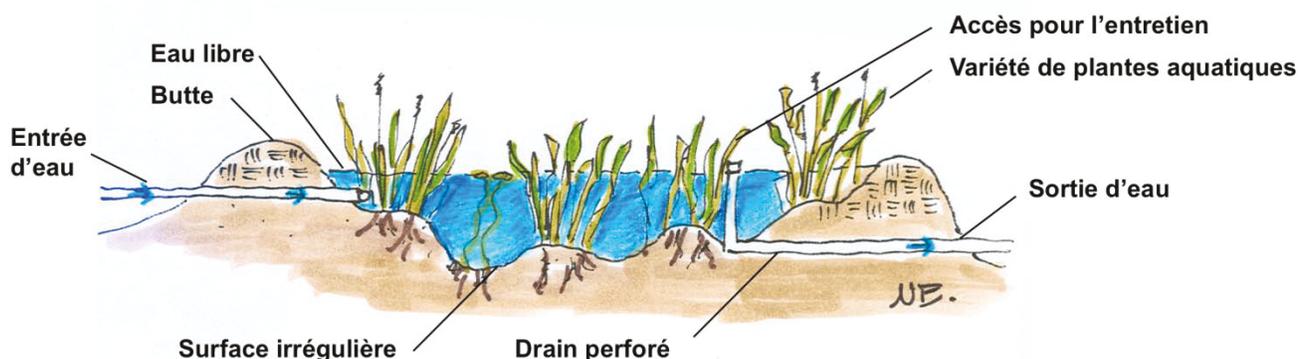


Figure 12. Marais filtrant à écoulement des eaux sur la surface. Illustration : N. Bédard

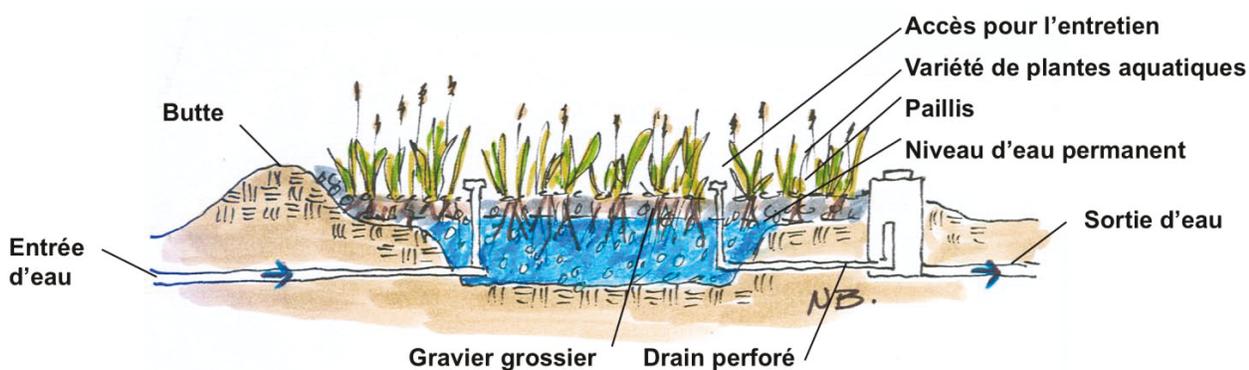


Figure 13. Marais filtrant à écoulement des eaux sous la surface. Illustration : N. Bédard

Aménagement

10, 57

Il existe deux types de biofiltres : le marais à écoulement des eaux sur la surface et le marais à écoulement des eaux sous la surface (figures 12 et 13).

L'espace requis pour l'aménagement d'un marais à écoulement des eaux sur la surface est plus grand, mais son coût d'installation est plus faible. L'eau circule à la surface entre les tiges des plantes et ne pénètre pas dans le sol. Le biofiltre peut être alimenté en eau par la pluie ou par une pompe. L'épaisseur de la colonne d'eau varie selon le type de plantes choisies. Par exemple, les plantes à feuilles flottantes ont besoin d'une profondeur d'au moins 75 cm. Lorsque le marais est alimenté par une pompe, le courant à la sortie d'eau ne doit pas être trop puissant.

Les marais à écoulement des eaux sous la surface ont un meilleur potentiel épuratoire et ils s'aménagent sur de plus petits espaces. Par contre, leur coût d'installation est plus élevé. Le substrat de ce type de marais est gorgé d'eau et il n'y a pas d'eau libre. Une couche d'argile ou une géomembrane assure l'étanchéité du marais. L'eau pluviale est absorbée par les racines des plantes et le matériel filtrant (habituellement du sable ou du gravier). La surface de support pour la flore bactérienne étant plus grande, la capacité de filtration est optimisée. Les eaux usées doivent séjourner au moins trois jours dans le marais, mais il est préférable de prolonger la durée jusqu'à cinq jours. Les dimensions du biofiltre se calculent selon le volume d'eau à traiter, la profondeur moyenne du marais et la porosité du matériel. Chaque plante ayant ses particularités épuratoires, le choix des espèces se fait en fonction des types de polluants à traiter. L'élimination des nutriments est plus marquée lorsque la végétation est mature. Pour plus de détails nous vous suggérons de consulter l'ouvrage de Lapalme (2008)⁵⁸.

Considérations particulières

23

- Il est important de bien planifier la conception du marais pour s'assurer de maintenir l'hydrologie du site.
- La qualité de l'eau traitée peut varier avec les saisons.

Avantages des marais filtrants

10, 57

- Réduction du ruissellement
- Prévention des inondations
- Amélioration de la qualité de l'eau
- Création d'habitats fauniques
- Peu d'entretien nécessaire
- Esthétisme

6. Aspects économiques

Le choix d'un type de gestion repose très souvent sur des facteurs économiques. Toutefois, il est encore difficile de comparer, à l'échelle d'une ville ou d'un quartier, les coûts d'un ensemble de nouvelles approches à ceux des méthodes conventionnelles. Par exemple, un système centralisé combiné qui achemine à la fois les eaux sanitaires et pluviales dans un secteur d'une municipalité est difficile à comparer à un système décentralisé ayant recours à des zones de biorétention et d'infiltration réparties à l'échelle d'un sous-bassin-versant¹⁷. Superficies, matériaux, cibles, retombées, etc. sont évidemment dissemblables. Par ailleurs, on doit tenir compte des retombées à long terme engendrées par les mesures de protection des écosystèmes^{17, 59}. Les études de *l'American Forest* (2006)⁶⁰ montrent que :

[...] les surfaces imperméables dans les zones urbaines ont augmenté de 20% au cours des deux dernières décennies, et cela à un coût dépassant les 100 milliards de dollars à l'échelle nationale. De plus en plus, les gouvernements locaux sont à la recherche de systèmes de gestion des eaux pluviales «non construits», incluant les arbres, afin de réduire le coût de construction d'infrastructures de contrôle des eaux pluviales.

(trad. libre).

Les études et les analyses de coûts portant sur le développement à faible impact et les infrastructures vertes se sont récemment multipliées aux États-Unis et au Canada. Parmi ces dernières, celle de *l'Environmental Protection Agency* (EPA, 2007)⁶¹ a examiné 17 projets et montré que ces pratiques présentent un avantage économique (30% d'économie en moyenne) et des bienfaits environnementaux importants.

Or, les aspects économiques de cette approche sont encore très peu connus et documentés au Québec^{62,63}. En dépit d'une information encore fragmentaire, nous présentons ci-dessous un ensemble de facteurs qui peuvent aider à évaluer les coûts d'implantation des infrastructures vertes et à orienter les choix parmi le vaste éventail de pratiques suggérées.

La superficie de terrain requise

Les coûts liés à la superficie de terrain nécessaire aux aménagements peuvent varier selon les endroits. Par exemple, dans un cadre urbain où les terrains ont une valeur foncière élevée, l'espace requis constituera une importante proportion du coût total. La situation sera bien entendu différente en milieu rural. Ce facteur devra donc être évalué cas par cas.

Les travaux d'opération et d'entretien

Il faut tenir compte des exigences d'entretien propres à chacune des pratiques pour mieux évaluer les coûts (Annexe 2). Précisons que la plupart des infrastructures vertes exigent un minimum d'entretien (taille des végétaux, enlèvement des sédiments, etc.). Il est important de bien planifier la conception initiale, incluant dans certains cas l'installation de composantes de prétraitement, pour éviter tout problème subséquent.

Les travaux de construction

Les infrastructures vertes intégrées aux travaux de réaménagement d'un quartier existant ou dans de nouveaux projets de développement sont généralement assez économiques, en plus de limiter la pollution et d'embellir et de verdir les espaces¹⁷. Par contre, les techniques d'infiltration ne sont pas toujours moins coûteuses que les techniques conventionnelles¹⁷. Les végétaux, la préparation du site, les amendements de sol, les drains souterrains, les connections au système d'égout pluvial municipal et la coordination des projets s'ajoutent aux dépenses. Par contre, l'un des avantages des pratiques combinées d'infiltration et de récupération d'eau de pluie est celui de l'économie d'espace (Annexe 2). Au Québec, malheureusement, l'autorisation de rejets d'eaux de pluie polluées dans les cours d'eau fait en sorte que les techniques conventionnelles demeurent plus économiques malgré leur impact sur les écosystèmes.

D'autres coûts

Les frais et les honoraires professionnels pour la conception des infrastructures vertes (ingénieur, architecte paysagiste et autres spécialistes) paraissent à première vue plus importants, puisque plusieurs professionnels collaborent au processus de conception intégrée. Toutefois, il est probable que les équipes expérimentées, plus sollicitées au cours des premières phases du projet, le soient moins par la suite.

La qualité de l'eau

Les coûts des infrastructures vertes sont souvent calculés en fonction de la superficie du bassin-versant qu'elles sont en mesure de traiter et en fonction du volume de qualité d'eau pour lequel l'aménagement a été conçu. Le volume de qualité de l'eau est souvent défini comme étant le volume d'eau de ruissellement que l'aménagement est en mesure de retenir, de traiter ou d'infiltrer¹⁷.

Le tableau suivant, tiré du rapport *Appendix D: Urban Stormwater Economics*¹⁷, compare les volumes d'eau traités pour chaque millier de dollars investi et montre la performance de gestion des plus simples stratégies, telles la plantation d'arbres de rues, qui nécessitent beaucoup moins d'investissement que les toits verts.

Tableau 4¹⁷. Volume d'eaux de ruissellement traitées par 1 000\$ investis

Technologie	Litres
Réservoirs d'entreposage conventionnels	9 000
Rues vertes (<i>Green Streets</i>)	56 000
Forêts urbaines	50 000
Toits verts	3 000
Barils de pluie	34 000

Économies possibles

À l'échelle d'un bassin versant, les approches de conservation (couvert forestier, milieux sensibles, hydrologie naturelle) peuvent à elles seules produire des impacts économiques directs et indirects considérables¹⁷.

À l'échelle d'un quartier, l'utilisation de fossés végétalisés en remplacement d'un système d'égout pluvial peut entraîner des économies allant jusqu'à 80%¹⁷.

À l'échelle d'un projet résidentiel, des économies importantes peuvent être réalisées dans un développement en grappes, notamment en ce qui a trait au nivellement et au drainage et à l'installation du système d'égout. L'étude de cas de Fuamba *et al.* (2010)⁶³ montre par ailleurs que l'implantation de pratiques optimales de gestion intégrée des eaux de ruissellement dans un développement résidentiel est réalisable et même rentable.

À l'échelle d'un terrain, l'ensemencement de plantes indigènes peut représenter des économies variant entre 4 400\$ et 8 850\$/acre, comparativement au gazonnement. De plus, étalés sur une période de 10 ans, les coûts d'entretien de l'approche naturelle représentent une économie allant de 3 950\$ à 4 583\$/acre par année¹⁷.

Valeurs ajoutées

Les bénéfices écologiques et économiques à long terme sont souvent mis de côté lors du choix d'une infrastructure de gestion des eaux pluviales. Pourtant, ces avantages sont nombreux¹⁷ :

- Augmentation de la valeur de la propriété
- Augmentation des revenus provenant des taxes municipales
- Embellissement et verdissement
- Augmentation du tourisme et des activités de récréation

Des recherches en terrain québécois permettront de mieux évaluer ces pratiques et de les comparer selon leur cycle de vie et leurs coûts réels, y compris les coûts d'entretien et de remplacement à long terme.

Pour plus d'informations sur les coûts de construction des infrastructures vertes, en lien avec les pratiques de développement à faible impact, nous vous suggérons de consulter les tableaux de l'Annexe 3. Ces données ont été puisées dans la documentation récente.

7. *Obstacles et préoccupations*

En 2009, Union Saint-Laurent Grands Lacs (USGL) a démarré le projet *Villes vertes pour un fleuve et des communautés en santé*, dans le but de promouvoir une gestion novatrice des eaux pluviales urbaines au Québec. Dans le cadre de ce projet, USGL a offert des formations et des ateliers au personnel de cinq municipalités du Québec, riveraines du Saint-Laurent. Ces rencontres ont permis d'explorer des voies d'intégration des infrastructures vertes aux pratiques municipales. Au cours de sa tournée, USGL a répertorié les obstacles perçus par les participants et leurs craintes à l'égard des nouvelles stratégies d'aménagement. Les principales inquiétudes concernent les coûts d'aménagement et d'entretien, les risques de pollution associés aux infrastructures vertes, les changements de réglementation, la sécurité publique et le manque de connaissances sur le développement à faible impact, notamment sur l'efficacité de ces infrastructures en climat froid.

Ces préoccupations rejoignent celles qui ont été identifiées dans des études récentes de l'Agence de protection environnementale des États-Unis de la Nouvelle-Angleterre (United States Environmental Protection Agency, New England-EPA) (2009)⁶⁴ et du Toronto and Region Conservation (2009)⁶⁵. Ces études offrent des pistes de réponses intéressantes aux questions couramment posées.

En ce qui concerne les coûts, l'EPA montre que le développement à faible impact peut être plus économique que les pratiques traditionnelles, en plus d'être bénéfique pour l'environnement. Les économies sont réalisées grâce à la réduction : 1) des aires à déboiser, des surfaces à paver et à niveler, 2) des dimensions des bassins de rétention et 3) des coûts en infrastructure (ex. : tuyaux, trottoirs). La superficie habituellement réservée au système de drainage étant réduite, l'espace consacré au développement s'en trouve agrandi. Toujours selon l'EPA, l'installation d'infrastructures vertes coûte de 15 à 80% moins cher que celle des systèmes de drainage conventionnels. Une autre analyse montre par ailleurs que les coûts d'entretien sont similaires. Il serait intéressant de réaliser ce type d'étude au Québec, sur des sites aménagés (Lorraine; Boucherville - Parc Vincent-d'Indy; Québec - bord de la rivière Saint-Charles; Longueuil - Mountain Equipment Coop, etc.) et d'en cumuler les expériences et les savoir-faire pour s'en inspirer.

Dans sa documentation, l'EPA fournit également quelques pistes sur la contamination de la nappe phréatique. Par exemple, les infrastructures bien conçues et situées au bon endroit sont généralement peu susceptibles de polluer les nappes phréatiques⁶⁴. Les données du Stormwater Center de l'Université du New Hampshire (2010)⁶⁶ montrent que les pratiques d'infiltration permettent d'atteindre une qualité de l'eau bien supérieure aux normes établies pour la protection des réserves d'eau souterraines. Par contre, les conditions locales du site doivent toujours être considérées⁶⁴. Les pratiques d'infiltration sans prétraitement peuvent ne pas convenir à certaines zones, par exemple près d'une source d'eau potable ou dans un secteur industriel. En ce sens, le Toronto and Region Conservation (2009)⁶⁵ formule, dans une étude récente, un ensemble de recommandations et de précautions à prendre avant de mettre en œuvre des pratiques d'infiltration en milieu urbain. Il va sans dire que les sols contaminés des grandes villes, des axes autoroutiers et des zones industrielles devront recevoir une attention particulière.

Quelle est l'efficacité des infrastructures vertes sous nos latitudes ? Pour répondre à cette question, le Stormwater Center de l'Université du New Hampshire (2007)⁶⁷ a surveillé attentivement l'efficacité du développement à faible impact en climat froid. Dans son rapport annuel de 2007, le centre a émis les conclusions suivantes : toutes les infrastructures qui ont été testées – systèmes de biorétention, système de plantation d'arbres intégrant une gestion du ruissellement (tree filter), asphalte perméable, filtre à sable (sand filter) et marais graveleux (gravel wetland) – ont démontré un excellent traitement de la qualité de l'eau et une diminution des débits de pointe à l'année longue. Les taux d'infiltration observés sur les pavés perméables étaient même plus élevés en hiver qu'en été, car les pores du pavé sont plus espacés pendant la saison froide. Le seul système qui avait une efficacité réduite en hiver était le fossé végétalisé. Encore ici, il est légitime pour les responsables des villes de « vouloir voir pour le croire ». En multipliant les expériences québécoises, nous parviendrons à enrichir l'expérience provinciale et à bâtir la confiance de nos décideurs. Les universités québécoises, grâce à des études scientifiques appliquées et multidisciplinaires, pourraient certainement contribuer à l'avancement de ces nouvelles pratiques.

Dans certaines municipalités aux États-Unis et toujours selon l'EPA, la réglementation peut interdire ou restreindre l'usage de certaines infrastructures vertes, mais le développement à faible impact en général n'est pas interdit. Quoi qu'il en soit, plusieurs outils existent pour faciliter l'implantation des infrastructures vertes. La réglementation peut être modifiée ou abrogée entre autres par l'émission de permis spéciaux autorisant le développement à faible impact. Aux États-Unis, bon nombre de municipalités ont adopté des règlements pour réduire la pollution par les eaux de ruissellement, soit par une réglementation spécifique, soit par d'autres approches, telles la conservation du couvert forestier et du sol en place, le contrôle de l'érosion et des sédiments ou encore des directives et des normes plus rigoureuses concernant la plantation des arbres en milieu urbain. Au Québec, plusieurs interlocuteurs croient que la réglementation, à prime abord considérée comme un dossier délicat par certaines municipalités, gagnerait beaucoup à recevoir des appuis des divers ministères concernés.

La réduction de la largeur des rues est une pratique encouragée par le développement à faible impact. Qu'en est-il de la sécurité routière et de la fonctionnalité de ces rues ? L'EPA rapporte que des modifications à la réglementation américaine ont autorisé la construction de routes à largeur réduite. Des études ont suivi la mise en place de la pratique et démontré que ces rues sont tout à fait sécuritaires et fonctionnelles. Des chercheurs ont même observé des baisses de vitesse et du nombre d'accidents. La réduction de la largeur ne semble pas compromettre la circulation des résidents, ni l'accès aux espaces de stationnement. Pour faciliter l'accès aux véhicules d'urgence, l'accotement peut être renforcé ou revêtu d'un pavé perméable.

L'augmentation du risque d'inondation et la prolifération des moustiques sont d'autres préoccupations fréquentes. Selon l'EPA, le développement à faible impact n'accroît pas le risque d'inondation, mais contribue plutôt à le réduire. Les pratiques d'infiltration réduisent le volume et l'intensité du ruissellement, ce qui fait diminuer les quantités d'eau atteignant les stations d'épuration ou les cours d'eau. Les systèmes de drainage risquent moins d'être engorgés et les surverses peuvent être évitées. Puisque les infrastructures vertes, mis à part les marais filtrants, sont généralement conçues pour drainer

les accumulations d'eau dans un délai de 24 à 48 heures, la prolifération des moustiques n'est pas favorisée. Ces insectes ont besoin d'au moins trois jours d'eau stagnante pour se reproduire.

Quant aux inquiétudes concernant la nouveauté de la pratique, il est important de mentionner que les infrastructures vertes ont été utilisées avec succès aux États-Unis et que des données sur leur performance sont constamment recueillies. En effet, plusieurs universités américaines et canadiennes, dont le *Storm water Center* de l'Université du New Hampshire et l'Université de Guelph ayant toutes deux un climat similaire au Québec, continuent de surveiller de près l'efficacité des pratiques. Nos universités québécoises (Polytechnique et Université Laval) développent également des expertises dans ce domaine. La Société canadienne d'hypothèques et de logement, la Fédération canadienne des municipalités et le consortium Ouranos, sont parmi plusieurs autres, des organismes actifs au Québec pour la promotion d'une gestion plus écologique des eaux de ruissellement. Plusieurs intervenants s'entendent sur l'importance capitale d'implanter des projets de démonstration et de recherche, pour multiplier les exemples de cas, promouvoir les technologies innovatrices et amorcer des changements tangibles au sein de la pratique professionnelle^{16, 68}.

Conclusion

Dans un contexte de changements climatiques, le développement à faible impact et les infrastructures vertes contribueraient à protéger les ressources en eau potable du Québec et améliorer la qualité de vie urbaine et ce, sans investissement massif. Toutefois, de telles initiatives sont rares au Québec et pratiquement inconnues de la majorité des municipalités.

Afin d'intégrer les pratiques de développement à faible impact en milieu québécois, leurs avantages devront être démontrés sous nos climats et les décideurs municipaux, les planificateurs et les promoteurs devront être mieux informés et invités à les considérer. L'un des grands défis consiste à faire travailler ensemble une diversité d'acteurs et de services : planification, gestion des eaux, bâtiment, environnement, transport, aménagement des parcs, communication et organismes externes. Il faudra faire preuve de créativité pour combattre la résistance au changement : élaborer des stratégies pour inverser la tendance à adhérer à ce qui est plus familier et pour remettre en question les pratiques enracinées. Il faudra des connaissances, de l'expertise et de l'engagement. Il faudra favoriser l'adoption d'un mode de travail interdisciplinaire.

Le déploiement du développement à faible impact devra inévitablement être accompagné d'incitatifs et d'une révision de la réglementation afin d'encourager son implantation¹⁶. L'information et la sensibilisation du public seront également essentielles à l'adoption d'une gestion écologique des eaux de pluie.

Évaluation des pratiques de conception de site améliorée (Better Site Design)										
Catégorie	Technique	S'applique aux critères de gestion du ruissellement ¹				Économie			Perception du public	Allouées par la réglementation
		EQv	PCv, ID, IE	De quelle façon cela s'applique aux critères	Réduit les coûts ² (coûts d'investissements)	Réduit les coûts d'O&E ³	Rehausse la valeur des propriétés			
Préservation des caractéristiques naturelles et design de conservation	1. Préservation des aires naturelles	•	•	Augmente les temps de concentration Réduit le CR ⁵	•	•	•	•	•	•
	2. Préservation des aires tampon	•	•	Augmente les temps de concentration Réduit le CR	•	•	•	•	•	•
	3. Réduction du défrichement et du nivellement	•	•	Augmente les temps de concentration Réduit le CR	•	•	•	•	•	•
	4. Localiser les sites dans des zones moins sensibles	•	•	Augmente les temps de concentration Réduit le CR	•	•	•	•	•	•
	5. Développement en grappes	•	•	Augmente les temps de concentration Réduit le CR	•	•	•	•	•	•
Réduction des surfaces imperméables	6. Réduction de la largeur des routes	•	•	Réduit le EQv et le ruissellement	•	•	•	•	•	•
	7. Réduction de la largeur des trottoirs	•	•	Réduit le EQv et le ruissellement	•	•	•	•	•	•
	8. Réduction de la largeur des entrées	•	•	Réduit le EQv et le ruissellement	•	•	•	•	•	•
	9. Réduction de la largeur des cuis-de-sac	•	•	Réduit le EQv et le ruissellement	•	•	•	•	•	•
	10. Réduction de l'empreinte des bâtiments	•	•	Réduit le EQv et le ruissellement	•	•	•	•	•	•
	11. Réduction de l'espace de stationnement	•	•	Réduit le EQv et le ruissellement	•	•	•	•	•	•
	12. Bandes filtrantes	•	•	Augmente les temps de concentration Réduit le CR	•	•	•	•	•	•
	13. Fossés végétalisés	•	•	Entrepose le EQv et les débits de pointe	•	•	•	•	•	•
Utilisation des caractéristiques naturelles et du contrôle à la source pour la gestion des eaux de pluie	14. Aires de biorétention	•	•	Entrepose le EQv et les débits de pointe	•	•	•	•	•	•
	15. Infiltration	•	•	Entrepose le EQv et les débits de pointe	•	•	•	•	•	•
	16. Réduction du ruissellement sur les toits	•	•	Entrepose le EQv et les débits de pointe	•	•	•	•	•	•
	17. Restauration des ruisseaux pour les projets de re-développement	•	•	Augmente le temps de transport, réduit les débits de pointe	•	•	•	•	•	•
	18. Plantation d'arbres	•	•	Réduit le volume du ruissellement, réduit le CR	•	•	•	•	•	•

Légende : • Souvent • À l'occasion • Rarement

1- EQv = Volume d'eau de qualité PCv = Volume pour protéger la structure du chenal ID = Inondation, débordement

IE = Inondation extrême

2- Les données sur la réduction des coûts sont d'ordre général. Les coûts peuvent varier d'un site à l'autre.

3- Opération et entretien

4- Allouées par la réglementation municipale aux États-Unis

5- CR = Coefficient de ruissellement

Annexe 2

Zones tampon

Source	Coût	Type
Gibb, A. et al. ⁶⁹	75 000 à 150 000\$/municipalité de 10 000 ha et de 150 000 habitants	Plan de développement : Conception, planification, construction
	100 000 \$ et plus	Études sur les eaux souterraines
	80\$/ha par aire de drainage	Plan de drainage
	40\$/ha	Études d'impacts sur l'environnement
	300\$/1 000 habitants	Développement et révision des règlements
Source	Coûts additionnels	Type
Gibb, A. et al. ⁶⁹	1 040\$/km ² ou 0,90\$/habitant	Programme d'opérations

Réduction des surfaces imperméables

Source	Économies possibles	Type
Gibb, A. et al. ⁶⁹	125 à 250\$/m	Routes plus étroites
	740\$/m	Routes plus étroites (incluant économies réalisées pour la réduction des pavés, trottoirs, caniveaux et égouts)
	50\$/m	Élimination des trottoirs
	75\$/m	Élimination des trottoirs et des caniveaux

Développement en grappes

Source	Économies possibles	Type
Gibb, A. et al. ⁶⁹	6 500\$/unité de développement	Coût des infrastructures
	10 à 33%	Coût du développement (longueur des infrastructures raccourcie et moins de travaux de défrichage/nivellement)

Revêtements perméables

Source	Coût	Type
Ville de Chicago ³⁵	2 à 3 fois plus élevé que les pavés traditionnels	En général
American Rivers ¹⁰	2 à 3\$ US/pi ²	En général
	5 à 10\$ US/pi ² *	Pavés de béton préfabriqués perméables
Bélanger, P. ¹⁷	5 à 10\$/pi ²	Pavés de béton préfabriqués perméables
	1,50 à 5,75\$/pi ²	Gazon, gravier
	2,50 à 6,50\$/pi ²	Béton ou asphalte poreux
Garant, D. ⁷⁰	100\$/m ²	Pavés de béton préfabriqués perméables
	95\$/m ²	Structures alvéolés avec gazon
	2 000 à 2 500\$	Entrée de stationnement en asphalte poreux
Low Impact Development Center ⁷¹	2,00 à 6,50\$ US/pi ²	Béton poreux
	1,50 à 5,75\$ US/pi ²	Gazon ou gravier
	5,00 à 10,00\$ US/pi ²	Pavés de béton préfabriqués perméables
Gibb, A. et al. ⁶⁹	20 à 30\$/m ²	Asphalte ou béton poreux
	80 à 115\$/m ²	Pavés de béton préfabriqués perméables
Source	Coûts additionnels	Type
Gibb, A. et al. ⁶⁹	35% du coût de construction	Ingénierie, imprévus, érosion et contrôle des sédiments pendant la construction, aménagement paysager, etc.

* Selon American Rivers (2008) et Bélanger (2009), l'asphalte conventionnelle a un coût de 0,50 à 1\$/pi².

Toits verts

Source	Coût	Type
Boucher, I. ⁴⁰	162 à 194\$/m ²	Toit vert extensif
	535 à 3 323\$/m ² *	Toit vert intensif
Ville de Chicago ³⁵	8 à 12\$ US/pi ²	Toit vert extensif
	18 à 25\$ US/pi ²	Toit vert intensif
American Rivers ¹⁰	14 à 25\$ US/ pi ²	Petits toits
	25 à 40\$ US/pi ²	Toit vert intensif
Garant, D. ⁷⁰	162 à 205\$/m ²	Non disponible
Source	Coûts additionnels	Type
Garant, D. ⁷⁰	1,00 à 1,50\$ US/m ²	Entretien annuel

* Selon le Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, (Boucher, 2006), une toiture de bitume coûte entre 54 et 97\$/m².

Déconnexion des gouttières

Source	Coût	Type
Ville de Chicago ²¹	20\$ US	Non disponible
Garant, D. ⁷⁰	10 à 40\$/m	Non disponible

Citernes et barils de pluie

Source	Coût	Type
Distribution Viking ⁷²	829\$	Citerne 500 litres
	1079\$	Citerne 1 150 litres
	1969\$	Citerne 2 350 litres
	1889\$	Citerne 3 275 litres
	1949\$ *	Citerne 4 200 litres
Ville de Chicago ³⁵	20 à 150\$ US	Baril
American Rivers ¹⁰	40 à 260\$ US	Baril
	100 à 150\$ US	Baril 75 gallons avec couvercle et robinet
Garant, D. ⁷⁰	0,25 à 4\$/litre	Baril
Low Impact Development Center ⁷³	216\$ US	Baril, incluant les accessoires
	225 à 300\$ US	Citerne 200 à 300 gallons
	950 à 10 000\$ US	Citerne 2 000 à 10 000 gallons
	1 000\$ US	Citerne fabriquée à la main

* Le prix des citernes de Distribution Viking comprend un tuyau de descente des eaux pluviales et de débris, un tuyau d'entrée et un raccord coudé et un dispositif de déviation d'eau. D'autres ensembles sont disponibles.

Tranchées d'infiltration

Source	Coût	Type
American Rivers ¹⁰	4 à 5\$ US/pi ³	Puits construit à la main
	7 à 14\$ US/pi ³ *	Puits manufacturé
Garant, D. ⁷⁰	15 à 150\$/m ³	Tranchée d'infiltration
Gibb, A. et al. ⁶⁹	110\$/m ³	Tranchée d'infiltration

* American Rivers (2008) estime que les frais d'installation et de livraison pour un puits manufacturé sont de 2\$ US/pi³.

Jardin de pluie

Source	Coût	Type
Ville de Chicago ³⁵	3 à 4\$ US/pi ²	Non disponible
Low Impact Development Center ⁷⁴	3 à 4\$ US/ pi ²	Résidentiel
	10 à 40\$ US/pi ²	Commercial, industriel et institutionnel

Aire de biorétention

Source	Coût	Type
Ville de Chicago ³⁵	2 000 à 4 000\$ US/acre	Non disponible
American Rivers ¹⁰	1,25\$ US/pi ² *	Non disponible
Garant, D. ⁷⁰	8 à 46\$/m ²	Non disponible
Gibb, A. et al. ⁶⁹	280\$/m ³ de volume d'eau traitée pour sa qualité	Non disponible
Source	Coûts additionnels	Type
American Rivers ¹⁰	200\$ US/an	Entretien annuel
Gibb, A. et al. ⁶⁹	35% du coût de construction	Ingénierie, imprévus, érosion et contrôle des sédiments pendant la construction, aménagement paysager, etc.
	5 à 7% du coût de construction	Coût annuel d'opération et d'entretien

Bandes filtrantes

Source	Coût	Type
American Rivers ¹⁰	0,30 à 0,50\$ US/pi ²	Engazonnée
Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) ⁵⁰	6\$/m ²	Terre végétale, engazonnement
	3\$/m ²	Hydro-ensemencement, nivellement, paillis
	18\$/m ² *	Plantation d'arbres et d'arbustes, nivellement
Gibb, A. et al. ⁶⁹	5 à 11\$/m ²	Non disponible
Source	Coûts additionnels	Type
Gibb, A. et al. ⁶⁹	35% du coût de construction	Ingénierie, imprévus, érosion et contrôle des sédiments pendant la construction, aménagement paysager, etc.
	370\$/ha	Coût annuel d'opération et d'entretien lorsque la végétation se régénère naturellement
	3 000\$/ha	Coût annuel d'opération et d'entretien lorsque la végétation ne se régénère pas naturellement
	1 200\$/ha	Coût annuel moyen d'opération et d'entretien

* D'après la Société d'hypothèques et de logement (2009), un fossé en béton ou sous terre coûte entre 36 à 75\$/m.

Fossés végétalisés

Source	Coût	Type
American Rivers ¹⁰	5\$ US/pi	Non disponible
	8,50 à 50\$ US/pi	Incluant défrichage et nivellement
Bélanger, P. ¹⁷	12 à 15\$/m	Non disponible
Gibb, A. et al. ⁶⁹	24 à 74\$/m ou 5,40\$/m ²	Fossé engazonné
Source	Coûts additionnels	Type
Gibb, A. et al. ⁶⁹	2,25\$/m ²	Stabilisation pour les fossés engazonnés
	35% du coût de construction	Ingénierie, imprévus, érosion et contrôle des sédiments pendant la construction, aménagement paysager, etc.
	5 à 7% du coût de construction	Coût annuel d'opération et d'entretien

Plantation d'arbres

Source	Coût	Type
Low Impact Development Center ⁷⁵	24 000\$ US/acre *	Plantation d'arbre en contenant (Tree box filter), incluant l'entretien pour deux ans, le matériel filtrant et les plantes
Deep Root Inc. ⁷⁶	500\$/m ³	Système de cellule Sylva pour structure de plantation en milieu urbain

* D'après le Low Impact Development Center (2010), les frais d'installation sont de 1 500\$ US et l'entretien annuel coûte entre 100 et 500\$ US.

Marais filtrants

Source	Coût	Type
American Rivers ¹⁰ et Bélanger, p. 17	57 100\$ US	1 acre pied d'eau à gérer
	289 000\$ US	10 acres pied d'eau à gérer
	1 470 000\$ US	100 acres pied d'eau à gérer
Gibb, A. et al. ⁶⁹	33 à 66\$/m ³	Non disponible
Source	Coûts additionnels	Type
Gibb, A. et al. ⁶⁹	35% du coût de construction	Ingénierie, imprévus, érosion et contrôle des sédiments pendant la construction, aménagement paysager, etc.
	3 à 6% du coût de construction	Coût annuel d'opération et d'entretien

Références

- ¹ Toronto and Region Conservation, Credit Valley Conservation, 2009. *Low Impact Development Stormwater Management Manual* (Draft). Consulté le 16 février 2010 sur www.sustainabletechnologies.ca/Portals/Rainbow/Documents/1_COMPLETE-%20Final%20Draft%20-%20October%205%202009.pdf
- ² Credit Valley Conservation, 2007. *Credit River Water Management Strategy Update*. Consulté le 22 février 2010 sur www.creditvalleyca.ca/bulletin/downloads/CRWMSU-detailedreport.pdf
- ³ British Columbia Ministry of Water, Land and Air Protection, 2002. *Stormwater Planning: A Guidebook for British Columbia*. Consulté le 2 mars 2010 sur www.env.gov.bc.ca/epd/epdpa/mpp/stormwater/guidebook/pdfs/stormwater.pdf
- ⁴ Ecojustice, 2008. *Green Cities, Great Lakes: Using Green Infrastructures to Reduce Combined Sewer Overflows*. Consulté le 10 septembre 2009 sur <http://ecojustice.ca/publications/reports/the-green-infrastructure-report/attachment>
- ⁵ National Wildlife Federation, Lake Champlain Committee, Vermont Forum on Sprawl and Lake Champlain Basin Program, 2006. *The Stormwater Smart Growth Connection: Planning and Designing Water-Smart Communities in the Lake Champlain Basin*. Consulté le 10 septembre 2009 sur www.lakechamplaincommittee.org/fileadmin/files/Photo%20Archive/At%20Work%20or%20Get%20Involved/stormwatersmartgrowth2006.pdf
- ⁶ Low Impact Development Center, 2010. *Introduction to LID*. Consulté le 27 janvier 2010 sur www.lid-stormwater.net/background.htm#What_is_LID
- ⁷ Melbourne Water, sans date. *What is Water Sensitive Urban Design?* Consulté le 25 janvier 2010 sur <http://wsud.melbournewater.com.au>
- ⁸ Scottish Environment Protection Agency, sans date. *Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)*. Consulté le 25 janvier 2010 sur www.sepa.org.uk/water/water_regulation/regimes/pollution_control/suds.aspx
- ⁹ New York State Department of Environmental Conservation, 2008. *Better Site Design*. Consulté le 10 septembre 2009 sur www.dec.ny.gov/docs/water_pdf/bsdcomplete.pdf
- ¹⁰ American Rivers, 2008. *Catching the Rain: A Resource Guide for Natural Stormwater Management in the Southeast*. Consulté le 2 novembre 2009 sur www.americanrivers.org/assets/pdfs/Catching_the_Rain_Southeast_Edition22cb.pdf
- ¹¹ Small Towns Initiative, Landscape Architecture Program, University of British Columbia, sans date. *An Economic Rationale for Integrated Stormwater Management: A Resource for Urban and Rural Land Development in BC*. Consulté le 25 janvier 2010 sur www.env.gov.bc.ca/epd/epdpa/mpp/stormwater/urban_rural_land/pdf/2.pdf

-
- ¹² Rutherford, S., West Coast Environmental Law, 2007. *The Green Infrastructure Guide: Issues, Implementation Strategies and Success Stories*. Consulté le 2 mars 2010 sur <http://wcel.org/sites/default/files/publications/The%20Green%20Infrastructure%20Guide%20-%20Issues,%20Implementation%20Strategies,%20and%20Success%20Stories.pdf>
- ¹³ Ontario Ministry of the Environment, 2008. *Stormwater Management Planning and Design Manual 2003*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.ene.gov.on.ca/envision/gp/4329eindex.htm
- ¹⁴ Fédération canadienne des municipalités et Conseil national de recherches du Canada, 2005. *Planification de la gestion des eaux pluviales : Une règle de l'art du Guide national pour des infrastructures municipales durables (InfraGuide)*. Consulté le 4 mars 2010 sur http://fmv.fcm.ca/files/Infraguide/storm_and_wastewater/stormwater_managmt_planning_fr.pdf
- ¹⁵ Rivard, G., 2009. Small Storm Hydrology and BMP modeling with SWMM5. In *Dynamic Modeling of Urban Water Systems*, Monograph 18, Proceedings of the Conference on Stormwater and Urban Water Systems Modeling (Toronto, 19-20 février, 2009), sous la dir. de Irvine, J., McBean, L., Wright, P. Guelph (Ont) : Computational Hydraulics International.
- ¹⁶ Mailhot, A., Duchesne, S., Larrivée, C., Pelletier, G., Bolduc, S., Rondeau, F., Kingumbi, A., Talbot, G., 2008. *Conception et planification des interventions de renouvellement des infrastructures de drainage urbain dans un contexte d'adaptation aux changements climatiques*. Consulté le 4 février 2010 sur www.ouranos.ca/media/publication/18_Rapport_Mailhot_infras_2008.pdf
- ¹⁷ Bélanger, P., sans date. *Appendix D: Urban Stormwater Economics*. Consulté le 22 février 2010 sur www.toronto.ca/planning/environment/pdf/appendix_d.pdf
- ¹⁸ Marsalek, J., Schreier, H., 2009. *Innovation in Stormwater Management in Canada: The Way Forward*. Consulté le 17 février 2010 sur www.mcgill.ca/files/water2010/Article-Marsalek_and_Schreier.pdf
- ¹⁹ Bay Area Stormwater Management Agencies Association, 1999. *Start at the Source: Design Guidance Manual for Stormwater Quality Protection*. Consulté le 3 septembre 2009 sur www.flowstobay.org/documents/business/construction/toc_testimonials_howtousebook.pdf
- ²⁰ United States Environmental Protection Agency, 2005. *Using Smart Growth Techniques as Stormwater Best Management Practices*. Consulté le 10 septembre 2009 sur www.epa.gov/dced/pdf/sg_stormwater_BMP.pdf
- ²¹ City of Chicago, Department of Environment, sans date. *Disconnecting Downspouts: Put Rainwater to Good Use, Improve Water Quality in Chicago*. Consulté le 13 septembre 2009 sur http://egov.cityofchicago.org/webportal/COCWebPortal/COC_ATTACH/Disconnecting_Downspouts.pdf
- ²² Center for Watershed Protection, 1998. *Better Site Design: A Handbook for Changing Development Rules in Your Community*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.cwp.org/Resource_Library/Center_Docs/BSD/ELC_BSDpart1.pdf et www.cwp.org/Resource_Library/Center_Docs/BSD/ELC_BSDpart2.pdf
- ²³ Minnesota Stormwater Steering Committee, 2005. *The Minnesota Stormwater Manual*. Consulté le 16 février 2010 sur www.pca.state.mn.us/publications/wq-strm9-01.pdf

-
- ²⁴ Walker, J., 2009. *Sustainable Stormwater Management*. Consulté le 22 février 2010 sur <http://watercanada.net/2009/sustainable-stormwater-management>
- ²⁵ Ville de Québec, 2005. *Le développement domiciliaire en milieu boisé : Intervenir autrement pour mieux réussir*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.ville.quebec.qc.ca/gens_affaires/soutien_aux_projets/docs/developpement_domiciliaire_milieu_boise.pdf
- ²⁶ Toronto Parks, Forestry and Conservation, 2009. *Tree protection policy and specifications for construction near trees*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.toronto.ca/trees/pdfs/TreeProtSpecs.pdf
- ²⁷ United States Department of Agriculture Forest Service, 2006. *Urban Watershed Forestry Manual, Part 2: Conserving and Planting Trees at Development Sites*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.forestsforwatersheds.org/storage/part2forestrymanual.pdf
- ²⁸ Réseau canadien de la forêt urbaine, 2006. *Recueil des meilleures pratiques de gestion des forêts urbaines canadiennes*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.treecanada.ca/programs/urbanforestry/cufn/resources_bmpfr.html
- ²⁹ Penn State's College of Agricultural Sciences, Agricultural Research and Cooperative Extension, 2008. *Managing Natural Resources: A Guide for Municipal Commissions*. Consulté le 4 mars 2010 sur <http://rnnext.cas.psu.edu/PAForestWeb/Presentations/managingNR.pdf>
- ³⁰ AWARE Colorado, 2007. *Water Protection Toolkit for Local Officials: Connecting Land Use With Water Quality*. Consulté le 2 septembre 2009 sur www.awarecolorado.org/toolkit.pdf
- ³¹ Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2007. *Politique – Protection des rives, du littoral et des plaines inondables : Guide d'interprétation*. Les publications du Québec. 148 p.
- ³² Arendt, R. G., 1996. *Conservation Design for Subdivisions: A Practical Guide to Creating Open Space Networks*. Island Press. Washington, DC. 184 p.
- ³³ Société canadienne d'hypothèques et de logement, 2004. *L'aménagement paysager chez soi – Guide Canadien*. 190 p.
- ³⁴ Toronto City Planning, 2007. *Design Guidelines for "Greening" Surface Parking Lots*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.toronto.ca/planning/urbdesign/pdf/greening_parking_lots_dg_update_16nov07.pdf
- ³⁵ City of Chicago, 2003. *A Guide to Stormwater Best Management Practices: Chicago's Water Agenda*. Consulté le 2 septembre 2009 sur www.ci.chi.il.us/webportal/COCWebPortal/COC_ATTACH/GuideToStormwaterBMPs.pdf
- ³⁶ University of New Hampshire Stormwater Center, 2009. *Design Specifications for Porous Asphalt Pavement and Infiltration Beds*. Consulté le 2 mars 2010 sur www.unh.edu/erg/cstev/pubs_specs_info/unhsc_pa_spec_10_09.pdf

-
- ³⁷ Boudreault, C. 2004. Toitures végétales. La nature entre ciel et terre. (Printemps 2004) *Quatre-Temps, La revue des amis du Jardin botanique de Montréal*, vol. 28, no 1, mars 2004, p. 25-27
- ³⁸ Philippi, P. M., sans date. *Introduction to the German FLL-Guideline for the Planning, Execution and Upkeep of Green-Roof Sites*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.greenroofservice.com/download/IntroductiontotheGermanFLL2.pdf
- ³⁹ Banting, D., Doshi, H., Li, J., Missios, P., Au, A., Currie, B. A., Verrati, M., Ryerson University, 2005. *Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.toronto.ca/greenroofs/pdf/fullreport103105.pdf
- ⁴⁰ Boucher, I. 2006. *Les toits verts*. Consulté le 13 janvier 2010 sur www.mamrot.gouv.qc.ca/publications/obse_muni/obse_toits_verts.pdf
- ⁴¹ Dumoulin, L. 2009. Le vert fait son entrée au cœur de la ville. (Été 2009) *La Maison Saine*. Supplément du magazine *La Maison du 21^e siècle*. p.58-61
- ⁴² Center for Neighborhood Technology, 2006. *Water : From Trouble to Treasure. A Pocket Guide to "Green" Solutions*. Consulté le 2 septembre 2009 sur www.cnt.org/repository/Water_booklet_final.pdf
- ⁴³ RiverSides, 2009. *Toronto Homeowner's guide to Rainfall*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.riversides.org/rainguide/
- ⁴⁴ Kinkade-Levario, H., 2007. *Design for Water: Rainwater Harvesting, Stormwater Catchment, and Alternate Water Reuse*. New Society Publishers. 240 p.
- ⁴⁵ City of Chicago, Department of Water Management, Department of Environment, sans date. *Managing Stormwater at Home: A How-to Guide for Chicago Residents*. Consulté le 13 septembre 2009 sur www.ci.chi.il.us/webportal/COCWebPortal/COC_ATTACH/ManagingStormwater_Home.pdf
- ⁴⁶ City of Chicago, sans date. *Rain Garden Brochure*. Consulté le 2 septembre 2009 sur http://egov.cityofchicago.org/webportal/COCWebPortal/COC_ATTACH/Rain_Garden_Brochure_012505.pdf
- ⁴⁷ Winooski Natural Resources Conservation District, University of Vermont Extension, Lake Champlain Sea Grant, 2009. *The Vermont Rain Garden Manual: Gardening to absorb the storm*. Consulté le 3 septembre 2009 sur www.vacd.org/winooski/RGManual7.1.09FINAL.pdf
- ⁴⁸ Metropolitan Council, 2009. *Urban Small Sites Best Management Practice Manual*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.metrocouncil.org/environment/Water/BMP/manual.htm
- ⁴⁹ Dunnett, N., Clayden, A., 2007. *Rain Gardens: Managing Water Sustainability in the Garden and Designed Landscape*. Timber Press. 188 p.
- ⁵⁰ Société canadienne d'hypothèques et de logement, 2010. *Techniques végétatives*. Consulté le 2 mars 2010 sur www.cmhc-schl.gc.ca/fr/prin/dedu/ealo/ealo_011.cfm
- ⁵¹ Tree Canada, 2008. *Media release: Partnership results in Canada's first urban forest software*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.cif-ifc.org/uploads/Website_Assets/TreeCanada.pdf

-
- ⁵² Cornell University, 2010. *Urban Horticulture Institute - Structural Soil: An Innovative Medium Under pavement that Improves Street Tree Vigor*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.hort.cornell.edu/uhi/outreach/csc/article.html
- ⁵³ Urban, J., sans date. *Alternatives to Structural Soil for Urban Trees and Rain Water*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.asla.org/meetings/am2007/Handouts/MONC8Alt%20to%20Struc%20soil.doc.pdf
- ⁵⁴ Casey Trees, 2008. *Tree Growing the Tree Space Out of the Box Design*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.caseytrees.org/planning/design-resources/for-designers/tree-space/documents/Tree_Space_Design_lowres.pdf
- ⁵⁵ Lavallée, N., 2004. Arbres de rue. Comment va la santé? (Printemps 2004) *Quatre-Temps, La revue des amis du Jardin botanique de Montréal*, vol. 28, n° 1, mars 2004, p. 22-24
- ⁵⁶ City of Toronto, 2010. *Toronto Green standard*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.toronto.ca/planning/environment/greendevelopment.htm
- ⁵⁷ Lapalme, R., 2006. *Protéger et restaurer les lacs*. Boucherville (Qc) : Bertrand Dumont Éditeur. 192 p.
- ⁵⁸ Lapalme, R., De Sève, M., Rousseau, M., Lebfèvre, D., Prince, M., Nault, J., Legaré, F., Girard, J-F., 2008. *Algues bleues : Des solutions pratiques*. Boucherville (Qc) : Bertrand Dumont Éditeur. 256 p.
- ⁵⁹ Braden, J. B., Johnston, D. M., 2004. Downstream economic benefits from storm-water management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, vol. 130, n° 6, p.498-505
- ⁶⁰ Kollin, C., 2006. *How Green Infrastructure Measures Up to Structural Stormwater Services*. Consulté le 23 février 2010 sur www.stormh2o.com/july-august-2006/green-stormwater-ecosystem.aspx
- ⁶¹ United States Environmental Protection Agency, 2007. *Reducing Stormwater Costs through Low Impact Development (LID) Strategies and Practices*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.epa.gov/nps/lid/costs07/documents/reducingstormwatercosts.pdf
- ⁶² Fuamba, M., Walliser, T., Rousselle, J., Rivard, G., et Daynou, M. 2008. Pour une gestion durable et intégrée des eaux pluviales : Quelques propositions d'action pour le Québec. *Vecteur Environnement*, vol. 41, n° 5, p.16-23
- ⁶³ Fuamba, M., Walliser, T., Rousselle, J., Rivard, G., et Daynou, M. 2010. Vers une gestion durable et intégrée des eaux pluviales : Application des propositions d'action publique au Québec. *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 37, n° 2, p.224-235
- ⁶⁴ United States Environment Protection Agency New England, 2009. *Managing Stormwater with Low Impact Development Practices: Addressing Barriers to LID*. Consulté le 3 février 2010 sur www.epa.gov/ne/npdcs/stormwater/assets/pdfs/AddressingBarrier2LID.pdf
- ⁶⁵ Toronto and Region Conservation, 2009. *Review of the Science and Practice of Stormwater Infiltration in Cold Climates*. Consulté le 4 février 2010 sur www.sustainabletechnologies.ca/Portals/Rainbow/Documents/SW_Infiltration%20Review_0809_execsumm.pdf

-
- ⁶⁶ University of New Hampshire Stormwater Center, 2010. *University of New Hampshire Stormwater Center: Environmental Research Group*. Consulté le 15 février 2010 sur www.unh.edu/erg/cstev/index.htm
- ⁶⁷ University of New Hampshire Stormwater Center, 2007. *Annual Report*. Consulté le 15 février 2010 sur www.unh.edu/erg/cstev/2007_stormwater_annual_report.pdf
- ⁶⁸ Société canadienne d'hypothèques et de logement, 2009. *Le point en recherche : Évaluation de la gestion écologique des eaux de ruissellement*. Consulté le 4 mars 2010 sur www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/pdf/66599.pdf?fr=1267720669343
- ⁶⁹ Gibb, A., Kelly, H. (Dayton and Knight LDT.), Horner, R., Schueler, T. (Centre for Watershed Protection), Simmler, J., Knutson, J. (Economic and Engineering Services Inc.), 1999. *Best Management Practices Guide For Stormwater*. Consulté le 14 janvier 2010 sur www.metrovancouver.org/about/publications/Publications/BMPVol1a.pdf et www.metrovancouver.org/about/publications/Publications/BMPVol1b.pdf
- ⁷⁰ Garant, D. 2009. *La problématique des surverses dans l'agglomération montréalaise : les aménagements alternatifs et complémentaires aux bassins de rétention*. Essai présenté comme exigence partielle de la maîtrise en environnement. Sherbrooke : Université de Sherbrooke.
- ⁷¹ Low Impact Development Center, 2010. *Permeable Paver*. Consulté le 14 janvier 2010 sur www.lid-stormwater.net/permpaver_costs.htm
- ⁷² Distribution Viking, sans date. *Sauvons l'eau du Canada*. Consulté le 13 janvier 2010 sur www.distributionviking.com/catalog/2009/fr_ca/8/specifics/productions/2009/fr_ca/0008.jpg
- ⁷³ Low Impact Development Center, 2010. *Rain Barrels and Cisterns*. Consulté le 14 janvier 2010 sur www.lid-stormwater.net/raincist_cost.htm
- ⁷⁴ Low Impact Development Center, 2010. *Bioretention*. Consulté le 14 janvier 2010 sur www.lid-stormwater.net/bio_costs.htm
- ⁷⁵ Low Impact Development Center, 2010. *Tree Box Filter*. Consulté le 14 janvier 2010 sur www.lid-stormwater.net/treeboxfilter_costs.htm
- ⁷⁶ DeepRoot, 2010. *DeepRoot Urban Landscape Products*. Consulté le 3 mars 2010 sur www.deeprooot.com
- ⁷⁷ Société canadienne d'hypothèques et de logement, 2010. *Les tranchées d'infiltration*. Consulté le 25 février 2010 sur http://www.cmhc-schl.gc.ca/fr/prin/dedu/ealo/ealo_013.cfm