



Gestion optimale des eaux pluviales : Étude comparative de la performance d'un bassin de biorétention et d'une tranchée d'infiltration

DOCUMENT TECHNIQUE



Les bassins de biorétention et les tranchées d'infiltration sont deux des ouvrages à faible impact écologique les plus courants dans le domaine de la gestion des eaux pluviales. La biorétention consiste à creuser une légère dépression, recouverte d'une couche de pierres, d'un mélange de terre et d'un couvert de paillis et de végétation indigène résistant au sel et aux inondations saisonnières. Une tranchée d'infiltration est une excavation remblayée avec de la pierre de décantation, qui occupe très peu ou pas du tout d'espace en surface. Ces deux ouvrages permettent de traiter les eaux de ruissellement et favorisent l'infiltration, mais seule la technique de biorétention permet de réduire le volume d'eau de ruissellement par évapotranspiration et d'éliminer les polluants grâce aux propriétés naturelles du sol et du couvert végétal.

Pour que l'eau ne s'accumule pas trop longtemps à la surface de ces installations après un épisode de pluie, leur conception doit être bien pensée et il faut régulièrement procéder à des inspections. Lorsque les systèmes sont bien conçus, des équipes d'entretien non spécialisées peuvent corriger efficacement et à peu de frais les problèmes de colmatage.



La présente étude porte sur un bassin de biorétention et sur une tranchée d'infiltration servant à drainer les eaux de ruissellement d'un parc de stationnement situé à Vaughan, en Ontario. Elle vise à comparer la performance de chacune de ces deux techniques du point de vue fonctionnel, hydrologique et de la qualité de l'eau. Ces deux ouvrages ont des aires de drainage et d'infiltration souterraine identiques. Dans les deux cas, les eaux de ruissellement pénètrent par un fossé empierré recouvert d'une membrane géotextile. Les principales variables étudiées sont les suivantes : volume du ruissellement; réduction du ruissellement; formation de mares et infiltration; qualité de l'eau; température des effluents aqueux; taux d'humidité du sol et besoins en fonctionnement et en entretien. Les

résultats montrent que le bassin de biorétention et la tranchée d'infiltration réduisent respectivement de 90 et 80 % le volume des eaux de ruissellement. Dans les deux cas, pour la plupart des indicateurs, la qualité des effluents aqueux n'était pas différente d'un point de vue statistique, à l'exception du phosphore et du fer, exportés en concentrations plus fortes par le bassin de biorétention. Par rapport à la chaussée d'asphalte, la concentration de la plupart des polluants émis par les ouvrages à faible impact écologique était considérablement plus faible, ce qui s'explique essentiellement par des débits sortants moindres. Les entrées des deux ouvrages ont été chargées de balayures provenant d'autres parcs de stationnement très fréquentés et, pendant la courte durée du test, cela n'a eu aucun effet mesurable sur la qualité des effluents. Les résultats de la présente étude montrent que, du point de vue du traitement et de la réduction des eaux de ruissellement, les systèmes d'infiltration dotés d'un dispositif de prétraitement à l'aide d'un fossé d'entrée empierre recouvert d'une membrane géotextile offrent des avantages comparables aux systèmes traditionnels de biorétention. Cependant, ils reviennent moins chers et occupent considérablement moins d'espace en surface.

INTRODUCTION

Il n'est pas facile de mettre en œuvre des pratiques à faible impact écologique en zone urbaine à forte densité en raison du prix élevé des terrains et du manque d'espace pour les ouvrages en surface. Dans ce contexte, les ouvrages souterrains tels que les tranchées d'infiltration sont des options attirantes pour le traitement des eaux de ruissellement, car le terrain en surface reste disponible pour d'autres usages, par exemple, l'aménagement d'un parc de stationnement. On peut également construire un bassin de biorétention pour un parc de stationnement, mais cette technique de traitement occupe davantage d'espace en surface. En Ontario, un bassin de biorétention occupe généralement une superficie correspondant au moins à 7 % de l'aire de drainage. On admet le plus souvent que, par rapport aux systèmes d'infiltration souterraine, la biorétention offre un meilleur traitement des polluants contenus dans les eaux pluviales, grâce à la filtration et à la rétention offertes par le milieu filtrant (le sol) et aux phénomènes de décomposition et d'absorption par les organismes du sol et par le couvert végétal. Mais cette supposée efficacité accrue n'a jamais été démontrée par des essais sur le terrain.

Pour les bassins versants se déversant dans des plans d'eau ayant une faible capacité d'assimilation des nutriments, il faut choisir une pratique de gestion optimale à faible impact

écologique en tenant compte de sa capacité relative d'éliminer les nutriments des eaux de ruissellement. Selon plusieurs études, la concentration des nutriments est élevée à la sortie des ouvrages de biorétention, et ce, à cause de la lixiviation de ces éléments à partir du support filtrant et des plates-bandes (STEP, 2008; Dietz et Clauson, 2005; Hunt et coll., 2006). Les matériaux granulaires grossiers se trouvant dans les tranchées d'infiltration n'agissent normalement pas comme sources de nutriments, mais certains experts craignent que ce procédé de filtration des eaux de ruissellement n'élimine pas les polluants aussi efficacement que les ouvrages considérés comme optimaux qui utilisent le sol comme support filtrant ou qui sont dotés d'un dispositif de prétraitement.

Pour choisir en toute connaissance de cause la technologie la plus abordable et la plus adaptée à un contexte particulier, il vaut mieux d'abord comprendre comment les différentes techniques se comparent du point de vue de l'élimination des polluants et de la réduction du ruissellement. Dans la littérature scientifique, les résultats des études sur la performance de chacune des pratiques à faible impact écologique sont souvent comparés les uns aux autres, mais les différences sont telles du point de vue du contexte d'application, des objectifs de conception et des caractéristiques des matériaux, que la comparaison des résultats obtenus dans le cadre de ces différentes études devient spéculative.

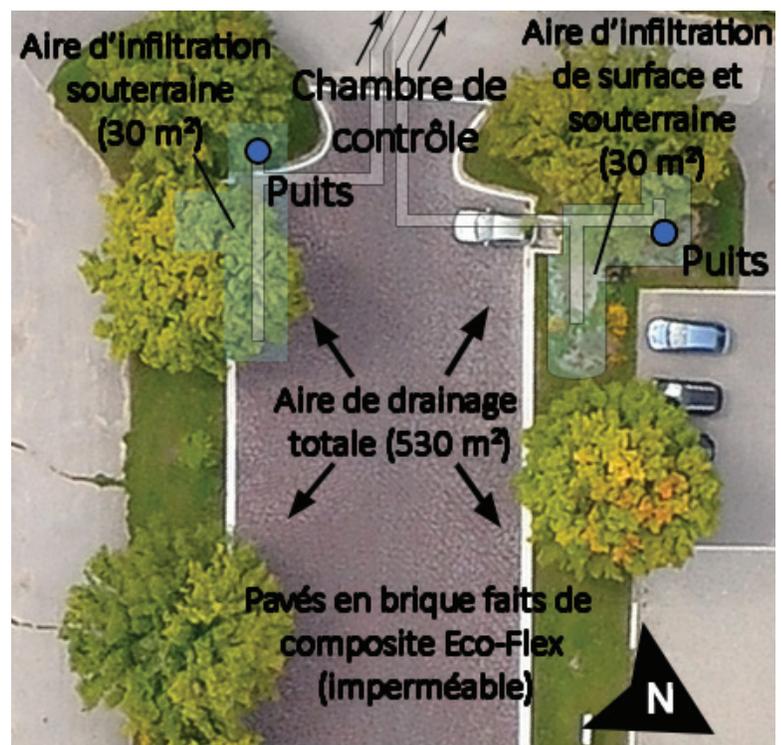


Figure 1. Vue en plan de l'aire de drainage et des ouvrages de traitement.

La présente étude porte sur une tranchée d'infiltration (méthode d'infiltration souterraine) et un bassin de biorétention (méthode d'infiltration de surface) ayant les mêmes aires de drainage et la même superficie d'infiltration. Les deux ouvrages sont comparés du point de vue de la réduction des eaux de ruissellement, de l'élimination des polluants et des besoins d'entretien. Cette comparaison permet de saisir les avantages et les désavantages de chaque méthode, ses caractéristiques de conception, ainsi que son utilité aux abords d'un stationnement ou d'une route où l'achalandage est de faible à moyen.

SITE D'ÉTUDE ET CONCEPTION DE L'INSTALLATION

Cette étude porte sur le parc de stationnement du Centre des visiteurs du Living City Campus, à Vaughan, en Ontario. Pour les besoins de l'étude, on a retiré le revêtement en asphalte d'une partie (530 m²) du stationnement, on l'a nivelée puis on y a installé un revêtement de briques en composite de caoutchouc imperméable provenant de pneus recyclés (Eco-flexMC Churchill). Le nivellement de la chaussée a permis de créer deux aires de 265 m² chacune qui drainent l'eau vers un bassin de biorétention et une tranchée d'infiltration. Les deux pratiques de gestion optimale ont un lit d'infiltration laissant une empreinte de 30 m².

Les figures 1 et 2 montrent respectivement une vue en plan et en coupe transversale des deux ouvrages. L'entrée de chaque système est constituée d'un fossé 2 m² par 0,2 m de profondeur rempli de cailloux de rivière reposant sur une membrane géotextile (Terrafixmc 270R). À l'entrée du bassin de biorétention, les cailloux et la membrane géotextile sont posés sur une dalle de béton dont la pente permet de drainer l'eau vers le bassin de biorétention de 30 m². Dans la tranchée d'infiltration, les pierres et le géotextile reposent sur un réservoir de 55 cm gainé de géotextile et rempli de pierres de décantation de 20 mm. Le bassin de biorétention comprend également une couche de paillis de bois dur de 75 mm posée sur un

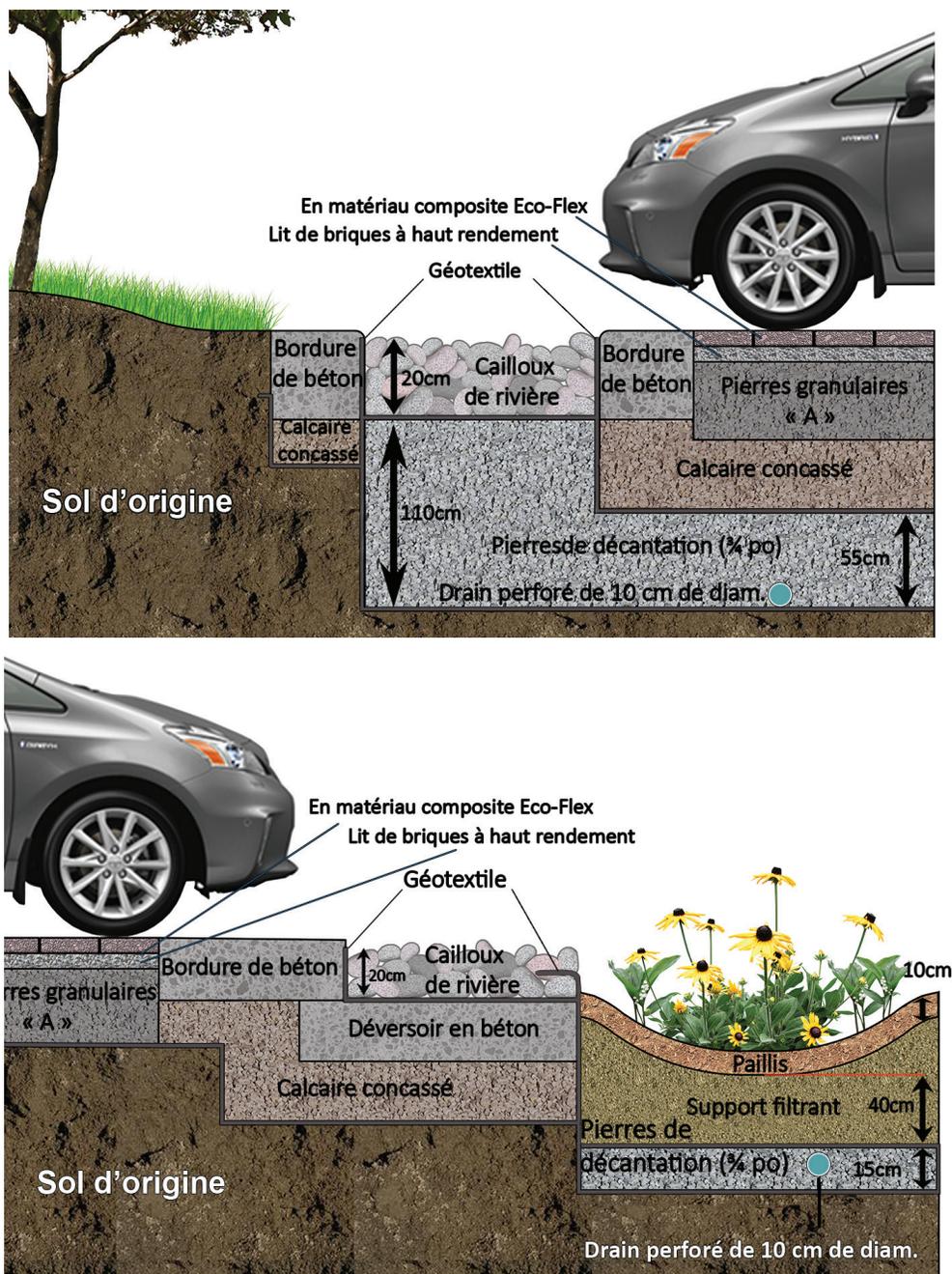


Figure 2. Coupe transversale d'une tranchée d'infiltration (en haut) et d'un bassin de biorétention (en bas).

lit filtrant de 40 cm (60 % de sable, 40 % de limon et d'argile, 5 % de matières organiques mesurés en poids sec). Des drains perforés (de 10 cm de diamètre) sont posés directement sur la membrane géotextile et sont raccordés à des conduits non perforés à la sortie du lit filtrant. Les tuyaux sont munis de colliers anti-suintement pour éviter les fuites d'eau dans le gravier entourant les conduits. Les deux ouvrages drainent l'eau vers une station de mesure. À cet endroit, les conduits sont surélevés juste sous le niveau de la base des deux lits d'infiltration.

APPROCHE

Le programme de mesure, qui a été réalisé d'avril à novembre pendant une période de deux ans, visait à mesurer les précipitations, le débit, la qualité de l'eau et la température de l'eau, ainsi que les caractéristiques fonctionnelles des deux ouvrages de traitement des eaux pluviales (p. ex. le risque d'obstruction, les besoins d'entretien). L'évapotranspiration a été évaluée en fonction de mesures réelles prélevées à l'aide de la méthode des ratios de Bowen appliquée au bilan énergétique dans une aire bien végétalisée située à moins d'un kilomètre du site d'étude.

Avant d'atteindre l'entrée de chaque système, les eaux de ruissellement s'écoulaient latéralement aux bordures de béton. Il était donc impossible de mesurer directement leur volume. Par conséquent, les débits entrants dans le système ont été estimés par unité de surface, à partir des mesures de débit effectuées sur un site de référence adjacent en asphalte. On a appliqué une correction de 1,5 mm sur la hauteur de précipitation pour tenir compte de l'eau piégée entre les pavés autobloquants, en plus de la perte d'eau résultant de l'évaporation directe sur la surface en asphalte. Il y avait une forte corrélation entre les volumes du débit mesuré sur l'asphalte et l'estimation du volume fondé sur la surface de la chaussée et les précipitations, ce qui prêtait foi aux estimations du débit entrant. Les débits et volumes sortants, la qualité de l'eau et la température de l'eau étaient mesurés dans une station d'échantillonnage aménagée en surface, en aval du site. Les échantillons provenant de la surface en asphalte et des ouvrages d'infiltration ont été pondérés pour représenter avec précision la concentration moyenne épisodique des événements en cause.

Pour calculer le volume de ruissellement réduit par les processus d'infiltration et d'évapotranspiration, nous avons calculé la différence

entre le total des débits entrants (mesurés sur le site de référence en asphalte) et le total des débits sortants. La capacité des deux systèmes de traitement à améliorer la qualité de l'eau a été évaluée au moyen d'analyses statistiques de la qualité des eaux sortantes à chacune des sorties des ouvrages à faible impact écologique et de la qualité des eaux de ruissellement non traitées provenant d'une chaussée de référence en asphalte affectée par une densité de trafic et des sources de contamination comparables à celles des sites à l'étude. Les facteurs de réduction des concentrations ont été calculés à partir des concentrations moyennes mesurées pour chaque événement, des volumes de ruissellement et des débits sortants mesurés sur les trois sites. L'analyse de la qualité de l'eau portait sur les indicateurs suivants : les solides, la composition chimique générale, les nutriments et les métaux.

CONSTATATIONS

Par rapport à la surface en asphalte, les deux ouvrages ont réduit le ruissellement de plus de 79 %, et ce, malgré la faible perméabilité des sous-sols. Le tableau 1 montre le taux de réduction des eaux de ruissellement pendant toute la durée de l'étude et après juillet 2013, lorsque les sorties de drainage ont été abaissées pour générer un volume plus important de ruissellement à des fins d'échantillonnage. Avant juillet 2013, les épisodes de pluie de moins de 20 mm ne produisaient pas de débit sortant, et ce, même si le tuyau de drainage n'était qu'à 20 cm au-dessus du sous-sol d'origine. Lorsque les sorties ont été abaissées au niveau de la base des deux ouvrages d'infiltration, on a généralement observé un débit sortant lorsque les accumulations de pluie dépassaient 10 mm. Pendant les épisodes de pluie de plus de 20 mm, les débits sortants représentaient respectivement 81 % et 59 % du volume total des débits provenant de la cellule de biorétention et de la tranchée d'infiltration. Les deux ouvrages ont également permis de retarder et

Tableau 1 : Bilan hydrologique et réduction des eaux de ruissellement pour le bassin de biorétention et la tranchée d'infiltration lors de quatre séries de mesures.

Période de contrôle	Bassin de biorétention					Tranchée d'infiltration				
	Volume entrant (mm)	Volume sortant (mm)	Évapotranspiration (mm)	Recharge souterraine (mm)	Réduction du ruissellement (%)	Volume entrant (mm)	Volume sortant (mm)	Évapotranspiration (mm)	Recharge souterraine (mm)	Réduction du ruissellement (%)
Avr. à oct. 2013	437.7	30.4	41.4	365.9	93.0	437.7	64.2	11.2	362.3	85.3
Avr. à nov. 2014	306.3	41.1	48.2	217.0	86.6	306.3	88.4	2.6	215.3	71.2
Juill. à oct. 2013; avr. à nov. 2014	557.4	60.8	51.0	445.6	89.1	557.4	136.6	9.5	411.3	75.5
Avr. à oct. 2013; avr. à nov. 2014	744.0	71.5	89.6	582.9	90.4	744.0	152.6	13.9	577.6	79.5

Notes : En juillet 2013, les sorties de drainage ont été abaissées de 20 cm pour générer un volume plus important de ruissellement à des fins d'échantillonnage. Le volume du débit entrant des deux ouvrages a été évalué par unité de surface, par rapport au débit d'un site de référence en asphalte.

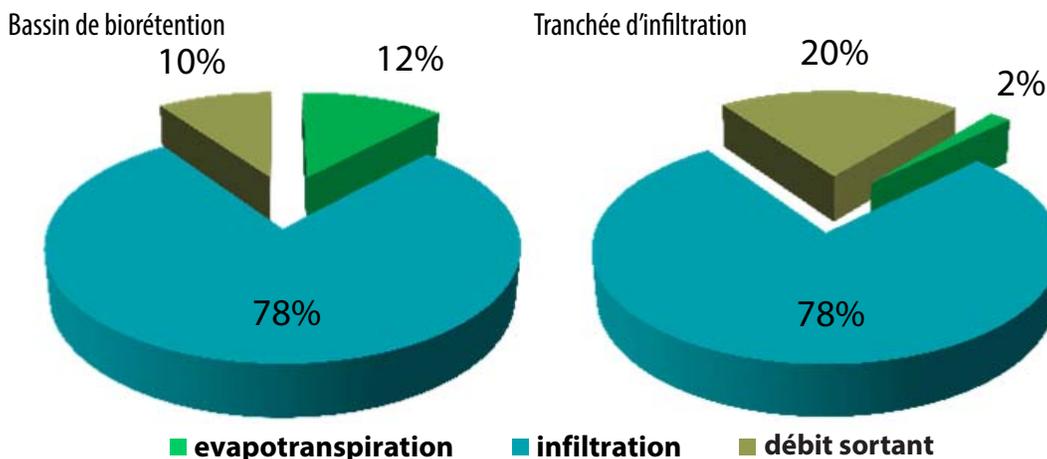


Figure 3. Proportion des eaux de ruissellement pénétrant dans le bassin de biorétention (à gauche) et dans la tranchée d'infiltration (à droite) qui se sont infiltrées ou évapotranspirées, ou qui ont été rejetées dans les eaux réceptrices d'avril à octobre 2011 et d'avril à novembre 2012.

d'atténuer les débits de pointe, ce qui reproduit fidèlement le régime de rétention de l'eau de pluie et de l'écoulement de surface observé en milieu naturel.

On estime qu'entre avril et novembre, le volume des eaux de ruissellement évapotranspirées grâce à la cellule de biorétention et à la tranchée d'infiltration s'élevait respectivement à environ 14 % et 3 % du volume total. Les estimations d'évapotranspiration provenaient

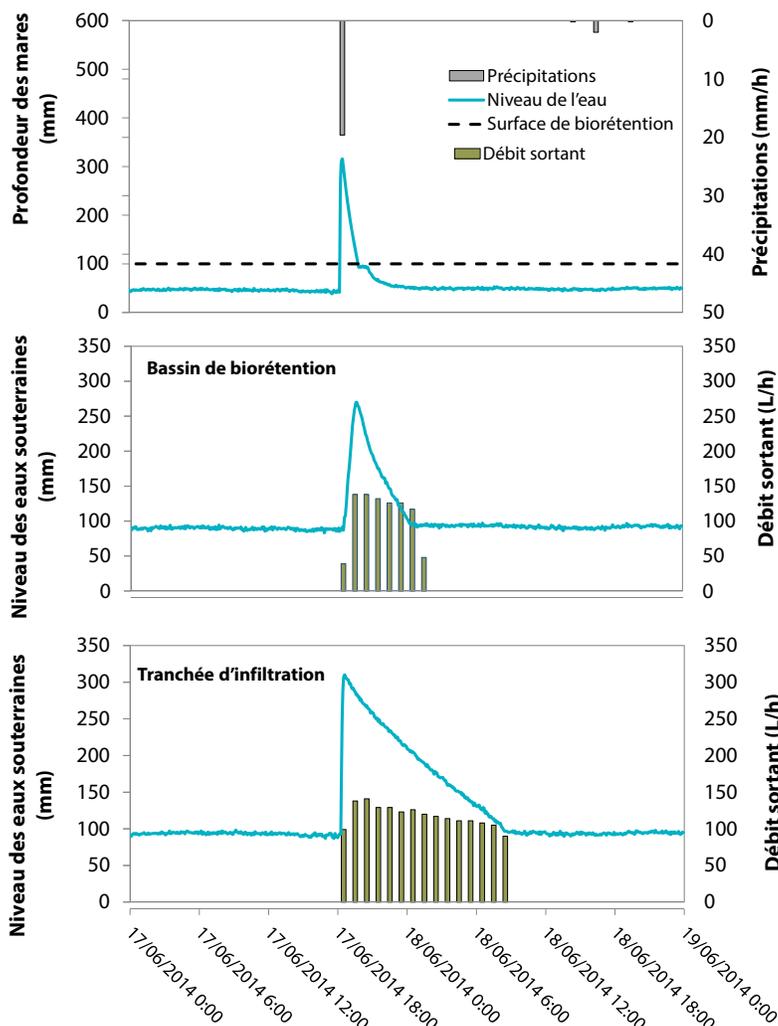


Figure 4. Modification du volume de ruissellement et du niveau des eaux souterraines après un épisode de pluie de 19,6 mm qui a duré une heure le 17 juin 2014

de mesures faites grâce à la méthode des ratios de Bowen pendant la même période sur une aire végétalisée située à moins d'un kilomètre du site d'étude. Les données manquantes ont été estimées à partir du modèle d'équilibre énergétique de Thornthwaite et Mather, en utilisant les coefficients obtenus à partir des mesures effectuées sur une période de trois ans (Delidjakova et coll., 2014). La comparaison des deux ouvrages montre que la différence entre les volumes sortants provient essentiellement du taux d'évapotranspiration, qui varie d'un ouvrage à l'autre (tableau 1 et figure 3). Les deux ouvrages étaient associés à un volume semblable de recharge des eaux souterraines. La capacité des sols de biorétention à retenir les eaux de ruissellement était manifeste lors des épisodes de pluie de moins de 15 mm : le volume sortant de la cellule de biorétention était alors inférieur (d'un cinquième) à celui de la tranchée d'infiltration.

Pendant tout l'été, l'eau a formé des flaques à la surface de la cellule de biorétention seulement lorsqu'il y avait une accumulation de plus de 10 mm de pluie au sol. L'eau restait en surface pendant trois heures en moyenne. Par contre, l'eau accumulée en surface y est restée pendant près de 17 heures lors des précipitations les plus importantes, survenues le 27 juillet 2014. Pendant cet épisode, les accumulations d'eau ont atteint une profondeur de 29 cm au-dessus du point le plus bas de la surface du bassin. Après les précipitations, l'eau s'est infiltrée assez rapidement, à un rythme de plus

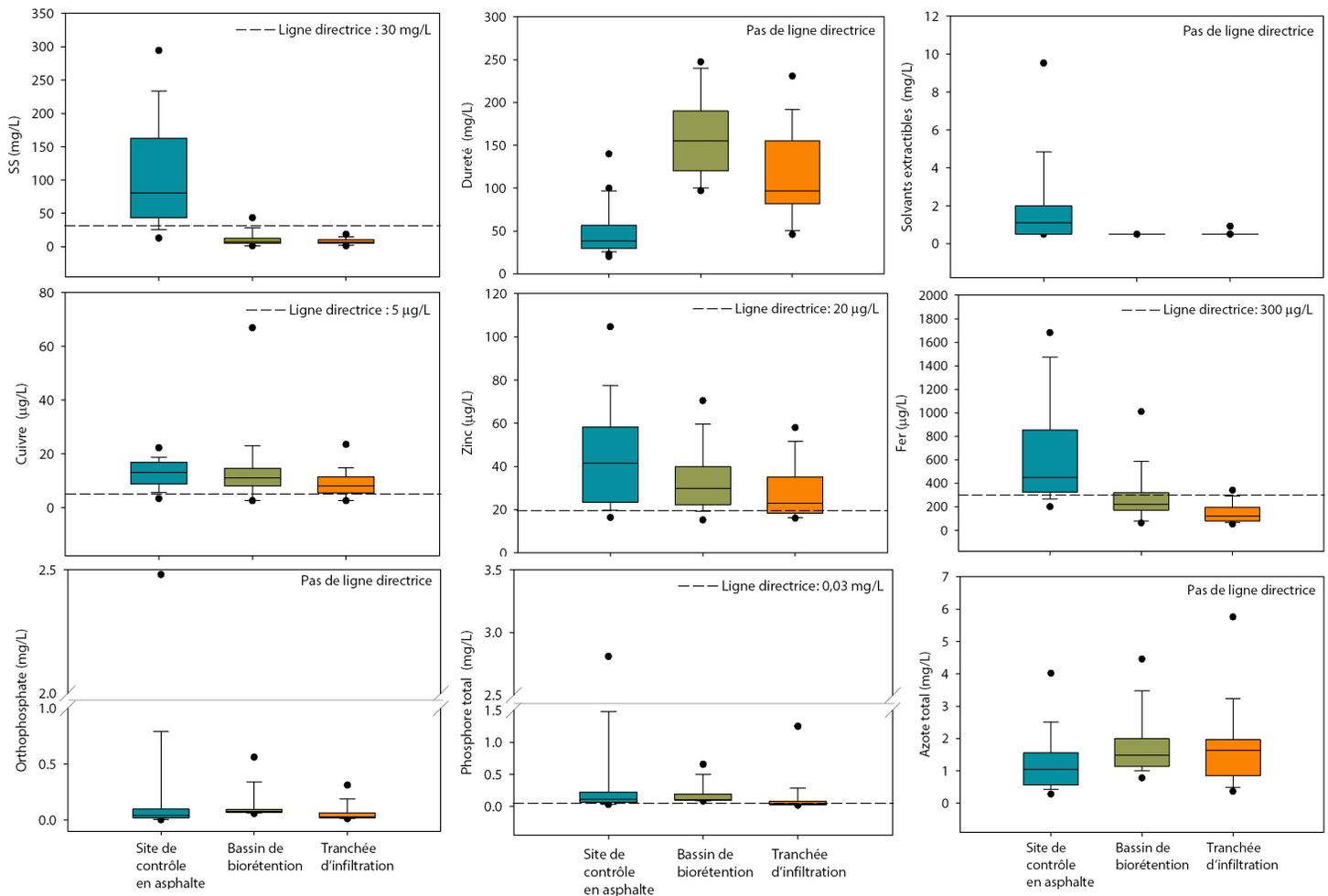


Figure 5. Diagrammes de synthèse pour une gamme choisie de polluants des eaux pluviales.

de 100 mm/h (figure 4). En hiver, l'eau s'est rarement accumulée en surface, car il n'y a pas eu beaucoup d'épisodes de fonte et aucun d'entre eux n'a été combiné à de la pluie. D'autres études ont montré qu'en hiver, l'eau peut s'accumuler de façon prolongée lorsqu'il pleut après avoir neigé. Cette accumulation est causée par la formation d'une fine couche de glace à la surface (Van Seters et Graham, 2014). Pendant toute la durée de l'étude, il n'y a pas eu d'eau stagnante sur le parc de stationnement, car le niveau de la buse de trop-plein était sous le niveau de la chaussée.

Les niveaux de concentration de plusieurs polluants présents dans les débits sortants des deux ouvrages étaient considérablement inférieurs ($\alpha = 0,05$) à ceux des eaux de ruissellement sur l'asphalte. La figure 5 compare la concentration de polluants présents dans les effluents provenant de l'asphalte, de la tranchée d'infiltration et du bassin de biorétention. Ces polluants sont ceux que l'on retrouve le plus couramment dans les eaux de ruissellement. Les écarts sont marqués entre les sites au

regard de ces polluants et d'autres indicateurs de la qualité de l'eau. Le tableau 2 en dresse un résumé. Le bassin de biorétention et la tranchée présentaient des concentrations inférieures en solides en suspension (SS), en plomb, en fer, en cuivre, en zinc, en huile et en graisse, tandis que la concentration de plusieurs nutriments (p. ex., azote total [AT], orthophosphate, nitrates) était inférieure ou à peu près semblable dans l'échantillon prélevé sur l'asphalte. Seules les concentrations de phosphore total de la tranchée étaient inférieures à celles des eaux de ruissellement de l'asphalte. La concentration d'azote associé aux nitrates était supérieure dans les échantillons provenant du bassin de biorétention et de la tranchée, mais elle demeurait considérablement en deçà de la norme préconisée (2,93 mg/L) par les Indicateurs canadiens de durabilité environnementale. La dureté et l'alcalinité de l'eau étaient supérieures à la sortie du bassin de biorétention et de la tranchée, ce qui est avantageux puisqu'une telle augmentation contribue à réduire la toxicité de certains métaux lourds (p. ex., le plomb) qui nuisent à la vie aquatique. Les

Tableau 2. Écarts importants du point de vue statistique (au niveau de confiance de 95 %) entre les concentrations de l'effluent provenant de la chaussée d'asphalte (A), de la tranchée d'infiltration (TI) et du bassin de biorétention (BB).

Variable	A par rapport à la TI	A par rapport au BB	BB par rapport à la TI
SS	A>TI	A>BB	Non stat. signif.
pH	TI>A	BB>A	Non stat. signif.
Alcalinité	TI>A	BB>A	BB>TI
Dureté	TI>A	BB>A	Non stat. signif.
Huile et graisse	A>TI	A>BB	Non stat. signif.
Phosphore total	A>TI	Non stat. signif.	BB>TI
Ortho-phosphate	Non stat. signif.	BB>A	BB>TI
Azote total	Non stat. signif.	BB>A	Non stat. signif.
Azote Kjeldahl total	Non stat. signif.	Non stat. signif.	Non stat. signif.
Amoniaque	A>TI	A>BB	Non stat. signif.
Nitrate	TI>A	BB>A	Non stat. signif.
Plomb	A>TI	A>BB	Non stat. signif.
Fer	A>TI	A>BB	BB>TI
Cuivre	A>TI	Non stat. signif.	Non stat. signif.
Zinc	A>TI	Non stat. signif.	Non stat. signif.
Nickel	TI>A	BB>A	Non stat. signif.

*Indétectable dans plus de 15 % des échantillons provenant d'un ou de plusieurs postes d'échantillonnage.

pH médians des eaux sortantes sont restés dans une fenêtre étroite allant de 7,6 à 8, ce qui est jugé acceptable au regard de la protection de la vie aquatique.

La plupart des polluants se retrouvaient en concentrations à peu près égales dans les eaux sortantes du bassin de biorétention et de la tranchée d'infiltration. À l'exception de l'orthophosphate et du fer, qui se retrouvaient en concentrations considérablement plus élevées dans les eaux sortantes du bassin de biorétention (tableau 2). Le phosphore proviendrait du sol filtrant. On a enregistré une brusque augmentation du phosphore dissous à l'automne, au moment où la végétation meure et où les feuilles mortes s'accumulent aux entrées et dans le puisard.

Par unité de surface, la masse de contaminants rejetée par le bassin de biorétention et la tranchée d'infiltration était de 75 % inférieure à celle du site de contrôle en asphalte, et ce, pour la plupart des indicateurs de la qualité de l'eau. Les variables associées à l'azote, et plus particulièrement le nitrate, ainsi que des métaux comme le nickel, ont fait exception à la règle, car ils se trouvaient en très petites concentrations dans les échantillons de ruissellement provenant du site en asphalte (tableau 3). Le bassin de biorétention a réduit les charges de zinc, d'huile et de graisse plus efficacement que la tranchée d'infiltration, mais la tranchée d'infiltration a traité plus efficacement le phosphore, les variables de l'azote (p.ex., NTK, nitrate), le fer et le cuivre. Dans les deux cas, les charges de polluants étaient considérablement réduites grâce à la

réduction du volume de ruissellement résultant de l'infiltration et de l'évapotranspiration.

La qualité des effluents est restée relativement stable lorsqu'on a augmenté la charge de contaminants entrant dans la tranchée d'infiltration et dans le bassin de biorétention. Étant donné qu'il n'y avait pas énormément de trafic dans l'aire de drainage du parc de stationnement étudié, on a voulu vérifier si une plus grande charge de contaminants aurait une incidence sur la qualité de l'effluent provenant des deux ouvrages. Pour ce faire, on a prélevé

18,4 kg de sédiments secs et de terre sur la surface de plusieurs stationnements commerciaux très achalandés de la région du Grand Toronto. Le 14 octobre 2014, on a placé à l'entrée de chacun des ouvrages 9,2 kg de ces matériaux. Cette quantité correspondait plus ou moins à la charge de neuf épisodes d'accumulation de 25 mm de pluie, avec une concentration moyenne de solides en suspension à l'entrée équivalente à 150 mg/L. Les sédiments ont été placés en amont de l'entrée pour s'assurer que les eaux de ruissellement coulant vers les ouvrages passeraient au travers des sédiments avant de pénétrer dans chacune des zones d'infiltration. Une hauteur de 5,2 mm de pluie est tombée au sol juste avant que les sédiments ne soient déposés, mais cet épisode n'a pas été assez important pour générer un débit sortant dans l'un ou l'autre ouvrage. Lors d'épisodes de précipitations ultérieurs, le 16 octobre et le 23 novembre 2014, deux échantillons ont été prélevés juste avant la mise hors service des instruments de mesure pour la période hivernale. L'analyse de ces échantillons montre que la qualité de l'eau des effluents est à peu près la même qu'avant le chargement en sédiments, ce qui laisse penser que la concentration en sédiments ne change rien à la capacité de traitement des deux pratiques de gestion des eaux pluviales. Il faudrait procéder à d'autres études pendant une période plus longue pour déterminer l'effet d'une charge plus élevée en sédiments sur la qualité des effluents.

En été, la température maximale des effluents de la cellule de biorétention et de la tranchée d'infiltration était in-

Tableau 3. Estimation des charges et taux de réduction de la charge des polluants les plus courants dans les eaux de pluie.

Indicateurs de la qualité de l'eau	Bioretention Cell			Infiltration Trench		
	Charges entrantes (g)	Charges sortantes (g)	Réduction de la charge de contaminants (%)	Charges entrantes (g)	Charges sortantes (g)	Réduction de la charge de contaminants (%)
Total des solides en suspension	7766,3	207,2	97	7766,3	166	98
Ammoniaque + ammonium (N)	16,3	1,5	91	16,3	1,6	90
Nitrate + nitrite (N)	34,3	31,9	7	34,3	25,3	26
Azote total Kjeldahl (N)	71,7	24,9	65	71,7	16,6	77
Azote total	101,8	56,4	45	101,8	40,6	60
Phosphore total	21,8	1,9	91	21,8	1,6	93
Phosphate	11,1	1,3	88	11,1	0,7	93
Huile et graisse	91,6	6,5	93	91,6	12,2	87
Cuivre	1,0	0,2	80	1,0	0,2	83
Fer	47,5	5,3	89	47,5	3,1	93
Plomb	0,2	0,0	92	0,2	0,0	85
Nickel	0,2	0,1	42	0,2	0,2	11
Zinc	3,2	0,4	88	3,2	0,5	84

Notes : Les concentrations dans les influents sont calculées à partir des données mesurées sur le site de contrôle en asphalte.

férieure (de 5,3 °C) à celle de l'effluent de l'aire asphaltée, ce qui offre un régime thermique plus adapté aux besoins de la vie aquatique en aval. Ces températures moindres présentent un avantage important pour ces ouvrages par rapport à d'autres systèmes de traitement comme les étangs d'épuration, car il a été prouvé que ces derniers augmentent de 5 à 9 °C la température des ruissellements. Pendant les périodes de chaleur estivale, la température des eaux sortantes du bassin de biorétention et de la tranchée d'infiltration atteignait tout au plus 26,1 °C et 27,8 °C respectivement. La température du bassin de biorétention est considérablement plus élevée que celle observée dans d'autres systèmes de biorétention (p. ex., Van Seters et Graham, 2014). La différence s'explique tout vraisemblablement par la température du composite de caoutchouc des dalles, qui était de 12 °C supérieure à celle de l'asphalte par une chaude journée d'été. Il faut toutefois noter que si la température des débits sortants des ouvrages de biorétention et d'infiltration dépasse le niveau désiré au regard de la protection des poissons d'eau douce, il reste que la charge thermique de ces deux ouvrages est très faible dans la mesure où ils réduisent considérablement le volume du ruissellement. Contrairement aux étangs pluviaux, qui rejettent souvent des eaux tièdes, même par temps sec, les systèmes de traitement à faible impact écologique permettent pratiquement d'éliminer les débits par temps sec.

Même après deux ans de fonctionnement, ces systèmes continuent d'être efficaces du point de vue de l'infiltration et du drainage. L'entretien de la cellule de biorétention se limite aux tâches de routine, à savoir le désherbage, l'émondage

et les semelles du printemps. Les fossés d'entrée des deux ouvrages doivent être nettoyés au printemps. Au cours de la première année, il a fallu irriguer manuellement le bassin de biorétention pour favoriser l'établissement des plantes, mais cela a rarement été nécessaire au cours de la deuxième année. L'entretien régulier de la cellule de biorétention du parc de stationnement coûte environ 2 000 \$ par année, surtout pour le désherbage, tandis que la tranchée d'infiltration coûte environ 200 \$ par année en travaux d'entretien. Les conduits et les sorties sont restés dégagés en hiver, malgré le déblaiement de la neige ou d'autres activités d'entretien hivernal du parc de stationnement. Les taux d'infiltration en surface sont restés stables pendant les deux ans de fonctionnement des systèmes.

Le prix de construction du bassin de biorétention dépassait d'environ 13 % celui de la tranchée d'infiltration. Les coûts d'entretien paysager du bassin de biorétention seront plus élevés, de même que les coûts de réfection à long terme. Étant donné que la construction des ouvrages à faible impact écologique pour le parc de stationnement comprenait la pose de pavés et d'autres composantes du système de drainage et de mesure, l'entrepreneur n'a pu établir le prix de revient exact du bassin de biorétention ou de la tranchée d'infiltration. Par conséquent, le prix de la conception et de la construction (y compris des matériaux) des deux ouvrages a été évalué en fonction d'un outil d'établissement des coûts pour le cycle de vie, mis au point par le programme STEP pour la région du Grand Toronto (Uda et coll., 2013, STEP, 2013). Cet outil a permis de déterminer que la construction du bassin de

biorétention a coûté environ 517 \$/m², tandis que ce montant était de 450 \$/m² pour la tranchée d'infiltration. Les coûts du cycle de vie comprennent l'entretien de routine et les coûts de réfection évalués sur une période de 50 ans, en supposant que le taux d'actualisation est de 5 %. Les coûts du cycle de vie sont exprimés en valeur actualisée nette (NPV), ce qui représente la valeur des coûts prévus (c.-à-d., entretien et réfection du bassin) exprimés en valeur présente selon un « taux d'actualisation » qui représente la valeur temporelle de l'argent d'un investisseur. Les coûts du cycle de vie du bassin de biorétention étaient plus élevés (de 8 000 \$), et ce, en raison du prix du support filtrant, des matières végétales et de l'entretien paysager annuel et de la réfection partielle du support filtrant qui, selon toute probabilité, devra être faite d'ici 25 ans.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette étude visait à comparer les avantages de deux ouvrages dont l'empreinte de surface et le support filtrant sont différents, notamment du point de vue hydrologique et de la qualité de l'eau. Les résultats montrent que les deux ouvrages ont permis de réduire le ruissellement de plus de 79 %, et ce, malgré la faible perméabilité des sous-sols d'origine. Le bassin de biorétention a retenu 10 % de plus d'eau que la tranchée, le support filtrant et les végétaux ayant une capacité de rétention supérieure, ce qui a donné lieu à des taux plus élevés d'évapotranspiration et à une réduction plus importante du ruissellement total. Les effluents provenant des deux ouvrages étaient de qualité semblable, sauf au regard des concentrations en phosphore et en fer, plus élevées dans les eaux rejetées par le bassin de biorétention. La capacité de rétention et d'infiltration des deux ouvrages a une forte influence sur la concentration en contaminants, par ailleurs faible dans les deux cas. D'après les résultats de cette étude, les systèmes d'infiltration conçus avec une unité de prétraitement à l'entrée (pierres et membrane géotextile) offrent des avantages comparables aux systèmes de biorétention traditionnels du point de vue du traitement et de la réduction du ruissellement, mais ils coûtent moins cher et occupent moins de place en surface. Les collectivités de l'Ontario qui désirent gérer les eaux pluviales au moyen de pratiques présentant un attrait esthétique et permettant d'atténuer les îlots de chaleur, d'améliorer le stockage et d'accélérer l'infiltration des eaux devraient opter pour des ouvrages hybrides combinant les fonctions des deux techniques étudiées ici.

On trouvera ci-dessous une série de recommandations fondées sur les résultats de la présente étude. Elles portent sur la conception d'un bassin de biorétention et d'une tranchée d'infiltration, ainsi que sur les questions à approfondir lors de recherches ultérieures.

Conception des ouvrages

- Le support filtrant est une composante cruciale de la conception d'un bassin de biorétention. Il contrôle le taux d'infiltration, l'accumulation de l'eau en surface, la qualité de l'eau et les besoins au chapitre de l'entretien à long terme. Dans le cas du bassin de biorétention étudié, le support filtrant avait fait l'objet de tests avant d'être installé, mais les tests effectués in situ ont montré que la texture du matériau livré était plus fine, ce qui laisse croire que le matériau livré était différent, ou qu'il n'a pas été mélangé uniformément. Les contrats conclus avec les entreprises chargées du malaxage de la terre devraient donc comprendre des clauses garantissant que le matériau livré est conforme aux spécifications résultant des tests préliminaires.
- Bien que le support filtrant soit composé à 40 % de particules fines, l'infiltration est efficace et les périodes d'accumulation de l'eau à la surface sont relativement courtes. Il faudrait procéder à des observations sur de plus longues périodes, mais d'après ces résultats, les professionnels de l'aménagement paysager peuvent d'ores et déjà conclure qu'il est possible de réduire la proportion de sable actuellement recommandée (85 à 88 %) pour le support filtrant d'un bassin de biorétention, ce qui permet d'aménager un couvert de végétation plus varié et de réduire l'irrigation.
- Même si le sous-sol d'origine était composé d'argile limoneuse peu perméable, le taux de perméabilité était suffisant pour que les deux ouvrages favorisent la recharge de la nappe phréatique. Ceci corrobore les résultats d'autres études réalisées par STEP (Young et coll., 2013a; Young et coll., 2013b), montrant qu'il est possible de réduire considérablement le volume de ruissellement provenant de l'infiltration même lorsque la texture des sols d'origine est fine et que leur capacité de filtrage est limitée. Le débit sortant peut être réduit davantage en surélevant la sortie, ce qui accroît la capacité d'entreposage temporaire de l'eau et l'infiltration dans le réservoir granulaire des deux installations.
- Selon les lignes directrices actuellement publiées par TRCA et CVC (2010) relatives aux systèmes de biorétention, pour assurer un rendement optimal pendant la durée de vie de ces installations, leur surface de drainage étanche ne devrait pas être supérieure à 15 fois leur superficie d'infiltration. Dans la présente étude, le rapport surface perméable-surface imperméable était de 9 à 1, ce qui confirme qu'un site d'au moins cette taille assure un traitement efficace, sans érosion ni colmatage sédimentaire prématuré.
- À l'entrée des deux installations étudiées, gainées d'une membrane géotextile, on avait installé un lit de cailloux de rivière pour retenir les sédiments grossiers et, dans le cas du bassin de bioréten-

tion, pour prévenir l'érosion du paillis et du support filtrant. Chaque année, d'importantes accumulations de sédiments sont retirées de ces dispositifs de prétraitement. Pour ce faire, il faut retirer la couche de cailloux puis secouer la membrane géotextile, un travail d'environ quatre heures dans les deux cas. Lorsque l'espace le permet, il est recommandé d'installer ces dispositifs à l'entrée des ouvrages. C'est une solution efficace et n'exigeant pas beaucoup d'entretien qui peut permettre de prolonger les intervalles entre les importants travaux de réfection.

Sujets de recherches ultérieures

- L'influence de la charge de polluants sur la qualité des effluents provenant des deux ouvrages à l'étude n'a pas été bien comprise. Il faudrait évaluer l'efficacité de ces ouvrages en fonction de différents taux de charge pour vérifier leur fonctionnement dans différents contextes d'aménagement du territoire.
- Il faudrait effectuer davantage de travaux de recherche sur les besoins à long terme en matière d'exploitation et d'entretien des bassins de biorétention et des tranchées d'infiltration, et sur l'évolution des performances de ces ouvrages au fil du temps.

REFERENCES

- Credit Valley Conservation and Toronto and Region Conservation (CVC & TRCA) (2010) Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide. Version 1.0. Toronto, Ontario.
- Delidjakova K, Bello R, and MacMillan G (2014) Evaluation of Actual Evapotranspiration for Three Land Use Types. TRCA's Sustainable Technologies Evaluation Program, Toronto.
- Dietz M, and Clausen J (2005) A field evaluation of rain garden flow and pollutant treatment. *Water Air Soil Pollut.*, 167:123-138.
- Hunt W, Jarrett A, & Sharkey L (2006). Evaluating bioretention hydrology and nutrient removal at three field sites in North Carolina. *J. Irrig. Drain. Eng.*, 132 (6), 600-608.
- Toronto and Region Conservation Authority (TRCA) (2008) Performance Evaluation of Permeable Pavement and a Bioretention Swale - Seneca College, King City, Ontario. TRCA's Sustainable Technologies Evaluation Program, Toronto.
- Toronto and Region Conservation Authority (TRCA) (2013) Low Impact Development Practices Costing Tool. TRCA's Sustainable Technologies Evaluation Program, Toronto
- Uda M, Van Seters T, Graham C, Rocha L (2013) Evaluation of Life Cycle Costs for Low Impact Development Stormwater Management Practices. TRCA's Sustainable Technologies Evaluation Program, Toronto.
- Van Seters T and Graham C (2014) Evaluation of a Bioretention System – Earth Rangers, Vaughan. TRCA's Sustainable Technologies Evaluation Program, Toronto.
- Young D, Van Seters T, Graham C (2013a) Evaluation of Underground Stormwater Infiltration Systems. TRCA's Sustainable Technologies Evaluation Program, Toronto.
- Young D, Van Seters T, Graham C (2013b) Evaluation of Residential Lot Level Stormwater Practices. TRCA's Sustainable Technologies Evaluation Program, Toronto



Pour plus de renseignements sur les initiatives à faible impact écologique de STEP, consultez : www.sustainabletechnologies.ca

Cette publication a été produite par le Programme d'évaluation des technologies durables (Sustainable Technologies Evaluation Program – STEP) de l'Office de la conservation de la nature de Toronto et la région (Toronto and Region Conservation Authority – TRCA). La présente étude a bénéficié de l'aide financière de la Région de Peel, de la Région de York, de la Ville de Toronto, du Fonds de durabilité des Grands Lacs du gouvernement du Canada et du Fonds de promotion des innovations en technologies de l'eau du gouvernement de l'Ontario. Filtrex Canada, EMCO, Ontario Tire Stewardship, Pickseed, Schollen and Company, Terrafox et ThermoGreen ont apporté une aide en nature. Traduction française réalisée par Christine Gonthier. Le contenu du présent rapport ne reflète pas nécessairement les politiques des organismes de financement. De plus, l'aide financière apportée à la réalisation du présent rapport ne signifie pas que les donateurs en cautionnent le contenu. Pour plus de renseignements au sujet du présent projet, veuillez communiquer avec STEP@trca.on.ca.

