



Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant: améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

Préparé par:
Credit Valley Conservation

mai 2021

www.sustainabletechnologies.ca

La composante eau du STEP est un partenariat entre l'Office de protection de la nature de Toronto et de la région, CVC, et l'Office de protection de la nature de la région du lac Simcoe

INFORMATION SUR CETTE PUBLICATION

Credit Valley Conservation, 2021. *Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement*. Credit Valley Conservation, Mississauga, Ontario.

Ce document a été préparé par Credit Valley Conservation (CVC) par le biais du programme d'évaluation des technologies durables (Sustainable Technologies Evaluation Program [STEP]).

Contributeurs au rapport de CVC :

| | | | |
|--------------------|------------------|----------------|--------------|
| Kyle Menken | Alexandra Veglio | Asif Bhatti | Rohan Hakimi |
| Kyle Vander Linden | Amanda Slaght | Shannon Malloy | Phil James |

Les documents préparés par le STEP sont disponibles sur www.sustainabletechnologies.ca. Pour plus d'information à ce sujet ou sur d'autres publications du STEP, veuillez contacter :

Kyle Menken

Technicien, CVC et STEP
Credit Valley Conservation
1255, Old Derry Road
Mississauga, Ontario
Courriel : kyle.menken@cvc.ca

Kyle Vander Linden

Gestionnaire de projet, CVC et STEP
Credit Valley Conservation
1255, Old Derry Road
Mississauga, Ontario
Courriel : kyle.vanderlinden@cvc.ca

SUSTAINABLE TECHNOLOGIES EVALUATION PROGRAM (STEP)

La composante eau du STEP est un partenariat entre l'Office de protection de la nature de Toronto et de la région, CVC et l'Office de protection de la nature de la région du lac Simcoe. Le STEP appuie la mise en œuvre élargie des pratiques et des technologies durables dans un contexte canadien en :

- faisant de la recherche, de la surveillance et de l'évaluation concernant l'eau potable et les technologies à faibles émissions de carbone;
- évaluant les obstacles et les possibilités en matière de mise en œuvre de la technologie;
- élaborant des outils, des lignes directrices et des politiques connexes;
- offrant des programmes d'éducation et de formation;

- plaidant en faveur des technologies durables et efficaces;
- collaborant avec des partenaires universitaires et de l'industrie par l'entremise de nos laboratoires vivants et autres initiatives.

Les technologies évaluées dans le cadre du STEP ne se limitent pas à des dispositifs ni à des produits physiques; elles peuvent aussi comprendre des mesures préventives, des protocoles de mise en œuvre, d'autres conceptions de sites urbains et d'autres pratiques novatrices qui contribuent à bâtir des collectivités plus durables et où il fait bon vivre.

REMERCIEMENTS

Appuyé par le Programme d'adaptation aux changements climatiques de Ressources naturelles Canada.



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Canada

Nous souhaitons aussi remercier les nombreuses personnes qui ont contribué à ce guide en fournissant des données, une révision technique et des conseils d'expert de la part des organismes suivants :

- Matt Wilson, Ville de Kitchener
- Nick Gollan, Ville de Kitchener
- Julie McManus, Ville de Vancouver
- Wendy de Hoog, Ville de Vancouver
- Chris Despins, Ville de Vancouver
- Megan McCombe, Région de Peel
- Ben Longstaff, Office de protection de la nature de la région du lac Simcoe
- Steve Auger, Office de protection de la nature de la région du lac Simcoe
- Susan Ancel, EPCOR
- Matthew Scott, EPCOR
- Scott Perry, Ville de Mississauga
- Greg Frew, Ville de Mississauga
- Celia Coculuzzi, Ville de Mississauga
- Brad Butt, Chambre de commerce de Mississauga
- Karen Ras, conseillère du quartier 2, Ville de Mississauga
- Ted Fularczuk, Unifay-Fedar Investments

AVIS

Même si les individus et les organismes nommés ci-dessus ont offert du financement pour la préparation de ce document, ce soutien financier n'indique pas qu'ils approuvent son contenu. Si tous les efforts raisonnables ont été déployés pour assurer l'intégrité du contenu de ce document, les individus et les organismes qui le soutiennent ne font aucune garantie ni représentation, expresse ou implicite, en ce qui concerne l'exactitude ou l'exhaustivité des renseignements qui y apparaissent. La mention de toute marque de commerce ou produit commercial ne constitue pas une approbation ni une recommandation de ces produits.

La présente communication vise à donner des renseignements d'ordre juridique. Elle ne contient pas une analyse complète de la loi et n'exprime pas une opinion sur les éléments de loi qui y sont discutés.

© 2021, Credit Valley Conservation. Tous droits réservés.

TABLE DES MATIÈRES

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1.0 | Résumé analytique | 16 |
| 1.1 | Les études de cas | 17 |
| 1.2 | Recommandations..... | 18 |
| 2.0 | Objectif de ce document | 19 |
| 2.1 | Structure de ce document..... | 19 |
| 3.0 | Introduction | 22 |
| 3.1 | Aménagements patrimoniaux et déficit en matière d'infrastructure | 24 |
| 3.2 | Les possibilités d'IVER | 27 |
| 3.2.1 | Inondation urbaine..... | 27 |
| 3.2.2 | Qualité de l'eau : débordements d'égout unitaire et syndrome d'écoulement urbain..... | 29 |
| 3.2.3 | Dénombrement des avantages connexes..... | 31 |
| 3.2.4 | Comblent le fossé entre public et privé..... | 32 |
| 3.3 | Conclusion | 32 |
| 4.0 | Thèmes communs : comment les municipalités canadiennes favorisent l'analyse de rentabilisation d'IVER | 34 |
| 4.1 | Approches systématiques..... | 40 |
| 4.1.1 | Financement attitré | 40 |
| 4.1.2 | Avantages des processus relatifs au plan directeur..... | 43 |
| 4.2 | Travaux dans des environnements urbains denses..... | 48 |
| 4.2.1 | Économies au niveau du lot : utilisations doubles et comparaison des coûts entre infrastructures grises et vertes | 50 |
| 4.2.2 | Économies au niveau du quartier : gestion des eaux de ruissellement distribuée ou centralisée dans Southdown | 51 |
| 4.2.3 | Économies au niveau de la municipalité : améliorer l'infrastructure vieillissante dans un environnement urbain dense | 55 |
| 4.3 | Créer des économies d'échelle | 56 |
| 4.3.1 | L'augmentation du coût marginal de combiner une IVER avec une reconstruction routière..... | 56 |
| 4.3.2 | Combiner plusieurs projets d'IVEP | 57 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 4.4 | Combler le fossé entre public et privé..... | 57 |
| 4.4.1 | Politiques relatives au réaménagement..... | 58 |
| 4.4.2 | Motiver les mises aux normes d'IVER sur propriété privée : programmes de prime, droits de passage et Loi sur le drainage..... | 59 |
| 4.5 | Avantages connexes et objectifs partagés..... | 60 |
| 4.5.1 | Synergies avec d'autres objectifs municipaux : Kitchener..... | 61 |
| 4.5.2 | Synergies avec d'autres objectifs municipaux : Vancouver..... | 63 |
| 4.5.3 | Synergies avec d'autres objectifs municipaux : EPCOR..... | 64 |
| 4.5.4 | Quantifier les avantages connexes..... | 64 |
| 4.6 | Résumé..... | 64 |
| 5.0 | Étude de cas de Kitchener | 65 |
| 5.1 | Historique..... | 65 |
| 5.2 | Qualification des défis..... | 67 |
| 5.2.1 | Impacts de l'urbanisation..... | 67 |
| 5.2.2 | Manque de contrôles de gestion des eaux de ruissellement dans les régions urbaines plus vieilles..... | 68 |
| 5.2.3 | Manque de financement durable pour l'infrastructure dédiée aux eaux de ruissellement..... | 70 |
| 5.2.4 | Le défi de mettre en œuvre l'IVER selon une approche opportuniste..... | 71 |
| 5.3 | Définition d'objectifs..... | 72 |
| 5.3.1 | Le chemin vers l'amélioration des niveaux de service..... | 72 |
| 5.4 | Élaborer une stratégie rentable et une approche systématique pour l'IVER..... | 77 |
| 5.4.1 | Création d'un plan de mise en œuvre..... | 77 |
| 5.4.2 | Définition des bassins hydrographiques prioritaires et choix d'emplacements qui traitent le risque et les limites du site et qui réduisent les changements coûteux au terrain..... | 80 |
| 5.4.3 | Définition de synergies de mise en œuvre avec d'autres plans, politiques et projets..... | 82 |
| 5.4.4 | Choix de pratiques rentables..... | 85 |
| 5.4.5 | Mesure d'IVER dynamique et statique et conséquences d'un meilleur rapport coût-efficacité..... | 88 |
| 5.4.6 | Élaboration de normes de conception..... | 89 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 5.4.7 | Études de faisabilité, rapports de dessin conceptuel et intégration d'IVER dans les normes routières (et rendu 3D) | 91 |
| 5.4.8 | Comparaison de coûts avec l'infrastructure grise conventionnelle : la bonne manière de comparer les coûts d'IVER | 94 |
| 5.4.9 | Améliorer le niveau de service de gestion des eaux de ruissellement à l'échelle de la ville par le biais d'aménagement et de réaménagement de propriété privée... .. | 97 |
| 5.5 | Utiliser la stratégie | 97 |
| 5.6 | Conclusion | 99 |
| 6.0 | Étude de cas d'Edmonton | 100 |
| 6.1 | Historique..... | 100 |
| 6.2 | Qualification des défis..... | 103 |
| 6.3 | Définition d'objectifs..... | 105 |
| 6.3.1 | Classement des 1 300 sous-bassins d'Edmonton en fonction du risque : définir l'approche | 106 |
| 6.3.2 | Première étape : définir les scénarios de tempête et les tracer sur une échelle de probabilité..... | 107 |
| 6.3.3 | Deuxième étape : déterminer la probabilité d'inondation en fonction de la capacité actuelle de l'infrastructure des eaux de ruissellement..... | 109 |
| 6.3.4 | Troisième étape : évaluer l'état des actifs d'eaux de ruissellement existants puis ajuster les modèles ou les classements en fonction du risque..... | 110 |
| 6.3.5 | Quatrième étape : utiliser les indicateurs de capacité pour classer chaque sous-bassin en fonction du risque | 111 |
| 6.3.6 | Cinquième étape : recherche sur l'opinion publique et élaboration de pondérations pour chaque catégorie d'impact..... | 113 |
| 6.4 | Élaborer une stratégie rentable : le rôle de l'IVER..... | 118 |
| 6.4.1 | Utilisation d'IVER pour une réduction rentable du risque d'inondation..... | 119 |
| 6.4.2 | Utilisation des bassins secs pour une réduction rentable du risque d'inondation | 125 |
| 6.5 | Utiliser la stratégie | 126 |
| 6.5.1 | Coordination avec d'autres initiatives dirigées par la ville pour obtenir des avantages connexes et partager le fardeau de l'entretien | 126 |
| 6.5.2 | Collaboration avec le programme Building Great Neighbourhoods d'Edmonton | 127 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 6.5.3 | Préparation de normes d'exploitation | 127 |
| 6.6 | Conclusion | 128 |
| 7.0 | Étude de cas de Vancouver | 130 |
| 7.1 | Historique..... | 130 |
| 7.2 | Qualification des défis..... | 134 |
| 7.2.1 | Une ville en croissance..... | 134 |
| 7.2.2 | Coût du renouvellement de l'infrastructure dédiée à l'eau | 136 |
| 7.2.3 | Enjeux relatifs à l'eau de pluie et augmentation des pluies extrêmes..... | 138 |
| 7.2.4 | Impacts des changements climatiques et du ruissellement..... | 139 |
| 7.2.5 | Sources d'eau potable..... | 141 |
| 7.3 | Définition d'objectifs..... | 143 |
| 7.3.1 | Caractéristiques principales de la stratégie municipale pour la pluie..... | 143 |
| 7.3.2 | Coûts relatifs aux diverses solutions pour l'eau de pluie..... | 143 |
| 7.3.3 | Principes directeurs pour transformer Vancouver en ville sensible à l'eau..... | 144 |
| 7.3.4 | Vision et buts | 144 |
| 7.3.5 | Cibles | 145 |
| 7.3.6 | Directives et plans d'action | 147 |
| 7.4 | Élaborer une stratégie rentable pour l'infrastructure verte d'eau de pluie..... | 148 |
| 7.4.1 | Collaboration avec le secteur privé..... | 149 |
| 7.4.2 | Mise à niveau de l'infrastructure et recours à l'infrastructure verte d'eau de pluie dans le cadre d'une approche grise-verte..... | 150 |
| 7.4.3 | Budget d'immobilisation et de fonctionnement d'infrastructure d'eau de pluie de Vancouver et sources de financement..... | 152 |
| 7.5 | Utiliser la stratégie..... | 155 |
| 7.5.1 | Gestion intégrée de l'eau dans le corridor Cambie..... | 155 |
| 7.6 | Conclusion | 157 |
| 8.0 | Étude de cas de Southdown | 159 |
| 8.1 | Historique..... | 159 |
| 8.2 | Qualification des défis..... | 161 |
| 8.2.1 | Manque de contrôles de gestion des eaux de ruissellement..... | 161 |
| 8.2.2 | Les initiatives de gestion des eaux de ruissellement de la ville de Mississauga.. | 165 |
| 8.2.3 | Qualité de l'air et effet d'îlot thermique urbain..... | 168 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 8.3 | Définition d'objectifs..... | 168 |
| 8.3.1 | L'IVER sur propriété privée : combler le fossé entre public et privé..... | 169 |
| 8.3.2 | Avantages multiples : l'IVER fait ce que l'infrastructure grise ne peut pas..... | 172 |
| 8.3.3 | Partage des coûts entre les secteurs public et privé | 175 |
| 8.3.4 | Obtention d'investissement : assurer l'entretien d'IVER sur propriété privée..... | 175 |
| 8.4 | Élaborer une stratégie rentable | 176 |
| 8.4.1 | Système majeur et mineur, sous-bassins hydrographiques et drains secondaires | 177 |
| 8.4.2 | Scénarios 1 et 2 : scénarios d'avant aménagement et de conditions existantes. | 179 |
| 8.4.3 | Scénario 3 : crédit maximal | 184 |
| 8.4.4 | Scénario 4 : propriété publique | 195 |
| 8.4.5 | Comparaison de la rentabilité des scénarios de crédit maximal et de propriété publique..... | 200 |
| 8.5 | Utiliser la stratégie | 202 |
| 8.5.1 | Analyse de la période de remboursement : à quoi ressembleraient des mesures incitatives adéquates? | 203 |
| 8.5.2 | Partage des coûts avec les propriétaires fonciers : période de remboursement | 204 |
| 8.5.3 | Partage des coûts entre les propriétaires fonciers et le secteur public..... | 206 |
| 8.5.4 | Obtention d'investissement : accords avec les propriétaires fonciers | 208 |
| 8.5.5 | Obtention d'investissement en Ontario : servitudes et protection légale en vertu de la Loi sur le drainage | 209 |
| 8.5.6 | Comptabilisation de la valeur du terrain : allocations en vertu de la Loi sur le drainage..... | 210 |
| 8.6 | Conclusion | 212 |
| 9.0 | Glossaire | 214 |
| 10.0 | Abréviations..... | 222 |
| 11.0 | Citations | 223 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Structure commune à chaque étude de cas. | 20 |
| Figure 2 : L'âge de l'aménagement dans la Région du grand Toronto (RGT), Ontario. Les régions en gris pâle ont été construites avant 1981. Celles en gris foncé, entre 1981 et 2011. Il y a eu rénovation des centres urbains de la RGT depuis, y compris des améliorations à la gestion des eaux de ruissellement. | 26 |
| Figure 3 : Une forte pluie a causé une inondation urbaine à Orangeville, en Ontario, le 20 février 2018. | 28 |
| Figure 4 : Eaux usées non traitées qui entrent dans la rivière Rouge à Winnipeg, au Manitoba. . | 30 |
| Figure 5 : Plan du scénario de conception sur propriété publique dans l'étude de cas de Southdown. | 52 |
| Figure 6 : Plan du scénario de conception sur propriété privée dans l'étude de cas de Southdown. | 52 |
| Figure 7 : Organigramme utilisé pour déterminer la meilleure pratique d'IVER selon un emplacement. | 62 |
| Figure 8 : Zones d'écoulement de l'installation dédiée aux eaux de ruissellement et au séparateur d'huiles et de sédiments de Kitchener. | 69 |
| Figure 9 : Pourcentage de la région de Kitchener contrôlée par des actifs de gestion des eaux de ruissellement. | 70 |
| Figure 10 : Jardinières de biorétention de la rue King. | 72 |
| Figure 11 : Processus de décision pour l'application de frais relatifs aux eaux de ruissellement si la CCVR n'est pas rencontrée ou rencontrée partiellement. | 76 |
| Figure 12 : Organigramme en soutien à la prise de décision pour les projets de reconstruction de routes locales. | 81 |
| Figure 13 : Organigramme d'aide à la prise de décision pour déterminer le type d'IVER qui convient le mieux à un site. | 84 |
| Figure 14 : Les options jugées acceptables par Kitchener pour les projets d'IVER. | 86 |
| Figure 15 : Analyse comparative de l'établissement d'IVER pour respecter les pourcentages croissants de contrôle de ruissellement à l'aide d'une analyse statique (ligne verte) et d'une analyse dynamique dans des sols différents. | 89 |
| Figure 16 : Dessin aux normes de conception de Kitchener pour des chaussées perméables prémoulées. | 90 |
| Figure 17 : Rapport de dessin conceptuel qui illustre la position de l'IVER en fonction du point de capacité maximale saisonnière et des services. | 92 |

| | |
|--|-----|
| Figure 18: Intégration de la zone de biomédia et de tranchée d'exfiltration dans les normes routières locales dans le cadre du <i>Development Manual</i> de Kitchener mis à jour..... | 93 |
| Figure 19 : Inclusion d'IVER dans des rendus complets de rues. | 94 |
| Figure 20 : Terrain de stationnement en chaussée perméable en cours de construction à la Huron Natural Area. | 95 |
| Figure 21 : Détails du plan de ressources intégré d'eaux de ruissellement, plan d'investissement et d'exploitation, selon ses cinq thèmes d'investissement (EPCOR, 2019)..... | 103 |
| Figure 22 : Inondation d'un passage inférieur sur Whitemud Drive, à Edmonton..... | 104 |
| Figure 23 : Graphiques de précipitation totale pour deux tempêtes à Edmonton — 27 juillet 2016 (gauche) et 5 août 2017 (droite). | 104 |
| Figure 24 : Exemple d'une grille de risque d'EPCOR. | 109 |
| Figure 25 : Le risque social est défini selon que le sous-bassin contient une infrastructure critique et une profondeur d'inondation prévue. | 112 |
| Figure 26 : Détails de la méthodologie de classement du risque pour l'impact financier d'inondation de sous-sol. | 113 |
| Figure 27 : Classement général du risque à l'aide des pondérations de catégorie élaborées à la lumière des réponses au sondage..... | 117 |
| Figure 28 : Pratiques d'IVER qu'EPCOR a choisi de mettre en œuvre à Edmonton..... | 121 |
| Figure 29 : Capacité de réduction du ruissellement pour les quatre installations d'IVER choisies par EPCOR..... | 123 |
| Figure 30 : Profondeurs de précipitations à la suite d'une intense tempête estivale à Edmonton le 27 juillet 2016. | 124 |
| Figure 31 : Une zone découverte existante dont la fonction a été transformée en bassin sec pour retenir temporairement les eaux de ruissellement lors d'événements de tempête intenses. | 126 |
| Figure 32 : Illustration d'un Vancouver sensible à l'eau. | 132 |
| Figure 33 : Tuyau de puisard d'infrastructure d'eau de pluie vieillissante et inondation urbaine à Vancouver. | 133 |
| Figure 34 : Illustration du ruissellement géré par l'infrastructure verte d'eau de pluie et les systèmes d'égout unitaire et séparatif..... | 136 |
| Figure 35 : Emplacements de débordements d'égout unitaire. | 136 |
| Figure 36 : Profondeurs de pluie annuelle et volumes de débordement d'égout unitaire. | 138 |
| Figure 37 : Régimes de pluies de Vancouver..... | 139 |
| Figure 38 : Polluants sur surfaces dures dans des régions urbaines. L'eau de pluie nettoie les polluants comme l'huile et la graisse, ainsi que des nutriments, des surfaces dures vers le | |

| | |
|---|-----|
| système d'égout. Cette eau de pluie est ensuite conduite directement dans les cours d'eau locaux et, finalement, dans l'océan, ce qui mène à des enjeux de qualité de l'eau. | 142 |
| Figure 39 : Mise en œuvre à l'échelle de la ville d'une infrastructure verte d'eau de pluie (IVEP). | 146 |
| Figure 40 : Conséquences financières de la mise en œuvre de l'infrastructure verte d'eau de pluie..... | 150 |
| Figure 41 : Actifs actuels d'infrastructure verte d'eau de pluie dans toute la ville de Vancouver. | 151 |
| Figure 42 : Sources de financement dédié aux actifs actuels, de 2019 à 2022..... | 153 |
| Figure 43 : Sources de financement dédié aux nouveaux actifs, de 2019 à 2022. | 153 |
| Figure 44 : Région étudiée pour le corridor Cambie. | 155 |
| Figure 45 : Propriétés dans la région à l'étude. Royal Windsor Drive, limite sud-est, se trouve au bas de l'image. | 162 |
| Figure 46 : La région à l'étude dans le bassin hydrographique du ruisseau Sheridan. | 162 |
| Figure 47 : Engorgement de surface sur une propriété dans Southdown. | 163 |
| Figure 48 : Bitume endommagé par des ruissellements de surface..... | 163 |
| Figure 49 : Retrait de sédiments du marais Rattray. En 2014 et en 2015, CVC a dépensé environ 2,5 millions \$ en coûts de construction, à eux seuls, pour retirer les sédiments excédentaires du marais Rattray..... | 164 |
| Figure 50 : Résultats de la pollution par les nutriments dans le ruisseau Sheridan..... | 164 |
| Figure 51 : En 2010, CVC a collaboré avec Bernardi Building Supply, un propriétaire foncier de la région à l'étude, afin de construire une rigole pour améliorer le drainage..... | 171 |
| Figure 52 : Températures de surface (en degrés centigrades) d'une installation de biorétention et du trottoir d'Elm Drive à Mississauga..... | 175 |
| Figure 53 : Sous-bassins hydrographiques de système majeur AA-1 à AA-11 de la région à l'étude..... | 178 |
| Figure 54 : Limites du système mineur pour la région à l'étude, avec étiquettes de drains. | 179 |
| Figure 55 : Portée de l'inondation dans la région à l'étude pour une tempête à un intervalle de récurrence de 1:100 selon le scénario de conditions existantes. | 184 |
| Figure 56 : Concentration prévue du total de solides en suspension (sédiments) dans le ruissellement de surface lors d'une tempête à un intervalle de récurrence de 1:2 selon le scénario de conditions existantes..... | 184 |
| Figure 57 : Emplacements des chambres d'infiltration et des rigoles gazonnées renforcées pour le dessin conceptuel de crédit maximal. La carte montre également les sous-bassins hydrographiques pour chaque drain secondaire. | 186 |

Figure 58 : Le terrain boisé naturalisé et la prairie chez H.L. Blachford Ltd en 2018..... 191

Figure 59 : Bassins hydrographiques de système majeur pour le scénario de fin de canalisation
sur propriété privée..... 196

Figure 60 : Drains secondaires de D à I, avec limites de propriété et drainage divisé. 205

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|-----|
| Tableau 1 : Résumé des principaux défis, des stratégies, des coûts et des avantages relatifs à chaque étude de cas..... | 38 |
| Tableau 2 : Collectivités canadiennes qui disposent de redevances relatives à l'eau de pluie en 2016..... | 42 |
| Tableau 3 : Municipalités ontariennes ayant adopté des programmes de redevances relatives à l'eau de pluie depuis 2016..... | 42 |
| Tableau 4 : Comparaison du coût d'investissement par hectare selon les scénarios de conception sur propriété publique et privée*..... | 54 |
| Tableau 5 : Analyse de la quantité de terrain nécessaire pour gérer les zones de drainage très imperméables à l'aide de bassins..... | 55 |
| Tableau 6 : Approches recommandées et coûts estimés pour les principaux éléments de gestion des eaux de ruissellement du plan directeur de gestion intégrée des eaux de ruissellement, de 2017 à 2030..... | 79 |
| Tableau 7 : Comparaison de la rentabilité de trois types d'IVER pour respecter la CCVR de Kitchener..... | 87 |
| Tableau 8 : Comparaison des coûts de matériaux pour le terrain de stationnement en pavés perméables et celui en bitume avec SHS..... | 96 |
| Tableau 9 : Coûts supplémentaires d'installations d'IVER dans six projets de reconstruction routière à Kitchener en 2018..... | 98 |
| Tableau 10 : Mise en application des frais pour eaux de ruissellement pour les projets d'aménagement et de réaménagement à Kitchener..... | 99 |
| Tableau 11 : Scénarios de tempête utilisés dans le précédent plan d'atténuation du risque d'inondation à l'échelle de la ville d'Edmonton..... | 107 |
| Tableau 12 : Scénarios de tempête, pourcentage de probabilité au fil du temps, échelle de probabilité du pan de ressources intégrées d'eaux de ruissellement..... | 108 |
| Tableau 13 : Conséquences de pluie extrême utilisées pour élaborer les classements de gravité pour l'inondation urbaine..... | 110 |
| Tableau 14 : Descriptions de résultats de quatre catégories d'impact utilisées dans le cadre du sondage public d'EPCOR pour les scénarios d'impact extrême..... | 114 |
| Tableau 15 : Total de précipitations passées et projetées au fil des saisons et des années pour la région métropolitaine de Vancouver (23 municipalités, y compris Vancouver)..... | 139 |
| Tableau 16 : Types d'IVER et leurs avantages connexes..... | 173 |

| | |
|--|-----|
| Tableau 17 : Qualité de l'eau dans les scénarios d'avant aménagement et dans les conditions existantes après une pluie de 25 mm..... | 181 |
| Tableau 18 : Total annuel de solides en suspension et de charges de phosphore dans les scénarios d'avant aménagement et dans les conditions existantes..... | 181 |
| Tableau 19 : Comparaison du débit de pointe lors d'une tempête à un intervalle de récurrence de 1:100 dans les scénarios d'avant l'aménagement et dans les conditions existantes pour une averse de projet Chicago | 182 |
| Tableau 20 : Valeurs d'équilibre hydrique annuelles dans les scénarios d'avant aménagement et de conditions existantes (simulation continue)..... | 183 |
| Tableau 21 : Volume de stockage requis et volume de stockage fourni selon le scénario de crédit maximal pour une tempête à un intervalle de récurrence de 1:100..... | 186 |
| Tableau 22 : Réductions prévues de total de solides en suspension et de phosphore total après une pluie de 25 mm selon le scénario de crédit maximal | 187 |
| Tableau 23 : Charges annuelles de total de solides en suspension et total de phosphore pour le scénario de conditions existantes et celui de crédit maximal (simulation continue)..... | 188 |
| Tableau 24 : Valeurs annuelles d'équilibre hydrique pour le scénario de crédit maximal | 189 |
| Tableau 25 : Coût total de la mise aux normes pour la région à l'étude pour que les propriétaires fonciers obtiennent le crédit maximal relativement aux eaux de ruissellement..... | 190 |
| Tableau 26 : Nombre d'arbres proposé pour les rigoles | 192 |
| Tableau 27 : Coûts d'investissement pour la plantation d'arbres et de prairie indigène dans les rigoles proposées pour le scénario de crédit maximal..... | 193 |
| Tableau 28 : Coûts d'exploitation et d'entretien sur 50 ans pour la plantation d'arbres dans les rigoles..... | 193 |
| Tableau 29 : Valeurs des avantages de la plantation d'arbres, par drain | 194 |
| Tableau 30 : Taxes foncières abandonnées pour un terrain acheté pour deux bassins d'eaux de ruissellement hypothétiques, à une valeur de terrain de 370 \$ le mètre carré, sur une période de 50 ans, à un taux d'actualisation de 2 pour cent | 198 |
| Tableau 31 : Coûts du cycle de la vie pour les deux bassins d'eaux de ruissellement, y compris les frais d'acquisition de terrain | 198 |
| Tableau 32 : Superficie de l'installation – superficie de drainage pour le scénario de propriété publique..... | 200 |
| Tableau 33 : Comparaison de coûts par hectare entre les scénarios de crédit maximal et de propriété publique..... | 200 |
| Tableau 34 : Comparaison de l'efficacité par hectare des scénarios de crédit maximal et de propriété publique pour répondre aux critères de gestion des eaux de ruissellement..... | 201 |

| | |
|---|-----|
| Tableau 35 : Analyse de la période de remboursement pour les propriétés qui utilisent les drains D à I..... | 206 |
| Tableau 36 : Subventions de capital requises pour satisfaire aux exigences de période de remboursement des propriétaires fonciers..... | 207 |
| Tableau 37 : Subventions en capital requises pour répondre aux exigences de la période de remboursement des propriétaires fonciers lorsqu'on inclut les allocations en tant que coûts d'investissement..... | 211 |

1.0 RÉSUMÉ ANALYTIQUE

Une grande partie de l'infrastructure de gestion des eaux de ruissellement des municipalités urbaines du Canada offre une protection contre les inondations et un contrôle de la qualité de l'eau inadéquats. Cette situation fait en sorte que plusieurs de nos maisons et de nos entreprises sont vulnérables aux inondations et cela entraîne une dégradation de notre infrastructure, de nos rivières, de nos lacs et de nos eaux côtières. De 2003 à 2012, les **inondations urbaines** ont probablement causé des dommages d'environ 20 milliards de dollars à l'échelle du pays (Kovacs et Sandink, 2013). Les municipalités sont très préoccupées par l'insuffisance des investissements dans le renouvellement de l'infrastructure de gestion des eaux de ruissellement et les effets prédits des changements climatiques.

Reconnaissant le besoin d'améliorer la gestion des eaux de ruissellement, des rapports récents ont souligné la nécessité d'investir dans les **infrastructures vertes d'eaux de ruissellement (IVER)**¹, une série de pratiques d'ingénierie de gestion des eaux de ruissellement à la source.²

Les IVER (aussi appelées aménagement à faible impact ou AFI) peuvent contrôler le **débit de pointe**, éliminer les sédiments et autres polluants transportés dans les **eaux de ruissellement**, réduire la **pollution par les nutriments**, contrôler l'érosion et aider à rétablir l'**équilibre hydrique**. Outre les avantages liés à la gestion des eaux de ruissellement, les **avantages connexes** potentiels des IVER comprennent l'élimination de la pollution de l'air, la réduction de l'**îlot thermique urbain**, la création d'habitats, les économies d'énergie et la réduction des gaz à effet de serre. Les installations d'IVER peuvent aussi servir d'espaces verts récréatifs et accroître la valeur des propriétés. Les pratiques comprennent la **biorétention** sous ses différentes formes, les **toits verts**, les **chambres d'infiltration**, les **systèmes d'exfiltration**, les **rigoles gazonnées renforcées**, la **collecte des eaux de pluie** et bien plus encore.

Plusieurs municipalités canadiennes ont commencé à élaborer des programmes d'IVER. Ce document décrit les efforts de quatre organismes par le biais d'études de cas individuelles. Chaque organisme a des raisons financières, environnementales et sociales d'utiliser les IVER pour assurer la gestion des eaux de ruissellement dans les **aménagements patrimoniaux**, des

¹ Voir le glossaire pour la définition des termes en gras.

² Par exemple, Bureau d'assurance du Canada, 2018; Commissaire à l'environnement de l'Ontario, 2016; Institute on Municipal Finance and Governance, 2016; National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015; Kovacs et Sandink, 2013.

zones urbaines construites avant que le contrôle des inondations ou de la qualité de l'eau devienne une exigence pour les nouveaux quartiers. Chaque étude de cas présente les solutions d'IVER élaborées pour régler les problèmes de gestion des eaux de ruissellement, lesquels sont communs à la plupart des municipalités canadiennes.

1.1 Les études de cas

L'étude de cas d'Edmonton décrit les efforts d'EPCOR, le fournisseur de services d'Edmonton, pour lutter contre les inondations urbaines dans les vieux quartiers de la ville. EPCOR utilise les IVER comme méthode peu coûteuse pour réduire les risques d'inondation. Elles réduisent les risques d'inondation en empêchant les eaux de ruissellement d'atteindre le système de conduite des eaux de ruissellement lors des fortes pluies, augmentant les capacités du système. Le plan précédent d'Edmonton pour réduire les risques d'inondation reposait sur des mises à jour des **infrastructures grises** et aurait coûté entre 2,2 milliards et 4,6 milliards de dollars sur 80 ans. Le plan d'EPCOR, dans lequel les IVER jouent un rôle clé, coûtera 1,6 milliard de dollars sur 30 ans tout en réduisant plus efficacement les risques d'inondation.

L'étude de cas de Kitchener décrit le plan systématique de Kitchener pour équiper de façon constante et efficace les aménagements patrimoniaux de la ville grâce aux IVER. Ce plan a pour objectif d'empêcher au moins 12,5 mm d'eau de pluie d'entrer dans le réseau d'égouts pluviaux après une averse. La ville a fixé cet objectif pour tous les projets de développement et de réaménagement. L'organisation de projets de réfection des routes avec les IVER augmente en moyenne de seulement 4 pour cent le coût total des projets.

L'étude de cas de Vancouver décrit la stratégie de Vancouver en matière de pluie, qui vise à équiper plus de 40 pour cent des surfaces imperméables de la ville d'**infrastructures vertes d'eaux de ruissellement** d'ici 2050. Si cet objectif ambitieux est atteint, cela réduira les **débordements d'égout unitaire (DÉU)** de Vancouver, réduira la consommation d'eau potable, diminuera les risques d'inondation et préparera la ville aux changements climatiques.

L'étude de cas de Southdown présente les résultats d'une étude de faisabilité technique et financière menée par Credit Valley Conservation (CVC) dans le district de Southdown de Mississauga. Elle vérifie si l'incitation à équiper les propriétés privées industrielles et commerciales d'IVER représente une solution de substitution financièrement possible aux mesures traditionnelles de gestion des eaux de ruissellement dans les propriétés publiques. Les résultats montrent que le coût pour équiper les propriétés privées d'IVER serait d'environ

208 300 \$ par hectare sur 50 ans tandis que le coût pour utiliser des bassins traditionnels de gestion des eaux de ruissellement sur les propriétés privées serait de 378 400 \$ sur 50 ans. En plus des économies, le fait d'équiper les propriétés privées d'IVER assurerait des normes de gestion des eaux de ruissellement plus élevées et une foule d'avantages connexes.

1.2 Recommandations

À la lumière de notre évaluation des quatre études de cas, CVC fait les recommandations suivantes :

- Élaborer et mettre en œuvre un plan directeur de gestion des eaux pluviales appuyé par une **redevance municipale relative aux eaux de pluie** et une **cible de contrôle du volume de ruissellement (CCVR)**. Le fait d'élaborer et de mettre en œuvre un plan directeur de gestion des eaux de ruissellement appuyé par une redevance municipale relative aux eaux pluviales et une CCVR assure le financement annuel et simplifie le processus de conception et de construction. Voir l'**Étude de cas de Kitchener** pour plus de détails.
- Inciter la mise aux normes de l'équipement de propriétés privées d'IVER communes est une approche techniquement et financièrement possible pour permettre aux municipalités d'améliorer la gestion des eaux de ruissellement dans les aménagements patrimoniaux. La prochaine étape consiste à élaborer une validation de principe dans le quartier Southdown de Mississauga. Voir l'**Étude de cas de Southdown** pour plus de détails.
- Utiliser les IVER dans les propriétés privées pour renforcer ou remplacer les infrastructures grises existantes. Les municipalités sans gestion adéquate des eaux de ruissellement dans les aménagements patrimoniaux devraient examiner la possibilité d'utiliser des IVER dans les propriétés privées et publiques comme une façon moins coûteuse d'améliorer la qualité de l'eau et de réduire les risques d'inondation et les DÉU. Voir l'**Étude de cas de Vancouver** pour plus de détails.
- Lutter contre les **inondations urbaines**. Les municipalités devraient examiner la possibilité de renforcer leurs infrastructures existantes pour la gestion des eaux de ruissellement avec des IVER pour réduire les risques d'inondation urbaine. Voir l'**Étude de cas d'Edmonton** pour plus de détails.

2.0 OBJECTIF DE CE DOCUMENT

Ce document vise à :

- consolider l'étude de cas pour l'**infrastructure verte d'eaux de ruissellement (IVER)**;
- donner un aperçu des pratiques exemplaires et de l'approche novatrice de quatre municipalités canadiennes.

Ce document d'orientation est destiné aux décideurs municipaux ainsi qu'aux professionnels en conception relative aux eaux de ruissellement, aux gestionnaires de projet, aux entrepreneurs et aux membres du personnel d'exploitation. Si chaque municipalité est unique, les enjeux relatifs aux eaux de ruissellement trouvent leur source dans un ensemble de problèmes communs. Ceci laisse entendre que les défis peuvent être abordés par le biais d'un ensemble de solutions communes, transférables. Les études de cas contribuent à ces solutions. Voici les thèmes abordés :

- Des approches systématiques pour obtenir un financement annuel, pour simplifier le processus de conception et de construction et pour évaluer le risque d'**inondation urbaine** afin de démontrer que l'IVER peut combattre de manière rentable l'inondation urbaine.
- La nature distribuée et la souplesse de conception des pratiques des éléments des IVER en font une solution rentable pour mettre aux normes les environnements urbains denses.
- L'intégration de plusieurs projets d'IVER, ensemble ou avec d'autres projets d'infrastructure, permet de réaliser des économies d'échelle.
- La coopération entre les municipalités et les propriétaires de terrain non résidentiel mène à une meilleure gestion des eaux de ruissellement à un coût inférieur.
- La prise en considération d'**avantages connexes** et la collaboration entre les services municipaux permettent d'atteindre plusieurs objectifs municipaux.

2.1 Structure de ce document

L'introduction donne un aperçu des éléments suivants :

- le risque d'inondation urbaine dans les **aménagements patrimoniaux** au Canada;
- l'impact des conceptions d'égout d'orage sur la qualité de l'eau;
- les avantages et avantages connexes de l'IVER;
- l'utilisation de terrains privés — et non seulement de terrains publics — peut servir à la mise aux normes d'IVER (**Section** Error! Reference source not found.).

La section des thèmes communs définit :

- les défis de gestion des eaux de ruissellement communs au Canada;
- l'utilisation dans les études de cas d'IVER pour aborder les défis relatifs à la gestion des eaux de ruissellement;
- la manière dont les villes d'Edmonton, de Kitchener, de Vancouver et Credit Valley Conservation (CVC) améliorent les études de cas pour une mise en œuvre élargie d'IVER (**Section 0**).

Chaque étude de cas présente la même structure (voir la Figure 1) :

1. Elle définit les défis relatifs aux eaux de ruissellement auxquels est confrontée chaque organisation.
2. Elle illustre comment chacune :
 - a défini des objectifs pour aborder les défis relatifs aux eaux de ruissellement;
 - a conçu une stratégie rentable à l'aide d'IVER pour atteindre ces objectifs;
 - utilise sa stratégie.



Figure 1 : Structure commune à chaque étude de cas.

Cette structure respecte les processus de prise de décision et d'élaboration de programme employés par chaque organisation afin de développer leur approche novatrice visant la mise en œuvre d'IVER et la gestion des eaux de ruissellement en général.

Les études de cas de Kitchener et de Vancouver illustrent comment ces municipalités ont créé des programmes efficaces pour la mise en œuvre élargie d'IVER afin d'atteindre leurs objectifs de gestion des eaux de ruissellement (**Section 5.0** et **Section 7.0**).

L'étude de cas d'Edmonton décrit les efforts déployés par son fournisseur de service public pour les eaux de ruissellement, EPCOR, pour combattre l'inondation urbaine dans les plus anciens quartiers de la ville (**Section 6.0**).

L'étude de cas de Southdown décrit les résultats d'une étude de faisabilité technique exploratoire et financière des mises aux normes d'IVER communales sur des propriétés industrielles et commerciales privées regroupées. Principalement, elle examine si les mises aux normes sont moins coûteuses que la gestion des eaux de ruissellement sur les propriétés publiques dans les aménagements patrimoniaux tout en offrant des niveaux de service égaux ou supérieurs (**Section 8.0**).

La terminologie utilisée dans ce rapport est commune à la gestion des eaux de ruissellement et au design urbain. Ces termes paraissent en gras, à l'intention des personnes non expertes, lors de leur première occurrence dans chaque section du présent rapport. Les définitions se retrouvent également dans des boîtes de texte sarcelle dans chaque section. À la fin de ce rapport, vous trouverez un **glossaire (Section 9.0)** qui définit ces mots et expressions.

Nous avons abrégé certaines expressions pour en simplifier l'utilisation. Toute abréviation utilisée plus d'une fois se retrouve dans la liste des **abréviations (Section 10.0)**.

La section des **citations** énumère les références utilisées dans ce rapport (**Section 11.0**).

3.0 INTRODUCTION

Plusieurs zones urbaines canadiennes ont été construites avant la mise en place de mesures de contrôle de la qualité, de la quantité de l'eau et de l'**équilibre hydrique**. Par conséquent, le risque d'**inondation urbaine** est généralisé et nos ressources aquatiques continuent de se dégrader.

Les municipalités sont confrontées à un déficit croissant au chapitre de l'infrastructure des eaux de ruissellement alors qu'elle vieillit et que les réinvestissements n'arrivent pas à suivre le rythme (Bulletin des infrastructures canadiennes, 2016 et 2019; Commissaire à l'environnement de l'Ontario, 2016). Qui plus est, les précipitations extrêmes quotidiennes sont de plus en plus fréquentes selon tous les scénarios de changements climatiques (gouvernement du Canada, 2019, p. 155).

L'**équilibre hydrique** rend compte du débit d'eau entrant (précipitation) et sortant dans un système selon les composants du **cycle hydrologique** (précipitation, **ruissellement**, **infiltration**, débit souterrain et **évapotranspiration**). Les précipitations sur les zones naturelles génèrent peu de ruissellement et de grandes quantités d'infiltration alors que lorsqu'elles se produisent sur des zones très imperméables (p. ex., zones urbaines), elles génèrent beaucoup de ruissellement et peu d'infiltration.

L'**inondation urbaine**, aussi appelée « inondation pluviale », comprend l'inondation de surface et la **surcharge d'égout sanitaire**. Elle résulte d'une pluie intense ou prolongée en zones urbaines qui dépasse la capacité du système de gestion de l'eau de pluie et inonde les terres basses.

Au cours des dernières années, plusieurs rapports, études et documents d'orientation ont été publiés sur l'**infrastructure verte d'eaux de ruissellement (IVER)** et les redevances relatives à la gestion des eaux de ruissellement. On y décrit comment les collectivités peuvent combiner l'IVER et les redevances relatives à la gestion des eaux de ruissellement pour réduire le risque d'inondation, améliorer la qualité de l'eau, offrir des **avantages connexes** pour l'adaptation aux changements climatiques et aborder l'enjeu du déficit en dépenses pour l'infrastructure d'eaux de ruissellement (p. ex., Bureau d'assurance du Canada, 2018; ECO, 2016; Henstra et Thistlethwaite, 2017, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015; et Kovacs et Sandink, 2013).

Infrastructure verte d'eaux de ruissellement (IVER) : stratégie de gestion d'eaux de ruissellement qui cherche à atténuer les conséquences de la pollution accrue du **ruissellement** et des eaux de ruissellement. Les pratiques d'IVER gèrent le ruissellement le plus près possible de la source afin de préserver ou de restaurer les fonctions **hydrologiques** et écologiques préalables à l'aménagement. Pour préserver les fonctions en place avant l'aménagement, l'IVER utilise un concept visant à minimiser le ruissellement et à protéger les tracés du réseau hydrographique. Pour les restaurer, elle utilise des pratiques structurelles distribuées pour filtrer, retenir, **infiltrer, évapotranspirer et recueillir les eaux de ruissellement**. Les pratiques d'IVER peuvent éliminer efficacement les sédiments, les nutriments, les pathogènes et les métaux du ruissellement ainsi que réduire le volume

Avantages connexes : effets positifs de l'IVER qui ne sont pas directement reliés aux objectifs de gestion des eaux de ruissellement traditionnels. Ils comprennent l'élimination de la pollution atmosphérique, la réduction de l'effet d'**îlot thermique urbain**, la création d'habitats, les économies énergétiques et la réduction de gaz à effet de serre.

Ce document adopte une approche un peu différente : nous examinons comment les municipalités améliorent l'**analyse de rentabilisation** pour l'IVER par la création de programmes efficaces visant une mise en œuvre à grande échelle d'IVER. Dans ce contexte, cela signifie fournir une justification financière, économique ou scientifique à l'appui de l'objectif d'une politique gouvernementale (gouvernement du Canada, 2020). Les études de cas de Kitchener, de Vancouver et d'Edmonton respectent ce format.

Analyse de rentabilisation : une justification financière, économique ou scientifique de l'investissement public pour « produire des résultats précis à l'appui de l'objectif d'une politique gouvernementale » (gouvernement du Canada, 2020).

Celle de Southdown, quant à elle, examine si la mise aux normes de propriétés industrielles et commerciales privées coûte moins cher que le fait d'offrir des niveaux de service de gestion des eaux de ruissellement égaux ou supérieurs sur les propriétés publiques d'**aménagement patrimonial**. Menée par Credit Valley Conservation (CVC), cette étude de faisabilité technique et financière laisse entendre que les bienfaits économiques, environnementaux et sociaux des investissements publics dans la mise

Aménagements patrimoniaux : régions urbaines construites avant que des contrôles de qualité et de quantité soient exigés pour les nouveaux aménagements au Canada. Généralement, ils ne possèdent que des infrastructures qui transportent les eaux de ruissellement depuis les accumulations vers les plans d'eau récepteurs.

aux normes d'IVER de propriétés privées devraient faire l'objet d'une étude de validation de la mise en œuvre.³

3.1 Aménagements patrimoniaux et déficit en matière d'infrastructure

Le type et l'état de l'infrastructure des eaux de ruissellement des municipalités urbaines au Canada varient selon l'année de leur construction. En règle générale, celles édifiées avant les années 1940 disposent de **réseaux d'égout unitaire** qui transportent les eaux usées et de ruissellement vers les usines de traitement des eaux usées (CEO, 2016, p. 7).

Réseau d'égout unitaire : un réseau d'égout qui recueille et transporte à la fois eaux de ruissellement et eaux usées. Bien qu'ils utilisent des systèmes de canalisation différents pour les eaux de ruissellement et les eaux usées, ces deux systèmes peuvent interagir par le biais du **débit entrant** et de **l'infiltration**.

Dans les années 1970, la plupart des municipalités avaient commencé à construire des égouts distincts pour les eaux de ruissellement et celles usées, les premiers étant conçus pour transporter rapidement l'eau de pluie loin des routes, des résidences et des entreprises et vers des cours d'eau récepteurs, sans en traiter la qualité. De plus, au début de cette période, certaines municipalités ont adopté un **contrôle du débit de pointe** pour atténuer les inondations, notamment grâce à des **bassins secs** et une plus grande capacité des tuyaux.

Contrôle du débit de pointe : réduction du débit maximal de **ruissellement** provenant d'une zone de drainage pendant une tempête à l'aide de technologies de gestion des eaux de ruissellement (p. ex., bassins d'eaux de ruissellement, **IVER**). Les **bassins secs** sont des aires ouvertes qui peuvent servir à retenir les eaux de ruissellement lors de tempêtes intenses. Ils peuvent également servir de terrains de soccer ou de baseball, de parcs publics, de forêts urbaines et d'espaces pour événements culturels extérieurs.

Ces aménagements patrimoniaux — ceux construits sans contrôle de la qualité des eaux de ruissellement, sans contrôle de la quantité, ou aucun des deux — font l'objet de projets abordés dans les études de cas.

³ Puisque la ville de Mississauga n'investirait pas dans l'infrastructure privée sans motivation législative, réglementaire ou juridique, le financement de cette étude devra provenir de sources fédérales ou provinciales.

Dans les années 1990, la plupart des municipalités exigeaient que les nouveaux aménagements offrent des mesures de contrôle de la quantité afin de réduire le débit de pointe et l'érosion ainsi que des mesures de contrôle de la qualité. Les mesures les plus courantes comprenaient des bassins de gestion d'eaux de ruissellement et des séparateurs d'huiles et de sédiments (SHS). Plus récemment, l'équilibre hydrique a été ajouté aux exigences en matière de contrôle de qualité et de quantité. De plus, certaines municipalités commencent à mettre en place une gestion des eaux de ruissellement à la source, distribuée, soit une IVER, afin de rétablir le **cycle de l'eau**.

Cycle de l'eau : la circulation de l'eau depuis l'atmosphère vers la Terre et, inversement, par le biais de précipitation, de **ruissellement**, d'**infiltration**, de débit d'eau souterraine et d'**évapotranspiration**. Voir **équilibre hydrique**.

L'infrastructure des eaux de ruissellement de la majorité des régions urbaines canadiennes ne satisfait pas aux normes réglementaires en vigueur. Par exemple, la plus grande partie de la région urbaine du grand Toronto (RGT) a été construite avant 1981 (voir la **Figure 2**). Seulement 20 pour cent de la région urbaine de la ville de Mississauga dispose de contrôles de qualité et de quantité et 59 pour cent ne dispose pas de contrôles de gestion des eaux de ruissellement (région de Peel, 2017, p. 79).

Dans la juridiction de la Toronto and Region Conservation Authority, 65 pour cent de la région aménagée totale manque de gestion des eaux de ruissellement (TRCA, 2013); dans celle de Lake Simcoe Region Conservation Authority, il s'agit de 62 pour cent de la région aménagée (LSRCA, 2007, p. 11).

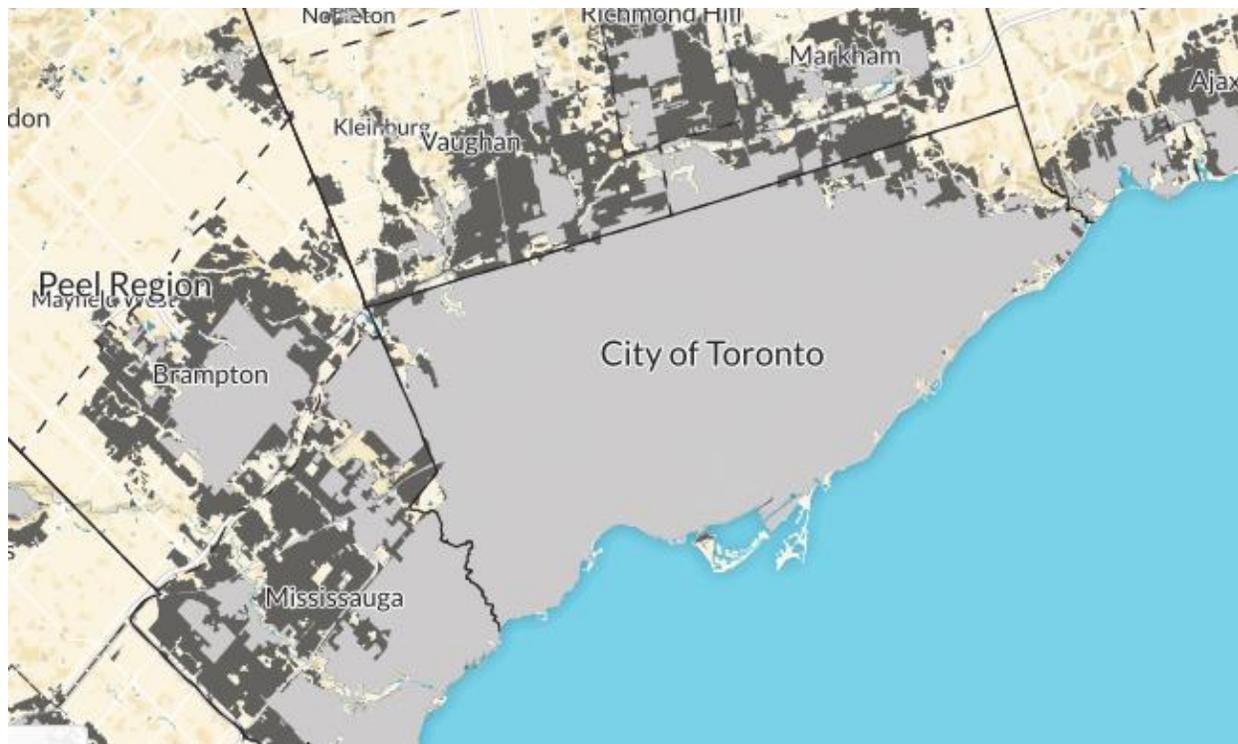


Figure 2 : L'âge de l'aménagement dans la Région du grand Toronto (RGT), Ontario. Les régions en gris pâle ont été construites avant 1981. Celles en gris foncé, entre 1981 et 2011. Il y a eu rénovation des centres urbains de la RGT depuis, y compris des améliorations à la gestion des eaux de ruissellement. Source : Neptis Geoweb, 2020

Le rythme de l'investissement effectué par des municipalités à l'échelle du pays dans le renouvellement de l'infrastructure ne correspond pas à la vitesse à laquelle elle se dégrade. On estime qu'au Canada, le déficit au chapitre des infrastructures varie de 110 à 270 milliards \$ (CanInfra Challenge, 2017, p. 9). La *Loi de l'infrastructure au service de l'emploi et de la prospérité* et le règlement 588/17 de l'Ontario ont pour but d'aider les municipalités de la province à commencer à s'occuper de ce déficit. Le Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes de 2016 a enquêté auprès des municipalités canadiennes au sujet de l'état de l'infrastructure relative aux eaux pluviales (de ruissellement) et aux taux de réinvestissement. Si la cible de ces derniers pour les canaux d'eaux de ruissellement constitue de 1 à 1,3 pour cent de la valeur totale de ces actifs, les municipalités qui ont répondu ne dépensaient que de 0,2 à 0,3 pour cent. Le taux pour les actifs non linéaires (p. ex., bassins d'eaux de ruissellement) était meilleur avec un taux de réinvestissement annuel moyen dans les installations de gestion des eaux de ruissellement de 1,4 pour cent. Toutefois, il demeure en deçà du taux de 1,7 à 2 pour cent recommandé (Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes 2016, p. 89).

La grande partie de l'infrastructure à remplacer bientôt a été construite dans les années 1970 et celles antérieures. Le fait d'atteindre le taux cible de réinvestissement afin de conserver l'infrastructure d'eaux de ruissellement ne changera rien à l'état de la situation. Le renouvellement de cette infrastructure afin d'y apporter les améliorations très nécessaires relativement à la quantité, à la qualité et à l'équilibre de l'eau est un défi de taille.

Les études de cas contenues dans ce rapport décrivent comment des collectivités partout au Canada mettent sur pied des programmes d'IVER de grande envergure pour aborder ce déficit au chapitre de l'infrastructure et résoudre les problèmes environnementaux causés par l'infrastructure d'eaux de ruissellement patrimoniale.

3.2 Les possibilités d'IVER

La mise en œuvre d'IVER à grande échelle peut atténuer le risque d'inondation urbaine, améliorer la qualité de l'eau et préparer les régions urbaines canadiennes aux changements climatiques en offrant de multiples avantages connexes. L'IVER fait partie du plan holistique de chaque étude de cas dans ce rapport afin d'améliorer ou de remplacer les actifs d'**infrastructure grise d'eaux de ruissellement**.

3.2.1 Inondation urbaine

L'inondation causée par une pluie intense et une infrastructure d'eaux de ruissellement

Infrastructure grise d'eaux de ruissellement : elle utilise des installations centralisées, habituellement des bassins d'eaux de ruissellement comme des murets, des puisards et des tuyaux, et sert très peu à rétablir le **cycle hydrique**. Dans les **aménagement patrimoniaux**, les systèmes gris d'eaux de ruissellement recueillent cette dernière à même les courants d'eau, sans traitement de la qualité ni vérification de la quantité.

inadéquate constitue le risque météorologique extrême le plus courant auquel sont confrontées les municipalités canadiennes (IBC, 2018, p. 10). Elle a surclassé les incendies et les vols en tant que cause principale de réclamations relatives aux dommages (Institut canadien des actuaires, 2014, p. 1). Ces dernières, lorsque fondées sur des événements météorologiques extrêmes, sont en croissance constante depuis des décennies selon le Bureau de l'assurance du Canada (BAC, 2018, p. 8).

Plusieurs personnes se souviendront des inondations les plus catastrophiques : celle dans le sud de l'Alberta au printemps 2013 (environ 1,7 milliard \$ en sinistres assurés) et la tempête de pluie de la RGT à l'été de cette même année (environ 1 milliard \$ en sinistres assurés). Plusieurs inondations ne font pas la manchette des médias nationaux. Entre 2003 et 2012, les inondations urbaines ont causé des sinistres se chiffrant à 20 milliards \$ à l'échelle du pays. La plupart des années, elles causent 10 fois plus de dommages que les **inondations fluviales** (Kovacs et Sandink, 2013, p. 3).

Inondation fluviale : elle se produit lorsqu'une rivière déborde de ses rives et que l'eau se rend sur la plaine



Figure 3 : Une forte pluie a causé une inondation urbaine à Orangeville, en Ontario, le 20 février 2018.
Source de la photo : James Matthews

Si l'IVER ne peut pas fournir les moyens élémentaires d'atténuer l'inondation pour tous les risques d'inondation — les volumes d'eau associés aux inondations fluviales excèdent souvent les capacités de **rétenion** et de **rétenion temporaire** — elle peut aider à lutter contre l'inondation urbaine causée par des tempêtes de courte durée très intenses. Lors de pluies plus faibles en milieu urbain, elle peut également atténuer le risque d'inondation.

Les études de cas d'Edmonton et de Southdown illustrent comment l'IVER peut servir à lutter contre l'inondation urbaine.

Rétention : la capture d'eaux de ruissellement pour la filtration, l'**infiltration** et l'**évapotranspiration**. Les eaux de ruissellement retenues ne deviennent pas un ruissellement ni de l'écoulement fluvial. Le fait de retenir les eaux de ruissellement aide à restaurer un équilibre hydrique naturel.

Rétention temporaire : le stockage temporaire d'eaux de ruissellement pour contrôler les débits d'écoulement et permettre la sédimentation. Les eaux de ruissellement retenues sont libérées lentement sous forme de **ruissellement** ou d'écoulement fluvial. Les installations qui retiennent les eaux de ruissellement n'aident pas à rétablir l'**équilibre hydrique**. Voir **cycle hydrologique** et **équilibre hydrique**.)

3.2.2 Qualité de l'eau : débordements d'égout unitaire et syndrome d'écoulement urbain

Il y a **débordement d'égout unitaire (DÉU)** lorsque le système d'égout déborde ou lorsque les usines de traitement des eaux usées détournent les débits entrants. Il en résulte une libération d'eaux usées non traitées dans les plans d'eau récepteurs. Les usines de traitement des eaux usées effectuent cette manœuvre pour éviter d'endommager l'établissement lui-même et pour empêcher le refoulement d'égout sanitaire ainsi que l'inondation de sous-sols.

Entre 2013 et 2017, les égouts unitaires canadiens ont libéré environ 786 millions de mètres cubes d'eaux usées non traitées dans nos voies navigables, soit 157 millions de mètres cubes en moyenne annuellement (Statistique Canada, 2018).

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement



Figure 4 : Eaux usées non traitées qui entrent dans la rivière Rouge à Winnipeg, au Manitoba.
Crédit photo : Marcel Cretain

Le fait de simplement séparer les égouts sanitaires de ceux d'eaux usées ne règle pas le problème. Les écoulements urbains dans les municipalités dotées de **systèmes d'égout séparatif** peuvent tout de même causer un « syndrome d'écoulement urbain » qui comprend, notamment, un hydrogramme présentant de fortes variations instantanées (*flashy hydrograph*), des concentrations élevées de nutriments et de contaminants, une morphologie modifiée du canal, une richesse biotique amoindrie ainsi qu'une dominance supérieure des espèces tolérantes (Walsh et coll., 2005). Une mauvaise gestion des eaux de ruissellement constitue le principal contributeur de ces symptômes.

Système d'égout séparatif :

régions qui disposent d'un système d'égout pour les eaux usées et un autre, distinct, pour les eaux de ruissellement.

L'étude de cas de Vancouver met en vedette une approche novatrice à la réduction de DÉU et à l'amélioration de la qualité de l'eau des bassins hydrographiques urbains grâce à la mise en œuvre systématique d'IVER. Si Mississauga ne dispose pas d'égouts unitaires, l'étude de cas de Southdown démontre comment l'IVER mise aux normes sur une propriété privée peut s'avérer un outil rentable pour réduire la fréquence et la portée des DÉU dans d'autres juridictions.

3.2.3 Dénombrement des avantages connexes

L'IVER, particulièrement les pratiques d'IVER végétalisées, peut offrir de nombreux avantages connexes : améliorer la qualité de l'air, amenuiser l'**effet d'îlot thermique urbain**, élargir l'espace vert urbain, réduire le **débit entrant et l'infiltration**, économiser de l'énergie, stocker le carbone et conserver l'eau. Autant d'avantages que n'offre pas l'infrastructure grise d'eaux de ruissellement.

Effet d'îlot thermique urbain : parce que les zones urbaines sont couvertes de surfaces qui retiennent la chaleur (béton, brique, bitume), les températures y sont plus élevées que dans les zones rurales ou naturelles avoisinantes. Qui plus est, parce qu'il y a peu de végétation, elles ne bénéficient pas des effets rafraîchissants de l'**évapotranspiration**.

Si toutes les études de cas abordent les avantages connexes de l'IVER, celle de Southdown s'attarde particulièrement à les quantifier.

Débit entrant et infiltration : il y a débit entrant et infiltration lorsque les eaux de ruissellement entrent dans le système d'égout sanitaire, que ce soit par les trous d'accès pour l'entretien (débit entrant) ou par des tuyaux fendus souterrains (infiltration).

3.2.4 Combler le fossé entre public et privé

Souvent, la tentative d'améliorer la gestion des eaux de ruissellement dans un aménagement patrimonial se heurte immédiatement à un obstacle : il n'y a tout simplement pas assez d'espace sur les terres municipales ou publiques pour gérer tout le **ruissellement** produit par une région très urbanisée. Jusqu'à 85 pour cent de tout aménagement patrimonial est une propriété privée (CVC, 2021). Il peut s'avérer impossible de travailler dans des droits de passage remplis ou dans des parcs publics, des écoles et des installations municipales d'une région urbaine densément aménagée. Toutefois, le fait d'étudier la possibilité d'utiliser des terres privées pour mise aux normes d'IVER met à disposition une portion importante du tissu urbain.

Ruissellement : eau de pluie qui coule sur les surfaces dures, comme les toits et routes, au lieu de s'**infiltrer** dans le sol. Le ruissellement urbain transporte des métaux lourds, des nutriments, des bactéries et d'autres polluants dans les cours d'eau, ce qui a un effet néfaste sur la vie humaine, animale et végétale.

Il est peu probable que les municipalités pensent à financer une infrastructure sur une propriété privée sans moteur législatif, réglementaire ou juridique. Toutefois, lorsqu'un tel moteur est présent, des exemples provenant des É.-U. démontrent qu'il s'agit alors d'une stratégie possible qui peut se traduire par des économies importantes comparativement à des travaux limités aux terres publiques (voir les **Sections 4.2.2 et 8.4.5**). Inciter les propriétaires fonciers à participer à la mise aux normes d'IVER permet également le partage des coûts avec le secteur privé et des organismes publics, ce qui réduit encore davantage les coûts.

L'étude de cas de Southdown explore en profondeur le potentiel d'une infrastructure sur une propriété privée; celles de Kitchener et de Vancouver abordent les exigences en matière de réaménagement.

3.3 Conclusion

La gestion des eaux de ruissellement constitue un domaine nouveau qui évolue rapidement. Les effets nocifs des eaux de ruissellement sur la qualité de l'eau ont été reconnus pour la première fois dans les années 1960 et 1970, après avoir abordé la question des pires effets de mauvaises pratiques de traitement des eaux usées. La gestion des eaux de ruissellement est devenue un domaine en soi au cours des années 1970. Depuis, d'un point de vue d'infrastructure, elle a rapidement traversé plusieurs phases distinctes, la plus récente, qui met l'accent sur l'IVER

distribuée pour rétablir les processus hydrologiques naturels, pourrait être transformatrice si appliquée judicieusement et à grande échelle.

La gestion des eaux de ruissellement arrive souvent après coup. Si rien ne change, les municipalités canadiennes risquent de dépenser des milliards de dollars dans une infrastructure grise plutôt que verte et dans les nettoyages après désastre plutôt qu'en prévention. Dans l'environnement, cela signifie un risque plus élevé d'inondation, une dégradation de la qualité de l'eau et des habitats (CEO, 2016, p. 3).

Ce document a pour but de démontrer le potentiel d'une meilleure gestion des eaux de ruissellement partout au Canada en examinant comment les municipalités établissent une analyse de rentabilisation pour la mise en œuvre d'IVER à grande échelle.

4.0 THÈMES COMMUNS : COMMENT LES MUNICIPALITÉS CANADIENNES FAVORISENT L'ANALYSE DE RENTABILISATION D'IVER

Chaque étude de cas résume le raisonnement économique, environnemental, social et scientifique utilisé par chaque organisation afin de convenir que le fait d'investir dans la mise en œuvre d'**infrastructure verte d'eaux de ruissellement (IVER)** à grande échelle est justifié. Trois des sujets d'étude de cas — Kitchener, Edmonton et Vancouver — ont adopté des politiques novatrices qui reposent sur la mise en œuvre d'IVER à grande échelle pour atteindre leurs objectifs en matière d'eaux de ruissellement. Celle de Southdown décrit les résultats d'une étude de faisabilité portant sur la rentabilité de combiner les propriétés industrielles et commerciales privées pour la mise aux normes d'IVER.

Infrastructure verte d'eaux de ruissellement (IVER) : stratégie de gestion d'eaux de ruissellement qui cherche à atténuer les conséquences de la pollution accrue du **ruissellement** et des eaux de ruissellement. Les pratiques d'IVER gèrent le ruissellement le plus près possible de la source afin de préserver ou de restaurer les fonctions **hydrologiques** et écologiques préalables à l'aménagement. Pour préserver les fonctions en place avant l'aménagement, l'IVER utilise un concept visant à minimiser le ruissellement et à protéger les tracés du réseau hydrographique. Pour les restaurer, elle utilise des pratiques structurelles distribuées pour filtrer, retenir, **infiltrer, évapotranspirer et recueillir les eaux de ruissellement**. Les pratiques d'IVER peuvent éliminer efficacement les sédiments, les nutriments, les pathogènes et les métaux du ruissellement ainsi que réduire le volume et l'intensité des débits d'eaux de ruissellement. Également appelée aménagement à faible impact (AFI).

Nous avons regroupé les conclusions clés des études de cas sous cinq thèmes.

Adopter des approches systématiques : obtenir un financement régulier et participer à un processus de planification générale de la production constituent deux prérequis pour la mise en œuvre efficace d'IVER à grande échelle. Une fois le financement et la planification générale en place, Kitchener a élaboré des méthodes pour comparer l'efficacité des types d'IVER et en simplifier le processus de conception. À Edmonton, l'approche fondée sur les conséquences d'EPCOR pour évaluer le risque d'inondation urbaine à l'échelle de la ville a mené à l'élaboration

d'un plan rentable pour atténuer le risque d'inondation. L'IVER joue un rôle important dans ce plan.

Réaliser des travaux dans des environnements urbains

denses : tenter de rehausser le niveau de service des eaux de ruissellement dans des zones urbaines établies sans contrôles de la qualité ou de la quantité d'eau signifie être confronté à un problème immédiat, soit le manque d'espace pour les contrôles en fin de canalisation. La nature à double utilisation, flexible et distribuée de l'IVER signifie qu'elle peut compléter les utilisations en cours sur le terrain. Dans Southdown, les mises aux normes d'IVER sur une propriété privée optimisent l'espace aménageable et gèrent mieux les eaux de ruissellement tout en coûtant moins cher que les mesures en fin de canalisation sur une propriété publique. À Vancouver, la stratégie municipale pour la pluie (Rain City Strategy) vise à améliorer son infrastructure grise à l'aide de l'**infrastructure verte d'eau de pluie (IVEP)** afin de prolonger la durée de vie et d'accroître la capacité de l'infrastructure grise de la ville.

Réaliser des économies d'échelle : combiner l'IVER avec d'autres projets d'infrastructure, particulièrement les projets de reconstruction de routes, réduit le coût d'un projet d'IVER. Depuis qu'elle a adopté une **cible de contrôle du volume de ruissellement (CCVR)**, de

12,5 mm, Kitchener a terminé plusieurs projets de reconstruction de routes qui comprennent une IVER. Ce faisant, les coûts des travaux n'ont augmenté, en moyenne, que de 4 pour cent. Stratégiquement, Vancouver met aux normes le quartier du corridor Cambie, lequel constitue une excellente occasion de combiner plusieurs projets d'IVEP à d'autres initiatives de renouvellement d'infrastructure.

Comblent le fossé entre public et privé : pour réaliser la mise aux normes d'**aménagements patrimoniaux** afin d'y ajouter des contrôles de la qualité et de la quantité hautement nécessaires, il faut que les secteurs public et privé collaborent. L'étude de cas de Southdown

Infrastructure verte d'eau de pluie (IVEP) : un ensemble d'outils de gestion des eaux de ruissellement qui repose à la fois sur des solutions naturelles et techniques pour protéger, restaurer et imiter le **cycle de l'eau**. Il s'agit de l'expression qu'utilise la ville de Vancouver pour parler d'**IVER**.

Cible de contrôle du volume de ruissellement (CCVR) : exigence selon laquelle les systèmes d'eaux de ruissellement doivent capturer et retenir la première portion de précipitation (pluie) lors d'une averse. Le fait de retenir cette portion prédéterminée (p. ex., 12,5 mm) empêche l'eau de pénétrer dans le réseau d'égout pluvial canalisé sous forme de ruissellement.

démontre que la mise aux normes d'IVER sur des propriétés industrielles et commerciales privées est plus efficace que de construire de nouveaux bassins d'eaux de ruissellement. Ceci laisse entendre qu'il faudrait étudier davantage l'offre de mesures incitatives adéquates pour les mises aux normes public-privé, et ce, par le biais d'une étude de mise en œuvre de type preuve de concept.

Aménagements patrimoniaux : régions urbaines construites avant que des contrôles de qualité et de quantité soient exigés pour les nouveaux aménagements au Canada. Généralement, ils ne possèdent que des infrastructures qui transportent les eaux de ruissellement depuis les accumulations vers les plans d'eau

Définir les avantages connexes et les objectifs communs

communs : l'IVER offre de nombreux avantages, outre le fait de satisfaire aux objectifs liés aux eaux de ruissellement. La planification, la construction et l'exploitation d'IVER dans le but d'optimiser ces bienfaits exigent la contribution et la participation de tous les services municipaux, comme l'indiquent les études de cas de Kitchener, d'Edmonton et de Vancouver. Celle de Southdown explore les avantages connexes de la restauration écologique et de la plantation d'arbres dans les **rigoles gazonnées renforcées**.

Les objectifs en matière d'eaux de ruissellement et les stratégies pour les atteindre varient selon l'étude de cas. Consultez le **Tableau 1** pour obtenir un résumé des principaux défis, des stratégies, des coûts et des avantages relatifs aux plans d'IVER de chaque étude de cas.

Avantages connexes : effets positifs de l'IVER qui ne sont pas directement reliés aux objectifs de gestion des eaux de ruissellement traditionnels. Ils comprennent l'élimination de la pollution atmosphérique, la réduction de l'effet d'**îlot thermique urbain**, la création d'habitats, les économies énergétiques et la réduction de gaz à effet de serre.

Rigoles gazonnées renforcées : aussi appelées rigoles végétalisées renforcées, elles constituent des canaux ouverts recouverts de plantes et sont conçues pour amener, traiter et atténuer le **ruissellement** d'eaux de ruissellement.

Tableau 1 : Résumé des principaux défis, des stratégies, des coûts et des avantages relatifs à chaque étude de cas

| Site | Défis principaux | Stratégies | Coûts et avantages |
|------------------|--|---|--|
| Kitchener | <ul style="list-style-type: none"> Aborder l'écart de 75 pour cent dans l'infrastructure des eaux de ruissellement à l'échelle de la ville Améliorer le niveau de service de l'infrastructure des eaux de ruissellement à l'échelle de la ville Réduire l'impact des eaux de ruissellement sur les courants récepteurs au bénéfice de la santé de l'écologie et des humains | <ul style="list-style-type: none"> Utiliser un programme de redevances et de crédit pour eaux de ruissellement Élaborer un PD-GIER et le combiner à un plan de mise en œuvre Mettre en place une CCVR de 12,5 mm pour les nouveaux projets et ceux de réaménagement Exiger des redevances relatives aux eaux de ruissellement pour le réaménagement si la CCVR n'est pas respectée ou partiellement respectée Allouer un budget pour l'IVER destiné aux projets de construction et de resurfacement de routes Combiner l'IVER aux projets de reconstruction de routes Élaborer des normes de conception pour l'IVER et des processus de mise en œuvre systématiques Inclure l'IVER dans les normes routières et guides de développement | <ul style="list-style-type: none"> Le fait de combiner l'IVER aux projets de reconstruction de routes accroît le coût du projet de seulement 3 à 6 % Il est souvent moins coûteux de respecter la CCVR par le biais de réaménagement que de payer une redevance pour eaux de ruissellement Partager le coût relatif à l'amélioration du niveau de service de gestion des eaux de ruissellement à l'échelle de la ville par aménagement municipal et privé par le biais de la CCVR et les redevances pour eaux de ruissellement Offrir des avantages connexes de l'IVER |
| Edmonton | <ul style="list-style-type: none"> Réduire les dommages causés par les inondations à la suite de tempêtes de courte durée très intenses | <ul style="list-style-type: none"> Mettre l'accent sur la réduction du risque plutôt que sur l'atteinte des normes de conception Évaluer systématiquement la vulnérabilité aux inondations à l'échelle de la ville Faire participer les résidents par le biais de sondages sur l'établissement de priorités | <ul style="list-style-type: none"> Utiliser l'IVER et les bassins secs pour atténuer le risque d'inondation est moins coûteux que de mettre à niveau le système d'infrastructure grise de la ville Offrir des avantages connexes de l'IVER |

| Site | Défis principaux | Stratégies | Coûts et avantages |
|------------------|---|---|---|
| Vancouver | <ul style="list-style-type: none"> • Lutter contre l'infrastructure trop petite et vieillissante qui cause des débordements d'égout unitaire • Gérer de grandes quantités de ruissellement d'eau pluviale dans une région rurale dense • Recueillir et nettoyer 90 % de l'eau pluviale afin d'améliorer la qualité de l'eau et atteindre l'objectif de devenir la ville la plus écologique au monde | <ul style="list-style-type: none"> • Élaborer une stratégie municipale pour la pluie – soutenue par le conseil municipal de Vancouver, avec objectifs pour toutes les utilisations du sol • Élaborer une stratégie budgétaire dans le cadre de laquelle les promoteurs participent au financement lorsque des mises à niveau de l'infrastructure sont nécessaires | <ul style="list-style-type: none"> • Comblent les mises à niveau d'infrastructure verte et grise afin d'atteindre les objectifs communs et économiser • Partager coûts et responsabilités entre les employés municipaux et les promoteurs privés pour une mise en œuvre d'IVEP de grande envergure • Offrir des avantages connexes de l'IVEP |
| Southdown | <ul style="list-style-type: none"> • Partager le coût de la mise aux normes d'aménagements patrimoniaux entre le secteur public et les propriétaires privés • Inciter à la mise aux normes d'IVER sur les propriétés privées en réduisant les périodes de remboursement pour les propriétaires commerciaux et industriels • Dédier de l'espace dans un environnement urbain dense aux installations de gestion centralisée des eaux de ruissellement | <ul style="list-style-type: none"> • Unir des propriétés privées commerciales et industrielles pour la mise aux normes commune d'IVER • Partager les coûts entre les parties prenantes bénéficiaires | <ul style="list-style-type: none"> • Économiser grâce aux systèmes communs sur les propriétés privées, ce qui est plus rentable qu'une gestion centralisée des eaux de ruissellement • Offrir des avantages connexes importants et une gestion améliorée des eaux de ruissellement pour obtenir une mise en œuvre d'IVER sur les propriétés privées |

Abréviations : IVER, infrastructure verte d'eaux de ruissellement; IVEP, infrastructure verte d'eau de pluie; PD-GIER, plan directeur – gestion intégrée des eaux de ruissellement; CCVR, cible de contrôle du volume de ruissellement.

4.1 Approches systématiques

Il y a plusieurs prérequis à la création d'un programme efficace pour la mise en œuvre à grande échelle d'une IVER. Sans financement attiré, à long terme, ces projets ne se réaliseront que sporadiquement, lorsque les fonds sont disponibles. Le processus de plan directeur est l'équivalent, en partie, à l'élaboration d'un plan d'affaires pour le renouvellement d'infrastructure d'eaux de ruissellement, en général, et de la mise en œuvre d'une IVER, en particulier. Sans ce processus, les projets d'IVER relèveront davantage des occasions que d'interventions stratégiques relatives aux eaux de ruissellement.

4.1.1 Financement attiré

Le financement de projets d'investissement en gestion des eaux de ruissellement et de leur exploitation provient généralement des fonds de fonctionnement de la municipalité. Celle qui manque d'argent évalue ses priorités au chapitre du financement; les initiatives de gestion des eaux de ruissellement rivalisent avec l'éducation, les services d'urgence, le transport et les services sociaux. Par conséquent, souvent, la gestion des eaux de ruissellement ne reçoit pas le niveau de financement nécessaire au maintien des niveaux de service, et encore moins à leur amélioration. Ce manque à gagner dans le financement contribue au déficit de l'infrastructure des eaux de ruissellement (consulter **Introduction**).

Avant que les municipalités puissent mettre en œuvre des approches systématiques pour améliorer les niveaux de service de l'infrastructure d'eaux de ruissellement, elles doivent s'occuper de ce financement manquant. D'une manière ou d'une autre, les quatre études de cas dédient un financement annuel aux initiatives de gestion des eaux de ruissellement. Edmonton, Mississauga et Kitchener ont des **redevances relatives à l'eau de pluie** distinctes des taxes foncières générales et elles facturent aux propriétaires des frais précis pour les services relatifs aux eaux de ruissellement. Vancouver obtiendra du financement à partir des frais d'aménagement dédiés pour l'infrastructure d'eaux de ruissellement en 2022.

Redevances relatives à l'eau de pluie : des frais annuels facturés aux propriétaires fonciers par les municipalités pour les services d'eaux de ruissellement. Ils sont distincts des taxes immobilières générales et constituent une source de revenus dédiée à l'entretien, au fonctionnement et à la revitalisation de l'infrastructure des eaux de ruissellement.

Les études de cas illustrent en quoi une source de financement dédiée constitue un prérequis au maintien et à la mise à niveau des systèmes d'eaux de ruissellement. La ville de Kitchener a découvert que le financement dédié à l'IVER a évité une concurrence possible entre les services, car le budget dédié à la gestion des eaux de ruissellement municipal est clairement défini. Ceci fait en sorte que les projets d'IVER sont lancés sans conflit tout en économisant temps et argent. Plusieurs études et rapports récents ont défini l'importance de programmes de redevances pour les eaux de ruissellement et la manière de les concevoir (p. ex., CEO, 2016; Institut pour l'IntelliProspérité, 2016). Sans financement attribué, l'élaboration d'un programme et la planification à long terme nécessaires à la réalisation d'économies fonctionnelles sont impossibles.

Le **Tableau 2** illustre les 21 collectivités canadiennes qui disposaient de programmes de redevances relatives à l'eau de pluie en 2016 (Institut pour l'IntelliProspérité, 2016, p. 40). Depuis 2016, 6 collectivités de l'Ontario (**Tableau 3**) ont élaboré de tels programmes, ce qui totalise 13 collectivités dans la province. Bien que cette proportion soit faible — l'Ontario compte 414 municipalités de palier inférieur et à palier unique — la tendance vers l'instauration de redevances relatives à l'eau de pluie croît.

Tableau 2 : Collectivités canadiennes qui disposent de redevances relatives à l'eau de pluie en 2016

| N ^o | Collectivité | Province |
|----------------|---------------------|----------------------|
| 1 | Halifax | Nouvelle-Écosse |
| 2 | London | Ontario |
| 3 | Aurora | Ontario |
| 4 | Saint Thomas | Ontario |
| 5 | Kitchener | Ontario |
| 6 | Mississauga | Ontario |
| 7 | Richmond Hill | Ontario |
| 8 | Ville de Waterloo | Ontario |
| 9 | Regina | Saskatchewan |
| 10 | Saskatoon | Saskatchewan |
| 11 | Calgary | Alberta |
| 12 | Edmonton | Alberta |
| 13 | Saint Albert | Alberta |
| 14 | Comté de Strathcona | Alberta |
| 15 | Langley | Colombie-Britannique |
| 16 | Pitt Meadows | Colombie-Britannique |
| 17 | Richmond | Colombie-Britannique |
| 18 | Surrey | Colombie-Britannique |
| 19 | Victoria | Colombie-Britannique |
| 20 | West Vancouver | Colombie-Britannique |
| 21 | White Rock | Colombie-Britannique |

Source : Institut pour l'IntelliPropriété, 2016, p. 40

Tableau 3 : Municipalités ontariennes ayant adopté des programmes de redevances relatives à l'eau de pluie depuis 2016

| N ^o | Collectivité |
|----------------|--------------|
| 1 | Brampton |
| 2 | Guelph |
| 4 | Markham |
| 5 | Newmarket |
| 6 | Ottawa |
| 7 | Vaughan |

Après avoir élaboré un programme de financement, trois des études de cas ont entrepris et terminé un plan directeur pour les eaux de ruissellement. Il y est décrit en détail la manière dont ces fonds seront dépensés ainsi que les systèmes pour acquérir un soutien interdépartemental, pour étudier ces enjeux et pour accorder une priorité aux stratégies ainsi qu'aux projets d'infrastructure d'eaux de ruissellement.

4.1.2 Avantages des processus relatifs au plan directeur

Les plans de gestion des eaux de ruissellement à l'échelle de la municipalité sous-tendent les initiatives dont il est question dans les études de cas de Kitchener, d'Edmonton et de Vancouver. La réalisation de processus relatifs au plan directeur — qualifier le système de drain actuel et ses problèmes, définir des objectifs pour l'entretenir et l'améliorer, évaluer les stratégies pour atteindre ces objectifs et planifier l'utilisation de la stratégie — offre un cadre de travail pour la prise de décision qui permet une allocation des ressources rentable.

4.1.2.1 Aller au-delà des projets pilotes : normes en matière de conception, de construction et d'entretien

En tant que nouvelle méthode de gestion des eaux de ruissellement, les premiers projets d'IVER au Canada ont servi à tester la technologie dans le climat nordique, à familiariser le personnel municipal à leur constitution, à éduquer le public sur la gestion des eaux de ruissellement et à embellir les espaces publics. Par conséquent, ces installations pilotes ont tendance à être des projets bien en vue, hypersophistiqués, dans des espaces publics avec des coûts élevés de mise aux normes, de conception, de gestion de projet et de communication. Les concepteurs, entrepreneurs et gestionnaires de projet qui connaissaient peu la technologie relative à l'IVER, à l'origine, ont fait des erreurs coûteuses en cours d'apprentissage.

L'étude de cas de Kitchener montre comment l'expérience acquise des projets pilotes a permis de définir un programme rentable pour la mise en œuvre à grande échelle d'IVER. La ville a mis en place une CCVR de 12,5 mm à l'échelle de la ville, a défini les projets de reconstruction et de resurfacement de routes pour qu'ils respectent la CCVR, a élaboré un calendrier de projet et un budget en conséquence, a défini les types d'IVER adéquats pour atteindre la CCVR et d'autres objectifs de conception, et ce, de manière rentable, en plus d'élaborer un plan visant à intégrer et à normaliser les conceptions dans leur guide d'aménagement. Ces conceptions normalisées, avec les études de faisabilité particulière à chaque projet et rapports de design conceptuel, ont

simplifié le processus de conception et d'ingénierie. Il en résulte des coûts plus faibles et un risque plus bas de faire des erreurs coûteuses.

Après avoir adopté sa CCVR, Kitchener a évalué la manière la plus rentable d'atteindre sa cible.

Les projets de reconstruction de routes peuvent y arriver en utilisant divers types d'IVER, certains étant moins dispendieux que d'autres. Kitchener choisit par défaut les **systèmes d'exfiltration** au lieu des **chaussées perméables** ou la **biorétention** pour ses projets de reconstructions de route, car le coût par hectare des systèmes d'exfiltration est de 100 000 \$ au lieu de 1,6 million \$ pour les chaussées perméables et 200 000 \$ pour la biorétention (consulter le Error! Reference source not found.).

Système d'exfiltration : une pratique d'IVER dans le cadre de laquelle le **ruissellement** de surface est recueilli par des canaux de prise de drain et conduit vers un tuyau perforé, habituellement entouré de gravier, pour ensuite **s'infiltrer** dans le

Chaussées perméables : un type de pratique d'IVER qui permet aux précipitations de s'infiltrer dans les pores de la surface (bitume et béton perméables) ou par les joints entre les pavés.

Biorétention : une pratique d'IVER qui se sert du sol et de la végétation pour saisir, filtrer, infiltrer et **évapotranspirer** les eaux de ruissellement. La complexité de cette pratique varie selon les types de sol, les objectifs du projet et les ressources disponibles – des dépressions paysagées simples aux systèmes complexes comprenant revêtements imperméables, couches de stockage de gravier, mélanges de sols particuliers et drains de sortie.

Les concepts normalisés aident le personnel de l'exploitation dans le cadre des activités d'inspection et d'entretien. Si chaque établissement possède les mêmes caractéristiques, alors le personnel sait à quoi s'attendre, ce qui peut aller de travers et comment garder les établissements fonctionnels. EPCOR, le fournisseur de service relatif aux eaux de ruissellement d'Edmonton, emboîte le pas à Kitchener et étudie les normes de conception. Il planifie également l'ouverture d'une « université d'IVER » afin de familiariser le personnel de l'exploitation aux exemples concrets de mesures d'IVER sélectionnées et à la manière d'en effectuer l'entretien.

4.1.2.2 Repenser l'atténuation des inondations : réduire les risques ou satisfaire à une norme de conception précise

Lorsqu'EPCOR a commencé à exploiter les services d'égout d'Edmonton en 2017, l'entreprise a entamé la préparation d'un plan intégré des ressources pour la gestion des eaux de ruissellement (PIRGER) qui met l'accent sur la réduction d'inondation urbaine, un problème important dans les plus vieux quartiers d'Edmonton. Approuvé en mai 2019, le plan d'investissement réclame des dépenses d'une valeur de 1,6 milliard \$ sur 30 ans pour réduire le risque d'inondation urbaine à un niveau acceptable dans les **sous-bassins** de la ville au risque le plus élevé. Le plan repose à la fois sur l'IVER et l'infrastructure grise traditionnelle. L'ancien plan d'atténuation des inondations à l'échelle de la ville (AIÉV) reposait presque exclusivement sur l'infrastructure grise, son coût variait entre 2,2 et 4,6 milliards \$ et il aurait fallu 80 années pour le mettre en œuvre. L'adoption du PIRGER a eu pour effet d'améliorer la cote d'Edmonton au chapitre de la préparation aux inondations de « C », en 2015, à « B+ » au classement de 2021 du niveau de préparation aux inondations des villes canadiennes du Centre Intact (Feltmate, B. et M. Moudrak, 2021).

Sous-bassin : zone urbaine qui draine les eaux de ruissellement dans un grand collecteur ou dans un exutoire.

La différence principale entre les deux plans — le PIRGER et le plan d'AlÉV — ne repose pas sur l'utilisation ou l'exclusion d'IVER, mais plutôt sur la méthodologie employée pour atteindre les objectifs définis par chacun d'eux. Généralement, les municipalités gèrent les inondations selon un modèle fondé sur le risque dans le cadre duquel une norme de conception précise (intervalle de récurrence de tempête de 1 pour 50 ou 100 ans) sert à diriger les ressources vers les régions qui ne satisfont pas à cette norme de conception. Cette approche ne tient pas compte des conséquences d'intervalle de récurrence de tempête de 1 pour 10 ou 25 ans, par exemple. Le risque d'inondation ne signifie pas qu'elle causera des dommages (Henstra et Thistlethwaite, 2017, p. 2).

Qu'est-ce qu'une récurrence de tempête aux 100 ans? Terminologie employée pour indiquer que des précipitations d'une certaine profondeur (p. ex., 90 mm) sur une durée donnée (p. ex., 4 heures) ont un pour cent de chance de se produire à un endroit au cours d'une année. On l'appelle intervalle de récurrence et on l'exprime selon un ratio (p. ex., 1:5, 1:10, 1:100). Les données historiques déterminent les intervalles de récurrence de tempêtes pour une région donnée.

Selon le type de tempête, la région touchée peut être relativement petite. Si la tempête est de courte durée, on parle de tempête à convection très intense. EPCOR utilise ce type de tempête pour créer des cotes de risque pour le PIRGER : une partie de la ville peut recevoir des précipitations à une profondeur prédite pour un intervalle de récurrence de 1:200 tandis qu'une autre, à quelques kilomètres de là, pourrait ne pas recevoir de pluie.

Lorsque les ingénieurs conçoivent une infrastructure d'eaux de ruissellement pour gérer une tempête au cours d'une durée donnée (p. ex., 1:100 ans), on parle d'averse de projet. L'infrastructure d'eaux de ruissellement de plusieurs régions urbaines partout au Canada peut gérer des tempêtes au ratio de 1:10 ou moins (**système mineur**). Ce n'est qu'au cours des années 1980 et 1990 que les chemins de ruissellement d'eau de surface qui dirigent en toute sécurité l'écoulement causé par les tempêtes à intervalle de récurrence plus élevé (**système majeur**) et les bassins d'eaux de ruissellement aux fins de contrôle de la qualité et du volume sont devenus la norme au Canada. À Edmonton, ce changement s'est produit en 1989 (EPCOR 2018a, p. 2).

L'ancien plan d'AlÉV cherchait à renouveler l'infrastructure des eaux de ruissellement dans les aménagements patrimoniaux afin de satisfaire à une norme de conception précise. Le PIRGER, quant à lui, vise à réduire le risque des sous-bassins les plus vulnérables d'Edmonton à des niveaux acceptables. Pour y arriver, EPCOR a classé 1 300 sous-bassins d'aménagement patrimoniaux en fonction du niveau de risque à l'aide d'un processus en cinq étapes :

1. Déterminer les scénarios de tempête et les tracer sur un graphique selon une échelle de probabilité en fonction de cinq intervalles de récurrence (1:20, 1:50, 1:75, 1:100, 1:200).
2. Recueillir de l'information (rapports de modélisation, cartes issues de l'industrie de l'assurance, appels au 311 pour rapporter l'inondation de sous-sol, etc.) afin de déterminer la probabilité de chaque type d'inondation pour chaque sous-bassin en fonction de la capacité actuelle de son infrastructure d'eaux de ruissellement.
3. Évaluer l'état des actifs d'eaux de ruissellement actuels et ajuster l'évaluation du risque en conséquence.
4. Utiliser les indicateurs de capacité pour classer le risque d'inondation de chaque sous-bassin selon quatre catégories d'impact : santé et sécurité, environnemental, social et financier.
5. Sonder l'opinion publique afin d'évaluer la pondération de chacune de ces catégories.

Les deux premières étapes déterminent le danger relatif à l'inondation, c'est-à-dire la probabilité qu'une tempête se produise et cause une inondation. Les trois autres étapes relativisent ce risque par rapport à ses conséquences possibles, c'est-à-dire la possibilité, ou non, que le danger ait un impact négatif sur les propriétés, l'infrastructure et les résidents d'Edmonton. Le classement qui en résulte permet à EPCOR de diriger les ressources vers les sous-bassins au risque le plus élevé, plutôt qu'uniformément pour tous les aménagements patrimoniaux de la ville.

Le fait qu'EPCOR mette l'accent sur la réduction du risque plutôt que sur le respect d'une norme précise lui permet d'améliorer des portions ciblées du système d'égout existant d'Edmonton plutôt que de simplement les remplacer. L'IVER joue un rôle clé dans ce plan, car en recueillant de 25 à 35 mm de pluie lors d'une tempête intense, elle peut transformer les débits de pointe associés à un intervalle de récurrence de tempête de 1:20 à 1:10; celui d'un intervalle de 1:50 à 1:20, et ainsi de suite. À elle seule, la capacité de rétention de l'IVER peut réduire de manière importante le risque d'inondation et les dommages possibles aux nombreux sous-bassins d'Edmonton qui sont menacés par ces tempêtes plus fréquentes. Les pratiques relatives à l'IVER peuvent également retenir de plus petites quantités de précipitation qui tombent aux abords d'une tempête, ce qui accroît la capacité disponible de l'égout qui se trouve sur le chemin immédiat de la tempête.

Le plan sur 30 ans alloue 470 millions \$ de son budget de 1,6 milliard \$ aux mesures d'IVER et 470 millions \$ aux **bassins secs**. Les deux mesures retiennent le **ruissellement** avant qu'il n'atteigne le système de canalisation existant de la ville. Si le plan alloue 300 millions \$ aux mises à niveau de ce dernier, l'analyse d'EPCOR a indiqué que le recours à l'IVER et aux bassins secs pour empêcher l'eau de pénétrer le réseau canalisé actuel s'avère moins coûteux que de le mettre à niveau. Pour ces raisons, EPCOR a adopté une approche du type « d'agir où il le faut, lentement lorsque faire se peut ».

Bassin sec : une zone découverte qui peut servir à retenir les eaux de ruissellement lors de tempêtes intenses. Les bassins secs peuvent également servir de terrains de soccer ou de baseball, de parcs publics, de forêts urbaines et d'espaces pour les événements culturels extérieurs.

Ruissellement : eau de pluie qui coule sur les surfaces dures, comme les toits et routes, au lieu de s'**infiltrer** dans le sol. Le ruissellement urbain transporte des métaux lourds, des nutriments, des bactéries et d'autres polluants dans les cours d'eau, ce qui a un effet néfaste sur la vie humaine, animale et végétale.

4.2 Travaux dans des environnements urbains denses

Généralement, les aménagements patrimoniaux manquent d'espace pour réaliser les mesures traditionnelles à l'extrémité des canaux. De plus, les terrains publics et privés de ces régions assurent déjà plusieurs fonctions.

La nature distribuée et flexible des pratiques d'IVER permet une intégration aisée dans les régions urbaines établies. Exemple : les installations de biorétention peuvent servir à la fois de lieux d'agrément et de jardins agréables autant que de

Chambres d'infiltration : chambres de stockage souterraines conçues pour capturer de grands volumes d'eaux de ruissellement. Elles réduisent les risques d'inondation et permettent aux précipitations, comme la pluie et la fonte des neiges, d'entrer dans la terre et de s'**infiltrer** sous les surfaces dures comme les terrains de stationnement.

Toit vert : une fine couche de végétation et de milieu de culture installée sur un toit plat ou en angle conventionnel afin de capturer et de traiter les eaux de ruissellement. On parle également de toits vivants ou de terrasses-jardins.

contrôles de source de gestion des eaux de ruissellement (voir l'encadré « Performance sous pression : biorétention sur Elm Drive à Mississauga »); les **chambres d'infiltration** sous la surface peuvent constituer la base d'entrées; les stationnements peuvent servir de contrôle de la

quantité d'eaux de ruissellement; les **toits verts** ajoutent une fonctionnalité relative aux eaux de ruissellement au lieu de demeurer un espace inutilisé.

Cette flexibilité à double utilité améliore l'**analyse de rentabilisation** de l'IVER à trois chapitres :

- À celui du lot, l'IVER constitue souvent l'option la moins coûteuse pour la mise aux normes lorsque les politiques de réaménagement définissent des cibles précises pour les eaux de ruissellement.
- À celui du quartier, les municipalités n'ont pas besoin de dédier de grands lots de terrains précieux à des installations de canalisations centralisées. Elles peuvent plutôt adopter une approche décentralisée moins coûteuse qui utilise des terrains privés et publics (comme le démontre l'étude de cas de Southdown).
- À celui de la ligne de partage des eaux ou de la municipalité, les municipalités peuvent reporter, voire éviter les mises à niveau coûteuses du système d'égout par le biais de mises aux normes stratégiques d'IVER.

Analyse de rentabilisation : une justification financière, économique ou scientifique de l'investissement public pour « produire des résultats précis à l'appui de l'objectif d'une politique gouvernementale » (gouvernement du Canada, 2020).

Performance sous pression : biorétention sur Elm Drive à Mississauga



CVC, en collaboration avec le Peel District School Board et la ville de Mississauga, ont mis en place une installation de biorétention sur le site d'un centre d'enseignement aux adultes sur Elm Drive, à Mississauga, Ontario. CVC surveille beaucoup l'emplacement depuis son entrée en fonction en mai 2011.

Le 8 juillet 2013, une averse intense sur la Région du grand Toronto a causé près de 1 milliard \$ de dommages assurés (Bureau de l'assurance du Canada, 2019). Si CVC avait conçu l'installation sur Elm Drive pour le traitement de la qualité de l'eau, et non pour le contrôle du débit de pointe, elle a toutefois réussi à gérer la chute de 105 mm de pluie en 5 heures. L'installation a réduit les débits de pointe de 60 pour cent et en a atténué la durée de 20 minutes, ce qui a allégé considérablement le système des eaux de ruissellement en aval (CVC, 2013).

La conception de biorétention en Amérique du Nord a traversé de nombreuses phases, les premières mettant l'accent sur le traitement de la qualité de l'eau et la réduction du volume du ruissellement. Après l'élaboration de pratique initiale, les professionnels en biorétention ont modifié les principes de conception afin d'y inclure de plus grandes réduction et atténuation du débit de pointe par l'ajout de stockage souterrain, l'approfondissement des bassins et l'augmentation du volume du sol.

4.2.1 Économies au niveau du lot : utilisations doubles et comparaison des coûts entre infrastructures grises et vertes

Habituellement, la zone de drainage d'un lot de chaussée perméable d'un stationnement est égale à sa surface. Parce qu'un lot de chaussée perméable permet uniquement le contrôle des eaux de ruissellement sur sa propre surface, il peut sembler moins rentable que d'autres pratiques d'IVER dont le ratio d'écoulement par rapport à la surface est plus grand. Toutefois, la manière plus exacte de comprendre la différence de coût est de calculer celle entre le lot de

chaussée perméable et celui de bitume ou de béton traditionnel en plus des installations nécessaires à une fonctionnalité de gestion des eaux de ruissellement (voir le Error! Reference source not found. qui illustre une comparaison de la rentabilité de trois types d'IVER dans l'étude de cas de la ville de Kitchener).

La ville de Kitchener a mis aux normes la Huron Natural Area en 2015–2016. Le remplacement du stationnement existant a constitué un élément clé du plan de revitalisation (**Figure 20**). Le coût relatif à la construction d'un stationnement perméable était de 65 000 \$. Le coût évalué pour la construction d'un stationnement traditionnel en bitume était de 41 000 \$. Toutefois, avec l'ajout d'un **séparateur d'huiles et de sédiments** (SHS) de 35 000 \$, le coût de cette seconde option aurait grimpé à 76 000 \$. Autrement dit, si la construction d'un stationnement à chaussée perméable avait coûté environ 23 000 \$ de plus que le stationnement traditionnel à lui seul, la construction d'un terrain en bitume et la gestion des eaux de ruissellement avec un SHS auraient coûté 12 000 \$ de plus.

Le même argument aurait été pertinent si un jardin de biorétention avait été choisi pour gérer les eaux de ruissellement.

4.2.2 Économies au niveau du quartier : gestion des eaux de ruissellement distribuée ou centralisée dans Southdown

La **Figure 5** et la **Figure 6** illustrent deux scénarios de conception afin de mettre aux normes un aménagement patrimonial dans le quartier Southdown de Mississauga. L'un utilise des bassins en fin de canalisation sur des propriétés publiques (**Figure 5**) et l'autre une IVER sur une propriété privée (**Figure 6**).

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

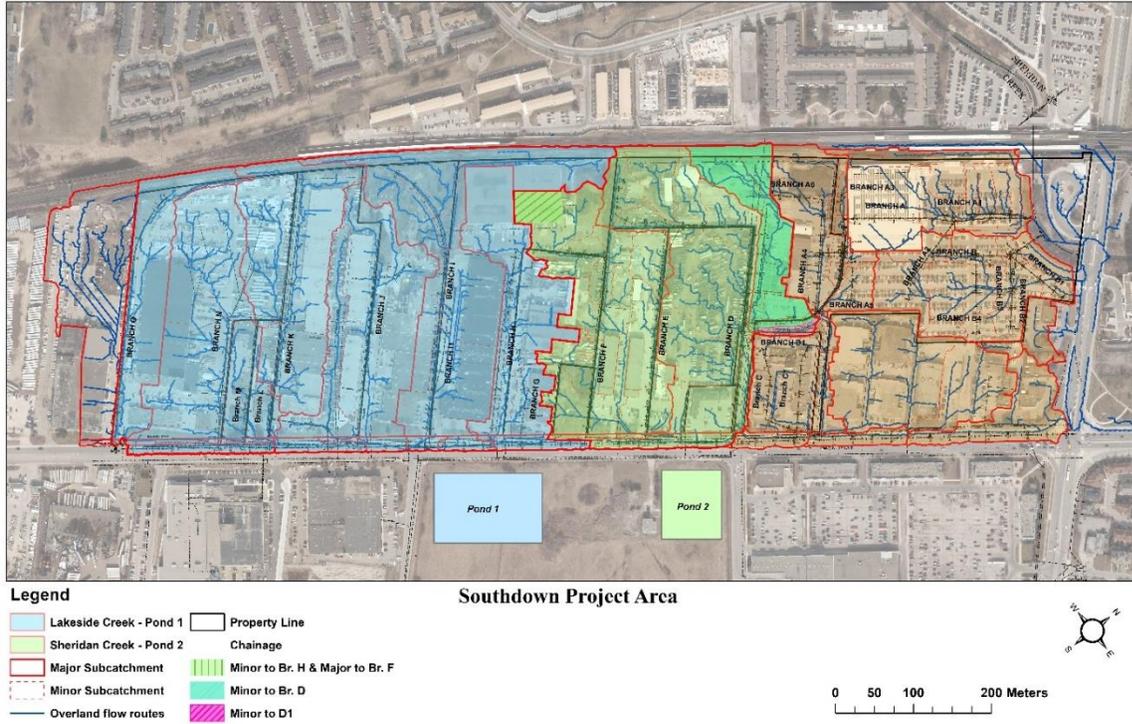


Figure 5 : Plan du scénario de conception sur propriété publique dans l'étude de cas de Southdown. L'emplacement suggéré pour les bassins d'eaux de ruissellement de ce concept occuperait un terrain vague privé vacant.

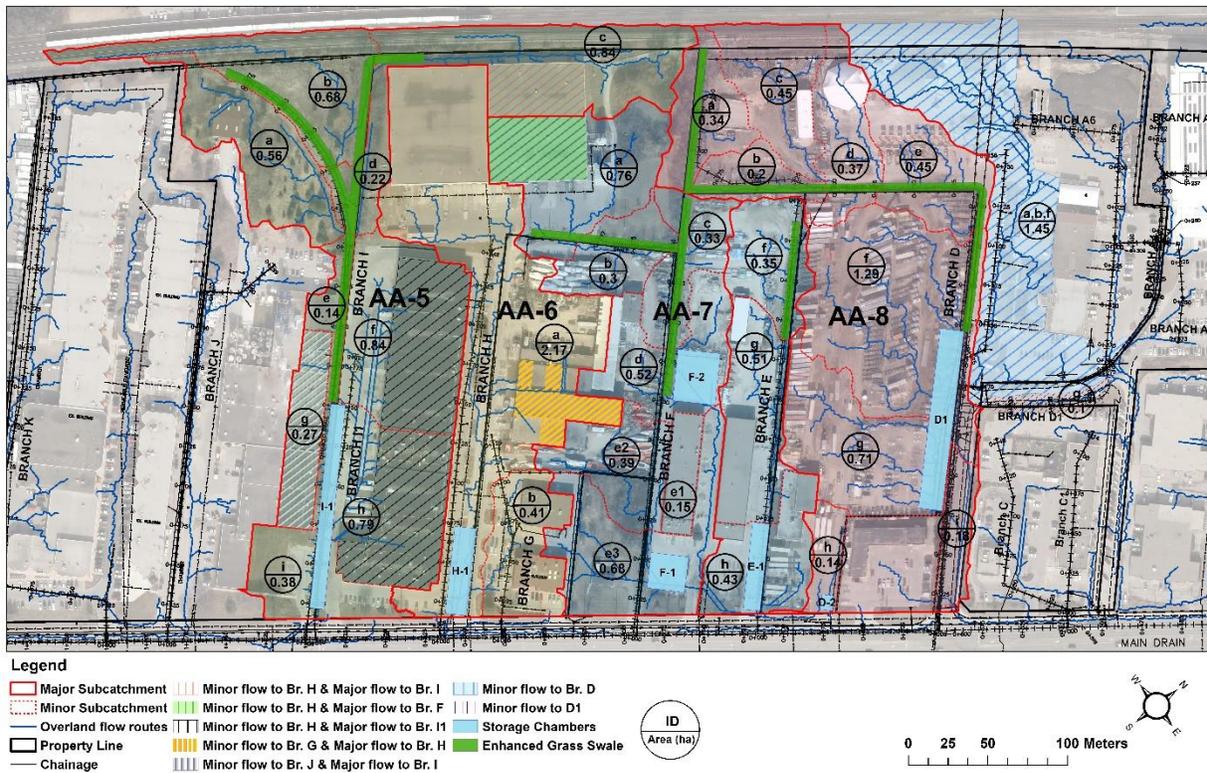


Figure 6 : Plan du scénario de conception sur propriété privée dans l'étude de cas de Southdown.

Les chambres (en bleu) et les rigoles gazonnées renforcées (en vert) ont été soigneusement placées afin d'accommoder les utilisations actuelles et à venir du terrain.

Le scénario de conception sur propriété privée (**Figure 6**) a été soigneusement construit afin d'accommoder les utilisations actuelles du sol et les aménagements futurs possibles. Il est possible de placer des chambres d'infiltration sécuritairement sous les entrées et stationnements existants et de construire des rigoles gazonnées renforcées le long des chemins de ruissellement de surface qui transportent déjà les eaux de ruissellement. Lorsque faire se peut, l'équipe de conception chevauche des chambres d'infiltration qui desservent plusieurs propriétés le long des limites de propriété. Les exigences relatives au retrait excluent les nouvelles constructions dans ces régions; par conséquent, les concepteurs utilisent ces espaces non fonctionnels pour la gestion des eaux de ruissellement.

Le scénario sur propriété publique (**Figure 5**) utilise une installation en fin de canalisation construite sur un terrain vacant. Elle doit servir de jalon pour la comparaison avec le scénario sur propriété privée. Dans ce cas, le terrain devrait être acquis pour créer un nouveau bassin,⁴ bien que le même argument soit applicable étant donné les **coûts d'opportunité** relatifs à la construction de nouvelles installations de gestion des eaux de ruissellement en fin de canalisation sur un terrain municipal. D'un point de vue économique, que le terrain soit municipal ou qu'il soit nécessaire de l'acheter ne change rien à l'équation. Ce qui compte, c'est la valeur du terrain. L'utilisation du terrain pour la gestion des eaux de ruissellement empêche de le vendre ou de s'en servir à d'autres fins.

Coûts d'opportunité : les gains économiques ou financiers prévus à la suite du choix d'une possibilité parmi un ensemble d'options mutuellement exclusives.

La construction de nouveaux bassins d'eaux de ruissellement dans les aménagements patrimoniaux accapare un terrain précieux qui pourrait servir autrement à de nouvelles entreprises ou maisons ou à de nouveaux parcs. Dans certains cas, il est possible d'intégrer les bassins d'eaux de ruissellement aux parcs ou aux installations récréatives en place. Toutefois, la plupart du temps, ces bassins ne servent qu'à une seule fin.

La nature décentralisée et souple des mesures d'IVER à la source signifie qu'il n'est pas nécessaire de dédier des régions plus vastes aux bassins de gestion des eaux de ruissellement.

⁴ La ville de Mississauga ne planifie pas acquérir de terrains définis à la Figure 5 pour les scénarios de conception abordés dans l'étude de cas de Southdown.

La comparaison des coûts des scénarios de conception sur terrain privé ou public dans l'étude de cas de Southdown accorde une valeur financière à cette distinction. Si la mise aux normes de la région étudiée à l'aide d'IVER sur une propriété privée coûte 274 200 \$ par hectare, cette somme atteint 320 000 \$ pour un niveau équivalent de gestion des eaux de ruissellement par le biais de bassins sur une propriété publique.

Les coûts relatifs à l'acquisition de terrain dans le cadre du scénario de conception sur propriété publique ont cumulé 84 pour cent des dépenses d'infrastructure totales. Dans le cas de celui sur propriété privée, nous avons évalué les valeurs du terrain des installations d'IVER à l'aide de méthodes employées par les ingénieurs des égouts en Ontario. Résultat : il en coûterait 34 pour cent des dépenses d'infrastructure totale (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Comparaison du coût d'investissement par hectare selon les scénarios de conception sur propriété publique et privée*

| Scénario | Coûts d'investissement† (\$) | Coûts relatifs au terrain (\$) | Coûts relatifs au terrain sous forme de pourcentage des coûts d'investissement (%) |
|--|------------------------------|--------------------------------|--|
| IVER privée/communautaire | 274 200 | 91 900 | 34 |
| Installations publiques/en fin de canalisation | 326 000 | 274 600 | 84 |

Abréviation : IVER, infrastructure verte d'eaux de ruissellement.

* Les coûts sont donnés par hectare, car les zones de drainage des deux scénarios varient. Ce tableau illustre les coûts d'investissement uniquement. Le

Tableau 37 compare les scénarios sur la base des coûts relatifs au cycle de la vie.

† Construction, terrain, conception et administration.

Qu'est-ce qui explique la différence dans la valeur des terrains? Dans le cas du scénario sur propriété publique, il faut acquérir des terrains plus grands (voir la **Figure 5**). Dans celui sur propriété privée, l'IVER est mise en œuvre sous la surface ou prend la forme de rigoles gazonnées renforcées le long des propriétés touchées (voir la **Figure 6**). Autrement dit, les installations d'IVER sont compatibles avec les utilisations actuelles des terrains : les chambres seraient placées sous les stationnements et les rigoles gazonnées renforcées seraient mises aux normes de rigoles existantes qui transportent déjà les eaux de ruissellement.

De plus, les installations d'IVER suggérées dans les scénarios de conception sur propriété privée ont été placées afin de permettre un aménagement ultérieur. Dans tous les cas, si l'une ou l'autre de ces propriétés devaient être réaménagées, elles devraient fournir à la fois une réduction du débit de pointe et un traitement pour la qualité de l'eau des eaux de ruissellement, selon les exigences actuelles en matière d'aménagement de la ville de Mississauga.

Ce raisonnement mène vers un argument plus important au sujet des utilisations des terrains, de leur valeur et de l'amélioration de la gestion des eaux de ruissellement dans les quartiers urbains établis. La création de nouveaux bassins d'eaux de ruissellement dans les aménagements patrimoniaux occupe un espace précieux qui pourrait servir à d'autres fins; ce n'est pas le cas de la mise aux normes d'IVER sur des propriétés existantes, du moins, pas à la même échelle. Sur la prémisse des normes de conception du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario, il faudrait utiliser jusqu'à 10 pour cent de l'empreinte totale de la région urbaine pour offrir un contrôle de l'érosion et du volume et améliorer le traitement de la qualité de l'eau par le biais de bassins d'eaux de ruissellement; ce pourcentage varie selon le degré d'imperméabilité des bassins de la zone de drainage (voir le **Tableau 5**). Lorsque la valeur des terrains est particulièrement élevée dans les villes canadiennes dont l'intensité croît, les coûts d'opportunité pour la construction de bassins d'eaux de ruissellement dans les régions urbaines établies sont astronomiques.

Tableau 5 : Analyse de la quantité de terrain nécessaire pour gérer les zones de drainage très imperméables à l'aide de bassins

| Zone de drainage (80 % imperméable) | 10 ha | 20 ha | 30 ha | 40 ha |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Région nécessaire pour un bassin (ha) | 0,85 | 1,21 | 1,53 | 1,82 |
| Empreinte du bassin (% du total) | 8 | 6 | 5 | 4 |

Abréviation : ha, hectare.

4.2.3 Économies au niveau de la municipalité : améliorer l'infrastructure vieillissante dans un environnement urbain dense

Vancouver évalue à 1,6 milliard \$ en dollars de 2018 la valeur du remplacement de son infrastructure d'égout et de canalisation. Des évaluations récentes démontrent que 23 pour cent de son infrastructure est en mauvais ou en très mauvais état. Si la ville a pour objectif à long terme de séparer les réseaux d'égout unitaire à l'échelle de la ville, elle planifie, à court terme, d'améliorer le système en place à l'aide d'une infrastructure verte d'eau de pluie (IVEP). Cette

dernière empêchera l'eau de pluie de pénétrer dans le système d'égout, ce qui aura pour effet d'en accroître la capacité et d'en prolonger la durée de vie. Elle permet d'éviter ou de reporter les coûts en évitant ou en reportant les mises à niveau d'égout coûteuses jusqu'à ce qu'elles soient combinées avec d'autres programmes de renouvellement de l'infrastructure, notamment les mises à niveau du système d'eau potable ou les projets de reconstruction routière. Comme le mentionne le Cambie Corridor Plan, la portée des mises à jour nécessaires au réseau d'égout conventionnel actuel variera selon la quantité d'eaux de ruissellement qui peut être gérée par des stratégies d'infrastructure verte de rechange (ville de Vancouver, 2018a, p. 239).

4.3 Créer des économies d'échelle

Kitchener a démontré que le fait de combiner l'IVER avec les projets de reconstruction routière s'est traduit par une augmentation de 4 pour cent des coûts totaux du projet. Le programme de mise aux normes stratégiques de Vancouver offre l'occasion de combiner plusieurs projets d'IVER dans les régions croissantes de la ville.

4.3.1 L'augmentation du coût marginal de combiner une IVER avec une reconstruction routière

Depuis l'ajout d'une IVER à son programme de mise aux normes routières afin de respecter la CCVR de 12,5 mm, les coûts totaux de reconstruction routière de Kitchener ont augmenté de 3 à 6 pour cent. Le coût relatif de l'augmentation — soit le coût nécessaire pour respecter la CCVR moins le coût relatif à l'infrastructure de gestion des eaux de ruissellement traditionnel (puisards et canalisations, ici sans installations de traitement) — compare plus exactement les options verte et grise (**Tableau 9**). (La **Section 4.2.1** et la **Section 5.5** comparent les coûts des options verte et grise pour la Huron Natural Area.) En 2018, il en coûtait 16,5 millions \$ pour réaliser six projets de reconstruction routière à Kitchener. Les coûts totaux relatifs à l'IVER se chiffraient à 700 000 \$.

Il est rentable de combiner des projets d'IVER et de mise aux normes de routes : l'équipement nécessaire pour construire cette dernière est déjà sur place; un seul entrepreneur peut réaliser les deux projets, pour ne nommer que quelques avantages. Consciente de la valeur de cette approche, EPCOR a collaboré avec l'initiative Building Great Neighbourhoods d'Edmonton pour coordonner leurs projets de renouvellement d'infrastructure respectifs.

4.3.2 Combiner plusieurs projets d'IVEP

La stratégie municipale pour la pluie de Vancouver dispose d'un plan réfléchi pour créer la capacité nécessaire pour améliorer proportionnellement la mise en œuvre d'IVEP de projets pilotes à l'échelle de chacun des sites à des projets à l'échelle du district ou du quartier. Le corridor Cambie, une des principales zones en croissance de la ville, constituera l'essai type du programme de mises aux normes d'IVEP stratégiques de Vancouver (*Strategic Retrofit Green Rainwater Infrastructure Program*) (ville de Vancouver, 2019 b, p. 121). La ville a entamé une analyse des options pour le corridor et réalisé une analyse des coûts et des avantages des options définies.

Étant donné que Vancouver vise à mettre aux normes de manière stratégique 10 pour cent des surfaces de la ville avec des IVEP d'ici 2050 (ville de Vancouver, 2019b, p. 121), les zones de croissance comme corridor Cambie offrent une occasion de combiner plusieurs projets d'IVEP. Il pourrait en résulter d'importantes économies (PPP Grands Lacs, 2017). Dans quatre juridictions aux É.-U. (Philadelphie, New York, Portland et Milwaukee), les économies réalisées grâce à la mise en œuvre d'IVEP à grande échelle varient de 40 à 96 pour cent, les budgets se chiffrant de 9 millions à 3 milliards \$ en devise américaine.

De même, l'étude de cas de Southdown examine la combinaison de propriétés privées pour des mises aux normes d'IVER communes. Cette approche réduit les coûts de deux manières. Premièrement, une approche par lot multiplie le nombre d'installations nécessaires à la gestion de la même quantité d'eaux de ruissellement. Le recours à un ensemble de chambres d'infiltration, par exemple, pour trois propriétés coûte moins cher que la construction d'une installation pour chaque propriété. Deuxièmement, la combinaison de ces mises aux normes en un seul projet permet de réaliser des économies d'échelle.

4.4 Comblent le fossé entre public et privé

Dans la plupart des zones urbaines, le ruissellement provenant de propriétés privées coule jusque dans le système d'égout municipal d'eaux de ruissellement, lequel le transporte vers une installation de traitement et de stockage ou directement dans un plan d'eau récepteur. Autrement dit, les municipalités offrent des services de gestion d'eaux de ruissellement à l'aide de l'infrastructure qui se trouve sur la propriété qu'elles possèdent. Cependant, tel que mentionné dans l'introduction et dans l'étude de cas de Southdown, le manque d'espace dans les **aménagements patrimoniaux** les empêche d'adopter cette approche.

Pour relever les défis de ces derniers, tous les sujets d'étude de cas comprennent des initiatives sur propriété privée dans leur stratégie de gestion des eaux de ruissellement, et ce, pour deux raisons. Premièrement, pour partager le fardeau d'améliorer la gestion des eaux de ruissellement dans les aménagements patrimoniaux, il faut compter sur la participation du secteur privé. Deuxièmement, les mises aux normes d'IVER sur propriété privée sont souvent moins coûteuses que les mesures équivalentes sur propriété publique en raison de l'espace disponible.

4.4.1 Politiques relatives au réaménagement

Si chaque sujet d'étude de cas nécessite de nouveaux aménagements ainsi que des réaménagements pour inclure des contrôles des eaux de ruissellement à la source, les études de cas de Kitchener et de Vancouver les examinent en détail.

Le plan de mise en œuvre du plan directeur de gestion intégrée d'eaux de ruissellement (PD-GIER) de Kitchener exige que tous les projets de nouveaux aménagements et de réaménagement respectent la CCVR de 12,5 mm. Ceux qui n'y arrivaient pas devaient payer des frais uniques à raison de 100 575 \$ par hectare en 2019. Ces sommes permettent à la ville de mettre en œuvre des mesures compensatoires ailleurs. Si un lot de terrain offre un contrôle de ruissellement, mais ne répond pas à cette exigence, le propriétaire du site doit payer une partie des frais.

En général, il coûte moins cher de construire des contrôles d'IVER que de payer des frais pour les eaux de ruissellement. Dans le cas du réaménagement du boulevard Homer Watson et de Seabrook Drive, les économies se sont chiffrées à 35 000 \$ et 150 000 \$ respectivement. Les frais, quant à eux, auraient atteint 170 000 \$ et 290 000 \$, respectivement, si aucune IVER n'avait été mise en œuvre. Qui plus est, chacune de ces propriétés est désormais admissible au programme de crédit pour eaux de ruissellement, ce qui leur permet de réaliser des économies annuelles supplémentaires (**Tableau 10**).

La stratégie municipale pour la pluie de Vancouver cherche à créer des normes de conception de gestion de l'eau de pluie à l'intention du réaménagement de propriété privée et de réaménagement d'ici 2022. L'atteinte de la cible de la stratégie — contrôler 90 pour cent de l'eau de pluie pour 40 pour cent des surfaces imperméables de la ville d'ici 2050 — dépend de la participation des secteurs public et privé. À ce titre, les politiques d'aménagement et de réaménagement jouent un rôle clé.

4.4.2 Motiver les mises aux normes d'IVER sur propriété privée : programmes de prime, droits de passage et Loi sur le drainage

Certaines municipalités ont mis en place des méthodes pour financer, construire et entretenir les systèmes d'égout municipaux sur des propriétés privées. La ville de Philadelphie est à la tête de ce mouvement qui se sert de mesures incitatives financières afin de motiver les propriétaires fonciers à mettre aux normes leurs propriétés avec des contrôles d'eaux de ruissellement par IVER à la source. Il peut s'avérer beaucoup moins dispendieux d'installer une IVER sur une propriété privée que d'offrir des services équivalents de gestion des eaux de ruissellement sur une propriété publique (Valderamma et Davis, 2015). Ceci constitue une motivation financière pour étudier la possibilité de procéder à la mise aux normes d'IVER sur une propriété privée parallèlement aux méthodes de gestion des eaux de ruissellement traditionnelles.⁵

Si l'entretien de l'infrastructure financée par les fonds publics sur les propriétés privées constitue un obstacle, l'étude de cas de Southdown illustre comment il est possible de le surmonter.

À Philadelphie, les propriétaires fonciers qui reçoivent des subventions d'investissement en vertu du Greened Acre Retrofit Program (GARP) doivent inscrire ces plans d'entretien en tant que droit de passage sur leurs propriétés pendant 45 ans ou pour la durée de vie utile de l'installation, selon la durée la plus longue des deux. Si le propriétaire n'effectue pas l'entretien de ces installations, il doit rembourser toute la subvention. Ceci protège l'investissement en capital effectué par le Philadelphia Water Department et assure d'avoir en place un accord d'entretien au cas où il y aurait changement de propriétaire. Le GARP de Philadelphie offre un modèle à suivre aux autres municipalités.

Enfin, la **Loi sur le drainage** de l'Ontario permet aux propriétaires fonciers publics et privés de collaborer aux mises aux normes d'IVER mutuellement bénéfiques qui, une fois construites, sont protégées par des droits de passage acquis en vertu de la loi.

⁵ La ville de Philadelphie a lancé son programme novateur après avoir conclu une entente avec la United States Environmental Protection Agency pour réduire les débordements d'égout unitaire. Parce que la ville de Mississauga ne dispose pas d'égouts uniques, elle ne croit pas qu'un programme incitatif ayant pour but de couvrir les coûts relatifs aux mises aux normes d'IVER sur propriétés privées convient en plus du programme dédié aux eaux de ruissellement (ville de Mississauga, 2020b).

4.5 Avantages connexes et objectifs partagés

Si l'objectif principal des pratiques relatives à l'IVER est d'améliorer la gestion des eaux de ruissellement — qualité, quantité et **équilibre hydrique** —, l'IVER, et particulièrement les

L'**équilibre hydrique** rend compte du débit d'eau entrant (précipitation) et sortant dans un système selon les composants du **cycle hydrologique** (précipitation, **ruissellement**, **infiltration**, débit souterrain et **évapotranspiration**). Les précipitations sur les zones naturelles génèrent peu de ruissellement et de grandes quantités d'infiltration alors que lorsqu'elles se produisent sur des zones très imperméables (p. ex., zones urbaines), elles génèrent beaucoup de ruissellement et peu d'infiltration.

installations végétalisées offrent une foule d'avantages connexes, contrairement à l'infrastructure grise. Il est nécessaire de dénombrer ces avantages connexes à l'aide de méthodes quantitatives et qualitatives afin de réaliser une analyse coût-avantage complète. Si toutes les études de cas abordent la question des avantages connexes, celle de Southdown quantifie ceux liés aux arbres plantés dans des installations d'IVER.

La **Loi sur le drainage** est une loi ontarienne visant à permettre aux propriétaires fonciers, privés ou publics, de demander à leur municipalité de construire des installations de drainage communes, que ce soit sur propriété privée ou publique. Si une telle demande est jugée valide, la municipalité avance les fonds nécessaires à ces travaux puis les facture aux propriétaires fonciers, en plus des frais relatifs à leur entretien à venir en fonction de l'utilisation qu'ils feront du drain et des avantages qu'ils en tireront. En réalité, les travaux réalisés en vertu de la Loi deviennent une infrastructure payée selon l'utilisation : si vous en bénéficiez, vous payez votre part. Bien qu'appliquée habituellement dans un contexte agricole, la *Loi sur le drainage* a été appliquée dans des zones de **bassins hydrographiques** pour faciliter la construction de collecteurs d'eau pluviale, de rigoles de drainage et de bassins de gestion des eaux de ruissellement. Pour plus d'information sur la *Loi sur le drainage*, visitez sustainabletechnologies.ca.

Il est essentiel que les divers services municipaux collaborent (planification, exploitation, parcs, ingénierie et finances) pour assurer la mise en œuvre d'une IVER de grande envergure qui optimise les avantages connexes. Une collaboration aide à faire en sorte que les investissements en IVER produisent les résultats escomptés et atteignent plusieurs objectifs en matière de politiques. Il est question de l'intégration parmi les divers services dans les études de cas de Vancouver, de Kitchener et d'Edmonton.

4.5.1 Synergies avec d'autres objectifs municipaux : Kitchener

La mise en œuvre du PD-GIER de Kitchener reconnaît que l'intégration parmi tous les services municipaux constitue le fondement d'une approche moderne pour la gestion des eaux de ruissellement et s'avérera essentielle dans ce contexte pour préserver et améliorer l'état et la santé des sous-bassins hydrographiques (ville de Kitchener, 2016b, p. v). Une telle collaboration pour les projets de gestion des eaux de ruissellement favorise l'atteinte d'autres objectifs en matière de politiques : accroître le couvert forestier urbain, construire de nouveaux sentiers et terrains pour cyclisme, augmenter la capacité en matière de transport, réhabiliter des parcs, apaiser la circulation, permettre plus de stationnements sur la rue et embellir les collectivités de Kitchener (ville de Kitchener, 2016b, p. v).

La **Figure 7** illustre l'organigramme qui aide à choisir parmi les types d'IVER selon des objectifs différents en matière de politiques et des caractéristiques des emplacements. Comme l'abordait la **Section 4.1.2.1**, Kitchener choisit par défaut d'utiliser des tranchées d'exfiltration comme méthode principale pour rencontrer la CCVR en raison de leur ratio coût-efficacité. Toutefois, il est possible de choisir d'autres types d'IVER plus dispendieux s'ils peuvent respecter d'autres objectifs municipaux en matière de politiques. Le fait d'atteindre plusieurs d'entre eux à l'aide d'IVER accroît le retour sur investissement en gestion des eaux de ruissellement.

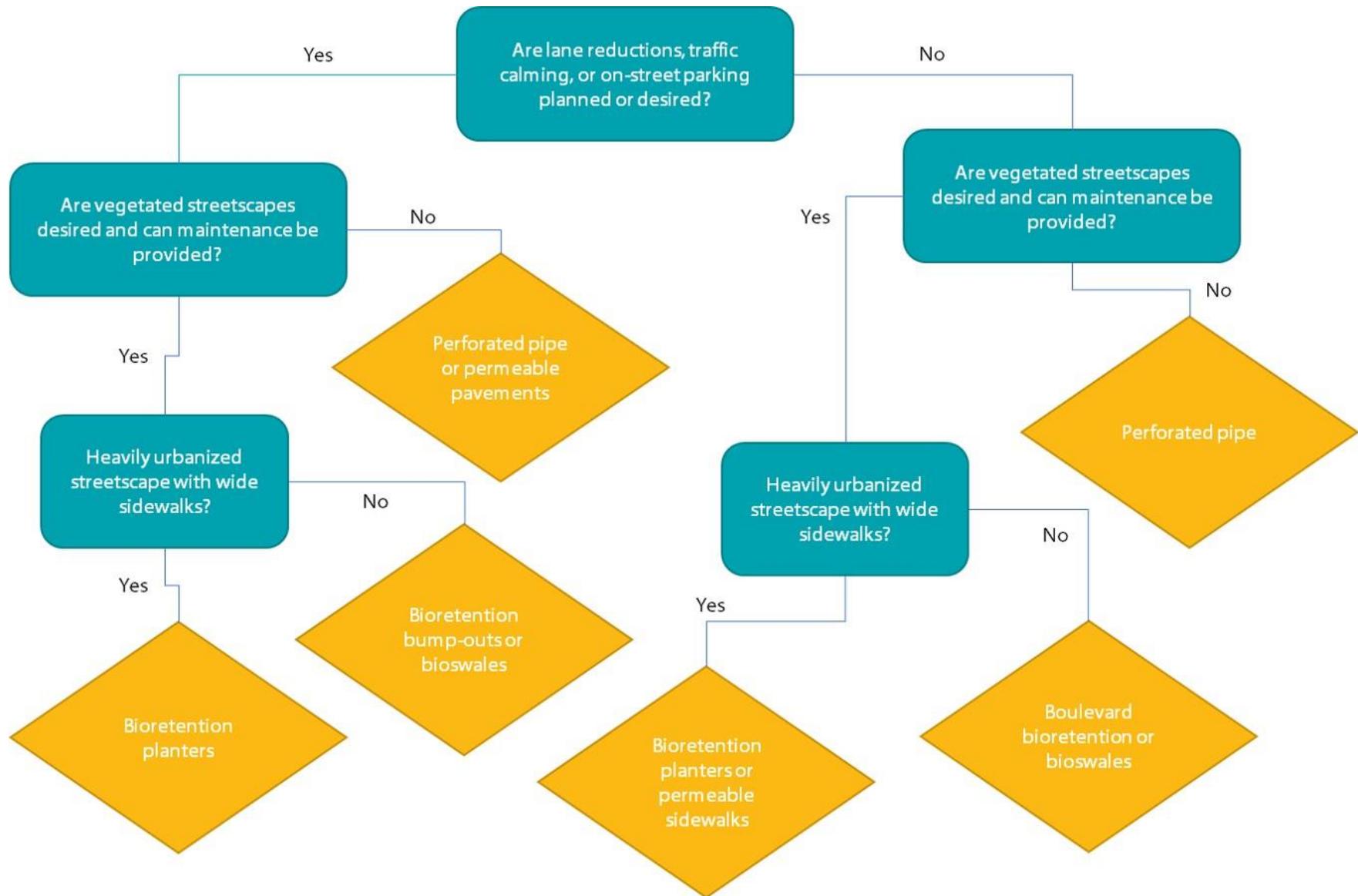


Figure 7 : Organigramme utilisé pour déterminer la meilleure pratique d'IVER selon un emplacement. Adapté de la ville de Kitchener, 2016, p. 44

4.5.2 Synergies avec d'autres objectifs municipaux : Vancouver

La stratégie municipale pour la pluie de Vancouver a défini des cibles ambitieuses pour la gestion des eaux de ruissellement : recueillir et nettoyer au moins 90 pour cent de l'eau de pluie annuelle moyenne de la ville pour 40 pour cent des surfaces imperméables de la ville d'ici 2050. Cette vision, qui adopte l'eau de pluie en tant que valeur précieuse pour la communauté et les écosystèmes naturels (ville de Vancouver, 2019, p. 2), donne le ton à l'approche holistique adoptée pour rencontrer ces cibles.

La stratégie municipale pour la pluie met les avantages connexes au centre de l'IVEP, plutôt que de les envisager comme un bienfait accessoire. Elle comprend la mise en valeur de l'habitabilité de Vancouver grâce à l'amélioration des écosystèmes naturels et urbains, l'élimination des polluants aquatiques et atmosphériques, la cueillette et la réutilisation de l'eau de pluie, l'atténuation de l'**effet d'îlot thermique urbain** et l'élargissement des espaces verts totaux de la ville (ville de Vancouver, 2019, p. 2). Qui plus est, elle tend à distribuer les avantages et les fardeaux liés à l'adoption du plan de manière équitable parmi les parties prenantes.

Effet d'îlot thermique urbain :

parce que les zones urbaines sont couvertes de surfaces qui retiennent la chaleur (béton, brique, bitume), les températures y sont plus élevées que dans les zones rurales ou naturelles avoisinantes. Qui plus est, parce qu'il y a peu de végétation, elles ne bénéficient pas des effets rafraîchissants de l'**évapotranspiration**.

Si, habituellement, les services publics sont responsables de la gestion des eaux de ruissellement, la stratégie municipale pour la pluie reconnaît que l'IVEP constitue plus qu'un outil de gestion de l'écoulement : il s'agit d'une approche de la gestion de l'eau et des systèmes naturels (ville de Vancouver, 2019, p. 7). Pour cette raison, la stratégie est un effort conjoint des services d'ingénierie de la ville de Vancouver; du service de planification, d'urbanisme et de durabilité; du service de l'aménagement, des immeubles et des permis; de la gestion de l'immobilier et des installations et du Vancouver Board of Parks and Recreation; avec le soutien indispensable des services de planification des activités et soutien de projets, et du service de la gestion des finances, du risque et de la chaîne d'approvisionnement (ville de Vancouver, 2019, p. 25).

4.5.3 Synergies avec d'autres objectifs municipaux : EPCOR

En collaborant avec l'initiative Climate Change Adaptation d'Edmonton, EPCOR a défini des pratiques relatives aux eaux de ruissellement qui offrent des avantages supplémentaires à l'atténuation des risques d'inondation. Le partage d'information permettra à l'initiative de faire le suivi des effets cumulatifs de la mise en œuvre de l'IVER d'EPCOR sur le degré de préparation aux changements climatiques d'Edmonton.

EPCOR cherche également à collaborer avec d'autres services municipaux afin de partager la planification des pratiques d'IVER végétalisées et d'en effectuer l'entretien. Par exemple, lorsqu'EPCOR construit une cellule de sol boisée, elle offre le sol en consultation avec le service de foresterie urbaine de la ville qui, à son tour, choisit, fournit, installe et entretient les arbres.

4.5.4 Quantifier les avantages connexes

Une mauvaise qualité de l'air et l'effet d'îlot thermique urbain sont chose commune dans le district de Southdown. C'est pourquoi l'équipe du projet a inclus la plantation d'arbres et de prés indigènes dans les rigoles gazonnées renforcées dans le scénario de propriété privée. Au total, 343 arbres ont été plantés à raison de 3 mètres entre chaque arbre. Le choix des espèces est fondé sur les projets de restauration écologique antérieurs et les lignes directrices du CVC pour la sélection des plantes (CVC, 2018 c). Ces anciens projets servent également à évaluer la préparation de l'emplacement (y compris la gestion des espèces envahissantes) et les coûts relatifs à la plantation des arbres. Les avantages ont été évalués à l'aide d'un logiciel gratuit de l'agence américaine de protection de l'environnement (EPA), i-Tree Design. Les coûts du cycle de vie projetés (sur 50 ans) pour la plantation d'arbres et de prés indigènes s'élèvent à 25 300 \$ (voir le **Tableau 27** et le **Tableau 28**) et les avantages projetés (sur 50 ans) à 83 000 \$ (**Tableau 29**).

4.6 Résumé

Les études de cas examinent en détail les thèmes abordés dans cette section. Si chacune est unique, elles partagent un but commun : une gestion améliorée des eaux de ruissellement. Les organisations ont découvert que la mise en œuvre d'IVER à grande échelle joue un rôle clé dans un plan d'affaires réfléchi lorsqu'il est question de relever les défis relatifs à la gestion des eaux de ruissellement.

5.0 ÉTUDE DE CAS DE KITCHENER

Principales conclusions

- La ville de Kitchener a élaboré un plan systématique pour gérer l'écart de 75 pour cent en infrastructure de gestion des eaux de ruissellement et améliorer le niveau de service à l'échelle de la municipalité.
- Tous les projets d'aménagement et de réaménagement, dans toute la ville, doivent empêcher qu'au moins 12,5 mm de précipitation de pénétrer dans le réseau d'égout d'eaux de ruissellement après une averse.
- Le fait de combiner les projets de reconstruction routière à l'IVER ajoute seulement 4 pour cent, en moyenne, au coût total du projet.

5.1 Historique

Depuis l'adoption d'un nouveau plan directeur pour la gestion intégrée des eaux de ruissellement (PD-GIER) (ville de Kitchener, 2016a) en 2016, la ville est passée de projets pilotes à la sélection élargie d'**infrastructure verte d'eaux de ruissellement (IVER)**. Une **cible de contrôle du volume de ruissellement (CCVR)** de 12,5 mm constitue le moteur principal pour élaborer le programme de mise en œuvre d'IVER. L'expérience de Kitchener a démontré que :

- Le fait de combiner IVER et projets de reconstruction routière augmente les coûts totaux de projet de seulement 3 à 6 pour cent (Wilson, 2019). En comparaison, les changements de la valeur marchande du pétrole peuvent

Infrastructure verte d'eaux de ruissellement (IVER): également appelée aménagement à faible impact (AFI), l'infrastructure verte d'eaux de ruissellement est une stratégie de gestion d'eaux de ruissellement qui cherche à atténuer les conséquences de la pollution accrue du **ruissellement** et des eaux de ruissellement. Les pratiques d'IVER gèrent le ruissellement le plus près possible de la source afin de préserver ou de restaurer les fonctions **hydrologiques** et écologiques préalables à l'aménagement. Pour préserver les fonctions en place avant l'aménagement, l'IVER utilise un concept visant à minimiser le ruissellement et à protéger les tracés du réseau hydrographique. Pour les restaurer, elle utilise des pratiques structurelles distribuées pour filtrer, retenir, **infiltrer, évapotranspirer** et **recueillir les eaux de ruissellement**. Les pratiques d'IVER peuvent éliminer efficacement les sédiments, nutriments, pathogènes et

Cible de contrôle du volume de ruissellement

(CCVR) : une exigence selon laquelle les systèmes d'eaux de ruissellement doivent capturer et retenir la première portion de précipitation (pluie) lors d'une averse. Le fait de retenir cette portion prédéterminée empêche l'eau de pénétrer dans le réseau d'égout pluvial canalisé sous forme de **ruissellement**.

représenter une plus grande variabilité des coûts de -30 à +17 pour cent des coûts totaux du projet (Wilson, 2019).

- La simplification du processus de conception et de construction par le biais de dessins de conception standard, des dossiers de conception et une communication claire avec les entrepreneurs a pour effet de réduire les coûts initiaux et le risque d'erreurs coûteuses.
- Certaines pratiques d'IVER, comme les **systèmes d'exfiltration**, sont plus économiques pour respecter la CCVR dans les projets de reconstruction routière que d'autres. Toutefois, d'autres pratiques (p. ex., **biorétention**) peuvent offrir plus d'**avantages connexes** et peuvent être retenues si elles favorisent l'atteinte d'objectifs en matière de politique municipale, comme le verdissement des quartiers ou l'accroissement du stationnement sur la rue.

Système d'exfiltration : une pratique d'IVER dans le cadre de laquelle le **ruissellement** de surface est recueilli par des canaux de prise de drain et conduit vers un tuyau perforé, habituellement entouré de gravier, pour ensuite **s'infiltrer** dans le sol indigène.

Biorétention : une pratique d'IVER qui se sert du sol et de la végétation pour saisir, filtrer, infiltrer et **évapotranspirer** les eaux de ruissellement. La complexité de cette pratique varie selon les types de sol, les objectifs du projet et les ressources disponibles – des dépressions paysagées simples aux systèmes complexes comprenant revêtements imperméables, couches de stockage de gravier, mélanges de sols particuliers et drains de sortie.

Avantages connexes : effets positifs de l'IVER qui ne sont pas directement reliés aux objectifs de gestion des eaux de ruissellement traditionnels. Ils comprennent l'élimination de la pollution atmosphérique, la réduction de l'**effet d'îlot thermique urbain**, la création d'habitats, les économies énergétiques et la réduction de gaz à effet de serre.

5.2 Qualification des défis

5.2.1 Impacts de l'urbanisation

L'empreinte urbaine de la ville de Kitchener mesurait 139 km² en 2016 (ville de Kitchener, 2016a, annexe B). En 2020, avec Waterloo et Cambridge, Kitchener comptait la population à la croissance la plus rapide au Canada (CBC, 2020). Au fur et à mesure que l'aménagement et l'intensification continuent d'augmenter le **ruissellement**, il en est de même pour les risques de dégradation de la qualité de l'eau de surface et souterraine, d'inondation et de vulnérabilité aux changements climatiques.

Ruissellement : eau de pluie qui coule sur les surfaces dures, comme les toits et routes, au lieu de s'**infiltrer** dans le sol. Le ruissellement urbain transporte des métaux lourds, des nutriments, des bactéries et d'autres polluants dans les cours d'eau, ce qui a un effet néfaste sur la vie humaine, animale et végétale.

La ville se trouve sur la moraine de Waterloo. Elle contient un ensemble de grands aquifères qui fournissent environ 80 pour cent de l'eau potable de la région de Waterloo (ville de Kitchener, 2016a); le 20 pour cent restant provient de la rivière Grand. Par conséquent, il est prioritaire de conserver la recharge d'eau souterraine et de protéger la qualité de l'eau.

En 2014, une évaluation des aquifères de la moraine de Waterloo a découvert que ces sources d'eau potable sont dans des conditions difficiles, certaines d'entre eux sur le plan de la quantité, ce qui pourrait limiter la capacité d'aménagement futur de la région. Quant à la qualité, ces aquifères sont menacés par l'aménagement urbain ainsi que les activités industrielles et agricoles (Sousa, Rudolph et Frind, 2014).

En 2016, Kitchener a évalué l'impact de l'urbanisation sur la santé du bassin hydrographique. Des 25 sous-bassins hydrographiques, l'état de 4 d'entre eux était « bon » ou « excellent », tandis que celui des 21 autres était « mauvais » ou « passable » (ville de Kitchener, 2016b).

Les changements climatiques aggraveront les effets de l'urbanisation alors que des tempêtes plus intenses et une quantité de précipitations plus importante se traduiront par des inondations plus fréquentes, une charge polluante plus grande, une dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraine et des dommages possibles aux infrastructures.

5.2.2 Manque de contrôles de gestion des eaux de ruissellement dans les régions urbaines plus vieilles

Comme la plupart des villes en Ontario et au Canada, la plus grande partie de Kitchener a été construite avant l'introduction de normes de quantité et de qualité des eaux de ruissellement et les **aménagements patrimoniaux** de la ville possèdent une faible infrastructure dédiée aux eaux de ruissellement (**Figure 8**). Kitchener a commencé à les gérer dans les années 1970 et les pratiques sont en évolution continue. Elles comprennent désormais le contrôle de la quantité (contrôle d'inondation), de la qualité de l'eau, de l'érosion et de l'**équilibre hydrique**. En 2016, 2 865 des 11 371 hectares (25,2 pour cent) de la zone urbaine de Kitchener disposaient d'une infrastructure dédiée aux eaux de ruissellement pour le contrôle de l'inondation (**Figure 9**). Ceci signifie qu'en 2016, 75 pour cent de la ville n'avait pas d'infrastructure à ces fins. Étant donné le manque historique et actuel de traitement des eaux de ruissellement, la plupart des sous-bassins hydrographiques locaux de Kitchener se trouvent dans un état variant de passable à mauvais.

Aménagements patrimoniaux : régions urbaines construites avant que des contrôles de qualité et de quantité soient exigés pour les nouveaux aménagements au Canada. Généralement, ils ne possèdent que des infrastructures qui transportent les eaux de ruissellement depuis les accumulations vers les plans d'eau récepteurs.

Équilibre hydrique : la comptabilisation du débit d'eau entrant (précipitation) et sortant dans un système selon les composants du **cycle hydrologique** (précipitation, **ruissellement**, **infiltration**, débit souterrain et **évapotranspiration**). Les précipitations sur les zones naturelles génèrent peu de ruissellement et de grandes quantités d'infiltration alors que lorsqu'elles se produisent sur des zones très imperméables (p. ex., zones urbaines), elles génèrent beaucoup de ruissellement et peu d'infiltration.

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

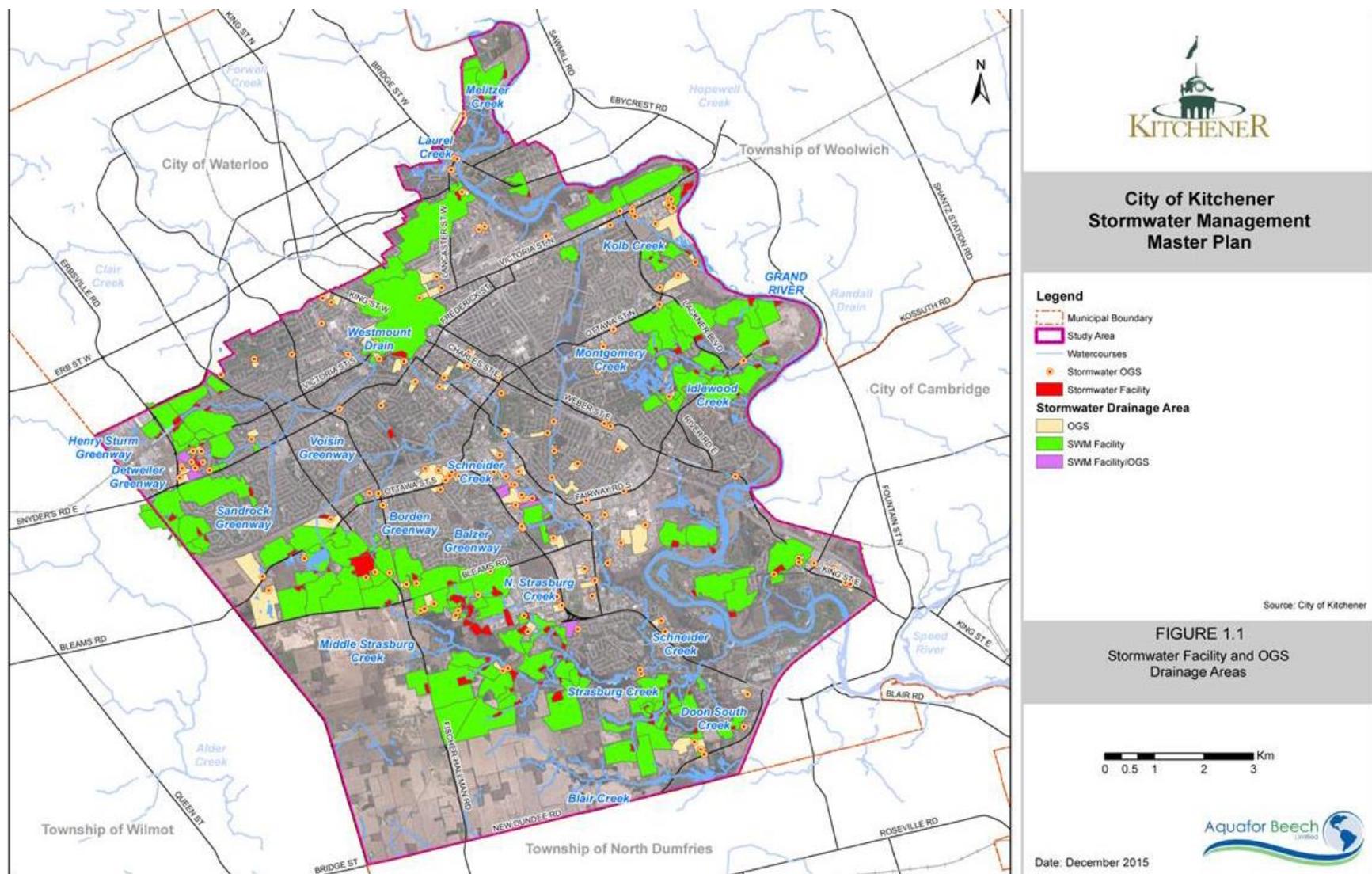


Figure 8 : Zones d'écoulement de l'installation dédiée aux eaux de ruissellement et au séparateur d'huiles et de sédiments de Kitchener. Abréviations : SHS (OGS), séparateur d'huiles et de sédiments; GER (SWM), gestion des eaux de ruissellement. Source : Wilson, 2019

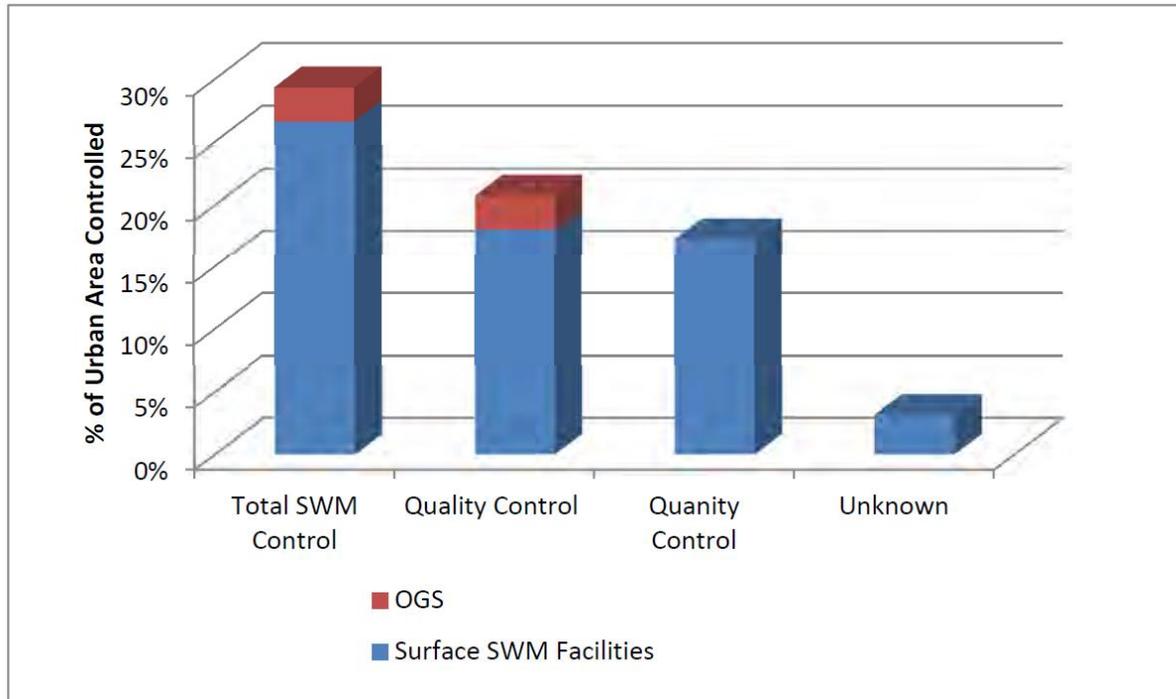


Figure 9 : Pourcentage de la région de Kitchener contrôlée par des actifs de gestion des eaux de ruissellement.

Abréviations : SHS (OGS), séparateur d'huiles et de sédiments; GER (SWM), gestion des eaux de ruissellement.

Source : ville de Kitchener, 2016a

5.2.3 Manque de financement durable pour l'infrastructure dédiée aux eaux de ruissellement

Anciennement, Kitchener finançait son infrastructure et ses services relatifs aux eaux de ruissellement par le biais des taxes foncières. Cela signifiait que ces services étaient en concurrence avec d'autres services municipaux comme les parcs, les routes et les services sociaux pour obtenir leur part du budget. Cette concurrence est problématique alors que l'infrastructure dédiée aux eaux de ruissellement — d'une valeur de 265 millions \$ en 2011 — vieillit et doit être remplacée.

En 2016, Kitchener comptait 142 installations actives de gestion des eaux de ruissellement; 105 d'entre elles étaient la propriété de la ville qui les exploitait; 27 n'étaient pas encore prises en charge et 10 bassins naturels servaient d'installation de gestion des eaux de ruissellement (ville de Kitchener, 2016a). À l'époque, 18 installations étaient prévues, mais pas encore construites. La ville avait également 158 **séparateurs d'huiles et de sédiments** (SHS), en exploitait et entretenait 65; 94 étaient de propriété privée et 8 étaient détenues par la région de Waterloo (ville de Kitchener, 2016a). Les SHS contrôlent le ruissellement depuis la zone d'écoulement d'environ 311 hectares (ville de Kitchener, 2016a).

Le groupe de gestion des eaux de ruissellement a également une multitude de responsabilités de plus petite envergure, notamment l'inspection et l'entretien, la réparation de la chaussée endommagée par un mauvais écoulement, le respect d'exigences réglementaires en constante augmentation, l'augmentation de la responsabilité des niveaux de service, la gestion des appels pour dommages causés par des inondations de cours ou de sous-sols, ainsi que le traitement des réclamations et des études d'aménagement d'infrastructure suggérée dédiée aux eaux de ruissellement – chacune exigeant une partie du budget municipal (ville de Kitchener, 2011).

Le coût associé à la prestation de ces services, à l'entretien et au remplacement d'une infrastructure vieillissante et à la gestion du manque actuel d'infrastructure dédiée aux eaux de ruissellement ne pouvait pas être couvert par les taxes foncières uniquement. En 2010, le budget pour les eaux de ruissellement de Kitchener se chiffrait à environ 8,9 millions \$, alors qu'il en aurait fallu 13,1 millions \$ (ville de Kitchener, 2010). Ce déficit budgétaire annuel de 4,1 millions \$ a mis en évidence la nécessité de disposer d'un financement durable et constant (ville de Kitchener, 2010), d'autant plus lorsque l'on prend en considération les exigences issues des changements climatiques.

5.2.4 Le défi de mettre en œuvre l'IVER selon une approche opportuniste

Comme la plupart des municipalités ontariennes, à l'origine, Kitchener se servait de l'IVER uniquement dans le cadre d'une approche opportuniste en fonction du financement et de l'emplacement disponibles. Les premiers projets avaient tendance à mettre en évidence les nouvelles technologies d'IVER. Ces types de démonstration sont, habituellement, plus coûteux, car ils comprennent un paysagement détaillé, une signalisation et des équipements publics comme des sièges, de l'équipement de surveillance spécialisé et un degré d'entretien supérieur.

Les jardinières de biorétention de la rue King, à Kitchener, ont constitué les premiers projets d'IVER de la ville qui les a mises en place dans le cadre d'un plan directeur de paysage de rue primé qui intégrait le stationnement sur rue, des sièges pour les piétons, la gestion des eaux de ruissellement et l'esthétisme (**Figure 10**). Les jardinières de biorétention sont en fonction depuis 2013 et se sont avérées une source d'information précieuse pour les projets d'IVER actuels et à venir.

La capacité de survie des plantes et des arbres, l'irrigation, la congestion des canaux de prise et l'entretien – autant d'éléments qui ont posé problème (The Record, 2014). Cette situation n'est pas rare pour les premiers projets d'IVER d'une municipalité. Les jardinières de la rue King ont été

essentielles pour aider la ville à apprendre comment mettre en œuvre une IVER de grande envergure de manière efficace et efficiente à l'échelle de la ville.



Figure 10 : Jardinières de biorétention de la rue King.
Source : Ville de Kitchener

5.3 Définition d'objectifs

5.3.1 *Le chemin vers l'amélioration des niveaux de service*

Pour aborder le défi décrit à la **Section 5.2**, Kitchener a décidé d'apporter des changements à la structure du financement, à la planification et à la politique relative à la gestion des eaux de ruissellement. La ville a choisi d'adopter des **redevances relatives à l'eau de pluie** et un

Redevances relatives à l'eau de pluie : des frais annuels facturés aux propriétaires fonciers par les municipalités pour les services d'eaux de ruissellement. Ils sont distincts des taxes immobilières générales et constituent une source de revenus dédiée à l'entretien, au fonctionnement et à la revitalisation de l'infrastructure des eaux de ruissellement.

programme de crédits en plus de mettre à jour son plan directeur relatif aux eaux de ruissellement, lequel comprend une CCVR de 12,5 mm et des stratégies de mise en œuvre à la fois pour les zones urbaines existantes et à venir, y compris les projets routiers (ville de Kitchener, 2016a).

Désormais, Kitchener dispose d'un modèle de financement pour récupérer les coûts relatifs à l'infrastructure dédiée aux eaux de ruissellement, notamment les coûts d'investissement, le remplacement, la planification et l'entretien. Ces éléments combinés permettent également à la ville d'investir dans la construction de projets de construction routière et d'y incorporer l'IVER en plus des contrôles de gestion des eaux de ruissellement traditionnels. Ceci permet de favoriser l'**infiltration**, d'améliorer la qualité de l'eau et de s'adapter aux changements climatiques.

Infiltration : le passage (ou la pénétration) de l'eau à travers la surface du sol.

5.3.1.1 Financement durable : mettre en place les redevances relatives à la gestion des eaux de ruissellement

Historiquement, la gestion des eaux de ruissellement, à Kitchener, est financée par les taxes foncières. Cette méthode offrait une source de financement inégale qui ne couvrait pas les coûts du service assuré aux résidents et aux commerces. Les services relatifs aux eaux de ruissellement devaient se tailler une place parmi les autres actifs et services de la ville, ce qui compliquait la planification de capitaux à long terme, l'entretien et l'amélioration du niveau de service.

Après un examen en 2010, le conseil municipal de Kitchener a approuvé un modèle de tarification du service d'eaux de ruissellement à frais fixes à niveaux dont la structure compte quatre catégories générales de propriétés : unifamiliale, multifamiliale, non résidentielle et non résidentielle exemptée de payer les taxes. De plus, elle est divisée en niveaux de tarification. Les frais à l'utilisateur reposent principalement sur la zone imperméable d'une propriété (entrées, aires de stationnement, empreinte de l'immeuble, terrasses, trottoirs, etc.). Cette approche d'allocation des coûts de gestion des eaux de ruissellement à tous les propriétaires fonciers est plus juste que de la fonder sur la valeur de la propriété (ville de Kitchener, 2011).

Toutes les propriétés de Kitchener doivent payer des redevances relatives à l'eau de pluie qui génèrent environ 15 millions \$ annuellement. Cette approche assure une source de financement fiable qui :

- permet une planification efficace;

- permet la mise en place d'un niveau de service pour les programmes relatifs aux eaux de ruissellement, y compris l'exploitation, l'entretien et les projets d'investissement;
- peut servir à incorporer plus de projets d'IVER afin de combler le manque dans l'infrastructure de gestion des eaux de ruissellement.

5.3.1.2 Financement durable : mise en œuvre du programme de crédits afin de reconnaître et de favoriser la gestion des eaux de ruissellement sur place

En 2012, dans le cadre du service relatif aux eaux de ruissellement, la ville de Kitchener a mis en œuvre une politique de crédit visant à récompenser l'intendance environnementale et à réduire les frais mensuels du propriétaire foncier relativement aux eaux de ruissellement. L'objectif était d'encourager ce dernier à construire des contrôles à la source (comme une IVER) et à adopter d'autres pratiques exemplaires en matière de gestion qui améliorent le niveau de service du système en général. De telles pratiques auraient pour effet de réduire le ruissellement individuel et le chargement de polluants dans le système d'eaux de ruissellement municipal. Chaque propriété peut demander des crédits afin de réduire de 45 pour cent, au plus, les redevances relatives à l'eau de pluie.

Des exemples de pratiques méritoires de crédits comprennent des tonneaux de pluie, des citernes, des jardins de pluie, des **chaussées perméables** ainsi que d'autres pratiques qui favorisent l'infiltration et le contrôle sur place du ruissellement. La politique des crédits vise à restaurer le **cycle hydrologique** et à bénéficier d'améliorations holistiques à l'environnement urbain (ville de Kitchener, 2011).

Chaussées perméables : un type de pratique d'IVER qui permet aux précipitations de s'infiltrer dans les pores de la surface (bitume et béton perméables) ou par les joints entre les pavés.

Cycle hydrologique : la circulation de l'eau depuis l'atmosphère vers la Terre, en boucle, par le biais de précipitation, de **ruissellement**, d'**infiltration**, de débit souterrain et d'**évapotranspiration**. Voir **équilibre hydrique**.

Contrôler le ruissellement des zones industrielles et commerciales constitue l'objectif premier du programme de crédits pour eaux de ruissellement de Kitchener. Ces zones ont priorité, car elles font beaucoup plus bénéficier le système des eaux de ruissellement municipal, comparativement aux zones résidentielles. Premièrement, de 80 à 100 pour cent des propriétés commerciales et industrielles sont imperméables, alors que c'est le cas pour seulement de 30 à 50 pour cent des zones résidentielles moyennes de Kitchener. Deuxièmement, les propriétaires fonciers résidentiels

sont limités à des pratiques de plus petite échelle, tandis que les propriétaires fonciers commerciaux et industriels peuvent entreprendre des projets de grande envergure pour bénéficier d'un maximum de crédits, avec de plus grands bienfaits pour le système d'eaux de ruissellement global (ville de Kitchener, 2016a).

Depuis l'adoption de la politique de crédit en 2012, Kitchener a émis plus de 4 000 crédits, soit une augmentation de 6 pour cent (ville de Kitchener, 2016a). La plupart d'entre eux ont été accordés dans des zones résidentielles; très peu dans les zones industrielles et commerciales.

5.3.1.3 Créer une approche systématique à la mise en œuvre d'IVER : adoption du plan directeur de gestion intégrée des eaux de ruissellement et du plan de mise en œuvre

Le plan directeur de gestion intégrée des eaux de ruissellement de Kitchener (PD-GIER) a été publié en 2016. Il s'agit d'un outil de soutien à la prise de décision qui aide à établir la priorité des projets et les lignes directrices de gestion des eaux de ruissellement pour les 15 prochaines années. Il combine l'utilisation de l'IVER avec des pratiques conventionnelles relativement aux eaux de ruissellement.

Kitchener a également créé un plan de mise en œuvre en complément au PD-GIER (ville de Kitchener, 2016b). La ville a réalisé une étude fondée sur le marché exhaustive afin de comprendre les besoins et les désirs des résidents et des commerces. Selon les résultats de cette recherche, le plan de mise en œuvre a recommandé des approches et des mesures incitatives afin d'accroître la participation au programme de crédits. Le but : atteindre un taux de 20 pour cent de participation d'ici 5 ans afin d'obtenir des mesures de gestion des eaux de ruissellement à la source par un peu plus de 25 pour cent des propriétés non résidentielles en 2021 (ville de Kitchener, 2016a).

Le plan de mise en œuvre classe les recommandations issues du PD-GIER en fonction des sous-bassins hydrographiques prioritaires puis suggère un calendrier de mise en œuvre, l'allocation du financement ainsi que l'élaboration de politiques nécessaires.

Le PD-GIER définit les objectifs clés qui visent les impacts environnementaux, le manque d'infrastructure relative aux eaux de ruissellement et le manque de financement durable qui touchent Kitchener. Ces objectifs comprennent des améliorations en ce qui a trait à la qualité et à la quantité de l'eau, au contrôle de l'érosion, à l'environnement naturel, à la durabilité des ressources aquatiques, à l'infrastructure ainsi qu'aux politiques et à la mise en œuvre.

Pour y arriver, la ville a préparé de nouvelles politiques qui soutiennent la mise en œuvre de l'approche recommandée par le PD-GIER. L'une d'elles comprend la définition d'une CCVR minimale et l'application de cibles de gestion des eaux de ruissellement pour les projets d'aménagement, de réaménagement et de nature linéaire (c.-à-d., construction routière). Cette politique exige que tous les emplacements à Kitchener continuent de contrôler le ruissellement pour contrôler les inondations et l'érosion, pour atteindre les cibles d'infiltration et conserver l'équilibre hydrique actuel et pour contrôler la qualité de l'eau en retenant au moins 12,5 mm de ruissellement de toutes les surfaces. Les propriétaires fonciers privés doivent s'inscrire au programme de crédits (ville de Kitchener, 2016a).

Si un lot de terrain nouveau ou destiné au réaménagement n'est pas en mesure de respecter la CCVR, des frais uniques de gestion des eaux de ruissellement sont exigés à raison de 100 575 \$ l'hectare (voir la **Figure 11**). Aucuns frais ne sont exigés si la CCVR est atteinte. Si la CCVR est partiellement atteinte, une portion équivalente des frais sera exigée (Gollan, 2019). Ces frais permettent à la ville de mettre en œuvre des mesures compensatoires ailleurs.

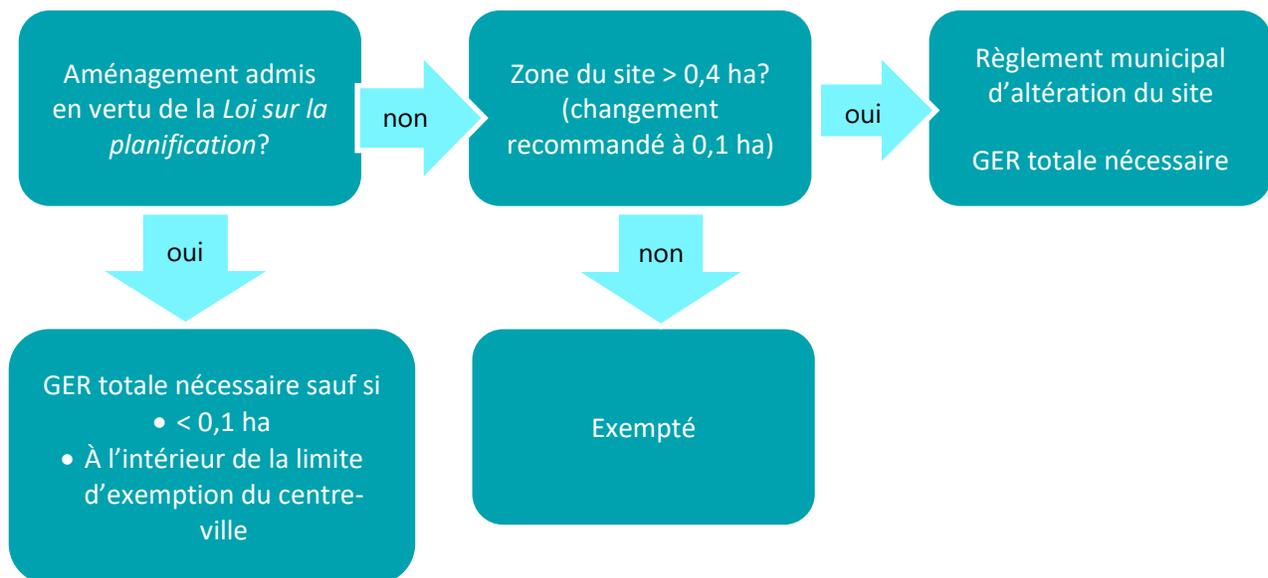


Figure 11 : Processus de décision pour l'application de frais relatifs aux eaux de ruissellement si la CCVR n'est pas rencontrée ou rencontrée partiellement.

Abréviations : ha, hectare; GER, gestion des eaux de ruissellement.

Source : Gollan, 2019

Cette CCVR et les frais de gestion des eaux de ruissellement aident à améliorer la qualité de l'eau, à prévenir l'**inondation urbaine**, à conserver la recharge d'eau souterraine avant l'aménagement, à préserver le cycle hydrologique, à limiter la pollution thermique dans les cours d'eau urbains et à préserver l'approvisionnement en eau souterraine (ville de Kitchener, 2016b).

Inondation urbaine : aussi appelée « inondation pluviale », elle comprend l'inondation de surface et la **surcharge d'égout sanitaire**. Elle résulte d'une pluie intense ou prolongée en zones urbaines qui dépasse la capacité du système de gestion de l'eau de pluie et inonde les terres basses. Elle peut causer des dommages de diverses manières, principalement par le refoulement d'égout sanitaire (en raison du **débit entrant** et de l'**infiltration**) et des eaux de ruissellement qui entrent directement dans les immeubles.

5.4 Élaborer une stratégie rentable et une approche systématique pour l'IVER

Pour la plupart des municipalités au Canada, l'approche à l'IVER a pris une forme non formelle, exploratoire et opportuniste. Ces projets phares ont tendance à ne pas contenir suffisamment d'intégration et à être plus coûteux que nécessaire. Toutefois, ces premières étapes exploratoires permettent au personnel municipal et à la collectivité de se familiariser avec la construction et l'exploitation d'une IVER et la vie à proximité. La prochaine étape logique : intégrer l'IVER dans le plan directeur et le plan de mise en œuvre municipal.

Une approche systématique à l'IVER augmente la probabilité que les installations construites fonctionnent comme prévu et devient plus rentable grâce aux éléments suivants :

- Allocation de financement annuel avec cibles précises pour appliquer l'IVER par le biais d'un plan de mise en œuvre.
- Choix des bons emplacements pour mettre en œuvre l'IVER avec l'aide d'études de faisabilité, en évitant les régions problématiques.
- Coordination parmi les services municipaux afin d'atteindre les nombreux objectifs en matière de politiques.
- Choix de mesures d'IVER rentables particulières au projet.
- Élaboration de normes de conception, de dossiers de dessins conceptuels, de normes de spécifications et de normes en matière de construction.

5.4.1 Création d'un plan de mise en œuvre

Comme mentionnée dans la **Section 5.3.1.3**, Kitchener a combiné un plan de mise en œuvre avec son plan directeur dédié aux eaux de ruissellement afin d'appuyer les stratégies recommandées

(ville de Kitchener, 2016b). Le conseil municipal a approuvé le plan de mise en œuvre en octobre 2016, lequel comprend les objectifs suivants :

1. Classer tous les travaux en ordre de priorité croissant selon les bassins hydrographiques aux besoins les plus grands et les occasions de conserver et d'améliorer les conditions par le biais des éléments recommandés dans l'approche.
2. Recommander l'allocation de financement et élaborer un calendrier de mise en œuvre à l'aide des sources de financement actuelles.
3. Élaborer une politique en appui au plan (ville de Kitchener, 2016b, p. ii).

Le calendrier de mise en œuvre permet à Kitchener de gérer les exigences en ce qui a trait au personnel et à l'équipement, de consolider la capacité municipale et de s'aligner avec d'autres programmes et projets municipaux (Gollan, 2019). Le plan de mise en œuvre donne également des détails sur six éléments de gestion des eaux de ruissellement définis par le PD-GIER; pour chacun d'eux, il présente une stratégie pour atteindre les objectifs décrits dans ce dernier. Le **Tableau 6** énumère ces cours d'eau ainsi que les budgets connexes.

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

Tableau 6 : Approches recommandées et coûts estimés pour les principaux éléments de gestion des eaux de ruissellement du plan directeur de gestion intégrée des eaux de ruissellement, de 2017 à 2030

| Élément du programme de gestion des eaux de ruissellement | | Approche recommandée | Évaluation du coût d'investissement* (millions \$) |
|---|--|--|--|
| 1 | Pratiques en matière de prévention de la pollution municipale, de l'exploitation et de l'entretien | Entretien de SHS (priorité supérieure, moyenne et inférieure) | 0,2 |
| | | Retrait des sédiments de chaque puisard des zones prioritaires | 0,3 |
| 2 | Stratégies fondées sur le marché pour propriété privée (contrôles à la source) | Instruments fondés sur le marché Comprend une mise en marché globale et ciblée d'un programme de prêt sans intérêts pour la gestion à la source des eaux de ruissellement à l'intention des clients non résidentiels ainsi que la consultation sur place et la direction en matière de conception | 3,5 |
| 3 | Programme d'eaux de ruissellement pour les routes principales (contrôles de transport) | Mise en œuvre de contrôles de transport à l'aide d'une combinaison de contrôles traditionnels de gestion des eaux de ruissellement (c.-à.-d., SHS) et des approches à faible impact (AFI) : | |
| | | 107 projets de reconstruction routière et de resurfaçage des routes prévus | 1,9 à 11,1 |
| | | 22 projets d'allées définis dans le cadre des prévisions d'investissement | -0,3 à +1,7 |
| 4 | Installations de gestion des eaux de ruissellement | Retrait des sédiments (priorité supérieure, moyenne et inférieure) des bassins secs et humides (45 installations de gestion des eaux de ruissellement) | 2,7 |
| | | Mises aux normes prévues (9 installations) | 7,0 |
| | | Réhabilitation et améliorations de parc – 12 nouvelles installations de GER | 36,4 à 49,3 |
| 5 | Restauration de cours d'eau et à la suite d'érosion | 12 occasions principales (portées d'emplacement d'érosion et de restauration) | 14,0 à 20,0 |
| 6 | Gestion de l'inondation urbaine et infrastructure dédiée aux eaux de ruissellement | Expansion du modèle de réseau d'égout existant en zones définies pour étude ultérieure dans le cadre du PD-GIER. Il permettra à Kitchener d'évaluer et de sélectionner les approches correctives favorites afin d'améliorer le niveau de service. | 40,0 |
| Total | | | 102,2 à 135,8 |

Abréviations : IVER, infrastructure verte d'eaux de ruissellement, PD-GIER, plan directeur de gestion intégrée des eaux de ruissellement; AFI, aménagement à faible impact; SHS, séparateur d'huiles et de sédiments; GER, gestion des eaux de ruissellement.

* Arrondi à la tranche de 100 000 \$ la plus près. Toutes les valeurs sont indiquées en dollars de 2016 en devise canadienne.

Source : ville de Kitchener, 2016b. Les éléments 2 et 3 du programme de gestion des eaux de ruissellement dirigent principalement la mise en œuvre de l'IVER; l'élément 2 définit l'approche aux contrôles à la source et l'élément 3, les contrôles de transport.

Ces éléments fondamentaux du calendrier et du budget sont chose courante à tous les projets municipaux bien planifiés. Un plan financier détaillé pour l'IVER évite les conflits entre services, car le personnel municipal connaît le budget alloué. De plus, un plan approuvé par le conseil donne du poids et de l'autorité au projet et aide à diriger les efforts du personnel et des services dont ils font partie. En limitant les problèmes organisationnels, on peut réduire les coûts nécessaires à la construction d'une IVER.

5.4.2 Définition des bassins hydrographiques prioritaires et choix d'emplacements qui traitent le risque et les limites du site et qui réduisent les changements coûteux au terrain

Kitchener compte 21 sous-bassins hydrographiques dont l'état est moyen ou mauvais (voir la **Section 5.2.1**). Ils sont classés en ordre de priorité afin de déterminer où se situent les besoins les plus grands ainsi que les occasions d'optimiser les avantages nets de l'IVER, évitant une approche globale.

Une fois les sous-bassins hydrographiques prioritaires définis, il devient possible de raffiner la mise en œuvre de deux éléments de l'IVER, soit les programmes de mises aux normes routières et la création de mesures incitatives pour le marché. Le programme de financement des chemins a ciblé 203 projets de reconstruction de routes et 22 de reconstruction d'allées pertinents pour une IVER. (ville de Kitchener, 2016b, p. 41). Pour établir cette liste, Kitchener a réalisé une évaluation du risque de ses sources d'eau souterraine afin de définir comment il est possible de planifier, puis de construire sécuritairement, des contrôles de gestion des eaux de ruissellement fondés sur l'infiltration. Un élément important pris en considération : la politique de planification de la protection des sources approuvée en vertu de la *Loi sur l'eau saine* de l'Ontario (ville de Kitchener, 2016 b, p. 42–46). Un risque élevé existant de contamination de l'eau souterraine exclut toute pratique d'infiltration. De tels risques élevés comprennent une cote de vulnérabilité de la zone de protection d'une tête de puits de 8 ou plus, ou le fait de se trouver dans une région qui contribue au problème en raison de concentrations d'azote, de chlorure et de sodium.

La **Figure 12** illustre l'organigramme en soutien à la prise de décision pour les projets de reconstruction des routes locales.

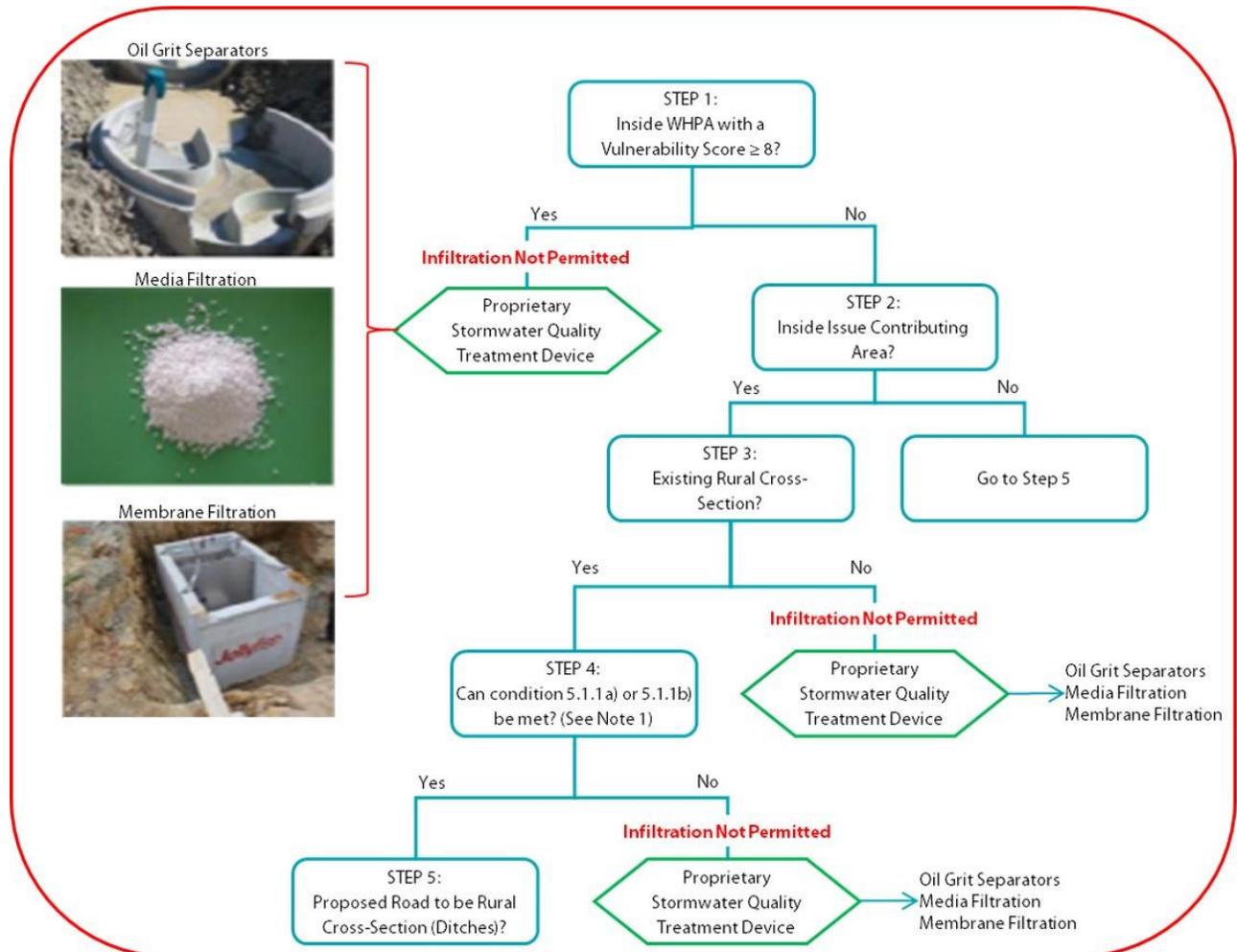


Figure 12 : Organigramme en soutien à la prise de décision pour les projets de reconstruction de routes locales.

Abréviation : TPRP (WHPA), région de protection de tête de puits.

Source : ville de Kitchener, 2016b, p. 46

Qui plus est, lorsque des projets de reconstruction routière sont ciblés pour la mise en œuvre dans les sous-bassins hydrographiques prioritaires, Kitchener peut ajuster les concepts pour atteindre les cibles particulières au bassin hydrographique ou allouer des projets proportionnellement plus importants à ces installations. Quant aux stratégies fondées sur le marché, le fait de définir les sous-bassins hydrographiques prioritaires permet à la ville d'offrir des mesures incitatives dans ces régions, notamment des prêts sans intérêts pour les propriétés non résidentielles.

Finalement, savoir où *ne pas* construire d'IVER évite des modifications coûteuses en raison de limites particulières au terrain. Des installations non banalisées et une eau souterraine élevée selon

la saison peuvent troubler la construction. Les pratiques en matière d'IVER doivent compter un mètre de distance entre le fond de l'installation et le niveau supérieur d'eau souterraine annuel (Sustainable Technologies Evaluation Program, 2020). Si les dessins d'un projet ne placent pas les installations adéquatement au-dessus du niveau supérieur d'eau souterraine, elles ne fonctionneront pas. Une planification adéquate évite cette situation et les dépenses relatives aux changements de terrain.

5.4.3 Définition de synergies de mise en œuvre avec d'autres plans, politiques et projets

Le plan de mise en œuvre donne un cadre à la division des services sanitaires et d'eaux de ruissellement afin de favoriser d'autres objectifs en matière de politiques grâce à la collaboration avec d'autres services municipaux. La mise en œuvre du PD-GIER de Kitchener reconnaît que l'intégration parmi tous les services municipaux constitue le fondement d'une approche moderne pour la gestion des eaux de ruissellement et s'avérera essentielle dans ce contexte pour préserver et améliorer l'état et la santé des sous-bassins hydrographiques (ville de Kitchener, 2016b, p. vii). Une telle collaboration pour les projets de gestion des eaux de ruissellement favorise l'atteinte d'autres objectifs en matière de politiques : accroître le couvert forestier urbain, construire de nouveaux sentiers et terrains pour cyclisme, augmenter la capacité en matière de transport, réhabiliter des parcs, apaiser la circulation, permettre plus de stationnements sur la rue et embellir les collectivités de Kitchener (ville de Kitchener, 2016b, p. v).

Kitchener peut atteindre ses objectifs en matière de politiques de manière plus rentable par la réalisation d'objectifs multiples dans le cadre d'un seul et même projet. Par exemple, un projet de reconstruction routière donné peut, à la fois, améliorer la gestion des eaux de ruissellement et le couvert forestier ainsi qu'ajouter des pistes cyclables. De cette manière, chaque élément fonctionnel coûte moins cher que si chaque service municipal responsable de ces dossiers agissait seul.

Kitchener a intégré ces préoccupations dans ses processus de prise de décision. Si un projet de reconstruction routière réussit les étapes d'examen pour l'infiltration (voir la **Figure 12**), alors il passe aux étapes suivantes (voir la **Figure 13**).

Le choix du type d'IVER — une pratique de surface comme la biorétention ou un système d'exfiltration souterrain — dépend des éléments suivants :

- les caractéristiques du quartier (p. ex., la présence/l'absence d'arbres matures, l'espace disponible pour le droit de passage);

- la volonté des résidents et des commerces du quartier d'avoir des pratiques végétalisées;
- la possibilité d'entretenir les pratiques végétalisées;
- la possibilité de synchroniser, ou non, les installations d'IVER avec d'autres objectifs en matière de politiques ou d'autres caractéristiques routières voulues (ville de Kitchener, 2016b, p. 41).

Il est possible de choisir des systèmes d'IVER végétalisés même si le coût de leur cycle de vie excède habituellement ceux des systèmes d'exfiltration souterrains.

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

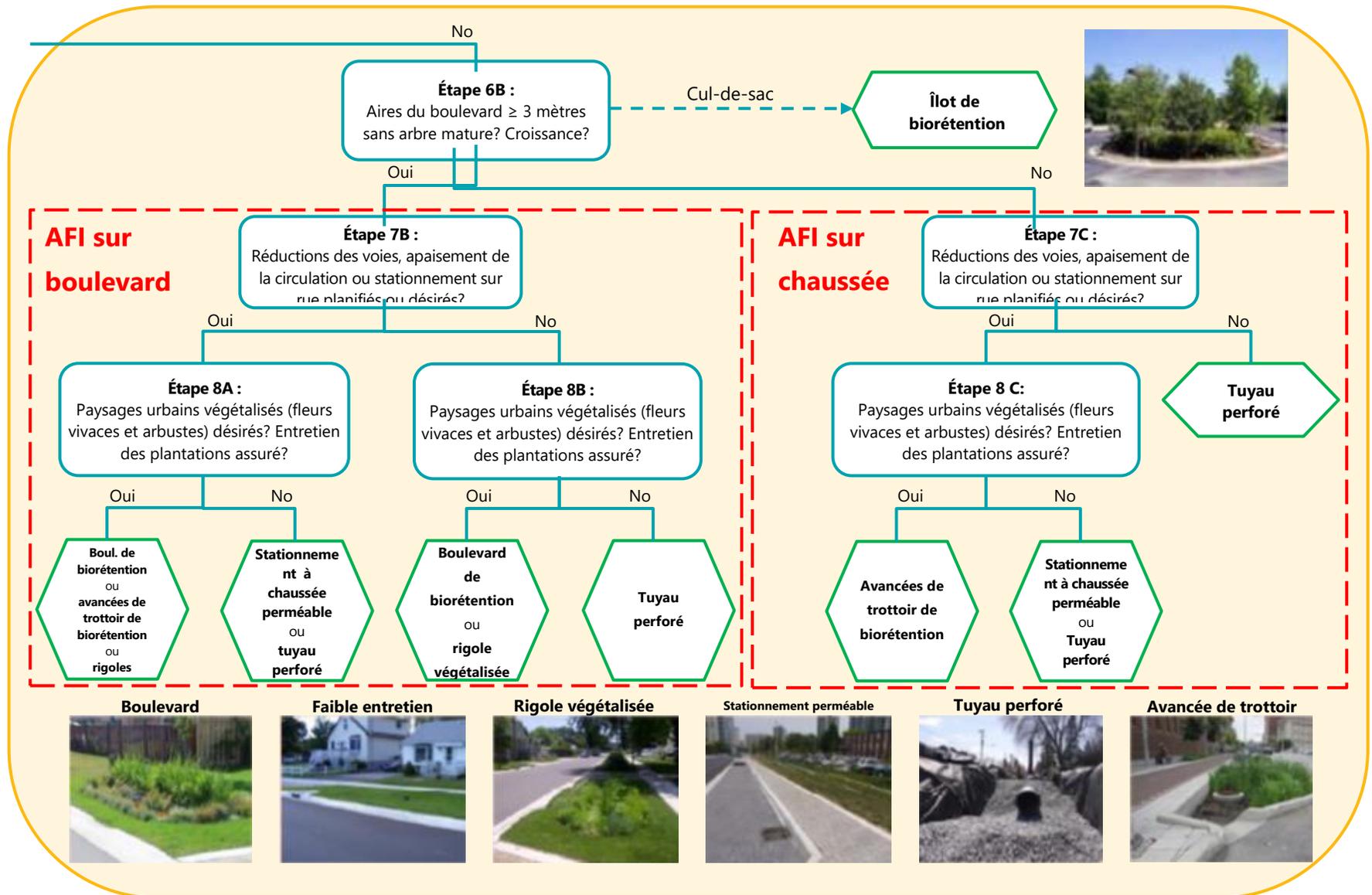


Figure 13 : Organigramme d'aide à la prise de décision pour déterminer le type d'IVER qui convient le mieux à un site.

Abréviation : AFI (LID), aménagement à faible impact.

Source : ville de Kitchener, 2016b

5.4.4 Choix de pratiques rentables

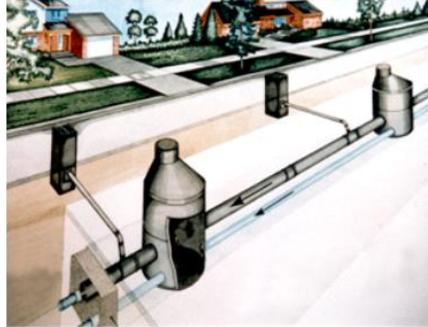
Kitchener a commencé par définir les types d'IVER qui conviennent à diverses utilisations de terrain afin de respecter la CCVR. L'idée était de limiter le nombre et le type de pratiques d'IVER que la ville prendrait en considération pour ses projets afin de s'assurer que les systèmes d'IVER soient mieux conçus, gérés et entretenus. Ceci se traduirait par des économies au fur et à mesure que les processus sont améliorés.

La Error! Reference source not found. illustre les options que Kitchener a jugées acceptables pour les projets d'IVER.

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement



Une rigole biologique dans le terre-plein central sur le chemin Mississauga, à Brampton, ON.
Crédit photo : CVC



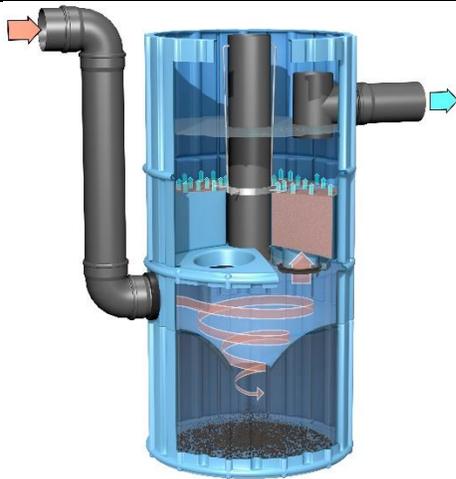
Le système d'exfiltration d'Etobicoke (1994), Etobicoke, ON.
Crédit image : ville de Kitchener



Jardinière d'eaux de ruissellement, tuyau de descente pluvial de traitement, Waterview Recreation Center, Philadelphie, PA, É.-U.
Crédit photo : Philadelphia Water Department



Béton poreux à Lakeside Park, Mississauga, ON.
Crédit photo : CVC



Un séparateur d'huiles et de sédiments.
Crédit image : 30 Technik UK



Avancée de trottoir sur Queen Lane, Philadelphie, PA, É.-U.
Crédit photo : Philadelphia Water Department

Figure 14 : Les options jugées acceptables par Kitchener pour les projets d'IVER.

Le personnel de la ville de Kitchener a également analysé le rapport coût-efficacité des diverses options d'IVER pour son programme de mise aux normes des routes. Règle générale, toutes les pratiques d'IVER fonctionnent pour rétablir le cycle hydrologique naturel par le biais de la **réétention**, de la **réétention temporaire** et de l'infiltration. Si l'atteinte de la CCVR constitue le seul objectif, certaines pratiques d'IVER peuvent y arriver de manière plus rentable que d'autres, car elles gèrent le ruissellement d'une zone d'écoulement plus grande.

Réétention : la capture d'eaux de ruissellement pour la filtration, l'**infiltration** et l'**évapotranspiration**. Les eaux de ruissellement retenues ne deviennent pas un ruissellement ni de l'écoulement fluvial.

Réétention temporaire : le stockage temporaire d'eaux de ruissellement pour contrôler les débits d'écoulement et permettre la sédimentation. Les eaux de ruissellement retenues sont libérées lentement sous forme de **ruissellement** ou d'écoulement fluvial. Les installations qui retiennent les eaux de ruissellement n'aident pas à rétablir l'**équilibre hydrique**. Voir **cycle hydrologique** et **équilibre hydrique**.

Pour illustrer cet argument, le **Tableau 7** compare le coût d'investissement de trois types d'IVER par hectare. Parce que les tranchées d'exfiltration disposent d'une zone d'écoulement acceptable plus grande (ratio imperméable/perméable) que les chaussées perméables et la biorétention, le coût par hectare imperméable est de beaucoup inférieur.

Tableau 7 : Comparaison de la rentabilité de trois types d'IVER pour respecter la CCVR de Kitchener

| Type d'IVER | Coût hypothétique | | Zone d'écoulement acceptable (ha) | Coût par ha (millions \$) | Coût (%) |
|-------------------------|------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------|
| | pour construire 1 ha (millions \$) | Ratio I/P acceptable | | | |
| Chaussées perméables | 2,0 | presque 1:1 | 1,25 | 1,6 | 100 |
| Biorétention | 2,0 | 10:1 | 10 | 0,2 | 12,5 |
| Tranchée d'exfiltration | 2,0 | 20:1 | 20 | 0,1 | 6,25 |

Abréviations : IVER, infrastructure verte d'eaux de ruissellement; ha, hectare; I/P, imperméable/perméable (ratio de la zone d'écoulement).

Source : Wilson, 2019

Les systèmes d'exfiltration sont également moins coûteux à entretenir que la plupart des autres pratiques d'IVER. Parce qu'ils se trouvent sous la surface, ils n'exigent pas d'entretien paysager autre que de tondre le gazon qui pourrait les recouvrir. Il suffit d'en faire l'inspection et de nettoyer les tuyaux. La majorité des municipalités disposent du personnel et de l'équipement nécessaire pour effectuer ces tâches.

Qui plus est, des canaux de prise de puisard aux systèmes d'exfiltration (voir la Error! Reference source not found., coin supérieur droit) peuvent comprendre une gamme d'appareils de prétraitement exclusif qui emprisonnent les sédiments avant qu'ils n'atteignent les tuyaux d'exfiltration. Un prétraitement amélioré évite le nettoyage dispendieux de la canalisation et aide à réduire les coûts globaux du cycle de vie.

À la lumière de ce résultat au chapitre de la rentabilité, le programme de mise aux normes des routes favorise des systèmes d'exfiltration, à moins de motivations irréfutables.

5.4.5 Mesure d'IVER dynamique et statique et conséquences d'un meilleur rapport coût-efficacité

Pour motiver la rentabilité, le personnel de la ville de Kitchener a comparé deux approches afin de définir les caractéristiques d'une IVER : des équations statiques et des modèles dynamiques. Les premières ne changent pas selon les conditions localisées ou le rendement prévu. Les seconds peuvent illustrer le rendement des emplacements d'IVER en lien avec les conditions locales et la taille de l'IVER.

Kitchener s'est servi de l'**hydrologie** et d'un modèle **hydraulique** pour vérifier si le rendement de l'IVER peut être maintenu grâce à des installations plus petites dans des conditions de sol précises. Résultat : pour les sols indigènes aux taux d'infiltration de 5 mm ou plus, la taille de la pratique d'IVER n'a pas besoin d'être beaucoup plus grande pour respecter les pourcentages croissants de contrôle du ruissellement (**Figure 15**). Le modèle a également montré qu'il y a une plus grande variance dans l'établissement de la taille de l'IVER à l'aide d'équations statiques (ligne verte dans la **Figure 15**) pour atteindre les pourcentages croissants de contrôle de ruissellement.

Hydrologie: l'étude de l'eau sur la surface de la Terre, sur ou sous le sol.

Hydraulique : l'étude du débit d'eau dans les tuyaux et les canaux, comme les rivières.

Les répercussions de cette étude de modèle pour un établissement plus efficace de la taille de l'IVER lorsque l'infiltration dans le sol est de 5 mm à l'heure ou plus sont très positives. De plus petits formats coûtent moins cher et occupent moins d'espace.

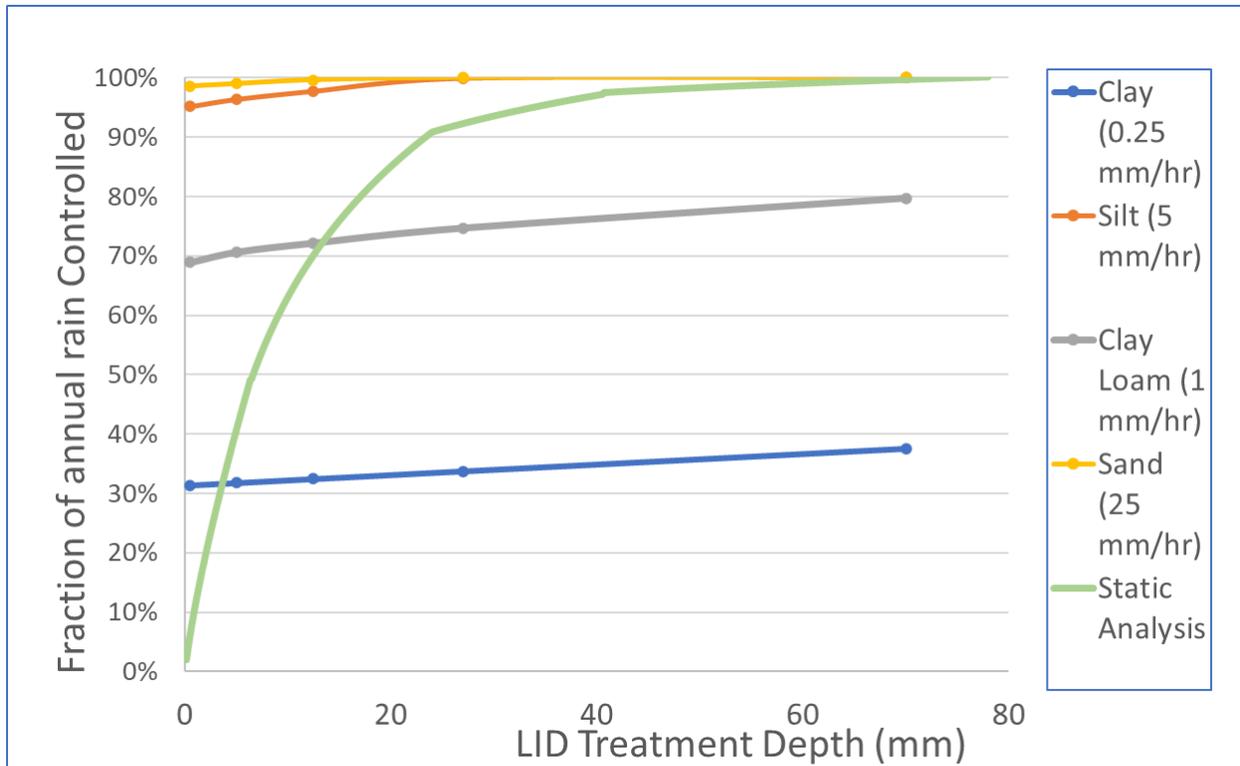


Figure 15 : Analyse comparative de l'établissement d'IVER pour respecter les pourcentages croissants de contrôle de ruissellement à l'aide d'une analyse statique (ligne verte) et d'une analyse dynamique dans des sols différents.

Abréviations : IVER (GSI), infrastructure verte d'eaux de ruissellement; hre(hr), heure; AFI (LID), aménagement à faible impact; mm, millimètre.

Source : Wilson, 2020

5.4.6 Élaboration de normes de conception

Les normes de conception remplissent plusieurs fonctions :

- Elles aident les municipalités à améliorer leurs processus et à réduire les coûts de conception, de révision et de mise en œuvre d'IVER.
- Elles facilitent l'exploitation et l'entretien, car toutes les installations disposent de la même structure et de la même disposition de base.
- Elles précisent les attentes auxquelles doivent répondre les concepteurs.

Kitchener a élaboré des dessins aux normes de conception pour les systèmes de biorétention de cellule de sol, des systèmes de béton perméable, des chaussées prémoulées perméables (**Figure 16**) et des systèmes d'exfiltration avec tuyaux perforés.

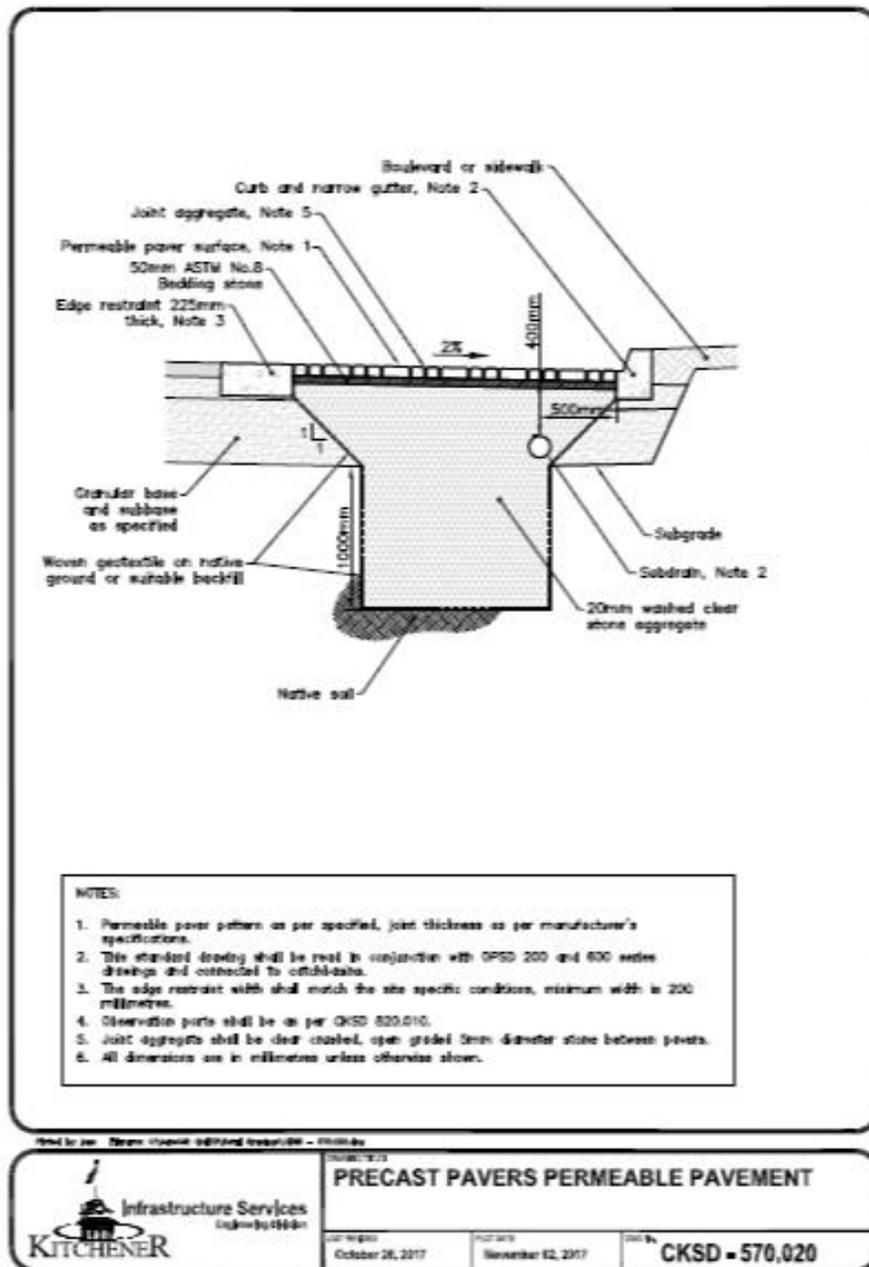


Figure 16 : Dessin aux normes de conception de Kitchener pour des chaussées perméables prémoulées. Source : ville de Kitchener

5.4.7 Études de faisabilité, rapports de dessin conceptuel et intégration d'IVER dans les normes routières (et rendu 3D)

En plus de fournir aux génies-conseils des dessins de conception, Kitchener cherche à publier un dossier de dessin conceptuel afin de simplifier le processus de conception pour les services responsables de la construction, notamment les projets d'investissements routiers. Ces rapports évaluent la faisabilité des mesures d'IVER d'atteindre les objectifs de gestion des eaux de ruissellement, y compris les critères municipaux en matière de rétention et ceux provinciaux à l'égard de la qualité de l'eau. Ces dossiers communiquent également l'information et les leçons tirées de la mise en application de cibles de rétention dans les projets achevés de reconstruction routière.

Cette information aide les conseillers à préparer des soumissions exactes, simplifie la conception, raccourcit le temps nécessaire à l'examen et celui consacré à chercher les renseignements de base.

La **Figure 17**, extraite du rapport de faisabilité pour la rue Guelph, illustre le positionnement du système d'exfiltration en lien avec la canalisation sanitaire, la conduite d'eau principale et le point de capacité maximale saisonnière. Forts de cette information quant au contexte et aux limites de l'emplacement pendant la mise en œuvre, les groupes de construction peuvent éviter des changements coûteux sur le terrain.

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

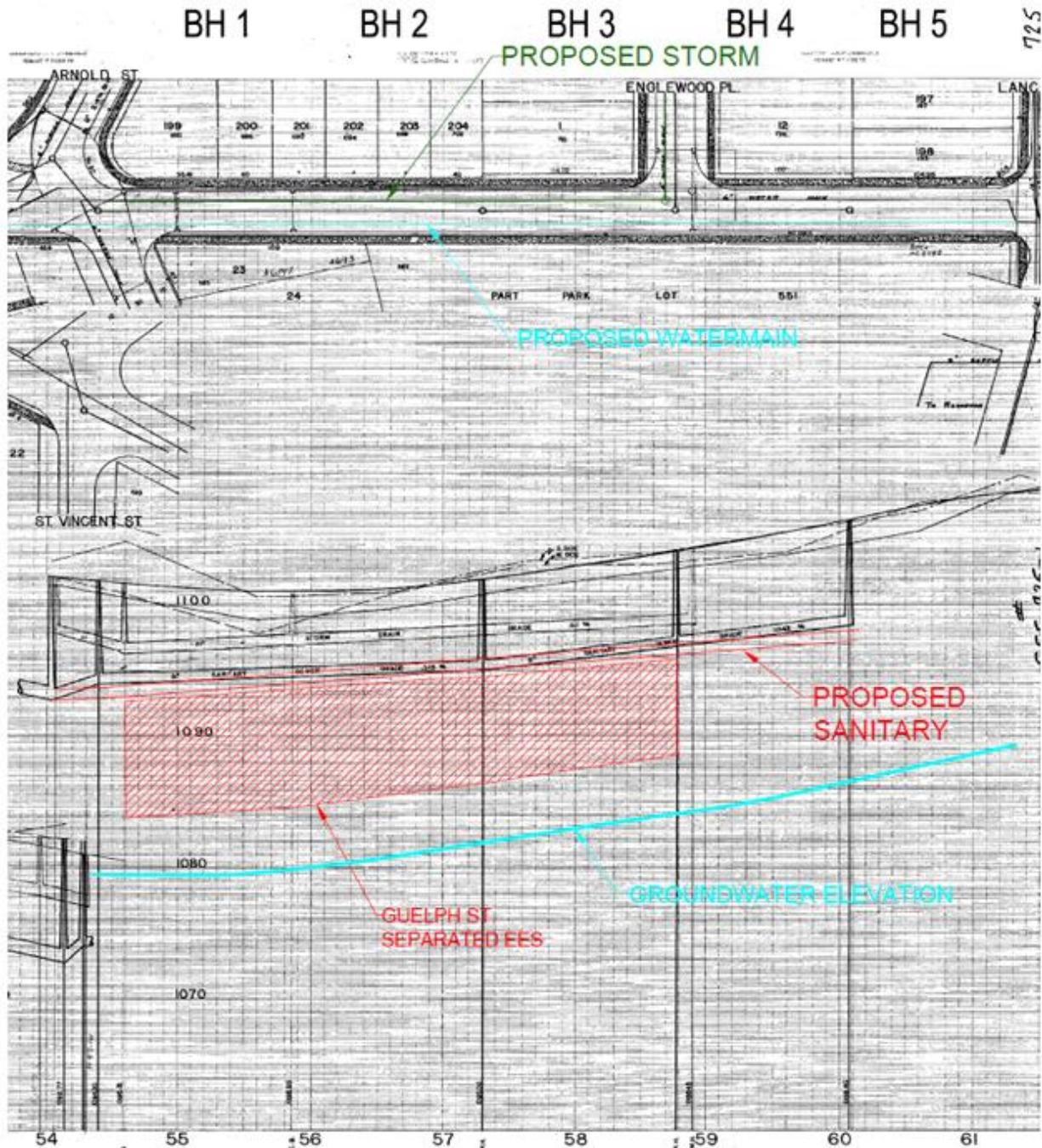


Figure 17 : Rapport de dessin conceptuel qui illustre la position de l'IVER en fonction du point de capacité maximale saisonnière et des services.

Source : ville de Kitchener

Kitchener intègre également l'IVER dans les guides de planification et d'ingénierie à l'échelle de la ville (*Development Manual* mis à jour et le guide *Complete Streets Kitchener*). L'IVER fait partie des normes pour tous les classements de route et des rendus conceptuels ont été préparés. Il

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

est essentiel d'intégrer l'IVER à ces documents portant sur les projets de plus grande envergure, et ce, pour plusieurs raisons :

- Cela aide à faire en sorte que l'IVER devienne une pratique standard pour la gestion des eaux de ruissellement.
- Cela favorise l'application d'IVER à grande échelle, ce qui aide à réduire les coûts.
- Cela crée une communauté de pratique locale de concepteurs, d'entrepreneurs et de personnel d'entretien en plus de cumuler les leçons tirées en prévision de mises à jour des guides de conception et de caractéristiques techniques.
- Cela permet la mise à jour des normes d'IVER tous les cinq ans en fonction des mises à jour faites au *Development Manual* et au guide *Complete Streets Kitchener*.
- Cela sert à communiquer efficacement la faisabilité technique et l'esthétique de l'IVER dans les droits de passage.

La **Figure 18** et la **Figure 19** illustrent les normes routières et des rendus de rues complets, y compris l'IVER.

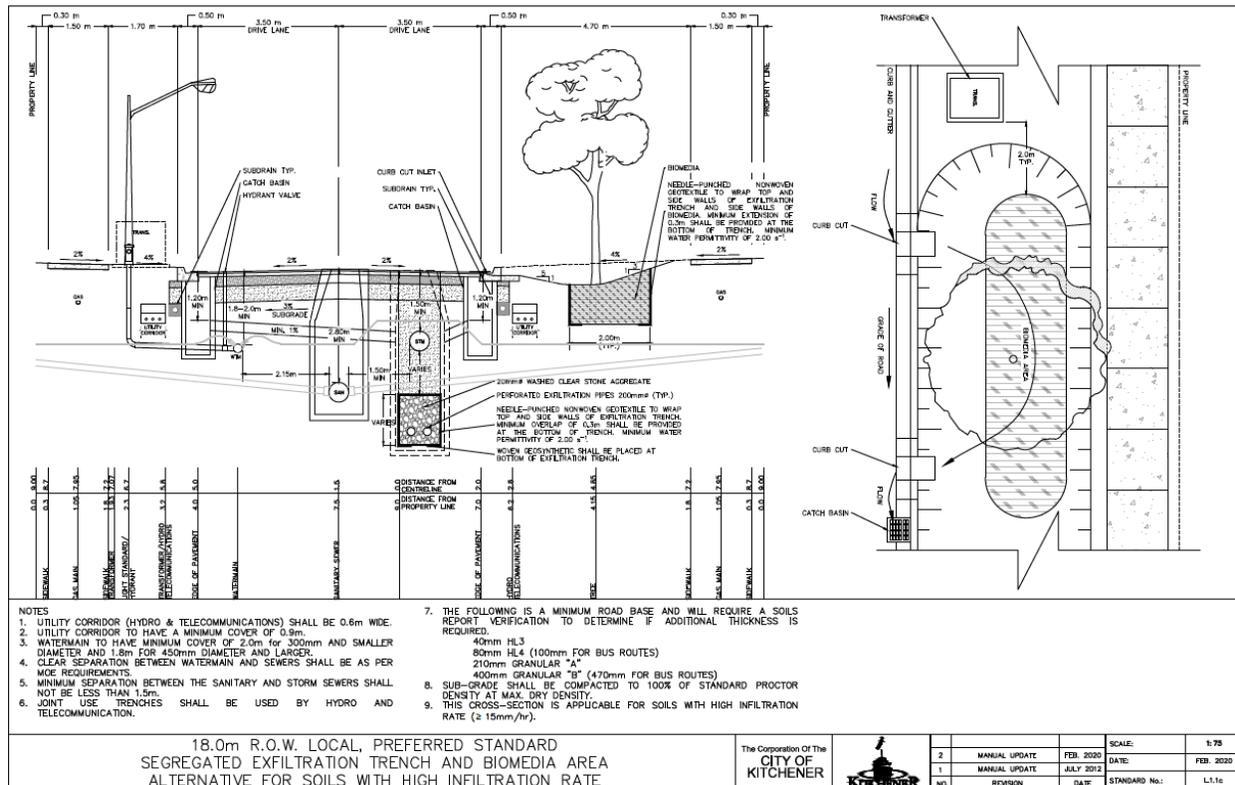


Figure 18: Intégration de la zone de biomédia et de tranchée d'exfiltration dans les normes routières locales dans le cadre du *Development Manual* de Kitchener mis à jour.

Source : Kitchener, 2020

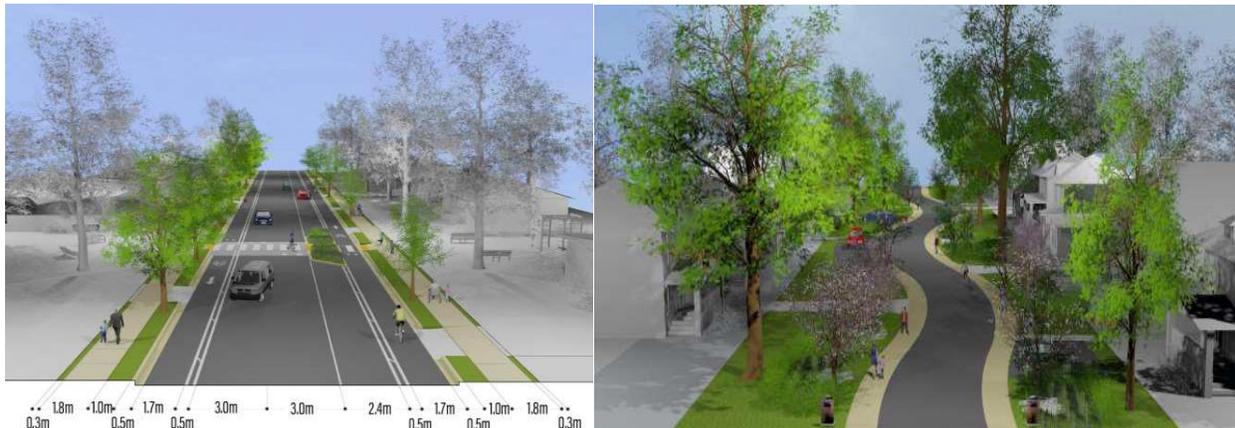


Figure 19 : Inclusion d'IVER dans des rendus complets de rues.

Source : Kitchener, 2020b

Finalement, Kitchener a aussi précisé ses attentes auprès des entrepreneurs par le biais de documents de caractéristiques techniques standard. Lorsqu'ils se voient attribuer un contrat de construction d'un système d'infiltration, par exemple, les entrepreneurs doivent soumettre un plan de travail détaillé qui comprend une séquence des travaux de construction, les fournisseurs de matériaux et les méthodes adoptées pour éviter la contamination des matériaux et de l'installation (ville de Kitchener, 2018, Standard Specification 480). Le fait que les caractéristiques techniques relatives aux matériaux soient claires, tout comme la manière dont les travaux seront réalisés, réduit le risque d'erreurs issues d'une mauvaise communication et de changements sur le terrain.

5.4.8 Comparaison de coûts avec l'infrastructure grise conventionnelle : la bonne manière de comparer les coûts d'IVER

Les premiers projets municipaux ont aidé Kitchener à comparer les coûts relatifs à l'IVER à ceux de l'infrastructure grise. Par exemple, une analyse financière post-construction a comparé le coût des matériaux utilisés dans les deux options : un terrain de stationnement en chaussée perméable et un autre en bitume traditionnel de taille semblable avec un séparateur d'huiles et de sédiments (SHS) pour traiter la qualité de l'eau.

Le terrain de stationnement à chaussée perméable se situe dans un parc public, la Huron Natural Area (**Figure 20**). Il mesure 550 m² et utilise des pavés de 80 mm, un tracé d'assise, un réservoir granulaire (Gran O), un tissu filtrant et des grains de pierre entre les joints.



Figure 20 : Terrain de stationnement en chaussée perméable en cours de construction à la Huron Natural Area.

Source : Wilson, 2019

L'option d'IVER coûtait 11 000 \$ de moins que celle de bitume-plus-SHS (voir **Tableau 8**). Seuls les matériaux utilisés dans la construction du terrain de stationnement en chaussée perméable ont été comparés aux matériaux pertinents utilisés pour un terrain de stationnement en bitume de taille semblable. La totalité du projet de la Huron Natural Area coûterait 40 000 \$ de plus (105 831 \$ au total) que ce qu'illustre le Error! Reference source not found.. Cette somme comprendrait également les coûts relatifs à l'allée de bitume et de grands jardins.

Tableau 8 : Comparaison des coûts de matériaux pour le terrain de stationnement en pavés perméables et celui en bitume avec SHS

| Coûts des matériaux pour l'IVER de la Huron Natural Area | | Terrain de stationnement de taille semblable en bitume avec SHS | |
|---|----------------------------------|--|-----------------------|
| Élément | Coûts dans la soumission (\$) | Article | Coûts estimés (\$) |
| Géotextile – Mirafi RS 380i | 960 | Granulaire A + B | 9 089 |
| Tissu filtrant – 270R | 522 | Bitume (HL3) | 5 338 |
| Gran O | 19 758 | Bitume (HL4) | 5 569 |
| ASTM N° 8 (grains de pierre 5-6 mm) | 1 755 | MH et CB (1) | 5 500 |
| ASTM N° 57 (pierre transparente 20 mm) | 2 430 | Chenaux de puisard | – |
| Excavation | 7 500 | Égout d'eaux de ruissellement | 12 000 |
| Pavés perméables | 32 086 | Excavation | 3 750 |
| – | – | SHS | 35 000 |
| Coût de l'IVER dans la soumission (main-d'œuvre comprise) | 65 011 | Coût du bitume (main-d'œuvre comprise) | 76 247 |

Abréviations : IVER, infrastructure verte d'eaux de ruissellement; mm, millimètre; SHS, séparateur d'huiles et de sédiments.

Source : Wilson, 2019

Les coûts non reliés sont souvent intégrés aux coûts de construction d'IVER. Le personnel de la ville de Kitchener a soigneusement distingué les autres activités de construction (comme les mises à niveau de bâtiment et l'aménagement paysager) afin de comparer les coûts avec plus d'exactitude.

Au moment de comparer le coût de la construction d'une IVER à l'aménagement traditionnel d'une **infrastructure grise d'eaux de ruissellement**, la mesure la plus importante est la différence de coût entre

Infrastructure grise d'eaux de ruissellement : elle utilise des installations centralisées, habituellement des bassins d'eaux de ruissellement comme des murets, des puisards et des tuyaux, et sert très peu à rétablir le **cycle hydrique**. Dans les **aménagements patrimoniaux**, les systèmes gris d'eaux de ruissellement recueillent cette dernière à même les courants d'eau, sans traitement de la qualité ni vérification de la quantité.

Analyse de rentabilisation : une justification financière, économique ou scientifique de l'investissement public pour « produire des résultats précis à l'appui de l'objectif d'une politique gouvernementale » (gouvernement du Canada, 2020).

l'installation d'IVER (avec double fonction et une route conventionnelle, un toit, un jardin ou un terrain de stationnement) et celle de l'infrastructure grise, et non le coût de l'installation elle-même. Le fait de tenir compte de cet objectif double consolide l'**analyse de rentabilisation** pour que l'IVER satisfasse aux normes supérieures de gestion des eaux de ruissellement.

5.4.9 Améliorer le niveau de service de gestion des eaux de ruissellement à l'échelle de la ville par le biais d'aménagement et de réaménagement de propriété privée

Comme mentionné à la **Section 5.3.1**, Kitchener a défini une CCVR à l'échelle de la ville. Si l'aménagement ou le réaménagement d'un lot ne peut pas la respecter, alors la totalité des frais de 100 575 \$ par hectare est exigée. Si la cible est partiellement respectée, des frais proportionnels au volume de ruissellement contrôlé sont exigés.

Grâce à l'élaboration d'une telle stratégie, Kitchener a créé un partenariat public-privé rentable qui permet de partager les dépenses relatives à l'amélioration de l'infrastructure de gestion des eaux de ruissellement par la mise en place d'une IVER. Il est essentiel de transposer le fardeau financier de la municipalité à plusieurs partis dans les régions où il n'y a pas d'infrastructure dédiée aux eaux de ruissellement.

5.5 Utiliser la stratégie

En 2018, Kitchener a achevé six mises aux normes routières comprenant des installations d'IVER. Le coût total de ces dernières était d'environ 700 000 \$, alors que celui des projets de reconstruction routière était d'environ 16,5 millions \$ (voir le **Tableau 9**). La mesure clé : le coût supplémentaire pour combiner l'IVER avec chaque mise aux normes routière. On parle ici d'environ 3 à 6 pour cent du coût total du projet.

En 2017, l'ancien ministère de l'Environnement et des Changements climatiques a publié une ébauche du *Manuel d'orientation sur la gestion des eaux pluviales par un aménagement à faible impact* qui recommandait une CCVR en fonction de laquelle les municipalités ontariennes doivent recueillir 90 pour cent de la pluie annuelle moyenne sur tous les projets de reconstruction routière. Ce manuel a suscité une réaction partagée de la part de la communauté dédiée aux eaux de ruissellement; plusieurs membres étaient d'avis que le coût pour la mise en œuvre était exorbitant. Toutefois, comme le démontre Kitchener, si les municipalités adoptent une approche systématique à la mise en œuvre d'une CCVR, le coût supplémentaire n'a pas besoin d'être excessif.

Le ministère de l'Environnement, de la Conservation et des Parcs de l'Ontario révisé l'ébauche du manuel qui devrait être publié en 2020-2021.

Tableau 9 : Coûts supplémentaires d'installations d'IVER dans six projets de reconstruction routière à Kitchener en 2018

| Rue | Type d'IVER | Coût total de reconstruction routière (\$) | Coût total de l'IVER (\$) | Coût de GER traditionnelle (\$) | Coût de l'IVER (coût total de l'IVER moins celui d'une GER traditionnelle) (\$) | Augmentation des coûts (%) |
|----------|---------------------------------|--|---------------------------|---------------------------------|---|----------------------------|
| Guelph | Points d'arrêt en béton poreux | 3 117 444 | 119 408 | 22 002 | 97 406 | 3 |
| Patricia | Système d'exfiltration combiné | 5 566 372 | 299 072 | 46 015 | 253 057 | 5 |
| Hillview | Système d'exfiltration distinct | 3 708 587 | 208 511 | 28 780 | 179 731 | 5 |
| Oxford | Système d'exfiltration combiné | 2 558 311 | 90 830 | 13 008 | 77 822 | 3 |
| Dieppe | Boulevard de biorétention | 761 834 | 40 000 | 6 000 | 34 000 | 5 |
| Hett | Système d'exfiltration combiné | 825 320 | 61 984 | 9 297 | 52 687 | 6 |

Abréviations : IVER, infrastructure verte de gestion des eaux de ruissellement; GER, gestion des eaux de ruissellement.

Source : Wilson, 2019; Gollan, 2019

Il a également été démontré qu'il est financièrement faisable d'adhérer à la CCVR de 12,5 mm pour les projets d'aménagement et de réaménagement du secteur privé. À trois emplacements de ce genre, il s'est avéré plus rentable de respecter la CCVR de 12,5 mm que de payer les frais pour eaux de ruissellement (voir le **Tableau 10**).

Tableau 10 : Mise en application des frais pour eaux de ruissellement pour les projets d'aménagement et de réaménagement à Kitchener

| Nom de l'emplacement | Taille (ha) | Caractéristiques d'IVER utilisées | Quantité | Frais sans IVER | Frais avec IVER | Réduction des frais | Coût de l'IVER | Économies |
|-------------------------------------|-------------|--|---|-----------------|-----------------|---------------------|----------------|-----------|
| | | | (mm) [portion (%) de la CCVR respectée] | (\$) | (\$) | (\$) | (\$) | (\$) |
| Boul. Homer Watson (réaménagement) | 1,77 | SHS et galeries d'infiltration sur toit | 8,75 [70] | 171 106 | 51 332 | 119 774 | 85 000 | 34 774 |
| 1241 Strasburg Road (réaménagement) | 0,41 | Système de chambres | 12,5 [100] | 41 235 | 0 | 41 235 | 64 880 | -23 655 |
| Seabrook Drive (aménagement) | 2,90 | Galeries d'infiltration, tranchées d'infiltration, tuyaux perforés | 12,5 [100] | 291 667 | 0 | 291 667 | 142 049 | 149 618 |

Abréviations : IVER, infrastructure verte d'eaux de ruissellement; ha, hectare; mm, millimètre; SHS, séparateur d'huiles et de sédiments; CCVR, cible de contrôle du volume de ruissellement. Adapté de Wilson, 2019

5.6 Conclusion

L'aménagement de Kitchener et son recours à un plan directeur pour les eaux de ruissellement qui comprend une CCVR et des frais connexes pour les eaux de ruissellement n'en est encore qu'à ses balbutiements. Le personnel de la ville Kitchener s'attend à ce que les coûts relatifs à la mise aux normes d'IVER continuent de diminuer. Nick Gollan, directeur de la division des services sanitaires et d'eaux de ruissellement, tient mordicus à son approche : une bonne préparation prévient un mauvais rendement; une combinaison de préparation et d'occasion (Gollan, 2019). Ces déductions s'avèrent véridiques : les travaux de la ville de Kitchener sont favorables à l'analyse de rentabilisation de l'IVER. Les coûts supplémentaires de 3 à 6 pour cent du coût total du projet sont très petits comparativement aux avantages de l'IVER. Toutefois, le succès connu à ce jour s'explique par l'approche systématique que la ville a adoptée pour la gestion des eaux de ruissellement et constitue un excellent exemple pour les municipalités partout au Canada.

6.0 ÉTUDE DE CAS D'EDMONTON

Principales conclusions

- Le fournisseur de services relatifs aux eaux de ruissellement de la ville d'Edmonton, EPCOR, a élaboré et adopté son plan de ressources intégrées pour les eaux de ruissellement afin de lutter contre les inondations et réduire les dommages causés par les tempêtes très intenses.
- L'adoption de ce plan a permis à la ville d'améliorer son classement en matière de préparation de C, en 2015, à B+ dans le palmarès de 2021 du Centre Intact du degré de préparation des villes canadiennes.
- Le plan met l'accent sur la réduction du risque plutôt que sur le respect de normes en matière de conception. Ceci entraîne une évaluation systématique de la vulnérabilité aux inondations à l'échelle de la ville et la participation des résidents pour établir les priorités.
- EPCOR utilise une **infrastructure verte d'eaux de ruissellement (IVER)** et des **bassins secs** comme méthode économique de réduction du risque d'inondation.
- Le plan d'EPCO coûtera 1,6 milliard \$ sur 30 ans. L'ancien plan d'Edmonton, qui reposait uniquement sur une infrastructure grise, aurait coûté de 2,2 à 4,6 milliards \$ sur 80 ans et aurait été moins efficace pour réduire le risque d'inondation.
- À noter : 470 millions \$ du budget de 1,6 milliard \$ sont dédiés à l'IVER.

6.1 Historique

En 2017, les services d'écoulement de la ville d'Edmonton ont été transférés à EPCOR. À cette époque, l'entreprise avait commencé à élaborer son plan de ressources intégrées pour les eaux de ruissellement (PRIER), lequel diffère du plan antérieur d'atténuation des risques d'inondation selon plusieurs aspects clés :

- Il utilise des méthodes d'évaluation du risque plus raffinées.
- Il met l'accent sur la réduction du risque plutôt que la réalisation de normes de conception.
- Il met à profit les connaissances issues du domaine de l'assurance.
- Il utilise l'IVER avec **bassins secs** afin de réduire le risque d'inondation.
- Il collabore avec d'autres services municipaux afin de partager le fardeau de l'entretien.

Bassin sec : une zone découverte qui peut servir à retenir les eaux de ruissellement lors de tempêtes intenses. Les bassins secs peuvent également servir de terrains de soccer ou de baseball, de parcs publics, de forêts urbaines et d'espaces pour les événements culturels extérieurs.

Le plan d'investissement connexe coûtera 1,6 milliard \$ sur 30 ans, durée nécessaire pour mettre en œuvre et intégrer l'**infrastructure verte d'eaux de ruissellement (IVER)** et la grise.

Infrastructure verte d'eaux de ruissellement (IVER): également appelée aménagement à faible impact (AFI), l'infrastructure verte d'eaux de ruissellement est une stratégie de gestion d'eaux de ruissellement qui cherche à atténuer les conséquences de la pollution accrue du **ruissellement** et des eaux de ruissellement. Les pratiques d'IVER gèrent le ruissellement le plus près possible de la source afin de préserver ou de restaurer les fonctions **hydrologiques** et écologiques préalables à l'aménagement. Pour préserver les fonctions en place avant l'aménagement, l'IVER utilise un concept visant à minimiser le ruissellement et à protéger les tracés du réseau hydrographique. Pour les restaurer, elle utilise des pratiques structurelles distribuées pour filtrer, retenir, **infiltrer**, **évapotranspirer** et **recueillir les eaux de ruissellement**. Les pratiques d'IVER peuvent éliminer efficacement les sédiments, les nutriments, les pathogènes et les métaux du ruissellement ainsi que réduire le volume et l'intensité des débits d'eaux de ruissellement.

Le plan d'atténuation des inondations à l'échelle de la ville précédent estimait qu'il en coûterait entre 2,2 et 4,6 milliards \$ sur 80 ans et il repose presque exclusivement sur une **infrastructure grise d'eaux de ruissellement**.

Infrastructure grise d'eaux de ruissellement : elle utilise des installations centralisées, habituellement des bassins d'eaux de ruissellement comme des murets, des puisards et des tuyaux, et sert très peu à rétablir le **cycle hydrique**. Dans les **aménagements patrimoniaux**, les systèmes gris d'eaux de ruissellement recueillent cette dernière à même les courants d'eau, sans traitement de la qualité ni vérification de la quantité.

Détenu par la ville d'Edmonton, EPCOR est un service public-privé indépendant qui offre des services d'électricité, d'eau, d'eaux usées, d'eaux de ruissellement et de gaz naturel à des collectivités partout en Amérique du Nord.

EPCOR fonctionne en tant que service réglementé. Il se rapporte au Comité des services, un sous-comité du conseil municipal d'Edmonton.

EPCOR doit démontrer que son plan d'investissement et d'exploitation offrira un retour sur

Le plan d'EPCOR a pour objectif de réduire le risque d'inondation là où il est le plus grand et ainsi utiliser de manière plus rentable les fonds publics. De plus, il offrira ces services sur une période beaucoup plus courte.

Les plans d'EPCOR reposent sur l'IVER comme outil clé pour réduire le risque d'inondation tout en tirant profit des **avantages connexes** comme l'amélioration de la qualité de l'air et de l'eau, la réduction des gaz à effet de serre et le verdissement communautaire. Parce qu'il est facile d'intégrer l'IVER aux **aménagement patrimoniaux**, elle constitue une mesure rentable pour réduire le risque d'inondation et ainsi réduire la nécessité de compter sur des projets d'infrastructure grise plus coûteux.

Avantages connexes : effets positifs de l'IVER qui ne sont pas directement reliés aux objectifs de gestion des eaux de ruissellement traditionnels. Ils comprennent l'élimination de la pollution atmosphérique, la réduction de l'**effet d'îlot thermique urbain**, la création d'habitats, les économies énergétiques et la réduction de gaz à effet de serre.

Aménagements patrimoniaux : régions urbaines construites avant que des contrôles de qualité et de quantité soient exigés pour les nouveaux aménagements au Canada. Généralement, ils ne possèdent que des infrastructures qui transportent les eaux de ruissellement depuis les accumulations vers les plans d'eau récepteurs.

Le PRIER compte cinq thèmes : lenteur, action, sécurité, prédiction et réaction. La **Figure 21** illustre l'importance accordée à l'IVER comme mesure « lente » de contrôle de l'inondation. L'investissement total sur 30 ans est évalué à 1,6 milliard \$ avec l'IVER; chaque composant de bassin sec coûte environ 470 millions \$.

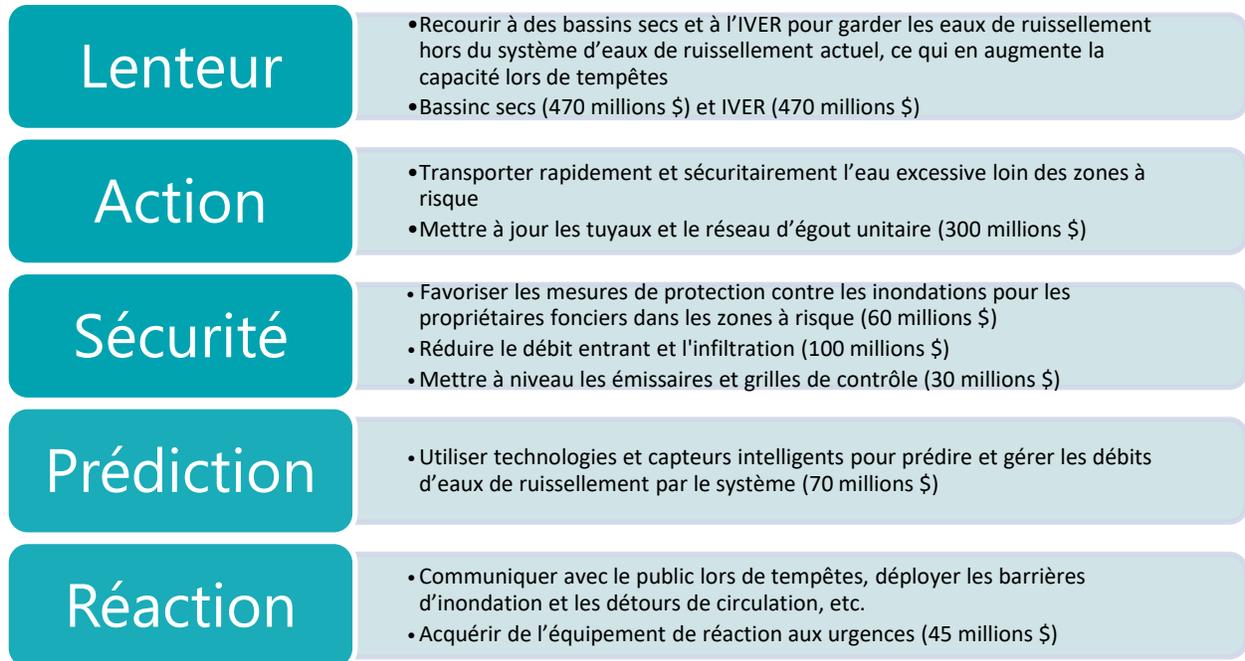


Figure 21 : Détails du plan de ressources intégré d'eaux de ruissellement, plan d'investissement et d'exploitation, selon ses cinq thèmes d'investissement (EPCOR, 2019).

Abréviation : IVER, infrastructure verte d'eaux de ruissellement.

Source : adaptée d'EPCOR, 2019

6.2 Qualification des défis

Edmonton subit régulièrement des tempêtes de courte durée très intenses pendant l'été (voir la **Figure 22**). Elles constituent une menace à la sécurité publique, causent des dommages aux propriétés et à l'infrastructure, forcent le déplacement des résidents, affectent les services essentiels, endommagent l'environnement et ont une incidence sur la santé des gens, notamment au chapitre de la santé mentale. En 2004 et 2012, des pluies torrentielles ont inondé près de 5 700 résidences (EPCOR, 2018b, annexe 1).

Le Bureau de l'assurance du Canada a rapporté qu'en 2018, il en coûtait, en moyenne, 43 000 \$ pour réparer un sous-sol après une inondation (BIC, 2018). En dollars de 2020, le coût global de telles réparations serait d'environ 245 millions \$.



Figure 22 : Inondation d'un passage inférieur sur Whitemud Drive, à Edmonton.
Source : EPCOR

De telles tempêtes produisent des quantités variables de précipitations dans une région. Si certaines collectivités peuvent recevoir 100 mm ou plus de pluie en très peu de temps, quelques kilomètres plus loin, il pourrait ne rien tomber. La **Figure 23** illustre les régimes de précipitation pour deux tempêtes récentes à Edmonton.

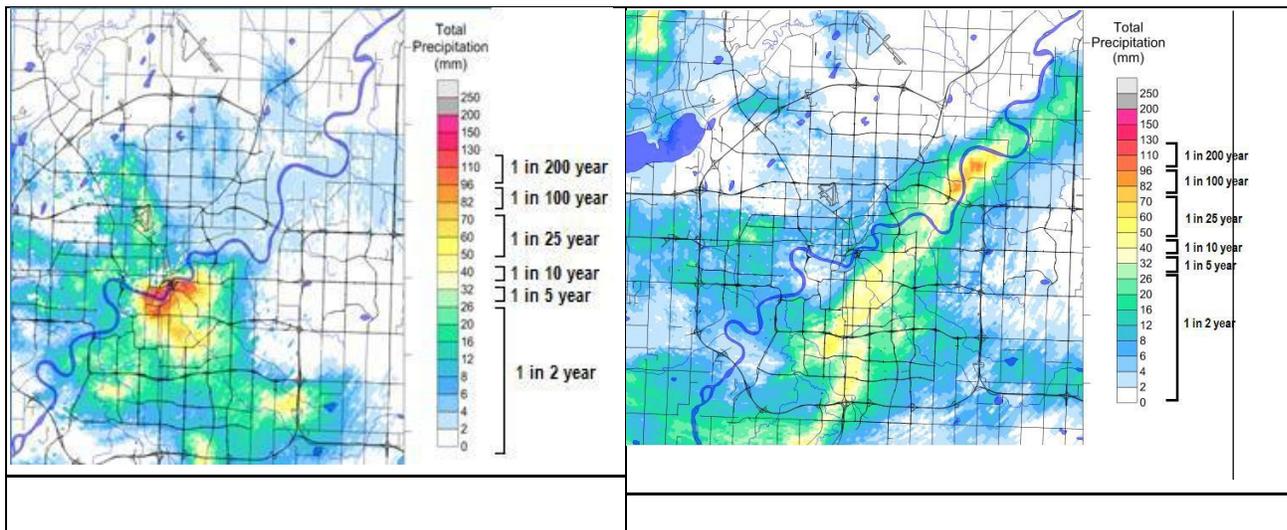


Figure 23 : Graphiques de précipitation totale pour deux tempêtes à Edmonton — 27 juillet 2016 (gauche) et 5 août 2017 (droite).

Abréviation : mm, millimètre.

Source : EPCOR, 2019, p. 10

En 1989, Edmonton a adopté des contrôles d'eaux de ruissellement plus strictes dans les nouveaux aménagements (EPCOR, 2018a, p. 2). Toutefois, les aménagements patrimoniaux (avant 1990) constituent la majorité de la zone urbaine de la ville. Généralement, ils sont plus à risque d'être inondés et malgré tout, les pratiques d'ingénierie employées pour les concevoir ne tenaient pas compte des situations météorologiques changeantes résultant des changements climatiques.

Cet héritage a laissé plusieurs résidences, commerces et éléments d'infrastructure d'Edmonton vulnérables aux inondations.

EPCOR a remis cinq rapports au Comité des services d'Edmonton entre février 2018 et mai 2019 où il est question des détails du PRIER et de son élaboration. Cette étude de cas résume ces rapports. Le plan a été approuvé en mai 2019.

6.3 Définition d'objectifs

EPCOR a adopté une méthodologie intégrée de planification des ressources, soit une approche holistique à la planification et à la gestion d'infrastructure qui intègre les effets externes sociaux, les réactions à l'exploitation, à la planification et à l'infrastructure, la gestion et l'évaluation des risques et un processus participatif ouvert qui comprend une amélioration continue (EPCOR, 2018a, p. 1).

Comme plusieurs collectivités nord-américaines, la majorité de l'aménagement urbain d'Edmonton a été construit avant que les contrôles d'eaux de ruissellement soient monnaie courante. Au cours des 50 dernières années, la gestion des eaux de ruissellement a traversé des étapes distinctes, bien que chaque municipalité les ait vécues à des périodes différentes.

- Années 1970 et 1980 : accent sur le **contrôle du débit de pointe**. Très peu de souci à l'égard de la qualité de l'eau ou de la réduction du volume.
- Années 1990 : ajout de contrôles de la qualité et du volume. Accent mis sur les méthodes à l'extrémité de la canalisation (bassins d'eaux de ruissellement, séparateurs d'huiles et de sédiments, etc.).
- Années 2000 jusqu'à présent : si les méthodes à l'extrémité de la canalisation sont encore les plus courantes, plusieurs municipalités passent à l'IVER.

EPCOR a élaboré une méthodologie robuste pour classer le risque afin de déterminer où et quand il faut investir dans les améliorations en matière de gestion des eaux de ruissellement. En collaboration avec l'initiative Climate Change Adaptation d'Edmonton, l'entreprise a cerné quatre dangers climatiques en lien avec la gestion des eaux de ruissellement : **inondation urbaine**, **inondation fluviale**, pluie sur neige et grêle. Ils se produiront plus souvent au cours des prochaines années et ils seront plus graves.

Inondation urbaine : aussi appelée « inondation pluviale », elle comprend l'inondation de surface et la **surcharge d'égout sanitaire**. Elle résulte d'une pluie intense ou prolongée en zones urbaines qui dépasse la capacité du système de gestion de l'eau de pluie et inonde les terres basses. Elle peut causer des dommages de diverses manières, principalement par le refoulement d'égout sanitaire (en raison du **débit entrant** et de l'**infiltration**) et des eaux de ruissellement qui entrent directement dans

Inondation fluviale : elle se produit lorsqu'une rivière déborde de ses rives et que l'eau se rend sur la plaine inondable.

Le PRIER se concentre principalement sur l'inondation urbaine, ce qui comprend l'**inondation de surface** et la **surcharge d'égout sanitaire**.

Contrairement au plan précédent d'Edmonton concernant les eaux de ruissellement, le PRIER ne cherche pas à atteindre une norme de conception particulière pour les aménagements patrimoniaux. Il veut plutôt offrir une amélioration par étape qui peut être incorporée dans une collectivité au fil du temps, sans entrer en conflit avec l'objectif ultime de niveau ou de service (EPCOR, 2018d, p. 14). Cette approche, beaucoup plus rentable, permet ainsi l'ajout d'IVER distribuée, à la source afin de réduire le risque d'inondation.

Surcharge d'égout sanitaire : la surcharge d'égout sanitaire se produit lorsque les systèmes d'eaux usées atteignent leur limite ou sont obstrués; par conséquent, l'eau est renflouée dans la conduite d'égout. Il peut en résulter un débordement des eaux d'égout dans les immeubles.

Inondation de surface : elle se produit lorsque l'eau atteint une ouverture (p. ex., une fenêtre de sous-sol) d'un bâtiment ou inonde des véhicules, détruit l'aménagement paysager, etc.

6.3.1 Classement des 1 300 sous-bassins d'Edmonton en fonction du risque : définir l'approche

EPCOR a utilisé un processus d'analyse géospatiale en cinq étapes pour classer les collectivités en fonction du risque causé par des pluies extrêmes et pour allouer les ressources :

1. Définir les scénarios de tempête et les tracer sur une échelle de probabilité en fonction de cinq périodes de récurrence (1:20, 1:50, 1:75, 1:100, 1:200).
2. Déterminer la probabilité de chaque type d'inondation pour chaque **sous-bassin** en fonction de la capacité actuelle de l'infrastructure d'eaux de ruissellement.
3. Évaluer la condition des actifs d'eaux de ruissellement existants et ajuster le modèle de classement du risque en conséquence.
4. Utiliser les indicateurs de capacité pour classer le risque d'inondation de chaque sous-bassin selon quatre catégories d'impact : santé et sécurité, environnemental, social et financier.
5. Sonder l'opinion publique afin d'élaborer des pondérations pour chaque catégorie d'impact.

Sous-bassin : une zone urbaine qui draine les eaux de ruissellement dans un grand collecteur ou dans un exutoire. Voir également **bassin hydrographique**.

EPCOR alloue les ressources en fonction du classement des collectivités au chapitre du risque.

6.3.2 Première étape : définir les scénarios de tempête et les tracer sur une échelle de probabilité

Le précédent plan d'atténuation du risque d'inondation à l'échelle de la ville d'Edmonton reposait sur une approche traditionnelle qui limite les récurrences des tempêtes utilisées dans une modélisation des inondations à celles qui offrent des normes de conception pour l'aménagement actuel, soit 1:50 et 1:100. Les scénarios d'investissement de 2,2 et de 4,6 milliards \$ avaient pour objectif d'améliorer la quantité d'eaux de ruissellement gérées dans les aménagements patrimoniaux en fonction des normes de conception décrites dans le **Tableau 11** (EPCOR, 2018b, p. 6; EPCOR, 2019, annexe A).

Tableau 11 : Scénarios de tempête utilisés dans le précédent plan d'atténuation du risque d'inondation à l'échelle de la ville d'Edmonton

| Danger climatique | Scénario 1 | Scénario 2 | Scénario 3 | Scénario 4 |
|--|--|---|---|--|
| Inondation urbaine | Récurrence de 1:100 qui affecte 20 km ² | Récurrence de 1:100 qui affecte 5 km ² | Récurrence de 1:50 qui affecte 20 km ² | Récurrence de 1:50 qui affecte 5 km ² |
| Coût pour mise à niveau (milliards \$) | 4,6 | 2,6 | 3,4 | 2,2 |

Abréviation : km², kilomètre carré.

Source : EPCOR, 2019, annexe A

Plutôt que de se concentrer sur deux périodes de récurrence, EPCOR a adopté les pratiques plus précises issues de l'industrie de l'assurance. En fonction de cette fourchette plus large de scénarios de tempête (voir le **Tableau 12**; EPCOR, 2018d, p. 14–15), l'entreprise peut cerner les sous-bassins au risque plus élevé d'inondation liée à des tempêtes plus fréquentes et à une plus grande variété de tempêtes.

Tableau 12 : Scénarios de tempête, pourcentage de probabilité au fil du temps, échelle de probabilité du pan de ressources intégrées d'eaux de ruissellement

| Scénario de tempête | Probabilité au fil du temps (%) | | | Échelle de probabilité du PRIER |
|---------------------|---------------------------------|------------|-------------|---------------------------------|
| | Sur 1 an | Sur 30 ans | Sur 100 ans | |
| 1:20 | 5,00 | 78,54 | 99,41 | 4,5 |
| 1:50 | 2,00 | 45,45 | 86,74 | 4 |
| 1:75 | 1,33 | 33,15 | 73,88 | 3,5 |
| 1:100 | 1,00 | 26,03 | 63,40 | 3 |
| 1:200 | 0,50 | 13,96 | 39,42 | 2 |

Abréviation : PRIER, plan de ressources intégrées d'eaux de ruissellement.

Ces classements selon la probabilité, soit la probabilité qu'un sous-bassin subisse une tempête grave, sont tracés sur l'axe des x d'une grille de risque (voir la **Figure 24**) et sont les mêmes pour les 1 300 sous-bassins d'Edmonton. Les résultats sur l'axe des y indiquent la gravité des conséquences si une inondation survient dans le cadre d'un des scénarios de tempête présentés au **Tableau 12**. Les bandes colorées des grilles de risque indiquent le niveau de risque global.

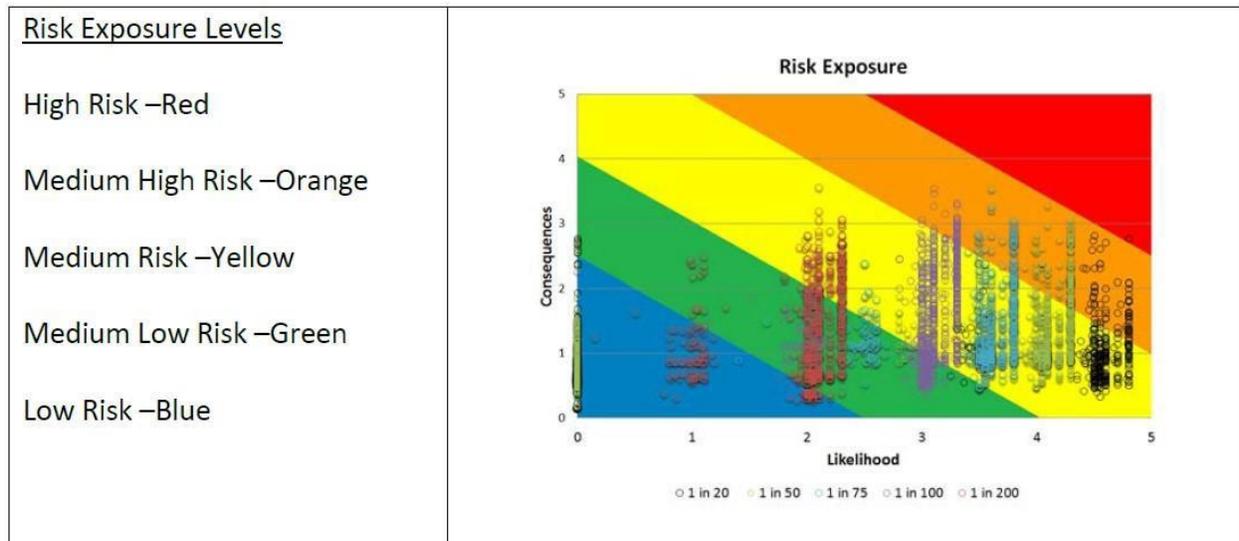


Figure 24 : Exemple d'une grille de risque d'EPCOR.

Source : EPCOR, 2018d, p. 13

6.3.3 Deuxième étape : déterminer la probabilité d'inondation en fonction de la capacité actuelle de l'infrastructure des eaux de ruissellement

Après avoir divisé la ville en environ 1 300 sous-bassins, EPCOR a évalué la capacité de l'infrastructure d'eaux de ruissellement de chaque sous-bassin ainsi que sa vulnérabilité à l'inondation. Pour y arriver, l'entreprise a utilisé l'information provenant de plusieurs sources : études de modélisation antérieures, cartes d'inondation acquises auprès de l'industrie de l'assurance, dossiers municipaux relatifs aux inondations antérieures (p. ex., appels au 311) et normes de conception en vigueur au moment de l'aménagement.

Ensuite, cette information a été cartographiée sur chacun des sous-bassins d'Edmonton à l'aide d'une base de données géoréférencées. EPCOR a comparé chaque source d'information extraite puis a convenu de celle qu'elle utilisera pour déterminer le classement en matière de risque. Habituellement, le pire scénario dirige ce dernier : si une étude de modélisation présente un faible risque, mais que la carte de l'industrie de l'assurance présente un risque supérieur, le sous-bassin en question est classé comme présentant un risque élevé. Si cette approche produisait un classement qui semblait trop prudent, il faisait l'objet d'une nouvelle analyse. Par exemple, les rapports antérieurs d'inondation agissaient, généralement, comme élément modificateur de risque. Si un sous-bassin comptait des rapports d'inondation, mais que les modèles ou les cartes d'assurance ne le percevaient pas comme étant à risque élevé, son classement était accru par un facteur prescrit. Inversement, s'il n'y avait pas de rapports d'inondation pour un sous-bassin donné, mais que les modèles et les cartes d'assurance le

percevaient comme étant à risque élevé, son classement était réduit en raison d'un facteur connu.

EPCOR a reporté les résultats de cet exercice d'analyse géospatiale sur des plages selon le type d'inondation. Le Tableau 13 illustre celles utilisées pour l'inondation de surface et la surcharge d'égout sanitaire. À noter que les résultats de cette étape indiquent jusqu'à un certain point le risque d'inondation dans le scénario de tempête en question. Pour déterminer si le niveau d'inondation prévu causerait des dommages, EPCOR les a analysés à la lumière des catégories d'impact choisies à l'étape 4 (voir la **Section 6.3.5**).

Tableau 13 : Conséquences de pluie extrême utilisées pour élaborer les classements de gravité pour l'inondation urbaine

| Conséquence | Description | Seuils de dommages pour un risque d'inondation urbaine |
|-----------------------------|--|--|
| Surcharge d'égout sanitaire | Si une surcharge d'égout sanitaire atteint le niveau du sol d'un sous-sol (habituellement 2,5 m sous terre), les eaux d'égout peuvent entrer dans l'immeuble et causer des dommages. | Plus de 2,5 m sous terre Entre 2,5 et 1,5 m sous terre Entre 1,5 m sous terre et le niveau du sol |
| Inondation de surface | Lorsque l'eau atteint une ouverture (p. ex., une fenêtre de sous-sol) d'un bâtiment ou inonde des véhicules, détruit l'aménagement paysager, etc. | Entre le niveau du sol et 35 cm au-dessus du sol Entre 35 et 50 cm au-dessus du sol Entre 50 et 75 cm au-dessus du sol Plus de 75 cm au-dessus du sol |

Abréviations : cm, centimètre; m, mètre.

Source : EPCOR, 2018c, p. 6

6.3.4 Troisième étape : évaluer l'état des actifs d'eaux de ruissellement existants puis ajuster les modèles ou les classements en fonction du risque

Les systèmes patrimoniaux de gestion des eaux de ruissellement comprennent les grands collecteurs, les collecteurs locaux, les puisards, les bassins secs et humides, les stations de pompage, les grilles de contrôle ainsi que les déversoirs et les exutoires. Grâce aux données d'inspection, d'entretien et d'exploitation recueillies par la ville d'Edmonton, EPCOR a classé ces actifs d'eaux de ruissellement selon leur risque de défaillance. L'entreprise a inclus cette information dans le classement de risque général (EPCOR, 2018c, p. 9). Le risque de défaillance de certains grands collecteurs et d'égouts combinés, de stations de pompage et de grilles de contrôle a eu un impact sur le classement en fonction du risque de plusieurs sous-bassins.

Pendant l'évaluation de l'état des actifs d'eaux de ruissellement existants d'Edmonton, EPCOR a également noté les conditions routières afin de coordonner ses activités avec le programme Neighbourhood Renewal de la ville. Le resurfaçage ou la reconstruction des routes offrent une occasion rentable de mettre en œuvre l'IVER (voir également l'étude de cas de Kitchener).

6.3.5 Quatrième étape : utiliser les indicateurs de capacité pour classer chaque sous-bassin en fonction du risque

EPCOR s'est servi des classements selon la capacité et la condition pour déterminer les cotes de risque pour quatre catégories : santé et sécurité, environnemental, social et financier. Les cotes varient de 0 à 5. Ci-après, nous expliquons comment EPCOR a utilisé les risques en fonction de la capacité et de la condition pour classer les catégories d'impact social et financier.

6.3.5.1 La catégorie de l'impact social

Pour cette catégorie, EPCOR a défini les sous-bassins avec une infrastructure critique ou des services essentiels qui peuvent être inondés ou endommagés par l'érosion. Par exemple, si une surcharge d'égout sanitaire se produit entre 2,5 m sous terre et le niveau du sol lors d'une tempête à intervalle de récurrence de 1:20 dans un sous-bassin où se trouve un hôpital, alors le sous-bassin obtiendra un point sur l'axe des y de la grille de risque (voir la **Figure 24**).

Ce sous-bassin recevra un autre point sur cet axe s'il contient un service essentiel, comme une canalisation de gaz naturel ou une conduite d'eau principale, et se trouve près d'un ruisseau susceptible de s'éroder. Enfin, si un intervalle de récurrence de 1:20 cause une surcharge de l'égout sanitaire entre 1,5 m sous le sol et le niveau du sol, le sous-bassin reçoit un autre point pour le déplacement possible de résidents pour une période prolongée. Parce que la probabilité d'une tempête à un intervalle de récurrence de 1:20 obtient une cote de 4,5 sur la grille et que celle de ce sous-bassin hypothétique est de 3, alors son classement au chapitre du risque d'impact social serait moyennement élevé (EPCOR, 2018d, p. 19; voir la **Figure 25**).

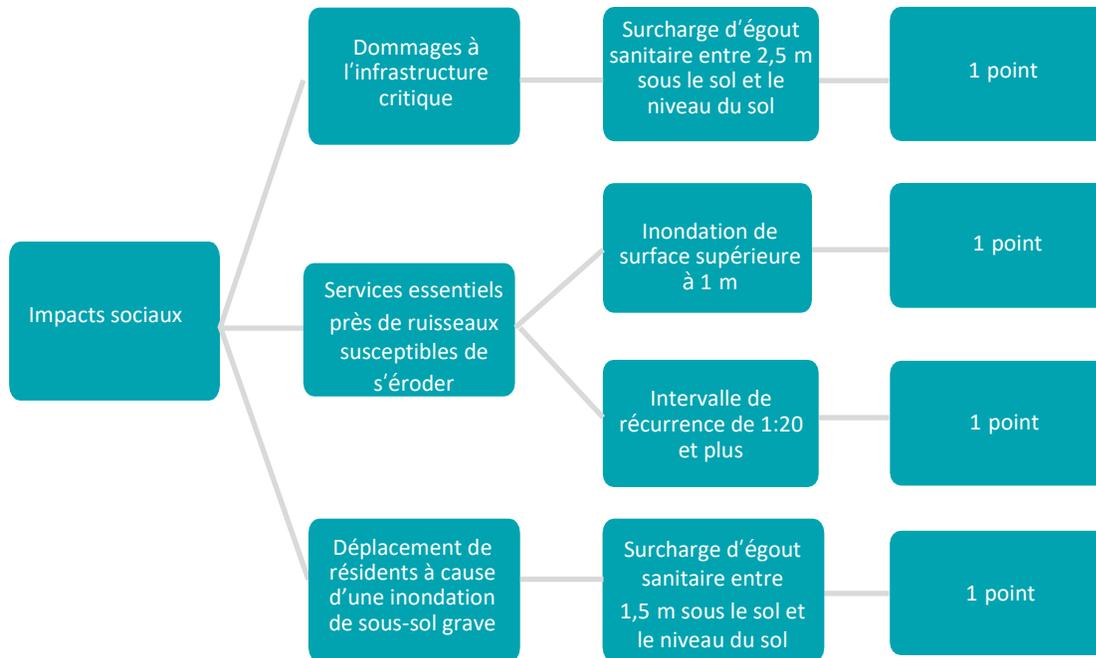


Figure 25 : Le risque social est défini selon que le sous-bassin contient une infrastructure critique et une profondeur d'inondation prévue.
Abréviation : m, mètre.

6.3.5.2 La catégorie de l'impact financier

La catégorie du risque financier prend des prédictions modélisées au sujet des dommages causés par l'inondation de sous-sol (résultat d'une inondation de surface ou d'une surcharge de l'égout sanitaire) et les traces sur l'axe des y de la grille de risque (voir la **Figure 24**). Le pourcentage selon lequel un sous-bassin est susceptible de subir une inondation de surface, quel que soit le niveau de surcharge d'égout sanitaire ou d'inondation de surface (voir le Tableau 13), détermine le risque d'inondation de sous-sol. La **Figure 26** montre comment ces trois seuils se classent sur une échelle de conséquences à cinq points. S'il s'avère que les canalisations d'un sous-bassin sont en mauvais état, il pourrait recevoir un demi-point sur sa cote finale de conséquences financières (EPCOR, 2018d, p. 18).

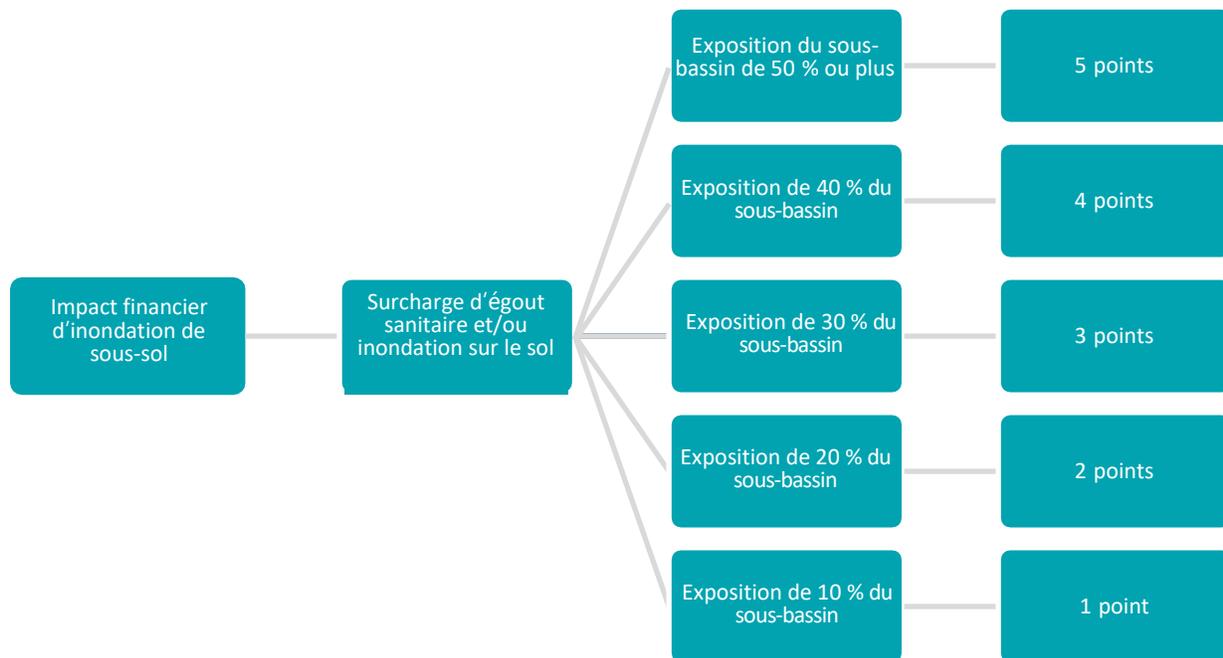


Figure 26 : Détails de la méthodologie de classement du risque pour l'impact financier d'inondation de sous-sol.

6.3.6 Cinquième étape : recherche sur l'opinion publique et élaboration de pondérations pour chaque catégorie d'impact

Afin d'allouer les ressources en fonction de ces catégories d'impact, EPCOR avait besoin de savoir comment prioriser chaque catégorie les unes par rapport aux autres. Pour élaborer des pondérations relatives, l'entreprise a sondé 1 500 résidents de la ville d'Edmonton. Ces derniers devaient qualifier trois degrés d'impact d'inondation : modéré, majeur, extrême. Pour les impacts modérés, les répondants ont sélectionné cinq résultats à partir d'une liste et les ont triés en ordre de priorité (EPCOR, 2018d, p. 4–12). Quant aux événements majeurs ou extrêmes, les répondants devaient ordonner des options concurrentes – santé et sécurité, social, environnemental et financier – en ordre décroissant d'importance. Consultez le **Tableau 14** pour obtenir les descriptions de scénarios à impact extrême.

Tableau 14 : Descriptions de résultats de quatre catégories d'impact utilisées dans le cadre du sondage public d'EPCOR pour les scénarios d'impact extrême

| Scénarios d'impact d'inondation extrême | |
|--|---|
| <p>Santé et sécurité</p> <ul style="list-style-type: none">• L'autorité sanitaire intervient lorsqu'augmente le nombre de rapports de résidents et d'entrepreneurs devenus malades dans votre quartier (p. ex., problèmes respiratoires et digestifs) en raison d'un contact prolongé avec les eaux usées et la moisissure. Les maisons/résidences sont condamnées.• L'inondation de sous-sol crée un risque de noyade ou de décès pour les résidents lorsqu'ils n'arrivent pas à se sauver vers un terrain plus élevé.• En raison de l'impact de l'inondation sur le bâtiment, un hôpital local avec services spécialisés doit fermer ses portes; des interventions chirurgicales et d'autres interventions critiques doivent être annulées, ce qui se traduit par le décès de patients ou une dégradation de leur état.• Les eaux de ruissellement inondent les rues de votre quartier et recouvrent complètement votre propriété ou gazon; atteignent les murs inférieurs de votre résidence/immeuble. L'accès à votre propriété est limité jusqu'à ce que la zone soit nettoyée et désinfectée.• Un passage inférieur ou un terrain de stationnement s'inonde rapidement, ce qui accroît le risque de décès par noyade des personnes incapables de sortir de leur véhicule. | <p>Environnement</p> <ul style="list-style-type: none">• Une grande région naturelle est constamment endommagée et il est impossible d'y planter de nouvelles végétations, y compris dans votre cours, dans les parcs du quartier, les terrains de jeux et les espaces verts.• L'écosystème (végétation, insectes et faune) dans la rivière Saskatchewan Nord est mort à cause d'une trop grande quantité de polluants chimiques ou d'eaux usées qui y sont déversées.• Les parcs du quartier, les ruisseaux et les trottoirs sont endommagés à cause de l'érosion du sol, ce qui les rend inaccessibles jusqu'à une année durant pendant les travaux de réparation.• L'écosystème (végétation, insectes et faune) d'une grande région naturelle/d'un bassin hydrographique majeur/d'un bassin versant est mort en raison d'un accident causé par une inondation impliquant un camion/un déraillement de train qui renverse son contenu de produits chimiques, d'huiles ou de gaz.• La collecte des déchets dans votre quartier est retardée jusqu'à une année durant parce que de gros déchets (p. ex., mobilier, articles domestiques et cloison sèche endommagée) s'accumulent dans les cours, sur les trottoirs et les routes. |

Société

- Une tour comprenant bureaux et condominiums résidentiels subit des dommages importants et les services ne sont plus disponibles. Il n'est plus possible d'accéder à l'immeuble jusqu'à une année durant.
- Des membres de la famille ou des amis proches doivent être déplacés temporairement de leur résidence; vous devez prendre soin d'eux pendant plus d'une année.
- Des routes principales, des ponts ou des infrastructures de transport sont endommagés, ce qui a pour effet de doubler votre temps de déplacement, et ce, pendant plus d'une année.
- Les organismes qui soutiennent les sans-abri et les personnes vulnérables sont déplacés temporairement pendant plus d'une année et ne sont plus en mesure d'offrir les services essentiels comme la nourriture, le logement ou le soutien en santé mentale/toxicomanie.
- Votre quartier perd un service essentiel (comme l'énergie, le gaz naturel ou l'eau potable) pendant plus d'une année. On doit évacuer votre quartier au moment de l'inondation.
- Les effets de l'inondation causent des problèmes de santé mentale et physique chroniques pour la vie. Par conséquent, certaines personnes peuvent devoir réclamer une invalidité de longue durée.
- Les bâtiments de services d'urgence (police, incendie, SGU) sont détruits et le personnel ainsi que les services doivent être relocalisés; le temps de réponse peut être touché. Ces services peuvent ne pas être disponibles pendant des mois.

Financier

- Les entreprises et les services locaux (p. ex., courrier local, centre récréatif, commerces que vous visitez) doivent fermer leurs portes pendant plus d'une année.
- L'immeuble de votre employeur (ou d'un membre de sa famille) est temporairement inaccessible en raison de travaux de réparation, ce qui cause une perte de revenus pendant plus d'un an.
- L'extérieur des maisons et des propriétés de votre quartier est lourdement endommagé (p. ex., clôtures, voitures, jardins extérieurs). Les propriétaires doivent déboursier des milliers de dollars pour les réparer ou les remplacer.
- Les propriétés résidentielles sont si endommagées qu'il faut les démolir (maisons unifamiliales et immeubles de condominiums/logements).
- Les véhicules qui se trouvent dans des parcs de stationnement couverts, des garages ou sur des terrains de stationnement sont complètement endommagés parce qu'ils sont entièrement submergés. Les véhicules sont des pertes totales et il faut plus d'un an pour réparer les zones de stationnement.
- Les personnes à faible revenu sont incapables de payer les réparations nécessaires à leur résidence sans aide, ce qui les force à quitter leur domicile pour toujours.

Source : EPCOR, 2018d, p. 31

Les personnes qui ont répondu au sondage ont systématiquement accordé la priorité aux enjeux de santé et de sécurité et aux enjeux sociaux; les enjeux environnementaux arrivent en fin de liste. La prévention des dommages causés par l'inondation aux hôpitaux et aux services essentiels les préoccupait particulièrement.

À l'origine, EPCOR planifiait d'accorder un classement égal à chaque catégorie de conséquence, soit 25 pour cent chacune. Après avoir étudié les résultats du sondage de l'opinion publique, elle a élaboré un autre classement pour que le Comité des services d'Edmonton l'évalue : 30 pour cent pour les catégories santé-sécurité et enjeux sociaux, respectivement; 25 pour cent pour l'impact financier et 15 pour cent pour l'impact environnemental (EPCOR, 2018d, p. 23).

En mai 2019, le Comité des services d'Edmonton a approuvé les pondérations de catégorie de risque qui rendaient compte des résultats du sondage sur l'opinion publique. La **Figure 27** illustre la carte de risque globale générée par ces pondérations. Le changement de pondérations

*Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant :
améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement*

relatives n'a pas modifié les emplacements où le risque est élevé ou modérément élevé : il a permis d'ajuster l'ordre de priorité pour la mise en place de mesures d'atténuation de risque d'inondation pour les 20 prochaines années.

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

| Scénario 2 – Sondage sur l’opinion publique | Nombre de bassins par groupe de risque | |
|--|---|--|
| Santé et sécurité – 30% Environnement – 15% Société – 30% Financier – 25% | Groupe A – 1 Groupe B – 9 Groupe C – 51 Groupe D – 39 Groupe E – 66 Groupe F – 139 Groupe G – 543 Groupe H – 462 | <u>Groupes A à C</u> incluent bassins au risque élevé <u>Groupes D à F</u> incluent bassins au risque modérément élevé <u>Groupe G</u> inclut bassins au risque modéré <u>Groupe H</u> inclut bassins au risque faible et modérément faible |

Scénario 2 – Carte du sondage sur l’opinion publique

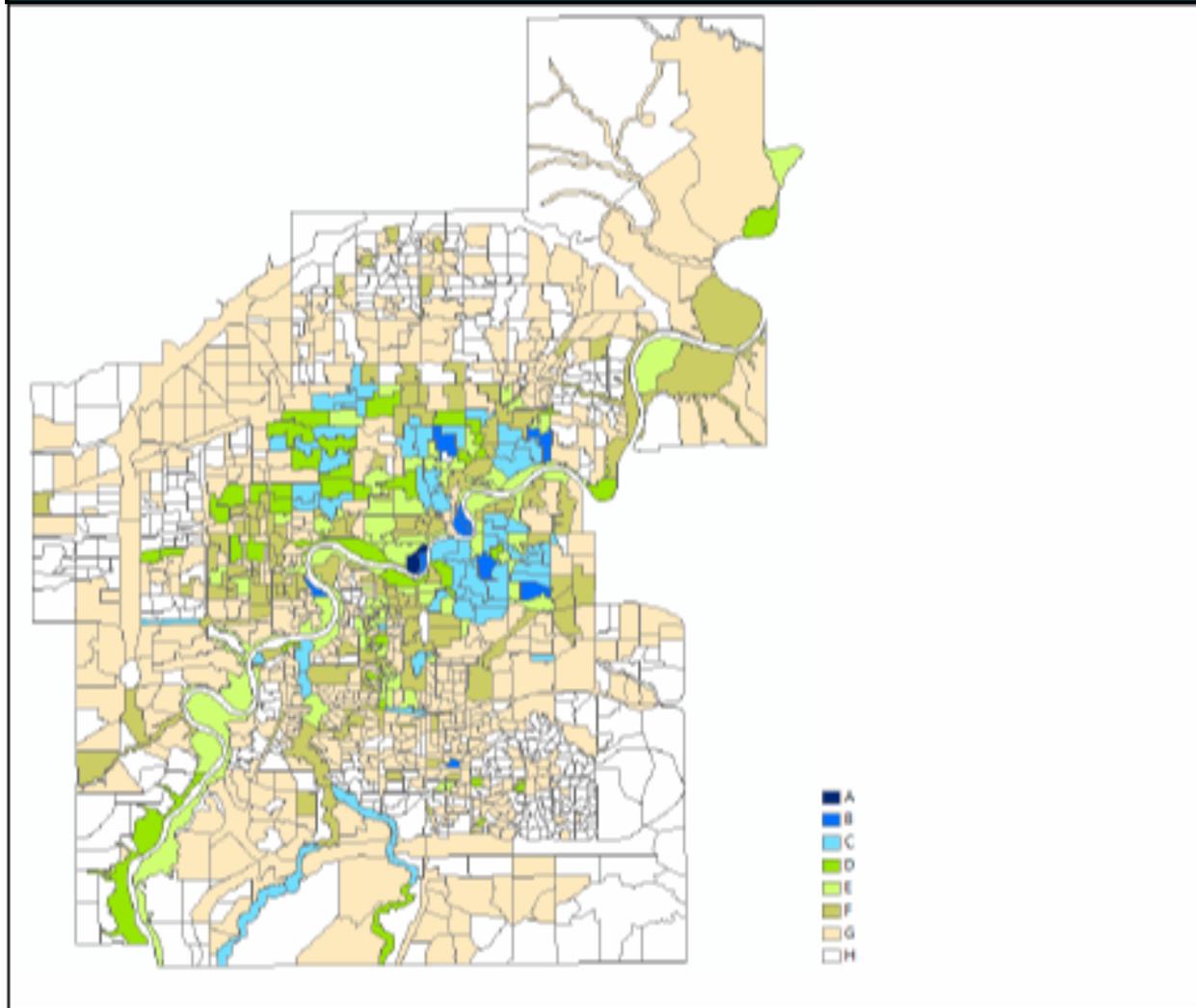


Figure 27 : Classement général du risque à l’aide des pondérations de catégorie élaborées à la lumière des réponses au sondage.

Source : EPCOR 2018d, p. 23

Les sous-bassins au risque élevé et modérément élevé constituent le point de mire du plan d'investissement PRIER sur 30 ans (voir la **Section 6.4**). Les sous-bassins où se trouvent une infrastructure critique ou encore où une inondation pourrait être un danger pour la santé et la sécurité ont vu leur niveau de risque réduit à modérément faible; d'autres sous-bassins au risque élevé et modérément élevé verront leur risque réduit à modéré. Des mesures devraient également être prises pour les sous-bassins à faible risque restants, mais l'accent portera sur la mise en œuvre d'IVER avec d'autres améliorations prévues d'infrastructure, particulièrement les projets de reconstructions routières.

6.4 Élaborer une stratégie rentable : le rôle de l'IVER

Le PRIER compte cinq thèmes d'investissement : lenteur, action, sécurité, prédiction et réaction (voir la **Figure 21**). Il illustre une approche de gestion intégrée à l'infrastructure des eaux de ruissellement. Il utilise plusieurs pratiques de gestion des eaux de ruissellement où elles sont les plus rentables.

Parce que les options sous le thème de la lenteur – bassins secs et IVER – coûtent moins cher que celles sous le thème de l'action – séparation d'égout et mises à niveau de canalisation –, la stratégie du PRIER ralentit lorsqu'il est possible de le faire et agit là où il le faut. Il est plus rentable d'empêcher les eaux de ruissellement de pénétrer dans le réseau canalisé existant que de mettre ce dernier à niveau et l'IVER joue un rôle clé dans le plan d'EPCOR pour y arriver.

Que la stratégie première pour un sous-bassin prioritaire soit les bassins secs ou l'IVER, le choix dépendra du niveau d'**engorgement** et de la configuration de la collectivité. Si l'engorgement est localisé, le recours à l'IVER avec la protection contre les inondations des immeubles à risque réduit les coûts de mise en œuvre. C'est pourquoi elle constitue l'investissement favorisé par EPCOR (EPCOR, 2019, p. 20–21). Pour d'autres sous-bassins, les bassins secs sont la méthode de choix pour empêcher les eaux de ruissellement de pénétrer dans le système canalisé pendant les tempêtes. Généralement, toutefois, on utilisera une combinaison des deux.

Engorgement :
accumulation
indésirable d'eaux de
ruissellement dans des
dépressions de surface
ou sur les toits.

Si la mise en œuvre en fonction des thèmes de la lenteur et de l'action offre une plus grande atténuation des risques d'inondation et compte pour la plus grande partie du PRIER, il faut du temps pour planifier, concevoir et construire ces mesures. C'est pourquoi le thème de la

sécurité constitue le cœur des dépenses d'immobilisation d'EPCOR. La protection des propriétés à risque contre les inondations, la réduction du **débit entrant** et de **l'infiltration** dans l'égout sanitaire et la mise à niveau du déversoir et des barrières de contrôle peuvent être réalisées plus rapidement que les mesures sous le thème de la lenteur et de l'action. Qui plus est, cette approche réduit le risque pour les propriétés qui seront le plus probablement endommagées par les inondations.

Débit entrant et infiltration : il y a débit entrant et infiltration lorsque les eaux de ruissellement entrent dans le système d'égout sanitaire, que ce soit par les trous d'accès pour l'entretien (débit entrant) ou par des tuyaux fendus souterrains (infiltration).

6.4.1 Utilisation d'IVER pour une réduction rentable du risque d'inondation

EPCOR a évalué le potentiel de l'IVER pour atténuer le risque d'inondation à la lumière d'une recherche effectuée en vertu de l'ancien plan d'atténuation du risque d'inondation à l'échelle de la ville d'Edmonton. Il s'est avéré que les jardins de pluie, les bassins de **biorétention**, les jardinières en caissette et les systèmes de cellules de sol boisées présentent une plus grande capacité de **rétention** et de **rétention temporaire** que les **chaussées perméables**, par exemple.

Biorétention : une pratique d'IVER qui se sert du sol et de la végétation pour saisir, filtrer, infiltrer et **évapotranspirer** les eaux de ruissellement. La complexité de cette pratique varie selon les types de sol, les objectifs du projet et les ressources disponibles – des dépressions paysagées simples aux systèmes complexes comprenant revêtements imperméables, couches de stockage de gravier, mélanges de sols particuliers et drains de sortie.

Rétention : la capture d'eaux de ruissellement pour la filtration, **l'infiltration** et **l'évapotranspiration**. Les eaux de ruissellement retenues ne deviennent pas un ruissellement ni de l'écoulement fluvial (contrairement aux eaux de ruissellement retenues, voir **rétention temporaire**). Le fait de retenir les eaux de ruissellement aide à restaurer un **équilibre hydrique** naturel.

Rétention temporaire : le stockage temporaire d'eaux de ruissellement pour contrôler les débits d'écoulement et permettre la sédimentation. Les eaux de ruissellement retenues sont libérées lentement sous forme de **ruissellement** ou d'écoulement fluvial. Les installations qui retiennent les eaux de ruissellement n'aident pas à rétablir **l'équilibre hydrique**. Voir **cycle hydrologique** et **équilibre hydrique**.

Chaussées perméables : un type de pratique d'IVER qui permet aux précipitations de s'infiltrer dans les pores de la surface (bitume et béton perméables) ou par les joints entre les pavés.

Les installations illustrées dans la **Figure 28** sont des variantes de biorétention, car elles utilisent le sol et les plantes pour filtrer, retenir temporairement puis définitivement les eaux de ruissellement.

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement



Les jardins de pluie sont des dépressions dans le sol qui recueillent l'eau de pluie qui est absorbée par le sol, qui s'évapore ou qui est transpirée par les plantes.

Lieu de la photo : Credit Valley Conservation, Alton, ON

Crédit photo : CVC



Les bassins de biorétention sont inspirés des jardins de pluie. Ils peuvent comprendre des drains souterrains pour transporter le débit excédentaire vers le système d'eaux de ruissellement ou un stockage souterrain (p. ex., couches de gravier) afin d'en accroître la capacité de rétention.

Lieu de la photo : Toronto and Region Conservation Authority, Kortright Centre, Vaughan, ON

Crédit photo : TRCA



Les jardinières en caissette ressemblent aux bassins de rétention, mais elles se trouvent dans une structure en béton. Elles conviennent parfaitement aux espaces étroits.

Lieu de la photo : siège social de la Lake Simcoe and Region Conservation Authority à Newmarket, ON

Crédit photo : LSRCA



Les cellules de sol boisées servent de structures souterraines pour empêcher le compactage du sol et faire en sorte que les racines soient libres afin d'encourager une saine croissance.

Lieu de la photo : Credit Valley Conservation, Central Parkway, Mississauga, ON

Crédit photo : CVC

Figure 28 : Pratiques d'IVER qu'EPCOR a choisi de mettre en œuvre à Edmonton.
Adaptation d'EPCOR, 2019, p.19

EPCOR a trouvé la capacité de rétention de ces mesures d'IVER utile pour atténuer le risque d'inondation. La méthodologie de classement du risque a examiné d'autres tempêtes que celles à un intervalle de récurrence de 1:100, utilisées traditionnellement pour les normes de conception, c'est-à-dire 1:20, 1:50 et 1:75. De plus, les grilles de classement du risque employées par EPCOR démontrent que les sous-bassins au risque le plus élevé subiront une inondation selon un intervalle de récurrence de 1:20 ou 1:50. Parce qu'elle retient les 25 ou 35 premiers millimètres de précipitation lors d'une tempête intense, l'IVER peut transformer les débits de pointe associés à un intervalle de récurrence de 1:20 à ceux d'un intervalle de récurrence de 1:10; ceux associés à un intervalle de récurrence de 1:50 à 1:20, et ainsi de suite. C'est pourquoi l'IVER joue un rôle important dans le plan d'EPCOR pour réduire progressivement le risque d'inondation.

L'approche nuancée d'EPCOR pour mesurer le risque d'inondation illustre la valeur des IVER végétalisées pour atténuer ce risque. Leur capacité est souvent négligée lorsque les ingénieurs se concentrent sur la satisfaction à une norme de conception précise. Des efforts précédents ont tenté de donner le même niveau de contrôle de l'inondation aux nouveaux aménagements qu'aux aménagements patrimoniaux. Le plan d'atténuation du risque d'inondation à l'échelle de la ville demandait une plus grande capacité de transport, une séparation des égouts uniques et la rétention temporaire des eaux de ruissellement dans de grands bassins secs afin de respecter un des quatre scénarios de tempête (voir le **Tableau 11**; EPCOR, 2019, annexe A). La mise en œuvre de ce plan aurait coûté de 2,2 à 4,6 milliards \$, soit de 800 millions \$ à 3 milliards \$ de plus que le plan d'investissement en immobilisation d'EPCOR, et il aurait fallu 50 ans de plus pour y arriver.

En mettant l'accent sur la réduction du risque par le recours à l'IVER et les bassins secs, plutôt que de satisfaire à une norme de conception précise, le PRIER économise des centaines de millions de dollars tout en dirigeant plus efficacement les ressources vers les sous-bassins au risque le plus élevé, et ce, en beaucoup moins de temps.

Si deux tempêtes frappent rapidement l'une après l'autre, l'IVER qui utilise le sol pour retenir temporairement les eaux de ruissellement aura-t-elle la capacité de fonctionner pour la deuxième tempête? EPCOR a découvert que même saturées à 50 pour cent, ces installations choisies fonctionnaient aussi bien que si elles se trouvaient entièrement vides (voir la **Figure 29**). Les bassins de biorétention, les jardins en caissette et les cellules de terre peuvent être conçus avec des drains souterrains qui éloignent les eaux de ruissellement avant que la saturation soit

atteinte. Généralement, ce délai d'écoulement est défini à 24 heures, en incluant un important facteur de sécurité.

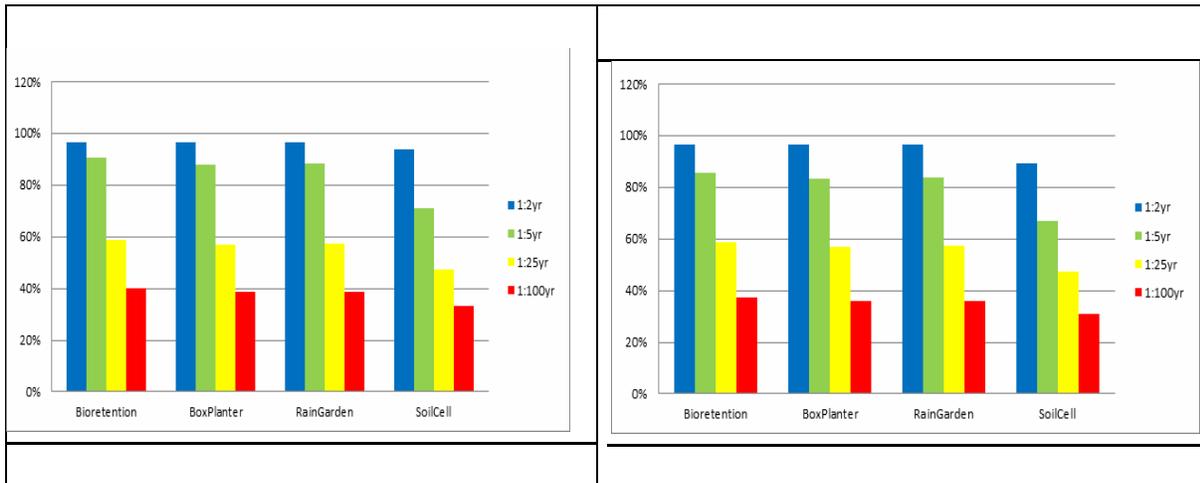


Figure 29 : Capacité de réduction du ruissellement pour les quatre installations d'IVER choisies par EPCOR.

La **Figure 30** illustre les profondeurs de précipitations à l'échelle d'Edmonton au cours d'une tempête de six heures en juillet 2016. Lors d'une tempête de convection de courte durée et très intense, du type de celles qui causent le plus souvent de l'inondation urbaine à Edmonton, un sous-bassin peut recevoir des niveaux de précipitation dont l'intervalle de récurrence est de 1:200, tandis qu'un autre, à quelques kilomètres de là, pourrait ne rien recevoir. L'IVER peut recueillir les plus petites quantités de précipitation aux abords d'une cellule de tempête intense, ce qui accroît la capacité du système d'égout qui se trouve sur la trajectoire directe de la tempête (EPCOR, 2019, p. 20).

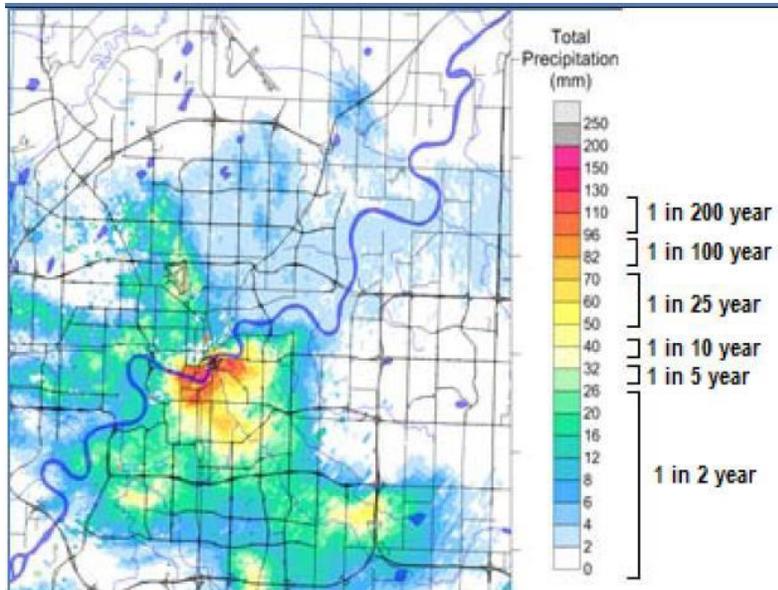


Figure 30 : Profondeurs de précipitations à la suite d’une intense tempête estivale à Edmonton le 27 juillet 2016.

Abréviation : mm, millimètre

Source : EPCOR, 2019, p. 20

Il est également possible de tisser l’IVER dans le tissu de la collectivité existante sans changer les utilisations faites du terrain. Les jardinières en caissette peuvent s’insérer soigneusement dans les terrains de stationnement et les cellules de sol boisées peuvent être construites sous les surfaces imperméables comme les routes et les trottoirs. Les installations de biorétention et les jardins de pluie peuvent être taillés pour correspondre à l’espace existant (voir l’encadré

« Performance sous pression : biorétention sur Elm Drive à Mississauga » à la **Section 4.2**). Les **chambres d’infiltration** sous la surface, bien que non définies dans le PRIER, peuvent offrir une réduction importante du débit de pointe et du volume tout en coexistant avec la plupart des utilisations de sol en surface, qu’il s’agisse de propriété privée ou publique. Cette souplesse convient parfaitement à une approche intégrée de planification des ressources au sein d’une collectivité existante (EPCOR, 2018d, p. 14). Ceci réduit également la nécessité d’acheter des terres et de les affecter à de grandes installations de gestion des eaux de ruissellement (voir la **Section 8.4.4.2**).

Chambres d’infiltration :

chambres de stockage souterraines conçues pour capturer de grands volumes d’eaux de ruissellement. Elles réduisent les risques d’inondation et permettent aux précipitations, comme la pluie et la fonte des neiges, d’entrer dans la terre et de s’infiltrer sous les surfaces dures comme les terrains de stationnement.

6.4.2 Utilisation des bassins secs pour une réduction rentable du risque d'inondation

Le précédent plan d'atténuation du risque d'inondation à l'échelle de la ville a défini 51 lots de terrain qui pourraient intercepter l'eau avant qu'elle n'atteigne les égouts d'eaux de ruissellement.

Autrement dit, ces lots ont un potentiel **hydraulique** pour devenir des bassins secs. Cette liste se limitait aux lots de 1 hectare ou plus partout dans Edmonton.

Hydraulique : l'étude du débit d'eau dans les tuyaux et les canaux, comme les rivières.

EPCOR a regardé les emplacements suggérés pour ces bassins et a conclu que 31 d'entre eux étaient des sous-bassins à risque élevé et qu'ils devraient passer à la prochaine étape pour la mise en œuvre (EPCOR, 2019, p. 14).

Une analyse approfondie a démontré que l'exigence minimale d'un hectare éliminait plusieurs emplacements qui auraient pu servir à atténuer les inondations localisées. Le fait d'ajouter ces lots plus petits de bassins secs possibles permettrait davantage de variation dans la conception des bassins, et par conséquent, accorderait plus de souplesse à EPCOR lors d'échanges avec les membres de la collectivité quant à la manière dont ces espaces pourraient convenir dans leurs collectivités.

Construire un bassin sec dans une collectivité signifie qu'il faut donner une nouvelle direction à une zone découverte existante pour qu'elle retienne temporairement les eaux de ruissellement lors d'événements de tempête intense (voir la **Figure 31**). Les concepts à double fonction – convertir un espace d'agrément extérieur existant pour qu'il retienne temporaire les eaux de ruissellement – sont beaucoup plus rentables que les bassins humides à usage unique. EPCOR collabore avec la ville d'Edmonton et les collectivités locales pour déterminer comment ces zones peuvent continuer à être des actifs précieux pour une utilisation quotidienne par les collectivités. Dans la plupart des cas, ces installations peuvent être des terrains de soccer ou de baseball, des parcs publics, des forêts urbaines ou même des espaces culturels extérieurs. Le fait de doubler la fonction de ces bassins secs évite de devoir acquérir des terrains à prix fort dédiés à la gestion des eaux de ruissellement.

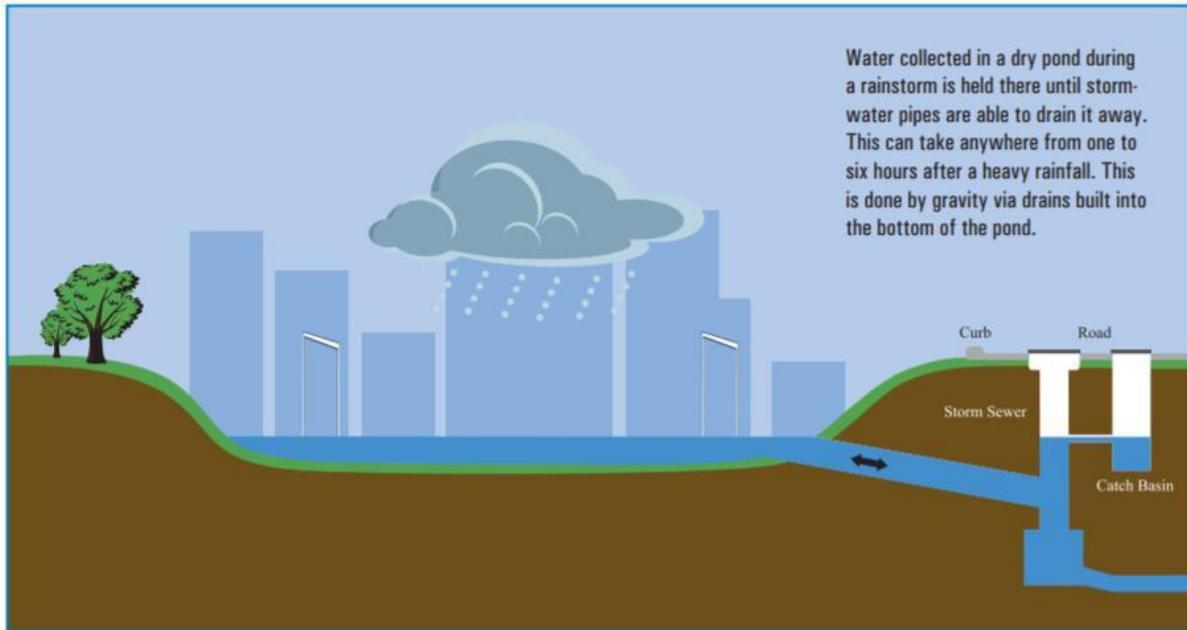


Figure 31 : Une zone découverte existante dont la fonction a été transformée en bassin sec pour retenir temporairement les eaux de ruissellement lors d'événements de tempête intenses.

Source : EPCOR 2019

6.5 Utiliser la stratégie

6.5.1 Coordination avec d'autres initiatives dirigées par la ville pour obtenir des avantages connexes et partager le fardeau de l'entretien

EPCOR partage de l'information avec l'initiative Climate Change Adaptation d'Edmonton dans le but de définir des pratiques relatives aux eaux de ruissellement qui offrent une adaptation aux changements climatiques au-delà du fait d'atténuer le risque d'inondation (EPCOR, 2018d, p. 2). L'initiative peut quantifier à quel point les activités de mise en œuvre d'IVER d'EPCOR aideront la ville à s'adapter aux conséquences prévues des changements climatiques, y compris **l'effet d'îlot thermique urbain**, des cycles de sécheresse plus longs, une mauvaise qualité de l'air et le stress imposé aux écosystèmes.

Effet d'îlot thermique urbain : parce que les zones urbaines sont couvertes de surfaces qui retiennent la chaleur (béton, brique, bitume), les températures y sont plus élevées que dans les zones rurales ou naturelles avoisinantes. Qui plus est, parce qu'il y a peu de végétation, elles ne bénéficient pas des effets rafraîchissants de l'évapotranspiration.

EPCOR collabore avec les services municipaux d'Edmonton afin de partager les pratiques d'IVER au chapitre des investissements, de l'exploitation et de l'entretien. Si la fonction principale de ces pratiques est d'atténuer le risque d'inondation, l'IVER offre plusieurs avantages connexes.

Les autres services municipaux reconnaissent que ces derniers ne devraient pas être la responsabilité d'EPCOR uniquement.

Par exemple, si le PRIER exigeait des cellules de sol boisées, EPCOR construirait la cellule et fournirait le sol en consultation avec le service de foresterie urbaine qui, à son tour, choisirait les arbres nécessaires au fonctionnement du système et en ferait l'entretien. D'autres services feraient des apports en nature, selon leur domaine d'expertise, pour construire et entretenir ces aspects des installations qui atteignent les objectifs de leur organisation.

6.5.2 Collaboration avec le programme Building Great Neighbourhoods d'Edmonton

Quant aux sous-bassins non prioritaires, c'est-à-dire ceux dont le risque est modéré ou faible et qui ne contiennent pas d'infrastructure clé, la mise en œuvre d'IVER se produira conjointement avec le calendrier des travaux du programme Building Great Neighbourhoods d'Edmonton. Ceci réduira progressivement le risque d'inondation à l'échelle de la ville.

Afin de réduire davantage les coûts relatifs à la mise en œuvre, il est prévu que les investissements d'immobilisation pour ces projets d'IVER soient coordonnés avec ceux du programme Building Great Neighbourhoods au cours des 30 prochaines années, comparativement à 20 années pour les sous-bassins prioritaires (EPCOR, 2019, p. 21). Si le programme prévoit travailler sur un sous-bassin prioritaire, une IVER supplémentaire réduirait davantage le risque que les activités d'investissement d'immobilisation d'EPCOR à elles seules. Cette approche reflète celle de Kitchener, qui met en commun les initiatives de construction d'IVER et de routes.

6.5.3 Préparation de normes d'exploitation

Par le biais du plan d'investissement d'immobilisation du PRIER, EPCOR entreprendra l'entretien des caractéristiques d'IVER végétalisées et formera son personnel en conséquence. Pour simplifier ce processus, l'entreprise ouvrira une « université sur l'IVER » grâce à laquelle le personnel d'EPCOR et de la ville pourra s'éduquer sur les installations d'IVER et la meilleure manière de les entretenir. Ceci est combiné avec un effort pour normaliser les conceptions, comme c'est le cas dans l'étude de cas de Kitchener. Le site de formation comprendra des exemples de quatre mesures d'IVER choisies par EPCOR – jardins de pluie, installations de biorétention, jardinières en caissette et cellules de sol boisées. Le personnel responsable de

l'entretien de ces installations apprendra comment appliquer ces pratiques d'IVER de manière efficace sur le terrain.

6.6 Conclusion

Si le plan d'atténuation du risque d'inondation à l'échelle de la ville mettait l'accent sur la mise à niveau du réseau d'égout d'eaux de ruissellement d'Edmonton en fonction de normes de conception précises, EPCOR tend à réduire méthodiquement le risque d'inondation à des niveaux acceptables pour tous les aménagements patrimoniaux d'Edmonton. Le PRIER repose sur une analyse du risque détaillée pour mesurer les effets d'inondation selon cinq intervalles de récurrence de tempête sur quatre catégories : santé et sécurité, environnement, société et finances.

Le PRIER coûte des centaines de millions de dollars de plus à mettre en œuvre que le plan d'atténuation du risque d'inondation à l'échelle de la ville et n'obtient pas les mêmes résultats, car les objectifs de chacun sont différents. Qui plus est, aucun de ces plans ne comprend des avantages financiers; par conséquent, il est impossible de réaliser une comparaison des avantages connexes.

Toutefois, l'approche du PRIER pour déterminer le risque à l'aide d'intervalles de récurrence de tempête signifie que les ressources seront dédiées à l'atténuation du risque là où il est le plus grand, plutôt qu'uniformément à l'échelle de la ville, et non là où le risque est faible, sauf lorsqu'il est prévu d'exécuter d'autres travaux d'infrastructure. De plus, la réalisation du plan d'investissement d'immobilisation du PRIER n'exclut pas d'autres investissements pour la réduction du risque d'inondation s'ils s'avéraient nécessaires une fois le PRIER terminé.

Le fait qu'EPCOR utilise quatre catégories d'impact pour évaluer le risque constitue une analyse holistique et économique à triple résultat, car elle prend en considération l'impact social, environnemental et financier du risque d'inondation et de son plan d'investissement en infrastructure. Enfin, la contribution des résidents d'Edmonton a permis d'élaborer des classements relatifs pour ces catégories d'impact, a permis de rendre compte de ces triples résultats en fonction de ce que les Edmontoniens ont le plus à cœur.

L'approche raffinée d'EPCOR en matière d'analyse du risque illustre comment l'IVER peut être rentable pour atténuer le risque d'inondation dans les aménagements patrimoniaux. De plus,

des pratiques d'IVER offrent une pléthore d'avantages au-delà de la réduction du débit de pointe et de l'atténuation. Si les installations d'IVER retirent les polluants des eaux de ruissellement, réduisent l'érosion et restaurent l'équilibre hydrique, elles nettoient également l'air, amenuisent l'effet d'îlot thermique urbain et servent aussi d'espace vert à but récréatif. Ces avantages connexes sont également abordés dans les autres études de cas.

7.0 ÉTUDE DE CAS DE VANCOUVER

Principales conclusions

- La ville de Vancouver cherche à mettre aux normes 40 pour cent des surfaces imperméables de la ville avec une **infrastructure verte d'eau de pluie (IVEP)** d'ici 2050.
- Le fait de combiner les mises à niveau des infrastructures grise et verte réduirait les **débordements d'égout unitaire (DÉU)**, gérerait le ruissellement d'eau de pluie et permettrait de réaliser des économies.
- Les coûts et les responsabilités de la mise en œuvre d'une IVEP à grande échelle seront partagés avec des promoteurs privés.

7.1 Historique

Le **réseau d'égout unitaire** de la ville de Vancouver est confronté à des défis de longue date et nouveaux qui motivent la nécessité de repenser comment la ville gère l'eau dans un environnement urbain. Comme pour plusieurs villes canadiennes, le réseau d'égout et d'écoulement souterrain a été construit au début et au milieu des années 1900. Une grande partie du réseau atteint la fin de sa période de vie et doit être remplacée.

Réseau d'égout unitaire : un réseau d'égout qui recueille et transporte à la fois eaux de ruissellement et eaux usées.

Alors qu'il devient pressant de mettre à niveau le système afin de desservir une population croissante, d'améliorer la qualité de l'eau reçue par le biais d'un traitement amélioré, d'adapter les modèles de précipitation modifiés par les changements climatiques et d'aborder le manque de renouvellement d'architecture, le coût attendu relatif à l'infrastructure d'égout et d'écoulement de Vancouver atteint les milliards de dollars. Par conséquent, il existe un impératif de nature sociale, environnementale et économique de fournir les services efficacement, de manière rentable et au meilleur rapport qualité-prix.

Qu'est-ce que l'infrastructure verte d'eau de pluie (IVEP)?

Dans cette étude de cas, elle fait référence à un ensemble d'outils de gestion de l'eau de pluie qui reposent à la fois sur des solutions fabriquées et naturelles pour protéger, restaurer et imiter le **cycle hydrique** naturel (ville de Vancouver, 2019b).

Adoptée le 5 novembre 2019 par le conseil municipal de Vancouver, la stratégie municipale pour la pluie est une stratégie sur 30 ans à la fois ambitieuse et pragmatique qui aborde directement

les défis liés à l'eau de Vancouver. La stratégie met un accent renouvelé sur la santé des plans d'eau récepteurs, la réduction du risque d'inondation, la création d'espace pour l'eau dans la ville et la promotion de la cueillette et de la réutilisation de l'eau (voir la **Figure 32**). La stratégie municipale pour la pluie se veut une carte à long terme pour la gestion holistique de l'eau de pluie urbaine. Elle intègre des solutions d'**infrastructure verte d'eau de pluie (IVEP)** à l'utilisation du terrain, aux mises à niveau d'infrastructure, aux plans communautaires et à la conception urbaine. Elle définit les besoins et les occasions en matière de gestion de l'eau de pluie à l'échelle de la ville (p. ex., la **Figure 33**) et examine comment Vancouver peut mettre en œuvre les approches d'IVEP plus efficacement dans les espaces publics, les bâtiments municipaux, les parcs et sur les routes et les plages.

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement



**a water
sensitive
future**



**nature in
the city**

Figure 32 : Illustration d'un Vancouver sensible à l'eau.
Source : ville de Vancouver, 2019b

La stratégie municipale pour la pluie définit des programmes et des mesures qui demandent la mise en œuvre d'IVEP tant sur les terrains publics que privés. Trois plans d'action ont été

élaborés. Ils se concentrent sur les rues et les espaces publics; les bâtiments et les sites; les parcs et les plages.

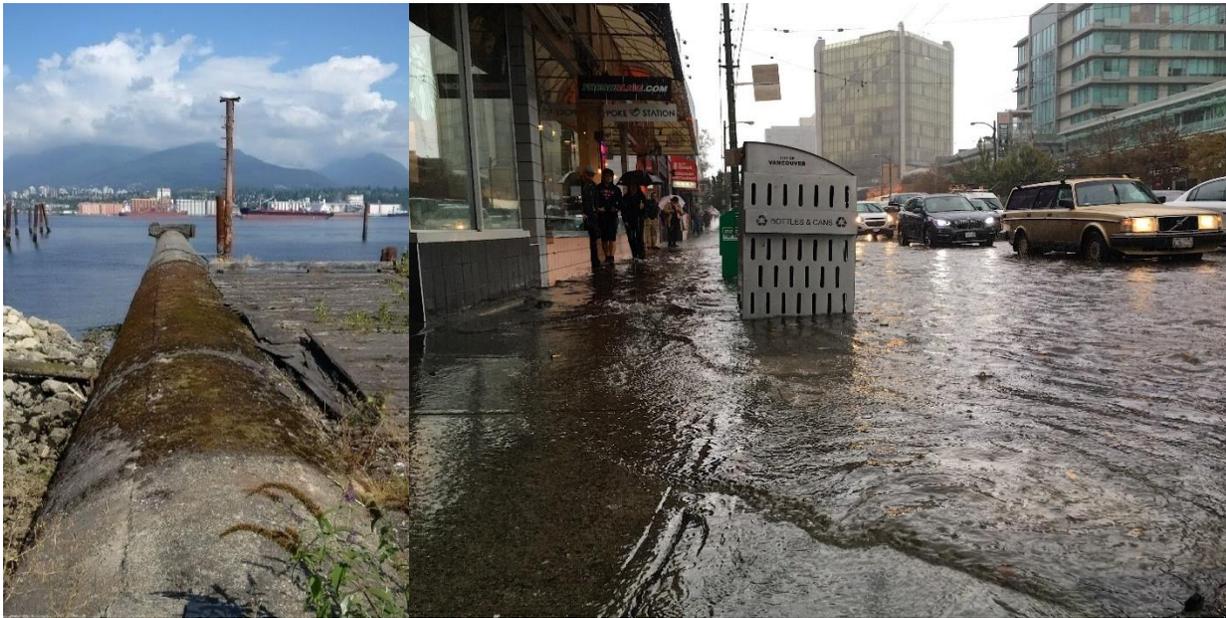


Figure 33 : Tuyau de puisard d'infrastructure d'eau de pluie vieillissante et inondation urbaine à Vancouver.

Sources des photos : ville de Vancouver

Alors que les propriétés privées comptent pour plus de la moitié de la région imperméable de Vancouver, elles peuvent jouer un rôle important pour réduire le volume d'eau de pluie qui pénètre dans le réseau d'égout et d'écoulement et pour contribuer à l'atteinte des objectifs relativement à la qualité de l'eau.

Une approche holistique et intégrée de gestion de l'eau urbaine peut faire bien plus que de combler les besoins de base en eau de la collectivité. Parmi les **avantages connexes** qu'elle offre, mentionnons l'embellissement de la ville, la création d'espaces verts pour les loisirs passifs et actifs, l'offre d'eaux plus

Avantages connexes : effets positifs de l'**IVER** qui ne sont pas directement reliés aux objectifs de gestion des eaux de ruissellement traditionnels. Ils comprennent l'élimination de la pollution atmosphérique, la réduction de l'**effet d'îlot thermique urbain**, la création d'habitats, les économies

Effet d'îlot thermique urbain : parce que les zones urbaines sont couvertes de surfaces qui retiennent la chaleur (béton, brique, bitume), les températures y sont plus élevées que dans les zones rurales ou naturelles avoisinantes. Qui plus est, parce qu'il y a peu de végétation, elles ne bénéficient pas des effets rafraîchissants de l'**évapotranspiration**.

propres pour soutenir l'environnement et les loisirs et l'augmentation du couvert végétal afin de réduire l'**effet d'îlot thermique urbain**.

Eau unique : une telle approche aborde le cycle hydrique complet sous toutes ses formes – eau potable, eaux usées, eau de pluie, eau de surface et eau souterraine (ville de Vancouver, 2019).

Cette approche intelligente d'**eau unique** à l'égard de la mise en œuvre d'IVEP à grande échelle sera perçue partout à Vancouver. Elle fait en sorte que la ville puisse recueillir et nettoyer 90 pour cent de l'eau de pluie et atteindre son objectif de devenir la ville la plus écologique au monde.

Vancouver prépare un plan financier à long terme pour déterminer les approches de financement équitable et durable pour guider le rythme et l'amplitude de l'investissement nécessaire à la mise en œuvre d'IVEP et pour atteindre les cibles de la stratégie municipale pour la pluie. Les sections suivantes définissent certains des défis particuliers à Vancouver, les objectifs et les cibles de la stratégie et la manière dont s'y prend la ville pour réaliser la stratégie par le biais de nouveaux projets.

7.2 Qualification des défis

Vancouver est une collectivité côtière définie par sa proximité à l'océan, aux rivières et aux montagnes. La mer des Salish se trouve à l'ouest; la baie Burrard au nord; le bras nord du fleuve Fraser au sud. Vancouver reconnaît qu'elle se situe sur des territoires ancestraux non cédés des nations Musqueam, Squamish et Tsleil-Waututh, qui ont encore une connexion profonde avec ces terres et cette eau. Plusieurs résidents valorisent les voies navigables locales aux fins de loisirs et en tant que ressources et ils se soucient d'en protéger l'écosystème environnemental.

Les sections suivantes abordent en détail les défis au chapitre de la qualité et de la quantité d'eau de Vancouver et ce que l'IVEP peut offrir.

7.2.1 Une ville en croissance

Comme pour plusieurs villes canadiennes, le réseau d'égout et d'écoulement souterrain a été construit au début et au milieu des années 1900 en tant que réseau unitaire (**Figure 34**). L'augmentation de la population et une densité croissante ont un impact important sur l'infrastructure d'égout et d'écoulement de la ville. Des pluies annuelles plus importantes en raison des changements climatiques ont également mené le système d'égout et d'écoulement à

atteindre sa capacité, ce qui a aggravé les **débordements d'égout unitaire (DÉU)** dans les plans d'eau locaux (ville de Vancouver, 2019b).

La Colombie-Britannique a toujours contribué le plus aux DÉU au Canada (Statistique Canada, 2018). En 2018, près de 33 milliards de litres d'eaux usées combinées (eaux usées diluées avec du **ruissellement**) ont été déversés dans les eaux environnantes de Vancouver (ville de Vancouver, 2019). Ces déversements provenaient de la zone d'assainissement de Vancouver, laquelle comprend la plus grande partie de Vancouver et certains quartiers densément peuplés de la ville de Burnaby, y compris Brentwood et Metrotown.

Débordement d'égout unitaire (DÉU) :

lorsque les **réseaux d'égout unitaire** débordent ou lorsque les usines de traitement des eaux usées détournent les flux entrants, les eaux usées non traitées sont déversées vers des eaux réceptrices.

Ruissellement : eau de pluie qui coule sur les surfaces dures, comme les toits et les routes, au lieu de s'**infiltrer** dans le sol. Le ruissellement urbain transporte des métaux lourds, des nutriments, des bactéries et d'autres polluants dans les cours d'eau, ce qui a un effet néfaste sur la vie humaine, animale et végétale.

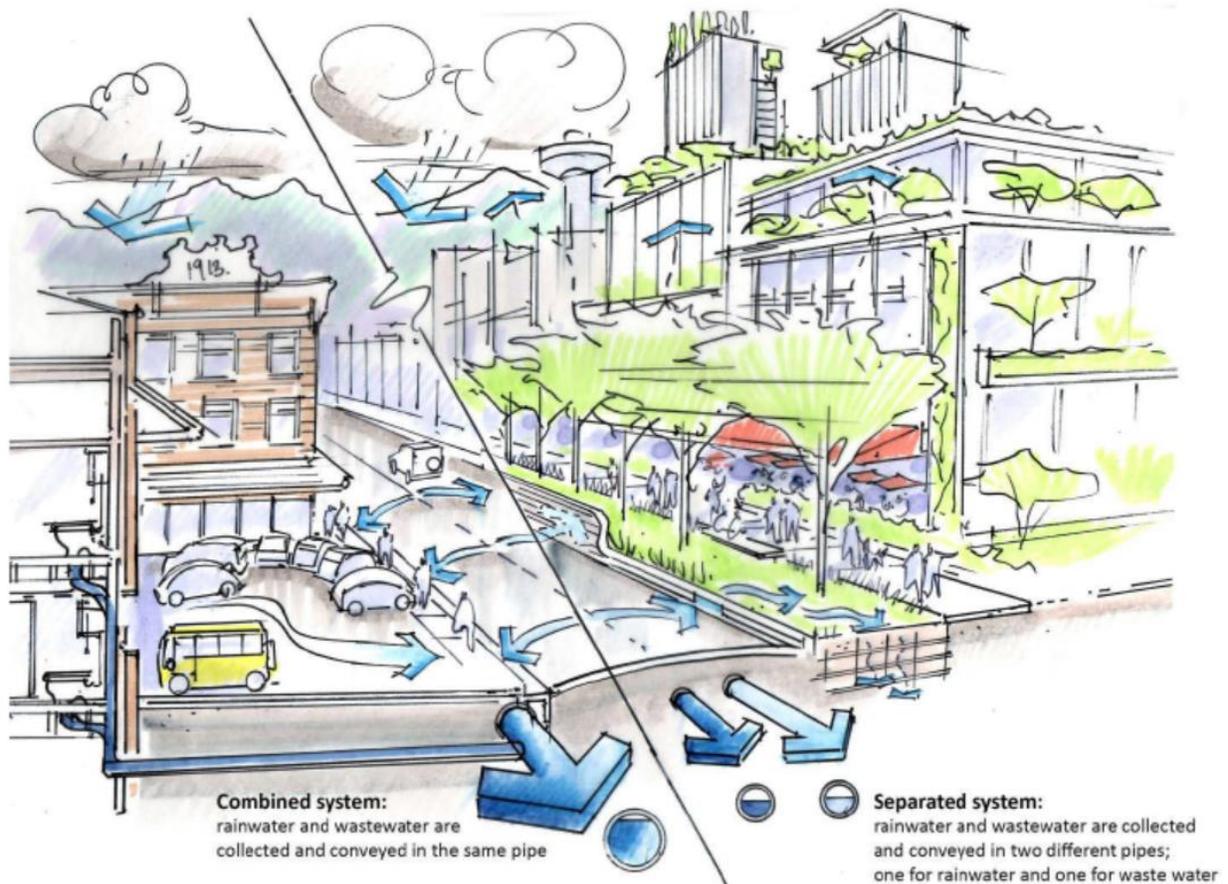


Figure 34 : Illustration du ruissellement géré par l'infrastructure verte d'eau de pluie et les systèmes d'égout unitaire et séparatif.

Source : ville de Vancouver, 2019b

Depuis les années 1970, la séparation des égouts constituait la stratégie principale pour aborder l'enjeu des DÉU. Le système de canalisations combinées et uniques est très complexe. Plusieurs canaux uniques finissent par s'écouler dans des troncs d'égout unitaire qui peuvent déborder lorsque le système excède sa capacité (voir la **Figure 35** et la **Figure 36**).

Même si l'on séparait tous les canaux combinés, la qualité du ruissellement demeurerait une préoccupation. Lorsqu'il pleut, les polluants des zones urbaines s'écoulent dans les cours d'eau locaux et sont nocifs tant pour les voies navigables que pour les plages locales.

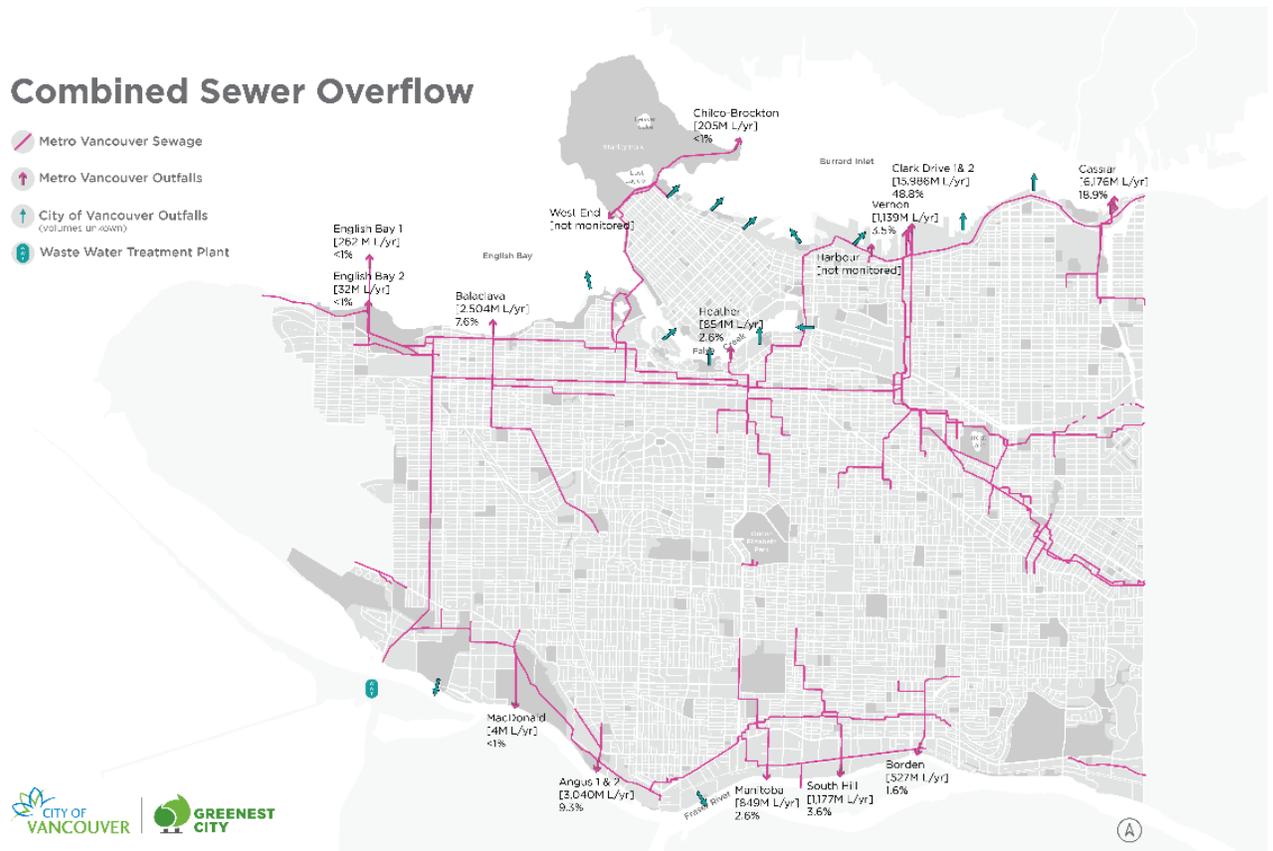


Figure 35 : Emplacements de débordements d'égout unitaire.

Source : ville de Vancouver, 2019b

7.2.2 Coût du renouvellement de l'infrastructure dédiée à l'eau

Vancouver doit composer avec une pression financière croissante en lien avec l'entretien, le renouvellement et l'agrandissement du système d'égout et d'écoulement. La ville continue de

prendre de l'ampleur et de gagner en densité; par conséquent, les anciens tuyaux n'arrivent pas à satisfaire aux conditions actuelles ni aux demandes attendues.

L'approche actuelle à la gestion de l'eau potable, des eaux usées et de l'eau de pluie repose principalement sur des systèmes d'infrastructure grise; l'**infrastructure verte** ne compte que pour une petite partie.

- 2,4 milliards \$ pour l'infrastructure d'eau potable;
- 6,1 milliards \$ pour l'infrastructure d'égout et d'écoulement;
- 0,02 milliard \$ en IVEP (montants en valeurs de remplacement de 2018).

Infrastructure verte : il s'agit des systèmes végétatifs naturels et des technologies vertes qui, ensemble, offrent à la société une multitude de bienfaits de nature économique, environnementale et sociale (Green Infrastructure Ontario, 2020).

Comme c'est le cas pour plusieurs autres villes importantes, le renouvellement et l'agrandissement de l'actif constitueront des dépenses considérables au cours des décennies à venir. Jusqu'à 23 pour cent des conduites d'égout principales sont en mauvais ou en très mauvais état. Au cours des 10 prochaines années, il est prévu qu'il se détériore davantage. Il y a fort à parier que d'ici 2039, 29 pour cent, soit près du tiers de tout le système sera en mauvais ou en très mauvais état. .

Le mauvais état de l'infrastructure vieillissante représente à la fois un défi et une occasion. Il permet d'explorer la possibilité d'investir dans une infrastructure grise et verte à la fois.

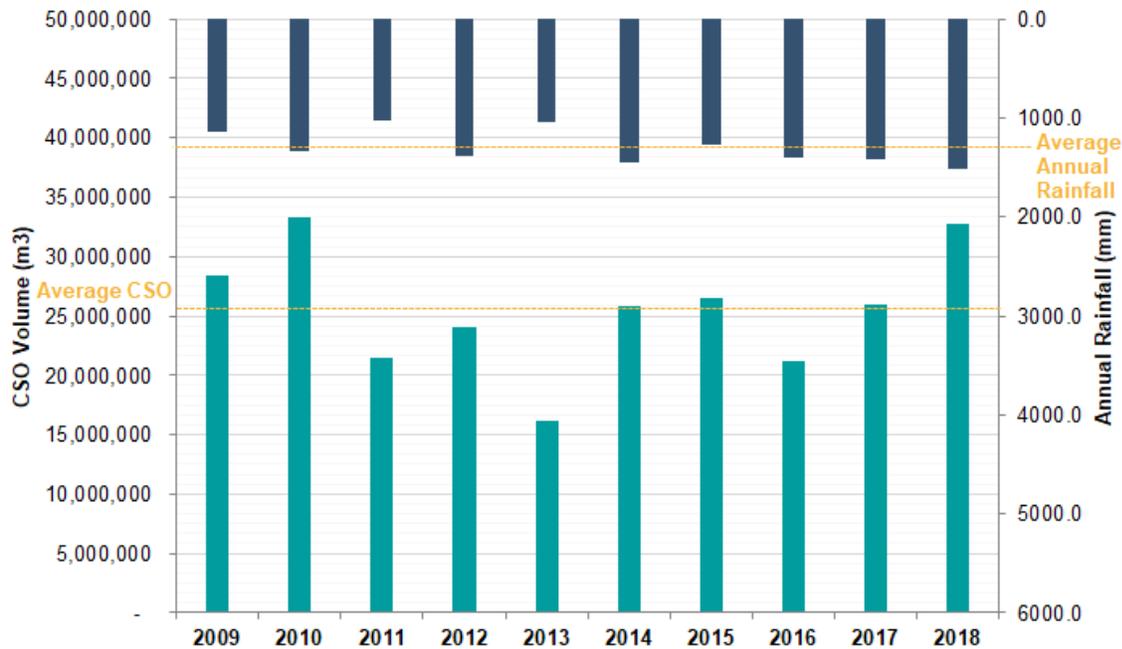


Figure 36 : Profondeurs de pluie annuelle et volumes de débordement d’égout unitaire. Abréviations : DÉU(CSO), débordement d’égout unitaire; m³, mètre cube; mm, millimètre. Source : ville de Vancouver, 2019b

7.2.3 Enjeux relatifs à l’eau de pluie et augmentation des pluies extrêmes

Vancouver doit gérer beaucoup plus de pluie qu’ailleurs au Canada : de 1 200 à 1 600 mm y tombent chaque année. Les deux tiers de ce volume de pluie (environ 70 pour cent) tombent sous forme d’averses légères (moins de 24 mm par jour), un cinquième (20 pour cent) sous forme de tempêtes de pluie (de 24 mm à 48 mm par jour); le reste (10 pour cent) tombe sous forme de pluie violente (plus de 48 mm par jour) (voir la **Figure 37**). Il est prévu que les pluies violentes de grande envergure gagnent en intensité et en fréquence en raison des changements climatiques (ville de Vancouver, 2019b).

La pluie de Vancouver présente des défis de conception différents de ceux d’autres collectivités canadiennes. Les caractéristiques du site, les taux d’**infiltration** du site, la topographie et la détermination de la pente ainsi que la nature de l’aménagement et de la forme de la construction doivent tous être pris en considération, soigneusement, afin d’atteindre les cibles de la stratégie pour la pluie.

Infiltration : le passage (ou la pénétration) de l’eau à travers la surface du sol.

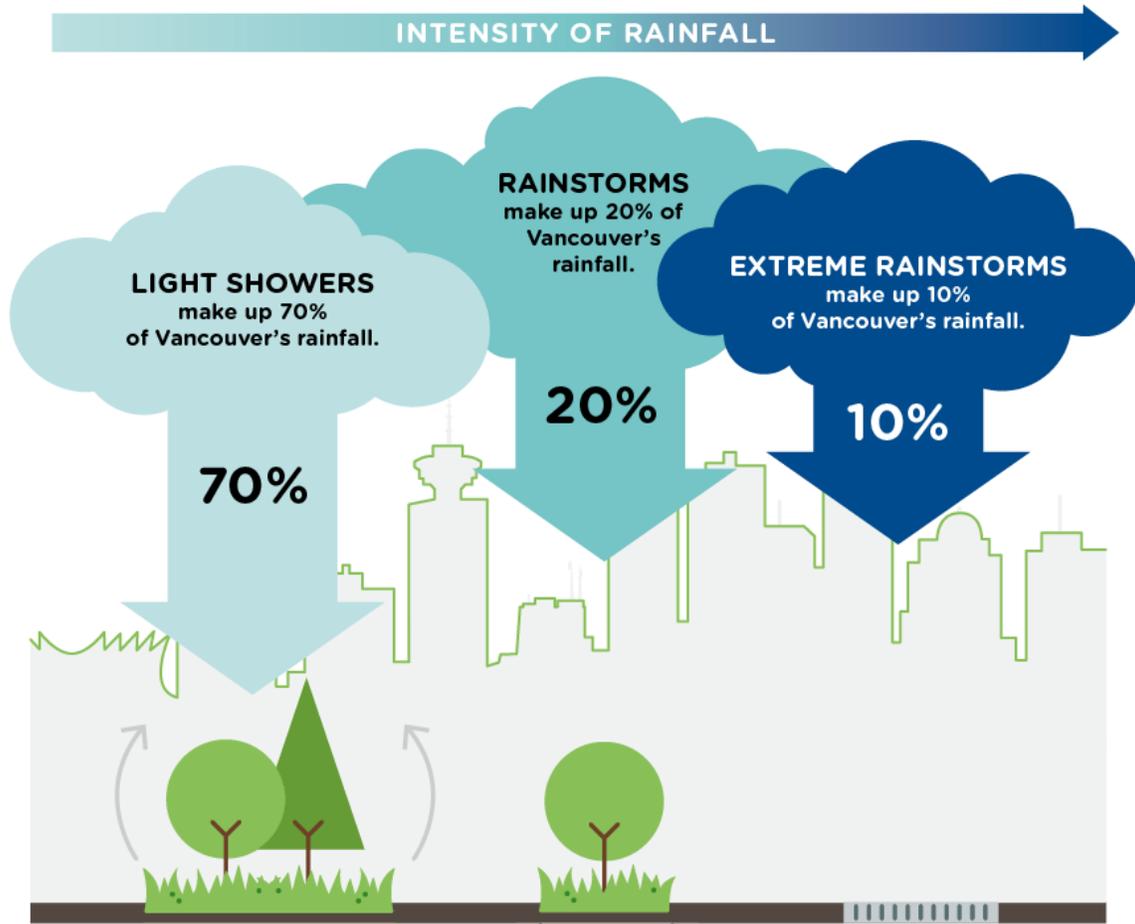


Figure 37 : Régimes de pluies de Vancouver.
Source : ville de Vancouver, 2019b

7.2.4 Impacts des changements climatiques et du ruissellement

En raison des changements climatiques, Vancouver doit se préparer à la possibilité d'une hausse du niveau de la mer et à des tempêtes de pluie plus violentes, ce qui augmente le risque de submersion côtière, d'inondations terrestres et ainsi déclencher plus de DÉU. La majorité de la pluie de Vancouver survient à l'automne et à l'hiver; habituellement, l'été est tempéré et sec. Ces différences dans les régimes de pluie saisonniers risquent de s'accroître proportionnellement aux changements climatiques (**Tableau 15**).

Tableau 15 : Total de précipitations passées et projetées au fil des saisons et des années pour la région métropolitaine de Vancouver (23 municipalités, y compris Vancouver)

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

| Saison | Pluie moyenne (mm) | Années 2050 | | | Années 2080 | | |
|-----------|--------------------|---------------------|--|---------|---------------------|--|----------|
| | | Pluie projetée (mm) | Changement comparativement à 1971–2000 (%) | | Pluie projetée (mm) | Changement comparativement à 1971–2000 (%) | |
| | | | Moyenne* | Portée | | Moyenne* | Portée |
| Automne | 580 | 642 | 11 | –1 à 24 | 693 | 20 | 10 à 38 |
| Hiver | 683 | 714 | 5 | –3 à 12 | 780 | 14 | 2 à 27 |
| Printemps | 400 | 430 | 8 | –4 à 15 | 447 | 12 | 3 à 25 |
| Été | 206 | 168 | 19 | –41 à 1 | 147 | 29 | –53 à –6 |
| Annuel | 1 869 | 1 953 | 5 | –1 à 9 | 2 068 | 11 | 2 à 17 |

Abréviation : mm, millimètre.

* Pluie moyenne selon la pluie documentée de 1971 à 2000.

Source : Metro Vancouver, 2016

Les modèles de changements climatiques prédisent également plus de jours secs consécutifs en été à Vancouver. Cette situation combinée à un effet d'îlot thermique urbain aura une incidence sur la vie humaine, la consommation d'eau et la santé des systèmes naturels. La chaleur est un facteur de stress pour plusieurs arbres et plantes et pour la faune, y compris les poissons et d'autres espèces aquatiques.

En 2019, la ville de Vancouver a déclaré une urgence climatique afin d'atténuer plus rapidement les changements climatiques et d'adapter les mesures, et a approuvé le rapport *Climate Emergency Response*. Selon la ville, l'atténuation des changements climatiques prend la forme de tentatives continues de les prévenir par le biais de réductions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. L'adaptation climatique, quant à elle, fait référence aux mesures prises pour réagir aux impacts des changements climatiques par le fait de tirer profit des occasions ou de réduire les risques connexes (ville de Vancouver, 2019a).

Il est possible d'utiliser l'IVEP pour atténuer les changements climatiques et s'y adapter. Les arbres et autres végétations de même que le sol lui-même peuvent réduire les émissions de gaz à effet de serre en captant le dioxyde de carbone. Les **toits verts** et bleus réduisent l'énergie nécessaire pour réchauffer ou rafraîchir les immeubles, car ils les isolent et réduisent les émissions de gaz à effet de serre.

Toit vert : une fine couche de végétation et de milieu de culture installée sur un toit plat ou en angle conventionnel afin de capturer et de traiter les eaux de ruissellement. On parle également de toits vivants ou de terrasses-jardins.

L'IVEP est construit à la surface, ce qui en simplifie l'agrandissement ou la modification pour accueillir des volumes plus importants de pluie, par exemple. Habituellement, l'infrastructure grise est enterrée profondément; il est donc dispendieux et peu pratique de la sortir pour la remplacer.

Si le rapport *Climate Emergency Response* se concentre principalement sur la réduction des émissions de carbone, certains résultats aideront à consolider et à élargir les travaux de Vancouver pour l'IVEP.

7.2.5 Sources d'eau potable

La fonte de la couverture de neige et les précipitations recueillies dans les réservoirs autour de Vancouver constituent les principales sources d'eau potable de la ville. Des hivers plus doux attendus se traduiront par une couverture de neige plus mince à écouler dans le bassin versant d'eau potable et une plus faible recharge des réservoirs au printemps et en été. En même temps, la demande d'eau potable augmente, car la population est de plus en plus nombreuse.

Les efforts de conservation de l'eau peuvent contrebalancer une partie de la demande et le fait d'accorder une nouvelle fonction de l'eau de plus pour des utilisations relatives à l'eau potable peut alléger la pression sur l'approvisionnement en eau potable.

L'IVEP offre plusieurs avantages, outre la gestion de l'eau de pluie. Sa mise en œuvre à grande échelle aidera à rafraîchir l'environnement urbain, à réduire l'utilisation d'eau potable, à atténuer le risque d'inondation et à créer des sources d'eau non potable afin de suppléer à l'eau potable municipale – autant de moyens intelligents d'assurer la protection des ressources d'eau de Vancouver des besoins environnementaux et humains.

Le rapport *Climate Emergency Response* fait également référence aux mesures qui rendent les villes plus faciles à parcourir à pied, qui accroissent l'utilisation sécuritaire et pratique du transport actif et du transport en commun et qui, d'ici 2030, font en sorte que 50 pour cent des kilomètres parcourus le seront par des véhicules à émission zéro. Ces mesures aideront à réduire la pollution par le carbone dans le paysage urbain et amélioreront la qualité du ruissellement d'eau de pluie sur ces surfaces. La combinaison des efforts de divers projets gris et verts et de réactions à l'urgence climatique peut produire de nombreux avantages connexes pour Vancouver.



Des études environnementales du bassin hydrographique élargi autour de Vancouver, comprenant d'autres parties de la Colombie-Britannique et de l'État de Washington, démontrent l'effet néfaste de l'eau de pluie sur les espèces aquatiques. Les scientifiques ont découvert que le saumon coho est devenu malade après avoir été exposé à de l'eau de pluie polluée pendant seulement deux heures et demie (*The Seattle Times*, 2016); celui exposé pendant plus d'une journée est mort. Une des solutions les plus faciles à ce problème est de réduire la quantité de ruissellement d'eau de pluie dans le système d'égout et de drainage et de recueillir puis de traiter le ruissellement par le biais de diverses techniques d'IVEP.

Figure 38 : Polluants sur surfaces dures dans des régions urbaines. L'eau de pluie nettoie les polluants comme l'huile et la graisse, ainsi que des nutriments, des surfaces dures vers le système d'égout. Cette eau de pluie est ensuite conduite directement dans les cours d'eau locaux et, finalement, dans l'océan, ce qui mène à des enjeux de qualité de l'eau.

Source : la ville de Vancouver

Il faut modifier toutes les pressions appliquées sur le système actuel. Vancouver a choisi de fonctionner avec des cibles fondées sur le rendement afin que le changement soit mesurable. Elles permettent à la ville d'intégrer l'IVEP aux actifs d'égout et d'écoulement, non seulement comme un ajout, mais comme un élément important de l'infrastructure qui offre un service à la collectivité. Le fait de combiner les mises à niveau et les mises en œuvre de l'infrastructure verte et grise offrira la meilleure valeur en fonction des buts et des cibles.

7.3 Définition d'objectifs

7.3.1 Caractéristiques principales de la stratégie municipale pour la pluie

Pour aborder les défis décrits, la stratégie municipale pour la pluie définit des cibles, des mesures et des buts clairs pour la gestion de l'eau de pluie et sa réutilisation à Vancouver en plus d'offrir un cadre de travail pour les programmes, des échéances et des projets pour satisfaire à ces exigences. La stratégie constitue une carte à long terme ayant pour objectif de faire progresser la gestion de l'eau de pluie.

L'approche d'eau unique pour les ressources aquatiques est plus intégrée que les stratégies précédentes. Elle sera holistique dans sa mise à niveau des services d'égout et d'évacuation, sa protection de la qualité de l'eau et son soutien à la résilience à l'habitabilité améliorée.

L'intégration des solutions d'IVEP à l'utilisation du terrain, aux mises à niveau d'infrastructure, aux plans communautaires et aux conceptions urbaines aide les services municipaux à partager la responsabilité de la gestion de l'eau de pluie avec les propriétés privées et publiques en raison des liens entre l'eau, les parcs, les espaces publics, les terrains privés et l'infrastructure. Grâce à ces objectifs, une stratégie globale assure une approche systématique à la mise en application d'IVEP tout en réalisant des économies de coûts et de processus.

7.3.2 Coûts relatifs aux diverses solutions pour l'eau de pluie

Vancouver perçoit l'IVEP comme un outil efficace pour recueillir, traiter et infiltrer l'eau de pluie où elle tombe. Il en pénètre donc moins dans les systèmes d'égout et d'écoulement et, par conséquent, la capacité de ces derniers est préservée, ce qui réduit la probabilité de DÉU (voir la **Figure 36**).

Les approches d'infrastructure grise et verte combinée se sont avérées rentables à New York, à Portland et à Philadelphie.

Les outils d'IVEP sont de trois à six fois plus rentables pour la gestion de l'eau de pluie par tranche de 1 000 \$ investie que l'infrastructure grise. Chaque acre entièrement végétalisé offre environ 8 000 \$ de réduction de la demande énergétique; 160 \$ en émissions réduites de dioxyde de carbone; 1 000 \$ en qualité de l'air améliorée et 4 725 \$ en valeur améliorée de la propriété annuellement. La mise en œuvre d'IVEP permet également d'économiser en coûts de soins de

santé, de reprise après catastrophe, d'adaptation au climat et d'utilisation énergétique dans les bâtiments.

7.3.3 Principes directeurs pour transformer Vancouver en ville sensible à l'eau

Le personnel de la ville, les résidents, les propriétaires fonciers, les commerces et d'autres organisations collaboreront pour transformer Vancouver en une ville sensible à l'eau. La stratégie municipale pour la pluie aborde les enjeux de qualité de l'eau et rend les quartiers plus habitables grâce à des projets d'aménagement, de réaménagement et de mise aux normes sur des propriétés publiques et privées. Ceci contribuera à créer une économie forte, des quartiers équitables et vivants et une ville qui satisfait aux besoins des générations futures.

La stratégie municipale pour la pluie définit certains principes directeurs pour que Vancouver devienne une ville sensible à l'eau :

- Concevoir la ville comme un **bassin hydrographique**.
- Concevoir la ville et l'infrastructure pour qu'elles offrent des services d'écosystème.
- Concevoir la ville sous l'angle de la résilience, de l'adaptabilité et de la flexibilité en lien avec l'eau.
- Concevoir la ville de manière à favoriser l'action collaborative et des comportements judicieux en ce qui a trait à l'eau.
- Concevoir la ville afin qu'elle soutienne un avenir d'eau équitable. (ville de Vancouver, 2019b)

Bassin hydrographique : en **hydrologie**, il s'agit d'un territoire qui draine la pluie vers un point unique. L'eau quitte le bassin hydrographique à cet endroit. Si un territoire draine l'eau vers un tuyau ou une sortie unique, il peut être défini comme un bassin hydrographique. Les **sous-bassins hydrographiques** sont des bassins hydrographiques au sein d'autres, plus gros. Les chercheurs utilisent ces termes itérativement, selon l'échelle à laquelle ils travaillent. Dans les zones urbaines, les bassins et sous-bassins hydrographiques font habituellement référence au système d'égout pluvial municipal. À la plus petite échelle, même les petites dépressions de surfaces (des flaques, en fait) peuvent constituer des sous-bassins hydrographiques.

7.3.4 Vision et buts

La stratégie municipale pour la pluie souhaite que Vancouver valorise l'eau de pluie pour ses collectivités et ses écosystèmes naturels. Elle compte trois buts principaux :

- Améliorer et protéger la qualité de l'eau.

- Accroître la résilience par la gestion durable de l'eau.
- Augmenter l'habitabilité par le biais de l'amélioration des écosystèmes urbains et naturels. (ville de Vancouver, 2019b)

Six objectifs soutiennent la vision et les buts de la stratégie municipale pour la pluie :

- Supprimer les polluants de l'eau et de l'air.
- Agrandir la région imperméable gérée.
- Réduire le volume d'eau de pluie qui pénètre dans le système de canalisation.
- Recueillir et réutiliser l'eau.
- Atténuer l'effet d'îlot thermique urbain.
- Augmenter l'espace vert total. (ville de Vancouver, 2019b)

7.3.5 Cibles

Vancouver s'est dotée d'une cible ambitieuse : recueillir et traiter 90 pour cent de l'eau de pluie annuelle à l'échelle de la ville. La stratégie municipale pour la pluie cible 40 pour cent des surfaces imperméables de toute la ville d'ici 2050. Une norme de conception mise à jour pour l'IVEP afin qu'elle recueille et nettoie 80 mm de pluie par jour a été adoptée. Elle s'applique chaque fois que les objectifs de gestion de l'eau de pluie font partie d'un projet et elle s'applique immédiatement à tous les espaces publics ainsi qu'aux immeubles municipaux. La stratégie souhaite allonger la norme de conception pour recueillir et nettoyer la pluie de 48 mm pour l'aménagement privé d'ici 2022. Vancouver projette d'aborder cette cible et d'agir en tant qu'adoptant hâtif par la mise en œuvre d'IVEP dans les espaces publics, les rues, les parcs et les installations municipales. Au fur et à mesure que cette cible deviendra la norme, il sera de plus en plus facile de travailler avec les partenaires pour encourager la mise en œuvre d'IVEP sur les propriétés privées.

Vancouver a étudié quatre scénarios différents afin de comprendre dans quelle proportion il est possible de gérer la surface imperméable. Chaque scénario devait tenir compte du fait que 49 pour cent de la ville de Vancouver est imperméable et que toutes les surfaces imperméables ne sont pas reliées à un système d'égout ou d'écoulement.

Le personnel municipal a regardé divers facteurs pour définir des cibles possibles à atteindre, bénéfiques et réalisables. En plus d'examiner les données historiques relatives au climat et à l'eau, le personnel a passé en revue les politiques et les normes techniques issues de diverses régions nord-américaines. Plusieurs tendent à recueillir et à nettoyer 90 pour cent de leur eau de

pluie, ce qui a aidé le personnel municipal de Vancouver à établir le bien-fondé pour la cible de 90 pour cent ou de 48 mm de pluie.

Pour atteindre cette cible à l'échelle de la ville de gérer l'eau de pluie de 40 pour cent des surfaces imperméables d'ici 2050, Vancouver exigera que tout projet de réaménagement ou de renouvellement de l'infrastructure d'espaces publics, de parcs et de sites privés incluent l'IVEP (**Figure 39**). Il faudra également réaliser une mise aux normes d'IVEP dans toute la ville.

Pour s'adapter aux changements climatiques et améliorer la qualité de l'eau, il faudra un partenariat public-privé solide. Les terres publiques pour gérer l'eau de pluie et atteindre toutes les cibles sont limitées dans ce centre urbain dense. Actuellement, une propriété privée doit gérer l'eau de pluie conformément au Rainwater Management Bulletin. Vancouver examinera des mécanismes, comme des changements de politique ou des mises à jour de bulletin, pour satisfaire à la norme de cueillette-nettoyage de 48 mm d'ici 2022.

Vancouver continue d'étudier d'autres options pour élaborer des politiques et faire en sorte que les cibles sont atteintes pour toutes les utilisations de terrain de manière durable, et ce, tant sur le plan environnemental que financier.

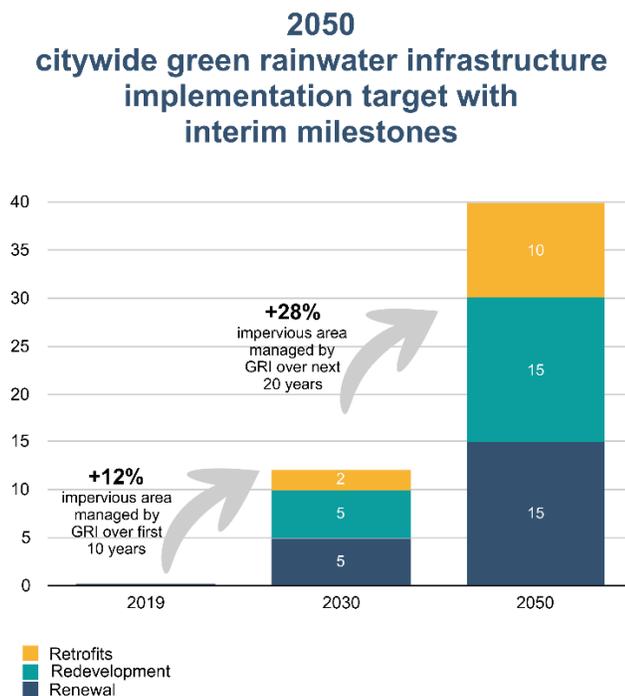


Figure 39 : Mise en œuvre à l'échelle de la ville d'une infrastructure verte d'eau de pluie (IVEP).

Abréviation : IVEP (GRI), infrastructure verte d'eau de pluie.

Source : ville de Vancouver, 2019b

Ces cibles aideront à améliorer et à protéger la qualité de l'eau à Vancouver et dans ses environs. L'infrastructure en place gagnera en résilience au fur et à mesure que l'IVEP allégera la pression sur le système de canalisation. Il sera également possible, alors, d'améliorer l'habitabilité de la ville en améliorant les écosystèmes naturels et urbains.

7.3.6 Directives et plans d'action

Neuf directives transformatrices ont été préparées pour aider à la mise en œuvre de la stratégie municipale pour l'eau :

1. S'efforcer de devenir une ville sensible à l'eau qui intègre eau, collectivité, utilisation des terres, conception urbaine et planification de l'infrastructure.
2. Réagir de manière urgente aux changements climatiques et utiliser l'IVEP pour faire progresser l'atténuation, l'adaptation et la résilience de l'eau.
3. Accélérer la protection de la santé et de la vitalité des plans d'eau environnants par l'élaboration d'un plan d'eau propre pour hâter l'atténuation des polluants déversés dans les eaux locales.
4. Revitaliser 19 bassins hydrographiques urbains afin de permettre aux collectivités et aux systèmes naturels d'être florissants de santé.
5. Façonner les systèmes afin qu'ils intègrent et valorisent l'eau par la préparation d'un cadre de travail de planification intégrée eau-service.
6. Explorer l'approche intersectionnelle, l'équité et la réconciliation avec les Autochtones par le biais de la gestion de l'eau urbaine en tissant des liens et en partageant une compréhension commune des histoires et des valeurs.
7. Stimuler l'innovation et l'efficacité du système par l'entremise de la collecte de données et des analyses pour notre collectivité, notre terre et nos systèmes hydrologiques.
8. Permettre une culture de mise en œuvre d'IVEP collaborative en favorisant des structures, des processus et des pratiques de gouvernance.
9. Investir dans l'éducation, le renforcement des capacités et les partenariats afin de mobiliser l'action de la collectivité, de l'industrie, du monde universitaire et du secteur sans but lucratif, entre autres.

Trois plans d'action détaillés ont été rédigés. Ils mettent l'accent sur les rues et les espaces publics; les immeubles et les sites; les parcs et les plages. Ils font en sorte que chaque utilisation de terrain dispose d'une mise en œuvre pertinente et de programmes et de renseignements

habilitants pour guider la mise en place d'IVEP. Des plans d'action clairs aident à une mise en œuvre à grande échelle et offrent une direction professionnelle à divers domaines.

Des fonds de démarrage seront alloués pour ces programmes de plan d'action par le biais du plan d'investissement existant et de budgets fonctionnels jusqu'en 2022. Ces programmes comprennent la gestion de l'actif, la recherche et l'innovation, l'éducation et la formation ainsi que le suivi afin que le personnel municipal et leurs partenaires disposent d'information d'actualité quant aux méthodologies et pour que les qualités d'IVEP fonctionnent comme prévu à long terme.

7.4 Élaborer une stratégie rentable pour l'infrastructure verte d'eau de pluie

Vancouver a effectué une recherche exhaustive sur les conclusions que d'autres villes nord-américaines ont tirées des approches d'IVEP grises et vertes à grande échelle pour la gestion de l'eau de pluie. La ville travaille à la réalisation d'une analyse des coûts détaillée, car l'information financière doit demeurer d'actualité et refléter précisément la mise en œuvre à grande échelle.

Un investissement en IVEP fait bien plus que de s'occuper de la gestion de l'eau de pluie. Habituellement, l'infrastructure grise assure des fonctions peu nombreuses et très précises en lien avec le transport de l'eau de pluie et des eaux usées, notamment protéger la santé publique et les propriétés des inondations. L'IVEP gère et filtre l'eau de pluie et offre des caractéristiques en matière de paysagement, en plus d'avantages de nature sociale, environnementale et économique.

D'autres municipalités ont démontré qu'une combinaison d'infrastructure grise et d'IVEP permet de réduire les coûts généraux pour le système, permet le partage des responsabilités, des coûts et des risques entre les secteurs privé et public et améliore les services d'égout et d'écoulement (**Figure 40**), entre autres avantages.

Vancouver a comparé les programmes d'autres villes et a conclu qu'en plus d'atteindre les buts en matière de qualité et de quantité d'eau, des investissements ambitieux et soutenus dans l'IVEP offrent plusieurs avantages, notamment en matière de développement économique, d'accessibilité à l'emploi, d'économies énergétiques et financières pour le chauffage et la climatisation des édifices et pour les soins de santé.

7.4.1 Collaboration avec le secteur privé

La ville de Vancouver, en collaboration étroite avec le secteur privé, cherchera à parfaire ses politiques et réglementations actuelles en ce qui a trait à la gestion de l'eau de pluie et à mettre en œuvre de nouvelles réglementations pour les propriétés privées. Le but est d'adopter graduellement la norme de conception de 48 mm d'ici 2022.

La promotion, l'éducation, les partenariats et la collaboration soutiendront les mesures à prendre sur les propriétés privées et les mettront en œuvre.

Le fait d'entreprendre une analyse exhaustive et détaillée des coûts relatifs au cycle de vie total, des avantages, de la possibilité d'éviter des coûts, d'atténuation du risque et de la conformité possible aux réglementations constituera une partie importante des travaux. Il existe plusieurs types de solutions d'IVEP. L'étude de combinaison optimale d'IVEP avec l'infrastructure grise pour répondre aux besoins en matière d'entretien, de DÉU, de qualité de l'eau et d'adaptation aux changements climatiques est chose complexe. Les travaux sont en cours pour découvrir les investissements en infrastructure grise et verte les plus rentables.

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

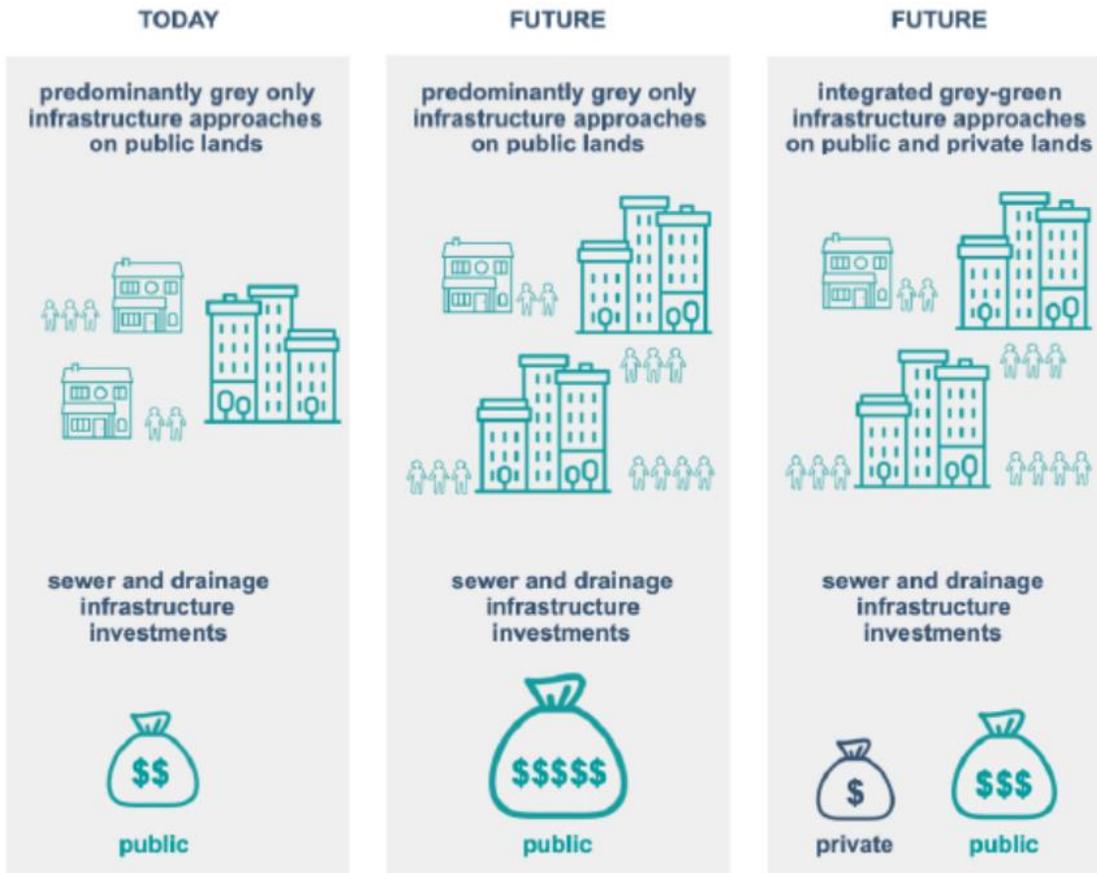


Figure 40 : Conséquences financières de la mise en œuvre de l'infrastructure verte d'eau de pluie.
Source : ville de Vancouver, 2019b

7.4.2 Mise à niveau de l'infrastructure et recours à l'infrastructure verte d'eau de pluie dans le cadre d'une approche grise-verte

Il y a plus de 240 actifs d'IVEP à l'échelle de Vancouver (**Figure 41**). Plus on mettra en œuvre leurs caractéristiques, plus on recueillera, filtrera l'eau de pluie et plus on l'infiltrera dans le sol ou l'évapotranspirera dans l'atmosphère, ce qui aura pour résultat de réduire la quantité de ruissellement d'eau de pluie polluée qui pénètre dans le système d'égout et d'écoulement.

Mettre à jour les normes de conception, afin de recueillir et de nettoyer 48 mm de pluie et de mettre en place la cible pour toute la ville de gérer 40 pour cent des régions imperméables d'ici 2050, a des conséquences financières pour les sites privés et publics. Tous les coûts ne seront pas nouveaux, mais plutôt le fruit d'un partage de responsabilités alors que les promoteurs paient pour les mises à niveau de services lorsque la densité augmente. Par exemple, plusieurs nouveaux aménagements à Vancouver ont besoin de mises à niveau importantes en ce qui a trait à l'infrastructure de l'eau, des égouts et de l'écoulement afin de

fournir les services à une population de plus en plus dense sur ce terrain. Dans certains cas, ces améliorations peuvent se chiffrer en millions ou en centaines de millions de dollars.

Une meilleure gestion de l'eau de pluie sur place par le biais de pratiques d'IVEP et des services conçus adéquatement pour composer avec le débit excédentaire et les événements extrêmes constituera une approche rentable afin de réduire la taille et les coûts relatifs aux mises à niveau majeures de système d'égout et d'écoulement. Il est attendu qu'une approche d'infrastructure intégrée grise et verte transformera, voire pourra réduire les coûts de service globaux pour les nouveaux aménagements comparativement à une approche fondée uniquement sur l'infrastructure grise.

Au fur et à mesure que la conception et la mise en œuvre d'IVEP progressent à Vancouver et que les promoteurs se familiarisent avec la conception, la mise en place et la gestion du cycle de vie de l'IVEP, les mesures qui s'y rattachent deviendront plus rentables et constitueront la norme. Une approche parallèle a été réalisée avec les pratiques de construction écologiques. La certification argent de *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*, par exemple, était perçue comme dispendieuse par plusieurs promoteurs; puis, elle est devenue monnaie courante lorsque le marché a évolué à l'échelle de la chaîne de valeur.

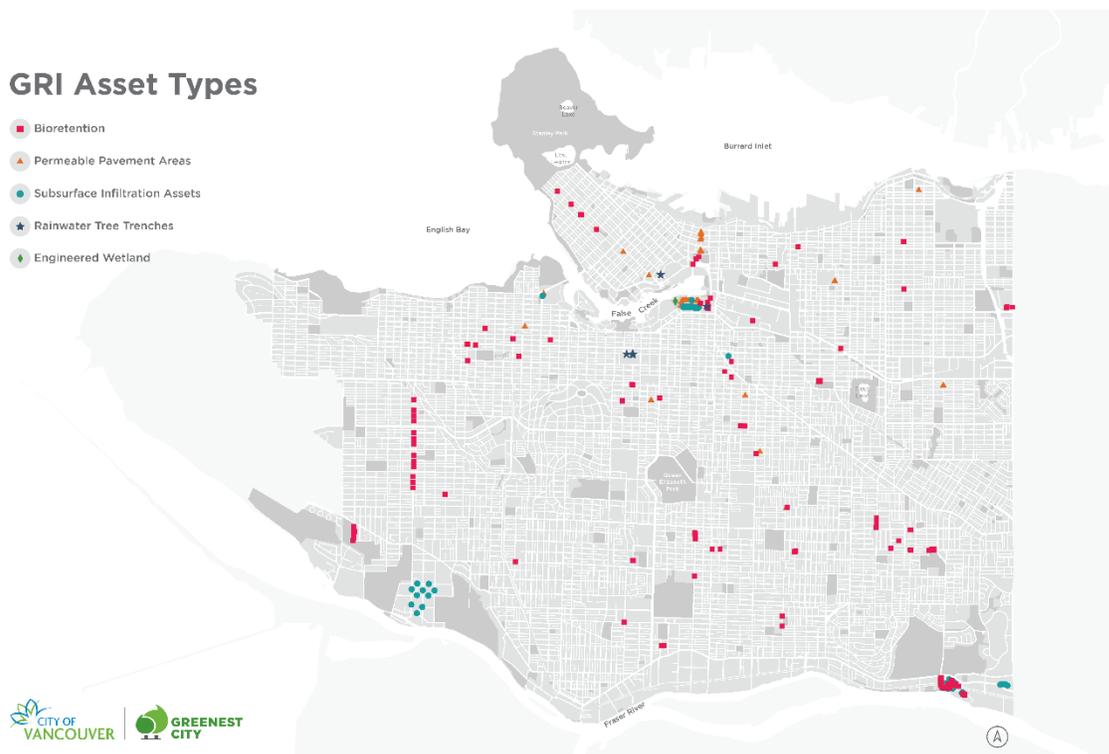


Figure 41 : Actifs actuels d'infrastructure verte d'eau de pluie dans toute la ville de Vancouver.

Abréviation : IVEP (GRI), infrastructure verte d'eau de pluie.

Source : ville de Vancouver, 2019b

7.4.3 Budget d'immobilisation et de fonctionnement d'infrastructure d'eau de pluie de Vancouver et sources de financement

L'obtention de financement pour la mise en œuvre, l'exploitation et l'entretien d'IVEP constitue souvent un défi en raison des demandes concurrentes dans le budget municipal. Les budgets peuvent changer, d'année en année, et des crises comme la pandémie de COVID-19 peuvent avoir un impact important. Toutefois, il est essentiel de décider des fonds et de leur allocation à l'IVEP afin de soutenir la stratégie municipale pour la pluie.

Avant la pandémie de COVID-19, le conseil municipal de Vancouver a approuvé le plan d'investissement de 2019 à 2022, pour un total de 2,8 milliards \$ (**Figure 42** et **Figure 43**). De cette somme, 616 millions \$ sont alloués à l'eau unique, laquelle comprend l'eau, les égouts et l'écoulement. De ces 616 millions \$, 529 millions \$ serviront à l'entretien et au renouvellement des actifs vieillissants (eau, égouts, écoulement, IVEP) et 87 millions \$ à l'ajout de nouveaux ou à leur mise à niveau (ville de Vancouver, 2018b).

Vancouver devait prendre en considération ces principes directeurs au moment d'allouer le budget d'investissement :

- Unifier la planification et la gestion de l'eau potable, de l'eau souterraine, de l'eau de surface, de l'eau de pluie et des eaux usées.
- Faire en sorte que les actifs existants sont bien gérés et solides pour soutenir la résilience.
- Mettre en œuvre des politiques pour gérer l'eau, sous toutes ses formes, afin de maximiser les investissements pour atteindre les objectifs de la ville à long terme.

Du budget d'IVEP de 62 millions \$:

- 1 million \$ a été alloué au renouvellement et à l'actualisation des caractéristiques de l'infrastructure verte afin qu'elle reste en bon état de fonctionnement;
- 53 millions \$ ont été alloués à la planification, à la conception et à la construction de nouvelles caractéristiques d'IVEP partout à Vancouver;
- 7 millions \$ ont été alloués à la planification du système gris-vert et du bassin hydrographique à l'échelle de la ville;
- 1 million \$ a été alloué au suivi de la qualité de l'eau et de l'IVEP (ville de Vancouver, 2018b).

Il y a fort à parier que les pressions budgétaires récentes imposées par l'impact économique de la pandémie de COVID-19 auront une incidence sur le revenu en appui à ces travaux; on s'attend à une réduction des dépenses. Les chiffres exacts révisés n'ont pas encore été confirmés.

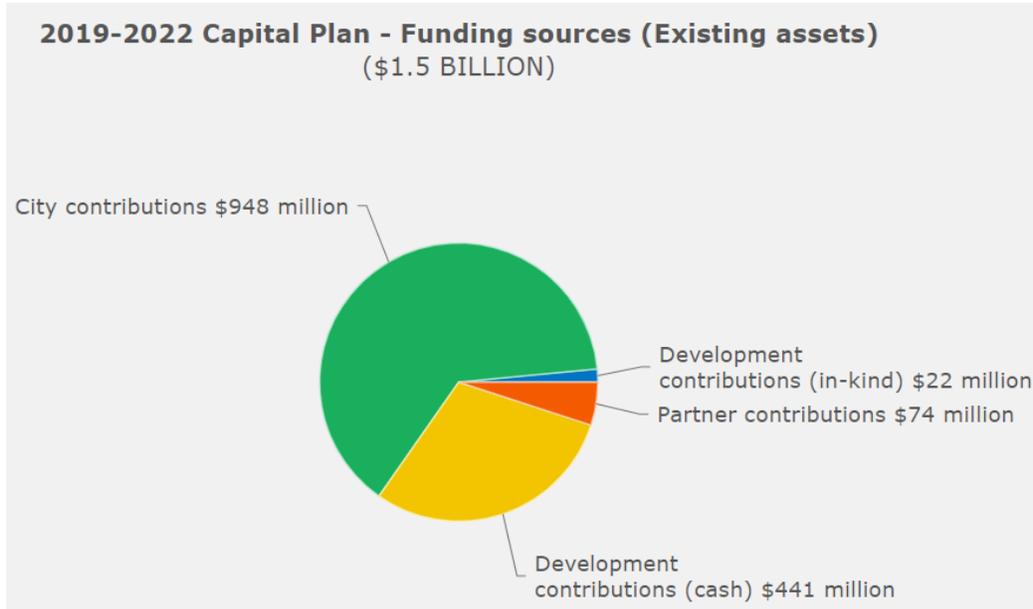


Figure 42 : Sources de financement dédié aux actifs actuels, de 2019 à 2022.
Source : ville de Vancouver, 2018b

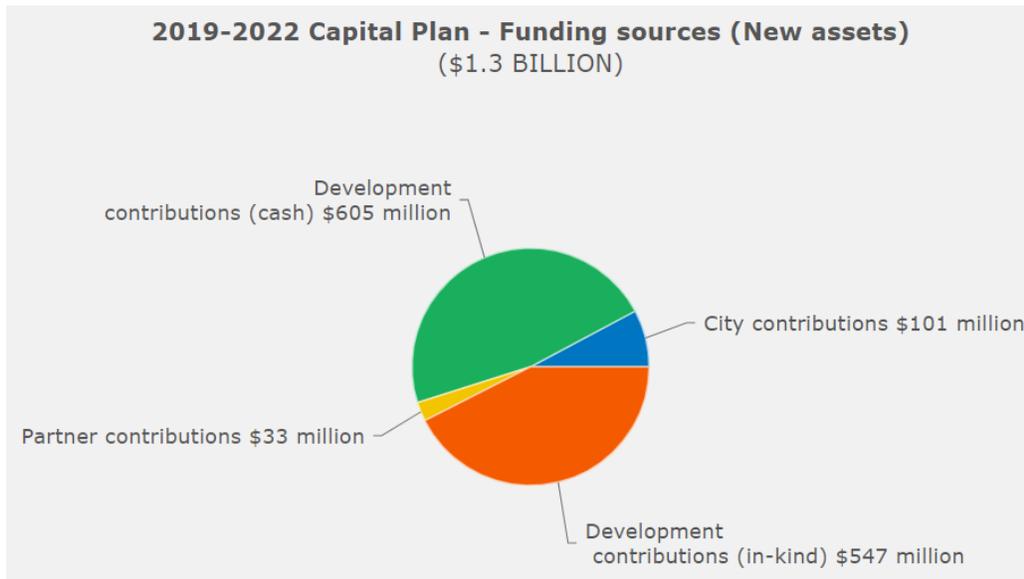


Figure 43 : Sources de financement dédié aux nouveaux actifs, de 2019 à 2022.
Source : ville de Vancouver, 2018b

Le financement pour l'entretien et le renouvellement de l'infrastructure existante et des attraits provient principalement de contributions municipales, notamment les taxes foncières, les revenus de stationnement et d'autres fonds d'exploitation.

Le financement pour l'infrastructure nouvelle, agrandie et mise à niveau provient principalement de contributions relativement à l'aménagement par le biais :

- de droits d'aménagement et de droits d'aménagement de service;
- de contributions pour commodités communautaires;
- de frais de connexion.

En 2017, Vancouver incluait l'infrastructure de l'eau, des égouts et de l'écoulement parmi les services admissibles aux droits d'aménagement. En juillet 2018, le conseil municipal de Vancouver a préparé de nouveaux droits d'aménagement de service afin de payer pour les mises à niveau de cette infrastructure, y compris l'IVEP. Désormais, les droits d'aménagement précédents ne couvrent plus les systèmes d'eau, d'égout et d'écoulement, mais ils financent l'habitation, les parcs, les services aux enfants et les coûts relatifs au transport.

À ce jour, la plus grande partie des fonds d'IVEP proviennent des nouveaux droits d'aménagement de service. La ville continue d'examiner le plan d'investissement afin d'analyser les changements économiques et financiers. Dans celui de 2022, 62 millions \$ ont été dédiés à l'IVEP. Seulement 7,4 millions \$ proviendront de la ville (p. ex., taxes foncières, frais de service, revenus de stationnement) tandis que 54,6 millions \$ proviendront des droits d'aménagement de service.

Ces derniers assurent à la ville un soutien financier pour soutenir et entretenir les actifs actuels ainsi que la nouvelle infrastructure (y compris l'IVEP) modifiée et mise à niveau selon les besoins d'aménagement. Le fait que le secteur privé avance les fonds aide à alléger les coûts pour la ville et permet à l'infrastructure de fonctionner et de fournir les services nécessaires. En raison des changements économiques et en matière d'aménagement, la quantité de financement provenant des droits d'aménagement de service peut changer, ce qui complique l'exercice de prévoir le montant exact du soutien financier.

7.5 Utiliser la stratégie

7.5.1 Gestion intégrée de l'eau dans le corridor Cambie

Le corridor Cambie (**Figure 44**) offre un transport durable et des connexions avec divers quartiers (puisque'il constitue l'un des principaux trajets nord-sud à travers le centre de Vancouver et le trajet principal pour le Canada Line SkyTrain, construit pour les Jeux olympiques d'hiver de 2010). Depuis l'ouverture de ce dernier, l'aménagement résidentiel et la transformation urbaine le long de la rue Cambie et dans les quartiers avoisinants se sont avérés ardu.

Vancouver cherche à consolider les connexions actuelles et à y ajouter certains des quartiers et des artères avoisinants pour créer un système plus complet de quartiers; ce faisant, le logement est plus diversifié et abordable et permet d'offrir de nouveaux emplois et services communautaires ainsi qu'un nouveau centre municipal.



Figure 44 : Région étudiée pour le corridor Cambie.

Source : ville de Vancouver, 2018a

Le projet du corridor Cambie réaménagera environ 10 pour cent de la ville de Vancouver. Ce sera le moment opportun pour mettre en place des techniques progressives de planification intégrée et pour travailler avec les parties prenantes des secteurs privé et public pour mettre à niveau et remplacer l'infrastructure existante.

La stratégie municipale pour la pluie a été élaborée en même temps que l'étude pour le corridor Cambie. Parce que ce dernier projet mettait l'accent sur le réaménagement, il fallait prendre en considération l'emplacement des services et l'infrastructure actuelle : certains seraient remplacés; d'autres, modifiés avec des caractéristiques d'IVEP. La stratégie municipale pour la pluie constituera la référence clé en matière de conception et de planification pour le réaménagement du corridor, car il faudra atteindre les cibles et les buts en matière de gestion de l'eau de pluie.

La ville de Vancouver a retenu les services d'une équipe de conseillers pour entreprendre l'analyse des options pour le corridor Cambie. Une analyse coût-bénéfice des options à prendre en considération suivra. L'analyse des options portera à la fois sur les terrains privés et publics ainsi que sur l'élaboration de politiques et la planification de projet. Ce projet se concentrera principalement sur les occasions à l'échelle du district et du quartier pour une meilleure gestion de l'eau. Ces occasions pourront comprendre la mise en place de systèmes de réutilisation de l'eau non potable et des projets d'IVEP de plus grande envergure. Cette approche d'eau unique aidera à maximiser les solutions de services en matière d'eau (ville de Vancouver, 2020).

La région à l'étude pour le corridor Cambie compte environ 100 km de canalisation d'égout principale. Les égouts combinés en constituent 60 pour cent et transportent les eaux usées ainsi que l'eau de pluie. Ce corridor est si large que l'IVEP sera grandement mise en application dans toutes les régions d'utilisation du sol, tant sur les propriétés publiques que privées, afin de détourner le plus possible l'eau de pluie du système d'écoulement municipal. L'eau de pluie sera gérée et s'infiltrera là où elle tombe ou servira de ressource non potable. Le fardeau du système municipal et des DÉU s'en trouvera allégé.

Un projet de mise aux normes et de réaménagement de cette amplitude constitue une occasion en or de tirer profit d'économies d'échelle et de concevoir, de construire et de mettre en place une IVEP sur les propriétés privées et publiques. Il est essentiel de créer des partenariats public-

privé pour assurer la réussite de tels projets d'envergure. Investir dans l'IVEP en tant que partenaires s'avérera un complément rentable aux systèmes d'infrastructure grise existants.

Les nombreux avantages connexes qui en découlent amélioreront le couvert forestier et l'embellissement; rendront les espaces publics plus attrayants; participeront à la conservation de l'eau; réduiront l'effet d'îlot thermique urbain et atténueront le risque d'inondation – autant d'éléments en lien avec les buts et les cibles de la stratégie municipale pour la pluie en plus d'alléger les problèmes relatifs aux DÉU. Dans les régions où il n'est pas possible de mettre à jour ou de modifier grandement l'infrastructure grise, l'installation supplémentaire d'IVEP aidera à soulager la pression des systèmes plus vieux.

Les cibles ambitieuses de la stratégie municipale pour la pluie jetteront les bases pour l'intégration d'une approche d'infrastructure grise-verte pour une solution rentable de gestion de l'eau de pluie. Il s'agit d'un plan de réaménagement à long terme. Des modèles **hydrauliques** et **hydrologiques** serviront à déterminer les cibles de gestion de l'eau de pluie afin de s'adapter à la densité croissante de la région, de réduire le nombre de DÉU et d'atténuer les effets des changements climatiques.

Hydrologie: l'étude de l'eau sur la surface de la Terre, sur ou sous le sol.
Hydraulique : l'étude du débit d'eau dans les tuyaux et les canaux, comme les rivières.

Par exemple, Vancouver cherche à mettre en place des systèmes à l'échelle des districts qui recueillent et retiennent l'eau de pluie à des fins non potables ou pour qu'elle soit libérée lentement dans le sol et s'y infiltre. Ces systèmes de **rétenion** et d'infiltration d'eau de pluie peuvent être placés là où l'espace est limité ou où le couvert imperméable est grand, notamment sous les routes, les allées et les espaces publics comme les parcs.

Rétenion : la capture d'eau de ruissellement pour la filtration, l'**infiltration** et l'**évapotranspiration**. L'eau de ruissellement retenue ne devient pas un ruissellement ni de l'écoulement fluvial (contrairement à l'eau de ruissellement retenue, voir **rétenion temporaire**). Le fait de retenir l'eau de ruissellement aide à restaurer un **équilibre hydrique** naturel.

7.6 Conclusion

La stratégie municipale pour la pluie comprend des buts, des cibles et des plans d'action élaborés dans le but d'être accessibles et efficaces. La mise en œuvre est plus facile lorsqu'elle

repose sur une organisation et une direction claires, car l'information est normalisée et adaptée. Grâce aux fonds affectés par le biais du plan d'investissement de la ville de Vancouver et les droits d'aménagement de service, les projets d'IVEP disposeront de ressources adéquates pour pouvoir être mis en œuvre et entretenus à long terme.

La région de réaménagement du corridor Cambie mettra en vedette l'approche d'eau unique à la mise en place d'IVEP à grande échelle. Ensuite, elle sera élargie à toute la ville afin de recueillir et de nettoyer 90 pour cent de l'eau de pluie de la ville et de soutenir l'objectif de Vancouver de devenir la ville la plus écologique au monde.

8.0 ÉTUDE DE CAS DE SOUTHDOWN

Principales conclusions

- Les systèmes communaux sur propriété privée sont beaucoup plus rentables que les installations centralisées de gestion des eaux de ruissellement sur propriété publique.
- Il en coûterait environ 208 300 \$ par hectare pour les mises aux normes d'IVER sur 50 ans et 377 000 \$ pour la même période pour les bassins de gestion des eaux de ruissellement en fin de canalisation.
- Les mises aux normes d'IVER sur propriété privée offrirait, d'ailleurs, une norme supérieure de gestion des eaux de ruissellement.
- La *Loi sur le drainage* de l'Ontario présente un processus pour la construction et l'entretien d'infrastructure de drainage commune sur propriété privée. Elle permet également le partage des coûts entre les propriétaires fonciers publics et privés et d'autres parties prenantes.

8.1 Historique

Comme plusieurs villes au Canada, la majorité de la région urbaine de Mississauga a été construite avant que des exigences en matière de qualité et de quantité des eaux de ruissellement et d'**équilibre hydrique** soient en place. Le district Southdown de Mississauga, un quartier industriel, commercial et institutionnel (IC&I) dans le sud de Mississauga (voir la **Figure 45** et la **Figure 46**) ne fait pas exception.

Équilibre hydrique : la comptabilisation du débit d'eau entrant (précipitation) et sortant dans un système selon les composants du **cycle hydrologique** (précipitation, **ruissellement**, **infiltration**, débit souterrain et **évapotranspiration**). Les précipitations sur les zones naturelles génèrent peu de ruissellement et de grandes quantités d'infiltration alors que lorsqu'elles se produisent sur des zones très imperméables (p. ex., zones urbaines), elles génèrent beaucoup de ruissellement et peu d'infiltration.

Certaines municipalités aux États-Unis, principalement la ville de Philadelphie, ont mis sur pied des programmes de mesures incitatives financières afin de motiver les propriétaires fonciers IC&I de participer aux mises aux normes volontaires de l'**infrastructure verte d'eaux de ruissellement (IVER)** par le biais de subventions uniques et de crédits annuels axés sur les eaux de ruissellement. Philadelphie a découvert que les propriétés IC&I, qui composent une portion appréciable de la région imperméable de la ville, présentent une occasion de mise aux normes d'IVER peu coûteuse dans le cadre plus global de son plan pour réduire les **débordements d'égout unitaire (DÉU)** de la ville (voir la **Section 8.3**).

Débordement d'égout unitaire (DÉU) : lorsque les **réseaux d'égout unitaire** débordent ou lorsque les usines de traitement des eaux usées détournent les flux entrants, les eaux usées non traitées sont déversées vers des eaux réceptrices.

Infrastructure verte d'eaux de ruissellement (IVER): également appelée aménagement à faible impact (AFI), l'infrastructure verte d'eaux de ruissellement est une stratégie de gestion d'eaux de ruissellement qui cherche à atténuer les conséquences de la pollution accrue du **ruissellement** et des eaux de ruissellement. Les pratiques d'IVER gèrent le ruissellement le plus près possible de la source afin de préserver ou de restaurer les fonctions **hydrologiques** et écologiques préalables à l'aménagement. Pour préserver les fonctions en place avant l'aménagement, l'IVER utilise un concept visant à minimiser le ruissellement et à protéger les tracés du réseau hydrographique. Pour les restaurer, elle utilise des pratiques structurelles distribuées pour filtrer, retenir, **infiltrer**, **évapotranspirer** et **recueillir les eaux de ruissellement**. Les pratiques d'IVER peuvent éliminer efficacement les sédiments, les nutriments, les pathogènes et les métaux du ruissellement ainsi que réduire le volume et l'intensité des débits d'eaux de ruissellement.

Cette étude de cas décrit les premiers résultats d'une étude de faisabilité technique et financière qui évalue la combinaison de plusieurs propriétés IC&I aux fins de mises aux normes d'IVER communes dans un contexte canadien. Credit Valley Conservation (CVC) a établi de bonnes relations de travail avec plusieurs propriétaires fonciers IC&I privés qui se trouvent dans la zone étudiée dans le cadre de projets précédents. Lorsque la ville de Mississauga a commencé à mettre à jour le plan de gestion environnementale et de service lié eaux de ruissellement du district de Southdown, en 2018, l'occasion était belle d'explorer le rapport coût-efficacité de procéder aux mises aux normes d'IVER sur propriété privée.

Cette étude de cas a pour objectif principal d'évaluer le rapport coût-efficacité de deux scénarios de conception pour satisfaire aux critères de gestion des eaux de ruissellement. Le premier porte sur les mises aux normes d'IVER sur propriété privée (**Section 8.4.3**); le second,

sur des mesures en fin de canalisation plus traditionnelles (bassins humides) sur propriété publique (**Section 8.4.4**).

Résultat : l'IVER sur propriété privée offre une meilleure gestion des eaux de ruissellement, à meilleur coût, que les installations en fin de canalisation sur propriété publique. Le coût d'investissement par hectare du premier scénario est 44 pour cent inférieur; les coûts d'exploitation et d'entretien, 53 pour cent inférieurs; et le coût relatif au cycle de vie par hectare, 45 pour cent inférieur.

L'étude de cas compte quatre objectifs secondaires :

- Évaluer les processus pour le partage équitable des coûts pour les installations d'IVER communes parmi les propriétaires fonciers (**Section 8.5.1**).
- Étudier de possibles mesures incitatives acceptables afin de répondre aux exigences financières des propriétaires fonciers IC&I (**Section 8.5.3**).
- Évaluer les **avantages connexes** de la plantation d'arbres dans les installations d'IVER (**Section 8.4.3.2**).
- Examiner les manières de s'assurer que les installations d'IVER sur propriété privée sont entretenues (**Section 8.5.4** et **Section 8.5.5**).

8.2 Qualification des défis

8.2.1 Manque de contrôles de gestion des eaux de ruissellement

La région urbaine de Mississauga compte plusieurs zones sans contrôle de la qualité ou de la quantité d'eaux de ruissellement : 20 pour cent des zones ont des contrôles pour les deux aspects; 21 pour cent, un contrôle seulement pour la quantité des eaux de ruissellement et 59 pour cent ne disposent d'aucun contrôle (région de Peel, 2017, p. 79). Cette situation est courante dans la région du Grand Toronto (voir la **Section 3.0**) parce que la majorité de son aménagement a été réalisé avant que l'exigence en matière de gestion des eaux de ruissellement soit monnaie courante.

Avantages connexes : effets positifs de l'IVER qui ne sont pas directement reliés aux objectifs de gestion des eaux de ruissellement traditionnels. Ils comprennent l'élimination de la pollution atmosphérique, la réduction de l'**effet d'îlot thermique urbain**, la création d'habitats, les économies énergétiques et la réduction de gaz à effet de serre.

Située dans le district de Southdown de Mississauga, la région de 37 hectares à l'étude compte 13 propriétés IC&I (voir la **Figure 45**). Elles font partie du bassin hydrographique urbanisé du ruisseau Sheridan.⁶ À l'exception de trois **bassins secs**, il ne comprend aucun contrôle quant à la qualité ou à la quantité d'eaux de ruissellement (CVC, 2011). Le **ruissellement** produit par les propriétés se rend, éventuellement, au marais Rattray, une terre humide importante pour la province, avant de s'écouler dans le lac Ontario (**Figure 46**).

Bassin sec : une zone découverte qui peut servir à retenir les eaux de ruissellement lors de tempêtes intenses. Les bassins secs peuvent également servir de terrains de soccer ou de baseball, de parcs publics, de forêts urbaines et d'espaces pour événements les culturels extérieurs.

Ruissellement : eau de pluie qui coule sur les surfaces dures, comme les toits et les routes, au lieu de s'**infiltrer** dans le sol. Le ruissellement urbain transporte des métaux lourds, des nutriments, des bactéries et d'autres polluants dans les cours d'eau, ce qui a un effet néfaste sur la vie humaine, animale et végétale.

La région à l'étude comprend des tracés d'écoulement composés de bitume, de gravier, de rigoles gazonnées et d'un réseau de canaux qui transportent l'eau depuis les voies ferrées, sa limite nord-ouest, vers le système d'égout pluvial municipal le long de Royal Windsor Drive, sa limite sud-est.

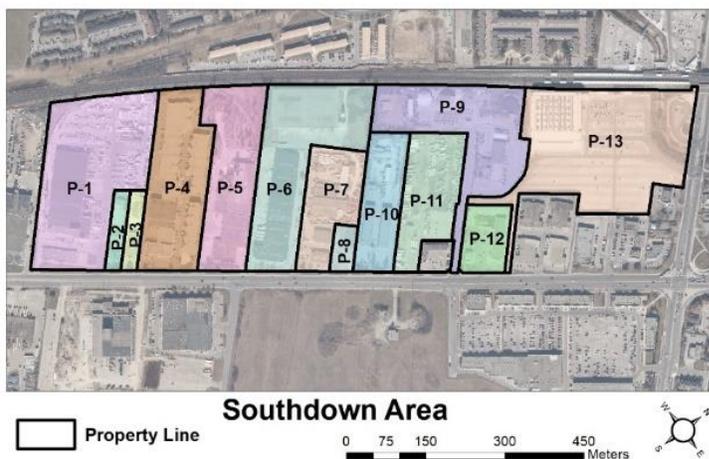


Figure 45 : Propriétés dans la région à l'étude. Royal Windsor Drive, limite sud-est, se trouve au bas de l'image.
Abréviation : P, propriété.



Figure 46 : La région à l'étude dans le bassin hydrographique du ruisseau Sheridan.
Abréviation : km, kilomètre.

⁶ La région étudiée est dotée d'une hydrologie complexe. Les débits de système mineur s'écoulent directement par l'égout pluvial municipal vers Sheridan Creek. Les débits de système majeur se déversent directement dans le bassin hydrographique Lakeside Creek.

Plusieurs des propriétés dans la région à l'étude présentent un mauvais drainage. Des pluies modérées causent fréquemment un **engorgement** nocif (**Figure 47**). Le ruissellement de surface sur les terrains de stationnements et les routes d'accès endommage le bitume (**Figure 48**). Deux propriétaires fonciers de l'étude ont rapporté des dommages causés par une inondation, récemment.

Engorgement :
accumulation indésirable d'eaux de ruissellement dans des dépressions de surface ou sur les toits.



Figure 47 : Engorgement de surface sur une propriété dans Southdown.
Crédit photo : CVC



Figure 48 : Bitume endommagé par des ruissellements de surface.
Crédit photo : CVC

Les 13 propriétés dans la région à l'étude contribuent à des chargements à teneur élevée en sédiments et en phosphore vers le ruisseau Sheridan et le marais Rattray chaque année (**Figure 49** et **Figure 50**). La région à l'étude est également reconnue pour verser de grandes quantités de **débit entrant et d'infiltration** dans le système des eaux usées, ce qui a pour conséquence d'augmenter inutilement les coûts de traitement et de réduire la capacité de l'usine de traitement des eaux usées Clarkson avoisinante.

Débit entrant et infiltration : il y a débit entrant et infiltration lorsque les eaux de ruissellement entrent dans le système d'égout sanitaire, que ce soit par les trous d'accès pour l'entretien (débit entrant) ou par des tuyaux fendus souterrains (infiltration).



Figure 49 : Retrait de sédiments du marais Rattray. En 2014 et en 2015, CVC a dépensé environ 2,5 millions \$ en coûts de construction, à eux seuls, pour retirer les sédiments excédentaires du marais Rattray.

Crédit photo : CVC



Figure 50 : Résultats de la **pollution par les nutriments** dans le ruisseau Sheridan.

Crédit photo : CVC

Pollution par les nutriments : elle se produit lorsqu'une trop grande quantité de nutriments, principalement l'azote et le phosphore, sont ajoutés aux plans d'eau et causent une croissance excessive d'algues. Ces éclosions consomment les nutriments excédentaires et meurent rapidement. Leur décomposition a pour effet de créer de faibles niveaux d'oxygène dissous dans l'eau, ce qui peut tuer la faune aquatique.

8.2.2 Les initiatives de gestion des eaux de ruissellement de la ville de Mississauga

Le service des transports et des travaux de la ville de Mississauga est responsable de la construction, de l'entretien et de l'exploitation du système de drainage des eaux de ruissellement de la ville et des programmes qui y sont associés.

Adoptées en 2016, le programme de crédit et de **redevances relatives à l'eau de pluie** de Mississauga constitue une source de revenus dédiés au renouvellement, à la mise à niveau et à l'exploitation des travaux relatifs aux eaux de ruissellement de la ville. Là réside la clé pour parer au déficit au chapitre des dépenses en infrastructure d'eaux de ruissellement (voir l'Error! Reference source not found.).

Redevances relatives à l'eau de pluie : des frais annuels facturés aux propriétaires fonciers par les municipalités pour les services d'eaux de ruissellement. Ils sont distincts des taxes immobilières générales et constituent une source de revenus dédiée à l'entretien, au fonctionnement et à la revitalisation de

Le plan d'affaires relatif aux eaux de ruissellement tente de renouveler systématiquement le réseau de drainage vieillissant, en partie grâce au fonds de réserve pour le renouvellement des tuyaux. Les projets de renouvellement comprennent :

- Construire de nouvelles installations de gestion des eaux de ruissellement dans les régions prioritaires.
- Concevoir et construire des mesures d'atténuation de l'érosion le long des cours d'eau.
- Mettre en place des mesures d'IVER pour gérer le ruissellement routier.
- Réduire d'inondation des collectivités vulnérables.
- Mettre à jour les plans directeurs de drainage et réaliser des études d'évaluation du risque d'inondation (ville de Mississauga, 2020c).

En 2020, la ville a commencé à élaborer le plan directeur pour les eaux de ruissellement.

Le service des transports et des travaux examine également les composants relatifs aux eaux de ruissellement de toutes les applications d'aménagement. Pour la qualité de l'eau, les nouvelles constructions et réaménagements doivent comprendre des mesures pour réduire le total de solides en suspension (TSS) de 80 pour cent. Une exception : si le lot de l'aménagement se trouve en amont d'une installation existante de gestion des eaux de ruissellement (p. ex., un bassin humide).

Qu'est-ce qu'une récurrence de tempête aux 100 ans? Terminologie employée pour indiquer que des précipitations d'une certaine profondeur (p. ex., 90 mm) sur une durée donnée (p. ex., 4 heures) ont un pour cent de chance de se produire à un endroit au cours d'une année. On l'appelle intervalle de récurrence et on l'exprime selon un ratio (p. ex., 1:5, 1:10, 1:100). Les données historiques déterminent les intervalles de récurrence de tempêtes pour une région donnée.

Lorsque les ingénieurs conçoivent une infrastructure d'eaux de ruissellement pour gérer une tempête au cours d'une durée donnée (p. ex., 1:100 ans), on parle d'averse de projet. L'infrastructure d'eaux de ruissellement de plusieurs régions urbaines partout au Canada peut gérer des tempêtes au ratio de 1:10 ou moins (**système mineur**). Ce n'est qu'au cours des années 1980 et 1990 que les chemins de ruissellement d'eau de surface qui dirigent en toute sécurité l'écoulement causé par les tempêtes à intervalle de récurrence plus élevé (**système majeur**) et les bassins d'eaux de ruissellement aux fins de contrôle de la qualité et du volume sont devenus la norme au Canada.

Quant au contrôle de l'érosion, les nouvelles constructions et réaménagements doivent capturer et recueillir les 5 premiers millimètres de pluie par le biais d'**infiltration**, d'**évapotranspiration** ou de réutilisation. Les exigences de la ville en ce qui a trait au **contrôle du débit de pointe** varient selon le bassin hydrographique de l'aménagement suggéré. Habituellement, les nouvelles constructions doivent réduire le débit de pointe d'une tempête à intervalle de récurrence de 1:100 dans les conditions actuelles à des niveaux associés à une tempête à un intervalle de récurrence de 1:2 selon les **conditions en vigueur avant l'aménagement** (voir l'encadré à la **8.4**) (ville de Mississauga, 2020a).

Évapotranspiration : la perte combinée d'eau de la terre et des plans d'eau par l'évaporation et des plantes par transpiration.

Contrôle du débit de pointe : réduction du débit maximal de **ruissellement** provenant d'une zone de drainage pendant une tempête à l'aide de technologies de gestion des eaux de ruissellement (p. ex., bassins d'eaux de ruissellement, **IVER**).

Après avoir satisfait à ces exigences, les propriétés non résidentielles peuvent soumettre une demande de crédit pour eaux de ruissellement par lequel la ville reconnaît qu'elles ont été respectées sur un nouvel aménagement (ville de Mississauga, 2020a, p. 15). Le but premier du programme de crédit est d'encourager les propriétés non résidentielles et collectives à appliquer les pratiques exemplaires en gestion des eaux de ruissellement sur leurs propriétés (ville de Mississauga, 2020a, p. 2).⁷

Bien que le district de Southdown et que le bassin hydrographique du ruisseau Sheridan ne constituent pas des priorités à court terme au chapitre d'investissement en eaux de ruissellement ou en travaux de renouvellement (ville de Mississauga, 2020c), Mississauga a commencé à travailler à un plan directeur de gestion et de service environnemental pour le district de Southdown en 2018. La première phase, qui qualifie la région à l'étude, a été terminée en 2019. La deuxième phase, qui émettra des recommandations au sujet de la région à l'étude, est prévue pour 2021. Habituellement, les plans directeurs de drainage pour les districts mettent l'accent sur les mises à niveau nécessaires aux égouts d'eaux de ruissellement et aux déversoirs existants, sur la construction de nouveaux égouts pluviaux de délestage et de canaux de répartition ainsi que sur la construction de bassins d'eaux de ruissellement sur propriété municipale ou acquise.

CVC a collaboré avec la ville et les propriétaires fonciers de la région à l'étude pour explorer la faisabilité technique et financière de mises aux normes d'IVER communes sur propriété privée en tant qu'étude parallèle au plan directeur de gestion et de service environnemental pour le district de Southdown. Ceci concorde également avec le plan d'action relatif aux changements climatiques de Mississauga, publié en 2019, qui demande que la ville envisage l'utilisation de l'infrastructure verte pour gérer les eaux de ruissellement sur propriétés publiques et privées (ville de Mississauga, 2019, action de soutien 12-3). Une fois l'étude de faisabilité terminée, l'équipe du projet et les propriétaires fonciers de la région à l'étude prévoient passer à la phase de mise en œuvre du bien-fondé de la conception.

⁷ Très peu de propriétaires fonciers admissibles ont soumis une demande de crédit pour eaux de ruissellement en vertu du programme actuel de Mississauga; le taux de participation est de moins de 2 pour cent en date de l'automne 2020 (ville de Mississauga, 2020b). Les taux de renouvellement de propriétés y ayant participé sont également inférieurs à ceux prévus (communication personnelle de Scott Perry, 11 février 2021). L'expérience de Mississauga à cet égard n'est pas unique. D'autres programmes de crédit pour eaux de ruissellement ont trouvé peu de preneurs étant donné le coût initial élevé et les longues périodes de remboursement (CVC 2016, ville de Waterloo, 2019).

8.2.3 Qualité de l'air et effet d'îlot thermique urbain

La région à l'étude présente une mauvaise qualité de l'air et souffre de l'**effet d'îlot thermique urbain** (région de Peel, 2015, annexe E). Sa proximité à Royal Windsor Drive, une route de camionnage importante, contribue à la mauvaise qualité de l'air. La pollution de l'air ambiant pour le bassin d'air Clarkson (qui comprend la région à l'étude) démontre que les concentrations de particules de matières respirables (PM_{2,5}) dépassent régulièrement les normes nationales. Les niveaux des autres polluants, notamment les composés organiques volatils (COV), le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂), atteignent fréquemment des niveaux qui sont également nocifs pour la santé (région de Halton, 2006).

Effet d'îlot thermique urbain :

parce que les zones urbaines sont couvertes de surfaces qui retiennent la chaleur (béton, brique, bitume), les températures y sont plus élevées que dans les zones rurales ou naturelles avoisinantes. Qui plus est, parce qu'il y a peu de végétation, elles ne bénéficient pas des effets rafraîchissants de l'évapotranspiration.

Quant à l'effet d'îlot thermique urbain, l'imagerie thermique réalisée pour le *Tree Planting Priority Tool* de la région de Peel suggère que la région à l'étude subit des températures plus élevées que la moyenne régionale lors des chaudes journées d'été (région de Peel, 2015, annexe E).

8.3 Définition d'objectifs

Cette étude de cas comporte quatre objectifs principaux :

- Comparer les mises aux normes d'IVER sur propriété privée avec les bassins d'eaux de ruissellement en fin de canalisation sur propriété publique au chapitre de la rentabilité pour respecter les critères de gestion des eaux de ruissellement.
- Évaluer les avantages connexes d'IVER, particulièrement de la plantation d'arbres dans les installations d'IVER.
- Examiner des ententes équitables de partage des coûts entre les propriétaires fonciers et les organismes publics en ce qui a trait aux travaux d'IVER sur propriété privée.
- Vérifier comment les municipalités peuvent assurer l'entretien d'installations d'IVER sur propriété privée.

8.3.1 L'IVER sur propriété privée : combler le fossé entre public et privé

Le manque d'espace pour gérer le ruissellement constitue l'obstacle principal pour améliorer la gestion des eaux de ruissellement dans les **aménagements patrimoniaux**. Les zones bâties n'ont pas assez d'espace pour accueillir des installations centralisées, en fin de canalisation, pour gérer la quantité d'eaux de ruissellement générées par les routes, les immeubles et les terrains de stationnement imperméables qui composent principalement l'aménagement patrimonial moyen. Par conséquent, les municipalités disposent d'un nombre restreint d'options : elles peuvent acheter une propriété pour des installations de stockage en fin de canalisation, utiliser une propriété qu'elles détiennent déjà pour la gestion des eaux de ruissellement ou se lancer dans des mises à niveau d'égout dispendieuses.

Aménagements

patrimoniaux : régions urbaines construites avant que des contrôles de qualité et de quantité soient exigés pour les nouveaux aménagements au Canada. Généralement, ils ne possèdent que des infrastructures qui transportent les eaux de ruissellement depuis les accumulations vers les plans d'eau récepteurs.

La ville de Philadelphie a trouvé que de travailler avec les propriétaires fonciers privés pouvait se traduire par des économies importantes au chapitre des investissements d'infrastructure d'eaux de ruissellement. En 2011, elle a lancé un vaste programme d'IVER afin de réduire la fréquence et l'ampleur de ses DÉU.

La stratégie adopte une approche détaillée du « verdissement » de la ville, un acre à la fois, en utilisant des techniques d'IVER pour mettre aux normes des portions très imperméables du paysage urbain afin de saisir le premier pouce de pluie. Deux volets du programme mettent l'accent sur les exigences en matière d'aménagement et de réaménagement ainsi sur les propriétés publiques, y compris les voies ferrées. Le troisième volet offre des mesures incitatives financières aux propriétaires fonciers privés qui veulent mettre leurs propriétés aux normes (Valderamma et Davis, 2015).

Le Philadelphia Water Department a rapidement découvert que le fait de réduire les frais d'eaux de ruissellement pour les propriétaires fonciers qui ont mis en place des contrôles à la source ne constitue pas une mesure incitative financière adéquate. Les coûts initiaux de mesures d'IVER sont trop élevés pour que cette mesure constitue un remboursement raisonnable. Pour s'atteler à cette faible participation, le service a lancé le *Stormwater Management Incentives Program* en 2012, lequel offre des rabais aux propriétaires fonciers qui compensent les coûts initiaux.

Si Philadelphie a dépensé à l'origine de 250 000 \$US à 300 000 \$US pour verdir un acre de propriété publique, il n'en a coûté que 100 000 \$US par acre pour les propriétés industrielles et commerciales (Valderamma et Davis, 2015). Malgré cela, le programme a approuvé seulement 36 demandes au cours de ses trois premières années d'existence, ce qui était bien en deçà des attentes pour une ville qui compte environ 80 000 propriétés non résidentielles.

Pour aborder les manques du programme de mesures incitatives, le Philadelphia Water Department a lancé le *Greened Acre Retrofit Program* (GARP) en 2014. Il permet aux entrepreneurs ou aux tierces parties de soumettre des demandes au nom des propriétaires fonciers, y compris pour les propriétés combinées. Ceci réduit les coûts administratifs des propriétaires fonciers IC&I. Les demandes doivent représenter au moins 10 acres et le montant de la subvention n'est plus l'équivalent d'un pourcentage des coûts initiaux. Les demandes doivent plutôt satisfaire à des critères minimaux (p. ex., pas plus de 200 000 \$US par acre verdi).⁸ Ainsi, le processus de demande est plus concurrentiel, car les demandes aux coûts les plus faibles ont plus de chance d'être choisies. Une fois les installations construites, les propriétaires fonciers peuvent également devenir admissibles à une réduction des frais pour eaux de ruissellement, jusqu'à concurrence de 90 pour cent.

Les programmes incitatifs visant à réduire les coûts d'investissement pour les mises aux normes d'IVER sur propriété privée sont de plus en plus communs à l'échelle des É.-U. (Sustainable Prosperity Institute, 2016). Seulement quelques villes canadiennes en ont fait l'expérience, par contre, et ils se concentraient généralement sur des mesures au niveau du terrain pour propriétaires résidentiels (p. ex., tonneaux de pluie).

L'équipe de gestion intégrée de l'eau de CVC a établi de bonnes relations de travail avec les propriétaires fonciers dans la région à l'étude dans le cadre de projets précédents, lesquels comprenaient la construction d'une rigole pour améliorer le drainage de plusieurs propriétés et la création de plans et d'infrastructure de prévention de la pollution (voir la **Figure 51**). Par le biais de son programme *Greening Corporate Grounds*, CVC a collaboré avec H.L. Blachford Ltd, une des entreprises dans la région à l'étude, afin de renaturaliser les forêts restantes sur leurs propriétés. Grâce au lancement du plan directeur de gestion et de service environnemental pour

⁸ Bien que le coût des premiers projets de mise aux normes industriels et commerciaux du Philadelphia Water Department était de 100 000 \$US par acre verdi, celui des projets subséquents a augmenté, et ce, probablement parce que les mises aux normes d'IVER de coût moindre avaient été réalisées.

le district de Southdown, cette région à l'étude est devenue l'emplacement idéal pour examiner la rentabilité de combiner les propriétés IC&I aux fins de mises aux normes d'IVER communes.



Figure 51 : En 2010, CVC a collaboré avec Bernardi Building Supply, un propriétaire foncier de la région à l'étude, afin de construire une rigole pour améliorer le drainage.

Crédit photo : CVC

Contrairement à Philadelphie, Mississauga ne dispose pas de **réseaux d'égout unitaire**. C'est pourquoi la ville ne juge pas que le programme de subvention convient en plus de ses initiatives de gestion des eaux de ruissellement (ville de Mississauga, 2020a). Toutefois, les égouts unitaires sont monnaie courante au Canada et les municipalités qui en ont trouveront l'analyse suivante utile si elles pensent à réaliser des mises aux normes d'IC&I afin de réduire les DÉU. Qui plus est, l'IVER commune sur propriété privée pourrait faire l'objet d'une évaluation parallèle aux mesures de gestion des eaux de ruissellement en tant

Réseau d'égout unitaire : un réseau d'égout qui recueille et transporte à la fois eaux de ruissellement et eaux usées.

qu'options à étudier pour les travaux relatifs aux eaux de ruissellement dans les aménagements patrimoniaux (CVC 2021e, à venir).

8.3.2 Avantages multiples : l'IVER fait ce que l'infrastructure grise ne peut pas

L'IVER génère plusieurs avantages connexes que **l'infrastructure grise d'eaux de ruissellement** ne peut pas générer. L'infrastructure grise de transport (bordures, puisards et tuyaux) n'offre pas d'autres avantages que de transporter les eaux de ruissellement. Les séparateurs hydrodynamiques en retirent les sédiments, les huiles et les débris, mais ils ne rétablissent pas l'équilibre hydrique. Et si les bassins d'eaux de ruissellement offrent un espace pour la végétation et la faune en plus de contrôler la quantité et la qualité de l'eau, ils font très peu pour rétablir l'équilibre hydrique.

Infrastructure grise d'eaux de ruissellement : elle utilise des installations centralisées, habituellement des bassins d'eaux de ruissellement comme des murets, des puisards et des tuyaux, et sert très peu à rétablir le **cycle hydrique**. Dans les **aménagements patrimoniaux**, les systèmes gris d'eaux de ruissellement recueillent cette dernière à même les courants d'eau, sans traitement de la qualité ni vérification de la quantité.

L'IVER, particulièrement les pratiques végétalisées, offre des avantages autres que le contrôle de la quantité et de la qualité et le rétablissement de l'équilibre hydrique (**Tableau 16**). Ses avantages connexes sont souvent cités en exemple pour expliquer la préférence qu'on lui accorde comparativement à l'infrastructure grise d'eaux de ruissellement. Si l'on arrive à les quantifier et à leur accorder une valeur financière exacte, ces avantages connexes peuvent étoffer en plus **l'analyse de rentabilisation** de l'IVER. Il s'agit là d'une science en pleine évolution et les meilleurs outils logiciels disponibles se concentrent sur la quantification des avantages liés aux arbres. C'est pourquoi cette étude de cas met, elle aussi, l'accent sur le fait d'incorporer les arbres à ses dessins conceptuels.

Analyse de rentabilisation : une justification financière, économique ou scientifique de l'investissement public pour « produire des résultats précis à l'appui de l'objectif d'une politique gouvernementale »

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

Tableau 16 : Types d'IVER et leurs avantages connexes

| Type d'IVER | But de conception habituel | Améliorer la qualité de l'air | Réduire l'îlot thermique urbain | Accroître l'espace vert/de loisir | Augmenter la valeur des propriétés | Créer des habitats pour la faune | Réduire les gaz à effet de serre | Réduire la charge de polluants |
|--|--|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Installations de biorétention* (de toutes sortes) | Saisir, nettoyer, rafraîchir, évapotranspirer et infiltrer les eaux de ruissellement. | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | – |
| Fossés végétalisés et rigoles gazonnées renforcées* | Transporter, infiltrer et atténuer les eaux de ruissellement. | ✓ | ✓ | ✓ | – | ✓ | ✓ | ✓ |
| Chambres d'infiltration*, puits d'infiltration, drains français, etc. | Saisir et retenir de grands volumes d'eaux de ruissellement lors de tempêtes intenses. | – | – | – | – | – | – | ✓ |
| Chaussées perméables* (pavés, bitume, béton, etc.) | Permettre l'infiltration et le stockage sous les surfaces dures. | – | ✓ | – | – | – | – | – |
| Arbres urbains | Intercepter l'eau de pluie, l'évapotranspirer et favoriser l'infiltration. | ✓ | ✓ | ✓ | – | ✓ | ✓ | – |
| Toits verts* | Gérer les eaux de ruissellement sur un toit. | ✓ | ✓ | ✓ | – | ✓ | ✓ | – |

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

| Type d'IVER | But de conception habituel | Améliorer la qualité de l'air | Réduire l'îlot thermique urbain | Accroître l'espace vert/de loisir | Augmenter la valeur des propriétés | Créer des habitats pour la faune | Réduire les gaz à effet de serre | Réduire la charge de polluants |
|------------------------------------|---|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Collecte des eaux de pluie* | Recueillir l'eau de pluie à des fins non potables pour compenser l'utilisation d'eau potable. | - | - | - | - | - | ✓ | - |

Abréviation : IVER, infrastructure verte d'eaux de ruissellement. * Les définitions se trouvent dans le glossaire.

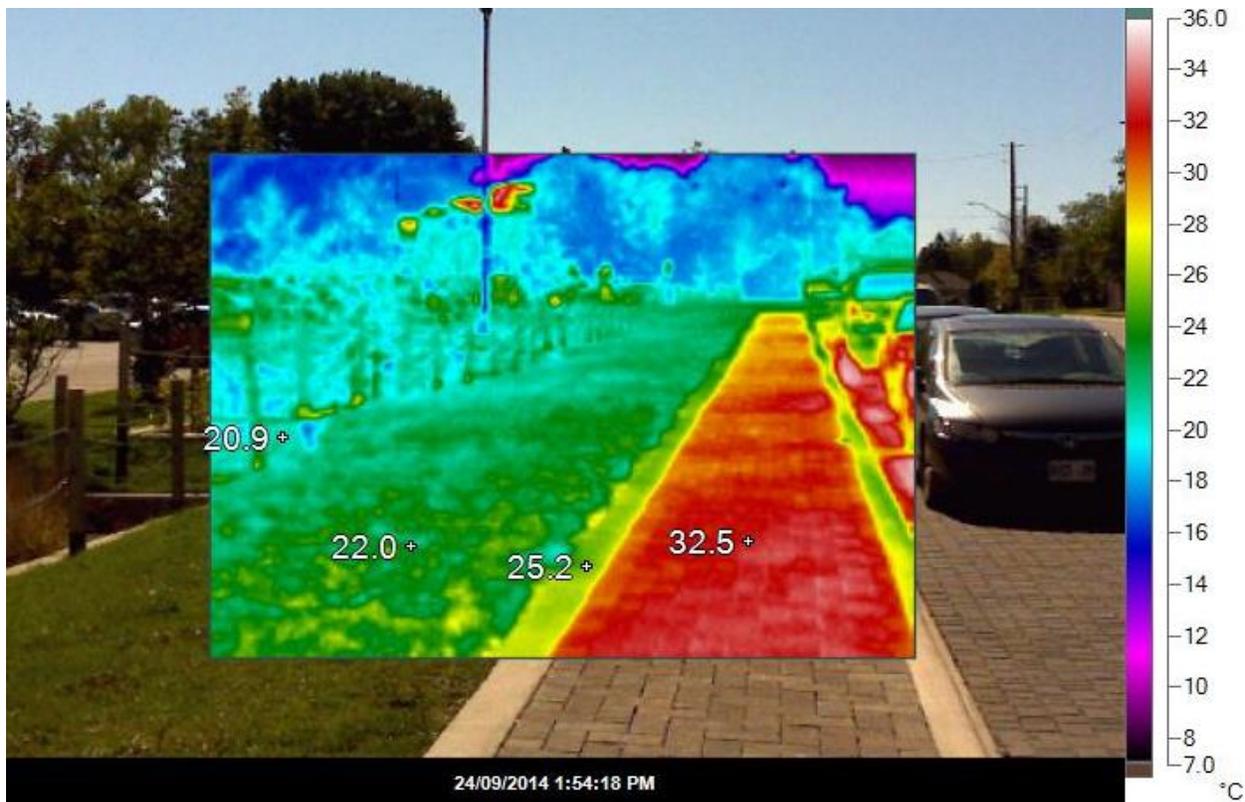


Figure 52 : Températures de surface (en degrés centigrades) d'une installation de biorétention et du trottoir d'Elm Drive à Mississauga.

8.3.3 Partage des coûts entre les secteurs public et privé

Le faible taux de participation aux programmes de crédit pour eaux de ruissellement s'explique par les longues périodes de remboursement (CVC, 2016; CVC, 2018a, ville de Waterloo, 2019). À la **Section 8.5.1**, nous démontrons que les crédits annuels ne constituent pas des mesures incitatives adéquates pour motiver les mises aux normes d'IVER. Ensuite, nous expliquons quelles mesures incitatives financières seraient adéquates pour réduire les périodes de remboursement à un niveau raisonnable. Le partage des coûts et la coopération entre les secteurs public et privé permettraient une mise aux normes rentable pour les aménagements patrimoniaux. Des subventions uniques pourraient être octroyées pour aider à couvrir les coûts initiaux, suivis de crédits annuels adéquats pour couvrir les frais d'entretien continus.

8.3.4 Obtention d'investissement : assurer l'entretien d'IVER sur propriété privée

Les municipalités qui ont pensé à créer des mesures incitatives pour les mises aux normes d'IVER sur propriété privée peuvent avoir perçu l'entretien des installations comme un obstacle. Si les municipalités et les autres organismes utilisent les fonds publics pour encourager la mise en place d'IVER sur propriété privée, ils doivent être certains que ces fonds sont utilisés à dessein, soit améliorer la gestion des eaux de ruissellement, et pour le bénéfice public. Les **sections 8.5.4**

et **8.5.5** examinent deux méthodes possibles, les servitudes et la *Loi sur le drainage* de l'Ontario, pour assurer l'entretien des installations d'IVER sur propriété privée.

8.4 Élaborer une stratégie rentable

Afin de comparer le potentiel d'économies en ce qui a trait aux mises aux normes d'IVER sur propriété privée comparativement à la gestion des eaux de ruissellement sur propriété publique, nous avons préparé quatre scénarios d'eaux de ruissellement et les avons modélisés avec le logiciel PCSWMM.⁹ Nous avons également rédigé plusieurs documents et rapports techniques qui décrivent en détail l'élaboration de modèle et de conception.¹⁰ Pour comparer ces scénarios sur le plan financier, nous nous concentrons sur le contexte nécessaire à la compréhension du fonctionnement de chaque scénario.

Les scénarios sont les suivants :

- Scénario 1 — celui d'**état initial des lieux** — décrit l'état de l'emplacement avant sa transformation depuis l'état naturel jusqu'à ce qu'il devienne le quartier IC&I actuel.
- Scénario 2 — celui de l'état actuel — décrit l'état actuel du site. Avec le précédent, ce scénario informe la création des deux scénarios de conception et permet d'en évaluer le rendement.
- Scénario 3 — celui du crédit maximal — repose sur les mises aux normes d'IVER sur propriété privée. L'objectif de conception ici est d'obtenir le maximum de crédit d'eaux de ruissellement mis à la disposition des propriétaires fonciers en fonction des redevances relatives à l'eau de pluie de Mississauga de 2020.

État initial des lieux : l'état hydrologique naturel du terrain avant la réalisation de tout établissement ou aménagement humain. La gestion efficace des eaux de ruissellement exige que les **débites de pointe** après l'aménagement correspondent à ceux en vigueur préalablement. Au moment de modéliser l'état préalable à l'aménagement de la ville de Mississauga, les paramètres d'**infiltration** du sol et le pourcentage d'imperméabilité sont définis pour atteindre un coefficient de ruissellement volumétrique de 0,25 pour un intervalle de récurrence de 100 ans.

⁹ PCSWMM est un logiciel de modélisation de gestion de l'eau développé par Computational Hydraulics International de Guelph, Ontario (<https://www.pcswmm.com/>).

¹⁰ CVC a rédigé de l'information détaillée sur l'élaboration de modèle pour les scénarios de préaménagement et les conditions existantes ainsi que des documents techniques pour chacun des scénarios de conception (CVC 2021a, 2021 b, 2021c, 2021 d). De plus, CVC préparera un compte rendu du génie pour illustrer comment la *Loi sur le drainage* peut s'appliquer aux mises aux normes d'IVER communes dans les régions urbaines. Les documents et le rapport donneront de l'information détaillée quant à l'élaboration de scénario et de propositions de partage des coûts.

- Scénario 4 — celui de propriété publique — présente un dessin conceptuel traditionnel en fin de canalisation centralisée sur propriété publique. Il constitue un jalon pour l'évaluation des coûts et du rendement du scénario de crédit maximal.

Hydraulique : l'étude du débit d'eau dans les tuyaux et canaux, comme les rivières.

Hydrologie : l'étude de l'eau sur la surface de la Terre, sur ou sous le sol.

Bassin hydrographique : en **hydrologie**, il s'agit d'un territoire qui draine la pluie vers un point unique. L'eau quitte le bassin hydrographique à cet endroit. Si un territoire draine l'eau vers un tuyau ou une sortie unique, il peut être défini comme un bassin hydrographique. Les **sous-bassins hydrographiques** sont des bassins hydrographiques au sein d'autres, plus gros. Les chercheurs utilisent ces termes itérativement, selon l'échelle à laquelle ils travaillent. Dans les zones urbaines, les bassins et sous-bassins hydrographiques font habituellement référence au système d'égout pluvial municipal. À la plus petite échelle, même les petites dépressions de surfaces (des flaques, en fait) peuvent constituer des sous-bassins hydrographiques.

Il est important de distinguer un **système majeur** ou **mineur** des **bassins hydrographiques** et des systèmes de transport. Dans les régions urbaines, le **système mineur** gère les débits des événements de tempête fréquents par le biais de systèmes de transport comme des tuyaux et des dénivellations. Des événements d'inondation de plus grande envergure surchargent le système mineur; par conséquent, l'eau suit un trajet de débit au-dessus du sol que l'on appelle **système majeur**. Les limites des **bassins hydrographiques** du système mineur et majeur peuvent être identiques ou différentes.

8.4.1 *Système majeur et mineur, sous-bassins hydrographiques et drains secondaires*

Pour décrire l'hydrologie et l'hydraulique du site, nous avons divisé la région à l'étude en **bassins** et **sous-bassins hydrographiques de système majeur et mineur**. Ces derniers ne sont pas coextensifs; les deux systèmes ont des limites différentes (voir la **Figure 53** et la **Figure 54**).

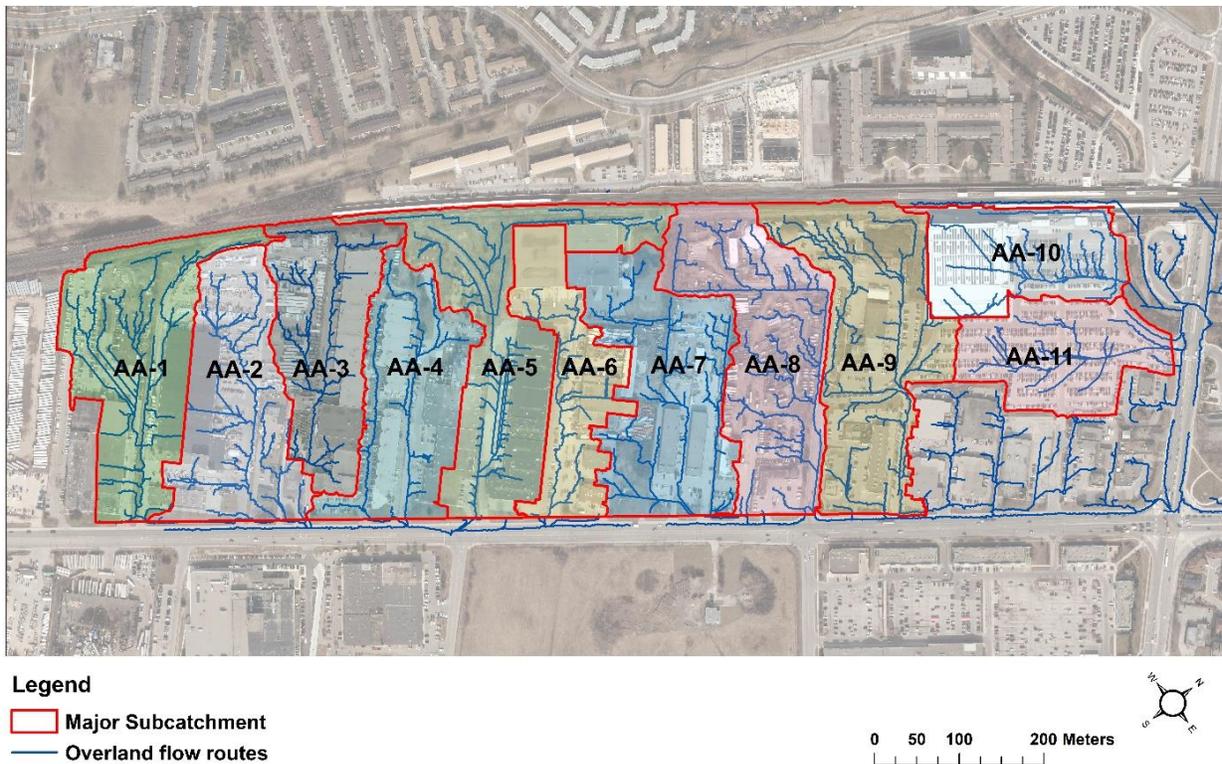


Figure 53 : Sous-bassins hydrographiques de système majeur AA-1 à AA-11 de la région à l'étude.

Pour identifier les sous-bassins hydrographiques de système majeur, on utilise des noms provenant de la **Figure 53** –« AA-1 », « AA-2 », etc. Nous utilisons ces noms dans le cadre des discussions du scénario de crédit maximal relativement aux aspects de contrôle des inondations, soit le contrôle du débit de pointe et le stockage.

Pour définir le réseau de drainage du système mineur de la région à l'étude, nous avons emprunté les conventions établies par les ingénieurs qui travaillent en vertu de la *Loi sur le drainage*. Nous avons désigné l'égout d'eaux de ruissellement municipal le long de Royal Windsor Drive comme drain principal et les systèmes de drainage privés (tuyaux, puits et rigoles) qui se relient au drain principal en tant que drains secondaires. Chaque drain secondaire reçoit une lettre (A, B, etc.), est mesuré puis on lui attribue un numéro de station. Les textes suivants portant sur le scénario de crédit maximal pour les mesures de qualité de l'eau, de quantité d'eau et d'équilibre hydrique — ses caractéristiques de système mineur — utilisent cette nomenclature. La **Figure 54** illustre les drains de A à O.

Fait à noter : le scénario de crédit maximal ne s'applique qu'à six drains, de D à I, et à quatre sous-bassins hydrographiques, de AA5 à AA-8. Nous avons adopté cette approche pour

simplifier le scénario et nous permettre de créer des dessins conceptuels détaillés. Une fois ceux des drains D à I en place, nous pouvons projeter les coûts en toute confiance pour le reste de la région à l'étude en utilisant le coût par hectare de ces drains pour les appliquer aux régions couvertes par les drains A à C et J à O.

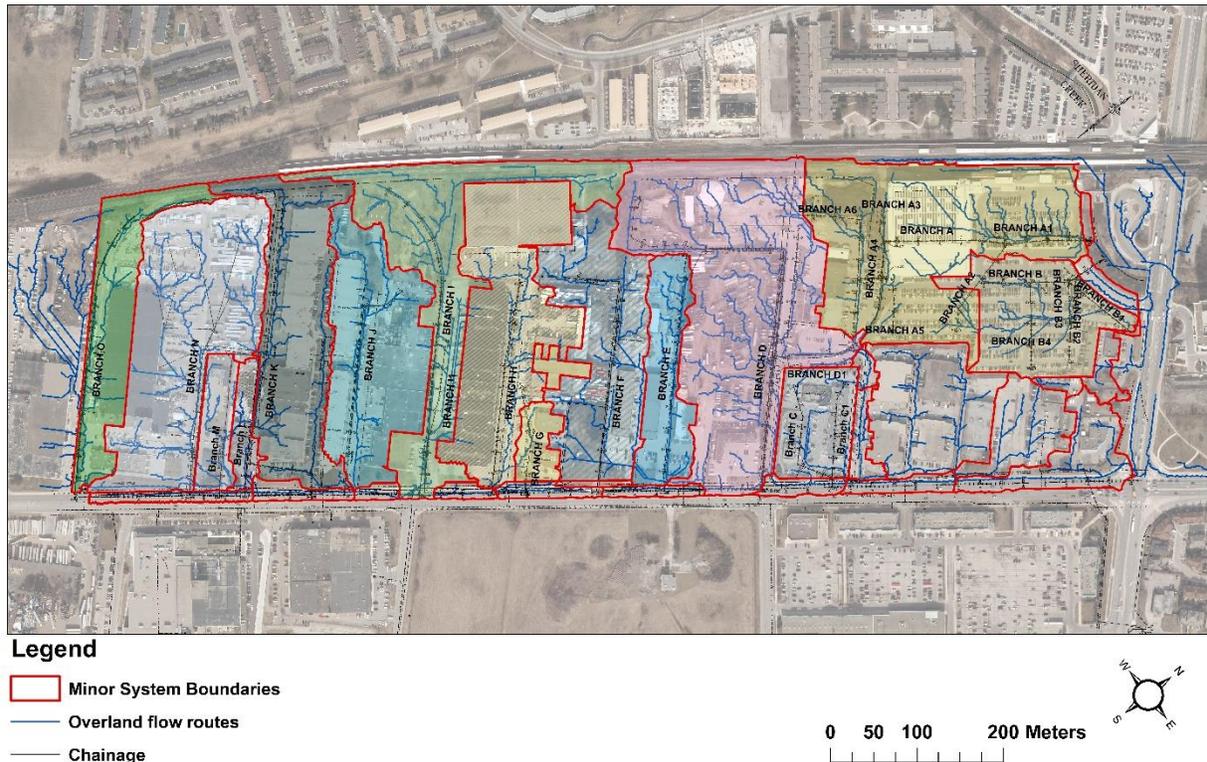


Figure 54 : Limites du système mineur pour la région à l'étude, avec étiquettes de drains.

8.4.2 Scénarios 1 et 2 : scénarios d'avant aménagement et de conditions existantes

Le scénario 1, qui porte sur les conditions d'avant l'aménagement, a étudié les conditions hydrologiques telles qu'elles étaient avant l'aménagement. Le scénario 2, celui des conditions existantes, présente l'état hydrologique et hydraulique de la région à l'étude comme étant un quartier IC&I.

Après avoir terminé le travail sur le terrain détaillé, nous avons préparé un modèle PCSWMM afin d'évaluer les éléments suivants pour les deux scénarios :

- La qualité de l'eau (**Tableau 17** et **Tableau 18**) et l'équilibre hydrique actuel (à l'aide de **simulations continues** et **d'événement**) (**Tableau 20**) (CVC, 2021).

- Les débits de pointe selon divers intervalles de récurrence de tempête (**Tableau 19**) et de scénarios de changements climatiques (à l'aide de **simulations d'événement**).

Parce que la différence entre les valeurs avant et après aménagement a guidé l'élaboration du scénario de conception, il est essentiel de les présenter afin de bien les comprendre.

Simulation continue : ces simulations modélisent des données de pluie observées à long terme afin de déterminer le comportement de l'eau et des contaminants dans une région donnée sur une longue période. Habituellement, ces modèles servent à évaluer la qualité de l'eau et l'équilibre hydrique. Comparativement, les **simulations d'événement** modélisent la réaction d'une région donnée à un événement de pluie unique (p. ex., 25 mm de pluie en 4 heures). Parfois, les simulations d'événement servent à déterminer la réaction d'un système à une averse de projet, soit un événement de pluie significatif d'une durée précise que les ingénieurs utilisent pour concevoir ou évaluer un système de gestion des eaux de ruissellement. Les simulations d'événement permettent de déterminer le débit de pointe et le risque d'inondation

Averse de projet Chicago ou **Méthode Chicago** : ces méthodes de modélisation peuvent servir dans diverses régions. Elles utilisent des renseignements historiques de pluie pour évaluer l'intensité de la pluie au fil du temps. Exemple issu de la ville de Mississauga : tempête de 3 heures, où environ 74 mm de pluie sont tombés en 3 heures.

Le **Tableau 17** illustre les solides en suspension dans un ruissellement après une pluie de 25 mm dans la région à l'étude, soit 400 fois plus que dans les conditions préalables à l'aménagement. Le phosphore total dans le ruissellement est 150 fois plus présent. **Tableau 18** illustre que les sédiments emportés au cours d'une année, dans la région à l'étude, atteignent un niveau 50 fois supérieur à celui d'avant l'aménagement; le phosphore, quant à lui, atteint un niveau 12 fois supérieur.

Tableau 17 : Qualité de l'eau dans les scénarios d'avant aménagement et dans les conditions existantes après une pluie de 25 mm

| Drain | Total des solides en suspension (kg) | | Phosphore total (kg) | |
|--------------|--------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | Avant aménagement | Conditions existantes | Avant aménagement | Conditions existantes |
| D | 0,00 | 44 | 0 | 0,07 |
| E | 0,02 | 35 | 0 | 0,06 |
| F | 0,00 | 22 | 0 | 0,05 |
| G | 0,04 | 6 | 0 | 0,01 |
| H | 0,27 | 30 | 0,002 | 0,08 |
| I | 0,04 | 17 | 0 | 0,04 |
| Total | 0,37 | 154 | 0,002 | 0,31 |

Abréviation : kg, kilogramme.

Tableau 18 : Total annuel de solides en suspension et de charges de phosphore dans les scénarios d'avant aménagement et dans les conditions existantes

| Drain | Total des solides en suspension (kg) | | Phosphore total (kg) | |
|--------------|--------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | Avant aménagement | Conditions existantes | Avant aménagement | Conditions existantes |
| D | 19 | 1 273 | 0,1 | 1,9 |
| E | 8 | 730 | 0,1 | 1,2 |
| F | 11 | 616 | 0,1 | 1,2 |
| G | 4 | 132 | 0,0 | 0,3 |
| H | 25 | 702 | 0,2 | 1,9 |
| I | 7 | 413 | 0,1 | 0,9 |
| Total | 74 | 3 866 | 0,6 | 7,4 |

Abréviation : kg, kilogramme.

Le **Tableau 19** démontre que le débit de pointe après une tempête à un intervalle de récurrence de 1:100 est environ trois fois supérieur qu'avant l'aménagement, selon le sous-bassin hydrographique de la région à l'étude.

Tableau 19 : Comparaison du débit de pointe lors d'une tempête à un intervalle de récurrence de 1:100 dans les scénarios d'avant l'aménagement et dans les conditions existantes pour une averse de projet Chicago

| Sous-bassin hydrographique | Région (ha) | | Débit de pointe avant aménagement (m ³ /s) | Débit de pointe dans les conditions existantes (m ³ /s) | Pourcentage d'augmentation* (%) |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--|---------------------------------|
| | Région de système majeur | Région de système mineur | | | |
| AA-5 | 4,7 | 3,3 | 0,19 | 0,57 | 98 |
| AA-6 | 2,6 | 4,0 | 0,37 | 0,63 | 51 |
| AA-7 | 4,4 | 4,2 | 0,24 | 0,69 | 98 |
| AA-8 | 4,0 | 5,5 | 0,18 | 1,00 | 138 |

Abréviations : ha, hectare; m³/s, mètre cube par seconde.

* Pourcentage d'augmentation = (après-avant)/((avant-après)/2) × 100

Le **Tableau 20** illustre que la portion de pluie qui se transforme en ruissellement est actuellement 14 fois celle d'avant aménagement dans la région à l'étude.

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

Tableau 20 : Valeurs d'équilibre hydrique annuelles dans les scénarios d'avant aménagement et de conditions existantes (simulation continue)

| Sous-bassin hydrographique | Avant aménagement | | | | | Conditions existantes | | | | |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|
| | Pluie (m ³) | Infiltration (m ³) | Évaporation (m ³) | Ruissellement (m ³) | Ruissellement en tant que pourcentage de la pluie totale (%) | Pluie (m ³) | Infiltration (m ³) | Évaporation (m ³) | Ruissellement (m ³) | Ruissellement en tant que pourcentage de la pluie totale (%)* |
| AA-5 | 29 950 | 28 300 | 37 | 1 620 | 5 | 29 950 | 9 300 | 1 170 | 19 500 | 65 |
| AA-6 | 16 350 | 15 440 | 20 | 890 | 5 | 16 350 | 1 400 | 1 040 | 13 920 | 85 |
| AA-7 | 28 110 | 26 580 | 39 | 1 500 | 5 | 28 110 | 7 560 | 1 390 | 19 190 | 68 |
| AA-8 | 28 600 | 27 080 | 46 | 1 500 | 5 | 28 600 | 4 360 | 2 030 | 22 240 | 78 |
| Total | 103,000 | 97 400 | 142 | 5 510 | 5 | 103 000 | 22 620 | 5 630 | 74 850 | 73 |

Abréviation : m³, mètre cube.

*Ruissellement sous forme de pourcentage de la pluie totale = ruissellement/pluie x 100

La **Figure 55** illustre la portée d'inondation prévue pour une tempête à un intervalle de récurrence de 1:100 dans la région à l'étude.

La **Figure 56** montre les points chauds de total de solides en suspension pour une tempête à un intervalle de récurrence de 1:2.

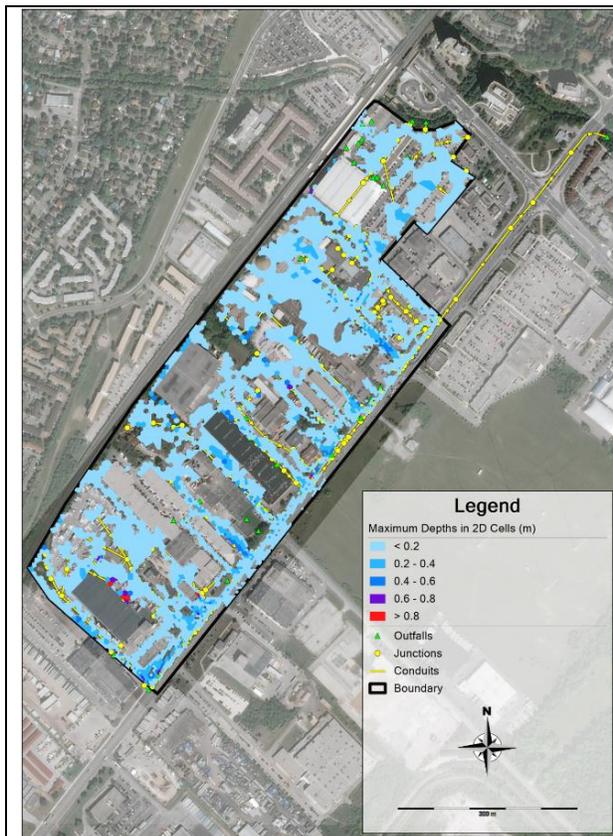


Figure 55 : Portée de l'inondation dans la région à l'étude pour une tempête à un intervalle de récurrence de 1:100 selon le scénario de conditions existantes.
Abréviations : m, mètre.
Source : CVC, 2021

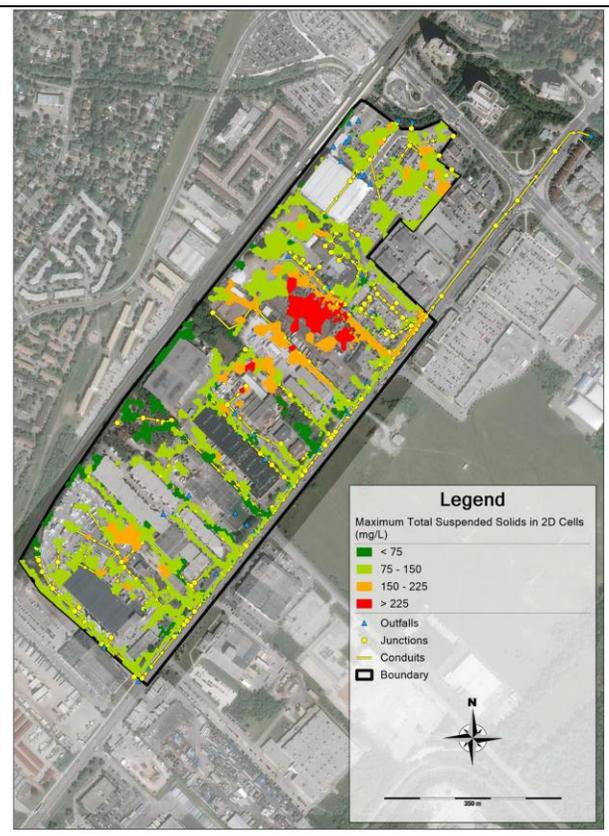


Figure 56 : Concentration prévue du total de solides en suspension (sédiments) dans le ruissellement de surface lors d'une tempête à un intervalle de récurrence de 1:2 selon le scénario de conditions existantes.
Abréviations : mg/L, milligrammes par litre.
Source: CVC, 2021

8.4.3 Scénario 3 : crédit maximal

Le concept de crédit maximal repose sur les mesures d'IVER sur propriété privée pour maximiser la quantité de crédits d'eaux de ruissellement mis à la disposition des propriétaires fonciers, à un coût plus bas. Les demandeurs qui satisfont aux critères peuvent recevoir allant jusqu'à 50 pour cent des crédits sur les frais annuels d'eaux de ruissellement pour avoir installé des travaux

d'IVER à la source et pour avoir élaboré des plans de prévention de la pollution particuliers à leur propriété. La somme de crédits reçus varie selon les avantages pour le système d'eaux de ruissellement municipal :

- réduction du débit de pointe – crédit maximal de 40 pour cent;
- réduction du volume de ruissellement (jusqu'à 15 mm de **rétenition** sur le site) – crédit maximal de 15 pour cent;
- amélioration de la qualité de l'eau (prévision d'élimination de 80 pour cent de total de solides en suspension) – crédit maximal de 10 pour cent;
- plans de prévention de la pollution particuliers à la propriété – crédit maximal de 5 pour cent (ville de Mississauga, 2015).

Rétenition : la capture d'eaux de ruissellement pour la filtration, l'**infiltration** et l'**évapotranspiration**. Les eaux de ruissellement retenues ne deviennent pas un ruissellement ni de l'écoulement fluvial (contrairement aux eaux de ruissellement retenues, voir **rétenition temporaire**). Le fait de retenir les eaux de ruissellement aide à restaurer un **équilibre hydrique** naturel.

Séparateur d'huiles et de sédiments : un type de technologie de gestion des eaux de ruissellement qui les traite principalement par gravité pour éliminer les poussières sédimentables, suivi d'une phase de séparation pour retirer les matières flottantes (huiles libres et graisses) de l'eau.

Le scénario crédit maximal contrôlerait les débits de pointe avant aménagement grâce à des chambres sous la surface du sol. Leurs volumes de stockage pour une tempête à un intervalle de récurrence de 1:100 varieraient de 490 à 1 290 mètres cubes, selon le sous-bassin hydrographique (voir le **Tableau 21**). Ce modèle de conception offre un volume de stockage légèrement supérieur pour chaque sous-bassin hydrographique de système majeur. Ainsi, les propriétaires fonciers auraient droit à un crédit d'eaux de ruissellement de 40 pour cent.

À noter que le crédit pour réduction du débit de pointe est évalué en fonction de la région imperméable du site, et non de sa superficie totale (ville de Mississauga, 2015, p. 18). Toutefois, le scénario de crédit maximal utilise sept **chambres d'infiltration** pour tout le bassin hydrographique, et non seulement sa région imperméable. La **Figure 57** illustre l'emplacement de ces chambres d'infiltration. Les facteurs d'infiltration ont été appliqués à divers

Chambres d'infiltration : chambres de stockage souterraines conçues pour capturer de grands volumes d'eaux de ruissellement. Elles réduisent les risques d'inondation et permettent aux précipitations, comme la pluie et la fonte des neiges, d'entrer dans la terre et de s'**infiltrer** sous les surfaces dures comme les terrains de stationnement.

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

coefficients de ruissellement pour diverses périodes de récurrence pour tenir compte de conditions de saturation de tempêtes plus importantes, moins fréquentes.

Tableau 21 : Volume de stockage requis et volume de stockage fourni selon le scénario de crédit maximal pour une tempête à un intervalle de récurrence de 1:100

| Sous-bassin hydrographique | Superficie totale (ha) | | Volume de stockage requis (m ³) | Volume de stockage fourni (m ³) |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------|---|---|
| | Superficie de système majeur | Superficie de système mineur | | |
| AA-5 | 4,7 | 3,3 | 790 | 800 |
| AA-6 | 2,6 | 4,0 | 490 | 500 |
| AA-7 | 4,4 | 4,2 | 1 290 | 1 360 |
| AA-8 | 4,0 | 5,5 | 1 190 | 1 200 |

Abréviations : ha, hectare; m³, mètre cube.

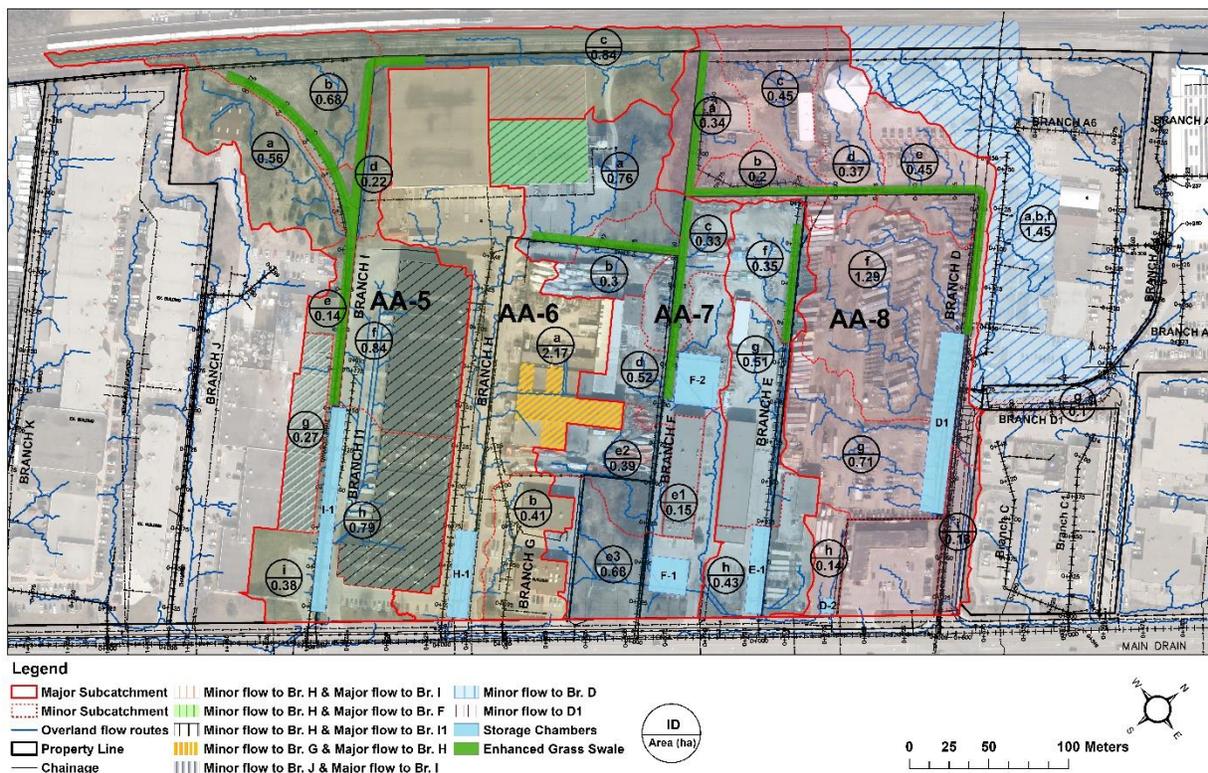


Figure 57 : Emplacements des chambres d’infiltration et des rigoles gazonnées renforcées pour le dessin conceptuel de crédit maximal. La carte montre également les sous-bassins hydrographiques pour chaque drain secondaire.

Pour obtenir les 10 pour cent de crédits restants afin d'atteindre le maximum de 50 pour cent de crédits, nous avons inclus les **rigoles gazonnées renforcées** et les séparateurs d'huiles et de sédiments (SHS) et nous avons ajouté une capacité d'infiltration à certaines chambres d'infiltration. Les lignes directrices de Mississauga pour le crédit d'eaux de ruissellement réduisent les charges de total de solides en suspension de 80 pour cent.

Rigoles gazonnées renforcées : aussi appelées rigoles végétalisées renforcées, elles constituent des canaux ouverts recouverts de plantes et sont conçues pour amener, traiter et atténuer le **ruissellement** d'eaux de ruissellement.

Comme le démontrent le **Tableau 22** et le **Tableau 23**, le scénario de crédit maximal va au-delà de l'exigence d'éliminer 80 pour cent de total de solides en suspension : il élimine la quasi-totalité, voire le total de solides en suspension qui se trouvent dans un ruissellement après une pluie de 25 mm dans les conditions existantes. Les charges totales de phosphore sont réduites en moyenne de 21 pour cent dans les conditions existantes (**Tableau 22**). Les charges annuelles de total de solides en suspension sont réduites jusqu'à 100 et 98 pour cent, respectivement.

Tableau 22 : Réductions prévues de total de solides en suspension et de phosphore total après une pluie de 25 mm selon le scénario de crédit maximal

| Drain | Total des solides en suspension | | | Phosphore total | | |
|------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------|---|
| | Conditions existantes (kg) | Crédit maximal (kg) | Réduction de charge (%) | Conditions existantes (kg) | Crédit maximal (kg) | Réduction* de charge (augmentation) (%) |
| D | 44 | 0,90 | 98 | 0,07 | 0,09 | (29) [†] |
| E | 35 | 0,06 | 100 | 0,06 | 0,01 | 83 |
| F | 22 | 0,28 | 99 | 0,05 | 0,03 | 40 |
| G/H [‡] | 35 | 0,08 | 100 | 0,09 | 0,08 | 11 |
| I | 17 | 0,11 | 99 | 0,04 | 0,02 | 50 |
| Total | 155 | 1,43 | 99 | 0,29 | 0,23 | 21 |

Abréviation : kg, kilogramme.

*Réduction de charge = 1 - crédit maximal/conditions existantes × 100

[†] Le drain D montre une augmentation des charges de phosphore total parce qu'il comprend les travaux de déblai et de remblai dans le concept pour diriger le débit du sous-bassin hydrographique AA-9 vers AA-8 (AA-8 comprend le drain D). Nous avons également inclus de tels travaux sur l'une des propriétés du drain D afin que l'eau de pluie, qui a déjà causé un engorgement, ne s'écoule plus désormais dans les installations d'IVER.

‡ Les drains G et H sont plus petits que les autres, alors nous les avons combinés dans le modèle du scénario de crédit maximal.

Tableau 23 : Charges annuelles de total de solides en suspension et total de phosphore pour le scénario de conditions existantes et celui de crédit maximal (simulation continue)

| Drain | Total de solides en suspension | | | Total de phosphore | | |
|--------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------|
| | Conditions existantes (kg) | Crédit maximal (kg) | Réduction de charge (%) | Conditions existantes (kg) | Crédit maximal (kg) | Réduction de charge * (%) |
| D | 1 273 | 8,4 | 99 | 1,9 | 1,8 | 5 |
| E | 730 | 1,3 | 100 | 1,2 | 0,2 | 83 |
| F | 616 | 8,0 | 99 | 1,2 | 0,7 | 42 |
| G/H | 833 | 13,1 | 98 | 2,3 | 1,1 | 52 |
| I | 413 | 1,0 | 100 | 0,9 | 0,4 | 56 |
| Total | 3 865 | 31,8 | 99 | 7,4 | 4,2 | 43 |

Abréviation : kg, kilogramme.

* Réduction de charge = $1 - \text{crédit maximal} / \text{conditions existantes} \times 100$

Enfin, le **Tableau 24** montre les valeurs d'équilibre hydrique du scénario de crédit maximal, lequel devrait réduire le ruissellement de 14,5 pour cent comparativement au scénario de conditions existantes.

Tableau 24 : Valeurs annuelles d'équilibre hydrique pour le scénario de crédit maximal

| Sous-bassin hydrographique | Pluie (m ³) | Infiltration (m ³) | Évaporation (m ³) | Infiltration | | Ruissellement comme pourcentage de la pluie (%) | |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---|---------------------------------|---|----------------|
| | | | | (par chambres d'infiltration*) (m ³) | Ruissellement (m ³) | Conditions existantes | Crédit maximal |
| | | | | | | | |
| AA-5 | 29 950 | 11 590 | 1 160 | 1 870 | 15 480 | 65 | 52 |
| AA-6 | 16 350 | 1 410 | 1 040 | 990 | 13 000 | 85 | 80 |
| AA-7 | 28 110 | 9 700 | 1 350 | 6 260 | 10 980 | 68 | 39 |
| AA-8 | 28 600 | 7 560 | 1 980 | - | 19 120 | 78 | 67 |

Abréviation : m³, mètre cube.

* Les chambres d'infiltration dans AA-5 et AA-7 ont obtenu davantage d'infiltration en raison d'une couche de gravier supplémentaire sous les chambres d'infiltration. La chambre du sous-bassin hydrographique AA-6 n'avait pas besoin d'une plus grande capacité d'infiltration pour que les propriétaires fonciers aient droit au crédit maximal disponible, car il méritait déjà le crédit de 10 pour cent pour la qualité de l'eau. La chambre d'infiltration dans AA-8 a reçu une doublure imperméable par mesure de précaution pour éviter l'infiltration de produits pétrochimiques.

† Ruissellement en tant que pourcentage de la pluie totale = crédit maximal/conditions existantes

8.4.3.1 Estimation du coût du concept de crédit maximal

Nous avons estimé les coûts du cycle de vie de tous les scénarios avec l'outil de coût complet sur le cycle de la vie (OCCCV) Sustainable Technologies Evaluation Program (STEP).¹¹ Mis à jour en 2020, il permet aux utilisateurs d'évaluer les coûts relatifs aux coûts du cycle de la vie de plusieurs pratiques d'IVER et de bassins d'eaux de ruissellement. Cet outil de Microsoft Excel utilise la base de coût unitaire en construction RSMMeans¹² et les concepts de modèle de STEP pour générer :

- les coûts de préparation des travaux (p. ex., piquetage du service, tests d'infiltration, contrôle de l'érosion et des sédiments et valeur du terrain);
- les coûts d'excavation, de transport et d'élimination des déchets;
- les coûts des matériaux étroitement liés à la pratique et de l'installation (p. ex., chambres, trous d'accès pour entretien, raccords, gravier et sol);
- les coûts d'inspection de construction et de vérification après la construction.

¹¹ <https://sustainabletechnologies.ca/lid-lcct/>.

¹² <https://www.rsmeans.com/>.

L'outil exige que les utilisateurs déterminent les frais relatifs à l'ingénierie, à la conception de procédés administratifs et d'autres frais accessoires. Collectivement, ils ont été définis à 15 pour cent des frais de construction pour les deux scénarios. L'outil prévoit les coûts d'exploitation, d'entretien et de restauration pour une période déterminée par l'utilisateur, selon un taux d'actualisation déterminé par ce dernier et les taux d'inflation. Pour établir le coût de chacun des scénarios, nous avons utilisé une période d'évaluation de 50 ans, un taux d'inflation de 3 pour cent et un **taux d'actualisation** de 5 pour cent.

Taux d'actualisation : le taux d'intérêt utilisé pour déterminer la valeur actuelle de flux de trésorerie à venir.

Le dessin conceptuel du scénario de crédit maximal est le fruit de plusieurs itérations. Si les contrôles de débit de pointe ont toujours fait partie du plan afin de gagner 40 pour cent des crédits d'eaux de ruissellement, les premières ébauches utilisaient des tranchées d'infiltration pour réduire le volume de ruissellement comme moyen d'obtenir la dernière tranche de 10 pour cent. Toutefois, le recours aux contrôles de la qualité de l'eau (SHS et rigoles gazonnées renforcées) est moins dispendieux pour gagner ce 10 pour cent qu'une approche de réduction du volume (CVC, 2021a).

Tableau 25 présente les coûts du cycle de la vie pour les mises aux normes des drains D et I avec IVER.

Tableau 25 : Coût total de la mise aux normes pour la région à l'étude pour que les propriétaires fonciers obtiennent le crédit maximal relativement aux eaux de ruissellement

| Drain | Superficie du drainage (ha) | Coûts d'investissement* (\$) | Entretien et restauration † (\$) | Coûts du cycle de la vie (\$) | Coût du cycle de la vie par hectare (\$) |
|----------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--|
| D | 5,5 | 997 400 | 151 000 | 1 148 400 | 209 100 |
| E | 1,3 | 337 400 | 68 000 | 405 400 | 312 600 |
| F | 3,1 | 694 700 | 62 000 | 756 700 | 241 800 |
| G/H | 2,6 | 510 200 | 61 000 | 571 200 | 221 900 |
| I | 4,7 | 628 900 | 75 000 | 703 900 | 149 200 |
| Total/moyenne | 17,2 | 3 168 600 | 417 000 | 3 585 600 | 208 300 |

Abréviation : ha, hectare.

* Construction, ingénierie, administration et taxe de vente harmonisée (TVH).

† Sur une période d'évaluation de 50 ans.

8.4.3.2 Évaluation du coût et des avantages de la naturalisation des rigoles gazonnées renforcées

Traditionnellement, les rigoles gazonnées renforcées ne sont que cela : des rigoles gazonnées, possiblement avec des barrages de correction ou d'autres caractéristiques pour atténuer les eaux de ruissellement ou les infiltrer. Toutefois, à la lumière des problèmes connus dans la région à l'étude en ce qui a trait à la qualité de l'air et à l'effet d'îlot thermique urbain, nous avons décidé de modifier le concept de crédit maximal pour y ajouter la plantation d'arbres et de prairies naturelles aux rigoles proposées. Les arbres et la végétation aident à éliminer les polluants atmosphériques, servent d'abri à la faune, réduisent l'effet d'îlot thermique urbain en plus de favoriser l'infiltration, de filtrer les eaux de ruissellement par le biais de la phytoremédiation et la réduction des volumes de ruissellement par l'évapotranspiration. De plus, la région à l'étude sert de voie de migration pour les oiseaux migratoires.

Pour élaborer un plan de plantation d'arbres et de prairies naturelles, nous nous sommes servi de l'information issue de projets de naturalisation précédents sur une propriété industrielle dans la région à l'étude (**Figure 58**). Ce projet résulte de la collaboration entre le programme Greening Corporate Grounds de CVC, les services et l'équipe de gestion de restauration et de suivi terrestres de CVC et H.L. Blachford Ltd, un propriétaire foncier dans la région à l'étude. Nous avons aussi consulté le *Plant Selection Guideline* de CVC (CVC, 2018b).



Figure 58 : Le terrain boisé naturalisé et la prairie chez H.L. Blachford Ltd en 2018.
Crédit photo : CVC

En règle générale, les projets de naturalisation plantent les arbres à 3 mètres de distance les uns des autres. Parce que les rigoles sont linéaires, cela signifie que l'on plante un arbre aux trois mètres tout le long des rigoles. Lorsque des portions de rigole sont près de bâtiments, on choisit des espèces de conifères pour assurer une économie d'énergie en hiver (par le ralentissement de la vitesse du vent) et en été (par l'ombre créée). Le **Tableau 26** détaille par drain le nombre d'arbres qu'il est possible de planter dans chaque rigole.

Tableau 26 : Nombre d'arbres proposé pour les rigoles

| Drain | Longueur de la rigole (m) | Superficie de la rigole (m ²) | Nombre d'arbres |
|--------------|---------------------------|---|-----------------|
| D | 363 | 1 814 | 121 |
| E | 74 | 352 | 25 |
| F | 218 | 1 145 | 73 |
| G/H* | 0 | 0 | 0 |
| I | 373 | 8 717 | 124 |
| Total | 1 028 | 15 196 | 343 |

Abréviations : m, mètre; m², mètre carré.

* Aucune rigole proposée pour le drain G/H dans le scénario de crédit maximal, donc aucune plantation d'arbres comprise.

Ensuite, nous avons calculé le coût d'investissement pour planter des espèces des prairies et d'arbres indigènes pour les rigoles à l'aide des données obtenues auprès de projets de renaturalisation précédents mis en place par le programme Greening Corporate Grounds et les services de restauration et de suivi terrestres de CVC (voir le **Tableau 27** Error! Reference source not found.). Selon les particularités du site, l'étape d'investissement de la renaturalisation de CVC, qui comprend la création de prairies et la plantation d'arbres, évolue en quatre phases :

1. Traiter et éliminer les espèces invasives.
2. Créer une prairie indigène.
3. Peaufiner la gestion des espèces invasives et effectuer un ensemencement hydraulique.
4. Planter des arbres

Tableau 27 : Coûts d'investissement pour la plantation d'arbres et de prairie indigène dans les rigoles proposées pour le scénario de crédit maximal

| Phase du projet | Drain D (\$) | Drain E (\$) | Drain F (\$) | Drain I (\$) | Total (\$) |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Traiter et éliminer les espèces invasives | 1 226 | 238 | 774 | 1 513 | 3 800 |
| Créer une prairie indigène | 541 | 105 | 342 | 668 | 1 700 |
| Peaufiner la gestion des espèces invasives et effectuer un ensemencement hydraulique | 617 | 120 | 389 | 761 | 1 900 |
| Planter des arbres | 2 444 | 499 | 1 469 | 2 512 | 7 000 |
| Total | 4 828 | 962 | 2 973 | 5 453 | 14 400 |

Les coûts d'exploitation et d'entretien pour le projet de renaturation ont été projetés sur 50 ans à raison d'un taux d'actualisation de 2 pour cent (voir le **Tableau 28**). Certaines tâches, comme l'arrosage, ne seraient réalisées qu'au cours des deux premières années suivant la plantation. Le remplacement de la végétation devrait se dérouler aux années 2, 5 et 10 et le traitement des espèces invasives devrait être réalisé aux 5 ans, et ce, pendant toute la période de 50 ans. L'objectif des projets de renaturation est de créer une communauté de plantes qui, avec un peu d'aide au départ et un traitement périodique des espèces invasives, s'autosuffit.

Tableau 28 : Coûts d'exploitation et d'entretien sur 50 ans pour la plantation d'arbres dans les rigoles

| Tâche | Coût sur 50 ans (\$) |
|-------------------------------|----------------------|
| Arrosage | 1 500 |
| Gestion des espèces invasives | 5 400 |
| Remplacement de la végétation | 2 800 |
| Total | 9 700 |

Afin d'évaluer les avantages du plan de plantation d'arbres, nous avons utilisé i-Tree Design, un logiciel gratuit de la U.S. Environmental Protection Agency. Cet outil quantifie les résultats de cette démarche selon cinq catégories :

- Économies financières grâce à un écoulement inférieur d'eaux de ruissellement;
- Amélioration de la qualité de l'air;
- Piégeage du carbone;
- Économies énergétiques en hiver;

- Économies énergétiques en été.

Le **Tableau 29** présente les résultats par drain.

Tableau 29 : Valeurs des avantages de la plantation d'arbres, par drain

| Drain | Avantages (\$) | | | | | Total |
|--------------|-----------------------|------------------|---------------------|------------------------------|----------------------------|---------------|
| | Eaux de ruissellement | Qualité de l'air | Piégeage du carbone | Économies énergétiques hiver | Économies énergétiques été | |
| D | 5 771 | 4 902 | 5 892 | 0 | 0 | 16 600 |
| E | 1 859 | 918 | 1 713 | 0 | 0 | 4 500 |
| F | 4 225 | 2 945 | 4 372 | 2 693 | 208 | 14 400 |
| H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| I | 5,908 | 5 782 | 11 368 | 23 630 | 1 162 | 47 900 |
| Total | 17 800 | 14 500 | 23 300 | 26 300 | 1 400 | 83 300 |

Abréviation : ER, eaux de ruissellement.

Tous les éléments réunis, le coût total de cycle de la vie estimé atteint 83 300 \$ sur 50 ans pour obtenir ces avantages : coûts d'investissement, 14 400 \$ (voir le **Tableau 27**), frais d'exploitation et d'entretien, 9 700 \$ (voir le **Tableau 28**) et 24 000 \$ pour le plan de plantation d'arbres (voir le **Tableau 29**). Toutefois, puisque le but de conception pour le scénario de crédit maximal est de faire en sorte que les propriétaires fonciers bénéficient du crédit maximal au coût le plus bas, ces coûts ne font pas partie des analyses ci-après.

Si i-Tree Design est un outil facile d'utilisation, plusieurs obstacles se trouvent sur le chemin de son utilisation afin d'évaluer les avantages issus de projets d'eaux de ruissellement municipaux, notamment :

- S'entendre avec les parties prenantes quant au modèle ou à l'outil à utiliser pour quantifier les avantages connexes.
- S'entendre avec les parties prenantes quant à la méthodologie employée grâce à laquelle les avantages connexes sont quantifiés, rentabilisés ou assignés.
- Démontrer, sur la base des avantages assignés, à diverses organisations la pertinence de payer, collectivement, pour un projet.

8.4.4 Scénario 4 : propriété publique

Le scénario de propriété publique examine l'option de bassin humide sur une propriété publique pour servir de jalon de comparaison avec le scénario de crédit maximal. Nous nous sommes servis du *Manuel de conception et de planification de la gestion des égouts pluviaux* (gouvernement de l'Ontario, 2003) pour définir les critères de conception des installations de gestion des eaux de ruissellement dans le cadre du scénario de propriété publique.

Si les débits de système mineur générés par la région à l'étude s'écoulent par le biais de l'égout d'eaux de ruissellement municipal le long de Royal Windsor Drive dans le ruisseau Sheridan, ceux de système mineur, créés par une surcharge des égouts pluviaux, n'empruntent pas le même chemin. La région à l'étude est plutôt divisée en trois bassins hydrographiques de système majeur :

- Le bassin hydrographique ouest (en bleu dans la **Figure 59**) recueille le ruissellement de tempêtes importantes et se vide sur Royal Windsor Drive. Éventuellement, il atteint le ruisseau Lakeside.
- Le bassin hydrographique central (en vert dans la **Figure 59**) recueille également le ruissellement de tempêtes importantes et se vide le long de la limite inférieure de la région à l'étude; de là, il se déverse sur Royal Windsor Drive puis coule le long du droit de passage avant d'atteindre le ruisseau Sheridan.
- Le bassin hydrographique est (en orange dans la **Figure 59**) est composé de trois sous-bassins hydrographiques de système majeur (AA-9, AA-10 et AA-11 dans la **Figure 53**). Le ruissellement de chacun poursuit sa propre route vers le ruisseau Sheridan.

Nous avons déterminé qu'il est impossible de desservir le bassin hydrographique est à l'aide d'un bassin humide d'eaux de ruissellement en raison de l'absence d'espace libre entre le bassin hydrographique et le ruisseau Sheridan.¹³ La seule option possible : utiliser une IVER distribuée. C'est pourquoi le scénario de propriété publique comprend deux bassins : un pour desservir les sous-bassins hydrographiques AA-7 et AA-8; l'autre, les sous-bassins hydrographiques AA-1 à AA-6 (voir la **Figure 53**). Les deux bassins d'eaux de ruissellement hypothétiques se situent sur un terrain de Mississauga classé comme terre industrielle vacante.

¹³ Aux fins d'examen par les pairs, CVC a recruté Wood Consulting pour évaluer la faisabilité technique du scénario de propriété publique. Ils sont d'avis qu'elle est réalisable, d'un point de vue technique.

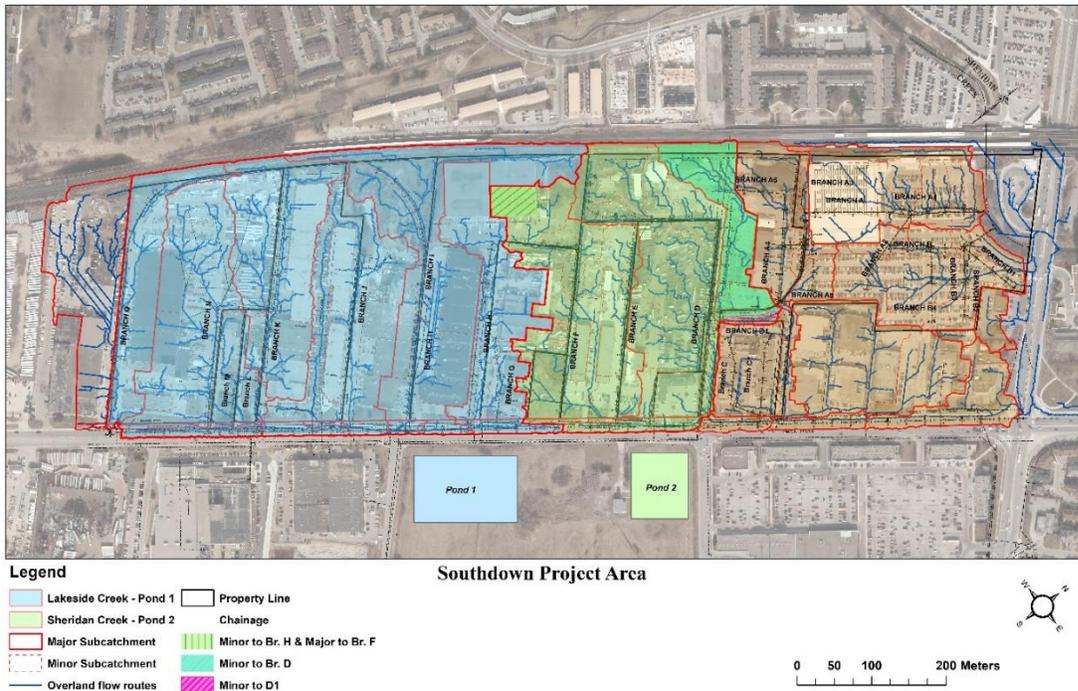


Figure 59 : Bassins hydrographiques de système majeur pour le scénario de fin de canalisation sur propriété privée.

Pour évaluer le rendement des deux bassins au chapitre des critères de débit de pointe de contrôle de la qualité de l'eau, nous avons utilisé des lignes directrices et des paramètres de conception provenant du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs (gouvernement de l'Ontario, 2003):

- Contrôle du débit de pointe
 - Contrôler les précipitations d'une tempête à un intervalle de récurrence de 1:100 à des niveaux associés à celle d'un intervalle de récurrence de 1:2 selon les conditions avant l'aménagement
- Volume d'eau stockée pour en améliorer la qualité
 - Protection améliorée (80 pour cent d'élimination de total de solides en suspension)
- Autres critères de conception
 - Une superficie de drainage supérieure à 10 hectares
 - Une exigence de stockage de **rétenion temporaire** élargi de 40 mètres cubes par hectare

- Volume de bassin responsable (le point de collecte initial du bassin, où des particules discrètes plus grosses se déposent) constituant 20 pour cent du bassin permanent
- Ratio longueur/largeur du plan d'eau et du bassin responsable de 4:1
- Profondeur du plan d'eau permanent du bassin humide de 1,5 mètre
- Profondeur de stockage actif de 1,5 mètre
- Revanche (profondeur supplémentaire d'un plan d'eau qui agit comme facteur sécuritaire pour le niveau de l'eau) de 0,3 mètre
- Zone tampon de 10 mètres de chaque côté du plan d'eau – accès pour l'entretien

Rétention temporaire : le stockage temporaire d'eaux de ruissellement pour contrôler les débits d'écoulement et permettre la sédimentation. Les eaux de ruissellement retenues sont libérées lentement sous forme de **ruissellement** ou d'écoulement fluvial. Les installations qui retiennent les eaux de ruissellement n'aident pas à rétablir l'**équilibre hydrique**. Voir **cycle hydrologique et équilibre hydrique**.

8.4.4.1 Évaluation du coût du scénario de propriété publique : inclure la valeur du terrain et les taxes foncières prévues

L'équipe du projet s'est servie de l'OCCCV du STEP pour évaluer les coûts du cycle de la vie sur 50 ans pour les deux bassins d'eaux de ruissellement hypothétiques. Nous avons inclus les coûts relatifs à l'achat de terrains nécessaire pour les bassins et avons calculé les taxes foncières anticipées, sans les inclure.

Le bureau du développement économique de Mississauga a fourni l'information relative aux ventes de terrains industriels et commerciaux du 1er janvier au 30 septembre 2018. Les 15 transactions réalisées pendant cette période présentent un prix de vente moyen de 370 \$ par mètre carré de terrain non aménagé (ville de Mississauga, 2018). Parce que Mississauga perçoit le terrain alloué à ces bassins hypothétiques comme un terrain industriel vacant, nous avons utilisé la valeur de 370 \$ par mètre carré pour estimer les coûts relatifs au terrain.

Si Mississauga achète la terre du secteur privé pour ces bassins, elle laisse aller tout revenu pouvant provenir des taxes foncières. Parce que l'emplacement des bassins hypothétiques est classé terrain vacant industriel, nous avons calculé le revenu abandonné pour les deux bassins à une valeur de terrain de 370 \$ par mètre carré; l'empreinte prévue nécessaire pour le bassin et le taux de taxe foncière de 2019 pour un terrain industriel vacant. Les revenus abandonnés issus de taxes foncières sur 50 ans atteindraient environ 2,7 millions \$ sur la propriété ouest, et 1,9 million \$ sur la propriété

centrale, comme le démontre le **Tableau 30**. Ces valeurs sont conservatrices. Ce taux de taxation augmenterait si la propriété était aménagée.

Tableau 30 : Taxes foncières abandonnées pour un terrain acheté pour deux bassins d'eaux de ruissellement hypothétiques, à une valeur de terrain de 370 \$ le mètre carré, sur une période de 50 ans, à un taux d'actualisation de 2 pour cent

| Bassin hydrographique de système majeur | Superficie de drainage (ha) | Empreinte de l'installation (ha) | Taux de taxe foncière pour terrain industriel vacant * (%) | Taxe foncière annuelle † (\$) | Revenus de taxe abandonnés sur 50 ans ‡ (\$) |
|---|-----------------------------|----------------------------------|--|-------------------------------|--|
| Ouest | 21,1 | 1,39 | 1,679 | 86 300 | 2 713 300 |
| Central | 10,8 | 0,97 | 1,679 | 60 300 | 1 893 500 |

Abréviation : ha, hectare.

* Selon les taux de taxe foncière pour 2014-2019.

† Source : taux de taxe 2014-2019, ville de Mississauga 2014-2019.

‡ Selon une période d'évaluation de 50 ans, à un taux d'actualisation de 2 pour cent et une valeur de terrain de 370 \$ le mètre carré.

Le **Tableau 31** montre les évaluations de coûts du cycle de la vie pour les deux bassins hypothétiques. Ceux du bassin ouest et central, sur 50 ans, sont de 7 031 800 \$ et 4 993 600 \$ respectivement.

Tableau 31 : Coûts du cycle de la vie pour les deux bassins d'eaux de ruissellement, y compris les frais d'acquisition de terrain

| Bassin hydrographique système majeur | Coûts d'investissement* (\$) | Expl. + Entr. sur 50 ans† (\$) | Coût terrain (\$) | Coûts cycle de la vie † (\$) | Coûts d'investissement par ha † | Coûts de cycle de vie par ha |
|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Ouest | 947 100 | 929 900 | 5 154 800 | 7 031 800 | 289 200 | 333 300 |
| Central | 691 600 | 695 800 | 3 606 200 | 4 993 600 | 397 900 | 462 400 |
| Total/moyenne | 1 638 700 | 1 625 700 | 8 761 000 | 12 025 400 | 326 000 | 377 000 |

Abréviation : Expl. + Entr., exploitatin et entretien.

* Construction, ingénierie, administration, taxe de vente harmonisée (HST).

† Sur une période d'évaluation de 50 ans. Les coûts relatifs au terrain sont compris dans le coût d'investissement.

‡ Il se peut que les totaux soient inexacts, car les sommes sont arrondies.

Notez que le dessin conceptuel pour le scénario de propriété privée ne comprend pas les ouvrages d'entrée et de sortie ni leurs coûts estimés. Au fur et à mesure que le projet évoluera, nous comptons ajouter ces coûts au scénario. Ces ouvrages devraient constituer une dépense importante, car ils doivent transporter les eaux de ruissellement de l'autre côté de Royal Windsor Drive; pour ce faire, il faudra creuser un tunnel ou reconstruire une partie de la route. Pour cette raison, il est fort peu probable que la ville de Mississauga pense à mettre les bassins aux emplacements suggérés dans la **Figure 59** pour gérer le drainage des propriétés privées.

Toutefois, nous croyons que l'établissement du coût de ce scénario constitue un jalon exact pour le comparer au scénario de crédit maximal, en partie parce qu'il exclut les ouvrages d'entrée et de sortie. Le but du scénario de propriété publique doit se comparer à celui de crédit maximal. Si l'ajout du coût d'ouvrages d'entrée et de sortie rend, d'emblée, infaisable le scénario de propriété publique, il ne constitue donc plus un point de comparaison à partir duquel tirer des conclusions générales.

8.4.4.2 Dénombrement d'occasions perdues : utiliser le terrain urbain pour les bassins humides de gestion des eaux de ruissellement

Les coûts d'acquisition de terrain composent la plus grande partie des coûts d'investissement et du cycle de la vie du scénario en fin de canalisation sur propriété publique (voir le **Tableau 31**). Dans certains cas, une municipalité dispose déjà du terrain pour mettre aux normes un aménagement patrimonial avec infrastructure d'eaux de ruissellement améliorée. Cela ne signifie pas pour autant qu'il ne faut pas tenir compte de la valeur des terrains au moment d'évaluer le coût de la construction sur ce terrain. Après tout, la municipalité pourrait le vendre et créer une source de revenus par le biais des taxes foncières et des frais d'aménagement ou par l'utilisation dudit terrain pour offrir des services publics ou privés. Les municipalités renoncent aux **coûts d'opportunité** en se servant de terrain qu'elles possèdent pour la gestion des eaux de ruissellement.

Coûts d'opportunité : les gains économiques ou financiers prévus à la suite du choix d'une possibilité parmi un ensemble d'options

Pour illustrer ceci, pensez à la quantité de terrain nécessaire pour construire les bassins du scénario de propriété publique par rapport à la superficie de terrain à drainer. Même avec des zones tampons réduites, nécessaires pour l'accès pour l'entretien et pour offrir des mesures de sécurité adéquates, l'empreinte des bassins d'eaux de ruissellement constituera de 5 à 9 pour cent de leur superficie de drainage respective (voir le **Tableau 32**).

Tableau 32 : Superficie de l'installation – superficie de drainage pour le scénario de propriété publique

| Bassin hydrographique système majeur | Bassin | Superficie du drainage (80 % imperméable) (ha) | Superficie de l'installation (ha) | Superficie de l'installation en tant que pourcentage de la superficie de drainage (%) | |
|--------------------------------------|-------------------|--|-----------------------------------|---|-----------------------------|
| | | | | Avec une zone tampon de 10 m | Avec une zone tampon de 5 m |
| Ouest | Ruisseau Lakeside | 21,1 | 1,39 | 7 | 5 |
| Central | Ruisseau Sheridan | 10,8 | 0,97 | 9 | 7 |

Abréviations : ha, hectare; m, mètre.

La mise aux normes d'aménagements patrimoniaux très imperméables avec des bassins d'eaux de ruissellement qui offrent un meilleur niveau de traitement de la qualité de l'eau, de contrôle de l'érosion et du volume signifie qu'il faut dédier de 5 à 10 pour cent de la superficie de drainage urbain hautement imperméable aux eaux de ruissellement.

Étant donné le critère de conception standard pour bassin humide, il est possible d'arriver à une conclusion semblable pour les aménagements patrimoniaux partout en Ontario. Dans les centres urbains à l'échelle du Canada, là où les valeurs de terrain sont élevées et où les municipalités se concentrent de plus en plus sur le fait de favoriser le développement intercalaire, les coûts d'opportunité auxquels elles renoncent, dans le cadre de cette approche, sont énormes.

8.4.5 Comparaison de la rentabilité des scénarios de crédit maximal et de propriété publique

Pour effectuer une évaluation exacte de la rentabilité des scénarios de crédit maximal et de propriété publique, il faut peaufiner les coûts indiqués aux sections aux **8.4.3.1** et **8.4.4.1** et faire une comparaison sur base unitaire. Puisque la superficie des zones de drainage varie d'un scénario à l'autre, la meilleure manière d'y arriver est de ventiler les coûts par hectare. Le **Tableau 33** démontre que les coûts du cycle de la vie pour le scénario de crédit maximal sont 45 pour cent inférieurs à ceux du scénario de propriété publique, par hectare.

Tableau 33 : Comparaison de coûts par hectare entre les scénarios de crédit maximal et de propriété publique

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

| Scénario de conception | Zone de drainage (ha) | Coûts | | | | | |
|------------------------|-----------------------|------------------------------|---------|---|--------|-------------------------------|---------|
| | | Coûts d'investissement* (\$) | | Coûts d'exploitation et d'entretien sur 50 ans † (\$) | | Coûts du cycle de la vie (\$) | |
| | | Total | Par ha | Total | Par ha | Total | Par ha |
| Crédit maximal | 17,2 | 3 168 600 | 184 100 | 417 000 | 24 200 | 3 585 600 | 208 300 |
| Propriété publique | 31,9 | 10 399 700 | 326 000 | 1 625 700 | 51 000 | 12 025 400 | 377 000 |

Abréviations : ha, hectare.

*Construction, ingénierie, administration, taxe de vente harmonisée (TVH) et acquisition de terrain.

† Période d'évaluation de 50 ans, taux d'inflation de 3 pour cent et taux d'actualisation de 5 pour cent.

Le scénario de crédit maximal offre de meilleurs résultats en matière de gestion des eaux de ruissellement, à un coût plus bas que celui de propriété publique :

- Parce que le scénario de crédit maximal utilise des chambres d'infiltration sur les propriétés de propriétaires fonciers, les débits qui pourraient s'avérer dommageables à cause d'engorgement ou d'inondation sont contrôlés (c.-à-d., ils atténuent le risque d'inondation urbaine). Le scénario de propriété publique n'offre pas cet avantage.
- Si le scénario de propriété publique satisfait aux exigences du ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs en ce qui a trait à un meilleur contrôle de la qualité de l'eau, celui du crédit maximal éliminerait davantage de total de solides en suspension et de phosphore total.
- Parce qu'il n'y a pas d'infiltration dans les bassins d'eaux de ruissellement, ils ne réduisent pas suffisamment la quantité totale de ruissellement généré. Le scénario de crédit maximal en fait davantage pour restaurer l'équilibre hydrique naturel en réduisant le volume total de ruissellement.
- Il est plus facile d'offrir plus d'occasions de réduire l'infiltration et le débit entrant et d'inclure la récolte d'eau de pluie en optimisant le scénario de crédit maximal que celui de propriété publique.
- Le crédit de scénario maximal permet de partager les coûts, ce qui n'est pas le cas de celui de propriété publique.

Le **Tableau 34** résume l'efficacité des scénarios de crédit maximal et de propriété publique au chapitre des résultats pour la gestion des eaux de ruissellement.

Tableau 34 : Comparaison de l'efficacité par hectare des scénarios de crédit maximal et de propriété publique pour répondre aux critères de gestion des eaux de ruissellement

| Critères relatifs aux eaux de ruissellement | Scénario de crédit maximal | Scénario de propriété publique |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| Atténue le risque d'inondation fluviale *† | Oui | Oui |
| Atténue le risque d'inondation urbain † | Oui | Non |
| Améliore la qualité de l'eau : élimine 80 pour cent du total de solides en suspension | Oui | Oui |
| Améliore la qualité de l'eau : atténue la chaleur | Oui | Non |
| Contrôle l'érosion | Oui | Oui |
| Améliore l'équilibre hydrique/réduit le volume de ruissellement | Oui | Non |

*Dans les bassins hydrographiques urbains plus petits, l'IVER distribuée, si appliquée à grande échelle et conçue pour recueillir les débits de système majeur, peut atténuer le risque d'inondation pluviale.

† Consulter le glossaire pour obtenir la définition de ces termes.

En 2018, le secteur de l'**infrastructure verte** de l'Ontario est responsable :

- de générer des revenus de production brute de 8,6 milliards \$;
- de créer un produit intérieur brut direct de 4,6 milliards \$;
- d'employer plus de 121 000 personnes (84 400 emplois directs).

De plus, les mesures d'atténuation du climat offrent un retour sur investissement de 6:1 (économie de 6 \$ en frais relatifs aux dommages pour chaque 1 \$ dépensé); et des investissements en infrastructure naturelle, comme les terres humides, peuvent réduire les frais relatifs aux dommages de 29 % dans les régions rurales et de 38 % dans les régions urbaines (Green Infrastructure Ontario, 2020).

8.5 Utiliser la stratégie

Un programme incitatif pour mises aux normes d'IVER sur propriétés IC&I devrait aborder deux enjeux :

- l'incitation financière qu'il faudrait offrir aux propriétaires fonciers pour écourter les périodes de remboursement à des niveaux acceptables;

- la manière selon laquelle les municipalités peuvent assurer l'accès, l'entretien et la protection relatifs aux installations d'IVER construites en vertu d'un programme incitatif, et ce, tout au long de leur cycle de vie.

8.5.1 Analyse de la période de remboursement : à quoi ressembleraient des mesures incitatives adéquates?

Les longues périodes de remboursement constituent un obstacle financier aux propriétaires non résidentiels qui souhaitent tirer profit des programmes de crédit d'eaux de ruissellement (CVC, 2016; CVC, 2018; ville de Waterloo, 2019). C'est pour cette raison que de tels programmes dans d'autres juridictions n'ont pas connu une popularité à grande échelle. Toutefois, le programme de crédit pour eaux de ruissellement de Mississauga ne visait pas cet objectif; il voulait plutôt offrir une compensation financière aux promoteurs immobiliers afin qu'ils satisfassent aux exigences de la ville en matière d'aménagement et aux propriétaires fonciers qui veulent dédier temps et ressources aux initiatives relatives aux eaux de ruissellement.

Le but, ici, est d'examiner ce que devrait offrir un programme incitatif pour motiver une adhésion à grande échelle de la part des propriétaires de propriété privée.

Il faut réaliser trois étapes principales pour définir la période de remboursement pour les propriétaires fonciers de la région à l'étude dans le cadre du scénario de crédit maximal :

1. Déterminer l'investissement initial exigé de chaque propriétaire foncier afin de mettre en œuvre le concept commun.
2. Déterminer la somme que recevrait chaque propriétaire foncier, annuellement, sous forme de crédits d'eaux de ruissellement.
3. Diviser les coûts initiaux par le crédit annuel reçu.

Parce que les concepts sont communs, comprenant plusieurs propriétés qui utilisent des installations d'IVER communes, nous avons dû élaborer une approche de partage des coûts qui alloue des coûts à chaque propriétaire foncier en fonction de sa contribution respective aux installations afin de déterminer l'investissement initial que chacun doit effectuer (étape 1).

Les ingénieurs qui travaillent en vertu de la *Loi sur le drainage* de l'Ontario ont préparé une méthodologie cohérente et juste de partage de coûts entre les propriétaires fonciers ruraux. Nous l'avons adaptée et élargie pour les mises aux normes d'IVER en région urbaine.

8.5.2 Partage des coûts avec les propriétaires fonciers : période de remboursement

Les travaux construits en vertu de la *Loi sur le drainage* de l'Ontario sont, en réalité, une infrastructure payée par les utilisateurs (voir la **Section 4.4.2**). Si les municipalités offrent le financement initial, tant pour les coûts d'investissement que d'entretien, elles les recouvrent en facturant à chaque propriété touchée une partie des coûts du projet, et ce, en fonction de l'avantage qu'elle en tire. La municipalité calcule la part de chacun à l'aide d'un ensemble de tableaux (appelés barèmes d'évaluation) préparé par l'ingénieur du projet.

La *Loi sur le drainage* (articles 21 à 28) précise comment les ingénieurs en drainage doivent répartir les coûts auprès des propriétaires fonciers touchés. Ces professionnels ont élaboré une méthodologie robuste pour satisfaire à ces exigences de partage des coûts de manière équitable pour tous les propriétaires fonciers (ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales, 2018, p. 81). Les méthodes et les principes qui les sous-tendent sont assez simples. Toutefois, il devient rapidement plus complexe de les adapter à la méthodologie de la *Loi sur le drainage* lorsqu'il faut les appliquer à un schéma de drainage dans une zone urbaine comptant plusieurs drains secondaires, plusieurs propriétés par drain, des couvertures terrestres variées, des connexions pluviales possibles à l'égout sanitaire, des systèmes majeur et mineur divergents ainsi que des structures différentes pour le transport, la qualité de l'eau et son stockage.

Comme le montre la **Figure 60**, la plupart des propriétés contribuent au ruissellement de plus d'un drain; quatre drains sur cinq ont un drainage divisé où le système mineur coule d'un côté et le majeur, d'un autre. Dans un souci de simplicité, nous abordons ici les trois principes principaux de la méthodologie et donnons les résultats de notre mise en application du processus ci-après.

Les principes sont les suivants :

1. Partage de coûts proportionnel. Les propriétaires fonciers dont les propriétés utilisent les travaux de drainage devraient en déboursier le coût proportionnellement au ruissellement généré par leurs propriétés, à la distance qu'il doit parcourir et aux installations présentes sur leurs propriétés respectives pour transporter, atténuer, stocker et traiter ce ruissellement.
2. Partage de coûts en fonction de l'avantage. Les parties prenantes, y compris les propriétaires fonciers dont les propriétés ont vu leur valeur s'accroître ou qui sont plus faciles à entretenir, devraient payer pour les travaux de drainage en fonction de la valeur financière dont ils bénéficieront.

3. Partage équitable des coûts. Les deux types de partage des coûts doivent être équitables.

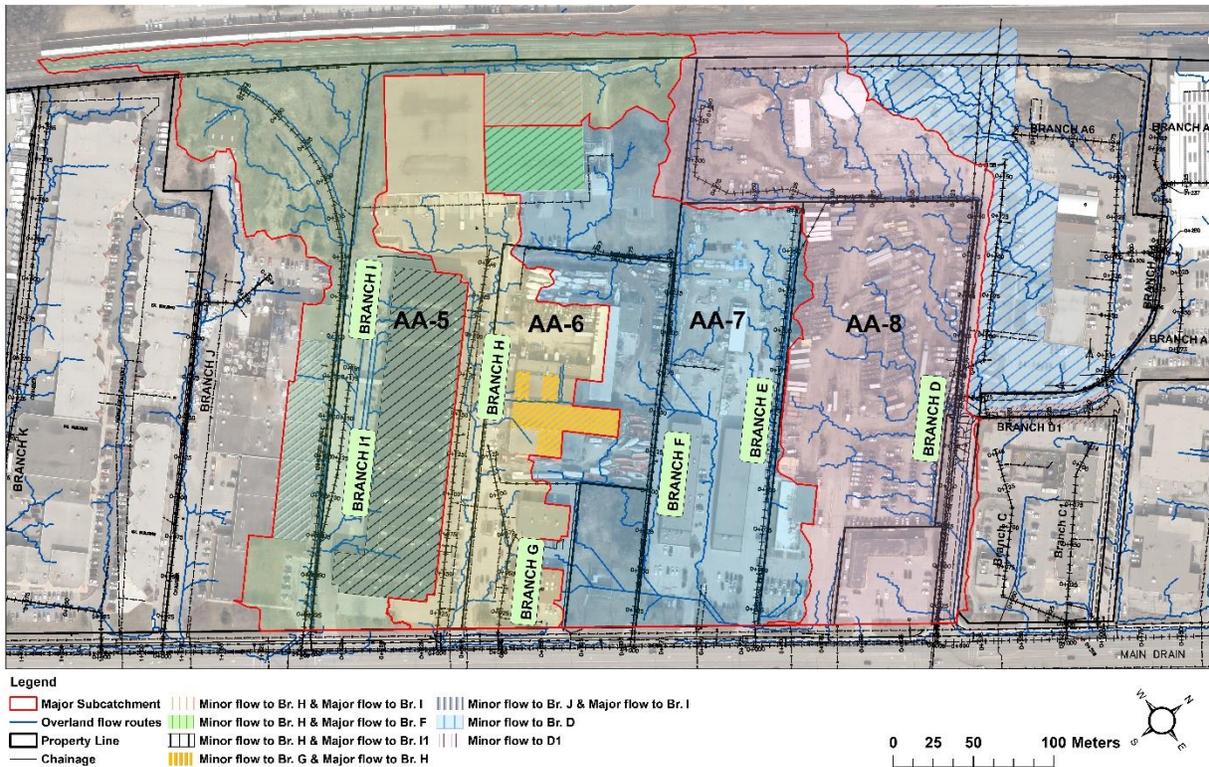


Figure 60 : Drains secondaires de D à I, avec limites de propriété et drainage divisé.

Les ingénieurs de projets se servent des deux premiers principes pour diviser le coût total et répartir les contributions des propriétaires fonciers. Par exemple, une moitié des coûts d'investissement pourrait être déterminée par la quantité de ruissellement généré par chaque propriété et l'autre, par l'avantage estimé pour chaque propriété. Pour définir les périodes de remboursement pour les propriétaires fonciers, nous avons supposé que ces derniers sont les seuls contributeurs financiers et que les coûts d'investissement totaux du projet sont divisés proportionnellement en fonction du principe de partage proportionnel des coûts.

Pour calculer le montant de crédit d'eaux de ruissellement dont bénéficiera chaque propriétaire foncier, nous avons utilisé le taux de facturation de Mississauga, lequel était, en 2020, de 108,20 \$ par superficie imperméable de 267 mètres². Nous avons ensuite divisé par 267 la région imperméable totale pour multiplier ce résultat par le taux de facturation. Le fait de diviser ce résultat en deux nous a donné le montant qu'il est attendu que chaque propriétaire foncier

recevra sous forme de crédits d'eaux de ruissellement pour les travaux suggérés selon le concept de crédit maximal. Le **Tableau 35** présente les résultats de ces calculs.

Tableau 35 : Analyse de la période de remboursement pour les propriétés qui utilisent les drains D à I

| Propriété | Drains secondaires utilisés | Coût d'investissement par propriété *† (\$) | Crédit annuel (\$)† | Période de remboursement (années) |
|----------------------|-----------------------------|---|---------------------|-----------------------------------|
| P-5 | I | 162 900 | 886 | 184 |
| P-6 | D, F, et G/H | 837 800 | 10 242 | 82 |
| P-7 | F et G/H | 414 400 | 3 583 | 116 |
| P-8 | F | 54 000 | 140 | 385 |
| P-9 | D | 433 300 | 5 160 | 84 |
| P-10 | D, E, et F | 500 800 | 3 362 | 149 |
| P-11 | D et E | 572 400 | 4 457 | 128 |
| P-12 | D | 1 300 | 0 | – |
| P-13 | D | 8 700 | 147 | 58 |
| P-14 | D et I | 183 200 | 407 | 450 |
| Total/moyenne | | 3 168 800 | 28 400 | 112 |

* Construction, ingénierie, administration et taxe de vente harmonisée (TVH).

† Le total des colonnes pourrait ne pas être exact en raison de l'arrondissement.

Pour mettre les choses en contexte, une étude de marché réalisée par CVC a indiqué que les propriétaires fonciers s'attendent, généralement, à une période de remboursement de 2 à 3 ans pour les coûts d'investissement, comme des améliorations à la gestion des eaux de ruissellement ou des mesures de conservation d'énergie (CVC, 2016, p. 16). La recherche menée par la ville de Waterloo pour son plan directeur relatif aux eaux de ruissellement fixe à 5 ans l'attente normalisée et à 20 ans la période maximale (ville de Waterloo, 2019, p. 13). De toute évidence, la période de remboursement moyenne de 112 ans présentée dans le **Tableau 35** ne satisfait pas à ces exigences.

8.5.3 Partage des coûts entre les propriétaires fonciers et le secteur public

Nous avons ensuite examiné quel devrait être le montant d'une subvention unique pour réduire les périodes de remboursement des coûts d'investissement à un niveau acceptable. Pour y arriver, nous avons simplement appliqué des pourcentages aux coûts d'investissement totaux

sous forme de subvention et nous avons recalculé la période de remboursement à l'aide des mêmes méthodes expliquées à la **Section 8.5.2**. Les montants de subvention évalués étaient de 85, 90 et 95 pour cent (voir **Tableau 36**). Chaque propriétaire foncier recevrait le même crédit d'eaux de ruissellement que dans le **Tableau 35**.

Tableau 36 : Subventions de capital requises pour satisfaire aux exigences de période de remboursement des propriétaires fonciers

| Coûts d'investissement totaux* : 3 168 600 \$ | | | |
|---|-----------------------------------|-----------|-----------|
| Pourcentage de la subvention (%) | 85 | 90 | 95 |
| Montant total de la subvention (\$) | 2 693 300 | 2 851 800 | 3 010 200 |
| Montant de la subvention par hectare (\$) | 145 600 | 154 200 | 162 700 |
| Propriété | Période de remboursement (années) | | |
| P-5 | 28 | 18 | 9 |
| P-6 | 12 | 8 | 4 |
| P-7 | 17 | 12 | 6 |
| P-8 | 58 | 38 | 19 |
| P-9 | 13 | 8 | 4 |
| P-10 | 22 | 15 | 7 |
| P-11 | 19 | 13 | 6 |
| P-12 | – | – | – |
| P-13 | 9 | 6 | 3 |
| P-14 | 68 | 45 | 23 |

* Construction, ingénierie, administration, taxe de vente harmonisée (TVH) et allocations.

Comme l'illustre le Error! Reference source not found., une subvention de 95 pour cent ramènerait la période de remboursement en deçà de 20 ans pour tous les propriétaires fonciers, sauf 1; celle de 90 pour cent, en deçà de 20 ans pour tous, sauf 2; celle de 85 pour cent, en deçà de 20 ans pour tous, sauf 4.

Souvenons-nous que le scénario de propriété publique coûterait 377 000 \$ l'hectare en coûts de cycle de la vie et 326 000 \$ l'hectare en coûts d'investissements. Si l'on suppose une subvention de 90 pour cent aux propriétaires fonciers dans le cadre du scénario de crédit maximal, les coûts d'investissement pour l'organisme seraient de 154 200 \$ uniquement l'hectare, soit moins de la moitié des coûts d'investissement du scénario de propriété publique.

8.5.4 Obtention d'investissement : accords avec les propriétaires fonciers

Historiquement, les municipalités ont fourni les services d'eaux de ruissellement sur propriété publique, là où elles contrôlaient les actifs et où elles n'avaient pas à se reposer sur le secteur privé (ou d'autres organismes publics) pour assurer l'exploitation de ces installations telles qu'elles ont été conçues. Les programmes de crédit existants montrent comment encourager l'adhésion des propriétaires fonciers privés ou pour permettre aux municipalités d'effectuer l'entretien.

Dans tous les programmes de crédit que nous avons examinés, les propriétaires fonciers prennent une part de responsabilité juridique pour l'entretien continu des installations par le biais de règlements, de droits de passage ou de contrats.

Mississauga exige des bénéficiaires de crédit d'eaux de ruissellement qu'ils gardent leurs installations en bon état. La ville se réserve également le droit de pénétrer sur les propriétés pour effectuer des inspections. Si elle découvre que l'installation ne fonctionne pas conformément à la description dans la demande de crédit d'eaux de ruissellement, ou si l'accès à la propriété est interdit, le bénéficiaire du crédit doit rembourser le montant total de crédit reçu depuis que la demande a été approuvée (ville de Mississauga, *Stormwater Fees and Charges*, règlement 0135-2015). Les bénéficiaires de crédit doivent renouveler leurs demandes aux cinq ans et leur demande doit comprendre des journaux d'inspection et d'entretien ainsi que les changements prévus aux procédures d'entretien.

Le GARP de Philadelphie dispose de mesures semblables et s'assure que les bénéficiaires de subventions de capital et de réductions continues de crédit d'eaux de ruissellement effectuent l'entretien de leurs installations tout au long du cycle de leur vie, plutôt que selon un système cyclique. Lorsqu'ils reçoivent leurs subventions en vertu du GARP, les propriétaires fonciers doivent enregistrer un droit de passage ou une restriction sur le titre de leur propriété de telle manière que l'offre d'exploitation et d'entretien dans la demande soit enregistrée à l'égard de la propriété. Si elle change de main, le nouveau propriétaire est alors lié par la même entente. Le

terme du droit de passage doit s'appliquer à la propriété pour la durée de vie utile de l'infrastructure ou 45 ans, selon la durée la plus longue. Les bénéficiaires du GARP qui ne satisfont pas à ces modalités d'engagements au chapitre de l'entretien doivent rembourser la subvention en entier (Philadelphia Water Department, 2018).

Outre les enjeux juridiques, un programme incitatif bien ficelé constituerait une motivation financière suffisante pour que les propriétaires fonciers gardent leurs installations en bon état. Une fois les coûts d'investissement couverts par une subvention unique et des réductions continues de crédit d'eaux de ruissellement selon l'offre, et ce, tant que le montant de la réduction n'excède pas le coût d'entretien des installations en question, le propriétaire a tout intérêt — financièrement — à le faire.

8.5.5 Obtention d'investissement en Ontario : servitudes et protection légale en vertu de la Loi sur le drainage

La *Loi sur le drainage* est extrêmement utile pour aider les municipalités ontariennes à mettre aux normes les propriétés IC&I sur propriété privée dans les aménagements patrimoniaux. Pensez au fonctionnement de la loi¹⁴ pour comprendre pourquoi : en common law, les eaux de surface n'ont aucun droit de drainage (Cameron, 1978). Si un lot de terrain en amont ne se trouve pas sur le bord d'un cours d'eau naturel ou si un propriétaire foncier en aval refuse le ruissellement du lot par la création d'une berme, le propriétaire foncier en amont n'a aucun recours juridique. La *Loi sur le drainage* permet aux propriétaires fonciers sans accès à un cours d'eau naturel pour le drainage d'y accéder par le biais d'une autre de leurs propriétés. Ils y arrivent en demandant à la municipalité locale un drainage amélioré. Ainsi, les propriétaires fonciers, publics ou privés, peuvent collaborer au drainage mutuellement avantageux sur leurs propriétés respectives.

En résumé :

1. Les propriétaires fonciers (publics ou privés) demandent à leur municipalité un drainage amélioré.
2. La municipalité nomme un ingénieur en drainage pour étudier la demande.

¹⁴ Pour obtenir plus d'information sur les avantages de recourir à la *Loi sur le drainage* pour les IVER urbaines, consultez *A Guide for Engineers Working Under the Drainage Act in Ontario* (OMAFRA, 2018, publication 852), le livre blanc *Making Green Infrastructure Mainstream* (CVC, 2017) et *The Drainage Act Approach to Urban Retrofits* (CVC, à venir).

3. S'il détermine que la demande est valide, il conçoit les travaux de drainage nécessaires et crée des tableaux (appelés barèmes d'évaluation) pour que le partage des coûts comprenne un rapport de drainage.
4. Après plusieurs lectures et occasions offertes aux propriétaires fonciers pour en faire appel de leur coût d'évaluation, le rapport de drainage est adopté en tant que règlement.

Résultat de ce processus : drainage commun sur propriété privée, géré par la municipalité. Les propriétaires fonciers (publics et privés) qui se servent du drain et qui en bénéficient partagent le fardeau financier, et ce, tant pour les coûts d'investissement que d'exploitation et d'entretien. Les avantages pour les municipalités qui se servent de la *Loi sur le drainage* comprennent :

- un cadre de travail robuste pour le partage des coûts;
- une infrastructure communautaire, payée à l'utilisation;
- des travaux construits en vertu de la loi protégés par un règlement;
- un accès légal à la propriété privée aux fins d'entretien;
- la moitié des frais du superintendant du drainage payée par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales.

Une fois construits, ces drains municipaux sont dotés d'une protection légale et les changements de propriétaire n'ont aucun effet sur le statut légal des travaux de drain.

8.5.6 Comptabilisation de la valeur du terrain : allocations en vertu de la Loi sur le drainage

L'obtention de cette protection légale a un coût. Les municipalités accèdent à un droit de passage sur les terres privées afin de construire et d'entretenir les travaux de drainage. Parce que les propriétaires fonciers ne peuvent pas interférer avec ces travaux par la suite, ils doivent être dédommagés pour la valeur du terrain qui sert aux travaux de drainage (*Loi sur le drainage*, articles 29 à 33, O'Brien, 2010). Ces paiements, appelés allocations, couvrent l'accès futur aux fins d'entretien et pour les dommages subis en cours de construction; ils font partie d'un coût d'investissement supplémentaire et sont partagés par les propriétaires fonciers qui se servent du drainage conformément aux principes de partage des coûts présentés à la **Section 8.5.2**.

En consultation avec les ingénieurs en drainage forts d'une grande expérience de travail en vertu de la *Loi sur le drainage*, nous avons calculé les allocations requises pour construire les

installations d'IVER décrites dans le scénario de crédit maximal et les avons ajoutées en tant que coûts d'investissement. Les allocations représentent 1 580 800 \$ supplémentaires et le coût d'investissement par hectare est de 274 200 \$, comparativement à 326 000 \$ pour le scénario de propriété publique.

Error! Reference source not found. recalcule les subventions nécessaires pour écourter les périodes de remboursement à des niveaux raisonnables lorsque les allocations sont incluses. Lorsqu'on tient compte du partage de coûts, il en coûte entre 206 400 \$ et 230 700 \$ l'hectare à l'organisme qui octroie la subvention.

Tableau 37 : Subventions en capital requises pour répondre aux exigences de la période de remboursement des propriétaires fonciers lorsqu'on inclut les allocations en tant que coûts d'investissement

| Coûts d'investissement totaux* : 4 719 800 \$ | | | |
|---|-----------------------------------|-----------|-----------|
| Pourcentage de la subvention (%) | 85 | 90 | 95 |
| Montant total de la subvention (\$) | 4 011 800 | 4 247 800 | 4 483 800 |
| Montant de la subvention à l'hectare (\$) | 233 100 | 246 800 | 260 500 |
| Propriété | Période de remboursement (années) | | |
| P-5 | 53 | 35 | 18 |
| P-6 | 19 | 13 | 6 |
| P-7 | 22 | 15 | 7 |
| P-8 | 67 | 44 | 22 |
| P-9 | 22 | 15 | 7 |
| P-10 | 29 | 19 | 10 |
| P-11 | 23 | 15 | 8 |
| P-12 | - | - | - |
| P-13 | 17 | 11 | 6 |
| P-14 | 160 | 107 | 53 |

* Construction, ingénierie, administration, taxe de vente harmonisée (TVH) et allocations.

Si le fait de payer des allocations aux propriétaires fonciers accroît les coûts d'investissement des travaux, les municipalités, en contrepartie, gagnent un droit de passage qu'il n'est pas nécessaire d'inscrire sur le titre de la propriété et qui n'a pas de date de péremption. Cela signifie que la municipalité a le droit, légalement, et l'obligation équivalente, d'entretenir toute installation d'IVER construite sur une propriété privée en vertu de la *Loi sur le drainage*.

8.6 Conclusion

La comparaison entre l'IVER sur propriété privée et les bassins humides d'eaux de ruissellement sur propriété publique conclut que les mises aux normes d'IVER sur propriété privée constituent une solution rentable de gestion des eaux de ruissellement. La modélisation de la gestion de l'eau du scénario de crédit maximal à l'aide du logiciel PCSWMM démontre que, d'un point de vue technique, sa conception est faisable; d'un point de vue financier, il coûterait beaucoup moins cher que le concept de propriété publique.

Le projet se poursuit. Nous travaillons à la création d'un autre concept pour la région à l'étude appelé scénario de conception d'eau unique. Il se fonde sur celui du crédit maximal et a pour objectif principal de recueillir, d'infiltrer ou d'évaporer plus que la moyenne de pluie annuelle recueillie dans le cadre du scénario de crédit maximal afin d'améliorer davantage l'équilibre hydrique de la région. Il ajoute également la récolte de l'eau et la déconnexion directe à l'égout sanitaire, et ce, par le biais de la plantation d'arbres, la renaturalisation des zones forestières existantes, la conversion de rigoles gazonnées renforcées en biorétention linéaire, l'intégration de mesures de conservation de l'eau et l'augmentation de la capacité d'infiltration des systèmes de chambre.

Une fois le scénario d'eau unique terminé, il faudra en confirmer les coûts et le rendement définis à la **Section 8.4** dans le cadre d'une étude de mise en œuvre qui en démontre le bien-fondé pour un des deux scénarios de conception sur propriété privée.

La région à l'étude est, en soi, représentative des quartiers IC&I des aménagements patrimoniaux à l'échelle du pays : couverture terrestre hautement imperméable sans traitement de la qualité ou de la quantité d'eau sur place. Nos évaluations peignent une image raisonnablement précise du coût de la mise aux normes de quartiers IC&I semblables au pays.

Traditionnellement, les municipalités fournissent les services d'eaux de ruissellement sur propriété publique. Elles ont le contrôle direct de ces actifs et n'ont pas besoin de s'en remettre au secteur privé pour exploiter les installations d'eaux de ruissellement telles qu'elles sont conçues. Toutefois, la rentabilité de la mise aux normes d'IVER sur propriété privée signifie que les municipalités devraient étudier la possibilité d'établir des partenariats public-privé comme

*Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant :
améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement*

solution de recharge réalisable afin de réduire les DÉU et d'améliorer la gestion des eaux de ruissellement dans les aménagements patrimoniaux.

9.0 GLOSSAIRE

Aménagements patrimoniaux : régions urbaines construites avant que des contrôles de qualité et de quantité soient exigés pour les nouveaux aménagements au Canada. Généralement, ils ne possèdent que des infrastructures qui transportent les eaux de ruissellement depuis les accumulations vers les plans d'eau récepteurs.

Analyse de rentabilisation : une justification financière, économique ou scientifique de l'investissement public pour « produire des résultats précis à l'appui de l'objectif d'une politique gouvernementale » (gouvernement du Canada, 2020).

Avantages connexes : effets positifs de l'IVER qui ne sont pas directement reliés aux objectifs de gestion d'eaux de ruissellement traditionnels. Ils comprennent l'élimination de la pollution atmosphérique, la réduction de l'effet d'**îlot thermique urbain**, la création d'habitats, les économies énergétiques et la réduction de gaz à effet de serre.

Averse de projet Chicago ou **Méthode Chicago** : ces méthodes de modélisation peuvent servir dans diverses régions. Elles utilisent des renseignements historiques de pluie pour évaluer l'intensité de la pluie au fil du temps. Exemple issu de la ville de Mississauga : tempête de 3 heures, où environ 74 mm de pluie sont tombés en 3 heures.

Bassin hydrographique : en **hydrologie**, il s'agit d'un territoire qui draine la pluie vers un point unique. L'eau quitte le bassin hydrographique à cet endroit. Si un territoire draine l'eau vers un tuyau ou une sortie unique, il peut être défini comme un bassin hydrographique. Les **sous-bassins hydrographiques** sont des bassins hydrographiques au sein d'autres, plus gros. Les chercheurs utilisent ces termes itérativement, selon l'échelle à laquelle ils travaillent. Dans les zones urbaines, les bassins et sous-bassins hydrographiques font habituellement référence au système d'égout pluvial municipal. À la plus petite échelle, même les petites dépressions de surfaces (des flaques, en fait) peuvent constituer des sous-bassins hydrographiques.

Bassin sec : une zone découverte qui peut servir à retenir les eaux de ruissellement lors de tempêtes intenses. Les bassins secs peuvent également servir de terrains de soccer ou de baseball, de parcs publics, de forêts urbaines et d'espaces pour les événements culturels extérieurs.

Biorétention : une pratique d'**IVER** qui se sert du sol et de la végétation pour saisir, filtrer, infiltrer et **évapotranspirer** les eaux de ruissellement. La complexité de cette pratique varie selon les types de sol, les objectifs du projet et les ressources disponibles — des dépressions paysagées simples aux systèmes complexes comprenant revêtements imperméables, couches de stockage de gravier, mélanges de sols particuliers et drains de sortie.

Chambres d'infiltration : chambres de stockage souterraines conçues pour capturer de grands volumes d'eaux de ruissellement. Elles réduisent les risques d'inondation et permettent aux précipitations, comme la pluie et la fonte des neiges, d'entrer dans la terre et de s'**infiltrer** sous les surfaces dures comme les terrains de stationnement.

Chaussées perméables : un type de pratique d'**IVER** qui permet aux précipitations de s'infiltrer dans les pores de la surface (bitume et béton perméables) ou par les joints entre les pavés.

Cible de contrôle du volume de ruissellement (CCVR) : une exigence selon laquelle les systèmes d'eaux de ruissellement doivent capturer et retenir la première portion de précipitation (pluie) lors d'une averse. Le fait de retenir cette portion prédéterminée empêche l'eau de pénétrer dans le réseau d'égout pluvial canalisé sous forme de **ruissellement**.

Collecte des eaux de pluie : l'utilisation d'eau de pluie capturée pour des fins non potables afin de compenser l'utilisation d'eau potable.

Contrôle du débit de pointe : réduction du débit maximal de **ruissellement** provenant d'une zone de drainage pendant une tempête à l'aide de technologies de gestion des eaux de ruissellement (p. ex., bassins d'eaux de ruissellement, **IVER**).

Coûts d'opportunité : les gains économiques ou financiers prévus à la suite du choix d'une possibilité parmi un ensemble d'options mutuellement exclusives.

Cycle de l'eau : le mouvement continu d'eau depuis les océans jusqu'à l'atmosphère (par évaporation), de l'atmosphère au sol (par condensation et précipitation), et de la terre à la mer (par voie souterraine et fluviale), aussi appelé le **cycle hydrologique**.

Cycle hydrologique : la circulation de l'eau depuis l'atmosphère vers la Terre, en boucle, par le biais de précipitation, de **ruissellement**, d'**infiltration**, de débit souterrain et d'**évapotranspiration**. Voir **équilibre hydrique**.

Débit entrant et infiltration : il y a débit entrant et infiltration lorsque les eaux de ruissellement entrent dans le système d'égout sanitaire, que ce soit par les trous d'accès pour l'entretien (débit entrant) ou par des tuyaux fendus souterrains (infiltration).

Débordement d'égout unitaire (DÉU) : lorsque les **réseaux d'égout unitaire** débordent ou lorsque les usines de traitement des eaux usées détournent les flux entrants, les eaux usées non traitées sont déversées vers des eaux réceptrices.

Eau unique : une telle approche aborde le cycle hydrique complet sous toutes ses formes — eau potable, eaux usées, eau de pluie, eau de surface et eau souterraine (ville de Vancouver, 2019).

Effet d'îlot thermique urbain : parce que les zones urbaines sont couvertes de surfaces qui retiennent la chaleur (béton, brique, bitume), les températures y sont plus élevées que dans les zones rurales ou naturelles avoisinantes. Qui plus est, parce qu'il y a peu de végétation, elles ne bénéficient pas des effets rafraîchissants de l'**évapotranspiration**.

Engorgement : accumulation indésirable d'eaux de ruissellement dans des dépressions de surface ou sur les toits.

Équilibre hydrique : la comptabilisation du débit d'eau entrant (précipitation) et sortant dans un système selon les composants du **cycle hydrologique** (précipitation, **ruissellement**, **infiltration**, débit souterrain et **évapotranspiration**). Les précipitations sur les zones naturelles génèrent peu de ruissellement et de grandes quantités d'infiltration alors que lorsqu'elles se produisent sur des zones très imperméables (p. ex., zones urbaines), elles génèrent beaucoup de ruissellement et peu d'infiltration.

État initial des lieux : l'état **hydrologique** naturel du terrain avant la réalisation de tout établissement ou aménagement humain. La gestion efficace des eaux de ruissellement exige que les **débîts de pointe** après l'aménagement correspondent à ceux en vigueur préalablement. Au moment de modéliser l'état préalable à l'aménagement de la ville de Mississauga, les

paramètres d'**infiltration** du sol et le pourcentage d'imperméabilité sont définis pour atteindre un coefficient de ruissellement volumétrique de 0,25 pour un intervalle de récurrence de 100 ans.

Évapotranspiration : la perte combinée d'eau de la terre et des plans d'eau par l'évaporation et des plantes par transpiration.

Hydraulique : l'étude du débit d'eau dans les tuyaux et canaux, comme les rivières.

Hydrologie : l'étude de l'eau sur la surface de la Terre, sur ou sous le sol.

Infiltration : le passage (ou la pénétration) de l'eau à travers la surface du sol.

Infrastructure grise d'eaux de ruissellement : elle utilise des installations centralisées, habituellement des bassins d'eaux de ruissellement comme des murets, des puisards et des tuyaux, et sert très peu à rétablir le **cycle hydrique**. Dans les **aménagements patrimoniaux**, les systèmes gris d'eaux de ruissellement recueillent cette dernière à même les courants d'eau, sans traitement de la qualité ni vérification de la quantité.

Infrastructure verte d'eau de pluie (IVEP) : un ensemble d'outils de gestion des eaux de ruissellement qui repose à la fois sur des solutions naturelles et techniques pour protéger, restaurer et imiter le **cycle de l'eau**. Il s'agit de l'expression qu'utilise la ville de Vancouver pour parler d'**IVER**.

Infrastructure verte d'eaux de ruissellement (IVER) : également appelée aménagement à faible impact (AFI), l'infrastructure verte d'eaux de ruissellement est une stratégie de gestion d'eaux de ruissellement qui cherche à atténuer les conséquences de la pollution accrue du **ruissellement** et des eaux de ruissellement. Les pratiques d'IVER gèrent le ruissellement le plus près possible de la source afin de préserver ou de restaurer les fonctions **hydrologiques** et écologiques préalables à l'aménagement. Pour préserver les fonctions en place avant l'aménagement, l'IVER utilise un concept visant à minimiser le ruissellement et à protéger les tracés du réseau hydrographique. Pour les restaurer, elle utilise des pratiques structurelles distribuées pour filtrer, retenir, **infiltrer**, **évapotranspirer** et **recueillir les eaux de ruissellement**. Les pratiques d'IVER peuvent éliminer efficacement les sédiments, les nutriments,

les pathogènes et les métaux du ruissellement ainsi que réduire le volume et l'intensité des débits d'eaux de ruissellement.

Infrastructure verte : il s'agit des systèmes végétatifs naturels et des technologies vertes qui, ensemble, offrent à la société une multitude de bienfaits de nature économique, environnementale et sociale.

Inondation de surface : elle se produit lorsque l'eau atteint une ouverture (p. ex., une fenêtre de sous-sol) d'un bâtiment ou inonde des véhicules, détruit l'aménagement paysager, etc.

Inondation fluviale : elle se produit lorsqu'une rivière déborde de ses rives et que l'eau se rend sur la plaine inondable.

Inondation urbaine : aussi appelée « inondation pluviale », elle comprend l'inondation de surface et la **surcharge d'égout sanitaire**. Elle résulte d'une pluie intense ou prolongée en zones urbaines qui dépasse la capacité du système de gestion de l'eau de pluie et inonde les terres basses. Elle peut causer des dommages de diverses manières, principalement par le refoulement d'égout sanitaire (en raison du **débit entrant** et de l'**infiltration**) et des eaux de ruissellement qui entrent directement dans les immeubles.

Pollution par les nutriments : elle se produit lorsqu'une trop grande quantité de nutriments, principalement l'azote et le phosphore, sont ajoutés aux plans d'eau et causent une croissance excessive d'algues. Ces éclosions consomment les nutriments excédentaires et meurent rapidement. Leur décomposition a pour effet de créer de faibles niveaux d'oxygène dissous dans l'eau, ce qui peut tuer la faune aquatique.

Redevances relatives à l'eau de pluie : des frais annuels facturés aux propriétaires fonciers par les municipalités pour les services d'eaux de ruissellement. Ils sont distincts des taxes immobilières générales et constituent une source de revenus dédiée à l'entretien, au fonctionnement et à la revitalisation de l'infrastructure des eaux de ruissellement.

Réseau d'égout unitaire : un réseau d'égout qui recueille et transporte à la fois eaux de ruissellement et eaux usées.

Rétention temporaire : le stockage temporaire d'eaux de ruissellement pour contrôler les débits d'écoulement et permettre la sédimentation. Les eaux de ruissellement retenues sont libérées lentement sous forme de **ruissellement** ou d'écoulement fluvial. Les installations qui retiennent les eaux de ruissellement n'aident pas à rétablir l'**équilibre hydrique**. Voir **cycle hydrologique** et **équilibre hydrique**.

Rétention : la capture d'eaux de ruissellement pour la filtration, l'**infiltration** et l'**évapotranspiration**. Les eaux de ruissellement retenues ne deviennent pas un ruissellement ni de l'écoulement fluvial (contrairement aux eaux de ruissellement retenues, voir **rétention temporaire**). Le fait de retenir les eaux de ruissellement aide à restaurer un **équilibre hydrique** naturel.

Rigoles gazonnées renforcées : aussi appelées rigoles végétalisées renforcées, elles constituent des canaux ouverts recouverts de plantes et sont conçues pour amener, traiter et atténuer le **ruissellement** d'eaux de ruissellement.

Ruissellement : eau de pluie qui coule sur les surfaces dures, comme les toits et routes, au lieu de s'**infiltrer** dans le sol. Le ruissellement urbain transporte des métaux lourds, des nutriments, des bactéries et d'autres polluants dans les cours d'eau, ce qui a un effet néfaste sur la vie humaine, animale et végétale.

Séparateur d'huiles et de sédiments : un type de technologie de gestion des eaux de ruissellement qui les traite principalement par gravité pour éliminer les poussières sédimentables, suivi d'une phase de séparation pour retirer les matières flottantes (huiles libres et graisse) de l'eau.

Simulation continue : ces simulations modélisent des données de pluie observées à long terme afin de déterminer le comportement de l'eau et des contaminants dans une région donnée sur une longue période. Habituellement, ces modèles servent à évaluer la qualité de l'eau et l'équilibre hydrique.

Simulations d'événement : elles modélisent la réaction d'une région donnée à un événement de pluie unique (p. ex., 25 mm de pluie en 4 heures). Parfois, des simulations d'événement servent à déterminer la réaction d'un système à une averse de projet, soit un événement de pluie significatif d'une durée précise que les ingénieurs utilisent pour concevoir ou évaluer un

système de gestion des eaux de ruissellement. Les simulations d'événement permettent de déterminer le débit de pointe et le risque d'inondation.

Sous-bassin hydrographique : voir **bassin hydrographique**.

Sous-bassin : une zone urbaine qui draine les eaux de ruissellement dans un grand collecteur ou dans un exutoire. Voir également **bassin hydrographique**.

Surcharge d'égout sanitaire : la surcharge d'égout sanitaire se produit lorsque les systèmes d'eaux usées atteignent leur limite ou sont obstrués; par conséquent, l'eau est renflouée dans la conduite d'égout. Il peut en résulter un débordement des eaux d'égout dans les immeubles.

Système d'égout séparatif : régions qui disposent d'un système d'égout pour les eaux usées et un autre, distinct, pour les eaux de ruissellement.

Système d'exfiltration : une pratique d'**IVER** dans le cadre de laquelle le **ruissellement** de surface est recueilli par des canaux de prise de drain et conduit vers un tuyau perforé, habituellement entouré de gravier, pour ensuite **s'infiltrer** dans le sol indigène.

Système majeur, système mineur : dans les régions urbaines, le **système mineur** gère les débits des événements de tempête fréquents par le biais de systèmes de transport comme des tuyaux et des dénivellations. Des événements d'inondation de plus grande envergure surchargent le système mineur; par conséquent, l'eau suit un trajet de débit au-dessus du sol que l'on appelle **système majeur**. Les limites des **bassins hydrographiques** du système mineur et majeur peuvent être identiques ou différentes.

Taux d'actualisation : le taux d'intérêt utilisé pour déterminer la valeur actuelle de flux de trésorerie à venir.

Toit vert : une fine couche de végétation et de milieu de culture installée sur un toit plat ou en angle conventionnel afin de capturer et de traiter les eaux de ruissellement. On parle également de toits vivants ou de terrasses-jardins.

Total de solides en suspension : la quantité de matières sous forme de particules en suspension dans un échantillon d'eau (gouvernement du Canada, 2021).

*Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant :
améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement*

10.0 ABRÉVIATIONS

| | |
|---------|--|
| AFI | aménagement à faible impact |
| AIÉV | atténuation des inondations à l'échelle de la ville |
| CCVR | cible de contrôle du volume de ruissellement |
| CVC | Credit Valley Conservation |
| DA | droits d'aménagement |
| DAST | droits d'aménagement de structures technologiques |
| DÉU | débordement d'égout unitaire |
| F & E | fonctionnement et entretien |
| GARP | Greened Acre Retrofit Program |
| GER | gestion des eaux de ruissellement |
| IC&I | industriel, commercial et institutionnel |
| IVEP | infrastructure verte d'eau de pluie |
| IVER | infrastructure verte d'eaux de ruissellement |
| LSRCA | Lake Simcoe Region Conservation Authority |
| ODCC | outil de détermination des coûts de cycle de vie |
| PD-GIER | plan directeur de gestion intégrée des eaux de ruissellement |
| PRIER | plan intégré de ressources pour les eaux de ruissellement |
| RGR | rigole gazonnée renforcée |
| RGT | Région du grand Toronto |
| SHS | séparateur d'huiles et de sédiments |
| STEP | Sustainable Technologies Evaluation Program |
| TRCA | Toronto and Region Conservation Authority |
| TSS | total des solides en suspension |

11.0 CITATIONS

Cameron, J. Douglas, 1979. *Common Law and Land Drainage in Ontario*, Canadian Water Resources Journal, 4:2, 34-50

Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes, 2016. Consulté sur http://canadianinfrastructure.ca/downloads/Canadian_Infrastructure_Report_2016.pdf en juin 2020.

Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes, 2019. Consulté sur <http://canadianinfrastructure.ca/downloads/canadian-infrastructure-report-card-2019.pdf> en juin 2020.

Institut canadien des actuaires 2014. *Le risque de dommages causés par l'eau et la tarification de l'assurance des biens au Canada*. Consulté sur <https://www.cia-ica.ca/docs/default-source/2014/214020e.pdf> en septembre 2020.

CanInfra Challenge, 2017. *15 Things to Know about Canadian Infrastructure*. Consulté sur https://static1.squarespace.com/static/59c96387268b96752ffd6100/t/59d3ee32d7bdcef89793ae4/1507061319999/15_things_to_know.pdf en juin 2020.

CBC News, 2020. *Waterloo Region Fastest Growing Population in Canada, StatsCan data shows*. Consulté sur <https://www.cbc.ca/news/canada/kitchener-waterloo/waterloo-region-growth-statistics-canada-1.5464828>

Ville de Kitchener, 2010. *Stormwater Rate By-Law and Utility Implementation Report*. Consulté sur https://www.kitchener.ca/en/resourcesGeneral/Documents/DSD_ENG_Stormwater_RateBylawAndUtilityImplementation.pdf en mai 2020.

Ville de Kitchener, 2011. *Credit Policy Development – Memorandum #1 Introduction, Background (Including Research) and Purpose*. Consulté sur https://www.kitchener.ca/en/resourcesGeneral/Documents/DSD_ENG_Stormwater_Policy_Memo_1_BackgroundAndPurpose.pdf en mai 2020.

Ville de Kitchener, 2016a. *Integrated Stormwater Management Master Plan (ISWM-MP) Municipal Class Environmental Assessment—Final Report*. Consulté sur <https://www.kitchener.ca/en/city-services/stormwater-master-plan.aspx#Plan-development-and-community-consultation> en mai 2020.

Ville de Kitchener, 2016b. *Integrated Stormwater Management Master Plan (ISWM-MIP) Implementation Plan*. Consulté sur https://www.kitchener.ca/en/resourcesGeneral/Documents/DSD_ENG_StormwaterMasterPlan_Implementation-Plan.pdf en mai 2020.

Ville de Mississauga, 2015. *Stormwater Charge Credit Application Guidance Manual*. Consulté sur <http://www7.mississauga.ca/Departments/Marketing/stormwater/stormwater-charge/img/stormwater-credits-manual-0.1.pdf>

Ville de Mississauga, 2018. *Market Conditions*. Economic Development Office. Consulté sur http://www7.mississauga.ca/documents/business/2015/Market_Conditions.pdf en mai 2020.

Ville de Mississauga, 2019. *Climate Change Action Plan*. Consulté sur <https://yoursay.mississauga.ca/3673/documents/21472> en mai 2020.

Ville de Mississauga, 2020a. *Development Requirements Section 8: Storm Drainage Design Requirements*. Consulté sur <https://www.mississauga.ca/wp-content/uploads/2020/08/26144147/Section-8-Storm-Drainage-Design-Requirements-1.pdf> en janvier 2021.

Ville de Mississauga, 2020b. *Stormwater Charge Program: 5-year review*. Corporate Report to the general committee on October 20, 2020. Consulté sur <https://pub-mississauga.escribemeetings.com/filestream.ashx?DocumentId=6752> en novembre 2020.

Ville de Mississauga, 2020c. *Stormwater Business Plan 2021-2024 and 2021 Budget*. Consulté sur https://www.mississauga.ca/wp-content/uploads/2020/11/16151124/V_Stormwater.pdf en janvier 2021.

Ville de Vancouver, 2018a. *Cambie Corridor Plan*. Consulté sur <https://vancouver.ca/images/web/cambie-corridor/cambie-corridor-plan.pdf> en mai 2020.

Ville de Vancouver, 2018b. *2019-2022 Capital Plan*. Consulté sur <https://vancouver.ca/your-government/capital-plan-2019-2022.aspx> en mai 2020.

Ville de Vancouver, 2018c. *Final 2019-2022 Capital Plan & Plebiscite Questions*. Consulté sur <https://council.vancouver.ca/20180724/documents/regurr1.pdf> en mai 2020.

Ville de Vancouver, 2019a. *Climate Emergency Response*. Consulté sur <https://council.vancouver.ca/20190424/documents/cfsc1.pdf> en mai 2020.

Ville de Vancouver, 2019b. *Rain City Strategy*. Consulté sur <https://vancouver.ca/files/cov/rain-city-strategy.pdf> en décembre 2020.

Ville de Vancouver, 2020. *Sewage and Rainwater Management Plan for Vancouver*. Consulté sur <https://council.vancouver.ca/20200526/documents/r1.pdf> en juin 2020.

Ville de Waterloo, 2019. *Stormwater Management Master Plan Appendix F1*. Consulté sur <https://www.waterloo.ca/en/government/resources/Documents/Cityadministration/SWMP/Appendix-F1-business-sector-research.pdf> en juillet 2020.

Credit Valley Conservation, 2011. *Sheridan Creek Watershed Study and Impact Monitoring Characterization Report (Draft)*. Disponible sur demande.

Credit Valley Conservation, 2013. *Elm Drive Case Study*. Consulté sur https://cvc.ca/wp-content/uploads/2013/08/CVC-Case-Study-Elm-Drive_Aug20131.pdf en septembre 2020.

Credit Valley Conservation, 2016. *Marketing Strategy for Update of Lot Level Practices for Stormwater Management and Flood Control*. Disponible sur demande.

Credit Valley Conservation, 2017. *Making Green Infrastructure Mainstream: exploring the use of the Drainage Act for decentralized stormwater management on private property*. Consulté sur <https://sustainabletechnologies.ca/app/uploads/2019/03/Making-GI-mainstream.pdf> en juillet 2020.

Credit Valley Conservation, 2018a. *Economic Instruments to Facilitate Stormwater Management on Private Property*. Consulté sur <https://sustainabletechnologies.ca/app/uploads/2019/03/Econ-Instruments-for-SWM-on-Private-Property.pdf> en juin 2020.

Credit Valley Conservation, 2018ba. *Making Green Infrastructure Mainstream*. Consulté sur <https://sustainabletechnologies.ca/app/uploads/2019/03/Making-GI-mainstream.pdf> en juin 2020.

Credit Valley Conservation, 2018c. *Plant Selection Guidelines*. Consulté sur <https://cvc.ca/wp-content/uploads/2018/04/Plant-Selection-Guideline-FINAL-APRIL-24th-2018.pdf> en novembre 2020.

Credit Valley Conservation, 2020. *Addressing the Stormwater Management Crisis in Urban Ontario*. Consulté sur <https://sustainabletechnologies.ca/app/uploads/2020/04/Aggregated-Retrofits-Project-tech-brief-2.pdf> en juin 2020.

Credit Valley Conservation, 2021. *CVC Southdown District Stormwater Retrofit Modelling Existing Conditions Model – Version 1*. À venir.

Credit Valley Conservation, 2021a. *Max Credit Scenario Development for the Southdown Stormwater Retrofit Project*. À venir.

Credit Valley Conservation, 2021b. *One Water Scenario Development for the Southdown Stormwater Retrofit Project*. À venir.

Credit Valley Conservation, 2021c. *Public Property Scenario Development for the Southdown Stormwater Retrofit Project*. À venir.

Credit Valley Conservation, 2021d. *Engineer's Report for the Southdown Stormwater Retrofit Project*. À venir.

Credit Valley Conservation, 2021e. *Aggregation Methodology*. À venir.

CVC 2018. *Plant Selection Guidelines*. Consulté sur <https://cvc.ca/wp-content/uploads/2018/04/Plant-Selection-Guideline-FINAL-APRIL-24th-2018.pdf> en novembre 2020.

Commissaire à l'environnement de l'Ontario, 2016. *Urban Stormwater Fees: How to Pay for What we Need* (en anglais uniquement). Consulté sur <https://media.assets.eco.on.ca/web/2016/11/Urban-Stormwater-Fees.pdf> en juin 2020.

EPCOR, 2018a. *Stormwater Integrated Resource Planning (SIRP) – Update Report to Utility Committee, February 23rd, 2018*. Consulté sur https://www.epcor.com/products-services/drainage/Documents/EPCOR_SIRP_Feb2018_Report.pdf en novembre 2020.

EPCOR, 2018b. *Finding the Balance – Defining the Responsibilities of Utility, Insurance, Disaster Recovery Agencies and Property Owners to Address Flooding Challenges*. Consulté sur https://www.epcor.com/products-services/drainage/Documents/EPCOR_SIRP_April2018_Report.pdf en novembre 2020.

EPCOR, 2018c. *Stormwater Integrated Resource Plan (SIRP) – Developing the Risk Framework*. Consulté sur https://www.epcor.com/products-services/drainage/Documents/EPCOR_SIRP_June2018_Report.pdf en novembre 2020.

EPCOR, 2018d. *Stormwater Integrated Resource Plan (SIRP) – Finalizing the Risk Framework*. Consulté sur https://www.epcor.com/products-services/drainage/Documents/EPCOR_SIRP_Oct2018_Report.pdf en novembre 2020.

EPCOR, 2019. *Stormwater Integrated Resource Plan (SIRP) – Capital and Operational Plan Alternatives*. Consulté sur https://www.epcor.com/products-services/drainage/flood-mitigation/Documents/EPCOR_SIRP_May2019_Report.pdf en novembre 2020.

Feltmate, B. et M. Moudrak. 2021. *Climate Change and the Preparedness of 16 Major Canadian Cities to Limit Flood Risk*. Intact Centre on Climate Adaptation, University of Waterloo.

Gollan, Nick, 2019. *Kitchener's Integrated Stormwater Management Master Plan Approach*. Presentation to the Canadian Water Resources Association. Consulté sur https://drive.google.com/drive/folders/1y5ungaPglVE94EZhC91hyd3Grv_c5ge en juin 2020.

Gouvernement du Canada, 2019. *Canada's Changing Climate Report*. Consulté sur <https://changingclimate.ca/CCCR2019/> en juin 2020.

Gouvernement du Canada, 2020. *Business Case Guide*. Consulté sur <https://www.canada.ca/en/treasury-board-secretariat/services/information-technology-project-management/project-management/business-case-guide.html> en juin 2020.

Gouvernement de l'Ontario, 2003. *Stormwater Management Planning and Design Manual*. Consulté sur <https://www.ontario.ca/document/stormwater-management-planning-and-design-manual-0> en novembre 2020.

Green Infrastructure Ontario, 2020a. Website home page. Consulté sur <https://greeninfrastructureontario.org/> en juin 2020.

Green Infrastructure Ontario, 2020b. An economic impact assessment of the green infrastructure sector in Ontario. Consulté sur <https://greeninfrastructureontario.org/announcing-our-new-report-an-economic-impact-assessment-of-the-green-infrastructure-sector-in-ontario/> en janvier 2021.

Sustainable Technologies Evaluation Program, 2020. *Groundwater: LID SWM Planning and Design Guide*. (3 juin 2020). Récupéré 18:11, 8 juillet 2020 de <https://wiki.sustainabletechnologies.ca/index.php?title=Groundwater&oldid=11219>.

Halton Region, 2006. *Clarkson Airshed Study: a scientific approach to improving air quality*. Consulté sur <https://collections.ola.org/mon/24005/301994.pdf> en août 2020.

Henstra, Daniel et Jason Thistlethwaite, 2017. *Climate Change, Floods and Municipal Risk Sharing in Canada*. Institute on Municipal Finance and Governance, Munk School of Global Affairs.

Consulté sur

https://munkschool.utoronto.ca/imfg/uploads/373/1917_imfg_no_30_online_final.pdf en septembre 2020.

Insurance Bureau of Canada, 2018. *Combatting Canada's Rising Flood Costs: natural infrastructure is an underutilized option*. Consulté sur

<http://assets.ibc.ca/Documents/Resources/IBC-Natural-Infrastructure-Report-2018.pdf> en juin 2020.

Insurance Bureau of Canada, 2019. *2019 Facts of the Property and Casualty Insurance Industry in Canada*. Consulté sur http://assets.ibc.ca/Documents/Facts%20Book/Facts_Book/2019/IBC-2019-Facts.pdf en juin 2020.

International Institute for Sustainable Development, 2017. *Costs of Pollution in Canada: Measuring the impacts on families, businesses and governments*. Consulté sur

<https://www.iisd.org/sites/default/files/publications/costs-of-pollution-in-canada.pdf> en mai 2020.

K. Smart Associates Limited, 2013. *Samples of Other Drainage Legislation in USA & Canada*. Disponible sur demande.

Kovacs, Paul et Dan Sandink, 2013. *Best Practices for Reducing the Risk of Future Damage to Homes from Riverine and Urban Flooding*. Institute for Catastrophic Loss Reduction. Consulté sur <https://www.iclr.org/wp-content/uploads/PDFS/best-practices-for-reducing-the-risk-of-future-damage-to-homes-from-riverine-and-urban-flooding.pdf>

Lake Simcoe and Region Conservation Authority, 2007. *Lake Simcoe Basin Stormwater Management and Retrofit Opportunities*. Disponible sur demande.

Marcelo R. Sousa, David L. Rudolph et Emil O. Frind, 2014. *Threats to groundwater resources in urbanizing watersheds: The Waterloo Moraine and beyond*, *Canadian Water Resources Journal/Revue canadienne des ressources hydriques*, 39:2, 193-208,

DOI:10.1080/07011784.2014.914801. Consulté sur

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07011784.2014.914801>

Mazzotta, Marisa J., Elena Besedin et Ann E. Spears, 2014. *A Meta-Analysis of Hedonic Studies to Assess the Property Value Effects of Low Impact Development*. Resources, 3, 31-61

Metro Vancouver, 2016. *Climate Projections for Metro Vancouver*. Consulté sur <http://www.metrovancouver.org/services/air-quality/AirQualityPublications/ClimateProjectionsForMetroVancouver.pdf> en mai 2020.

Ministry of Environment Lower Mainland Region, 2006. *Assessment of Bacteriological Indicators in False Creek*. Consulté sur <https://www.for.gov.bc.ca/hfd/library/documents/bib97165.pdf> en mai 2020.

Ministry of the Environment and Climate Change, 2017. *Draft Low Impact Development Stormwater Management Guidance Manual*. Consulté sur https://municipalclassea.ca/files/7_DRAFT_MOECC_LID%20SWM%20Manual.pdf en juillet 2020.

National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015. *A Guide to Assessing Green Infrastructure Costs and Benefits for Flood Reduction*. Consulté sur <https://coast.noaa.gov/data/digitalcoast/pdf/gi-cost-benefit.pdf> en juin 2020.

Neptis Geoweb, 2020. *Historical Urban Expansion*. Consulté sur <https://www.neptisgeoweb.org/> en juin 2020.

O'Brien, Delbert, 2010. *Easements in Drainage*. Consulté sur <http://www.landdrainageengineers.com/wp-content/uploads/2019/04/Delbert-O'Brien-municipal-drain-easements-2010-revApr2019.pdf> en juillet 2020.

Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2018. *A Guide for Engineers Working Under the Drainage Act in Ontario*. OMAFRA publication 852.

P3 Great Lakes 2017. *Public-Private Partnerships and Finance of Large-Scale Green Infrastructure Projects in the Great Lakes Basin*. Consulté sur <http://www.p3greatlakes.org/wp-content/uploads/2017/10/Assessing-Market-Size-for-Large-Scale-Green-Infrastructure-Adoption.pdf> en septembre 2020.

Philadelphia Water Department, 2018. *GARP subgrant agreement*. Consulté sur <https://www.phila.gov/water/wu/Stormwater%20Grant%20Resources/GARP-Subgrant-and-OM-Agreement-Templates.pdf> en juin 2020.

Région de Peel, 2015. *Priority Planting Areas to Grow Peel's Urban Forest*. Disponible sur demande.

Région de Peel, 2017. *Measuring and Monitoring Report: Region of Peel Official Plan*. Consulté sur <https://www.peelregion.ca/planning/pdf/measuring-and-monitoring-report.pdf> en juin 2020.

Statistiques Canada Table: 38-10-0100-01. Consulté sur <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=3810010001> en mai 2020.

Statistique Canada, 2018. *Combined sewer overflow discharge volumes*. Consulté sur [Statistics Canada, Table 38-10-0100-01. Consulté sur https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=3810010001](https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=3810010001) en juin 2020.

Sustainable Prosperity Institute, 2016. *New Solutions for Sustainable Stormwater Management in Canada*. Consulté sur <https://institute.smartprosperity.ca/sites/default/files/stormwaterreport.pdf> en août 2020.

The Record, 2014. *Kitchener to Replace Dozens of Dead Trees in Downtown*. Consulté sur <https://www.therecord.com/news/waterloo-region/2014/07/17/kitchener-to-replace-dozens-of-dead-trees-in-downtown.html> en juin 2020.

The Seattle Times, 2016. *Toxic road runoff kills adult coho salmon in hours, study finds*. Consulté sur <https://www.seattletimes.com/seattle-news/environment/whats-killing-coho-study-points-to-urban-road-runoff/> en mai 2020.

Toronto and Region Conservation Authority, 2013. *Toronto and Region Watersheds: report card, 2013*. Consulté sur https://trcaca.s3.ca-central-1.amazonaws.com/app/uploads/2016/04/17184657/2173_WatershedReportCards_Jurisdictional_rev14_forWeb.pdf en mai 2020.

Valderamma, Alisa et Paul Davis, 2015. *Wanted: Green Acres. How Philadelphia's Greened Acre Retrofit Program is catalyzing low-cost green infrastructure retrofits on private property*. NRDC Brief, January 2015. Consulté sur <https://www.nrdc.org/sites/default/files/philadelphia-green-infrastructure-retrofits-1B.pdf> en janvier 2021.

Walsh et al., 2005. *The Urban Stream Syndrome: current knowledge and the search for a cure*. *Journal of the North American Benthological Society*, 24(3): 706-723

Water science and Technology, 1998. *Characterization and aquatic impacts of combined sewer overflows in Greater Vancouver, BC*. Consulté sur <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273122398007276> en mai 2020.

Wilson, Matt, 2019. *Focusing on Solutions: Kitchener's Advancement in Integrated Stormwater Management*. TRIECA 2019 presentation. Consulté sur

Faire en sorte que les infrastructures vertes soient le courant dominant : améliorer la rentabilité des infrastructures vertes d'eaux de ruissellement

<https://trieca.com/app/uploads/2019/03/2-930-1000am-Matt-Wilson.pdf> in July 2020 <https://trieca.com/app/uploads/2019/03/2-930-1000am-Matt-Wilson.pdf> en juillet 2020.

Wilson, Matt et Josef Kardos, 2020. *Effect of soil type and static versus dynamic design approaches on LID facility size and cost*. TRIECA 2020 presentation. Consulté sur [Webinar Series: Wilson Kardos - TRIECA Conference](#) en novembre 2020.