Programme de suivi des ouvrages de gestion des eaux pluviales du bassin versant du lac Saint-Charles à Québec

Guide méthodologique
Juillet 2020

INRS Institut national de la recherche scientifique
Ville de Québec
AGIRO
Polytechnique Montréal – Le génie en première classe
Mitacs

Crédits photo : Ville de Québec, APEL, William Verge, Samuel Bolduc

Préparé par :

William Verge, candidat à la maitrise en sciences de l'eau à l'INRS
et chargé de projets sénior chez Agiro

Alain Mailhot, professeur-chercheur à l'INRS

En partenariat avec :

Grâce à la collaboration de :

Mai 2020

Table des matières

1. Présentation du guide 1
2. Mise en contexte 2
   2.1. Impacts de l'urbanisation sur le cycle hydrologique 2
   2.2. Portrait du bassin versant du lac Saint-Charles 4
      2.2.1. Contexte géographique, administratif et réglementaire 4
      2.2.2. Historique du bassin versant 6
      2.2.3. Portrait actuel 7
      2.2.4. Impacts des changements climatiques 10
   2.3. Ouvrages de gestion des eaux pluviales : considérations générales 10
   2.4. Exemples de suivi des PGO ailleurs dans le monde 13
   2.5. Élaboration d'un programme de suivi des PGO sur un territoire donné 15
3. Définition des orientations du programme de suivi des PGO 16
   3.1. Orientations du programme de suivi des PGO dans le bassin versant du lac Saint-Charles 17
      3.1.1. Contexte et justification du programme 17
      3.1.2. Objectifs du programme de suivi 17
4. Inventaire et caractérisation des PGO 19
   4.1. Inventaire et caractérisation des PGO du bassin versant du lac Saint-Charles 22
   4.2. Objectifs et performance observés des PGO répertoriées 28
      4.2.1. Bassin de rétention 30
      4.2.2. Bassin de rétention à retenue permanente 30
      4.2.3. Marais artificiel 31
      4.2.4. Aire de biorétention 32
5. Élaboration du programme de suivi 33
   5.1. Évaluation du caractère stratégique des PGO 34
      5.1.1. Identification des critères définissant le caractère stratégique 34
      5.1.2. Analyse multicritère 36
   5.2. Évaluation de la faisabilité du suivi des PGO 38
   5.3. Évaluation des problématiques connues des PGO 39
   5.4. Matrice décisionnelle 39
   5.5. Comité de sélection 41

5.6. Niveaux de suivi, priorisation et échéancier 41
6. Programme de suivi des PGO du bassin versant du lac Saint-Charles 44
6.1. PGO stratégiques 44
6.2. Matrice décisionnelle 45
6.3. Comité de sélection des PGO clés 48
6.3.1. Marais artificiels 49
6.3.2. Noues végétalisées 49
6.3.3. Noue à retenue permanente 49
6.3.4. Aire de biorétention 50
6.3.5. Bassins de rétention 50
6.3.6. Bassins à retenue permanente 50
6.3.7. Bassins multifonctions 50
6.3.8. PGO problématiques 50
6.4. PGO prioritaires à intégrer au programme de suivi 51
7. Conclusion 56
8. Références 58
Annexe A : Stations hydrométriques et météorologiques dans la région à l'étude 62
Annexe B : Exigences et recommandations de contrôle des eaux pluviales du MELCC 63
Annexe C : Sondage pour l'établissement d'une pondération des critères pour l'évaluation du caractère stratégique d'une PGO 67
Annexe D : Matrice décisionnelle pour les PGO du bassin du lac Saint-Charles (par type de PGO) 73
Annexe E : Caractéristiques des aires drainées des PGO du bassin versant du lac Saint-Charles 76
Annexe F : Classes accordées aux critères d'évaluation pour chaque PGO du bassin versant du lac Saint-Charles 77
Annexe G : Petits tributaires du lac Saint-Charles 78

Liste des figures

Figure 1 : Impacts de l'urbanisation sur l'hydrologie (source : MDDEP et al., 2011). 2
Figure 2 : Réseau d'égouts séparés (source : adapté de Ville de Montréal). 2
Figure 3 : Effet de l'urbanisation sur le volume et le débit de ruissellement (source : Environnement Canada adapté de Drainage Manual, Association des routes et transports du Canada, 1982). 3
Figure 4 : Vue aérienne du lac Saint-Charles (source : William Verge). 4
Figure 5 : Localisation générale du bassin versant du lac Saint-Charles en relation avec les bassins versant de la rivière Saint-Charles et de la prise d'eau de la ville de Québec. Les ouvrages de gestion des eaux pluviales et les stations de traitement des eaux usées (STEU) discutés à la section 2.2.2 sont également indiqués. 5
Figure 6 : Évolution de la population des localités de Lac-Saint-Charles, Stoneham-et-Tewkesbury et Lac-Delage dans les limites du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles (adapté de LABIAQ 2018). 6
Figure 7 : Évolution de la concentration de chlorure (mg/l) à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles entre 1977 et 2017 (source : Ville de Québec). 8
Figure 8 : Carte des ressources et des activités de suivi de l'hydrologie et de la qualité de l'eau dans le bassin versant du lac Saint-Charles et de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles. Des détails sur les stations hydrométriques et hydrologiques sont disponibles à l'Annexe A. 18
Figure 9 : Localisation des PGO du bassin versant du lac Saint-Charles et localisation de ce bassin versant par rapport au bassin versant de la rivière Saint-Charles (encadré). Les numéros identifiant chacune des PGO sont également indiqués (voir Tableau 6 pour un sommaire des caractéristiques de chaque PGO). 23
Figure 10 : Marais artificiel (source : Giancarlo Cesarello) 24
Figure 11 : Noue à retenue permanente (source : APEL) 24
Figure 12 : Bassin de rétention (source : APEL) 24
Figure 13 : Bassin de rétention à retenue permanente (source : APEL) 24
Figure 14 : Bassins multifonctions (source : APEL) 24
Figure 15 : Noues végétalisées ou aires de biorétention (source : Samuel Bolduc) 24
Figure 16 : Processus de sélection des PGO clés à intégrer au programme de suivi. 34
Figure 17 : Nombre de PGO selon la pondération stratégique obtenue pour le bassin versant du lac Saint-Charles. La valeur du caractère stratégique pour chaque PGO et le rang associé sont présentés en abscisse. 45
Figure 18 : Localisation des PGO stratégiques et des PGO problématiques du bassin versant du lac Saint-Charles à intégrer prioritairement au programme de suivi, niveaux de suivi et échéancier préliminaire. 53
Figure 19 : Bassins versants des petits tributaires de lac Saint-Charles et stations d'échantillonnage associées (source : APEL). 78

Liste des tableaux

Tableau 1 : Présentation des principales PGO structurales (adapté de MDDEP et al., 2011 – autres sources : Ahiablame et al., 2012 ; Koch et al., 2014 ; Tsihrintzis & Hamid, 1997 ; UDFCD, 2010). 11
Tableau 2 : Exemples de suivis de PGO ailleurs dans le monde. 13
Tableau 3 : Étapes pour l'élaboration d'un programme de suivi des PGO sur un territoire donné. 15
Tableau 4 : Catégories de PGO structurales dans une perspective de suivi basées sur les configurations des points d'entrée et de sortie (adapté de U.S. EPA, 2009). 19
Tableau 5 : Informations à recueillir durant la phase d'inventaire et de caractérisation des PGO (CVC, 2015; MDDEP & MAMROT, 2011; Strecker et al., 2001; Struck, 2006; U.S. EPA, 2009; Urbonas, 1995). 20
Tableau 6: Principales caractéristiques des PGO répertoriées dans le bassin versant du lac Saint-Charles (voir la carte de la Figure 9 pour une localisation de ces ouvrages). 25
Tableau 7 : Principaux objectifs et contextes de mise en place des PGO dans le bassin versant du lac Saint-Charles selon l'organisme responsable. 27
Tableau 8 : Critères et normes de qualité de l'eau pour les principaux paramètres de qualité de l'eau considérés. 29
Tableau 9: Valeurs d'entrée et de sortie (médianes) de divers paramètres de qualité pour les bassins de rétention secs (source des données : International BMP Database 2016). 30
Tableau 10: Valeurs d'entrée et de sortie (médianes) de divers paramètres de qualité pour les bassins de rétention à retenue permanente (source des données : International BMP Database 2016). 30
Tableau 11: Valeurs d'entrée et de sortie (médianes) de divers paramètres de qualité pour les marais artificiels de type bassins (source des données : International BMP Database 2016). 31
Tableau 12 : Valeurs d'entrée et de sortie (médianes) de divers paramètres de qualité pour les marais artificiels de type canaux (source des données : International BMP Database 2016). 31
Tableau 13: Valeurs d'entrée et de sortie (médianes) de divers paramètres de qualité pour les aires de biorétention (source des données : International BMP Database 2016). 32
Tableau 14 : Pondération relative retenue (en %) des différents critères définissant le caractère stratégique des PGO. 37
Tableau 15 : Classes attribuées à chacun des quatre critères des PGO de l'exemple, caractères stratégiques (CS) et classement par rang. 37
Tableau 16 : Matrice décisionnelle des exemples du Tableau 15. Les PGO sont classées en ordre stratégique croissant (valeurs de CS) et les critères justifiant de ne pas considérer une PGO comme PGO stratégique sont soulignés et rouges. 40
Tableau 17 : Niveaux de suivi des PGO (adapté de CVC, 2015 ; Welker et al., 2013). 42
Tableau 18 : Pondération finale (%) des critères selon les experts. 44
Tableau 19 : Matrice décisionnelle pour les PGO du bassin versant du lac Saint-Charles. Les PGO sont classées en ordre stratégique croissant, et les critères justifiant de ne pas sélectionner une PGO comme PGO clé sont indiqués en rouge. 46
Tableau 20 : Nom, affiliation, titre et expertise des membres du comité de sélection des PGO clés pour le bassin versant du lac Saint-Charles. 48
Tableau 21 : PGO clés du territoire, niveaux de suivi visés et priorisation. 52
Tableau 22 : Échéancier proposé pour le cycle 1 (2020-2022). 54

Liste des acronymes et des abréviations

Agiro : Nouveau nom de l'APEL depuis le 1er janvier 2020

APEL : Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord

BDTQ : Base de données topographiques du Québec

BV : Bassin versant

CF : Coliformes fécaux

CMQ : Communauté métropolitaine de Québec

DBO_5 : Demande biochimique en oxygène, 5 jours

CME : Concentration moyenne par événement

GEP : Gestion des eaux pluviales

INRS-ETE : Institut national de la recherche scientifique (Centre Eau Terre Environnement)

IQBP : Indice de qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau ou indice de la qualité générale de l'eau du Québec

MELCC : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

MES : Matière en suspension

MFFP : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

NT : Azote total

Pb : Plomb

PGO : Pratique de gestion optimale des eaux pluviales

PT : Phosphore total

STEU : Station de traitement des eaux usées

Zn : Zinc

1. Présentation du guide

L'élaboration d'un programme de suivi des ouvrages de gestion des eaux pluviales du bassin versant du lac Saint-Charles s'inscrit dans la volonté de la Ville de Québec de protéger ses sources d'eau et découle d'un vaste programme de suivi de la qualité de l'eau mis en place depuis 2010 par l'APEL en collaboration avec la Ville (l'APEL opère sous le nom d'Agiro depuis 2020). Il a été réalisé par l'INRS-ETE et Agiro en collaboration avec la Ville de Québec et l'École Polytechnique de Montréal.

L'objectif du guide est de présenter la démarche ayant mené à l'élaboration du programme de suivi et d'en décrire les différentes étapes. Il présente suffisamment d'informations méthodologiques et théoriques pour être utilisé par d'autres organisations. Sa structure permet d'identifier les éléments essentiels à la mise en place d'un programme de suivi qui sont ensuite appliqués au cas du bassin versant du lac Saint-Charles.

Voici un aperçu du contenu de chacune des sections du guide.

Section 2 – Mise en contexte : Cette section décrit l'historique, présente le portrait actuel du bassin versant du lac Saint-Charles et discute de considérations générales sur les ouvrages de gestion des eaux pluviales et les programmes de suivi.

Section 3 – Définition des orientations du programme de suivi des PGO : Cette section définit les orientations d'un programme de suivi et présente celles retenues dans le cadre du programme du bassin versant du lac Saint-Charles.

Section 4 – Inventaire et caractérisation des PGO : Cette section propose une démarche permettant d'effectuer un inventaire des ouvrages de gestion des eaux pluviales sur un territoire donné qui est ensuite appliquée au lac Saint-Charles.

Section 5 – Élaboration du programme de suivi : Cette section propose une méthode visant à prioriser les ouvrages clés à inclure dans un programme de suivi des ouvrages de gestion des eaux pluviales à l'échelle d'un territoire donné, à établir les niveaux de suivi visés et à élaborer l'échéancier préliminaire.

Section 6 – Programme de suivi des PGO pour le bassin versant du lac Saint-Charles : Cette section montre l'application de la méthode présentée à la section 5 au bassin versant du lac Saint-Charles.

2. Mise en contexte

2.1. Impacts de l'urbanisation sur le cycle hydrologique

La protection de la ressource eau est un enjeu de plus en plus important considérant les pressions auxquelles cette ressource est soumise que ce soit à cause de la croissance démographique, de l'étalement urbain ou des changements climatiques. En effet, il est globalement reconnu que l'urbanisation a un impact majeur sur le cycle hydrologique qui risque à terme d'affecter la qualité des ressources en eau.

Comme le montre la Figure 1, la transformation de l'occupation du sol par l'humain, notamment via la construction d'infrastructures telles que les routes, les stationnements et autres surfaces imperméables, se traduit par la perte des capacités d'infiltration naturelles des sols (Shueler, 2000).

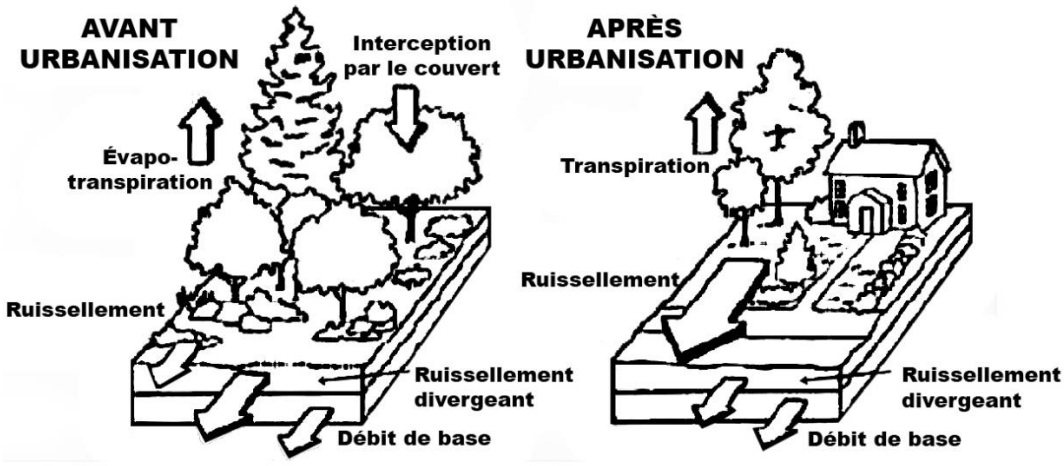

Figure 1 : Impacts de l'urbanisation sur l'hydrologie (source : MDDEP et al., 2011).

L'imperméabilisation du sol qui en découle amène une augmentation du ruissellement et de la quantité de polluants rejetés vers les milieux récepteurs via le ruissellement de surface (MDDEP & MAMROT, 2011) qui transige par le réseau d'égout pluvial dans le cas d'un réseau d'égout séparé, tel qu'illustré sur la Figure 2.

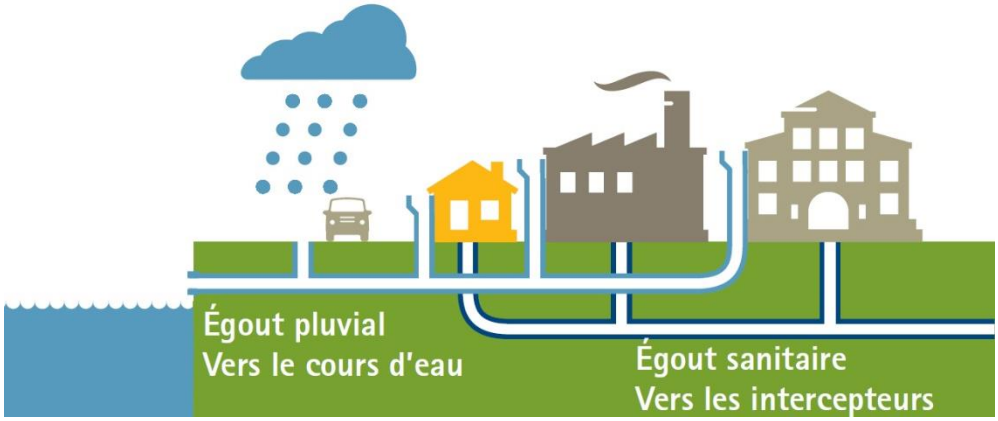

Figure 2 : Réseau d'égouts séparés (source : adapté de Ville de Montréal).

Cette augmentation du ruissellement ainsi que la diminution de la capacité d'infiltration et de rétention modifient le régime hydrique des cours d'eau. En effet, l'urbanisation cause la réduction des débits de base et augmente les débits de pointe, qui sont également atteints plus rapidement. La proportion de précipitation transformée en ruissellement augmente avec le pourcentage de surfaces imperméabilisées (U.S. EPA, 1983). Autrement dit, les débits de crues sont plus intenses, les temps de réponse plus courts et les volumes de crue plus importants (Figure 3).

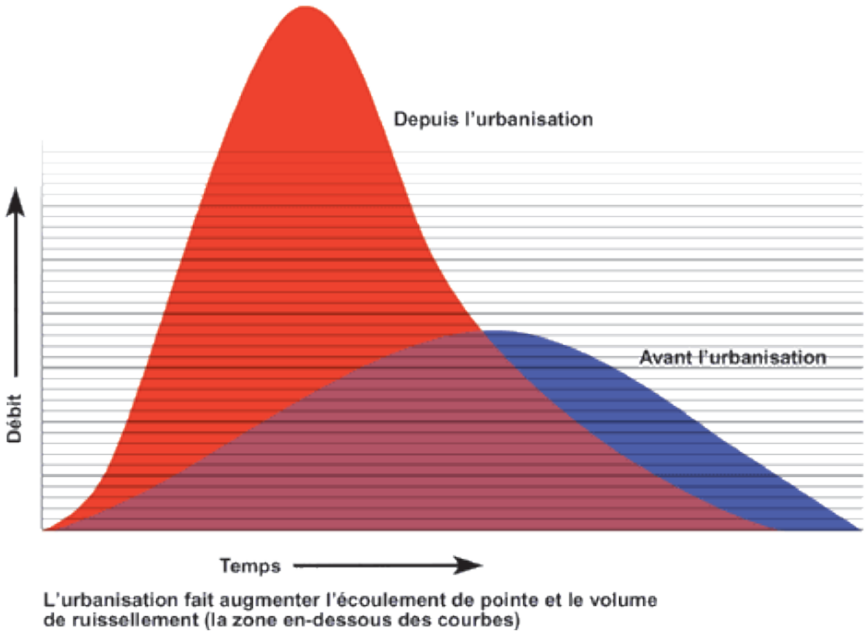

Figure 3 : Effet de l'urbanisation sur le volume et le débit de ruissellement (source : Environnement Canada adapté de Drainage Manual, Association des routes et transports du Canada, 1982).

Longtemps ignoré, le ruissellement urbain est désormais considéré comme une source de contamination des cours d'eau et des plans d'eau. Il contribue aux problèmes de qualité de l'eau puisqu'il peut amplifier l'érosion et le transport des nutriments et des polluants. En effet, la circulation automobile et les activités domestiques et industrielles entraînent une accumulation et une concentration de divers polluants sur les surfaces imperméables (bactéries, sédiments, nutriments, huiles et graisses, métaux lourds, etc.). En temps de pluie, ces polluants sont lessivés et transportés par le ruissellement directement, ou indirectement à travers le réseau pluvial (ou unitaire), vers les milieux récepteurs (lacs, rivières, milieux humides, nappes souterraines, etc. ; Shueler, 2000).

L'augmentation des surfaces imperméables a également des effets sur les eaux souterraines puisqu'elles peuvent diminuer la recharge des nappes. Cela peut diminuer le débit de base des cours d'eau lors des périodes de sécheresse. De plus, les eaux de ruissellement chargées de polluants en provenance des zones les plus contaminées peuvent affecter les eaux souterraines. Bref, les impacts de l'urbanisation sur l'eau sont nombreux et le bassin versant du lac Saint-Charles n'y échappe pas.

2.2. Portrait du bassin versant du lac Saint-Charles

2.2.1. Contexte géographique, administratif et réglementaire

Le lac Saint-Charles (Figure 4) est situé à 11 km en amont de la prise d'eau de la ville de Québec. Il a une superficie de 3,8 km^2 et se situe à une altitude de 150 m au-dessus du niveau de la mer. Il est principalement alimenté par la rivière des Hurons ainsi que par 38 autres tributaires (ruisseaux naturels, fossés de drainage et exutoires du réseau d'égout pluvial ; Figure 19).

Figure 4 : Vue aérienne du lac Saint-Charles (source : William Verge).

La Figure 5 présente la localisation du bassin versant du lac Saint-Charles en relation avec le bassin versant de la rivière Saint-Charles et celui de la prise d'eau de la ville de Québec située sur cette rivière. Le bassin versant du lac Saint-Charles a une superficie de 167,7 km^2. Le climat est de type subpolaire subhumide et s'inscrit dans l'unité géographique des Petites Laurentides, caractérisée par un système de petites vallées et de collines dont l'altitude et les pentes s'accentuent à mesure qu'on approche du plateau laurentien situé quelques kilomètres plus au nord (Gérardin & Lachance, 1997). L'altitude maximale du bassin versant est de 790 m.

Le bassin versant du lac Saint-Charles comprend principalement trois municipalités: les cantons unis de Stoneham-et-Tewkesbury, la ville de Lac-Delage et la ville de Québec (Figure 5). Chacune de ces municipalités gère son territoire en faisant appliquer ses propres règlements et en se conformant aux lois et aux règlements en vigueur. En ce qui a trait à la gestion des eaux pluviales, les instances concernées sont les suivantes :

- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) ;
- Municipalité régionale de comté (MRC) de La Jacques-Cartier ;
- Communauté métropolitaine de Québec (CMQ).

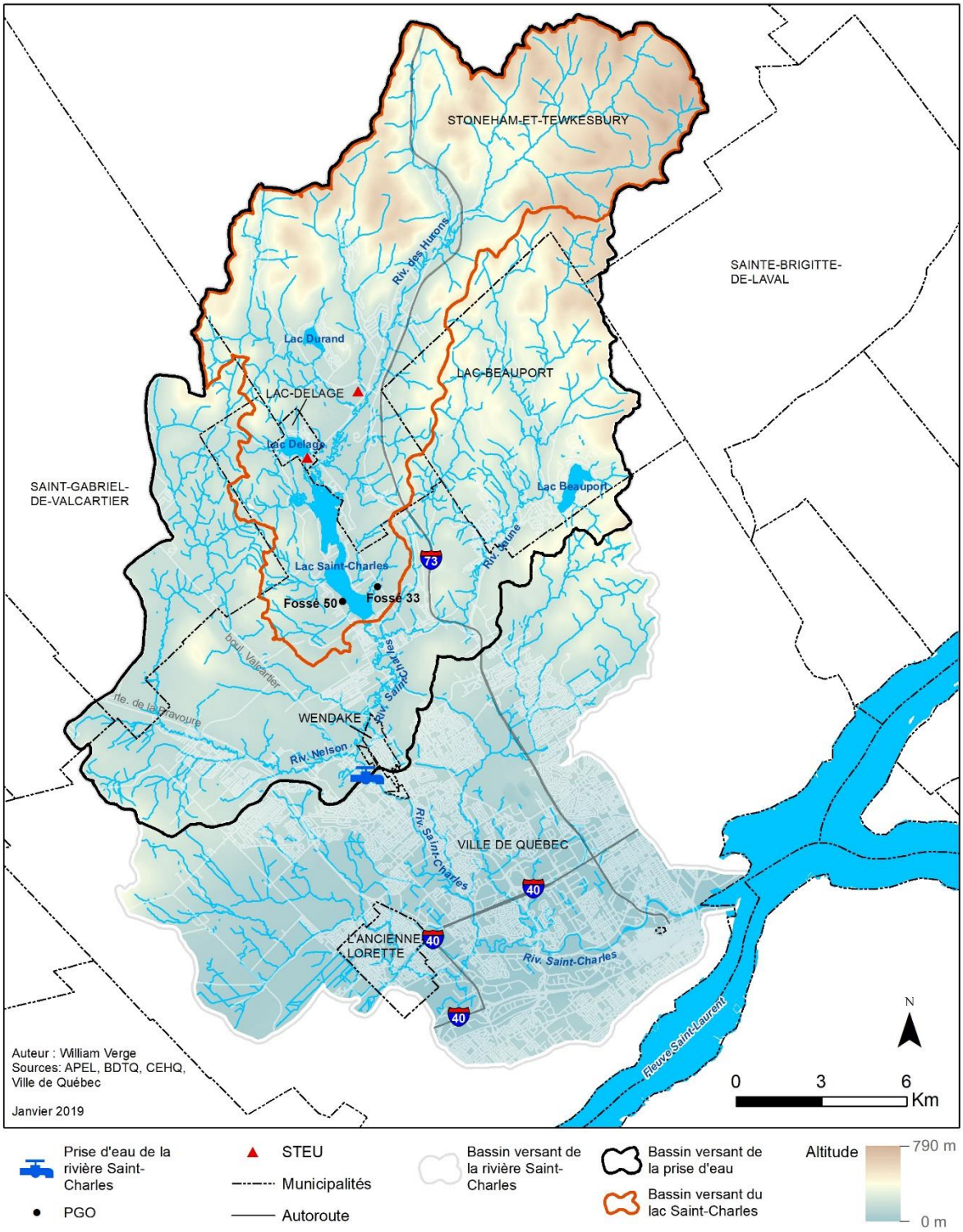

Figure 5 : Localisation générale du bassin versant du lac Saint-Charles en relation avec les bassins versant de la rivière Saint-Charles et de la prise d'eau de la ville de Québec. Les ouvrages de gestion des eaux pluviales et les stations de traitement des eaux usées (STEU) discutés à la section 2.2.2 sont également indiqués.

2.2.2. Historique du bassin versant

Avant la colonisation européenne, le territoire du bassin versant du lac Saint-Charles était occupé par les nations autochtones. Ensuite, au XVII^{e} siècle, les environs du lac ont commencé à être habités par des populations d'origine européenne et le plan d'eau est alors utilisé pendant plus d'un siècle pour le flottage du bois issu de l'industrie forestière. En 1854, le lac Saint-Charles devient le réservoir d'eau potable de la ville de Québec (LABIAQ, 2018). Son exutoire est situé 11 km en amont de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles (Figure 5). De cet endroit, une première conduite d'adduction d'une capacité de 13 600 m^3/j achemine l'eau non traitée à la population croissante de la ville de Québec (Ville de Québec, 2018). On constate alors que la qualité de l'eau se détériore peu à peu et, pour la première fois en 1930, l'eau est chlorée au Château d'Eau avant sa distribution. En 1934, la Ville construit un barrage à l'exutoire du lac afin de rehausser son niveau de 1,5 m pour répondre à la demande sans cesse croissante. En 1950, le barrage est une fois de plus rehaussé pour un total de 3,6 m.

Au début des années 60, le service de santé de la Ville de Québec réalise que la chloration ne suffit plus pour assurer une bonne qualité de l'eau, ce qui mène à la mise en service en 1969 de la première usine de production d'eau potable située sur la rivière Saint-Charles. Sa construction coûte 7 M$ et sa capacité de production est de 227 000 m^3/j (Ville de Québec, 2018).

C'est également à partir de 1960 que l'urbanisation du bassin versant du lac Saint-Charles s'amorce et s'intensifie jusqu'en 1990 (Figure 6) avec les développements résidentiels à Stoneham, Lac-Delage et dans le quartier de Lac-Saint-Charles, l'ouverture de la station de ski et du golf de Stoneham et la réfection majeure des routes principales.

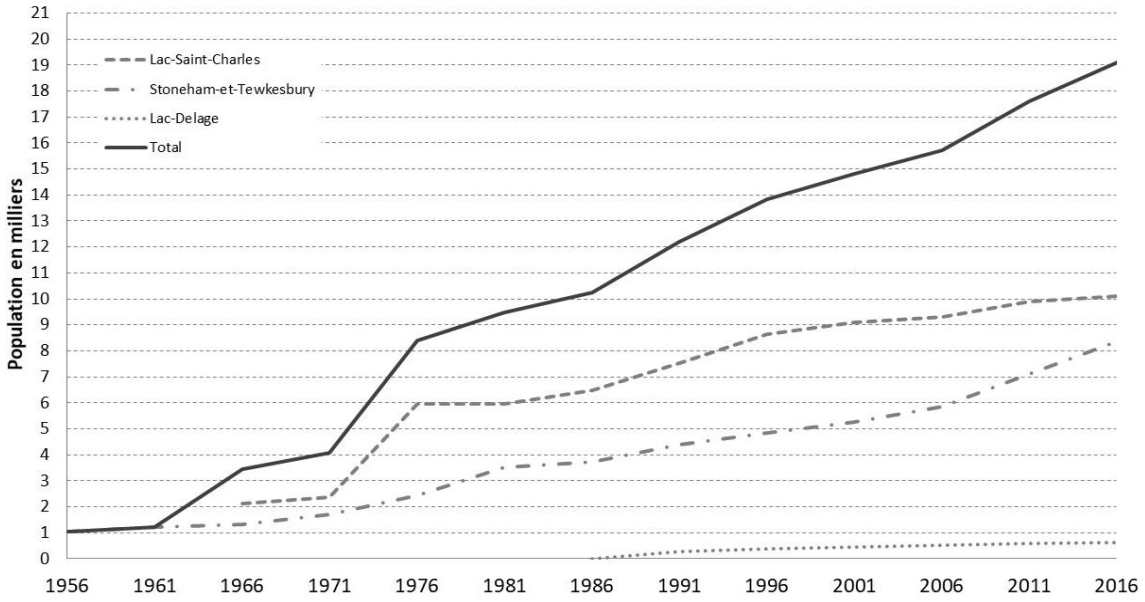

Figure 6 : Évolution de la population des localités de Lac-Saint-Charles, Stoneham-et-Tewkesbury et Lac-Delage dans les limites du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles (adapté de LABIAQ 2018).

En 1990, un réseau d'égout et une station de traitement des eaux usées sont mis en fonction à Stoneham-et-Tewkesbury alors que Lac-Delage construit sa station de traitement des eaux usées en 1991. En 1996, le golf Royal Charbourg est ouvert suite au rachat du golf qui était déjà présent

depuis quelques années (LABIAQ, 2018). Le bassin versant compte désormais deux terrains de golf dont un de 36 trous à Stoneham.

La qualité de l'eau du lac Saint-Charles commence alors à soulever des inquiétudes. En 2001, une première étude paléolimnologique est réalisée et un avertissement est émis quant au potentiel de floraisons récurrentes de cyanobactéries (Tremblay et al., 2001). La même année, une étude des petits tributaires du lac Saint-Charles est réalisée afin d'identifier des sites potentiels où implanter des ouvrages de gestion des eaux pluviales afin d'améliorer la qualité de l'eau (Babineau & Rochette, 2002). Une caractérisation de la qualité de l'eau de 14 de ses tributaires a mené à la sélection de cinq sites. Finalement, un premier projet pilote est implanté en 2003 au Fossé 50 (marais artificiel ; Figure 5), et un deuxième est construit en 2010 au Fossé 33 (noue à retenue permanente ; Figure 5).

En 2002, une sécheresse importante oblige la Ville de Québec à acheminer de l'eau de la rivière Jacques-Cartier (hors bassin versant) vers la prise d'eau de la rivière Saint-Charles afin de maintenir l'approvisionnement en eau potable (LABIAQ, 2018). En 2006, un premier épisode important de floraison de cyanobactéries potentiellement toxiques dans le lac Saint-Charles est rapporté (Rolland, 2013).

Suite à ces événements préoccupants, une prise de conscience conduit à la réalisation d'une diagnose écologique du bassin versant de la prise d'eau potable de la rivière Saint-Charles (incluant le bassin versant du lac Saint-Charles) entre 2007 et 2008, concluant que le lac se situe au stade de vieillissement mésotrophe (APEL, 2009), à mi-chemin entre les stades oligotrophe (pauvre en nutriments) et eutrophe (très enrichi en nutriments).

L'apparition des éclosions de cyanobactéries en amont de la prise d'eau entraîne en 2008 la modernisation de l'usine de traitement de l'eau potable de la rivière Saint-Charles au coût de 28 M$ (Ville de Québec, 2018).

Entre 2009 et 2011, l'autoroute 73 est prolongée de Stoneham jusqu'à l'extrémité nord du bassin versant. Le long de l'autoroute, 11 bassins multifonctions sont aménagés pour atténuer les impacts de la nouvelle route à quatre voies séparées qui est mise en service en 2012 (Lévesque, 2013). Plusieurs nouveaux développements domiciliaires voient le jour entre 2006 et 2018 à Stoneham-et-Tewkesbury et, dans une moindre mesure, à Lac-Delage.

En 2012, une nouvelle diagnose du lac Saint-Charles est réalisée et conclut que le lac a évolué du stade de vieillissement mésotrophe au stade méso-eutrophe, se rapprochant ainsi du stade eutrophe. On observe donc que le processus d'enrichissement naturel du lac en nutriments s'est accéléré à cause des activités humaines dans son bassin versant.

Parmi les symptômes révélateurs de l'eutrophisation, on note la prolifération de plantes aquatiques entre 2007 et 2012. Durant cette période, la surface occupée par les herbiers a été multipliée par huit pour atteindre 44,6 % de la superficie totale du lac en 2012 (APEL, 2014). Entre 2011 et 2014, la conductivité moyenne de l'eau du lac, indicateur de la salinité, a augmenté de 75 % (APEL, 2014).

2.2.3. Portrait actuel

Aujourd'hui, la Ville de Québec puise 55 % de son eau destinée à la consommation dans la rivière Saint-Charles, principalement alimentée par les rivières Jaune, Nelson et par le lac Saint-Charles (ROCHE, 2010). Ce dernier est le principal réservoir d'eau desservant quelque 300 000 citoyens

de la ville. Annuellement, il assure l'approvisionnement de 42 % du volume de la prise d'eau, cette proportion augmentant à environ 60 % lors des périodes d'étiage (ROCHE, 2010). Le reste de l'approvisionnement provient des rivières Jaune et Nelson.

Étant donné le rôle stratégique du lac Saint-Charles, la qualité de ses eaux et de façon plus large, la qualité des eaux qui l'alimentent, est aujourd'hui une source de préoccupation majeure puisque l'on constate depuis plusieurs années des signes de vieillissement accéléré du plan d'eau.

L'expansion urbaine, l'agrandissement du réseau routier et les activités humaines en amont et dans la ceinture du lac Saint-Charles sont des sources potentielles de matières en suspension (MES), d'éléments nutritifs (azote et phosphore, notamment), de coliformes fécaux et de chlorures issus des sels de voirie et des abat-poussières, sans compter tous les autres contaminants associés à l'urbanisation (APEL, 2014).

Les réseaux d'égout dans le bassin versant sont de type « séparé ». Le réseau pluvial est morcelé et comporte un très grand nombre d'exutoires partout sur le territoire via des ruisseaux, des fossés et des conduites. Le réseau sanitaire, quant à lui, prend fin aux stations de traitement des eaux usées de Lac-Delage et de Stoneham-et-Tewkesbury qui rejettent leurs eaux traitées en amont du lac Saint-Charles. Le réseau sanitaire sur le territoire de la Ville de Québec achemine les eaux usées vers la station de traitement des eaux usées de Québec située hors du bassin versant. On dénombre également plus de 3000 installations septiques autonomes dans le bassin versant de ce plan d'eau (LABIAQ, 2018).

Les impacts des activités humaines se font également sentir sur les différents cours d'eau du territoire. Par exemple, plus de la moitié des petits tributaires du lac Saint-Charles présente une qualité d'eau douteuse à très mauvaise selon l'IQBP (APEL, 2014). La concentration annuelle moyenne en chlorures, liée à l'épandage de sels de voirie, est également en progression à la prise d'eau tel que le montre la Figure 6. Les pics de concentration mesurés peuvent parfois atteindre près de 200 mg/l (source : Ville de Québec). L'objectif esthétique canadien pour la concentration de chlorures dans l'eau potable a été fixé à ≤ 250 mg/l (mauvais goût et augmentation du risque de corrosion du réseau de distribution).

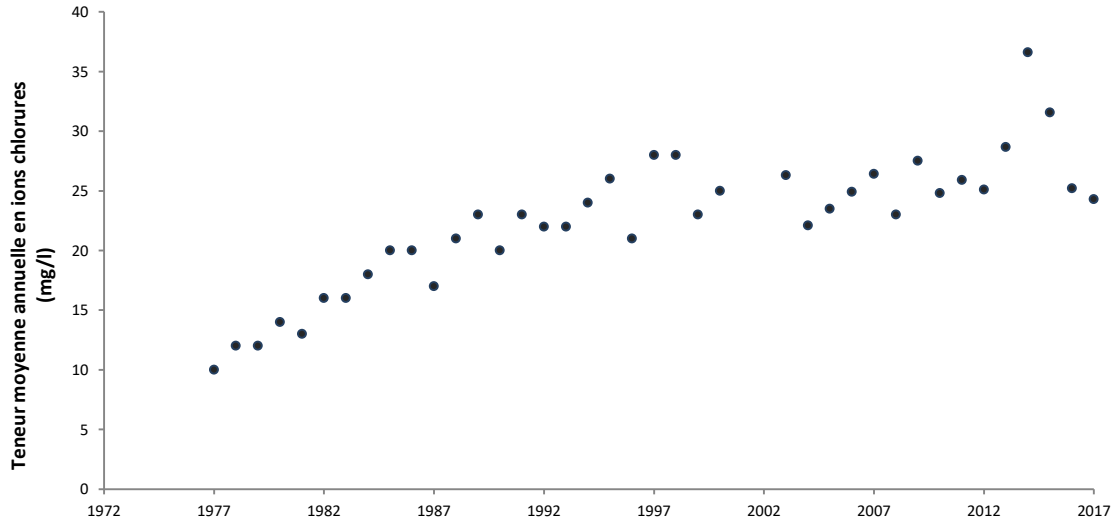

Figure 7 : Évolution de la concentration de chlorure (mg/l) à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles entre 1977 et 2017 (source : Ville de Québec).

Ces différents constats donnent un aperçu des problématiques complexes auxquelles sont soumis les cours d'eau et les plans d'eau alimentant la prise d'eau potable de la rivière Saint-Charles. La situation est d'autant plus préoccupante que l'écosystème du lac Saint-Charles est très sensible aux changements environnementaux et a atteint un point critique selon certains experts (Guéricolas, 2014).

2.2.4. Impacts des changements climatiques

Il est désormais établi que les changements climatiques affecteront l'hydrologie du Québec. À l'horizon 2050, les principales conclusions de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional 2015 permettent de prévoir les impacts potentiels suivants pour le sud du Québec (CEHQ, 2015) :

- **étiages plus importants en été** affectant l'approvisionnement en eau, les écosystèmes aquatiques et les activités récréatives ;
- **crues plus intenses à l'été et à l'automne** favorisant l'érosion des rives, les inondations subites et le lessivage des sols ;
- **diminution du volume des crues printanières** qui seront par ailleurs plus hâtives.

Pour la région de Québec et étant donné l'importance du lac Saint-Charles comme réservoir d'eau potable et de la rivière Saint-Charles comme prise d'eau, deux modèles hydrologiques ont été utilisés pour évaluer l'impact des changements climatiques sur les ressources hydriques en général et sur la rivière Saint-Charles en particulier (Ouranos, 2016). Les résultats montrent une diminution de l'ordre de 20 % des débits moyens annuels et une diminution du niveau des nappes phréatiques à l'horizon 2050 et 2080. Une diminution des niveaux d'étiage de la rivière Saint-Charles est également à prévoir à l'horizon 2050 à 2080, avec des débits minimums de 1 à 50 % plus faibles en été par rapport à la période de référence 1971-2000. Une autre étude fait également état d'une diminution des niveaux d'étiage de la rivière Saint-Charles pour les horizons 2016-2045 et 2046-2075 (Foulon, 2018).

D'autres études demandées par la CMQ sont actuellement en cours pour savoir si des problèmes d'approvisionnement en eau pourraient survenir d'ici 15 à 20 ans (Ouranos, 2016). Chose certaine, il apparaît important de notamment favoriser le maintien des débits de base dans les cours d'eau et la recharge des nappes phréatiques afin d'assurer un soutien des débits en période d'étiage. Les pratiques de gestion optimales des eaux pluviales (PGO) peuvent y contribue et certaines d'entre elles aident aussi à diminuer les débits et volumes de crues et à améliorer la qualité des eaux de ruissellement.

2.3. Ouvrages de gestion des eaux pluviales : considérations générales

Différentes mesures et ouvrages ont été proposés au cours des dernières décennies pour atténuer l'impact de l'urbanisation sur les cours d'eau. La priorité a d'abord été de réduire les volumes de ruissellement afin de favoriser l'infiltration des eaux, retarder les écoulements ou encore stocker temporairement une partie de ces eaux et ainsi réduire l'érosion et les risques d'inondation. Puis, au fil du temps, la qualité des eaux de ruissellement urbain est devenue un enjeu majeur. Ainsi, au tournant des années 80, l'agence de protection environnementale des États-Unis (U.S. EPA) publie une enquête nationale démontrant que le ruissellement pluvial est une source considérable de pollution (U.S. EPA, 1983).

La qualité de l'eau a donc été prise en compte dans l'atténuation des impacts de l'urbanisation sur les milieux hydriques, contribuant à la mise en place de pratiques de gestion optimales des eaux pluviales à plus grande échelle. Ces pratiques sont parfois divisées en deux catégories :

- Les pratiques structurales qui nécessitent l'aménagement d'ouvrages pour gérer le ruissellement et font appel à divers processus hydrologiques, physiques, biologiques et chimiques pour améliorer la qualité de l'eau (U.S. EPA, 2009) tels, p. ex., les bassins, les noues, le aires de biorétention, les pavés perméables (Ahiablame et al., 2012) ;

- Les pratiques non structurales qui combinent des changements de comportement, de pratiques ou encore des modifications de la règlementation (U.S. EPA, 2009). À titre d'exemples de PGO non structurales, on peut mentionner le lavage des rues, la réduction de l'utilisation des engrais, le débranchement des gouttières résidentielles (Ahiablame et al., 2012).

Le Tableau 1 présente les principales PGO structurales (seules les PGO structurales seront considérées dans ce qui suit).

Tableau 1 : Présentation des principales PGO structurales (adapté de MDDEP et al., 2011 – autres sources : Ahiablame et al., 2012 ; Koch et al., 2014 ; Tsihrintzis & Hamid, 1997 ; UDFCD, 2010).

Principales catégories	Type de PGO	Description
Bassins de rétention	Bassin de rétention	Un bassin de rétention est conçu pour stocker temporairement les eaux de ruissellement. Règle générale, il se vide en moins de 24 heures et demeure vide lorsqu'il n'y a pas de précipitation.
	Bassin de rétention à retenue prolongée	Bassin de rétention où le stockage des eaux est prolongé (entre 24 et 48 heures) pour les événements de pluie plus fréquents afin de d'améliorer la qualité des eaux.
	Bassin de rétention à retenue permanente	Bassin conçu pour stocker les eaux de ruissellement tout en maintenant une certaine retenue d'eau afin de permettre notamment une amélioration de la qualité des eaux. L'eau peut y séjourner plusieurs jours, semaines ou mois selon les configurations.
	Bassin multifonctions de Transports Québec	Ce cas relativement unique est constitué d'une série de bassins de rétention avec ou sans retenue permanente auxquels s'ajoute un système de vannes permettant de retenir les polluants flottants comme les hydrocarbures.
Marais artificiels	Marais artificiel peu profond	Bassin avec différentes cellules de faibles profondeurs permettant l'établissement durable de plantes caractéristiques des milieux humides. Ces ouvrages ne sont généralement pas conçus pour gérer les inondations, mais plutôt pour améliorer la qualité de l'eau en favorisant l'élimination des polluants par des mécanismes de sédimentation, de dilution, de filtration, d'absorption et de rétention.
	Marais artificiel	Bassin avec une retenue prolongée des eaux de ruissellement dont les profondeurs permettent l'établissement durable de plantes caractéristiques des milieux humides.
	Système hybride bassin/marais	Système où un bassin avec une retenue permanente est implanté en amont d'un marais artificiel.
	Noue engazonnée/végétalisée	Fossé ou dépression conçu pour retenir temporairement les eaux et favoriser l'infiltration.

Principales catégories	Type de PGO	Description
Noues et aires de biorétention	Noue engazonnée/végétalisée à retenue permanente	Fossé ou dépression avec retenue permanente et végétation spécifique conçus pour retenir temporairement les eaux et favoriser l'infiltration.
	Aire de biorétention (parfois appelée jardin de pluie)	Dépression conçue pour retenir temporairement les eaux. La mise en place de matériaux et de végétation favorise le traitement et l'infiltration du ruissellement.
Ouvrages d'infiltration	Bassin d'infiltration	Dépression de surface ou bassin souterrain qui permet de stocker le ruissellement et de favoriser l'infiltration.
	Tranchée d'infiltration	Tranchée dans laquelle les eaux de ruissellement sont traitées dans les vides d'un volume de pierres nettes ou à l'intérieur d'une chambre avant d'être infiltrées totalement ou en partie.
	Pavé ou pavage poreux	Pavé en béton ou en asphalte poreux permettant l'infiltration totale ou partielle des eaux de ruissellement.
Ouvrages de filtration et de séparation	Filtre à sable	Massif de sable (en surface ou souterrain) dans lequel sont infiltrées les eaux de ruissellement afin d'être partiellement traitées. Les particules de plus grandes dimensions sont généralement interceptées en amont par décantation dans une chambre à sédiments.
	Bande de végétation filtrante	Surfaces gazonnées en pente, conçues pour traiter un écoulement de surface.
	Séparateur d'huile, graisse et sédiments	Équipement permettant l'enlèvement d'un certain pourcentage de polluants par la capture des débris et une décantation par gravité.
	Système hydrodynamique à vortex	Équipement permettant la séparation des matières en suspension par un processus hydrodynamique qui crée un vortex. Plusieurs modèles commerciaux existent (p. ex. Soleno CSD, Stormceptor).

Les objectifs de ces PGO sont multiples : limiter les débits de pointe, ralentir l'écoulement des eaux, favoriser l'infiltration, maintenir les débits de base dans les cours d'eau, réduire les concentrations de certains contaminants et l'érosion. Les processus d'épuration des eaux en jeu varient selon les types d'ouvrages. Ils peuvent être physiques (décantation, flottation, filtration), chimiques (sorption au sol, précipitation) ou biologiques (assimilation biologique, sorption par les algues, assimilation par les plantes, transformation ou enlèvement par les bactéries, etc. ; MDDEP et al., 2011).

Les PGO peuvent être implantées à différentes étapes du cycle hydrologique urbain. Certaines PGO sont appliquées comme mesures de contrôle à la source sur les terrains privés ou publics et visent à traiter et à réduire les apports en amont (p. ex. un jardin de pluie ou un toit vert). Il existe également des PGO de contrôle en réseau (p. ex. fossés engazonnés) et finalement, d'autres sont mises en place en fin de réseau, à l'émissaire, avant le rejet au milieu récepteur (p. ex. un bassin de rétention ou un séparateur hydrodynamique).

Il est également reconnu que les PGO présentent des avantages additionnels tels améliorer la biodiversité ou les microclimats en plus de bénéfices sanitaires (p. ex. la réduction de la pollution des cours d'eau), sociaux (p. ex. des rues plus conviviales et esthétiques) et économiques (p. ex. diminution des coûts de gestion liés à une augmentation du volume des eaux de ruissellement ; CVC, 2015 ; Fletcher et al., 2015). De plus, les PGO peuvent contribuer à renforcer la résilience face aux changements climatiques (CVC, 2015).

Il n'existe pas actuellement d'historique ni de registre des PGO en place au Québec et les performances de ces ouvrages ne sont généralement pas évaluées. En fait, ce n'est que depuis 2012 que certaines exigences ont été édictées pour la gestion des eaux pluviales suite à la publication du guide québécois de gestion des eaux pluviales (MDDEP & MAMROT, 2011). Elles visent à réduire les impacts du développement du territoire sur les cours d'eau, à savoir l'abaissement du niveau de la nappe phréatique et des cours d'eau en période d'étiage, l'augmentation de polluants contenus dans les eaux pluviales rejetées aux milieux récepteurs, l'érosion des cours d'eau et les risques d'inondation et de refoulement. Par exemple, il peut s'agir de faire en sorte que les premiers millimètres des précipitations s'infiltrent ou de réduire les concentrations de MES aux exutoires pluviaux de 60 à 80 %. Les exigences et les recommandations sont présentées à l'annexe B.

2.4. Exemples de suivi des PGO ailleurs dans le monde

De nombreux travaux de recherche ont été réalisés sur des PGO partout à travers le monde, généralement de façon ponctuelle et notamment dans le cadre de projets universitaires, mais rarement sous forme de programme de suivi à long terme des PGO à l'échelle d'un territoire donné. Le Tableau 2 présente quelques exemples de programme de suivi des PGO à l'échelle internationale dont certaines informations sont disponibles en ligne.

Tableau 2 : Exemples de suivis de PGO ailleurs dans le monde.

Nom	Description	Principales PGO concernées
International Stormwater Best Management Practices Database (É.-U. et ailleurs)[1]	Programmes et recherches multiples regroupés via l'*International Stormwater BMP Database*. Le projet a commencé au niveau national (É.-U.) avant d'être ouvert aux contributeurs internationaux. La majorité des ouvrages est située aux É.-U., mais la base de données inclut également des ouvrages en Australie, en Nouvelle-Zélande, en Suède, à Taiwan et au Canada.	Bassins de rétention, marais artificiels, fossés, bandes filtrantes, pavés poreux, aires de biorétention, média filtrant.
Sustainable Technologies Evaluation Program (STEP) (Toronto, Canada)[2]	Le STEP est un programme d'évaluation des technologies durables créé pour soutenir la mise en œuvre de technologies et de pratique durables dans un contexte canadien. Le volet Eau couvre notamment l'évaluation des infrastructures vertes de gestion des eaux pluviales.	Bassins de rétention, marais artificiels, séparateurs hydrodynamiques, chambres de rétention, aires de biorétention, jardins de pluie, toits verts, ouvrages d'infiltration, pavés perméables, fossés.

Nom	Description	Principales PGO concernées
Credit Valley Conservation (CVC)'s Infrastructure Performance and Risk Assessment (IPRA) (Ontario, Canada)[3]	L'IPRA est un programme ayant notamment pour objectif de suivre la performance de différents ouvrages de gestion des eaux pluviales selon différents axes : le suivi de la conformité, le suivi des performances et la surveillance adaptative. Un bilan du *monitoring* de 13 sites sur la période de 2011 à 2015 est disponible.	Aires de biorétention, pavés perméables, fossés, systèmes de récupération de l'eau de pluie, bassins de rétention.
Observatoire de terrain en hydrologie urbaine (OTHU) (Région Lyonnaise, France)[4]	L'OTHU est un laboratoire de terrain d'observation des rejets urbains et de leurs impacts sur les milieux récepteurs mis en place en 1999 et toujours en fonction. Plusieurs PGO sont inclues dans les cinq sites suivis.	Bassins de rétention, bassins d'infiltration, pavés poreux, noues.
Green City Clean Waters, Green Street Program (Philadelphia, É.-U.)[5]	Important programme (2.4 milliards USD sur 25 ans) créé en 2009 ayant pour but d'implanter des PGO dans la ville de Philadelphie afin de réduire la pollution causée par les surverses (conformité réglementaire). Un volet de suivi et d'évaluation continue de la performance des PGO est en place.	Jardins pluviaux, noues, fossés, tranchées d'infiltration.
Projet REGARD (Bordeaux Métropole, France)[6]	Le projet REGARD (Réduction et gestion des micropolluants sur la métropole bordelaise) inclut un volet de suivi des PGO. En 2015, un observatoire expérimental de 5 PGO a été mis en place afin d'en suivre le fonctionnement hydraulique en continu pendant 3 ans en plus de réaliser l'échantillonnage des micropolluants.	Noues, bassin d'infiltration, bassin avec roseaux sur membrane, ouvrage d'infiltration.

1. bmpdatabase.org ; 2. sustainabletechnologies.ca ; 3. cvc.ca ; 4. graie.org/othu ; 5 : phila.gov
6 : bordeaux-metropole.fr

2.5. Élaboration d'un programme de suivi des PGO sur un territoire donné

Un guide américain très complet est disponible gratuitement pour le suivi des performances des PGO (U.S. EPA, 2009). Il est le fruit d'un long travail de l'U.S. EPA et de ses partenaires depuis la création en 1996 d'une première base de données nationale des performances des PGO. Le guide de 2009 considère le suivi de PGO individuelles ainsi que le suivi de sites où plusieurs PGO sont présentes (p. ex. des développements résidentiels à faible impact). Il contient l'ensemble des informations sur les étapes de la conception du suivi jusqu'à l'interprétation des données. Ce document constitue une référence incontournable pour l'élaboration des plans de suivi individuels des PGO clés. Il ne traite cependant pas des programmes de suivi de PGO de façon plus globale, c'est-à-dire à l'échelle d'un territoire donné (p. ex. un bassin versant). En fait, à notre connaissance peu d'information existe à ce sujet actuellement dans la littérature. Les quelques programmes développés à l'échelle d'un territoire donné étaient essentiellement municipaux et très peu d'information est disponible dans le domaine public et dans la littérature scientifique.

La démarche proposée dans ce guide a donc été élaborée en s'inspirant des travaux de CVC 2015, U.S. EPA, 2009, Smith et al. 2005 et Welker et al. 2013. Elle est divisée en trois grandes étapes présentées au Tableau 3 qui seront détaillées dans les sections suivantes.

Tableau 3 : Étapes pour l'élaboration d'un programme de suivi des PGO sur un territoire donné.

Étape	Activités à compléter	Section du guide
1. Définir les orientations du programme de suivi	Justifier le programme, définir les enjeux auxquels le programme cherche à trouver réponse, rédiger les objectifs du programme.	Section 3
2. Réaliser l'inventaire et la caractérisation des PGO	Identifier les types de PGO visées par le programme. Dresser l'inventaire exhaustif de ces PGO sur le territoire à l'étude. Rassembler les informations pertinentes au programme. Compléter les informations par des visites terrain et l'utilisation des systèmes d'informations géographiques.	Section 4
3. Élaborer le programme de suivi	Identifier les PGO avec des problématiques connues. Appliquer les critères de sélection aux PGO inventoriées. Mettre en place le comité de sélection. Sélectionner les PGO clés à intégrer au programme de suivi. Déterminer les niveaux de suivi nécessaires pour chacune des PGO clés et les prioriser. Élaborer un échéancier global du programme.	Sections 5 et 6

3. Définition des orientations du programme de suivi des PGO

Il existe plusieurs considérations d'ordre général qui peuvent justifier la mise en place d'un programme de suivi de la performance des PGO : conformité règlementaire, objectifs de recherche, saines pratiques de gestion, etc.

Plus spécifiquement, la littérature révèle que les performances à long terme des PGO, bien que cruciales, ne sont pas suffisamment documentées (Liu et al., 2017). En plus, l'efficacité des ouvrages pour un contaminant donné varie d'une étude à l'autre selon les configurations locales (Liu et al., 2017). Ces dernières peuvent aussi varier dans le temps (p. ex. par la modification de l'occupation du territoire en amont). Chaque ouvrage est donc unique tout comme l'environnement où il a été mis en place. Les performances réelles versus les performances attendues peuvent présenter de grandes différences (une revue de la littérature des performances observées de divers types de PGO est disponible à la section 4.2).

Enfin, certaines considérations (p. ex. la grande vulnérabilité d'un milieu récepteur ou la protection d'une source d'eau) peuvent également entrer en ligne de compte et justifier le besoin d'un suivi. C'est pourquoi il est recommandé de mettre en place une campagne de suivi lorsque les milieux récepteurs sont jugés sensibles ou vulnérables, bien qu'au Québec aucune obligation de suivi de la performance des PGO n'existe (MDDEP & MAMROT, 2011).

Les informations générées par ces suivis sont cruciales et peuvent d'ailleurs être utilisées par les décideurs pour justifier auprès des citoyens et d'autres intervenants (p. ex. autres municipalités, gouvernements provincial et fédéral) les investissements consentis et la « rentabilité » de ces derniers en matière de gestion de la ressource eau (Strecker et al., 2017). Ces informations sont d'autant plus importantes que la performance à moyen et long terme de ce type de mesure est souvent questionnée, particulièrement au Québec où prévalent des conditions climatiques très particulières.

Compte tenu du grand nombre de possibilités, il est donc essentiel de bien définir les orientations du programme de suivi des PGO à mettre en place. Pour ce faire, il est recommandé de répondre aux questions suivantes :

- Dans quel contexte le programme s'inscrit-il et quelles sont les raisons de sa mise en place ?
- Quels sont les objectifs globaux et spécifiques du programme ?

3.1. Orientations du programme de suivi des PGO dans le bassin versant du lac Saint-Charles

3.1.1. Contexte et justification du programme

Le lac Saint-Charles est un lac réservoir d'une grande importance puisqu'il contribue à approvisionner près de 300 000 citoyens de la ville de Québec en eau potable. Ce lac reçoit une attention particulière et bénéficie d'un suivi rigoureux de sa qualité d'eau, suivi qui s'est intensifié depuis 2010. Il est donc le sujet de nombreuses études dans le but de documenter son état et son évolution. La Figure 8 présente le territoire dans une perspective de suivi de la qualité de l'eau en localisant notamment les différentes stations d'échantillonnage utilisées dans le cadre des activités de suivi ainsi que les stations hydrométriques et météorologiques existantes.

Compte tenu des signes de vieillissement que présente le lac Saint-Charles, plusieurs PGO ont été mises en place au fil des ans pour atténuer l'impact de l'urbanisation du bassin versant. Ces PGO ont été aménagées notamment aux abords de ses principaux affluents, mais également sur les petits tributaires au pourtour du lac. En effet, ces derniers ne sont pas seulement importants pour leur impact potentiel sur la qualité des eaux du lac, mais aussi parce qu'ils jouent un rôle écologique d'importance pour le cycle de vie des espèces aquatiques (Booth & Konrad, 2017).

Bien que l'APEL (maintenant Agiro) et la Ville de Québec disposent d'une grande quantité de données de qualité de l'eau des principaux lacs et cours d'eau du territoire, ils ne possèdent que très peu d'information sur la performance spécifique des PGO en place, bien que certains suivis aient été réalisés par le passé. Ces suivis ont essentiellement été réalisés sur deux projets pilotes, à savoir les fossés 50 et 33 (voir Figure 5). Leur planification avait été initiée en 2001 dans le cadre d'études préliminaires sur la qualité des eaux des tributaires du lac Saint-Charles. Certains suivis ont été effectués suite à leur mise en service.

Pour ces raisons et dans une perspective de saine gestion de la ressource eau, la Ville de Québec a mandaté l'APEL (maintenant Agiro) pour la mise en place d'un tel programme de suivi des PGO dans le bassin versant du lac Saint-Charles. Cette démarche s'inscrit dans les efforts d'acquisition de connaissances du bassin versant visant à informer et soutenir les fonctionnaires et décideurs dans la priorisation des actions à poser pour la protection de cette ressource.

3.1.2. Objectifs du programme de suivi

Étant donné l'état actuel des connaissances sur les PGO du territoire, le principal objectif du programme est de dresser le portrait de la performance actuelle des PGO du territoire (quantité et qualité de l'eau) et en suivre l'évolution. Un second objectif est de contribuer à améliorer des procédures d'entretien et à optimiser l'opération et la conception des PGO du territoire. En effet, les visites de terrain, les informations récoltées et les données générées dans le cadre du programme de suivi pourront, selon les cas, servir à améliorer l'état des ouvrages ou optimiser leur fonctionnement pour une meilleure atteinte de leurs objectifs de conception.

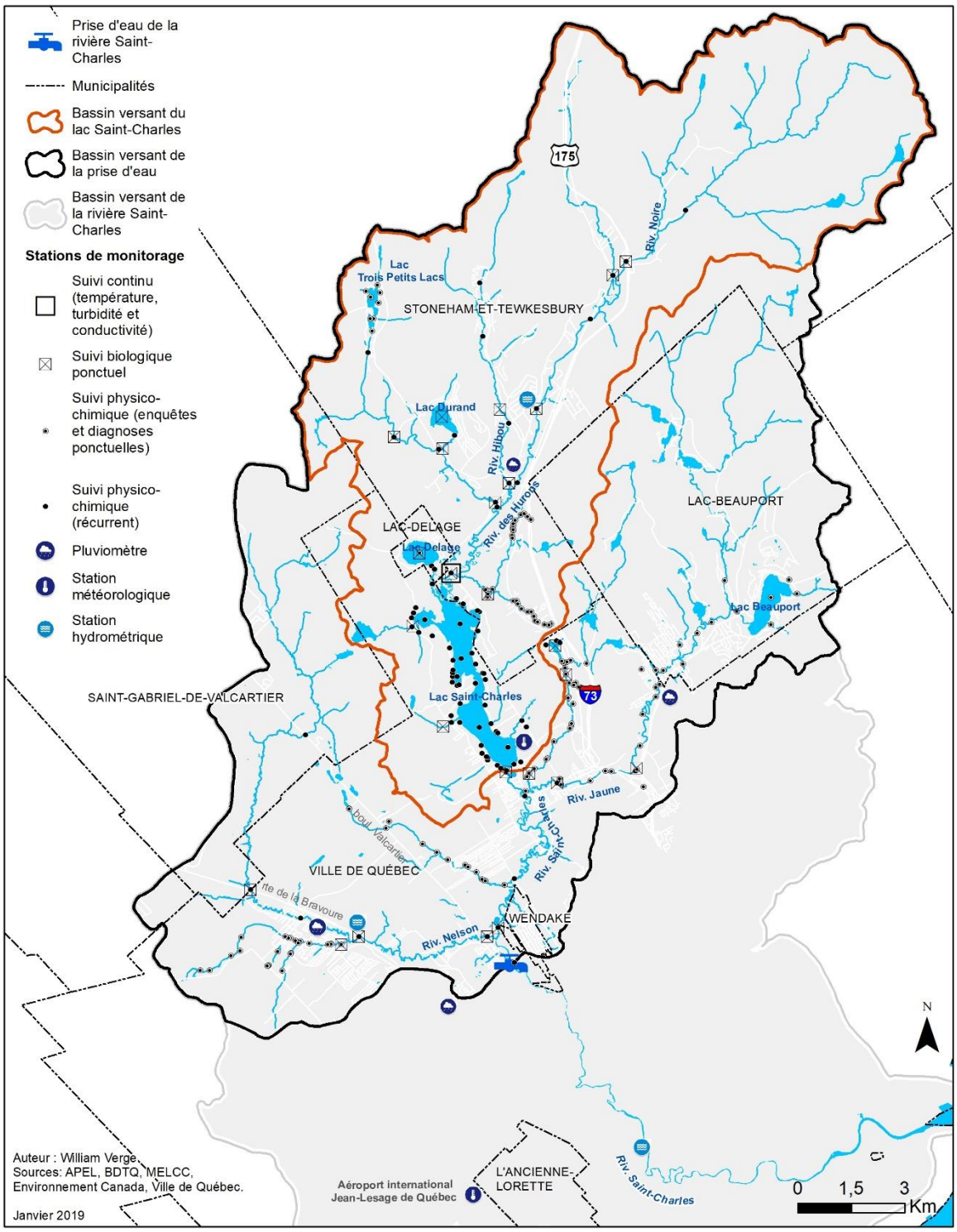

Figure 8 : Carte des ressources et des activités de suivi de l'hydrologie et de la qualité de l'eau dans le bassin versant du lac Saint-Charles et de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles. Des détails sur les stations hydrométriques et hydrologiques sont disponibles à l'Annexe A.

4. Inventaire et caractérisation des PGO

L'inventaire des PGO sur un territoire donné consiste à acquérir des informations essentielles sur ces ouvrages en vue de l'élaboration d'un programme de suivi. Comme il existe une grande variété de PGO, il n'existe pas de méthode de suivi unique applicable à toutes ces PGO. Il peut donc être nécessaire de limiter le suivi à certaines catégories de PGO, par exemple selon la configuration des points d'entrée et de sortie de l'ouvrage (ponctuelle vs diffuse).

Dans une perspective d'élaboration d'un programme de suivi et de façon à orienter le choix des méthodes de suivi à appliquer au moment venu, U.S. EPA (2009) propose plusieurs catégories de PGO incluant les PGO structurales et non structurales. Le Tableau 4 regroupe les catégories pertinentes aux PGO structurales seulement. Ces catégories sont définies en fonction des configurations des points d'entrée et de sortie qui conditionnent la facilité avec laquelle ces PGO peuvent être instrumentées pour en évaluer la performance.

Tableau 4 : Catégories de PGO structurales dans une perspective de suivi basées sur les configurations des points d'entrée et de sortie (adapté de U.S. EPA, 2009).

Catégorie	Description	Exemples de PGO
1	PGO avec points d'entrée et de sortie bien définis.	Bassin de rétention, marais artificiel, noue végétalisée, séparateur hydrodynamique.
2	PGO avec points d'entrée bien définis, mais sans point de sortie bien défini.	Bassin d'infiltration, aire de biorétention (p. ex. si elle est alimentée par une conduite).
3	PGO avec points de sortie bien définis, mais sans point d'entrée bien défini.	Fossé (p. ex. où l'eau entre de façon diffuse le long de l'ouvrage), toit vert.
4	PGO sans point d'entrée ni point de sortie bien défini.	Bande filtrante (p. ex. où l'eau entre et sort de façon diffuse).

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer la performance des PGO structurales et non structurales. Elles sont présentées dans le guide de U.S. EPA (2009) et ne seront pas présentées dans le cadre de ce document. Le lecteur est invité à consulter cette référence afin de bien comprendre la portée de chacune de ces méthodes avant d'élaborer le programme de suivi.

Les informations à recueillir pour chacune des PGO répertoriées sont présentées au Tableau 5. Les ouvrages sont normalement sous la responsabilité de diverses organisations (villes, municipalités, ministères, commerces, institutions) susceptibles de disposer des informations recherchées. Il peut par ailleurs être nécessaire de consulter les outils cartographiques (*Google Earth*, cartes interactives, orthophotos) et d'effectuer des visites de terrain afin de valider ou de compléter certaines informations.

Tableau 5 : Informations à recueillir durant la phase d'inventaire et de caractérisation des PGO (CVC, 2015; MDDEP & MAMROT, 2011; Strecker et al., 2001; Struck, 2006; U.S. EPA, 2009; Urbonas, 1995).

Catégorie	Informations à recueillir
Identifiant	Nom de l'ouvrage officiel utilisé par l'organisation responsable.
Localisation	Ville ou municipalité, coordonnées géographiques (latitude et longitude).
Organisation responsable de l'ouvrage	Identifier l'organisme répondant et la personne ressource si possible avec ses coordonnées.
Type d'ouvrage	Il est préférable d'utiliser la terminologie proposée par le guide de gestion des eaux pluviales (MDDEP & MAMROT, 2011) pour décrire le type d'ouvrage (voir le Tableau 1 à la section 2.3).
Année de construction et de mise en service	Les années de construction et de mise en service peuvent dans certains cas être différentes.
Configuration et caractéristiques de l'ouvrage	Rassembler les documents (plans, schémas, devis, photographies, orthophotos ou autres documents) permettant d'obtenir les informations suivantes : • Point(s) d'entrée et point(s) de rejet ; • Identification du ou des trop-pleins ; • Hauteur d'eau moyenne et maximale ; • Diamètres des principales conduites ; • Volumes de rétention ; • Type de végétation ; • Autres caractéristiques pertinentes de l'ouvrage. Des visites terrain peuvent être nécessaires.
Milieu récepteur	Caractériser le milieu récepteur en termes physiographiques (p. ex. débit moyen), de vulnérabilité et d'usages (p. ex. présence de riverains, sources d'eau potable) ou de tout autre élément pertinent permettant d'évaluer sa vulnérabilité.
Description du bassin versant tributaire à l'ouvrage (aire drainée)	• Estimer la superficie drainée et le tracé du bassin versant en amont. • Caractériser l'occupation du sol selon les classes : surfaces imperméables (routes, bâtiments, stationnements), forêt, milieux ouverts (terrains gazonnés, friches, etc.), milieux humides et réseau hydrique (cours et plans d'eau). • Estimer la superficie des surfaces imperméables. • Identifier les usages et activités sur le territoire (industriel, résidentiel, récréotouristique, etc.), les types de sols et décrire la topographie (ces deux derniers pouvant jouer un rôle crucial en matière d'érosion et de transport des sédiments). • Estimer la pente moyenne du bassin versant.
Contexte de la construction	• Préciser les noms des concepteurs et des constructeurs de l'ouvrage. • Préciser les raisons et le contexte particulier ayant conduit à sa mise en place.
Objectifs de conception	Colliger les paramètres qui ont dicté la conception de l'ouvrage (capacité, débits entrants et sortants, débit de sortie maximal, taux d'enlèvement des paramètres de qualité de l'eau, temps de rétention, niveaux d'eau, type de végétation, etc.).

Catégorie	Informations à recueillir
Historique d'entretien et de suivi de la performance de l'ouvrage	• Décrire les activités d'entretien et d'inspection de l'ouvrage et leurs fréquences, si applicable (entretien de la végétation terrestre ou aquatique, nettoyage des sédiments, nettoyage des déchets ou des débris, contrôle de l'érosion, nettoyage du point d'entrée ou de sortie, remplacement ou régénération du média filtrant, entretien de la mécanique ou des équipements, etc.). • Préciser les dates de la dernière inspection et du dernier entretien de même que les interventions réalisées. • Dresser un historique du suivi incluant : dates, description du type de suivi (méthode utilisée), durée et fréquence (ponctuel, continu), variables mesurées (hydrologiques, physiques, biologiques, chimiques), principales conclusions et constat général sur la performance de l'ouvrage.
Problématiques connues	• Est-ce que les informations recueillies et une visite de terrain font état d'une problématique quelconque (p. ex. érosion, mauvais état des composantes de l'ouvrage, odeur, etc.) ? • Est-ce que la ou les problématiques rapportées soulèvent des questions sur le fonctionnement et la performance réelle de l'ouvrage ?

4.1. Inventaire et caractérisation des PGO du bassin versant du lac Saint-Charles

Le projet se concentre sur les PGO structurales de gestion des eaux pluviales qui peuvent être des PGO végétalisées ou des PGO non végétalisées (aussi appelées PGO grises ; Charlesworth, 2010). L'inventaire s'est limité aux PGO de catégories 1 à 3 (avec point d'entrée ou de sortie bien défini ; voir Tableau 4) et exclut les fossés qui font majoritairement partie du réseau pluvial du secteur à l'étude. Les PGO de catégorie 4 (sans point d'entrée ni point de sortie bien défini) ont été exclues. Certaines PGO sont regroupées en une seule entité pour des fins de simplification. Par exemple, si dix noues végétalisées sont aménagées sur un même tronçon de rues, fonctionnent en série et ont le même exutoire, ces dix ouvrages seront considérés comme une seule PGO.

La plupart des PGO ont été caractérisées après consultation des diverses organisations responsables des aménagements (Transports Québec, Ville de Québec, Ville de Lac-Delage et Municipalité des cantons unis de Stoneham-et-Tewkesbury) et par photo-interprétation (*Google Earth* et les cartes interactives de la Ville de Québec et de la MRC de la Jacques-Cartier).

L'inventaire exhaustif réalisé sur le territoire a permis de dénombrer 39 PGO de catégories 1 à 3 (Figure 9). Elles sont classées selon six types : Marais artificiel (2 PGO ; Figure 10) ; Noue à retenue permanente (1 PGO ; Figure 11) ; Bassin de rétention (15 PGO ; Figure 12) ; Bassin de rétention à retenue permanente (2 PGO ; Figure 13) ; Bassin multifonctions (11 PGO ; Figure 14) ; Aire de biorétention ou noue végétalisée (8 PGO, Figure 15). Des séparateurs hydrodynamiques sont présents dans quelques ouvrages. L'inventaire inclut des PGO construites en 2019 qui seront mises en service en 2020 (PGO #32 à 39).

Il s'est avéré difficile d'obtenir l'ensemble des informations pour chacun des ouvrages. Des recherches approfondies dans les documents fournis par les différentes organisations responsables et l'analyse de données cartographiques ont été nécessaires pour compléter l'inventaire. La superficie drainée par chacun des ouvrages, les limites des bassins versants et l'occupation du sol ont été les éléments les plus problématiques. Les bassins versants n'ayant pas été délimités, il a été nécessaire de les tracer avec le logiciel ArcMap. Les données suivantes ont ainsi été utilisées : courbes topographiques 10 m (source : BDTQ) ; modèle numérique de terrain dérivé du LiDAR (source : MFFP) ; plans des réseaux d'égout pluvial (sources : Ville de Québec, Stoneham-et-Tewkesbury et Lac-Delage) et plan « Quincaillerie et localisation » des bassins multifonctions (source : Transports Québec). La superficie drainée par les PGO a été estimée en se basant sur les tracés des bassins versants ainsi générés. La superficie imperméabilisée des aires drainées des PGO a été calculée grâce à une mise à jour de la carte d'occupation du sol 2013 de l'APEL sur la base des orthophotos de 2017. Pour les bassins versants dont le développement n'était pas encore terminé en 2017, une estimation des superficies imperméables à venir a été réalisée en fonction du lotissement et des plans d'ingénierie (estimation des bâtiments, des entrées de cours, des routes et des surfaces engazonnées).

Un sommaire des principales informations relatives aux PGO retenues est présenté au Tableau 6 et ces PGO sont localisées sur la Figure 9. L'ensemble des informations acquises lors de la phase d'inventaire (Tableau 5) sont colligées dans un document indépendant qui servira de référence pour le programme de suivi (*Inventaire des ouvrages de gestion des eaux pluviales dans le bassin versant du lac Saint-Charles*).

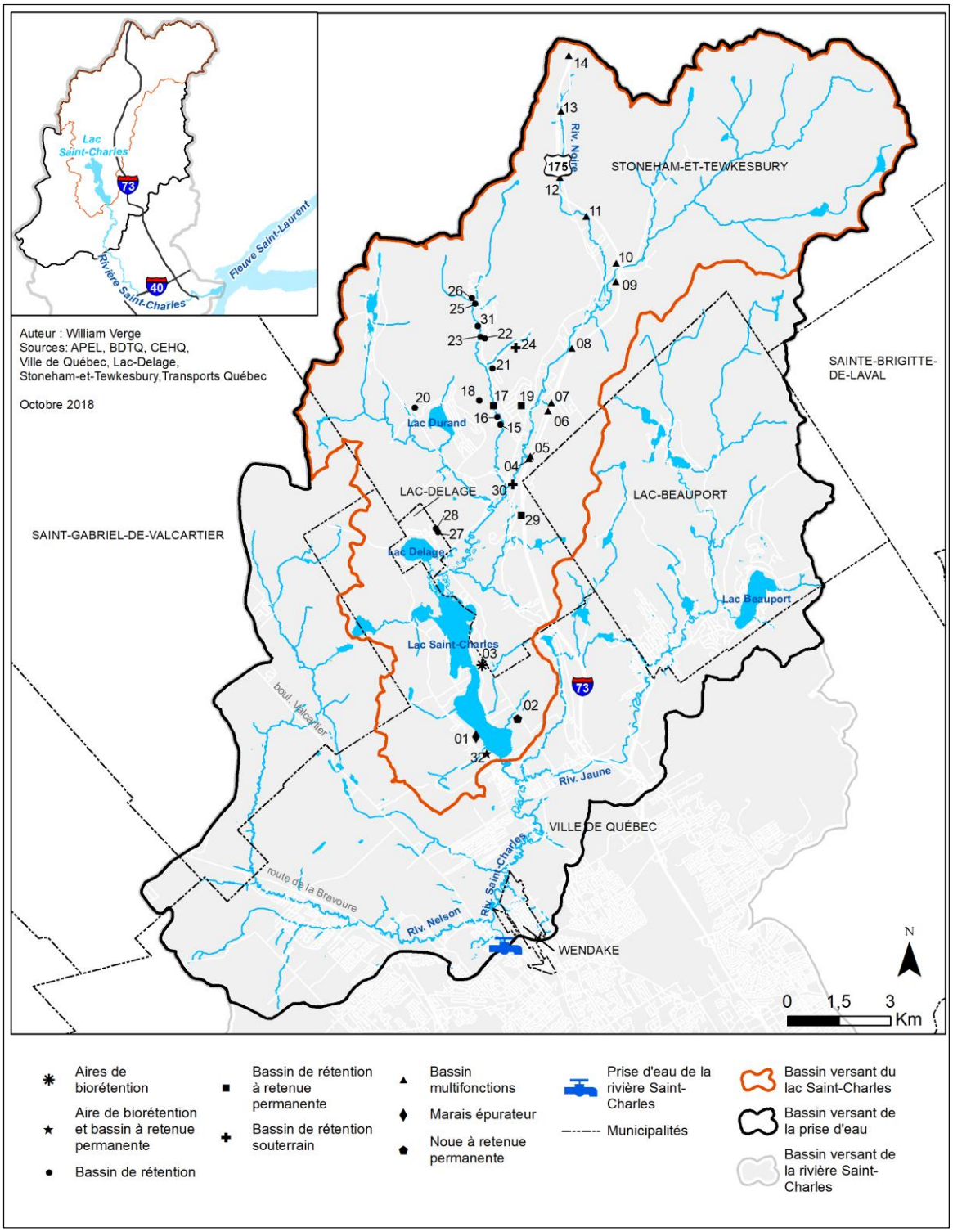

Figure 9 : Localisation des PGO du bassin versant du lac Saint-Charles et localisation de ce bassin versant par rapport au bassin versant de la rivière Saint-Charles (encadré). Les numéros identifiant chacune des PGO sont également indiqués (voir Tableau 6 pour un sommaire des caractéristiques de chaque PGO).

Figure 10 : Marais artificiel (source : Giancarlo Cesarello)
Ici, le Fossé 50 (PGO #01).

Figure 11 : Noue à retenue permanente (source : APEL)
Ici, le Fossé 33 (PGO #02).

Figure 12 : Bassin de rétention (source : APEL)
Ici, le Bassin Allen-Neil (nº1) (PGO #16).

Figure 13 : Bassin de rétention à retenue permanente (source : APEL)
Ici, le Bassin des Faucons (PGO #19).

Figure 14 : Bassins multifonctions (source : APEL)
Ici, les bassins BM 06 (km 66.4 ; PGO #09, en bas) et BM 07 (km 67 ; PGO #10, en haut).

Figure 15 : Noues végétalisées ou aires de biorétention (source : Samuel Bolduc)
Ici, la rue des Goélettes (PGO #03).

Tableau 6: Principales caractéristiques des PGO répertoriées dans le bassin versant du lac Saint-Charles (voir la carte de la Figure 9 pour une localisation de ces ouvrages).

#	Identifiant (municipalité)[1]	Type[2]	Mise en service	Aire drainée (ha)	Description sommaire de l'occupation du sol	Milieu récepteur
01	Fossé 50 (Qc)	MA	2003	6,5	Secteur résidentiel et forêt	Lac Saint-Charles
02	Fossé 33 (Qc)	NRP	2010	222,7	Terrain de golf, forêt, entreprise d'aménagement paysager, milieux humides et secteur résidentiel	Lac Saint-Charles
03	Rue des Goélettes (Qc)	NV[6]	2016	108,0	Secteur résidentiel, route collectrice[6] et forêt	Lac Saint-Charles
04	BM 01 (km 60.4) (ST)	BM	2012	3,3	Autoroute et emprise	Riv. des Hurons
05	BM 02 (km 60.5) (ST)	BM	2012	11,4	Autoroute et emprise	Riv. des Hurons
06	BM 03 (km 62.1) (S) (ST)	BM	2012	4,5	Autoroute et emprise	Ruis. Crawford
07	BM 04 (km 62.1) (N) (ST)	BM	2012	11,2	Autoroute et emprise	Ruis. Crawford
08	BM 05 (km 63,9) (ST)	BM	2012	10,2	Autoroute et emprise	Riv. des Hurons
09	BM 06 (km 66.4) (ST)	BM	2012	17,0	Autoroute et emprise	Rui. du km 66
10	BM 07 (km 67.0) (ST)	BM	2012	12,3	Autoroute et emprise	Riv. des Hurons
11	BM 08 (km 68.7) (ST)	BM	2012	23,3	Autoroute et emprise	Riv. Noire
12	BM 09 (km 70.1) (ST)	BM	2012	19,9	Autoroute et emprise	Riv. Noire
13	BM 10 (km 72.1) (ST)	BM	2012	15,4	Autoroute et emprise	Riv. Noire
14	BM 11 (km 73.7) (ST)	BM	2012	16,1	Autoroute et emprise	Riv. Noire
15	Bassin Allen-Neil (nº2) (ST)	BR[6]	2014	2,7	Secteur résidentiel en montagne, forêt et emprise de lignes à haute tension	Riv. Hibou
16	Bassin Allen-Neil (nº1) (ST)	BR[6]	2014	20,4	Secteur résidentiel en montagne, milieu forestier et emprise de lignes à haute tension	Riv. Hibou
17	Bassin Philip-Toosey (nº3) (ST)	BR	2015	9,7	Secteur résidentiel en montagne	Riv. Hibou
18	Bassin du Domaine des Grands-Ducs (nº5) (ST)[3]	BR	2015	4,4	Forêt (secteur non développé au moment de l'étude)	Riv. Hibou
19	Bassin des Faucons (ST)	BRP	2008	82,5	Secteur résidentiel en montagne	Riv. des Hurons
20	Bassin Aube 260 (ST)	BR	2015	4,6	Secteur résidentiel en forêt	Fossé, lac Durand
21	Bassin du Mont-Hibou (ST)[4]	BR	2008	37,3	Secteur résidentiel en montagne et forêt	Riv. Hibou

#	Identifiant (municipalité)[1]	Type[2]	Mise en service	Aire drainée (ha)	Description sommaire de l'occupation du sol	Milieu récepteur
22	Bassin du Domaine de la Montagne (ST)	BR	2015	0,8	Secteur résidentiel en montagne	Riv. Hibou
23	Bassin chemin Alpages (ST)	BR	2009	1,9	Secteur résidentiel et forêt	Riv. Hibou
24	Bassin chemin Bruant (ST)	BRS	2015	9,0	Secteur résidentiel en montagne	Infiltration
25	Bassin stationnement Station Ski (ST)	BR	2010	3,3	Secteur résidentiel en montagne et station de ski	Riv. Hibou
26	Bassin des Skieurs (ST)	BR	1998	63,2	Secteur résidentiel en montagne et station de ski	Riv. Hibou
27	Bassin de la rue des Crans (LD)	BR[6]	2013	2,0	Secteur résidentiel	Milieux humides
28	Bassin de la rue du Refuge (LD)	BR	2015	0,9	Secteur résidentiel incluant des condominiums	Milieux humides
29	Bassin MTQ 05 (ST)	BRP[5]	2010	108,7	Autoroute et emprise, forêt	Ruis. Plamondon vers milieux humides du lac Savard
30	Bassin Hall Stoneham Phase 2 (ST)	BRS	2017	1,6	Stationnement commercial	Riv. des Hurons
31	Bassin Copropriété Montée du Hameau (ST)	BR	2005	1,8	Secteur résidentiel et forêt	Riv. Hibou
32	Marais Bellevue (Qc)	MA	2020	6,9	Secteur résidentiel, route collectrice, commerces	Lac Saint-Charles
33	NV des Geais (Qc)	NV	2020	2,6	Secteur résidentiel	Lac Saint-Charles
34	NV Gaétan (Qc)	NV	2020	1,9	Secteur résidentiel	Lac Saint-Charles
35	Bio Canard-Huppé (Qc)	BIO	2020	0,1	Secteur résidentiel	Lac Saint-Charles
36	NV Rosario-J.-Rhéaume (Qc)	NV	2020	1,6	Secteur résidentiel	Lac Saint-Charles
37	NV Armand-Tremblay (Qc)	NV	2020	1,2	Secteur résidentiel	Lac Saint-Charles
38	NV Moraines 01 (Qc)	NV	2020	0,9	Secteur résidentiel	Lac Saint-Charles
39	NV Moraines 02 (Qc)	NV	2020	6,2	Secteur résidentiel	Lac Saint-Charles

1 : Qc : Québec ; ST : Stoneham-et-Tewkesbury ; LD : Lac-Delage. **2 :** BIO : aire(s) de biorétention ; BM : Bassin multifonctions ; BR : Bassin de rétention ; BRP : Bassin à retenue permanente ; BRS : Bassin de rétention souterrain ; MA : Marais artificiel ; NRP : Noue à retenue permanente ; NV : Noue(s) végétalisée(s) ; **3 :** Pas encore en service, le bassin ayant été construit pour les besoins futurs du promoteur. **4 :** Agrandi en 2012. La superficie de l'aire drainée correspond à la valeur actuelle. **5 :** Initialement construit en 1994 et agrandi ultérieurement. **6 :** Avec séparateur(s) hydrodynamique(s). **6 :** Route servant à canaliser la circulation vers des routes plus importantes.

Les PGO ont été construites ou mises en service entre 1998 et 2020 et majoritairement à partir de 2010. Plusieurs contextes ont motivé leur construction et défini les objectifs de performance de chacun des ouvrages tel que le montre le Tableau 7.

Tableau 7 : Principaux objectifs et contextes de mise en place des PGO dans le bassin versant du lac Saint-Charles selon l'organisme responsable.

Responsable *(localisation),* contexte de construction (A) et objectifs de performance (B)	**Nb de PGO *# de PGO***
Promoteurs privés *(Lac-Delage et Stoneham-et-Tewkesbury)*	15
A. Atténuation des impacts du développement résidentiel et commercial. B. L'objectif général est d'assurer une rétention optimale des eaux de pluie. Depuis 2010 (Règlement de contrôle intérimaire #2010-41 de la CMQ) : « Les ouvrages d'infiltration, de rétention, de régulation et de transport des eaux pluviales doivent être conçus et aménagés pour gérer les débits de rejet au milieu récepteur en fonction des récurrences de pluie une fois dans 1, 10 et 100 ans. » Depuis 2011 : Tout promoteur qui désire obtenir un certificat d'autorisation pour un réseau d'égout doit aussi obtenir les autorisations auprès du ministère pour la gestion de ses eaux pluviales. Dans ce cas, les bassins doivent être conçus en se basant notamment sur le guide gouvernemental de gestion des eaux pluviales, dans lequel des critères de conception sont suggérés (voir annexe B).	*#15 à 24* *#26 à 28* *#30, 31*
Stoneham-et-Tewkesbury *(Stoneham-et-Tewkesbury)*	1
A. Atténuation des impacts du développement résidentiel en montagne qui porte le nom de « Exposition sud ». B. Gestion des volumes d'eau. Objectifs de performance spécifiques non précisés.	*#25*
Transports Québec *(Stoneham-et-Tewkesbury)*	11
A. Atténuation des impacts d'une autoroute à quatre voies séparées. B. Contrôle quantitatif des eaux de ruissellement, réduction des MES, retenue d'hydrocarbures en cas de déversements accidentels et possibilité de retenir des contaminants solubles.	*#04 à 14*
Transports Québec *(Stoneham-et-Tewkesbury)*	1
A. Atténuation des impacts d'une autoroute à quatre voies séparées. B. Contrôle quantitatif des eaux de ruissellement et réduction des MES.	*#29*
Ville de Québec *(Ville de Québec)*	9
A. Projets réalisés dans le cadre du plan d'action pour la protection du lac Saint-Charles. B. Amélioration de certains paramètres de qualité de l'eau (MES, PT, NT, CF).	*#03, 32 à 39*
Ville de Québec *(Ville de Québec)*	2
A. Projets pilotes pour la protection du lac Saint-Charles. B. Amélioration de certains paramètres de qualité de l'eau (MES, PT, NT, CF).	*#01, 02*

La superficie des bassins versants (aire drainée) en amont des ouvrages varie de 0,1 à 223 ha. L'occupation du territoire de ces bassins est majoritairement résidentielle (périurbain). On y retrouve également une autoroute à quatre voies séparées, un terrain de golf, une station de ski, quelques commerces et des routes collectrices. Les proportions des superficies imperméables des aires drainées varient de 0 à 55 %, avec une moyenne de 29 %. La pente moyenne des aires

drainées varie de 4 à 34 %. Les caractéristiques des aires drainées pour chaque PGO sont disponibles à l'Annexe E.

Les effluents de ces PGO se déversent dans différents milieux récepteurs. Onze PGO ont comme milieu récepteur le lac Saint-Charles (#01, 02, 03, 32 à 39). Un ouvrage rejette ses eaux dans un ruisseau tributaire du lac Durand (#20). L'exutoire d'une autre PGO (#29) alimente le ruisseau Plamondon qui se jette dans les milieux humides du lac Savard. Les autres PGO ont comme points de rejet plus ou moins directs les rivières Hibou, des Hurons et Noire.

4.2. Objectifs et performance observés des PGO répertoriées

Dans une perspective de suivi, en plus des objectifs de conception, il est important de connaitre les performances observées de chacun des types des PGO répertoriées. Une revue de la littérature a permis de rassembler ces informations.

Les sections suivantes présentent les objectifs de performance de ces PGO (sections 4.2.1 à 4.2.4) pour les six grands types de PGO répertoriés dans le bassin versant du lac Saint-Charles, à l'exception des bassins multifonctions puisque ce type d'ouvrage est spécifique à Transport Québec et qu'il s'agit en fait de deux bassins de rétention à retenue permanente en série. Également, la noue à retenue permanente du Fossé 33 est assimilée à un marais artificiel en canal puisque très similaire dans sa conception à ce type d'ouvrage.

La gamme de paramètres à analyser dépend des PGO, des types de suivi et des polluants à traiter. Pour des fins théoriques, seuls les paramètres de base typiquement utilisés (MDDEP & MAMROT, 2011) et qui sont disponibles dans la base de données internationale (International Stormwater BMP Database 2016) de Clary et al. (2017) seront considérés, à savoir MES, PT, NT, Pb, Zn et CF.

Les informations présentées sont les valeurs médianes à l'entrée et à la sortie des PGO, l'intervalle de confiance 95 % et le taux d'enlèvement médian, calculé comme suit :

$$Taux\ d'enlèvement\ médian = \frac{(Médiane_{entrée} - Médiane_{sortie})}{Médiane_{entrée}}$$

Pour certains types de PGO, les différences entre les concentrations à l'entrée et à la sortie peuvent être petites simplement parce que l'eau à l'entrée est de bonne qualité. En effet, la performance d'un ouvrage donné dépend notamment de la qualité des eaux à l'entrée. Si les eaux sont de mauvaise qualité, il sera plus facile de réduire les charges polluantes. À l'inverse, si les eaux sont de bonne qualité, il sera difficile de l'améliorer davantage. Dans ce dernier cas, il est donc important de garder en tête que cela ne veut pas dire que l'ouvrage est non performant (Clary et al., 2017).

Également, à titre informatif et pour relativiser la performance épuratrice des PGO, le Tableau 8 présente des exemples de critères ou de normes de qualité de l'eau pour ces divers paramètres.

Tableau 8 : Critères et normes de qualité de l'eau pour les principaux paramètres de qualité de l'eau considérés.

Paramètre	Exemples de critères ou de normes
MES	13 mg/l ou moins : qualité satisfaisante ou bonne selon l'IQBP (Hébert, 1997).
PT	0,05 mg/l ou moins : qualité satisfaisante ou bonne selon l'IQBP (Hébert, 1997).
	0,02 mg/l : s'applique aux cours d'eau se jetant dans un lac ; vise à limiter la croissance de végétaux (MDDEFP, 2002).
	0,03 mg/l : ce critère de qualité vise à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières. Cette valeur appliquée aux cours d'eau ne garantit pas toujours la protection des lacs en aval (OMOEE, 1994).
NT	1 mg/l : une concentration supérieure à 1,0 mg/l dans les eaux de surface est considérée comme étant indicatrice d'une problématique de fertilisation excessive du milieu (MDDEFP, 2002).
Pb	0,19 mg/l : prévention de la contamination (organismes aquatiques seulement ; MDEQ, 2008).
Zn	0,0074 µg/l : prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques ; U.S. EPA, 2006). 0,026 µg/l : prévention de la contamination (organismes aquatiques seulement ; U.S. EPA, 2006).
CF	1000 UFC/100 ml ou moins : qualité de l'eau bonne à satisfaisante selon l'IQBP (Hébert, 1997).
	200 UFC/100ml : Permet tous les usages récréatifs. 200-1000 UFC/100 ml : Les usages où il y a contact direct avec l'eau sont compromis. 1000 UFC/100 ml : Tous les usages récréatifs sont compromis. Ce critère est applicable à l'eau brute destinée à l'approvisionnement en eau potable aux endroits où il y a un traitement complet (c'est-à-dire avec floculation, filtration et désinfection ; MDDEFP, 2002).

4.2.1. Bassin de rétention

Le volume d'eau stockée est défini à la conception en fonction de divers critères (objectifs de rétention, espace disponible, coûts, etc.). Bien que le contrôle soit généralement essentiellement quantitatif, l'ouvrage permet également de réduire les charges sédimentaires et les concentrations de divers polluants (MDDEP & MAMROT, 2011) tel que montré au Tableau 9.

Tableau 9: Valeurs d'entrée et de sortie (médianes) de divers paramètres de qualité pour les bassins de rétention secs (source des données : International BMP Database 2016).

Paramètre	Valeur médiane et intervalle de confiance 95 % [1]						Taux d'enlèvement médian
	Entrée			Sortie			
	Médiane	2.5e percentile	97.5e percentile	Médiane	2.5e percentile	97.5e percentile	
MES (mg/l)	68,0	57,4	76,2	24,3	21,8	27,0	64 %
PT (mg/l)	0,23	0,21	0,26	0,19	0,17	0,20	17 %
NT (mg/l)	1,15	0,99	1,20	1,19	1,02	1,30	-3 %
Pb total (µg/l)	7,4	5,2	9,0	3,8	2,9	5,1	49 %
Zn total (µg/l)	49,0	37,0	62,1	22,3	15,5	30,0	55 %
CF (UFC/100 ml)	1800	1100	2800	640	370	1500	64 %

1. Nombre de PGO étudiées : 9 à 33 selon les paramètres. Nombre d'évènements (CME) : 170 à 436 selon les paramètres.

4.2.2. Bassin de rétention à retenue permanente

L'augmentation de la durée du séjour de l'eau vise à améliorer les performances épuratrices en comparaison avec les bassins de rétention secs à travers une augmentation des temps de sédimentation. Le Tableau 10 présente les performances pour ce type d'ouvrage.

Tableau 10: Valeurs d'entrée et de sortie (médianes) de divers paramètres de qualité pour les bassins de rétention à retenue permanente (source des données : International BMP Database 2016).

Paramètre	Valeur médiane et intervalle de confiance 95 % [1]						Taux d'enlèvement médian
	Entrée			Sortie			
	Médiane	2.5e percentile	97.5e percentile	Médiane	2.5e percentile	97.5e percentile	
MES (mg/l)	47,2	40,0	54,0	11,7	10,0	12,3	75 %
PT (mg/l)	0,20	0,18	0,22	0,09	0,08	0,10	55 %
NT (mg/l)	1,56	1,42	1,74	1,20	1,10	1,25	23 %
Pb total (µg/l)	9,0	6,7	9,7	3,0	2,0	3,0	67 %
Zn total (µg/l)	49,0	43,1	50,0	21,4	20,0	23,0	56 %
CF (UFC/100 ml)	4300	1500	5000	1400	360	2300	67 %

1. Nombre de PGO étudiées : 10 à 56 selon les paramètres. Nombre d'évènements (CME) : 121 à 933 selon les paramètres.

4.2.3. Marais artificiel

Les marais artificiels peuvent se présenter sous forme de bassins ou de canaux. Leurs performances observées sont présentées au Tableau 11 et 12 respectivement.

Tableau 11: Valeurs d'entrée et de sortie (médianes) de divers paramètres de qualité pour les marais artificiels de type bassins (source des données : International BMP Database 2016).

Paramètre	Valeur médiane et intervalle de confiance 95 % [1]						Taux d'enlèvement médian
	Entrée			Sortie			
	Médiane	2.5e percentile	97.5e percentile	Médiane	2.5e percentile	97.5e percentile	
MES (mg/l)	31,0	26,4	35,5	14,1	11,6	15,2	55 %
PT (mg/l)	0,16	0,14	0,17	0,12	0,11	0,13	25 %
NT (mg/l)	1,48	1,39	1,51	1,42	1,36	1,46	4 %
Pb total (µg/l)	2,4	1,9	3,0	1,3	1,0	1,7	45 %
Zn total (µg/l)	47,6	43,2	54,0	20,0	15,2	21,8	58 %
CF (UFC/100 ml)	12000	3200	15000	900	230	1900	93 %

1. Nombre de PGO étudiées : 5 à 22 selon les paramètres. Nombre d'évènements (CME) : 39 à 595 selon les paramètres.

Tableau 12 : Valeurs d'entrée et de sortie (médianes) de divers paramètres de qualité pour les marais artificiels de type canaux (source des données : International BMP Database 2016).

Paramètre	Valeur médiane et intervalle de confiance 95 % [1]						Taux d'enlèvement médian
	Entrée			Sortie			
	Médiane	2.5e percentile	97.5e percentile	Médiane	2.5e percentile	97.5e percentile	
MES (mg/l)	22,0	18,0	24,0	17,0	13,0	19,0	23 %
PT (mg/l)	0,17	0,15	0,19	0,15	0,13	0,17	12 %
NT (mg/l)	1,70	1,50	1,96	1,43	1,05	1,55	16 %
Pb total (µg/l)	8,3	3,0	10,9	3,0	1,7	4,0	64 %
Zn total (µg/l)	30,0	24,0	40,0	20,0	16,0	30,0	33 %
CF (UFC/100 ml)	6000	2300	7500	4000	1600	11000	33 %

1. Nombre de PGO étudiées : 3 à 12 selon les paramètres. Nombre d'évènements (CME) : 20 à 199 selon les paramètres.

4.2.4. Aire de biorétention

La performance des aires de biorétention dépend, entre autres, du type de substrat utilisé. Un substrat contenant une grande quantité de matières organiques peut entraîner un certain relargage de nutriments ayant des conséquences sur la qualité de l'eau à la sortie de l'ouvrage (SQP, 2018). La contreperformance de ce type d'ouvrage pour le phosphore total pourrait notamment être expliquée par ce facteur. Le Tableau 13 présente les performances observées pour les aires de biorétention.

Tableau 13: Valeurs d'entrée et de sortie (médianes) de divers paramètres de qualité pour les aires de biorétention (source des données : International BMP Database 2016).

Paramètre	Valeur médiane et intervalle de confiance 95 % [1]						Taux d'enlèvement médian
	Entrée			Sortie			
	Médiane	2.5e percentile	97.5e percentile	Médiane	2.5e percentile	97.5e percentile	
MES (mg/l)	40,6	36,0	46,0	10,0	8,0	10,0	75 %
PT (mg/l)	0,13	0,12	0,15	0,24	0,18	0,28	-85 %
NT (mg/l)	1,24	1,06	1,35	1,04	0,88	1,14	16 %
Pb total (µg/l)	3,2	2,0	4,6	0,3	0,2	0,4	90 %
Zn total (µg/l)	49,8	43,5	56,0	12,0	9,0	12,7	76 %
CF (UFC/100 ml)	Non disponible						

1. Nombre de PGO étudiées : 6 à 30 selon les paramètres. Nombre d'évènements (CME) : 132 à 583 selon les paramètres.

5. Élaboration du programme de suivi

Pour être valide scientifiquement, le suivi exhaustif d'une PGO demande beaucoup d'efforts et est relativement coûteux (MDDEP & MAMROT, 2011). Le plan individuel de suivi doit notamment prendre en compte la grande variabilité temporelle et spatiale des débits et des concentrations de polluants et doit permettre de collecter suffisamment d'échantillons sur une longue période pour être statistiquement représentatif et ainsi permettre une évaluation de l'évolution de la performance à long terme de l'ouvrage (U.S. EPA, 2002).

Suivre adéquatement un nombre important d'ouvrages sur un territoire peut donc s'avérer difficilement justifiable, autant d'un point de vue pratique que financier. Ainsi, U.S. EPA (2002) explique qu'il n'est généralement pas recommandé de suivre chaque PGO, mais plutôt de concevoir un programme ciblant certains ouvrages afin de recueillir des données pouvant servir à dresser un portrait global des performances. Par exemple, dans le cadre de leur contribution à l'*International Stormwater BMP Database*, la Ville de Charlotte en Caroline du Nord a conçu un programme de suivi des PGO sur son territoire. Parmi un ensemble de sites potentiels, douze ouvrages représentatifs des types d'ouvrages présents sur son territoire ont été étudiés (Smith et al., 2005). L'organisation *Credit Valley Conservation* (CVC) en Ontario a, quant à elle, publié en 2015 un document intitulé *Lessons learned : Stormwater Management and Low Impact Development Monitoring and Performance Assessment Guide* dans lequel elle présente des études de cas de suivi d'une dizaine de sites couvrant plusieurs types de PGO, que ce soient des aires de biorétention, des puits d'infiltration, des pavés perméables ou des bassins de rétention.

À la lumière de ces exemples, il appert qu'un programme de suivi des PGO d'un territoire donné devrait autant que possible couvrir les différents types de PGO présents sur ce territoire et ne retenir que les PGO les plus stratégiques. Les informations générées permettront non seulement de suivre les performances individuelles des PGO sélectionnées, mais également de dresser un portrait des performances relatives des PGO à l'échelle de la zone à l'étude.

Le processus de sélection des PGO à intégrer au programme de suivi, désignées par PGO clés dans ce qui suit, vise ultimement à sélectionner des PGO parmi les deux catégories suivantes : les PGO stratégiques et les PGO problématiques. Les étapes nécessaires, présentées à la Figure 16 et expliquées à l'aide d'un exemple aux sections suivantes, sont:

1. L'évaluation du caractère stratégique des PGO (section 5.1) par analyse multicritère – cette étape inclut la sélection des critères puis leur validation et leur pondération par un sondage auprès d'experts ;
2. L'évaluation de la faisabilité technique du suivi des PGO (section 5.2) ;
3. L'évaluation des problématiques connues des PGO (section 5.3) ;
4. La construction de la matrice décisionnelle (section 5.4) qui est un tableau présentant les informations essentielles au comité de sélection pour identifier les PGO à intégrer au programme de suivi ;
5. La formation d'un comité de sélection des PGO et l'organisation d'une rencontre de ce comité (section 5.5) durant laquelle il devra, sur la base de la matrice décisionnelle et des informations supplémentaires disponibles, classer les PGO selon leur priorité à intégrer le programme de suivi et identifier le niveau de suivi à mettre en place pour chacune (section 5.6).

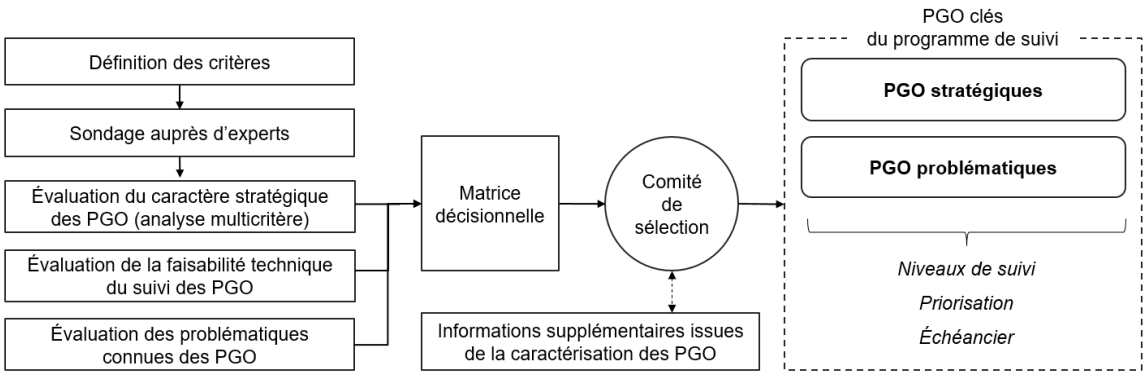

Figure 16 : Processus de sélection des PGO clés à intégrer au programme de suivi.

5.1. Évaluation du caractère stratégique des PGO

L'évaluation du caractère stratégique repose sur deux étapes : l'identification des critères définissant le caractère stratégique (section 5.1.1) et l'analyse multicritère (section 5.1.2).

5.1.1. Identification des critères définissant le caractère stratégique

Le caractère stratégique permet d'évaluer la pertinence d'une PGO à être intégrée au programme de suivi. Pour structurer la démarche, il est proposé d'effectuer une analyse multicritère basée sur un ensemble de critères identifiés, validés et pondérés suite à un sondage complété par des experts.

À notre connaissance, il n'existe que peu ou pas d'information dans la littérature identifiant les critères à considérer pour identifier les PGO les plus stratégiques à intégrer à un programme de suivi. Cependant, certaines sources proposent des critères pour l'élaboration d'un plan de suivi d'une PGO donnée (Barrett, 2008; U.S. EPA, 2009). De ces critères, les caractéristiques de l'aire drainée et du milieu récepteur apparaissent comme très importantes. Les critères suivants ont ainsi été identifiés en vue d'évaluer le caractère stratégique des PGO :

- La vulnérabilité du milieu récepteur (critère A) ;
- La proportion imperméabilisée de l'aire drainée (critère B) ;
- La présence d'usage(s) potentiellement polluant(s) dans l'aire drainée (critère C) ;
- La pente moyenne de l'aire drainée (critère D).

Au besoin, d'autres critères pourraient être ajoutés en fonction du territoire à l'étude ou du contexte du programme de suivi à mettre en place (p. ex. en milieu urbain où l'occurrence de surcharges en réseau et de surverses au milieu récepteur pourrait être prise en compte).

Pour valider la pertinence des critères retenus et compte tenu du peu d'informations disponibles dans la littérature, un sondage a été envoyé à différents experts. Cette démarche est décrite à la section 6.1.

Pour chacun des quatre critères précédents, trois classes sont proposées (classes 1, 2 et 3). Ces classes définissent le pointage accordé (1 point, 2 points, 3 points) à chaque critère pour l'analyse multicritère. L'attribution de classes pour chaque critère et chaque PGO est réalisée par la personne responsable de l'élaboration du programme de suivi et devra être validée ultérieurement par les membres du comité de sélection.

Voici la description et les classes des critères retenus :

Critère A : Vulnérabilité du milieu récepteur

Le milieu récepteur désigne le milieu où sont déversées les eaux sortant de la PGO : rivière, lac, milieu humide, nappe souterraine, fossé, etc. La vulnérabilité réfère à la propension ou la prédisposition d'un milieu récepteur à subir des préjudices par les eaux d'un affluent. Ce critère priorise les PGO contribuant à protéger les milieux les plus vulnérables du territoire à l'étude.

La classification proposée pour ce critère est la suivante (inspirée de MTQ, 2013), les classes étant en ordre croissant de vulnérabilité :

Classe 1 : Pour les milieux ne répondant pas aux critères des classes 2 et 3 (milieux peu vulnérables).
Classe 2 : Si le milieu récepteur est un milieu humide, une nappe souterraine, un lac caractérisé par une faible capacité de dilution et un long temps de séjour pour les substances introduites, un habitat d'une espèce sensible aux perturbations environnementales, p. ex. les salmonidés (milieu potentiellement vulnérable).
Classe 3 : Si le milieu récepteur est une source d'eau potable (de surface ou souterraine) ou est identifié comme un milieu prioritaire à protéger (milieu très vulnérable).

Critère B : Proportion imperméabilisée de l'aire drainée

La proportion de superficies imperméabilisées de l'aire drainée par la PGO est une variable utilisée comme indicateur environnemental puisqu'elle est, selon certains auteurs, fortement corrélée avec la dégradation du milieu récepteur. Ainsi, suivant Arnold et al. (1996), lorsque la superficie imperméabilisée est inférieure à 10 %, le milieu récepteur est dit « protégé », entre 10 et 30 %, il est dit « impacté », et lorsque les surfaces imperméables comptent pour plus de 30 % de la superficie du bassin amont, le milieu est dit « dégradé ».

La classification proposée pour ce critère est donc la suivante :

Classe 1 : Surface imperméable représentant moins de 10 % de la surface du bassin drainé (milieu protégé).

Classe 2 : Surface imperméable représentant entre 10 et 30 % de la surface du bassin drainé (milieu impacté).

Classe 3 : Surface imperméable représentant plus de 30 % de la surface du bassin drainé (milieu dégradé).

Critère C : Présence d'usage(s) potentiellement polluant(s) dans l'aire drainée

Outre le ruissellement créé par les surfaces imperméables, la présence d'usages potentiellement polluants dans l'aire drainée peut influencer la qualité de l'eau se retrouvant au milieu récepteur. Ainsi, des usages liés aux activités agricoles, industrielles, récréatives ou touristiques (p. ex. un terrain de golf) et à la présence d'installations septiques autonomes doivent être considérés.

La classification proposée pour ce critère est la suivante :

Classe 1 : Il n'y a pas d'usage potentiellement polluant (aire drainée sans usage polluant).

Classe 2 : Un ou plusieurs usages présentant un potentiel polluant faible ou modéré (aire drainée avec usages faiblement ou modérément polluants).

Classe 3 : Un ou plusieurs usages présentant un fort potentiel polluant (aire drainée avec usages fortement polluants)**.**

Critère D : Pente moyenne de l'aire drainée

Le relief d'un bassin versant influence le ruissellement et les vitesses d'écoulement jusqu'à la PGO. Une pente forte augmente les vitesses de ruissellement et favorise l'érosion et le transport sédimentaire ; elle est associée à des charges sédimentaires plus importantes. La pente moyenne de l'aire drainée est donc utilisée, une pente plus élevée étant associée à des charges sédimentaires plus importantes. Elle peut être évaluée selon différentes méthodes dépendamment des données disponibles. Il faut cependant s'assurer d'évaluer la pente de tous les bassins drainés par les PGO à partir d'une méthode unique.

La classification proposée pour ce critère est la suivante (inspirée de MFFP, 2016) :

Classe 1 : Pente moyenne de l'aire drainée de 15 % ou moins (aire drainée de faible pente).

Classe 2 : Pente moyenne de l'aire drainée entre 15 et 30 % (aire drainée de pente modérée).

Classe 3 : Pente moyenne de l'aire drainée de 30 % ou plus (aire drainée de forte pente).

5.1.2. Analyse multicritère

Les critères précédents doivent ensuite être combinés en accordant à chacun un poids selon l'importance relative de chaque critère afin de parvenir à un classement des PGO en fonction de leur caractère plus ou moins stratégique.

Pour illustrer cette méthode, prenons pour exemple l'évaluation du caractère stratégique de cinq PGO du bassin versant du lac Saint-Charles (i = 1 à 5) sur la base des quatre critères précédents (critères A, B, C et D, j = 1 à 4), soit :

- w_j : poids normalisé pour le critère j (Tableau 14) ;
- a_{ij} : classe octroyée à la PGO i pour le critère j ;
- CS : caractère stratégique de la PGO.

Une PGO sera d'autant plus stratégique que les valeurs octroyées aux critères A, B, C et D seront élevées, i.e. que la classe qui leur sera associée sera élevée.

La méthode de la somme pondérée requiert d'associer un poids à chacun des critères. Le poids mesure l'importance relative d'un critère par rapport aux autres critères. Ces poids demeurent, dans une large mesure, arbitraires et doivent être fixés sur la base d'une expertise individuelle ou collective. Pour les fins de l'exemple, nous utiliserons les poids obtenus du sondage auprès d'experts pour les critères A à D (section 6.1). Le Tableau 14 présente les poids ainsi définis. Le Tableau 15 présente notamment la classe a_{ij} accordée à chacun des critères pour chaque PGO à l'étude.

Tableau 14 : Pondération relative retenue (en %) des différents critères définissant le caractère stratégique des PGO.

Critère		Poids du critère (%)
A	Vulnérabilité du milieu récepteur	30
B	Proportion imperméabilisée de l'aire drainée	25
C	Présence d'usage(s) potentiellement polluant(s) dans l'aire drainée	25
D	Pente moyenne de l'aire drainée	20
	Somme	**100**

Tableau 15 : Classes attribuées à chacun des quatre critères des PGO de l'exemple, caractères stratégiques (CS) et classement par rang.

PGO #	Identifiant	Type	Critère				CS	Rang
			A	B	C	D		
01	Fossé 50	BM	3	2	2	1	210	2
08	BM 05 (km 63,9)	BM	2	3	3	2	250	1 (ex aequo plus stratégique)
10	BM 07 (km 67.0)	MA	2	3	3	2	250	1 (ex aequo plus stratégique)
22	Bassin du Domaine de la Montagne	BR	2	3	1	2	200	3
24	Bassin chemin Bruant	BR	2	1	1	2	150	4 (moins stratégique)

Le caractère stratégique de chaque PGO i peut être calculé à l'aide de la formule suivante :

$$CS_i = \sum_{j=1}^{n} w_i \ a_{i,j}$$

Par exemple, si on reprend la première PGO (première ligne du Tableau 15), la somme pondérée, définissant le caractère stratégique (CS) de cette PGO, est calculée en utilisant l'équation précédente et on obtient :

$$CS_1 = 30 * 3 + 25 * 2 + 25 * 2 + 20 * 1 = 210$$

En répétant cette opération pour chacune des lignes, on obtient le caractère stratégique de chaque PGO (voir la colonne CS du Tableau 16).

Les PGO sont ensuite classées en fonction du caractère stratégique, c'est-à-dire que des rangs sont attribués du caractère stratégique le plus grand au caractère stratégique le plus petit. Compte tenu du nombre de critères choisis, des classes définies et de leurs poids respectifs, les valeurs minimales et maximales possibles de CS sont respectivement de 100 et 300. Nous avons obtenu pour les cinq PGO quatre valeurs de CS auxquelles des rangs ont été associés : CS = 150 (rang 4, la moins stratégique) ; CS = 200 (rang 3), CS = 210 (rang 2) et CS = 250 (rang 1, la plus stratégique). Plusieurs PGO peuvent être du même rang. L'analyse multicritère a donc permis de calculer le caractère stratégique des cinq PGO de l'exemple. Cette information sera intégrée à la matrice décisionnelle de l'exemple (Tableau 16, section 5.4).

5.2. Évaluation de la faisabilité du suivi des PGO

La faisabilité technique du suivi d'une PGO (*monitoring*) est basée sur deux critères :

- Critère E : Accessibilité de la PGO ;
- Critère F : Contraintes techniques de suivi de la PGO.

Trois classes permettent d'évaluer chacun de ces critères sur la base des informations recueillies durant la phase d'inventaire et de caractérisation :

Critère E : Accessibilité de la PGO

D'un point de vue logistique et dans une perspective de suivi, l'accessibilité de la PGO est un élément important à considérer. L'accès doit être possible en voiture, de façon sécuritaire et sans effort physique important pendant toute la période de l'année où le suivi est effectué. Le temps de déplacement doit également être pris en compte selon l'importance du territoire à couvrir. Ces conditions sont essentielles dans un objectif de suivi exhaustif et à long terme d'une PGO qui exige des visites fréquentes et le transport de nombreux équipements.

La classification proposée pour ce critère est la suivante :

Facile : L'accès est possible en voiture, le temps de déplacement est raisonnable, l'accès pour les intervenants ne comporte pas de risque important et requiert peu d'effort.

Modéré : L'accès est possible en voiture, le temps de déplacement est raisonnable, l'accès pour les intervenants ne comporte pas de risque important et requiert un effort physique modéré.

Difficile : L'accès à l'ouvrage comporte un certain risque (p. ex. pentes fortes, ralentir un véhicule sur l'accotement d'une autoroute, obstruer une voie de circulation) ou requiert un effort important (grande distance de marche ou conditions ardues) ou nécessite un temps de déplacement très important.

Critère F : Contraintes de suivi de la PGO

Il est important d'évaluer la faisabilité d'une instrumentation et d'un suivi à long terme des principales composantes de la PGO (p. ex. des points d'entrée et de sortie des eaux) en se basant sur la catégorie de la PGO (Tableau 4) et sur les informations recueillies lors de la phase d'inventaire et de caractérisation (plans, photographies, visites terrain). Par exemple, le suivi des principales composantes d'une PGO est plus facile si elles sont en surface ou facilement accessibles par des regards d'accès prévus à cet effet.

La classification proposée pour ce critère est la suivante :

Faibles : Le suivi de la PGO a été prévu lors de sa conception ; ainsi, les principales composantes de la PGO sont facilement accessibles et faciles à instrumenter.

Modérées : Le suivi de la PGO n'a pas été prévu lors de sa conception, mais les principales composantes sont accessibles sans intervention majeure (p. ex. entrée et sortie d'eau en surface, présence de regards d'accès permettant d'accéder aux principales composantes). L'instrumentation de la PGO ne présente donc pas de difficultés majeures à première vue.

Importantes : La configuration de la PGO comprend plusieurs entrées ou sorties d'eau, ou ses principales composantes sont difficilement accessibles (p. ex. sortie d'eau souterraine sans accès adéquat) et des interventions importantes seraient requises pour permettre un suivi (p. ex. l'installation d'un regard d'accès). L'instrumentation de la PGO est donc problématique et possiblement plus coûteuse.

Les résultats de cette démarche appliquée à l'exemple sont présentés à la section 5.4 dans la matrice décisionnelle.

5.3. Évaluation des problématiques connues des PGO

La phase d'inventaire et de caractérisation a normalement permis de rassembler un nombre important d'informations sur les PGO du territoire et aura permis d'identifier un certain nombre de PGO problématiques (p. ex. problèmes d'érosion, d'odeur, indices suggérant des dysfonctionnements de l'ouvrage, présence d'espèces exotiques envahissantes). Ces informations doivent être évaluées et les informations suivantes devraient être colligées :

- Problématique(s) connue(s) ;
- Est-ce que la performance et le bon fonctionnement de la PGO sont mis en doute ?

Par exemple, des PGO du Tableau 17, la PGO du Fossé 50 (désignée par l'identifiant #1) est classée comme PGO problématique puisque certaines dysfonctions y ont été rapportées, mettant en doute sa performance.

L'objectif est d'intégrer ces informations dans la matrice décisionnelle (section 5.4) afin de permettre au comité de sélection de les prendre en compte dans la priorisation des PGO clés à intégrer au programme de suivi.

5.4. Matrice décisionnelle

La matrice décisionnelle est un tableau regroupant les informations essentielles permettant au comité de sélection de prioriser les PGO à intégrer au programme de suivi. Elle devrait donc comporter minimalement les éléments suivants :

- Identifiants des PGO ;
- Types de PGO ;
- Résultats de l'analyse multicritère sur le caractère stratégique (valeur de CS) en ordre décroissant et rangs du caractère stratégique ;
- Critère E (accessibilité de la PGO) et critère F (contraintes de suivi de la PGO)
- Problématique(s) connue(s) ;

- Réponse à la question « Est-ce que la performance ou le fonctionnement de la PGO est mis en doute ? ».

À titre d'exemple, la matrice décisionnelle pour les PGO du Tableau 15 est présentée au Tableau 16.

Tableau 16 : Matrice décisionnelle des exemples du Tableau 15. Les PGO sont classées en ordre stratégique croissant (valeurs de CS) et les critères justifiant de ne pas considérer une PGO comme PGO stratégique sont soulignés et rouges.

#	Identifiant	Type[1]	CS	Rang stratégique	Accessibilité (E)	Contraintes de suivi (F)	Problématique(s) connue(s)	Performance ou fonctionnement mis en doute?
08	BM 05 (km 63,9)	BM	250	1	Facile	Modérées	Aucune	Non
10	BM 07 (km 67.0)	BM	250	1	Facile	Modérées	Aucune	Non
01	Fossé 50	MA	210	2	Modéré	Faibles	Chemin d'écoulement préférentiel	Oui
22	Bassin du Domaine de la Montagne	BR	200	3	Facile	Modérées	Aucune	Non
24	Bassin chemin Bruant	BR	150	4	Facile	Fortes	Aucune	Non

1. BM : Bassin multifonctions ; BR : Bassin de rétention ; MA : Marais artificiel.

On remarque dans l'exemple que les deux PGO les plus stratégiques présentent des niveaux d'accessibilité et de contraintes de suivi acceptables, ce qui en fait des candidates de premier ordre pour le programme de suivi. La PGO #01 possède un caractère stratégique relativement élevé, mais fait l'objet d'une problématique connue qui met en doute le bon fonctionnement de l'ouvrage. Elle ne pourrait donc pas être intégrée par le comité de sélection au programme de suivi à titre de PGO stratégique. Elle pourrait toutefois l'être à titre de PGO problématique. La PGO #24 présente quant à elle un caractère stratégique relativement faible et des contraintes de suivi très importantes qui ne justifient pas de l'intégrer au programme de suivi.

5.5. Comité de sélection

Le rôle de ce comité est de prioriser les PGO du territoire à intégrer au programme de suivi sur la base des informations qui leur ont été fournies. Le comité est formé de représentants des parties prenantes du projet d'élaboration d'un programme de suivi (porteurs du projet, partenaires, etc.). Dans le cas du bassin versant du lac Saint-Charles, le comité devrait minimalement inclure des représentants de l'INRS, de la Ville de Québec et d'Agiro. Les intervenants devraient également avoir une connaissance adéquate du territoire à l'étude et couvrir les champs d'expertise reliés aux problématiques concernées par le projet.

Le principal outil mis à la disposition du comité est la matrice décisionnelle (voir Figure 17). Au besoin, si la matrice décisionnelle ne suffit pas, des informations supplémentaires issues de l'inventaire et de la caractérisation des PGO pourront être fournies au comité.

La matrice décisionnelle est classée en fonction des différents types de PGO. Ainsi, le classement et l'identification des PGO à intégrer au programme de suivi pourront se faire par type de PGO de façon à s'assurer que chaque type est représenté dans le programme de suivi.

En amont de la rencontre du comité, une présentation devrait être préparée et inclure les éléments suivants :

- description du contexte ;
- survol des PGO répertoriées, de la méthodologie et des critères de sélection des PGO clés et expliquant le déroulement de la rencontre ;
- résultats de l'inventaire et de la caractérisation des PGO ;
- matrice décisionnelle.

Il est également pertinent de produire une carte interactive (p. ex. Google Earth) des PGO géoréférencées incluant le tracé de leur bassin versant respectif.

Lors de la rencontre, les membres du comité passeront en revue les valeurs accordées aux critères pour les différentes PGO et, le cas échéant, valideront les cotes et le classement stratégique des PGO. De façon similaire, les cotes accordées à l'accessibilité et au suivi (critères E et F) pourront être revues et corrigées au besoin.

Ensuite, au terme de son analyse, le comité devra :

- Classer les PGO selon la priorité de chacune à intégrer le programme de suivi ;
- Définir un niveau de suivi pour chaque PGO.

5.6. Niveaux de suivi, priorisation et échéancier

Il existe plusieurs types de suivi. Afin de faciliter la planification et l'élaboration d'un programme de suivi à l'échelle d'un territoire donné, il est proposé de distinguer trois niveaux de suivi (Tableau 17) à déterminer pour chaque PGO en fonction des conditions et des objectifs spécifiques de suivi.

Tableau 17 : Niveaux de suivi des PGO (adapté de CVC, 2015 ; Welker et al., 2013).

Niveau	Description et nature du suivi	Actions pouvant être effectuées
1	Permet de s'assurer que l'ouvrage fonctionne selon les critères de conception ou de documenter une problématique spécifique. Ce niveau de suivi est généralement assez simple à effectuer.	Inspections ponctuelles ou récurrentes pouvant inclure : • Documentation par photos et vidéos. • Suivi d'une variable spécifique (p. ex. le taux d'infiltration, le niveau de sédiments accumulés, l'état des conduites, l'évolution de la végétation). • Examen visuel des composantes de l'ouvrage ou de leur fonctionnement (p. ex. en temps de pluie).
2	Permet d'obtenir un portrait des performances hydrologique et hydraulique de l'ouvrage. Nécessite généralement l'installation d'ouvrages (p. ex. déversoirs) ou d'instruments (p. ex. bulleurs, capteurs de pression) pour l'acquisition de mesures permettant l'évaluation de la performance hydrologique de la PGO, idéalement pour chaque pluie importante et sur une période de temps prolongée (jusqu'à plusieurs années).	• Mesures des débits en fonction des précipitations. • Suivi des niveaux d'eau. • Bilan hydrique.
3	Permet d'obtenir un portrait des performances hydrologique et hydraulique (niveau 2) et des performances environnementales (généralement les performances de traitement). Ce niveau de suivi est le plus complexe et requiert un nombre suffisant de données de plusieurs paramètres hydrauliques et de qualité pour l'évaluation de la performance hydrique et de traitement des PGO. Cela implique aussi de couvrir un nombre important d'évènements pluvieux chaque année (U.S. EPA, 2009). Ces suivis peuvent s'étendre sur plusieurs années.	• Actions du niveau 2. • Échantillonnages ponctuels ou en continu d'un certain nombre de paramètres de qualité de l'eau (ce nombre et le type de paramètres à mesurer sont fonction des enjeux locaux de qualité de l'eau).

Pour chaque PGO, le niveau de suivi et la priorisation doivent être choisis et les éléments suivants peuvent influencer ces choix :

- Objectifs du programme de suivi ;
- Objectifs de conception de l'ouvrage ;
- Variables de qualité susceptibles d'être compromises par les activités de l'aire drainée ou critiques pour le milieu récepteur ;
- Problématiques connues.

Par exemple, si une PGO clé a été conçue pour gérer les volumes d'eau seulement, sans considération de la qualité de l'eau, le niveau de suivi adéquat sera le niveau 2 afin d'obtenir un portrait de la performance hydrologique de l'ouvrage. Si une PGO clé a été mise en place pour diminuer les charges en MES déversées au milieu récepteur, un suivi de niveau 3 sera requis. Toutefois, si une PGO a été intégrée au programme de suivi parce qu'elle présente une problématique connue que l'on souhaite mieux documenter, un suivi de niveau 1 sera suffisant dans un premier temps.

Un échéancier de suivi des PGO clés devrait être proposé au terme de cette démarche.

6. Programme de suivi des PGO du bassin versant du lac Saint-Charles

Les sections suivantes appliquent la démarche proposée au Chapitre 5 à l'élaboration du programme de suivi des ouvrages de gestion des eaux pluviales du bassin versant du lac Saint-Charles.

6.1. PGO stratégiques

Tel que décrit à la section 5.2.1, un sondage a été élaboré pour : 1) valider et compléter la liste des critères proposés pour la sélection des PGO stratégiques ; et 2) définir la pondération à accorder à chacun de ces critères. Le sondage a été transmis à des personnes reconnues pour leur expertise. Les neuf experts suivants (par ordre alphabétique) ont complété le sondage en ligne :

- Alexandre Baker, conseiller en environnement à la Ville de Québec ;
- Mélanie Deslongchamps, directrice générale d'Agiro ;
- Marie Dugué, conseillère aux normes au Service de l'eau à la Ville de Montréal ;
- Sophie Duchene, professeur-chercheure à l'INRS-ETE ;
- Alexandre Lynch, ingénieur chez Vinci Consultant ;
- Alain Mailhot, professeur-chercheur à l'INRS-ETE ;
- Geneviève Pelletier, professeure titulaire à l'Université Laval ;
- Gilles Rivard, vice-président hydrologie urbaine chez Lasalle | NHC ;
- Benoit Wagner, ingénieur à la Ville de Québec.

Des critères supplémentaires ont été proposés par les répondants du sondage. Certains de ces critères étaient déjà pris en compte dans la démarche globale (p. ex. l'accès à la PGO, la faisabilité technique) alors que d'autres suggestions, bien que pertinentes, ne cadraient pas exactement avec les objectifs directs du projet (p. ex. : services écosystémiques rendus, aspects sociaux, perméabilité du sol en place). Ces critères pourraient éventuellement être considérés dans le cadre d'autres applications. La moyenne des pondérations accordées à chacun des critères par les experts a été estimée et arrondie à 5% près pour obtenir la pondération finale, présentée au Tableau 18. Cette pondération sera utilisée pour l'évaluation du caractère stratégique des différentes PGO du territoire. Le sondage et les réponses obtenues sont disponibles à l'Annexe C.

Tableau 18 : Pondération finale (%) des critères selon les experts.

Critère		Poids
A	Vulnérabilité du milieu récepteur	30
B	Proportion imperméabilisée de l'aire drainée	25
C	Présence d'usage(s) potentiellement polluant(s) dans l'aire drainée	25
D	Pente moyenne de l'aire drainée	20
	Somme	**100**

Les résultats du sondage sont globalement cohérents. Ainsi, les participants accordent, dans la plupart des cas, un ordre d'importance similaire à chacun des critères. Par exemple, la vulnérabilité du milieu récepteur ressort comme le critère le plus important selon la majorité des répondants.

Pour chaque ouvrage, le caractère stratégique a été calculé par l'analyse multicritère telle que décrite à la section 5.4. Les classes accordées à chaque critère pour les PGO à l'étude sont présentées à l'Annexe F. Compte tenu du nombre de critères choisis, des classes définies et de la pondération retenue (Tableau 18), les valeurs minimales et maximales possibles sont

respectivement de 100 et 300. Pour les 39 PGO à l'étude, 12 ont des valeurs de CS comprises entre 150 et 250 (Figure 17). Ces valeurs ont été ordonnées et un rang a été attribué à chacune d'entre elles (1er/12, 2e/12, 3e/12, etc.). Par exemple, sur la Figure 17, les huit PGO de rang 1 (valeurs de CS de 250) sont considérées comme les plus stratégiques du territoire, suivies par la PGO de rang 2, qui elle est plus stratégique que la PGO de rang 3, et ainsi de suite.

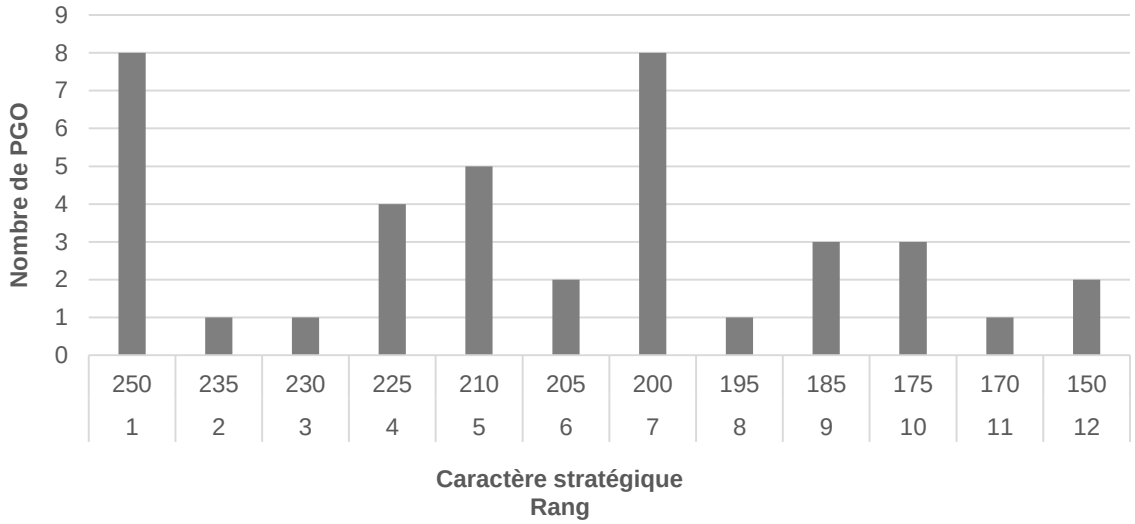

Figure 17 : Nombre de PGO selon la pondération stratégique obtenue pour le bassin versant du lac Saint-Charles. La valeur du caractère stratégique pour chaque PGO et le rang associé sont présentés en abscisse.

6.2. Matrice décisionnelle

Les résultats de l'analyse multicritère, de l'évaluation de la faisabilité technique du suivi et de l'évaluation des problématiques connues ont été compilés et reportés dans la matrice décisionnelle (Tableau 19). Elle présente les PGO de la plus stratégique à la moins stratégique et regroupe les informations pertinentes à la sélection des PGO clés.

Tableau 19 : Matrice décisionnelle pour les PGO du bassin versant du lac Saint-Charles. Les PGO sont classées en ordre stratégique croissant, et les critères justifiant de ne pas sélectionner une PGO comme PGO clé sont indiqués en rouge.

#	Identifiant	Type[1]	CS[3]	Rang	Faisabilité du suivi		Problématique(s) connue(s)	Fonctionnement mis en doute?
					Accès	Contraintes		
4	BM 01 (km 60.4)	BM	250	1	Facile	Fortes	Aucune	Non
5	BM 02 (km 60.5)	BM	250	1	Facile	Fortes	Aucune	Non
6	BM 03 (km 62.1) (S)	BM	250	1	Facile	Fortes	Aucune	Non
7	BM 04 (km 62.1) (N)	BM	250	1	Facile	Fortes	Odeur fécale anormale	Non
8	BM 05 (km 63,9)	BM	250	1	Facile	Modérées	Aucune	Non
9	BM 06 (km 66.4)	BM	250	1	Difficile	Modérées	Aucune	Non
10	BM 07 (km 67.0)	BM	250	1	Facile	Modérées	Aucune	Non
13	BM 10 (km 72.1)	BM	250	1	Difficile	Modérées	Aucune	Non
32	Marais Bellevue	MA	235	2	Facile	Modérées	Aucune	Non
2	Fossé 33	NRP	230	3	Facile	Modérées	Aucune	Non
11	BM 08 (km 68.7)	BM	225	4	Difficile	Modérées	Aucune	Non
12	BM 09 (km 70.1)	BM	225	4	Difficile	Modérées	Aucune	Non
14	BM 11 (km 73.7)	BM	225	4	Difficile	Modérées	Aucune	Non
25	Bassin stationnement Station Ski	BR	225	4	Facile	Modérées	Toujours vide selon témoins	Oui
1	Fossé 50	MA	210	5	Modéré	Faibles	Chemin d'écoulement préférentiel	Oui
35	Bio Canard-Huppé	BIO	210	5	Facile	Modérées	Aucune	Non
36	NV Rosario-J.-Rhéaume	NV	210	5	Facile	Modérées	Aucune	Non
37	NV Armand-Tremblay	NV	210	5	Facile	Modérées	Aucune	Non
38	NV Moraines 01	NV	210	5	Facile	Modérées	Aucune	Non
3	Rue des Goélettes	NV[2]	205	6	Facile	Modérées	Aucune	Non
30	Bassin Hall Stoneham Phase 2	BRS	205	6	Facile	Fortes	Aucune	Non
15	Bassin Allen-Neil (nº2)	BR[2]	200	7	Facile	Modérées	Aucune	Non
17	Bassin Philip-Toosey (nº3)	BR	200	7	Modéré	Modérées	Aucune	Non
20	Bassin Aube260	BR	200	7	Facile	Modérées	Toujours vide selon témoins	Oui
22	Bassin du Domaine de la Montagne	BR	200	7	Facile	Modérées	Aucune	Non
23	Bassin chemin Alpages	BR	200	7	Modéré	Modérées	Érosion, mauvais état général	Non

#	Identifiant	Type[1]	CS	Rang	Faisabilité du suivi		Problématique(s) connue(s)	Fonctionnement mis en doute?
					Accès	Contraintes		
28	Bassin de la rue du Refuge	BR	200	7	Modéré	Modérées	Aucune	Non
29	Bassin MTQ 05	BRP	200	7	Difficile	Fortes	Toujours vide selon témoins	Oui
31	Bassin Copropriété Montée du Hameau	BR	200	7	Difficile	Modérées	Aucune	Non
21	Bassin du Mont-Hibou	BR	195	8	Facile	Modérées	Aucune	Non
33	NV des Geais	NV	185	9	Facile	Modérées	Aucune	Non
34	NV Gaétan	NV	185	9	Facile	Modérées	Aucune	Non
39	NV Moraines 02	NV	185	9	Facile	Modérées	Aucune	Non
16	Bassin Allen-Neil (nº1)	BR[2]	175	10	Facile	Modérées	Aucune	Non
19	Bassin des Faucons	BRP	175	10	Modéré	Modérées	Aucune	Non
27	Bassin de la rue des Crans	BR[2]	175	10	Facile	Modérées	Aucune	Non
26	Bassin des Skieurs	BR	170	11	Modéré	Modérées	Érosion notable	Non
18	Bassin du Domaine des Grands-Ducs (nº5)[4]	BR	150	12	Facile	Modérées	Aucune	Non
24	Bassin chemin Bruant	BRS	150	12	Facile	Fortes	Aucune	Non

1. BIO : aire(s) de biorétention ; BM : Bassin multifonctions ; BR : Bassin de rétention ; BRP : Bassin à retenue permanente ; BRS : Bassin de rétention souterrain ; MA : Marais artificiel ; NRP : Noue à retenue permanente ; NV : Noue(s) végétalisée(s) ;
2. Avec séparateur hydrodynamique.
3. Caractère stratégique.
4. Pas encore en service au moment de l'étude.

6.3. Comité de sélection des PGO clés

Le comité de sélection s'est réuni le 14 novembre 2019 dans les locaux de l'APEL (maintenant Agiro) et a réuni les personnes indiquées au Tableau 20. La sélection des membres du comité a été validée par la Ville de Québec.

Tableau 20 : Nom, affiliation, titre et expertise des membres du comité de sélection des PGO clés pour le bassin versant du lac Saint-Charles.

Nom	Affiliation, titre.	Expertise
Alain Mailhot	INRS-ETE, Professeur-chercheur	Eaux pluviales et changements climatiques
Alexandre Baker	Ville de Québec, Conseiller en environnement	Eaux pluviales, PGO, aménagement du territoire
Benoit Wagner	Ville de Québec, Ingénieur	Eaux pluviales, ingénierie, connaissance du territoire
Mélanie Deslongchamps	Agiro, Directrice générale	Connaissance fine du territoire et des enjeux du bassin versant du lac Saint-Charles
William Verge	INRS-ETE, Candidat à la maitrise en sciences de l'eau Agiro, Chargé de projets sénior	Connaissance fine du territoire, PGO, *monitoring*, génie civil

La rencontre a débuté par une présentation de M. William Verge qui a d'abord rappelé les objectifs de la rencontre : 1) identifier et prioriser les PGO à intégrer au programme de suivi ; et 2) définir le niveau de suivi pour chacune.

M. Verge a ensuite présenté :

- Une brève mise en contexte (rappel de l'impact de l'urbanisation sur l'eau, justification d'un programme de suivi pour le territoire, courte revue de la littérature des PGO et des programmes mis en place ailleurs dans le monde) ;
- Un rappel des objectifs du programme de suivi ;
- Une synthèse de l'inventaire et de la caractérisation des 39 PGO du territoire ;
- Les critères de sélection retenus pour la sélection des PGO clés ;
- Des informations concernant les PGO problématiques.

La matrice décisionnelle a ensuite été présentée (Tableau 19). La démarche ayant servi à établir le caractère stratégique de chaque PGO a été expliquée aux membres du comité, à savoir que le caractère stratégique résulte d'une analyse multicritère (critères A à D) dont la pondération a été établie suite à un sondage envoyé à neuf experts du domaine.

Considérant que les PGO clés doivent être représentatives des différents types de PGO présents sur le territoire, chaque type de PGO a été analysé séparément par les membres du comité afin d'identifier les PGO prioritaires de chaque type (voir l'annexe D). La pertinence d'intégrer au programme de suivi les PGO problématiques a également été discutée. Ces PGO ne peuvent être considérées comme des PGO clés puisque leur suivi ne répond pas à l'objectif 1 du programme (dresser le portrait de la performance actuelle des PGO du territoire – quantité et qualité de l'eau – et en suivre l'évolution) mais répond à l'objectif 2 (contribuer à améliorer les procédures d'entretien et à optimiser l'opération et la conception des PGO du territoire). De ce fait, les PGO dites problématiques ont été traitées distinctement par le comité. Une synthèse des discussions du comité est présentée dans ce qui suit pour chaque type de PGO.

6.3.1. Marais artificiels

Des deux marais artificiels, le Marais Bellevue (#32) a été retenu comme PGO clé pour ce type de PGO. L'accès y est facile et les contraintes de suivi sont modérées. De plus, la Ville de Québec et Agiro entendent faire un suivi de cette PGO après sa mise en service prévue en 2020 puisqu'il s'agit d'un nouvel ouvrage construit dans l'objectif d'améliorer la qualité de l'eau d'un tributaire important du lac Saint-Charles. Il a été préféré au Fossé 50, car ce dernier est considéré moins stratégique (5e/12) et son efficacité est mise en doute, notamment à cause d'un chemin préférentiel qui s'est créé au fil du temps. Des interventions menées par la Ville de Québec pour corriger cet ouvrage sont en cours. Le Fossé 50 a déjà fait l'objet d'un suivi peu après sa mise en service qui avait permis de montrer que l'ouvrage respectait alors ses objectifs de performance. Cette PGO pourrait éventuellement être intégrée au programme de suivi afin de documenter la performance à long terme de ce type de PGO.

6.3.2. Noues végétalisées

Parmi les PGO de type noues végétalisées, le comité a convenu que les deux noues de la rue des Moraines (#38 et #39) devaient être priorisées pour un suivi à titre de PGO clés. Ces PGO sont facilement accessibles et les contraintes de suivi sont modérées. Au niveau du caractère stratégique, elles occupent respectivement les 5e et 9e rangs sur les 12 PGO de ce type. Une des raisons justifiant ce choix est que la Ville de Québec s'est engagée à suivre ces ouvrages (quantité/qualité) suite à leur mise en service prévue en 2020, lorsque les travaux de végétalisation seront terminés, dans le cadre de la subvention gouvernementale obtenue pour la construction des PGO des six rues du secteur sud-ouest du lac Saint-Charles.

La rue des Moraines a été préférée aux cinq autres rues étant donné la faisabilité du suivi. Par exemple, une section de cette rue est aménagée avec des PGO tandis qu'une autre est aménagée sans PGO, ce qui représente une opportunité de faire un suivi de ces sections afin d'évaluer les gains qu'apporte la mise en place des PGO. Également, l'exutoire des PGO est localisé près d'un terrain appartenant à la Ville de Québec, ce qui peut faciliter la mise en place d'équipement, l'accès au site, etc. Finalement, la couronne de la rue favorise un ruissellement des eaux vers ces ouvrages augmentant les chances de succès du suivi. L'exutoire du bassin versant C (voir Figure 19), dans lequel est située la rue des Moraines, est également suivi dans le cadre du programme de suivi de la qualité de l'eau d'Agiro et de la Ville de Québec.

La noue végétalisée #3 (rue des Goélettes) n'a pas été retenue comme PGO clé, car sa configuration particulière n'est pas représentative des autres noues végétalisées en place ou à venir sur le territoire. De plus, la configuration de l'ouvrage rend l'évaluation de sa performance très difficile (plusieurs points d'entrée, ruisseau permanent qui passe à travers l'ouvrage, etc.). Aussi, l'exutoire de la PGO (qui correspond également à l'exutoire du bassin versant II ; voir Figure 19) est suivi dans le cadre du programme de la qualité des eaux de surface d'Agiro et de la Ville de Québec depuis 2010, et ce suivi est appelé à se poursuivre au cours des prochaines années. Il permet, en principe, d'évaluer la contribution de l'ouvrage à l'amélioration globale de la qualité de l'eau à l'exutoire du bassin versant II avant et après la construction de la PGO.

6.3.3. Noue à retenue permanente

Le Fossé 33 a été classé comme stratégique pour le territoire (3e/12) et est la seule PGO de type noue à retenue permanente sur le territoire. Elle est donc choisie comme PGO clé. L'accès est facile et les contraintes de suivi sont faibles (p. ex. accès à l'électricité, cabane disponible). La performance réelle de cette PGO demeure inconnue, bien qu'elle ait été mise en service en 2010

et ait fait l'objet d'un suivi en 2010-2011. Le suivi a permis d'identifier plusieurs éléments à corriger afin de la rendre conforme aux plans d'ingénierie. Des travaux correctifs ont été réalisés en 2016. Sa performance devra donc être réévaluée. La présence d'une station météo sur le site présente également une opportunité intéressante d'utiliser les équipements dans le cadre du suivi.

6.3.4. Aire de biorétention

L'aire de biorétention BIO Canard-Huppé a été choisie comme PGO clé pour ce type de PGO. Elle fait partie du projet d'aménagement de PGO par la Ville de Québec dans six rues du secteur sud-ouest du lac Saint-Charles. L'accès est facile et les contraintes de suivi sont modérées. Son suivi pourrait servir à justifier et promouvoir l'implantation de ce concept dans les zones déjà bâties (*retrofiting*). Son étude bonifiera également le suivi engagé dans le cadre de la subvention ayant permis la réalisation du projet de PGO dans les six rues. L'exutoire du bassin versant H (voir Figure 19), dans lequel est située cette PGO, est également suivi dans le cadre du programme de suivi de la qualité de l'eau d'Agiro et de la Ville de Québec. Le comité a toutefois jugé que le suivi de cet ouvrage était moins prioritaire (priorité 2).

6.3.5. Bassins de rétention

Le Bassin Philip-Toosey (#17) a été choisi comme PGO clé pour ce type de PGO. Il est classé 7^{e}/12 en terme stratégique, toutes PGO confondues, et se classe au 3^{e} rang parmi les bassins de rétention. Il est représentatif de plusieurs autres bassins du territoire. L'accès et les contraintes de suivi sont modérés. Récemment construit (2015), ce bassin pourrait potentiellement servir de modèle pour d'autres bassins à construire sur plusieurs autres sites du territoire si de nouveaux développements résidentiels voyaient le jour.

6.3.6. Bassins à retenue permanente

Deux bassins à retenue permanente sont présents sur le territoire mais ils sont atypiques et non représentatifs des bassins à retenue permanente généralement construits. Pour ces raisons, aucun n'a été retenu comme PGO clé.

6.3.7. Bassins multifonctions

Les bassins multifonctions de Transport Québec ont été jugés très stratégiques à l'échelle du bassin versant (1er/12 ou 4^{e}/12). Le BM 07 (km 67.0) (#10) a été choisi comme PGO clé. Cet ouvrage est classé parmi les plus stratégiques du bassin versant (1er/12), et sa configuration est caractéristique du concept de bassin multifonctions. L'accès est facile et les contraintes de suivi sont modérées. Une priorité plus faible est toutefois accordée par le comité au suivi de cet ouvrage (priorité 2). L'à-propos d'un suivi de cet ouvrage devra être l'objet de discussion avec le MTQ dans le cadre d'un partenariat visant à documenter la performance de ce type d'ouvrages novateurs.

6.3.8. PGO problématiques

La phase inventaire a permis de répertorier des problématiques connues pour sept des 39 PGO du territoire (#1, 7, 20, 23, 25, 26 et 29). De ces PGO, les PGO #1, #20 et #23 ne seront pas intégrées au programme de suivi puisque des démarches pour régler les problématiques sont déjà en cours ou prévues à court terme et ces problématiques ne nécessitent pas, à ce stade-ci, d'acquisition de données supplémentaires.

Concernant le bassin multifonctions BM 04 (km 62.1) (N) (#7), plusieurs témoins du secteur ont rapporté des odeurs fécales anormales et récurrentes. Il apparaît important de mieux documenter

cette problématique lors du programme de suivi en collaboration avec Transports Québec. Cette PGO sera donc intégrée au programme de suivi à titre de PGO problématique (niveau de suivi 1 et priorité 1).

Les bassins #25 et #26 situés à la Station touristique Stoneham nécessitent un suivi de niveau 1 de priorité 1 car ces deux bassins de rétention, qui fonctionnent normalement en série, présentent plusieurs problématiques. De l'érosion et un mauvais état général ont été observés pour la PGO #26, alors que la PGO #25 est toujours vide selon les témoignages de travailleurs de la station de ski. La PGO #26 est considérée relativement stratégique à l'échelle du territoire (4e/12), ce qui confirme la pertinence de mieux documenter ces problématiques et de les corriger.

Le bassin MTQ 05 (#29) présente une problématique (toujours vide selon divers témoins) qui doit être vérifiée et documentée (niveau de suivi 1). Cet ouvrage a été jugé prioritaire et le niveau de priorité 1 lui a donc été accordé.

La liste exhaustive des PGO à intégrer prioritairement au programme de suivi est présentée à la section suivante.

6.4. PGO prioritaires à intégrer au programme de suivi

Le comité de sélection a dressé la liste des PGO prioritaires à intégrer au programme de suivi (sept PGO clés et quatre PGO problématiques ; elles sont localisées sur la Figure 18). Les niveaux de suivi et la priorité d'un suivi ont aussi été établis en fonction des informations disponibles et des objectifs du programme. Les PGO clés sélectionnées couvrent cinq des six grands types de PGO présents sur le territoire. La synthèse de ces informations est présentée au Tableau 21.

Tableau 21 : PGO clés du territoire, niveaux de suivi visés et priorisation.

#	Identifiant	Type de PGO clés	Type	Niveau de suivi visé[2]	Priorité[1]
38 39	NV des Moraines 01 NV des Moraines 02	Stratégique	Noues végétalisées	3	1
32	Marais Bellevue	Stratégique	Marais artificiel	2 puis 3	1
02	Fossé 33	Stratégique	Noue à retenue permanente	2 puis 3	1
17	Bassin Philip-Toosey (n^{o}3)	Stratégique	Bassin de rétention	2	1
10	BM 07 (km 67)	Stratégique	Bassin multifonctions	2	2
35	Bio Canard-Huppé	Stratégique	Aire de biorétention	2	2
07	BM 04 (km 62.1) (N)	Problématique	Bassin multifonctions	1	1
25 26	Bassin stationnement Station ski Bassin des Skieurs	Problématique	Bassin de rétention	1	1
29	MTQ 05	Problématique	Bassin rétention à retenue permanente	1	1

1 : 1 ou 2 (déterminé par le comité ; 1 étant le plus prioritaire) ; **2 :** Se référer au Tableau 17 pour la définition des niveaux de suivi.

Comme il a été mentionné à la section 2.4, le suivi à long terme des PGO exige beaucoup de temps et de ressources. Pour pleinement atteindre ses objectifs, le programme de suivi devrait s'étendre minimalement sur une période de 10 ans afin d'acquérir suffisamment de données pour chacune des PGO clés et avoir une idée de la performance à long terme des ouvrages. Un programme préliminaire sur 9 ans subdivisé en trois cycles de trois années en accord avec les ententes de services établies entre Agiro et la Ville de Québec, principaux partenaires du projet, est donc proposé. Le premier cycle débutera en 2020. Les cycles suivants devront être planifiés et révisés de façon adaptative. Une planification préliminaire du cycle 1 est présentée au Tableau 22.

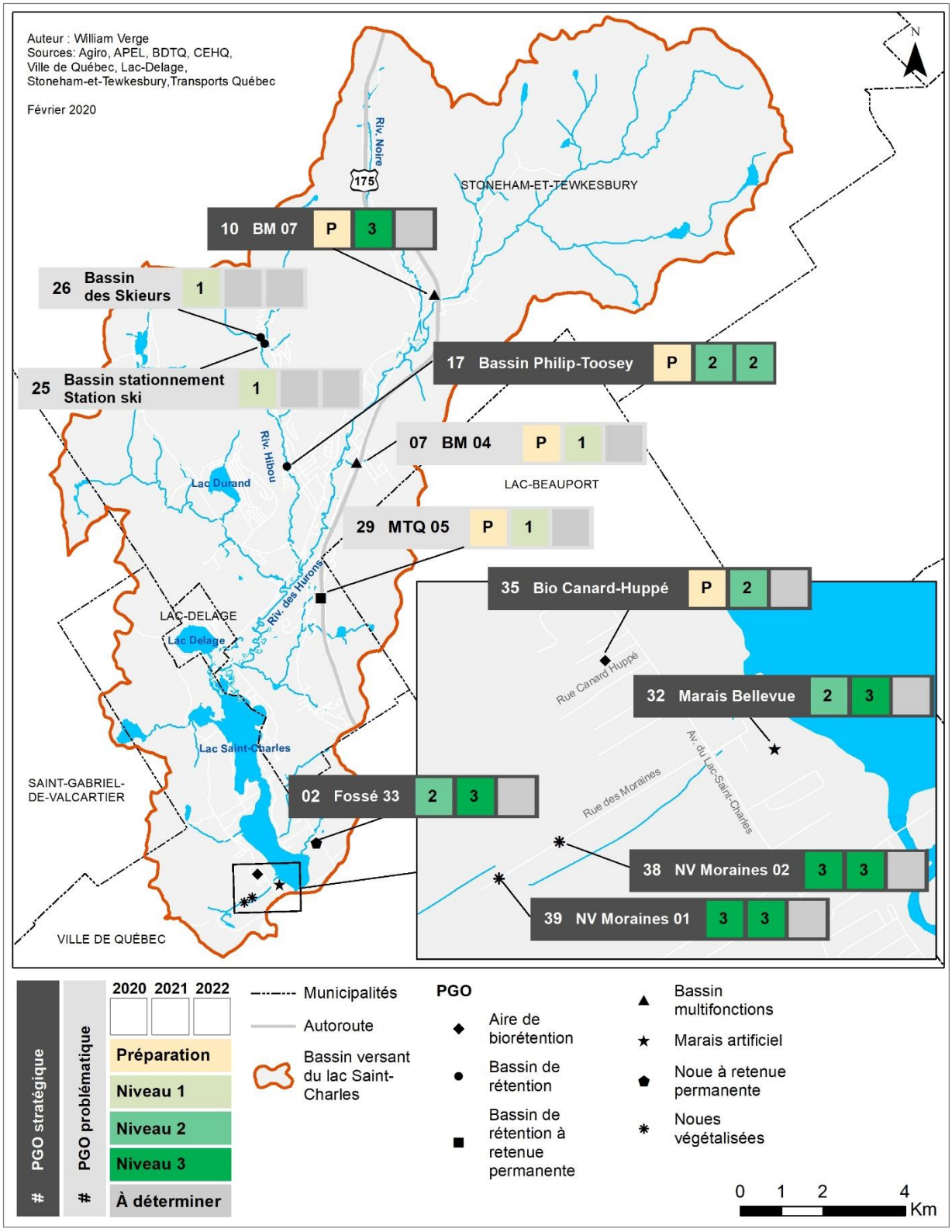

Figure 18 : Localisation des PGO stratégiques et des PGO problématiques du bassin versant du lac Saint-Charles à intégrer prioritairement au programme de suivi, niveaux de suivi et échéancier préliminaire.

Tableau 22 : **Échéancier proposé pour le cycle 1 (2020-2022).**

#	PGO	Niveau de suivi	2020	2021	2022
38 39	NV des Moraines 01 NV des Moraines 02	3	Suivi de niveau 3 Préparation à l'hiver 2019-2020 (préparation du plan détaillé de suivi). Instrumentation au printemps 2020 (installation, calibration et rodage). Prises de données et échantillonnage jusqu'au début novembre. Retrait des instruments en novembre 2020. Analyse des données à l'hiver 2020-2021 et planification du prochain suivi (si requis).	Poursuite du suivi	À décider selon les résultats des années précédentes
32	Marais Bellevue	2 puis 3	Suivi de niveau 2 Préparation à l'hiver 2019-2020 (préparation du plan détaillé de suivi). Instrumentation au printemps 2020 (installation, calibration et rodage). Prises de données jusqu'au début novembre. Retrait des instruments en novembre 2020. Analyse des données à l'hiver 2020-2021 et planification du prochain suivi (si requis).	Suivi de niveau 3	À décider selon les résultats des années précédentes
2	Fossé 33	2 puis 3	Suivi de niveau 2 Préparation à l'hiver 2019-2020 (préparation du plan détaillé de suivi). Instrumentation au printemps 2020 (installation, calibration et rodage). Prises de données jusqu'au début novembre. Retrait des instruments en novembre 2020. Analyse des données durant l'hiver 2020-2021. Planification du prochain suivi.	Suivi de niveau 3	À décider selon les résultats des années précédentes
17	Bassin Philip-Toosey (n^{o}3)	2	Préparation du projet et développement des partenariats	Suivi de niveau 2	Suivi de niveau 2
10	BM 07 (km 67)	2	Préparation du projet et développement des partenariats	Suivi de niveau 3	À définir
35	Bio Canard-Huppé	2	Préparation du projet et développement des partenariats	Suivi de niveau 2	À décider selon les résultats de l'année précédente
7	BM 04 (km 62.1) (N)	1	Démarches auprès de Transports Québec pour le suivi de cet ouvrage	Poursuite du suivi au besoin	Poursuite du suivi au besoin
25 26	Bassin stationnement Station ski Bassin des Skieurs	1	Démarches auprès de la Municipalité de Stoneham-et-Tewkesbury pour le suivi de cet ouvrage, visites terrain et documentation.	À définir	À définir
29	MTQ 05	1	Démarches auprès de Transports Québec pour le suivi de cet ouvrage	À définir	À définir

7. Conclusion

Différentes mesures et ouvrages ont été proposés au cours des dernières décennies pour atténuer l'impact de l'urbanisation sur les cours d'eau conduisant à la mise en place graduelle de pratiques de gestion optimales des eaux pluviales (PGO) à plus grande échelle.

Le projet « Élaboration d'un programme de suivi des ouvrages de gestion des eaux pluviales du bassin versant du lac Saint-Charles » s'inscrit dans la volonté de la Ville de Québec de protéger ses sources d'eau et découle d'un vaste programme de suivi de la qualité de l'eau mis en place depuis 2010 par l'APEL (maintenant Agiro) en collaboration avec la Ville. Il a été réalisé par l'INRS-ETE et Agiro en collaboration avec la Ville de Québec et l'École Polytechnique de Montréal.

Le présent guide détaille la démarche ayant mené à l'élaboration du programme de suivi et en décrit les différentes étapes. Il présente suffisamment d'informations méthodologiques et théoriques pour être utilisé par d'autres organisations. Sa structure permet d'identifier les étapes et les éléments essentiels à considérer pour la mise en place d'un programme de suivi.

La démarche proposée a été appliquée au bassin versant du lac Saint-Charles. Les orientations du programme de suivi ont été définies en fonction des enjeux locaux et des informations disponibles pour ce bassin. Les objectifs du programme de suivi sont : 1) de dresser le portrait de la performance actuelle des PGO du territoire (quantité et qualité de l'eau) et en suivre l'évolution ; 2) de contribuer à améliorer les procédures d'entretien et à optimiser l'opération et la conception des PGO du territoire.

L'inventaire des PGO sur le territoire à l'étude a permis de répertorier 39 PGO classées en six grands types : 1) marais artificiel ; 2) noue à retenue permanente ; 3) bassin de rétention ; 4) bassin de rétention à retenue permanente ; 5) bassin multifonctions ; 6) aires de biorétention et noues végétalisées.

Une méthode de sélection des PGO à intégrer au programme de suivi a été élaborée suite à une revue de la littérature. La sélection des PGO stratégiques est réalisée, d'une part, par l'évaluation du caractère stratégique par analyse multicritère – cette étape inclut la sélection des critères, leur validation et leur pondération par un sondage auprès d'experts – et, d'autre part, par l'évaluation de la faisabilité technique du suivi des PGO. Quatre critères ont servi à l'évaluation du caractère stratégique (vulnérabilité du milieu récepteur ; proportion imperméabilisée de l'aire drainée ; présence d'usage(s) potentiellement polluant(s) dans l'aire drainée ; pente moyenne de l'aire drainée), et deux critères ont permis d'évaluer la faisabilité technique du suivi des PGO (accessibilité ; contraintes techniques de suivi). Ces critères peuvent être adaptés en fonction des enjeux du territoire visé. En parallèle, sur la base des informations rassemblées lors de la phase d'inventaire et de caractérisation, les PGO problématiques sont identifiées. Ces informations sont réunies dans une matrice décisionnelle. Le comité de sélection analyse la matrice décisionnelle et les informations supplémentaires disponibles afin de prioriser les PGO clés à intégrer au programme de suivi et d'identifier le niveau de suivi visé pour chaque PGO.

Le processus a permis de sélectionner 11 PGO clés à intégrer au programme de suivi (sept PGO stratégiques et quatre PGO problématiques). Les PGO sélectionnées couvrent les six grands types de PGO répertoriés. Le niveau de suivi visé, la priorisation et une justification des choix sont présentés pour chaque PGO. Les ouvrages sélectionnés ont été intégrés à un programme de suivi dont le premier cycle s'étale sur trois années (2020-2022). Un échéancier préliminaire a été proposé en fonction des niveaux de suivi visés. Le suivi de chaque PGO devient un projet à part

entière qui doit être élaboré avec soin (p. ex. par l'élaboration d'un plan de suivi détaillé), financé et mené à bien. Le programme de suivi demandera une surveillance et des ajustements constants.

L'ensemble des informations recueillies dans ce guide forment une base solide sur laquelle les organismes de bassins versants, les municipalités, les entités gouvernementales ou d'autres organisations pourraient s'inspirer pour élaborer les programmes de suivi des PGO à l'échelle d'un territoire donné. La démarche proposée devra dans certains cas être adaptée selon les enjeux environnementaux locaux. Par exemple, dans le cas de bassins versants très urbanisés, les surcharges en réseau et les surverses pourraient être prises en compte dans l'analyse multicritère.

Le projet présente plusieurs perspectives. À l'échelle du bassin versant du lac Saint-Charles, le programme sera normalement mis en place dès 2020 selon l'échéancier proposé. La Ville de Québec et Agiro souhaitent que le programme soit évolutif et adaptatif. Une fois établi, le programme générera des données qui permettront d'atteindre les objectifs du programme et pourraient aussi être utilisées pour la recherche. À terme, les informations générées par le programme de suivi permettront de mieux choisir les sites propices à l'implantation de PGO, de choisir de façon plus précise les types de PGO requis et d'optimiser le fonctionnement de PGO existantes.

Le programme sera également l'occasion de tenir à jour un inventaire des PGO sur la zone à l'étude à mesure que d'autres ouvrages seront construits. Une carte interactive pourrait être créée afin de faciliter le partage des informations.

Finalement, une mise à jour de ce guide pourrait être réalisée selon l'expérience acquise après la mise en place du programme.

8. Références

Ahiablame L, Engel B, Chaubey I (2012) Effectiveness of Low Impact Development Practices: Literature Review and Suggestions for Future Research. *Water, Air, & Soil Pollution*. 223, DOI :10.1007/s11270-012-1189-2.

APEL (2009) Étude limnologique du haut-bassin de la rivière Saint-Charles, rapport final. Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord, Québec, 354 p.

APEL (2014) Diagnose du lac Saint-Charles - 2012. Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord, Québec, 549 p.

Arnold CL Jr, Gibbons CJ (1996) Impervious Surface Coverage: The Emergence of a Key Environmental Indicator. *Journal of the American Planning Association.* 62:2, 243–258. DOI : 10.1080/01944369608975688

Babineau L, Rochette O (2002) Projet pilote de drainage urbain au lac Saint-Charles [Présentation PowerPoint]. Ville de Québec.

Barrett ME (2008) Comparison of BMP Performance Using the International BMP Database. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering.* 134(October), 556–561, DOI :10.1061/(ASCE)0733-9437(2008)134:5(556).

Booth DB, Konrad CP (2017) Hydrologic metrics for status-and-trends monitoring in urban and urbanizing watersheds. *Hydrological Processes*. 31(25), 4507–4519, DOI :10.1002/hyp.11369.

CEHQ (2015) Atlas hydroclimatique du Québec méridional - Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050. Centre d'expertise hydrique du Québec, Gouvernement du Québec. 96 p.

Charlesworth SM (2010) A review of the adaptation and mitigation of global climate change using sustainable drainage in cities. *Journal of Water and Climate Change*. 1(3), 165–180, DOI :10.2166/wcc.2010.035.

Clary J, Jones J, Leisenring M, Hobson P, Strecker E (2017) International Stormwater BMP Database - 2016 Summary Statistics. Water Environment & Reuse Foundation, Alexandria, VA.

CVC (2015) Lessons learned: CVC Stormwater Management and Low Impact Development Monitoring and Performance Assessment Guide. Credit Valley Conservation. Mississauga, Ontario.

Fletcher TD, Shuster W, Hunt WF, Ashley R, Butler D, Arthur S, Trowsdale S, Barraud S, Semadeni-Davies A, Bertrand-Krajewski JL, Mikkelsen PS, Rivard G, Uhl M, Dagenais D, Viklander M (2015) SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*. 12(7), 525–542, DOI :10.1080/1573062X.2014.916314.

Foulon E (2018) Prédiction de l'état futur de l'approvisionnement en eau potable de surface : mise au point d'une méthode d'évaluation des débits d'étiage à partir de données climatiques. Thèse. Québec, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, Doctorat en sciences de l'eau, 251 p.

Gérardin V, Lachance Y (1997) Vers une gestion intégrée des bassins versants. Atlas du cadre écologique de référence du bassin versant de la rivière Saint-Charles, Québec, Canada. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Ministère de l'Environnement du Canada. 58 p.

Guéricolas P (2014) Trois questions à Warwick Vincent. *Le Fil*. 49(24).

Hébert S (1997) Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau pour les rivières du Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq nºEN/970102.

Koch BJ, Febria CM, Gevrey M, Wainger LA, Palmer MA (2014) Nitrogen removal by stormwater management structures: A data synthesis. *Journal of the American Water Resources Association*. 50(6), 1594–1607, DOI:10.1111/jawr.12223.

LABIAQ (2018) Étude sédimentaire du lac Saint-Charles (Québec). Rapport final préparé pour l'Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord (APEL). 81 p. et annexes.

Lévesque É (2013) Bassins multifonctions - Volet technique. SNC Lavalin et Ministère des Transports du Québec, Québec. 25 p.

Liu Y, Engel BA, Flanagan DC, Gitau MW, McMillan SK, Chaubey I (2017) A review on effectiveness of best management practices in improving hydrology and water quality: Needs and opportunities. *Science of The Total Environment*. 601–602, 580–593, DOI :10.1016/J.SCITOTENV.2017.05.212.

MDDEFP (2002) *Critères de qualité de l'eau de surface.* http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp (consulté en octobre 2019).

MDDEP, MAMROT (2011) *Guide de gestion des eaux pluviales*. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs et Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, Gouvernement du Québec http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide.htm, (consulté en octobre 2019).

MDEQ (2008) Rule 57 Water Quality Values - Surface Water Quality Assessment Section. Michigan Department of Environmental Quality - 5 p.

MELCC (2016) Exigences relatives à la gestion des eaux pluviales [Fiche d'information]. Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Gouvernement du Québec, 3 p.

MFFP (2016) Information sur les produits dérivés de base de la couverture LiDAR du Québec méridional. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Gouvernement du Québec. 2 p.

MTQ (2013) Guide de gestion des zones vulnérables aux sels de voirie - Une démarche à l'intention des municipalités. Ministère des Transports du Québec, Gouvernement du Québec. 35 p. et annexes.

OMOEE (1994) Water Management. Policies, Guidelines, Provincial Water Quality Objectives of the Ministry of Environment and Energy. Ontario Ministry of Environment and Energy - Toronto, 32 p.

Ouranos (2016) Bilan hydrologique des rivières Saint-Charles et Montmorency dans un contexte de changements climatiques - Rapport final. Rapport présenté à la Communauté métropolitaine de Québec. 44 p. et annexes.

ROCHE (2010) État de la situation du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles - Rapport final. Rapport présenté à la Communauté métropolitaine de Québec. 221 p.

Rolland D (2013) La prolifération de cyanobactéries en réservoir tempéré nordique (le lac Saint-Charles, Québec, Canada): variabilité et facteurs de contrôle. Thèse. Département de Biologie, Université Laval. 145 p. et annexes.

Shueler T (2000) Why Stormwater Matters : The Pratice of Watershed Protection, Maryland Department of the Envionment Stormwater Manual. Center for watershed protection, Ellicott City, MD, pp. 365–370.

Smith JT, Hunt WF, Jadlocki S, Eubanks R (2005) Stormwater BMP Monitoring for Performance: The Charlotte Experience. Conference Paper in World Water and Environmental Resources Congress 2005. DOI : 10.1061/40792(173)225.

SQP (2018) Les aires de biorétention. Société québécoise de phytotechnologie, Montréal (Québec). 48 p.

Strecker EW, Quigley MM, Urbonas BR, Jones JE, Clary JK (2001) Determining Urban Storm Water BMP Effectiveness. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 127(3), 144–149, DOI :10.1061/(ASCE)0733-9496(2001)127:3(144).

Strecker EW, Quigley MM, Urbonas BR, Jones JE, Clary JK, Liu Y, Engel BA, Flanagan DC, Gitau MW, McMillan SK, Chaubey I, Fletcher TD, Shuster W, Hunt WF, Ashley R, et al (2017) Water quality monitoring strategies — A review and future perspectives. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 121(1–4), 144–149, DOI :10.1061/(ASCE)0733-9496(2001)127:3(144).

Struck SD (2006) Monitoring Stormwater Best Management Practices: Why Is It Important and What To Monitor [Présentation Power Point]. New Jersey Water Monitoring Workshop, U.S. Environmental Protection Agency.

Tremblay R, Légaré S, Pienitz R, Vincent WF, Hall RI (2001) Étude paléolimnologique de l'histoire trophique du lac Saint-Charles, réservoir d'eau potable de la communauté urbaine de Québec. *Revue des sciences de l'eau*. 14(4), 489–510. DOI : 10.7202/705429ar

Tsihrintzis V, Hamid R (1997) Modeling and management of urban stormwater runoff quality: a review. *Water Resources Management*. 11, 137–164. DOI : 10.1023/A:1007903817943

US EPA (1983) Results of the Nationwide Urban Runoff Program. United States Environmental Protection Agency, Washington DC, 198 p.

US EPA (2002) Urban Storm Water BMP Performance Monitoring, A Guidance Manual for Meeting the National Storm Water BMP Database Requirements. U.S. Environmental Protection Agency. 216 p. et annexes.

US EPA (2006) National Recommended Water Quality Criteria. U.S. Environmental Protection Agency. https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table. (Consulté en novembre 2019).

US EPA (2009) Urban Stormwater BMP Performance Monitoring, Prepared by Quigley et al., Inc under Support from U.S. Environmental Protection Agency, Water Environment Research Foundation, Federal Highway Administration, Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers. 355 p.

UDFCD (2010) Urban Storm Drainage Criteria Manual: Volume 3, Best Management Practices. Urban Drainage and Flood Control District, Denver, CO, USA. 597 p.

Urbonas BR (1995) Recommended parameters to report with BMP monitoring data. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 121(1), 23–34, DOI :10.1061/(ASCE)0733-9496(1995)121:1(23).

Ville de Québec (2018) Ville de Québec - Traitement et distribution de l'eau potable [Présentation PowerPoint].

Welker a L, Mandarano L, Greising K, Mastrocola K (2013) Application of a Monitoring Plan for Storm-Water Control Measures in the Philadelphia Region. *Journal of Environmental Engineering*. 139(August), 1108–1118, DOI :10.1061/(asce)ee.1943-7870.0000714.

Annexe A : Stations hydrométriques et météorologiques dans la région à l'étude

Stations hydrométriques présentées à la Figure 8

Rivière	Station	Localisation	Longitude	Latitude	Période d'opération
Nelson	050915	Au pont de l'autoroute 573 (Henri IV) secteur Val-Bélair à Québec	46°52'6"	-71°25'30"	Depuis 2006
Des Hurons	050916	Au pont de la rue Crawford à Stoneham	47°0'10"	-71°21'42"	Depuis 2007
Saint-Charles	050904	À 0,8 km en amont de la Lorette	46°48'58"	-71°19'11"	Depuis 1997

Stations météorologiques présentées à la Figure 8

Station	Type	Opérateur[2]	Localisation	Longitude	Latitude	Période d'opération
Quebec-LSC (ID : 3107668)[1]	METEO	VQ	Dans les Marais du Sud, au sud-est du lac Saint-Charles	46°55'19.3"	-71°21'51.52"	Depuis 2018
Quebec/Jean Lesage Intl	METEO	EC	Aéroport international Jean-Lesage de Québec	46°48'13"	-71°22'54"	Depuis 1953
U926	PLUVIO	VQ	BV de la riv. des Hurons ; 1, chemin du Brûlis, Stoneham-et-Tewkesbury	46°59'20.72"	-71°22'02.6"	Du 1er mai au 1er novembre
U925	PLUVIO	VQ	BV de la riv. Jaune ; 825, boulevard du Lac, Lac-Beauport	46°55'51.1"	-71°18'52.63"	Du 1er mai au 1er novembre
U911	PLUVIO	VQ	BV de la riv. Nelson ; 1644, rue de Honfleur	46°52'15.49"	-71°26'25.73"	Du 1er mai au 1er novembre
U901	PLUVIO	VQ	BV de la riv. Nelson et de la Saint-Charles ; 13500, rue Duhamel	46°51'07.27"	-71°23'31.31"	Du 1er mai au 1er novembre

1. Utilisé sur la plateforme *HydroWeb Smart Data Monitoring Platform* de Tetra Tech.
2. VQ: Ville de Québec ; EC: Environnement Canada

Annexe B : Exigences et recommandations de contrôle des eaux pluviales du MELCC

Fiche d'information – exigences relatives à la gestion des eaux pluviales (source : MELCC, 2016)

Fiche d'information – Gestion des eaux pluviales	Exigences relatives à la gestion des eaux pluviales
	Dernière mise à jour : Avril 2016 Élément(s) modifié(s) : 1, 2, 4

Seuils d'application des exigences du Ministère

1.	Lorsqu'un projet est assujetti à l'application de l'article 32 de la Loi sur la qualité de l'environnement, les exigences du Ministère en matière de gestion des eaux pluviales s'appliquent systématiquement si la superficie du projet est supérieure à deux (2) hectares (en tenant compte de toutes les phases prévues). Pour les projets inférieurs à deux (2) hectares, des exigences sont appliquées si une problématique particulière requiert la mise en œuvre de mesures de contrôle.
2.	Tout ajout de débit d'eau pluviale dans un réseau d'égout qui connaît des débordements en temps de pluie ou de fonte est susceptible de faire augmenter la fréquence de ces débordements. En conséquence, et en raison d'effets négatifs sur l'efficacité du traitement, **le rejet d'eaux pluviales vers un égout unitaire n'est pas autorisé par le Ministère**. Ainsi, les projets d'extension de réseau d'égout unitaire qui prévoient le rejet d'eaux pluviales ne seront pas autorisés, sauf dans des cas exceptionnels. Le requérant devra alors démontrer l'impossibilité, même à long terme, d'acheminer les eaux pluviales vers un réseau de drainage pluvial distinct ou vers une eau de surface. Comme pour tout autre projet d'extension de réseau d'égout, les projets d'extension de réseau d'égout unitaire interceptant des eaux pluviales, lorsqu'ils sont autorisables, ne doivent pas entraîner d'augmentation de la fréquence des débordements. Le cas échéant, les mesures compensatoires seront beaucoup plus importantes que pour les projets de développement réalisés dans un réseau d'égout domestique. Dans les cas exceptionnels où le rejet des eaux pluviales dans un égout unitaire est autorisé, le contrôle qualitatif n'est pas requis. → Guide explicatif, question B.6 → Position ministérielle sur l'application des normes pancanadiennes de débordement des réseaux d'égout municipaux

Synthèse des exigences du Ministère

3.	Le développement du territoire et l'imperméabilisation qui en découle ont quatre impacts principaux sur les cours d'eau : ▪ L'abaissement de la nappe phréatique et des niveaux des cours d'eau en période de temps sec; ▪ L'augmentation des volumes d'eau ruisselés et des débits de pointe; ▪ L'augmentation du potentiel d'érosion; ▪ Le transport de contaminants vers les cours d'eau récepteurs. → Chapitre 2 du Guide

Avril 2016

Québec

4. Le Ministère a formulé des exigences de contrôle afin de minimiser les quatre impacts principaux du développement du territoire sur les cours d'eau. Ces impacts peuvent être minimisés par des actions visant certaines fréquences de précipitation.

Tableau 1 Synthèse des actions privilégiées par le Ministère pour minimiser les impacts

Impact	Fréquence de précipitation	Recommandation ou exigence du Ministère	Référence du Guide explicatif
1. Abaissement du niveau de la nappe phréatique et des cours d'eau en période d'étiage	Toujours (les premiers millimètres de précipitation)	Recommandation : ▫ Faire en sorte que les premiers millimètres de précipitation s'infiltrent (sauf si cela est contre-indiqué).	Section B.5
2. Émission de polluants contenus dans les eaux pluviales	90 % des événements de précipitation	Exigences : ▫ Réduire les MES de 60 % (base) ou de 80 % (dans le cas de milieux sensibles); ▫ Réduire le phosphore de 40 % (dans le cas de milieux sensibles); ▫ Effectuer le contrôle à la source dans les secteurs à risque; ▫ Contrôler l'érosion des sols et des MES durant la construction.	Section B.11
3. Érosion des cours d'eau	Précipitation de récurrence de 1/1 an	Exigence : ▫ Ne pas aggraver la situation si une problématique d'érosion est connue dans le cours d'eau récepteur.	Section B.10
4. Risques d'inondation et de refoulement	Précipitation de récurrence de 1/2 ans à 1/100 ans.	Exigences : ▫ Si le rejet se fait dans un égout unitaire : → Ne pas augmenter la fréquence, le volume et le temps des débordements (voir position ministérielle); ▫ Si le rejet se fait dans un égout pluvial : → S'assurer que la capacité du réseau est suffisante pour recevoir les débits supplémentaires; ▫ Si le rejet se fait dans un cours d'eau : → Ne pas aggraver la situation si une problématique d'inondation est connue ou reproduire les débits de prédéveloppement.	Section B.6 Section B.7 Section B.9

→ Chapitre 3 et tableau 11.7 du Guide.
→ Voir le *Formulaire de présentation d'une demande d'autorisation pour réaliser un projet d'aqueduc et d'égout* et le module B de son Guide explicatif.

5. Outre les exigences présentées dans le tableau 1, d'autres exigences sont prévues par le Ministère; elles sont résumées dans le tableau 2.

Tableau 2 Autres exigences du Ministère

Objet	Exigence du Ministère	Référence du Guide explicatif
Rapport d'ingénieur	▫ Présenter un rapport d'ingénieur décrivant notamment le milieu récepteur, les PGO mises en œuvre et les schémas d'écoulement du réseau mineur et majeur.	Section B.2
Directive 004 et devis NQ 1809-300	▫ Respecter la Directive 004 et le devis normalisé BNQ 1809-300.	Section B.3
Lotissement à usage d'habitation sans service	▫ **En l'absence d'égout sanitaire** : Présenter une évaluation favorable des conditions d'implantation des équipements de traitement des eaux usées. ▫ **En l'absence de réseau d'eau potable** : Présenter les justifications faisant en sorte qu'un réseau n'est pas mis en place et expliquer la manière dont sera assuré l'approvisionnement en eau potable.	Section B.4

Aménagement d'un nouvel émissaire ou remplacement d'un émissaire existant	▫ Respecter les exigences des sections 3.14 à 3.22 du formulaire de demande d'autorisation. ▫ Aménager l'émissaire de façon à ne pas causer de problèmes d'érosion, d'ensablement ou de remise en suspension de sédiments. ▫ Favoriser l'installation de l'émissaire sur la rive et non dans le littoral.	Section B.8
Contrôle durant la construction	▫ Implanter des mesures de contrôle de l'érosion des sols et du transport des sédiments durant la construction ou pour toute autre activité qui perturbe le sol.	Section 3.11b
Exploitation et entretien des PGO mises en place	▫ Préparer un manuel d'entretien pour les PGO mis en place. ▫ Présenter une résolution de la municipalité dans laquelle celle-ci s'engage à entretenir les PGO mis en place et à tenir un registre d'exploitation et d'entretien. ▫ Fournir un engagement d'entretien du propriétaire de la PGO (dans le cas d'un projet entièrement privé). ▫ Fournir les coordonnées GPS du point milieu de la PGO.	Section B.12

→ Voir le *Formulaire de présentation d'une demande d'autorisation pour réaliser un projet d'aqueduc et d'égout* et le module B de son guide explicatif.

Lexique

CEHQ	Centre d'expertise hydrique du Québec
MES	Matières en suspension
PGO	Pratique de gestion optimale des eaux pluviales
Guide	Guide de gestion des eaux pluviales du Québec

Objectifs et critères de contrôle recommandés par le MELCC pour la gestion des eaux pluviales (source : MDDEP & MAMROT, 2011)

Tableau 11.7

Objectifs et critères de contrôle recommandés.

Critère	Description
Cycle hydrologique (bilan hydrique)	L'objectif principal est de s'approcher des conditions naturelles en visant à réduire sur une base annuelle les volumes de ruissellement après développement. Les trois composantes à considérer pour le bilan hydrique sont le ruissellement, l'infiltration et l'évapotranspiration. Différentes techniques de faible impact comme un aménagement paysager spécifique (jardin de pluie ou aménagement absorbant) ou la réutilisation de l'eau de pluie peuvent être utilisées. Les critères dépendent de la pluviométrie annuelle et des types de sols en place. Un objectif minimal est de tenter de maximiser l'infiltration (avec un contrôle à petite échelle, près de la source) en dirigeant les eaux de ruissellement vers des milieux perméables.
Qualité	Les critères pour la qualité peuvent être spécifiques pour un ou plusieurs polluants ou encore viser à traiter 90 % des événements annuels. Une quantité de pluie de 25 mm (avec une distribution de type Chicago et une durée de 6 heures) est recommandée ici. Une simulation en continu avec plusieurs années pourrait également être utilisée si les données pluviométriques avec pas de temps de 15 minutes ou moins sont disponibles.
Potentiel d'érosion	Rétention prolongée (24h) des débits après développement associés à la pluie de période de retour 1 an (pluie SCS - durée de 24 h).
Débits de pointe Réseaux de drainage	La conception des réseaux mineurs (conduites) peut se faire en fonction de la capacité des réseaux situés en aval ou en fonction d'une période de retour pré-définie qui peut varier de 1 dans 2 ans à 1 dans 10 ans. Le réseau majeur devrait permettre par ailleurs d'offrir un niveau de service minimal de 1 dans 25 ans et, idéalement, de 1 dans 100 ans. Des vérifications avec des événements plus rares que les débits de conception devraient être complétées.
Débits de pointe Contrôle pour cours d'eau récepteur	Les contrôles pour minimiser les inondations dans les cours d'eau récepteurs devraient être fixés en fonction des conditions de pré-développement, idéalement en s'assurant que les débits après développement pour les périodes de retour 1 dans 2 ans, 1 dans 10 ans et 1 dans 100 ans sont les mêmes que ceux prévalant avant le développement. Ces critères devraient idéalement être établis en analysant l'ensemble du bassin versant, de façon à pouvoir tenir compte des possibles effets néfastes d'addition des différents hydrogrammes. Dans le cas où une zone inondable existe déjà, affectant des personnes, propriétés ou infrastructures, on devra démontrer qu'au minimum la conception n'aggrave pas la situation existante.

Annexe C : Sondage pour l'établissement d'une pondération des critères pour l'évaluation du caractère stratégique d'une PGO

Sondage envoyé aux participants

Un courriel a été envoyé à tous les participants pour les inviter à remplir un sondage visant à définir la pondération des critères pour l'évaluation du caractère stratégique d'une PGO. Voici le contenu du courriel envoyé :

Bonjour NOM DU PARTICIPANT ou NOM DE LA PARTICIPANTE,

Je vous contacte dans le cadre de mon projet de recherche à la maitrise en sciences de l'eau à l'INRS-ETE. Mon projet est intitulé « Élaboration d'un programme de suivi des ouvrages de gestion des eaux pluviales du bassin versant du lac Saint-Charles à Québec ».

Mon projet vise à élaborer un programme de suivi des ouvrages de gestion des eaux pluviales (nommés ci-après PGO pour pratiques de gestion optimales des eaux pluviales) à l'échelle du bassin versant du lac Saint-Charles. On parle ici de : bassins de rétention (tous les types), marais artificiels, noues à retenues permanentes, noues végétalisées, aires de biorétention, etc.

Étant donné l'état actuel des connaissances sur les PGO du territoire, le programme vise les objectifs globaux suivants :

- Objectif 1 : dresser le portrait de la performance actuelle des PGO du territoire (quantité et qualité de l'eau) et en suivre l'évolution ;
- Objectif 2 : contribuer à améliorer les procédures d'entretien et à optimiser l'opération et la conception des PGO du territoire.

Nous avons élaboré une méthode générale de sélection des PGO à intégrer dans un programme de suivi à l'échelle d'un territoire donné. La sélection est basée sur :

- le caractère stratégique (analyse multicritère) ;
- la faisabilité technique de suivi ;
- les problématiques connues des PGO en place.

VOTRE IMPLICATION

Je cherche à rassembler les avis de plusieurs experts afin d'établir une pondération des critères définissant le caractère stratégique des PGO. Pourriez-vous m'aider SVP en remplissant ce petit questionnaire d'ici au 6 novembre 2019?

LIEN VERS LE SONDAGE EN LIGNE.

Voici le sondage en ligne (Google Form). Pour les questions concernant les critères, les choix de réponses possibles étaient de 0 à 100 par incrément de 5.

Évaluation du caractère stratégique des PGO

*Obligatoire

Merci d'être rendu ici. C'est parti !

Je vous demande humblement quelques minutes de votre temps pour formaliser le premier volet de la méthode : l'évaluation du caractère stratégique des PGO. Cet indicateur évalue l'importance de la PGO dans le territoire par rapport aux autres PGO présentes.

Quatre critères ont été identifiés afin de déterminer le caractère stratégique d'une PGO :

1. Vulnérabilité du milieu récepteur.
2. Proportion imperméabilisée de l'aire drainée.
3. Présence d'usage(s) potentiellement polluant(s) dans l'aire drainée.
4. Pente moyenne de l'aire drainée.

Sur la base des informations reçues dans le courriel et des détails inclus dans ce formulaire, pourriez-vous s.v.p. proposer un poids pour chacun de ces critères.

IMPORTANT : Le poids mesure l'importance d'un critère par rapport aux autres. Le total des poids doit être égal à 100.

N'hésitez pas à m'appeler au 418 948-0842 si vous voulez en discuter.

Cliquez sur le bouton ENVOYER à la toute fin.

Critère 1 : Vulnérabilité du milieu récepteur

Le milieu récepteur signifie le lieu où sont déversées les eaux sortant de la PGO : rivière, lac, milieu humide, nappe souterraine, fossé, etc. La vulnérabilité désigne l'aptitude du milieu à être dégradé par l'apport en eau. La classification proposée pour ce critère est la suivante (inspiré de MTQ, 2013; les classes sont en ordre croissant de vulnérabilité) :

Classe 1 : Pour les milieux ne répondant pas aux critères des classes 2 et 3.

Classe 2 : Si le milieu récepteur est un milieu humide, une nappe souterraine, un lac caractérisé par une faible capacité de dilution et un long temps de séjour pour les substances introduites, un habitat d'une espèce sensible aux perturbations environnementales (p. ex. les salmonidés).

Classe 3 : Si le milieu récepteur est une source d'eau potable (de surface ou souterraine) et donc très vulnérable.

Selon vous, quel serait le poids du critère ? *

Sélectionner

Critère 2 : Proportion imperméabilisée de l'aire drainée

La proportion de superficies imperméabilisées de l'aire drainée par la PGO est une variable utilisée comme indicateur environnemental puisqu'elle est fortement corrélée avec la dégradation du milieu récepteur (Arnold Jr & Gibbons, 1996). Suivant Arnold Jr et al. (1996), lorsque la superficie imperméabilisée est inférieure à 10 %, le milieu récepteur est dit 'protégé', entre 10 et 30%, il est dit 'impacté' et 'dégradé' lorsque les surfaces imperméables comptent pour plus de 30 % de la superficie du bassin amont.

La classification proposée pour ce critère est donc la suivante :

Classe 1 : Surface imperméable représente moins de 10% de la surface du bassin drainé.

Classe 2 : Surface imperméable représente entre 10 et 30 % de la surface du bassin drainé.

Classe 3 : Surface imperméable représente plus de 30 % de la surface du bassin drainé.

Selon vous, quel serait le poids du critère ? *

Sélectionner

Critère 3 : Présence d'usage(s) potentiellement polluant(s) dans l'aire drainée

Outre le ruissellement créé par les surfaces imperméables, la présences d'usages potentiellement polluants dans l'aire drainée peut influencer la qualité de l'eau se retrouvant au milieu récepteur. Ainsi des usages liés aux activités agricoles, à l'élevage, à l'industrie, aux activités récréatives ou touristiques et à la présence d'installations septiques autonomes doivent être considérés. La classification proposée pour ce critère est la suivante :

Classe 1 : Il n'y a pas d'usage à potentiel polluant.

Classe 2 : Le ou les usages présentent un potentiel polluant faible ou modéré.

Classe 3 : Le ou les usages présentent un fort potentiel polluant.

Selon vous, quel serait le poids du critère ? *

Sélectionner

Critère D : Pente moyenne de l'aire drainée

Le relief d'un bassin versant influence la façon dont l'eau ruisselle jusqu'à la PGO. Les pentes augmentent la vitesse du ruissellement en favorisent l'érosion et le transport sédimentaire. La pente moyenne de l'aire drainée est utilisée comme indicateur.

La classification proposée pour ce critère est la suivante (inspiré de MFFP, 2016) :

Classe 1 : Pente moyenne du bassin drainé de 15% ou moins.

Classe 2 : Pente moyenne du bassin drainé entre 15 et 30%.

Classe 3 : Pente moyenne du bassin drainé de 30% ou plus.

Selon vous, quel serait le poids du critère 4 ? *

Sélectionner

C'est presque fini.

Selon vous, est ce qu'il y a d'autres critères à ajouter qui ne seraient pas pris en compte par les critères proposés ici ? *

- ◯ Oui
- ◯ Non

Si vous avez répondu "oui" à la question précédente, SVP décrire brièvement ces critères et proposer pour chacun un poids par rapport aux quatre critères initiaux.

Votre réponse

Est-ce que le total des poids de tous les critères est égal à 100 ? *

- ☐ Oui

Avez-vous des suggestions ou des commentaires?

Votre réponse

Envoyer

Réponses au sondage

# de participant	Pondération des critères				Selon vous, est ce qu'il y a d'autres critères à ajouter qui ne seraient pas pris en compte par les critères proposés ici?	Si vous avez répondu "oui" à la question précédente, SVP décrire brièvement ces critères et proposer pour chacun un poids par rapport aux quatre critères initiaux. *Synthèse des informations recueillies.*
	A	B	C	D		
1	30	20	30	20	Oui	La perméabilité du sol en place.
2	40	20	30	10	Non	
3	20	20	50	10	Non	
4	30	20	25	25	Oui	Coûts, faisabilité technique, besoins d'entretien.
5	40	25	20	15	Non	
6	30	25	35	10	Oui	Accès à la PGO Services écosystémiques Topographie du site par rapport au milieu récepteur Impact social Perméabilité du sol en place, niveau du roc et niveau de la nappe. Le projet semble tourner aussi sur l'entretien. Un critère lié à la facilité de l'entretien devrait être inclus (par exemple, PGO facile d'accès).
7	40	20	20	20	Oui	Dysfonctions fréquentes du réseau (p.ex. surcharges, surverses, etc.)
8	20	30	20	30	Non	
9	20	30	20	30	Non	

Annexe D : Matrice décisionnelle pour les PGO du bassin du lac Saint-Charles (par type de PGO)

Marais artificiel

#	Identifiant	Type	CS (rang)	Faisabilité du suivi		Problématique(s) connue(s)	Fonctionnement mis en doute?
				Accès	Contraintes		
32	Marais Bellevue	Marais artificiel	235	Facile	Modérées	Aucune	Non
1	Fossé 50	Marais artificiel	210 (5e/12)	Modéré	Faibles	Chemin d'écoulement préférentiel. Chemin d'accès à l'exutoire à réparer	Oui

Noue à retenue permanente

#	Identifiant	Type	CS (rang)	Faisabilité du suivi		Problématique(s) connue(s)	Fonctionnement mis en doute?
				Accès	Contraintes		
2	Fossé 33	Noue à retenue permanente	230 (3e/12)	Facile	Modérées	Aucune	Non

Aires de biorétention et noues végétalisées

#	Identifiant	Type	CS (rang)	Faisabilité du suivi		Problématique(s) connue(s)	Fonctionnement mis en doute?
				Accès	Contraintes		
35	Bio Canard-Huppé	Aire de biorétention	210 (5e/12)	Facile	Modérées	Aucune	Non
36	NV Rosario-J.-Rhéaume	Noues végétalisées	210 (5e/12)	Facile	Modérées	Aucune	Non
37	NV Armand-Tremblay	Noues végétalisées	210 (5e/12)	Facile	Modérées	Aucune	Non
38	NV Moraines 01	Noues végétalisées	210 (5e/12)	Facile	Modérées	Aucune	Non
3	Rue des Goélettes	Noues végétalisées*	210 (5e/12)	Facile	Modérées	Aucune	Non
33	NV des Geais	Noues végétalisées	185 (9e/12)	Facile	Modérées	Aucune	Non
34	NV Gaétan	Noues végétalisées	185 (9e/12)	Facile	Modérées	Aucune	Non
39	NV Moraines 02	Noues végétalisées	185 (9e/12)	Facile	Modérées	Aucune	Non

Bassins de rétention

#	Identifiant	Type	CS (rang)	Faisabilité du suivi		Problématique(s) connue(s)	Fonctionnement mis en doute?
				Accès	Contraintes		
25	Bassin stationnement Station Ski	Bassin de rétention	225 (4e/12)	Facile	Modérées	Dit toujours vide	Oui
30	Bassin Hall Stoneham Phase 2	Bassin de rétention souterrain	205 (6e/12)	Facile	Fortes	Aucune	Non
15	Bassin Allen-Neil (no2)	Bassin de rétention*	200 (7e/12)	Facile	Modérées	Aucune	Non
17	Bassin Philip-Toosey (no3)	Bassin de rétention	200 (7e/12)	Modéré	Modérées	Aucune	Non
20	Bassin Aube260	Bassin de rétention	200 (7e/12)	Facile	Modérées	Toujours vide selon témoins	Oui
22	Bassin du Domaine de la Montagne	Bassin de rétention	200 (7e/12)	Facile	Modérées	Aucune	Non
23	Bassin chemin Alpages	Bassin de rétention	200 (7e/12)	Modéré	Modérées	Érosion. Mauvais état général	Non
28	Bassin de la rue du Refuge	Bassin de rétention	200 (7e/12)	Modéré	Modérées	Aucune	Non
31	Bassin Copropriété Montée du Hameau	Bassin de rétention	200 (7e/12)	Difficile	Modérées	Aucune	Non
16	Bassin Allen-Neil (no1)	Bassin de rétention*	175 (10e/12)	Facile	Modérées	Aucune	Non
21	Bassin du Mont-Hibou	Bassin de rétention	175 (10e/12)	Facile	Modérées	Aucune	Non
27	Bassin de la rue des Crans	Bassin de rétention*	175 (10e/12)	Facile	Modérées	Aucune	Non
26	Bassin des Skieurs	Bassin de rétention	170 (11e/12)	Modéré	Modérées	Érosion notable	Non
18	Bassin du Domaine des Grands-Ducs (no5)	Bassin de rétention	150 (12e/12)	Facile	Modérées	Aucune	Non
24	Bassin chemin Bruant	Bassin de rétention souterrain	150 (12e/12)	Facile	Fortes	Aucune	Non

Bassins multifonctions

#	Identifiant	Type	CS (rang)	Faisabilité du suivi		Problématique(s) connue(s)	Fonctionnement mis en doute?
				Accès	Contraintes		
4	BM 01 (km 60.4)	Bassin multifonctions	250 (1er/11)	Facile	Fortes	Aucune	Non
5	BM 02 (km 60.5)	Bassin multifonctions	250 (1er/11)	Facile	Fortes	Aucune	Non
6	BM 03 (km 62.1) (S)	Bassin multifonctions	250 (1er/11)	Facile	Fortes	Aucune	Non
7	BM 04 (km 62.1) (N)	Bassin multifonctions	250 (1er/11)	Facile	Fortes	Odeur fécale anormale	Non
8	BM 05 (km 63,9)	Bassin multifonctions	250 (1er/11)	Facile	Modérées	Aucune	Non
10	BM 07 (km 67.0)	Bassin multifonctions	250 (1er/11)	Facile	Modérées	Aucune	Non
9	BM 06 (km 66.4)	Bassin multifonctions	250 (1er/11)	Difficile	Modérées	Aucune	Non
13	BM 10 (km 72.1)	Bassin multifonctions	250 (1er/11)	Difficile	Modérées	Aucune	Non
11	BM 08 (km 68.7)	Bassin multifonctions	225 (2e/11)	Difficile	Modérées	Aucune	Non
12	BM 09 (km 70.1)	Bassin multifonctions	225 (2e/11)	Difficile	Modérées	Aucune	Non
14	BM 11 (km 73.7)	Bassin multifonctions	225 (2e/11)	Difficile	Modérées	Aucune	Non

Bassin de rétention à retenue permanente

#	Identifiant	Type	CS (rang)	Faisabilité du suivi		Problématique(s) connue(s)	Fonctionnement mis en doute?
				Accès	Contraintes		
29	Bassin MTQ 05	Bassin de rétention à retenue permanente	200 (7e/12)	Difficile	Fortes	La 2e partie est toujours vide selon témoins	Non
19	Bassin des Faucons	Bassin de rétention à retenue permanente	175 (10e/12)	Modéré	Modérées	Aucune	Non

Annexe E : Caractéristiques des aires drainées des PGO du bassin versant du lac Saint-Charles

#	Identifiant	Aire drainée (ha)	Proportion de superficie imperméable (%)	Pente moyenne de l'aire drainée (%)
1	Fossé 50	6,5	24	7,7
2	Fossé 33	222,7	3	10,7
3	Rue des Goélettes	108,0	6	12,9
4	BM 01 (km 60.4)	3,3	35	18,3
5	BM 02 (km 60.5)	11,4	30	20,0
6	BM 03 (km 62.1) (S)	4,5	39	16,6
7	BM 04 (km 62.1) (N)	11,2	41	17,9
8	BM 05 (km 63,9)	10,2	31	21,4
9	BM 06 (km 66.4)	17,0	35	19,3
10	BM 07 (km 67.0)	12,3	31	21,2
11	BM 08 (km 68.7)	23,3	25	25,1
12	BM 09 (km 70.1)	19,9	20	20,0
13	BM 10 (km 72.1)	15,4	37	20,5
14	BM 11 (km 73.7)	16,1	29	23,6
15	Bassin Allen-Neil (#2)	2,7	35	10,6
16	Bassin Allen-Neil (#1)	20,4	17	23,5
17	Bassin Philip-Toosey (#3)	9,7	37	11,9
18	Bassin du Domaine des Grands-Ducs (#5)	4,4	0	18,0
19	Bassin des Faucons	82,5	15	23,8
20	Bassin Aube260	4,6	24	13,5
21	Bassin du Mont-Hibou	37,3	14	30,1
22	Bassin du Domaine de la Montagne	0,8	46	15,9
23	Bassin chemin Alpages	1,9	39	11,1
24	Bassin chemin Bruant	9,0	8	18,5
25	Bassin stationnement Station Ski	3,3	36	14,9
26	Bassin des Skieurs	63,2	5	34,2
27	Bassin de la rue des Crans	2,0	28	15,7
28	Bassin de la rue du Refuge	0,9	38	15,9
29	Bassin MTQ 05	108,7	3	20,8
30	Bassin Hall Stoneham Phase 2	1,6	34	8,3
31	Bassin Copropriété Montée du Hameau	1,8	38	22,2
32	Marais Bellevue	6,9	48	6,3
33	NV des Geais	2,6	16	7,4
34	NV Gaétan	1,9	26	7,4
35	Bio Canard-Huppé	0,1	55	4,4
36	NV Rosario-J.-Rhéaume	1,6	54	8,5
37	NV Armand-Tremblay	1,2	50	8,7
38	NV Moraines 01	0,9	46	4,2
39	NV Moraines 02	6,2	14	5,3
	Moyenne	22,0	29	15,8
	Max	222,7	55	34,2
	Min	0,1	0	4,2
	Écart-type	42,8	15	7,2

Annexe F : Classes accordées aux critères d'évaluation pour chaque PGO du bassin versant du lac Saint-Charles

PGO #	Critères[1]					
	A	B	C	D	E	F
1	3	2	2	1	Facile	Faibles
2	3	1	3	2	Facile	Modérées
3	3	1	2	2	Facile	Modérées
4	2	3	3	2	Facile	Fortes
5	2	3	3	2	Facile	Fortes
6	2	3	3	2	Facile	Fortes
7	2	3	3	2	Facile	Fortes
8	2	3	3	2	Facile	Modérées
9	2	3	3	2	Difficile	Modérées
10	2	3	3	2	Facile	Modérées
11	2	2	3	2	Difficile	Modérées
12	2	2	3	2	Difficile	Modérées
13	2	3	3	2	Difficile	Modérées
14	2	2	3	2	Difficile	Modérées
15	2	3	1	2	Facile	Modérées
16	2	2	1	2	Facile	Modérées
17	2	3	1	2	Modéré	Modérées
18	2	1	1	2	Facile	Modérées
19	2	2	1	2	Modéré	Modérées
20	2	2	2	2	Facile	Modérées
21	2	2	1	3	Facile	Modérées
22	2	3	1	2	Facile	Modérées
23	2	3	1	2	Modéré	Modérées
24	2	1	1	2	Facile	Fortes
25	2	3	2	2	Facile	Modérées
26	2	1	1	3	Modéré	Modérées
27	2	2	1	2	Facile	Modérées
28	2	3	1	2	Modéré	Modérées
29	2	1	3	2	Difficile	Fortes
30	2	3	2	1	Modéré	Fortes
31	2	3	1	2	Difficile	Modérées
32	3	3	2	1	Facile	Modérées
33	3	2	1	1	Facile	Modérées
34	3	2	1	1	Facile	Modérées
35	3	3	1	1	Facile	Modérées
36	3	3	1	1	Facile	Modérées
37	3	3	1	1	Facile	Modérées
38	3	3	1	1	Facile	Modérées
39	3	2	1	1	Facile	Modérées

1 : Critères et classes (veuillez-vous référer à la section 5.1.1 pour la description intégrale des classes) :

Critère A : Vulnérabilité du milieu récepteur. Classes : milieu peu vulnérable (1) ; milieu potentiellement vulnérable (2) ; milieu très vulnérable (3). **Critère B :** Proportion imperméabilisée de l'aire drainée. Classes : mois de 10 % – milieu protégé (1) ; entre 10 et 30 % – milieu impacté (2) ; plus de 30 % – milieu dégradé (3). **Critère C :** Présence d'usage(s) potentiellement polluant(s) dans l'aire drainée. Classes : sans usage polluant (1) ; usages faiblement ou modérément polluants (2) ; usages fortement polluants (3). **Critère D :** Pente moyenne de l'aire drainée. Classes : 15 % ou moins – faible pente (1) ; entre 15 et 30 % – pente modérée (2) ; 30 % ou plus – forte pente (3). **Critère E :** Accessibilité de la PGO. Classes : facile ; modéré, difficile. **Critère F :** Contraintes de suivi de la PGO. Classes : faibles, moyennes, élevées.

Annexe G : Petits tributaires du lac Saint-Charles

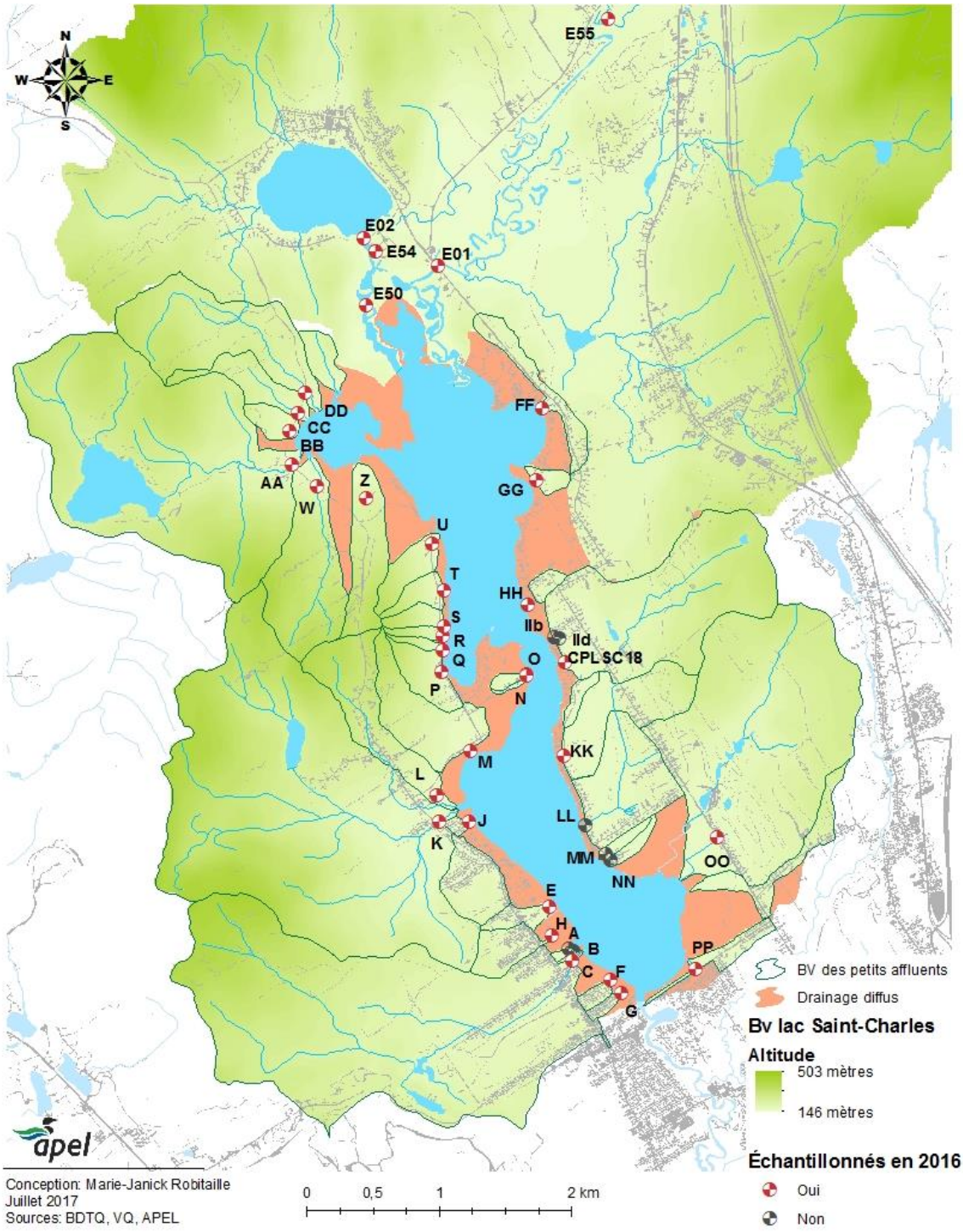

Figure 19 : Bassins versants des petits tributaires de lac Saint-Charles et stations d'échantillonnage associées (source : APEL).