

Université du Québec
Institut National de la Recherche Scientifique
Centre Eau Terre Environnement

**RÉDACTION D'UN GUIDE MÉTHODOLOGIQUE SUR L'ÉLABORATION
D'UN PROGRAMME DE SUIVI DES OUVRAGES DE GESTION
DES EAUX PLUVIALES ET APPLICATION AU BASSIN VERSANT
DU LAC SAINT-CHARLES (QUÉBEC)**

Par
William-R Verge

Mémoire présenté pour l'obtention du grade de
Maître ès sciences (M.Sc.)

Jury d'évaluation

Examinatrice interne	Sophie Duchesne INRS, Centre Eau Terre Environnement
Examinatrice externe	Geneviève Pelletier Département de génie civil et de génie des eaux Université Laval
Directeur de recherche	Alain Mailhot INRS, Centre Eau Terre Environnement
Codirectrice de recherche	Sarah Dorner Polytechnique Montréal

REMERCIEMENTS

J'aimerais remercier mon directeur de recherche Alain Mailhot pour sa disponibilité, sa rigueur et sa franchise.

Merci à Mélanie Deslongchamps pour son soutien exceptionnel.

Merci à ma codirectrice Sarah Dorner.

Merci aux membres du jury d'évaluation, Sophie Duchesne et Geneviève Pelletier.

Pour leur aide, leur contribution et leur confiance, je remercie également :

- Alexandre Baker, Anne-Marie Cantin, Bastien Chouinard, Sharon Clavet, Manuel Parent et Benoît Wagner de la Ville de Québec.
- Les collègues et les membres du conseil d'administration d'Agiro, notamment Sonja Behmel, Marianne Caouette et Giancarlo Cesarello.
- Jean-Pierre Coache et Patrick Laurendeau de la municipalité de Stoneham-et-Tewkesbury.
- Francis Gauvin, Jérôme Guay et Martin Lafrance de Transports Québec.
- Josée Desmeules et Sydney Lavoie de la Ville de Lac-Delage.
- Samuel Bolduc de l'INRS-ETE.

Je tiens à souligner l'apport des neuf experts qui ont pris de leur temps pour répondre à mon sondage. C'est très apprécié.

Ce projet n'aurait pas été possible sans le soutien financier de la Ville de Québec et de Mitacs ainsi que la collaboration de Transports Québec, Stoneham-et-Tewkesbury et Lac-Delage.

Merci à tous les membres de ma famille pour leur appui.

Merci à Nad pour son support inconditionnel dans tous mes projets.

RÉSUMÉ

Le lac Saint-Charles contribue à l'approvisionnement en eau potable de plus de 300 000 citoyens de la ville de Québec. Le développement résidentiel et routier important dans son bassin versant au cours des dernières années a cependant eu un effet néfaste sur la qualité de l'eau du lac. Plusieurs ouvrages de gestion des eaux pluviales, aussi connus sous le nom de pratiques de gestion optimale (PGO) des eaux pluviales, ont été mis en place au cours des dernières années afin de diminuer les impacts de cette urbanisation. Cependant, leur performance réelle reste méconnue, voire inconnue. Dans une optique d'implantation de PGO supplémentaires dans le bassin versant, il est essentiel de démontrer l'efficacité des PGO déjà en place tant au niveau quantitatif que qualitatif. C'est pourquoi un programme de suivi de ces PGO est nécessaire.

Les objectifs d'un programme de suivi des PGO à l'échelle d'un territoire donné ont été développés. Un premier objectif vise à dresser le portrait de la performance actuelle des PGO du territoire (quantité et qualité de l'eau) et en suivre l'évolution. Un deuxième objectif vise à contribuer à améliorer les procédures d'entretien et à optimiser l'opération et la conception des PGO du territoire. Une démarche visant l'élaboration d'un tel programme a été élaborée sur la base d'une revue de la littérature et de la consultation de différents experts.

La démarche proposée a ensuite été appliquée au bassin versant du lac Saint-Charles. Un inventaire exhaustif a d'abord permis de dénombrer 39 PGO (bassins de rétention, marais artificiels, noues végétalisées, aires de biorétention, etc.) qui ont fait l'objet d'une caractérisation complète. Une évaluation du caractère stratégique et de la faisabilité technique du suivi de chaque PGO a ensuite été réalisée sur la base de différents critères (p. ex. la vulnérabilité du milieu récepteur, les caractéristiques de l'aire drainée ou les contraintes d'accès).

Les résultats de cette évaluation des PGO ont été synthétisés sous la forme d'une matrice décisionnelle soumise à un comité de sélection formé de représentants de la Ville de Québec, d'Agir et de l'INRS. La démarche a mené à la sélection de 11 PGO clés à intégrer au programme de suivi. Sept de ces PGO sont considérées comme les plus

stratégiques à suivre pour dresser un portrait de la performance des PGO du territoire. Les quatre autres PGO sont considérées comme problématiques et devront faire l'objet de suivi pour documenter les problèmes afin de contribuer à leur entretien ou à leur optimisation.

Le niveau de suivi, la priorisation et une justification de ces choix sont présentés pour chaque PGO. Un échéancier du programme pour un premier cycle de trois années a été élaboré afin de récolter des données visant à répondre aux objectifs du programme. L'ensemble de la démarche est décrite étape par étape dans un Guide méthodologique appliqué au cas du lac Saint-Charles.

ABSTRACT

Lake Saint-Charles provides drinking water to over 300,000 citizens of Quebec City. Important residential and road development within its watershed has had deleterious effects on water quality. To reduce the impact of this urbanization, several stormwater control measures, also known as stormwater best management practices (BMPs), have been implemented in recent years. However, their actual performance remains largely unknown. To promote the use and value of such measures across the watershed, it is essential to demonstrate the effectiveness, in terms of water quality and quantity, of those already in place. Yet, for logistical and financial reasons, it is difficult to follow-up on all of these BMPs. Hence, the need of a monitoring program that incorporates a prioritization of the BMPs to include in the program.

Objectives for a BMPs monitoring program were developed for a given territory. The first objective aims to evaluate the current performance (water quality and quantity) of BMPs within the territory and monitor their evolution. A second objective aims to improve maintenance procedures and optimize the operation and design of the territory's BMPs. A methodology was created to develop the monitoring program based on a literature review and the consultation of various experts. The proposed methodology was then applied to the Lake Saint-Charles watershed.

Thirty-nine BMPs (detention basins, artificial wetlands, bioretention systems, etc.) were located and characterized during a comprehensive inventory. An assessment of the strategic nature and the technical feasibility of monitoring each BMP was then carried out based on several criterias (e.g. vulnerability of the receiving environment, characteristics of the drained area or accessibility to the site).

The results of these BMP assessments were synthesized in the form of a decision matrix submitted to a selection committee made up of private and public representatives (Quebec City officials, Agiro and INRS). The process led to the prioritization of 11 key BMPs to integrate into the monitoring program. Seven of these BMPs are considered to be the most strategic to follow and to illustrate the performance of the BMPs in the

territory. The other four BMPs were considered problematic and should be monitored to document any issues regarding their maintenance or optimization.

The level of monitoring, prioritization and justification for these choices are presented for each BMP. A three-year program schedule has been proposed in order to collect data and meet the objectives of the program. The whole process is described in a step by step methodological guide that was applied for the Lake Saint-Charles study.

TABLE DES MATIÈRES

1	PRESENTATION DU MEMOIRE.....	1
2	INTRODUCTION.....	2
2.1	MISE EN CONTEXTE	2
2.2	DESCRIPTION DE LA PROBLEMATIQUE	2
2.3	PROPOSITION DE RECHERCHE ET OBJECTIF DU PROJET	4
3	ÉLABORATION D'UN PROGRAMME DE SUIVI ET GUIDE METHODOLOGIQUE.....	5
3.1	DEFINITION DES ORIENTATIONS DU PROGRAMME DE SUIVI.....	5
3.2	REALISATION DE L'INVENTAIRE ET DE LA CARACTERISATION DES PGO.....	6
3.3	ÉLABORATION DU PROGRAMME DE SUIVI	9
4	APPLICATION DU GUIDE METHODOLOGIQUE AU BASSIN VERSANT DU LAC SAINT-CHARLES.....	16
4.1	INVENTAIRE ET CARACTERISATION DES PGO DU BASSIN VERSANT DU LAC SAINT-CHARLES.....	16
4.2	SELECTION DES PGO CLES A INTEGRER AU PROGRAMME DE SUIVI.....	19
4.2.1	<i>PGO stratégiques.....</i>	<i>19</i>
4.2.2	<i>PGO problématiques.....</i>	<i>20</i>
4.2.3	<i>Matrice décisionnelle.....</i>	<i>20</i>
4.3	COMITE DE SELECTION ET PROGRAMME DE SUIVI.....	23
5	DISCUSSION ET PERSPECTIVES	27
6	CONCLUSION	29
7	REFERENCES.....	31
A	GUIDE METHODOLOGIQUE – PROGRAMME DE SUIVI DES OUVRAGES DE GESTION DES EAUX PLUVIALES DU BASSIN VERSANT DU LAC SAINT-CHARLES A QUEBEC.....	34

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 3-1 : PONDÉRATION FINALE (%) DES CRITÈRES SELON LES EXPERTS.	12
TABLEAU 3-2 : NIVEAUX DE SUIVI DES PGO (ADAPTE DE CVC, 2015 ; WELKER ET AL., 2013).....	15
TABLEAU 4-1 : MATRICE DÉCISIONNELLE POUR LES PGO DU BASSIN DU LAC SAINT-CHARLES DANS LAQUELLE LES PGO SONT CLASSÉES EN ORDRE CROISSANT DE LA PLUS STRATÉGIQUE À LA MOINS STRATÉGIQUE ET OÙ LES ÉLÉMENTS FAISANT EN SORTE QU'UNE PGO N'EST PAS RETENUE COMME PGO CLÉ SONT SOULIGNÉS ET ROUGES.	21
TABLEAU 4-2 : ÉCHEANCIER PROPOSE DU CYCLE 1 (2020-2022) DU PROGRAMME DE SUIVI DES PGO DU BASSIN DU LAC SAINT-CHARLES.....	26

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1-1 : APERÇU DU GUIDE METHODOLOGIQUE DISPONIBLE A L'ANNEXE A.....	1
FIGURE 3-1 : DEMARCHE DE PRIORISATION DES PGO CLES A INTEGRER AU PROGRAMME DE SUIVI.	11
FIGURE 4-1 : LOCALISATION DES PGO DU BASSIN VERSANT DU LAC SAINT-CHARLES ET LOCALISATION DE CE BASSIN VERSANT PAR RAPPORT AU BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE SAINT-CHARLES (ENCADRE). LES NUMEROS IDENTIFIANT CHACUNE DES PGO SONT EGALEMENT INDICUES.	18
FIGURE 4-2 : NOMBRE DE PGO SELON LA PONDERATION STRATEGIQUE OBTENUE POUR LE BASSIN DU LAC SAINT-CHARLES. LA VALEUR DU CARACTERE STRATEGIQUE POUR CHAQUE PGO ET LE RANG ASSOCIE SONT PRESENTES EN ABCISSE.	19
FIGURE 4-3 : LOCALISATION DES PGO STRATEGIQUES ET DES PGO PROBLEMATIQUES DU BASSIN VERSANT DU LAC SAINT-CHARLES A INTEGRER PRIORITAIREMENT AU PROGRAMME DE SUIVI, NIVEAUX DE SUIVI PROPOSES ET ECHEANCIER PRELIMINAIRE.	24

1 PRÉSENTATION DU MÉMOIRE

Ce mémoire vise à présenter le travail qui a mené à la rédaction du Guide méthodologique « Programme de suivi des eaux pluviales du bassin versant du lac Saint-Charles à Québec » (Figure 1-1) qui est disponible à l'Annexe A. Comme de multiples références à ce dernier sont faites dans les pages qui suivent, le lecteur est invité à en prendre connaissance.



Figure 1-1 : Aperçu du Guide méthodologique disponible à l'Annexe A.

Vous trouverez dans ce mémoire :

- Le chapitre 2 présente une brève mise en contexte, la description de la problématique et les objectifs du projet.
- Le chapitre 3 décrit la méthodologie d'élaboration du guide.
- Le chapitre 4 présente les faits saillants de l'application du Guide méthodologique au cas du bassin versant du lac Saint-Charles.

Ce mémoire se termine par une discussion au chapitre 5 et une conclusion au chapitre 6.

Note au lecteur

Les encadrés en gris subséquents réfèrent au Guide méthodologique.

2 INTRODUCTION

2.1 Mise en contexte

La protection de la ressource eau est un enjeu grandissant 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. La ville de Québec n'y échappe pas. À Québec, 55 % de l'eau destinée à la consommation est puisée dans la rivière Saint-Charles, principalement alimentée par les rivières Jaune, Nelson et par le lac Saint-Charles situé à 11 km en amont de la prise d'eau (Roche, 2010). Le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles subit des pressions anthropiques de plus en plus importantes depuis plusieurs années. Sur ce territoire, le lac Saint-Charles est le principal réservoir d'eau de la ville. Annuellement, il fournit 42 % du volume à la prise d'eau et cette proportion augmente à environ 60 % lors des périodes d'étiage (Roche, 2010). Étant donné son rôle stratégique, la qualité de ses eaux et, de façon plus large, la qualité des eaux qui l'alimentent, sont une préoccupation majeure.

Pour une mise en contexte plus détaillée, le lecteur est invité à consulter les sections 2.1 et 2.2 du Guide méthodologique (Annexe A) qui présentent les notions de base sur les impacts de l'urbanisation sur le cycle hydrologique, un historique du bassin versant du lac Saint-Charles dans une perspective de qualité de l'eau, son portrait actuel et une revue de l'évaluation des impacts des changements climatiques.

2.2 Description de la problématique

Alors que l'urbanisation s'intensifie dans le bassin versant (p. ex. développement résidentiel et routier des municipalités de Québec, Lac-Delage et Stoneham-et-Tewkesbury), on remarque depuis plusieurs années des signes de vieillissement accéléré du lac Saint-Charles. Parmi les symptômes révélateurs de l'eutrophisation de ce plan d'eau, on note le recensement d'épisodes de fleurs d'eau de cyanobactéries potentiellement toxiques depuis 2006 (Rolland et al., 2013) et la prolifération importante 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).

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 (APEL, 2014). 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).

Parmi les différentes mesures mises en place au cours des dernières années pour diminuer l'impact de cette urbanisation, plusieurs ouvrages de gestion des eaux pluviales ont été construits : marais artificiels, noues végétalisées, bassins de rétention, aires de biorétention, etc.

La section 2.3 du Guide méthodologique (Annexe A) présente les considérations générales relatives aux ouvrages de gestion des eaux pluviales.

Ces ouvrages font partie des pratiques de gestion optimale (PGO) des eaux pluviales, un terme souvent utilisé dans la terminologie professionnelle nord-américaine (Fletcher et al., 2015). Elles sont généralement reconnues comme étant efficaces pour infiltrer les eaux de ruissellement, améliorer la qualité de l'eau et protéger l'environnement (Ahiablame et al., 2012) et plusieurs études ont recensé les divers avantages de leurs mises en place (Bedan et Clausen, 2009). Toutefois puisque la performance de ces ouvrages dépend de considérations locales, il est très important de procéder à un suivi afin d'évaluer leur performance réelle. À cet égard, la Ville de Québec et Agiro¹ disposent de très peu d'informations sur les performances spécifiques des PGO installées dans le bassin du lac Saint-Charles bien que certains suivis à court terme aient été réalisés par

¹ Agiro est le nouveau nom de l'APEL (Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord) depuis le 1^{er} janvier 2020, une organisation qui œuvre depuis 1980 à la protection du lac Saint-Charles.

le passé. En effet, très peu d'études ont été effectuées sur ces nombreux ouvrages permettant d'évaluer leur performance à long terme puisque les études existantes ne concernent que les performances à court terme suivant leur mise en service. Cependant, la performance des ouvrages évolue avec le temps et la littérature révèle que les performances à long terme des PGO ne sont la plupart du temps pas documentées (Liu et al., 2017). De plus, l'efficacité des ouvrages pour un contaminant donné varie d'une étude à l'autre (Liu et al., 2017). Au Québec, lorsque les milieux récepteurs sont jugés sensibles et vulnérables, comme dans le cas du lac Saint-Charles, il est recommandé de mettre en place une campagne de suivi des PGO (MDDEP & MAMROT, 2014).

2.3 Proposition de recherche et objectif du projet

Dans une optique d'implantation de mesures supplémentaires dans le bassin versant du lac Saint-Charles, il est essentiel de démontrer l'efficacité des mesures déjà en place. Il est toutefois improbable de réaliser un suivi de tous les ouvrages pour des raisons logistiques et financières.

Pour cette raison, l'INRS-ETE et Agiro ont été mandatés, en collaboration avec la Ville de Québec et Polytechnique Montréal, pour élaborer un programme de suivi des ouvrages de gestion des eaux pluviales en place, pouvant être mis en application à court terme, et dont une composante importante vise à prioriser les ouvrages à y intégrer.

Ce programme, pour être efficace et optimal, doit être élaboré de façon rigoureuse. Malheureusement, très peu d'informations existe dans la littérature sur l'élaboration d'un programme de suivi des PGO à l'échelle d'un territoire donné. L'élaboration du programme de suivi des ouvrages de gestion des eaux pluviales du bassin versant du lac Saint-Charles a donc été l'occasion de proposer une démarche à suivre, de la tester sur un cas réel et de rédiger un Guide méthodologique.

3 ÉLABORATION D'UN PROGRAMME DE SUIVI ET GUIDE MÉTHODOLOGIQUE

Une revue de la littérature qui couvrait les thèmes suivants a d'abord été réalisée : élaboration de programmes de suivi des PGO, *monitoring* des PGO et performances observées des PGO.

Les informations recueillies ont servi à structurer la démarche d'élaboration d'un programme de suivi des PGO à l'échelle d'un territoire donné proposé dans le présent mémoire. Les principales références consultées sont CVC (2015), U.S. EPA (2009), Smith et al. (2005) et Welker et al. (2013). Cette démarche comporte trois grandes étapes :

1. Définition des orientations du programme de suivi (Chapitre 3.1)
2. Réalisation de l'inventaire et de la caractérisation des PGO (Chapitre 3.2)
3. Élaboration du programme de suivi (Chapitre 3.3)

La section 2.5 du Guide méthodologique (Annexe A) présente, pour chaque étape de la méthode, les activités à compléter.

3.1 Définition des orientations du programme de suivi

La revue de la littérature a permis d'identifier les principales raisons justifiant la mise en place d'un programme de suivi de la performance des PGO. Plusieurs suivis ont été réalisés dans une optique de conformité réglementaire alors que d'autres l'ont été dans le cadre de projets de recherche universitaire ou de saines pratiques de gestion.

Aussi, la revue de littérature a permis de montrer que chaque ouvrage est unique tout comme l'environnement où il a été mis en place et qu'ainsi, les performances réelles versus les performances attendues peuvent présenter de grandes différences pour un même type d'ouvrages selon le site d'implantation. Des suivis sont donc impératifs afin d'évaluer la performance réelle. Ces informations 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). Elles sont d'autant plus importantes que la performance à moyen et long termes de ce type de mesures est souvent questionné spécialement au Québec où prévalent des conditions climatiques très particulières.

Il existe donc un grand nombre de raisons d'implanter un programme de suivi des PGO sur un territoire donné. C'est pourquoi il apparaît essentiel de bien définir les orientations du programme de suivi des PGO à mettre en place pour un bassin versant donné. Pour ce faire, deux étapes sont nécessaires :

- Spécifier le contexte et les raisons du programme de suivi ;
- Définir les objectifs généraux et spécifiques du programme.

L'application de cette méthodologie pour le programme du lac Saint-Charles est résumée au Chapitre 4. Les objectifs d'un programme de suivi des PGO à l'échelle d'un territoire donné y ont été développés : un premier objectif vise à dresser le portrait de la performance actuelle des PGO du territoire (quantité et qualité de l'eau) et en suivre l'évolution ; un deuxième objectif vise à contribuer à améliorer les 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.

Pour plus de détails sur la démarche méthodologique visant à définir les orientations du programme, le lecteur est invité à consulter la section 3 du Guide méthodologique (Annexe A).

3.2 Réalisation de l'inventaire et de la caractérisation des PGO

Le terme PGO est très englobant et peut concerner un large éventail de pratiques reliées à la gestion des eaux pluviales. Pour cette raison, avant de réaliser un inventaire des PGO sur un territoire donné, il est d'abord nécessaire d'identifier plus spécifiquement les types de PGO qui seront considérés. Dans le cadre du présent projet, il a été convenu que seules les PGO structurales seraient considérées. Elles consistent en des

aménagements ou des ouvrages qui, à travers divers processus hydrologiques, physiques, biologiques et chimiques, peuvent favoriser l'infiltration, ralentir le ruissellement, réduire les apports en eau au milieu récepteur et améliorer la qualité de l'eau (U.S. EPA, 2009). Les bassins de rétention, les noues et les aires de biorétention sont quelques exemples de PGO structurales. Les pratiques non structurales exclues de l'étude sont celles qui combinent des changements de comportement, de pratiques ou encore des modifications de la réglementation (p. ex. le lavage des rues, la réduction de l'utilisation des engrais, le débranchement des gouttières résidentielles ; U.S. EPA, 2009).

Dans notre cas, l'inventaire s'est concentré sur certaines catégories de PGO structurales selon la classification proposée par U.S. EPA (2009). En effet, dans une perspective de suivi, quatre catégories sont considérées en fonction des configurations des points d'entrée et de sortie qui conditionnent la plus ou moins grande facilité avec laquelle ces PGO peuvent être instrumentées pour en évaluer la performance (*monitoring*). À cet effet, les PGO sans point d'entrée ni point de sortie bien défini ont été exclues de l'étude puisque leur configuration rend leur suivi très complexe.

Les catégories de PGO basées sur les configurations des points d'entrée et de sortie sont présentées au Tableau 4 de la Section 4 du Guide méthodologique (voir Annexe A).

L'inventaire a consisté à répertorier sur le territoire à l'étude l'ensemble des PGO à l'intérieur des paramètres établis. Pour connaître les éléments d'information prioritaires à colliger pour chaque PGO, une revue de la littérature a été réalisée. La sélection de ces éléments a principalement été basée sur deux guides de suivi des PGO (CVC, 2015 et U.S. EPA, 2009) et sur les travaux de MDDEP & MAMROT (2011), Strecker et al. (2001); Struck (2006) et Urbonas (1995). Les éléments d'information à colliger comprennent l'identifiant, la localisation, l'organisation responsable de l'ouvrage, l'année de construction et de mise en service, la configuration et les caractéristiques de l'ouvrage (p. ex. les points d'entrée et de sortie d'eau, les volumes de rétention et le type de végétation), le milieu récepteur, la description du bassin versant (p. ex. la superficie drainée, le tracé du bassin versant et l'occupation du sol), le contexte et les objectifs de

la construction et l'historique d'entretien et de suivi de la performance de l'ouvrage. Cette étape du projet est également l'occasion d'évaluer si certaines PGO sont problématiques, c'est-à-dire si elles présentent des signes laissant entendre qu'elles sont en mauvais état, dysfonctionnelles ou ne satisfont pas aux exigences minimales de performance escomptées. Le cas échéant, les informations suivantes doivent être colligées : problématique(s) connue(s) et réponse à la question « Est-ce que la performance et le bon fonctionnement de la PGO sont mis en doute par les informations et données recueillies ? ».

Pour chaque catégorie, les informations détaillées à colliger sont décrites au Tableau 5 à la Section 4 du Guide méthodologique (Annexe A).

Lors de l'inventaire des PGO dans le bassin versant du lac Saint-Charles, la plupart des PGO ont été caractérisées après consultation auprès 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). La majorité des PGO a été visitée durant les étés 2018 et 2019. Ces visites avaient pour objectifs de compléter ou valider certaines informations de l'inventaire (p. ex. prendre des photos, valider la position des points d'entrée ou de rejet) et répertorier les problématiques visibles (p. ex. érosion importante, présence de plantes envahissantes).

La caractérisation des aires drainées par chaque PGO (p. ex. superficie, pente moyenne, proportion de surface imperméable) a nécessité l'utilisation de SIG pour générer les informations requises puisqu'elles n'étaient généralement pas disponibles. Il a donc été nécessaire de délimiter les aires drainées de chaque PGO 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 (source : Stoneham-et-Tewkesbury, Lac-Delage et Ville de Québec) et plan « Quincaillerie et localisation » des bassins multifonctions (source : Transports Québec). La superficie drainées par les PGO a été estimée en se basant sur

les tracés des aires drainées générés. La superficie imperméabilisée de ces aires drainées a été calculée grâce à une mise à jour, sur la base des orthophotos de 2017, de la carte d'occupation du sol 2013 de l'APEL (maintenant Agiro). Pour les bassins versants dont le développement n'était pas encore terminé en 2017, une estimation des superficies imperméables à développer a été réalisée en fonction du lotissement et des plans d'ingénierie (en estimant les futurs bâtiments, les entrées de cours, les routes et les surfaces des pelouses).

3.3 Élaboration du programme de suivi

Plusieurs auteurs soulignent que l'élaboration et la mise en place d'un programme de suivi de PGO qui permet d'évaluer de façon scientifiquement rigoureuse et donne des résultats probants et exploitables à moyen ou long terme sur la performance de ces ouvrages demande beaucoup d'efforts et est relativement coûteux (MDDEP & MAMROT, 2011). Le plan individuel de suivi (*monitoring*) 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 donné 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 des ouvrages sur un territoire donné.

En ce sens, une revue de la littérature des suivis de PGO ailleurs dans le monde a été effectuée. Il a été possible de constater que de nombreux travaux de recherche ont été réalisés sur des PGO ailleurs dans le monde, généralement de façon ponctuelle et notamment dans le cadre de projets universitaires ou très peu souvent sous forme de programme de suivi à long terme des PGO à l'échelle d'un territoire donné. Les PGO sont plutôt suivies dans le cadre de programmes d'entretien des infrastructures urbaines.

Des exemples de suivis de PGO ailleurs dans monde sont présentés à la Section 2.4 du Guide méthodologique (voir Annexe A).

À titre d'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 différents types d'ouvrage 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* (CVC, 2015) qui présente des études de cas de suivis 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.

Ces exemples montrent qu'un programme de suivi des PGO sur un territoire donné devrait autant que possible couvrir les différents types de PGO présents sur ce territoire. Les informations générées pourront permettre non seulement de suivre les performances individuelles des PGO sélectionnées, mais également de dresser un portrait des performances des PGO à l'échelle de la zone à l'étude. De plus, un programme de suivi des PGO devrait permettre de suivre les PGO considérées comme problématiques. Deux objectifs d'un programme de suivi des PGO de gestion des eaux pluviales à l'échelle d'un territoire donné sont donc proposés :

- 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, la performance et la conception des PGO du territoire.

Ces considérations ont permis de définir la démarche de priorisation des PGO à intégrer au programme de suivi. Deux catégories de PGO ont ainsi été définies : les PGO stratégiques et les PGO problématiques. La Figure 3-1 résume la démarche développée.

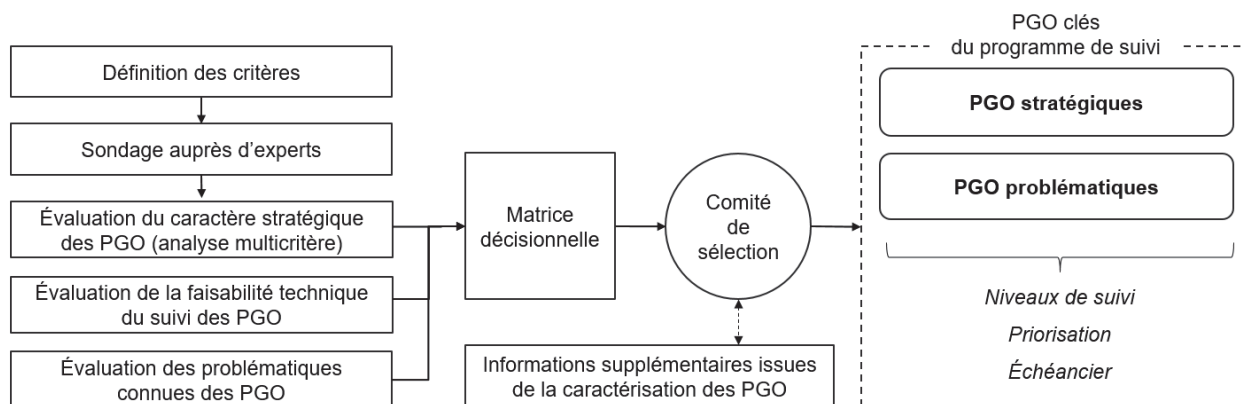


Figure 3-1 : Démarche de priorisation des PGO clés à intégrer au programme de suivi.

Il est donc montré que la démarche commence par l'évaluation du caractère stratégique des PGO par une analyse multicritère. Cette étape inclut la sélection des critères puis leur validation et leur pondération par un sondage auprès d'experts. En parallèle sont effectuées l'évaluation de la faisabilité technique du suivi et l'évaluation des problématiques connues des PGO. Ces informations sont rassemblées dans une matrice décisionnelle. Il s'agit d'un tableau présentant les informations essentielles au comité de sélection pour identifier les PGO à intégrer au programme de suivi. L'étape suivante consiste à former un comité de sélection des PGO et à organiser une rencontre de ce comité 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.

La démarche de sélection des PGO clés à intégrer au programme de suivi est expliquée en détail à l'aide d'exemples utilisant cinq PGO réelles à la Section 5 du Guide méthodologique (voir Annexe A).

La revue de la littérature a permis de réaliser qu'il n'existe, à notre connaissance, que peu ou pas d'informations sur les critères à utiliser pour identifier les PGO les plus stratégiques à intégrer à un programme de suivi. Cependant, certaines sources identifient des critères à considérer lors de l'élaboration d'un plan de suivi d'une PGO donnée (Barrett, 2008; U.S. EPA, 2009). Parmi ces critères, les caractéristiques de l'aire drainée et du milieu récepteur apparaissent comme les plus importantes.

Une liste de critères potentiels a donc été élaborée. Suite à leur évaluation, les critères suivants ont été sélectionnés 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).

Pour chaque critère, 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. Par exemple, pour le critère A, les trois classes permettent de classer les PGO en ordre croissant de vulnérabilité du milieu récepteur (milieu peu vulnérable, milieu potentiellement vulnérable et milieu très vulnérable). Le choix des critères et la pondération accordée à chacun ont été validés par un sondage mené auprès de différents experts du domaine des eaux pluviales. Les résultats ont montré la cohérence des critères proposés et une pondération a été obtenue en calculant la moyenne des pondérations suggérées par les répondants (Tableau 3-1).

Tableau 3-1 : 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

Grâce à cette pondération, le caractère stratégique de chaque PGO a pu être calculé par une analyse multicritère. C'est la méthode de la somme pondérée qui a été choisie. Compte tenu du nombre de critères, des classes définies et de leurs poids respectifs, les valeurs minimales et maximales possibles pour le caractère stratégique sont respectivement de 100 et 300.

Tous les détails concernant le sondage effectué dans le cadre de la démarche sont présentés à la Section 6.1 du Guide méthodologique (voir Annexe A).

La mise en place d'un programme de suivi d'une PGO doit aussi évaluer la faisabilité technique de ce suivi. En effet, rien ne sert d'intégrer au programme une PGO, aussi stratégique soit-elle, si ce suivi est techniquement impossible. Deux critères ont été identifiés à cette fin :

- Accessibilité de la PGO (critère E) ;
- Contraintes techniques de suivi de la PGO (critère F).

Différents éléments d'information à considérer applicables à tous les territoires ont été proposés pour évaluer ces deux critères. Par exemple, pour l'accessibilité, la distance à parcourir pour accéder à l'ouvrage, la présence de chemin d'accès, les risques et les efforts physiques pour les travailleurs sont considérés afin de déterminer si l'accès est facile, modéré ou difficile. Les contraintes techniques sont quant à elles évaluées sur la base de différentes considérations telles que la configuration de l'ouvrage et l'accès aux éléments à instrumenter. 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. Au contraire, si la configuration de la PGO comprend plusieurs entrées ou sorties d'eau ou que des interventions majeures seraient requises pour permettre un suivi, les contraintes de suivi seraient considérées comme plus importantes.

En parallèle les problématiques répertoriées pour chaque PGO lors de la phase d'inventaire et de caractérisation ont été évaluées. Le but était déterminer si elles mettent en cause le bon fonctionnement de l'ouvrage. Le cas échéant, la PGO peut être intégrée au programme à titre de PGO problématique.

Toutes ces informations ont été synthétisées et rassemblées dans une matrice décisionnelle. Il s'agit d'un tableau qui présente les informations nécessaires qui permettra au comité de sélection d'identifier les PGO clés à intégrer au programme de suivi. Ce comité de sélection a été formé de représentants des principaux partenaires du projet (voir la section 4.3 pour plus de détails).

Pour plus d'informations sur la matrice décisionnelle, la composition et le rôle du comité de sélection, le lecteur est invité à lire les Sections 5.4 et 5.5 du Guide méthodologique (voir Annexe A).

Étant donné qu'il existe plusieurs niveaux de suivi d'une PGO et afin de faciliter la planification et l'élaboration d'un programme de suivi à l'échelle d'un territoire donné, les trois niveaux de suivi, fonction des conditions et des objectifs spécifiques de suivi de chaque PGO, proposés par CVC (2015) et Welker et al. (2013) ont été considérés. Ainsi, comme le détaille le Tableau 3-2, un premier niveau permet de s'assurer que l'ouvrage fonctionne selon les critères de conception ou de mieux documenter une problématique éventuelle. Un second niveau plus élaboré permet d'obtenir un portrait des performances hydrologique et hydraulique de l'ouvrage. Un troisième niveau permet d'obtenir un portrait des performances hydrologique et hydraulique (niveau 2) de même que des performances environnementales (généralement les performances de traitement).

Sur la base de ces informations, le comité de sélection a été en mesure d'identifier et de prioriser les PGO clés à intégrer au programme de suivi (PGO stratégiques et PGO problématiques) et de définir un niveau de suivi pour chacune d'entre elles.

Tableau 3-2 : Niveaux de suivi des PGO (adapté de CVC, 2015 ; Welker et al., 2013).

Niveau	Description et nature du suivi	Actions pouvant être effectuées
1	<p>Permet de s'assurer que l'ouvrage fonctionne selon les critères de conception ou de documenter une problématique spécifique.</p> <p>Ce niveau de suivi est généralement assez simple à effectuer.</p>	<p>Inspections ponctuelles ou récurrentes pouvant inclure :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>Permet d'obtenir un portrait des performances hydrologique et hydraulique de l'ouvrage.</p> <p>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).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mesures des débits en fonction des précipitations. • Suivi des niveaux d'eau. • Bilan hydrique.
3	<p>Permet d'obtenir un portrait des performances hydrologique et hydraulique (niveau 2) et des performances environnementales (généralement les performances de traitement).</p> <p>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.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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).

4 APPLICATION DU GUIDE MÉTHODOLOGIQUE AU BASSIN VERSANT DU LAC SAINT-CHARLES

Le projet a permis de produire le Guide méthodologique « Programme de suivi des ouvrages de gestion des eaux pluviales du bassin versant du lac Saint-Charles ». Sa structure permet d'identifier les éléments essentiels à la mise en place d'un programme de suivi des PGO à l'échelle d'un territoire donné. Cette démarche a ensuite été appliquée au bassin versant du lac Saint-Charles. La démarche comme telle peut être utilisée par d'autres organisations pour le développement de programmes de suivi pour d'autres bassins versants du Québec. Les sections suivantes présentent les faits saillants de l'application de la démarche proposée au bassin versant du lac Saint-Charles.

Le lecteur est invité à se référer au Guide méthodologique (voir Annexe A ; notamment les Sections 3.1, 4.1 et 6) pour l'ensemble des résultats.

Rappelons que lors de la définition des orientations du programme de suivi – notamment en prenant en compte les volontés des porteurs du projet, le contexte particulier du lac Saint-Charles et les connaissances disponibles sur le bassin versant – les objectifs du programme de suivi pour le lac Saint-Charles ont été définis ainsi :

- 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.

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

L'inventaire a permis de dénombrer 39 PGO (Figure 4-1) classées selon six types : marais artificiel (2 PGO) ; noue à retenue permanente (1 PGO) ; bassin de rétention (15 PGO) ; bassin de rétention avec retenue permanente (2 PGO) ; bassin multifonctions

(11 PGO) ; aire de biorétention ou noue végétalisée (8 PGO). Des séparateurs hydrodynamiques sont présents dans quatre PGO.

Les types de PGO sont décrits au Tableau 1 (section 2.3) du Guide méthodologique (Annexe A).

Les PGO ont été construites ou mises en service entre 1998 et 2020 et majoritairement à partir de 2010. L'inventaire inclut donc des PGO construites en 2019 qui seront mises en service en 2020 (PGO #32 à 39). Plusieurs raisons ont motivé leur construction, que ce soit l'atténuation des impacts des développements résidentiels, commerciaux, autoroutiers ou encore la mise en place de projets pilotes visant à protéger le lac Saint-Charles. Les objectifs de conception sont aussi variés : gérer les volumes de ruissellement, améliorer la qualité de l'eau pour certains paramètres, favoriser l'infiltration, etc.

La superficie des aires drainées par ces ouvrages varie de 0,1 à 223 ha. L'occupation du territoire 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 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). Une PGO rejette ses eaux dans un ruisseau tributaire du lac Durand (#20). Les autres PGO ont comme points de rejet de façon plus ou moins directe les rivières Hibou, des Hurons et Noire.

Pour toutes les caractéristiques des PGO du territoire à l'étude, le lecteur est invité à consulter la Section 4.1 du Guide méthodologique (Annexe A), notamment le Tableau 6.

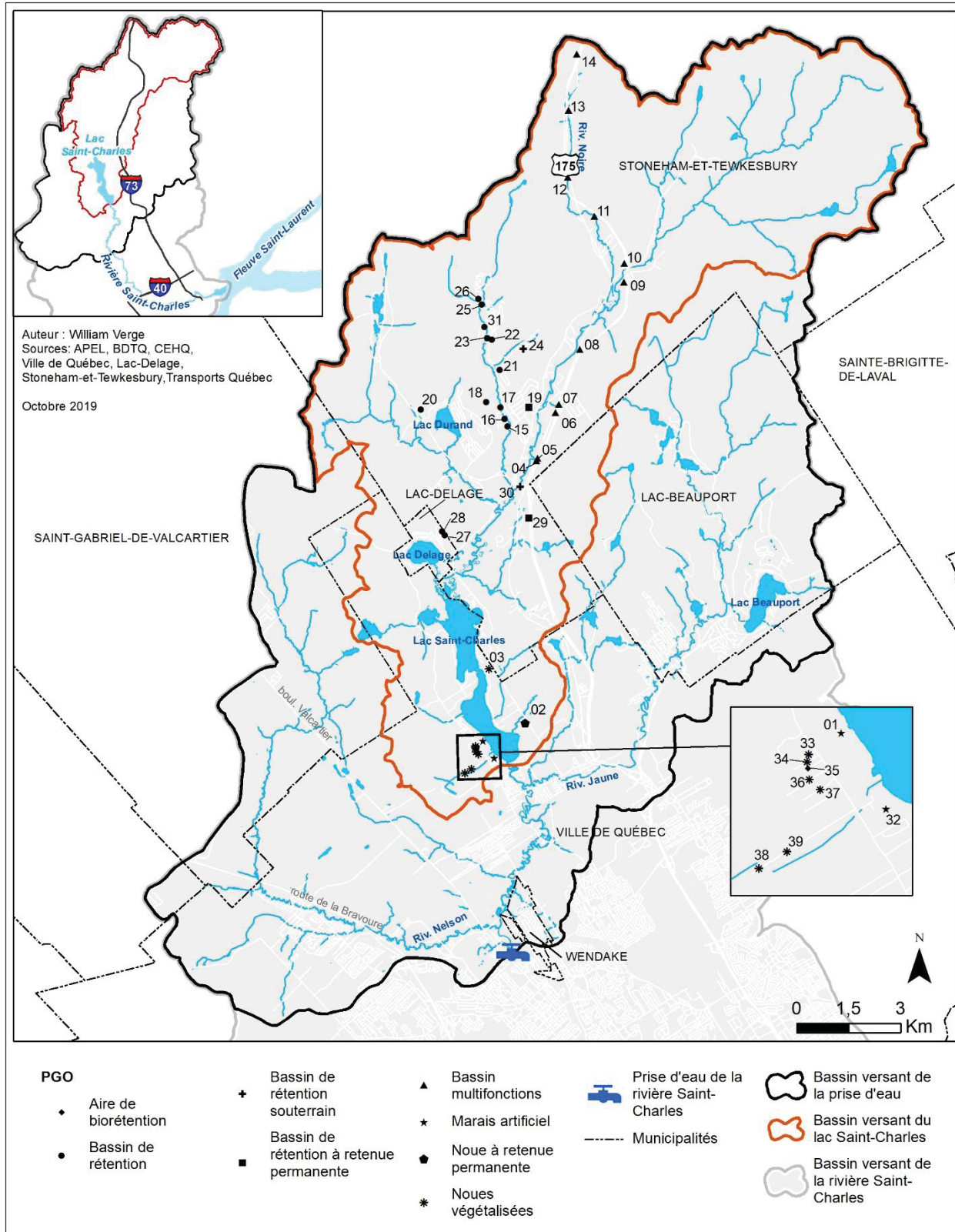


Figure 4-1 : Localisation des PGO du bassin versant du lac Saint-Charles et localisation de ce bassin versant par rapport au bassin versant de la rivière Saint-Charles (encadré). Les numéros identifiant chacune des PGO sont également indiqués.

4.2 Sélection des PGO clés à intégrer au programme de suivi

Tel qu'expliqué précédemment, le processus de sélection des PGO clés à intégrer au programme de suivi vise ultimement à choisir les PGO stratégiques et les PGO problématiques. Les résultats de l'application de la méthode sont présentés aux sections suivantes.

4.2.1 PGO stratégiques

L'attribution du pointage pour chacun des classes des critères pour chaque PGO a été réalisée sur la base des informations et des données recueillies lors de la phase d'inventaire et de caractérisation. Ces pointages ont permis d'effectuer l'analyse multicritère. Pour les 39 PGO à l'étude, 12 valeurs distinctes de caractère stratégique variant de 150 à 250 ont ainsi été obtenues. Ces valeurs ont été ordonnées en ordre décroissant et un rang a été attribué à chacune d'entre elles (1^{er}/12, 2^e/12, 3^e/12, etc.). Par exemple, sur la Figure 4-2, les huit PGO de rang 1 sont les plus stratégiques, suivie par la PGO de rang 2, qui elle est plus stratégique que la PGO de rang 3, et ainsi de suite.

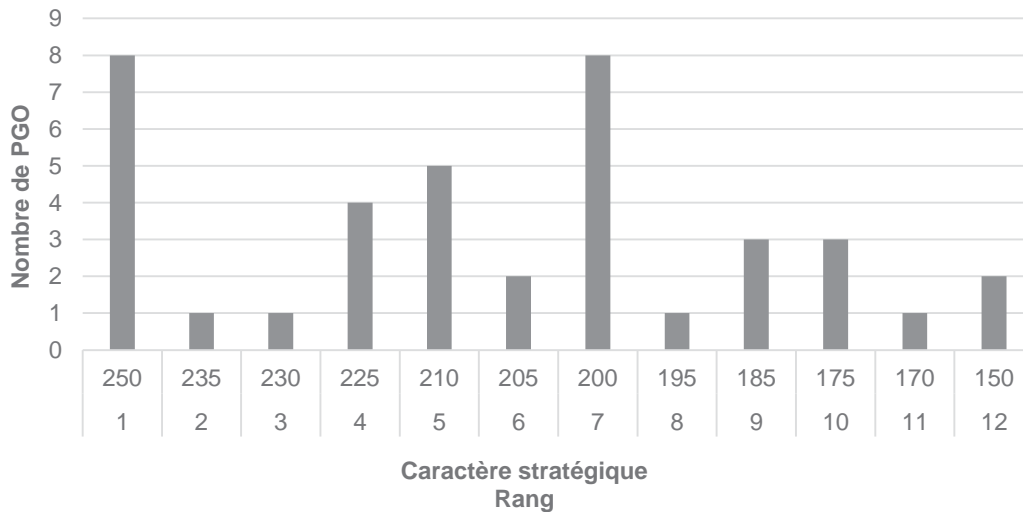


Figure 4-2 : Nombre de PGO selon la pondération stratégique obtenue pour le bassin du lac Saint-Charles. La valeur du caractère stratégique pour chaque PGO et le rang associé sont présentés en abscisse.

La faisabilité technique du suivi des PGO a également été évaluée selon les critères E (Accessibilité de la PGO) et F (Contraintes techniques de suivi de la PGO).

Les PGO ont été regroupées en trois classes pour chacun de ces critères sur la base des informations recueillies durant la phase d'inventaire et de caractérisation. Chacune de ces classes caractérise la faisabilité du suivi ; la classe 3 correspond à une faisabilité technique du suivi de la PGO la plus difficile.

Les critères et les classes sont décrits en détail aux sections 5.1 et 5.2 du Guide méthodologique (voir Annexe A). Pour les classes attribuées à chaque PGO répertoriée, le lecteur peut consulter les annexes du guide.

4.2.2 PGO problématiques

La phase d'inventaire et de caractérisation a permis d'identifier sept PGO problématiques (PGO # 1, 7, 20, 23, 25, 26 et 29). Les problématiques rencontrées sont par exemple que certains bassins sont toujours vides selon divers témoins, qu'un chemin d'écoulement préférentiel s'est créé au fil du temps dans un marais artificiel ou encore que certaines PGO présentent des problématiques d'érosion.

4.2.3 Matrice décisionnelle

Les résultats de l'analyse multicritère utilisée pour l'évaluation du caractère stratégique des PGO, l'évaluation de la faisabilité technique du suivi des PGO et l'évaluation des PGO problématiques connues des PGO ont permis de construire la matrice décisionnelle (Tableau 4-1). Les PGO y sont classées de la plus stratégique à la moins stratégique (selon le caractère stratégique et le rang associé) et les informations jugées les plus importantes à prendre en compte lors de la sélection des PGO clés par le comité de sélection s'y retrouvent.

Tableau 4-1 : Matrice décisionnelle pour les PGO du bassin du lac Saint-Charles dans laquelle les PGO sont classées en ordre croissant de la plus stratégique à la moins stratégique et où les éléments faisant en sorte qu'une PGO n'est pas retenue comme PGO clé sont soulignés et rouges.

#	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	<u>Fortes</u>	Aucune	Non
5	BM 02 (km 60.5)	BM	250	1	Facile	<u>Fortes</u>	Aucune	Non
6	BM 03 (km 62.1) (S)	BM	250	1	Facile	<u>Fortes</u>	Aucune	Non
7	BM 04 (km 62.1) (N)	BM	250	1	Facile	<u>Fortes</u>	<u>Odeur fécale anormale</u>	Non
8	BM 05 (km 63.9)	BM	250	1	Facile	Modérées	Aucune	Non
9	BM 06 (km 66.4)	BM	250	1	<u>Difficile</u>	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	<u>Difficile</u>	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	<u>Difficile</u>	Modérées	Aucune	Non
12	BM 09 (km 70.1)	BM	225	4	<u>Difficile</u>	Modérées	Aucune	Non
14	BM 11 (km 73.7)	BM	225	4	<u>Difficile</u>	Modérées	Aucune	Non
25	Bassin stationnement Station Ski	BR	225	4	Facile	Modérées	<u>Toujours vide selon témoins</u>	<u>Oui</u>
1	Fossé 50	MA	210	5	Modéré	Faibles	<u>Chemin d'écoulement préférentiel.</u>	<u>Oui</u>
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	<u>Fortes</u>	Aucune	Non
15	Bassin Allen-Neil (n°2)	BR ²	200	7	Facile	Modérées	Aucune	Non
17	Bassin Philip-Toosey (n°3)	BR	200	7	Modéré	Modérées	Aucune	Non
20	Bassin Aube260	BR	200	7	Facile	Modérées	<u>Toujours vide selon témoins</u>	<u>Oui</u>
22	Bassin du Domaine de la Montagne	BR	200	7	Facile	Modérées	Aucune	Non
23	Bassin chemin Alpages	BR	200	7	Modéré	Modérées	<u>Érosion, mauvais état général</u>	Non
28	Bassin de la rue du Refuge	BR	200	7	Modéré	Modérées	Aucune	Non

#	Identifiant	Type ¹	CS	Rang	Faisabilité du suivi		Problématique(s) connue(s)	Fonctionnement mis en doute?
					Accès	Contraintes		
29	Bassin MTQ 05	BRP	200	7	<u>Difficile</u>	<u>Fortes</u>	<u>Toujours vide selon témoins</u>	<u>Oui</u>
31	Bassin Copropriété Montée du Hameau	BR	200	7	<u>Difficile</u>	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 (n°1)	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	<u>Érosion notable</u>	Non
18	Bassin du Domaine des Grands-Ducs (n°5) ⁴	BR	150	12	Facile	Modérées	Aucune	Non
24	Bassin chemin Bruant	BRS	150	12	Facile	<u>Fortes</u>	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 : Noüe à retenue permanente; NV : Noüe(s) végétalisée(s); 2 : Avec séparateur hydrodynamique. 3 : Caractère stratégique. 4 : Pas en service, pour les besoins futurs.

4.3 Comité de sélection et programme de suivi

Un comité de sélection composé de représentants de l'INRS, de la Ville de Québec et de l'APEL (maintenant Agiro) s'est réuni le 14 novembre 2019 dans les bureaux de l'APEL. Lors de cette rencontre, le rôle du comité était de prioriser les PGO du territoire à intégrer au programme de suivi.

Suite à une présentation du contexte du projet, des objectifs du programme de suivi, de la synthèse de l'inventaire, des critères de sélection et des informations concernant les PGO problématiques, les membres du comité ont analysé la matrice décisionnelle.

Considérant que les PGO clés sélectionnées doivent être représentatives des différents types de PGO présents sur le territoire, chaque type de PGO a été analysé distinctement par les membres du comité afin d'identifier les PGO prioritaires de chaque type (marais artificiel, noue à retenue permanente, bassin de rétention, bassin de rétention à retenue permanente, bassin multifonctions, aire de biorétention ou noue végétalisée). La pertinence d'intégrer au programme de suivi les PGO de chaque type identifié comme problématique a également été discutée, les PGO problématiques ne pouvant pas être considérées comme PGO stratégiques tant que la problématique existe. Pour chaque PGO sélectionnée, le niveau de suivi a été discuté en se basant sur les trois niveaux de suivi théoriques proposés à la section 3.3.

La réunion a permis de sélectionner onze PGO clés (sept PGO stratégiques couvrant cinq des six types de PGO répertoriés et quatre PGO problématiques) à intégrer au programme de suivi, de leur associer un niveau de suivi ainsi que de les prioriser. Ces informations sont synthétisées au Tableau 4-2.

La Section 6.3 du Guide méthodologique (voir Annexe A) présente en détail le déroulement de la rencontre du comité de sélection et synthétise les discussions qui ont conduit à la sélection des PGO à intégrer au programme de suivi, le niveau de suivi visé et leur priorisation.

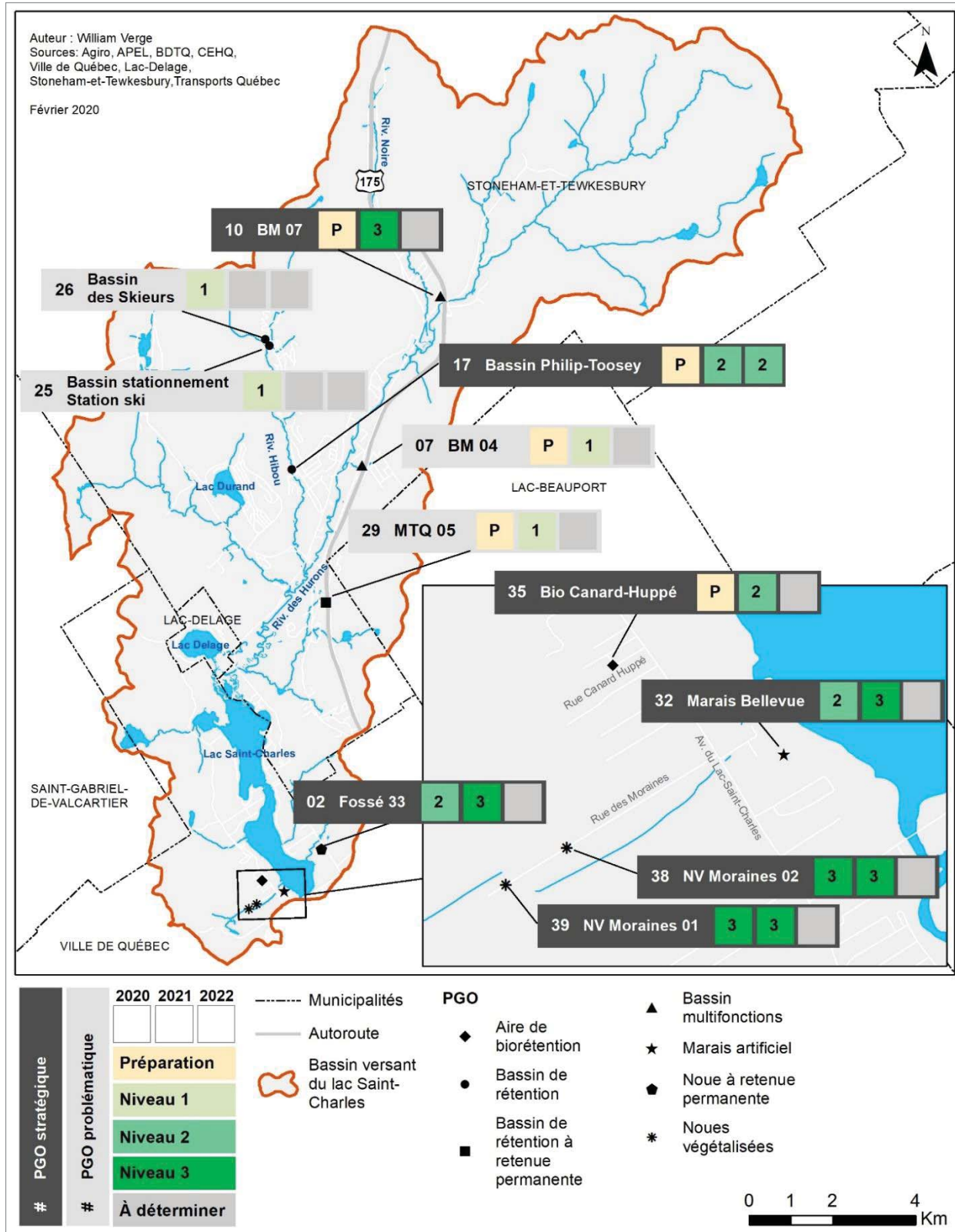


Figure 4-3 : Localisation des PGO stratégiques et des PGO problématiques du bassin versant du lac Saint-Charles à intégrer prioritairement au programme de suivi, niveaux de suivi proposés et échéancier préliminaire.

Comme il a été mentionné précédemment, 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 dix 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 neuf 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 au besoin. Une planification préliminaire du cycle 1 est présentée au Tableau 4-2.

Tableau 4-2 : Échéancier proposé du cycle 1 (2020-2022) du programme de suivi des PGO du bassin du lac Saint-Charles

#	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°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	À définir	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

5 DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Le projet a permis de proposer une méthode d'élaboration d'un programme de suivi des PGO à l'échelle d'un territoire donné. Une composante importante de cette démarche vise à prioriser les PGO à y intégrer puisqu'il est improbable que toutes les PGO du territoire soient suivies pour des raisons logistiques et financières.

Le principal avantage de la démarche générique proposée est qu'elle peut être adaptée selon les conditions et les enjeux propres à la zone à l'étude (p. ex. en milieu très urbain, ou dans un contexte où il y a très peu de variabilité dans les types d'ouvrages). Par exemple, les critères de sélection pourraient être modifiés selon les besoins ou d'autres critères pourraient être ajoutés. Les classes des différents critères pourraient être également modifiées pour permettre, par exemple, une classification mieux adaptée au contexte d'application. Ainsi, pour un milieu présentant des enjeux locaux très spécifiques, cinq classes plutôt que trois pourraient être envisagées pour permettre de mieux distinguer les PGO entre elles en fonction de ces enjeux.

La priorisation des PGO à intégrer au programme de suivi est notamment basée sur une évaluation du caractère stratégique des PGO par une analyse multicritère. La sélection des critères doit être la plus rigoureuse possible et, à cette fin, il est suggéré de faire valider les critères par un panel d'experts. Cependant, il est important de réaliser que pour que les critères soient bien évalués, un travail important et essentiel de caractérisation des ouvrages doit être réalisé en amont. Ce travail implique notamment de la recherche d'informations, l'utilisation des données SIG et des visites de terrain.

Pour le présent projet, quatre critères ont été sélectionnés et validés par des experts. Les classes accordées à chaque critère pour les PGO à l'étude sont également à la base des résultats de l'analyse. Pour certains critères, leur évaluation peut présenter un caractère qualitatif. Par exemple pour le critère A, ce qui pourrait être un milieu vulnérable pour certains ne le serait pas pour d'autres. Pour d'autres critères, ce sont les incertitudes issues des données utilisées qui influencent les résultats de l'analyse (p. ex. la proportion de surface imperméable de l'aire drainée). C'est en considérant plusieurs critères dans l'analyse qu'on atténue l'influence potentielle des incertitudes. La pondération relative

des critères les uns par rapport aux autres influence également les résultats de l'analyse : une pondération différente aurait mené à des résultats de caractères stratégiques différents.

La démarche proposée permet de réduire la liste des PGO à intégrer au programme de suivi. La sélection et la priorisation finales sont de la responsabilité du comité de sélection. Ce comité permet d'intégrer au processus des gens au fait des enjeux locaux du territoire et des objectifs du programme de suivi, d'assurer une représentativité des parties prenantes du projet et de les engager formellement dans la démarche. Les membres du comité doivent donc être choisis stratégiquement pour leur connaissance du milieu et leur expertise, puisque le comité joue un rôle clé. En effet, il ajoute une valeur importante à la démarche et permet de structurer son côté qualitatif et arbitraire. La crédibilité et la rigueur du comité sont les garants de la qualité des choix effectués par le groupe. La phase de préparation pour le comité est toutefois fondamentale et la démarche est en ce sens très pertinente puisqu'une quantité importante d'informations est synthétisée et dégrossie par la matrice décisionnelle.

Le projet présente de très nombreuses perspectives. À l'échelle 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 un ensemble de données permettant d'atteindre les objectifs du programme qui pourront aussi être utilisées pour la recherche universitaire. À terme, les informations générées par le programme de suivi permettront de mieux choisir les sites propices à l'implantation de PGO et de façon plus précise les types de PGO les mieux adaptés au site et aux objectifs du programme.

Le programme permettra également 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 pour faciliter le partage des informations. D'un point de vue plus général, le processus développé pour élaborer un programme de suivi à l'échelle d'un territoire donné pourrait être appliqué par d'autres organisations québécoises.

Finalement, une révision du Guide méthodologique rédigé dans le cadre du projet pourrait être réalisée selon l'expérience acquise après la mise en place du programme proposé.

6 CONCLUSION

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. Différentes mesures et ouvrages ont été proposés au cours des dernières décennies pour atténuer l'impact de l'urbanisation sur les cours d'eau. Ces mesures sont généralement désignées comme des pratiques de gestion optimales (PGO) des eaux pluviales.

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 potable 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. Il a été réalisé par l'INRS-ETE et Agiro en collaboration avec la Ville de Québec et l'École Polytechnique de Montréal.

Ce mémoire présente la démarche ayant mené à la rédaction du Guide méthodologique décrivant les étapes en vue d'élaborer un programme de suivi des PGO sur un territoire donné. Sa structure permet d'identifier les éléments essentiels à la mise en place d'un programme de suivi. Il peut être utilisé par toute organisation désireuse de développer un programme de suivi des PGO pour un territoire donné.

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 de l'état des connaissances disponibles pour ce bassin. Ainsi les objectifs du programme du lac Saint-Charles sont de : 1) dresser le portrait de la performance actuelle des PGO présentes sur le territoire (quantité et qualité de l'eau) et en suivre l'évolution et 2) contribuer à améliorer les procédures d'entretien et à optimiser l'opération et la conception des PGO du territoire. Il faut ajouter que pour ce faire il est important pour des raisons logistiques et financières d'identifier un certain nombre de PGO critiques dont le suivi nous permettra de mieux dresser le portrait global de la performance des PGO et qui pourra nous informer de la performance des autres PGO du même type sur le territoire.

L'inventaire des PGO sur le territoire à l'étude a permis de répertorier 39 PGO classées en six grands types. Une méthode de sélection des PGO à intégrer au programme de suivi a été élaborée suite à une revue de la littérature.

Un processus de sélection a été proposé sur la base de six critères et des informations colligées lors de la phase d'inventaire et de caractérisation. Il inclut également la consultation d'experts par un sondage afin de valider et de pondérer les critères sélectionnés en vue de leur intégration dans une analyse multicritère.

Le processus a permis de sélectionner 11 PGO à intégrer au programme de suivi (sept PGO clés et quatre PGO problématiques) du bassin du lac Saint-Charles. Les PGO clés 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 seront intégrés à un programme de suivi à long terme dont le premier cycle couvre 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 soins (p. ex. par l'élaboration d'un plan de suivi détaillé), financé et mené à bien. Le programme de suivi demandera une surveillance et un ajustement constants.

7 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 (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.
- 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).
- Bedan ES, Clausen JC (2009) Stormwater Runoff Quality and Quantity From Traditional and Low Impact Development Watersheds(1). *Journal of the American Water Resources Association*. 45(4), 998–1008, DOI:Doi 10.1111/J.1752-1688.2009.00342.X.
- 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.
- Guéricolas P (2014) Trois questions à Warwick Vincent. *Le Fil*. 49(24).
- 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.

- 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).
- 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.
- 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.
- 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).
- 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 (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.

Welker A, 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.

A GUIDE MÉTHODOLOGIQUE – PROGRAMME DE SUIVI DES OUVRAGES DE GESTION DES EAUX PLUVIALES DU BASSIN VERSANT DU LAC SAINT-CHARLES À QUÉBEC

Vous trouverez dès la page suivante le Guide méthodologique.

Ce document a été classé confidentiel