



Centre d'expertise
et de recherche
en infrastructures
urbaines



www.ceriu.qc.ca

Portrait des infrastructures en eau des municipalités du Québec

**RAPPORT D'ÉTAPE DU PORTRAIT DES INFRASTRUCTURES EN EAU
DES MUNICIPALITÉS DU QUÉBEC**

31 janvier 2017

La reproduction de ce document par quelque procédé que ce soit et sa traduction, même partielles, sont interdites. Tous droits réservés ©, 2017.

À propos

Dans le cadre du Programme de recherche appliquée dans le domaine des infrastructures municipales (PRADIM), du Fonds Chantiers Canada-Québec – volet Recherche et Planification financé par les gouvernements du Canada et du Québec, le ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT) a donné le mandat au Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines (CERIU) de dresser le portrait global des infrastructures en eau des municipalités du Québec (PIEMQ) et de fournir l'évaluation des besoins financiers à court, moyen et long termes. Ce dernier aspect n'est pas traité dans ce rapport.

Le CERIU remercie chaleureusement les personnes impliquées dans ce projet, particulièrement les membres du comité de suivi, pour leur contribution à la réalisation et la validation des livrables. L'organigramme complet du projet PIEMQ, mis à jour en octobre 2016, est disponible à l'ANNEXE 1.

Le rapport d'étape du premier bilan de l'état des infrastructures en eau des municipalités du Québec est basé sur les données de 100 municipalités, choisies conformément à un échantillon représentatif de l'ensemble du Québec. La liste des 100 municipalités participantes à ce premier bilan est fournie à l'ANNEXE 2.

Sommaire

Ce premier rapport du projet « Portrait des infrastructures en eau des municipalités du Québec (PIEMQ) » dresse un bilan de l'état de l'ensemble des infrastructures municipales en eau et en voirie (rues avec présence d'infrastructures souterraines) selon les données recueillies et validées sur l'état des infrastructures auprès d'un échantillon représentatif de 100 municipalités. Cet échantillon représente environ 44 % de la population desservie, soit 34 % de la longueur totale des réseaux et 55 % du parc des immobilisations ponctuelles du Québec. Un portrait plus représentatif de l'état des infrastructures avec les données de près de 700 municipalités devrait être complété pour la fin de l'année 2017.

Pour réaliser ce premier bilan, le diagnostic, le nettoyage et la validation des données collectées sur les infrastructures, autant ponctuelles que linéaires, ont été réalisés préalablement à la mise en place d'une base de données structurée par infrastructure permettant de déterminer leur état actuel. Dans le but d'améliorer la qualité des données des plans d'intervention fournis par les municipalités, une application a été programmée par le CERIU. Cette application intitulée DiagnosticPI fournit une assistance pour détecter des incohérences et des anomalies contenues dans les données des plans d'intervention. L'outil DiagnosticPI est mis à la disposition des municipalités et de leurs consultants afin de les aider dans la production ou la mise à jour de leur plan d'intervention. Une version Web est accessible sur le site internet du CERIU, sans avoir à installer l'application.

De plus, afin de faciliter la visualisation des résultats pour les municipalités participantes, les données recueillies des plans d'intervention ainsi que celles des formulaires d'immobilisations ponctuelles ont été intégrées à l'application Territoires du MAMOT (application Web). Cette application permet aux responsables municipaux de visualiser, facilement et gratuitement, les données relatives à leurs infrastructures.

La longueur totale des infrastructures linéaires, calculée à partir des données fournies par les 100 municipalités de l'échantillon, comprend 13 004 km de conduites d'eau potable d'une valeur de remplacement de 18,1 milliards \$, 11 769 km de conduites d'eaux usées d'une valeur de remplacement de 27,0 milliards \$, 6154 km de conduites d'eaux pluviales d'une valeur de remplacement de 9,7 milliards \$ et 12 433 km de chaussées au-dessus des réseaux d'une valeur de remplacement de 13,8 milliards \$. Les immobilisations ponctuelles, au nombre de 2270, comprennent 1067 ouvrages d'eau potable d'une valeur de remplacement estimée à 5,9 milliards \$ et 1203 ouvrages d'eaux usées et pluviales d'une valeur de remplacement estimée à 7,1 milliards \$.

Il ressort de ce premier bilan que les infrastructures linéaires d'eau potable et d'eaux usées sont généralement en bon état (indice d'état de B). En effet, selon les indicateurs retenus, les cotes globales pour les réseaux d'eau potable et d'eaux usées sont respectivement de 77 % et de 78 % (bon état). Malgré cette bonne note globale, près de 5,1 % de la longueur totale des infrastructures

linéaires d'eau potable extrapolée à l'ensemble du Québec (2091 km) et 7,8 % de la longueur totale des infrastructures linéaires d'eaux usées extrapolée à l'ensemble du Québec (2513 km) sont considérées en mauvais ou très mauvais état. Les infrastructures linéaires d'eaux pluviales sont, quant à elles, globalement en très bon état (cote globale de 85 %). Cependant, 2,3 % de la longueur totale de ces infrastructures (417 km) sont en mauvais ou très mauvais état. L'état de la chaussée est classé satisfaisant (cote globale de 57 %) avec 29,6 % de ces infrastructures (9681 km) en mauvais ou en très mauvais état. Finalement, les infrastructures ponctuelles d'eau potable et d'eaux usées ont respectivement une cote globale de 43 % (risque de défaillance modéré) et de 62 % (risque de défaillance faible) avec 42,5 % du nombre total de ces infrastructures (3498 ouvrages) à risque de défaillance élevé ou très élevé. La valeur de remplacement des actifs en mauvais ou très mauvais état ou à risque de défaillance liée à l'âge élevé ou très élevé (D et E), pour les 100 municipalités étudiées, s'élève à environ 13,3 milliards \$, ce qui représente environ 16 % de la valeur de remplacement totale de 81,6 milliards \$. Extrapolée à l'ensemble du Québec, cette valeur de remplacement (indices D et E) serait de l'ordre de 25 milliards \$, soit 14 % de la valeur de remplacement totale du parc d'actifs estimée à environ 175 milliards \$.

Il est important de préciser que les cotes d'état des immobilisations ponctuelles sont associées à une notion de risque de défaillance plus qu'à une notion d'état, car l'approche est basée uniquement sur des durées de vie restantes. En ce qui concerne les infrastructures linéaires, 80 % des conduites d'eau potable ne présentent aucun bris enregistré; 37 % des conduites d'eaux usées et 77 % des conduites d'eaux pluviales n'ont pas été inspectées; 6 % des chaussées au-dessus des réseaux sont non auscultées. Les cotes d'état associées à ces infrastructures linéaires d'eau potable, d'égoûts et aux chaussées au-dessus des réseaux qui ne présentent aucune information sur leur état correspondent aussi à un risque de défaillance liée à leur âge, car ces cotes sont basées sur une modélisation au niveau réseau, et adaptée au niveau de chaque segment.

Table des matières

À propos.....	i
Sommaire.....	ii
Table des matières.....	iv
Liste des tableaux.....	v
Liste des figures.....	v
Liste des annexes.....	vi
1. Introduction.....	1
1.1. Description du projet.....	1
1.2. Contexte de réalisation.....	2
1.3. Études et évaluations antérieures.....	3
1.4. Brefs principes de gestion des actifs.....	6
2. Méthodologie de collecte de données et de traitement.....	8
2.1. Collecte des données.....	8
2.2. Méthode de validation des données.....	8
2.3. Indice de qualité des données.....	9
2.4. Structure de la base de données.....	10
2.5. Outil de validation des données des plans d'intervention.....	11
2.6. Détermination des indices d'état des infrastructures.....	12
3. Modélisation du comportement des infrastructures.....	14
3.1. Réseau d'eau potable.....	14
3.2. Réseaux d'eaux usées et pluviales.....	15
3.3. Chaussées au-dessus des réseaux.....	16
3.4. Immobilisations ponctuelles.....	17
4. Résultats : Portrait de l'état des infrastructures en eau et visualisation dans Territoires.....	19
4.1. Premiers résultats pour les 100 municipalités analysées.....	19
4.2. Affichage des résultats dans l'application Territoires.....	40
4.3. Extrapolation à l'ensemble du Québec.....	40
5. Limites de l'analyse.....	46
6. Conclusion.....	47
Bibliographie.....	49
Liste des abréviations, sigles et acronymes.....	51
Annexes.....	53

Liste des tableaux

Tableau 1. Infrastructures linéaires – Valeur de l'indice de qualité globale	9
Tableau 2. Immobilisations ponctuelles – Valeur de l'indice de qualité globale.....	10
Tableau 3. Indice d'état d'une infrastructure municipale	12
Tableau 4. Indices d'état et indicateurs par type d'infrastructure	13
Tableau 5. Modèles prévisionnels retenus	14
Tableau 6. Réseaux d'eaux usées et pluviales – Durées de vie obtenues à partir des courbes de dégradation.....	16
Tableau 7. Chaussées au-dessus des réseaux – Durées de vie obtenues à partir des courbes de dégradation.....	17
Tableau 8. Immobilisations ponctuelles – Durées de vie utile théoriques.....	18
Tableau 9. Nombre déterminé de municipalités pour l'échantillon selon la population.....	19
Tableau 10. Réseau d'eau potable – Indicateurs.....	21
Tableau 11. Réseau d'eaux usées – Indicateurs	24
Tableau 12. Réseau d'eaux pluviales – Indicateurs	27
Tableau 13. Chaussées au-dessus des réseaux – Indicateurs.....	30
Tableau 14. IP-Eau potable – Indicateurs	33
Tableau 15. IP- Eaux usées et pluviales – Indicateurs.....	36
Tableau 16. Valeur des actifs pour les 100 municipalités analysées	39
Tableau 17. Facteurs d'extrapolation utilisés.....	44
Tableau 18. Valeur des actifs extrapolée à l'ensemble du Québec.....	44
Tableau 19. Comparaison des résultats extrapolés avec les différentes études antérieures	45

Liste des figures

Figure 1. Stratégie de gestion des actifs en immobilisations.....	6
Figure 2. Page d'accueil de l'outil de validation des données des plans d'intervention	11
Figure 3. Résumé de l'état physique moyen.....	20
Figure 4. Réseau d'eau potable – Sommaire du réseau	22
Figure 5. Réseau d'eau potable – Répartition du nombre de bris en fonction de la longueur	23
Figure 6. Réseau d'eau potable – Qualité des données.....	23
Figure 7. Réseau d'eaux usées – Sommaire du réseau.....	25
Figure 8. Réseau d'eaux usées – Source de données sur l'état physique	26
Figure 9. Réseau d'eaux usées – Qualité des données	26
Figure 10. Réseau d'eaux pluviales – Sommaire du réseau.....	28
Figure 11. Réseau d'eaux pluviales – Source de données sur l'état physique	28
Figure 12. Réseau d'eaux pluviales – Qualité des données.....	29

Figure 13. Chaussées au-dessus des réseaux – Sommaire du réseau	31
Figure 14. Chaussées au-dessus des réseaux – Source de données sur l'état physique	31
Figure 15. Chaussées au-dessus des réseaux – Qualité des données.....	32
Figure 16. IP-Eau potable – Sommaire des immobilisations ponctuelles.....	34
Figure 17. IP-Eau potable – Qualité des données.....	35
Figure 18. IP-Eaux usées et pluviales – Sommaire des immobilisations ponctuelles	37
Figure 19. IP-Eaux usées et pluviales – Qualité des données	38
Figure 20. Exemple d'affichage de la couche de données des plans d'intervention dans Territoires (conduites d'eau potable).....	41
Figure 21. Exemple d'affichage de la couche des indices d'état du portrait dans Territoires (conduites d'eau potable).....	41
Figure 22. Exemple d'affichage de la couche des indices d'état du portrait dans Territoires (poste de pompage).....	42
Figure 23. Exemple de consultation de Google Street View à partir de Territoires	42
Figure 24. Interface de l'outil de recherche de conduites par n° de tronçon intégré dans Territoires	43
Figure 25. Interface de l'outil d'affichage des résultats par n° de tronçon intégré dans Territoires ...	43

Liste des annexes

ANNEXE 1. Organigramme du projet PIEMQ (Octobre 2016).....	54
ANNEXE 2. Liste des 100 municipalités concernées par la présente étude.....	55
ANNEXE 3. Identification des indicateurs retenus – Municipalités et références géospatiales	56
ANNEXE 4. Identification des indicateurs retenus – Infrastructures ponctuelles.....	56
ANNEXE 5. Identification des indicateurs retenus – Infrastructures linéaires.....	57
ANNEXE 6. Quelques définitions de la gestion des actifs	58

1. Introduction

Le projet PIEMQ vise à établir le portrait global des infrastructures en eau et en voirie (au-dessus des réseaux) des municipalités du Québec, à permettre la visualisation des données via l'application Territoires et à fournir une évaluation des besoins financiers à court, moyen et long termes. Ce rapport d'étape présente le premier bilan de l'état des infrastructures en eau des municipalités du Québec, basé sur les données de 100 municipalités participantes (liste à l'ANNEXE 2) représentant 44 % de la population desservie, soit 30 927 km de réseau sur 90 886 km pour les infrastructures linéaires (34 % de la longueur totale) et 13 milliards \$ de valeur de remplacement sur 23,7 milliards \$ pour les immobilisations ponctuelles (55 % du parc des actifs du Québec)¹.

1.1. Description du projet

Pour établir le bilan de l'état des infrastructures et connaître les besoins en investissement, la base de données doit être opérationnelle et rigoureuse pour recueillir et traiter les informations sur les infrastructures suivantes :

- approvisionnement et traitement de l'eau potable;
- réseau de distribution de l'eau potable;
- réseaux d'égouts sanitaires, unitaires et pluviaux;
- chaussées au-dessus des réseaux;
- traitement des eaux usées.

La base de données vise à obtenir les informations suivantes pour chacune des infrastructures concernées :

- âge des infrastructures linéaires et ponctuelles;
- longueur et matériaux des infrastructures linéaires;
- nombre et type d'infrastructures ponctuelles;
- état des infrastructures linéaires et ponctuelles.

À la fin du projet, des requêtes jumelées à des outils de prédiction pourront, entre autres, servir au MAMOT à obtenir pour l'ensemble du Québec [1] [2] les valeurs suivantes :

- valeur des actifs en eau;
- valeur de remplacement des actifs en eau;
- valeur de remplacement dépréciée des actifs en eau;
- besoins en rattrapage du déficit de maintien d'actifs;
- besoins en maintien d'actifs en eau régulier;
- impact du niveau de financement annuel sur la dégradation ou l'amélioration de l'état des infrastructures en eau.

¹ Données issues des plans d'intervention et des formulaires des immobilisations ponctuelles fournis par les municipalités

La base de données doit être structurée et alimentée avec des paramètres et des indicateurs appropriés et préalablement identifiés. La liste des indicateurs retenus pour chaque catégorie d'infrastructures est fournie de l'ANNEXE 3 à l'ANNEXE 5.

1.2. Contexte de réalisation

Le MAMOT a publié, en 2005, le premier Guide d'élaboration d'un plan d'intervention pour le renouvellement des conduites d'eau potable et d'égouts. À partir de ce moment, les municipalités du Québec se sont dotées d'outils permettant d'avoir une meilleure connaissance de l'état de leurs infrastructures linéaires (conduites). Ces municipalités ont réalisé les inventaires de leurs réseaux et procédé à des auscultations afin d'en évaluer l'état. En 2013, le MAMOT a mis à jour le Guide en y ajoutant les conduites pluviales et les chaussées au-dessus des réseaux [3].

Le 28 mars 2011, le Gouvernement du Québec annonçait la mise en œuvre de la [Stratégie québécoise d'économie d'eau potable](#) [4], en collaboration avec des partenaires municipaux et techniques. Depuis cette annonce, toutes les municipalités possédant un réseau de distribution d'eau potable ont amorcé ou poursuivi des mesures en économie d'eau. Ces mesures incluent la production d'un bilan d'eau annuel et, en fonction des résultats, la mise en place d'un programme de recherche et de réparation de fuites et l'installation de compteurs d'eau dans les immeubles non résidentiels et dans un échantillon d'immeubles résidentiels. D'ailleurs, certains programmes d'aide financière du MAMOT pour des projets d'infrastructures d'eau incluent des clauses d'écoconditionnalité rendant obligatoire l'approbation annuelle du formulaire de l'usage de l'eau potable par le Ministère.

Dans le cadre de l'engagement 46 de la Politique de l'eau du gouvernement du Québec, le MAMOT a publié en juillet 2015 le [Rapport sur le coût et les sources de revenu des services d'eau](#) [5]. Ce rapport est le fruit d'une collaboration avec les municipalités participant à la [Stratégie québécoise d'économie d'eau potable](#) [4]. Les données recueillies auprès des 575 municipalités participantes, représentant 88 % de la population québécoise, ont permis d'établir une première estimation cohérente et standardisée se rapprochant davantage du coût des services d'eau pour l'ensemble du Québec. L'outil de calcul tenait compte des services d'eau suivants : la production et la distribution de l'eau potable ainsi que la collecte et le traitement des eaux usées. Selon les données recueillies, le coût unitaire des services d'eau, en fonction de la quantité d'eau distribuée, est évalué à 2,26 \$/m³ pour l'année 2012. Cet exercice s'inscrit dans une démarche globale pour assurer la pérennité des infrastructures d'eau. Depuis 2012, des bonifications ont été apportées à l'outil de calcul afin d'augmenter la fiabilité des données et d'en faciliter son application. L'objectif de ce Rapport était de déterminer le coût des services d'eau et non de définir le financement adéquat des services d'eau. Rappelons que, si les objectifs de la Stratégie ne sont pas atteints au Rapport annuel de l'usage de l'eau potable 2016, la mise en place d'un financement adéquat est prévue à partir de 2018. Des discussions sur cet enjeu sont en cours dans le cadre du comité municipal de la Stratégie.

Les municipalités possédant un réseau d'égouts et une station d'épuration des eaux usées doivent réaliser un suivi de la performance de ce type d'ouvrage sur leur territoire. Depuis l'entrée en vigueur

du Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées (ROMAEU) en janvier 2014, les municipalités doivent de plus produire un rapport annuel de performance de leurs ouvrages et le transmettre au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), responsable de l'application du ROMAEU.

La réalisation des travaux recommandés au plan d'intervention nécessite une analyse détaillée des données d'inventaire et d'état des infrastructures; cette analyse est dite de niveau projet. Ce type d'analyse permet de concevoir, construire, entretenir ou réhabiliter des éléments d'infrastructure. Par opposition, le projet « Portrait des infrastructures en eau des municipalités du Québec (PIEMQ) » repose sur une planification stratégique, c'est-à-dire qu'une approche descendante est requise. Pour ce faire, les données à recueillir doivent rendre possible une analyse dite de niveau réseau. Ce type d'analyse repose généralement sur des données agrégées permettant de réaliser la programmation, la planification, la budgétisation et le financement des infrastructures sur l'ensemble du réseau. Le projet PIEMQ a démarré en novembre 2014 pour répondre aux besoins du MAMOT. L'analyse requise est de niveau réseau et vise toutes les municipalités du Québec. À cet égard, il serait plus juste de qualifier cette analyse de type macro-réseau.

Un comité de suivi a été mis sur pied par le MAMOT pour confirmer les orientations et valider le travail effectué. L'organigramme du projet, mentionnant les noms des membres des comités et groupes de travail, est fourni à l'ANNEXE 1. Le comité de suivi regroupe des représentants des trois plus grandes villes du Québec, de l'Union des municipalités du Québec (UMQ), de la Fédération québécoise des municipalités (FQM), de l'Association des ingénieurs municipaux du Québec (AIMQ), de l'Association des directeurs généraux des municipalités du Québec (ADGMQ), du CERIU et du MAMOT. Le rôle du comité est primordial pour assurer la reconnaissance des rapports produits, et éventuellement la diffusion de ceux-ci.

1.3. Études et évaluations antérieures

Quelques évaluations de l'état des infrastructures municipales ont été publiées au cours des dernières années, notamment celles de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS), de l'UMQ réalisée par Deloitte, et celle de la Fédération canadienne des municipalités (FCM).

Les études de l'INRS

En 1998, l'INRS-Urbanisation et l'INRS-Eau ont publié une synthèse générale sur les besoins concernant les potentielles réfections et constructions des infrastructures en eau des municipalités québécoises [6]. Ces deux études ont permis de connaître les besoins en investissement global des infrastructures linéaires d'eau potable et d'égouts. Dans l'étude de l'INRS-Urbanisation, ce constat se base sur 1168 réseaux d'eau potable (64 % des municipalités) et 918 réseaux d'égouts (66 % des municipalités). Les études de l'INRS montrent que :

- les réseaux d'eau potable et d'eaux usées représentent environ 4,5 milliards \$ (\$ 1998) d'investissement sur 10 ans;

- la connaissance des réseaux, à cette époque, est très fragmentaire, mais la perception relative à leur état est qualifiée de juste;
- le coût total de remplacement des conduites d'eau potable et d'égouts s'élève, pour l'INRS-Eau, à 5,3 milliards \$ (\$ 1998) pour obtenir, sur 20 ans, un état structural semblable à celui de départ;
- le coût total de remplacement des conduites d'eau potable et d'égouts s'élève, pour l'INRS-Urbanisation, à 8,8 milliards \$ (\$ 1998) pour obtenir, sur 15 ans, un meilleur état structural que celui de départ.

D'après le document produit par le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) visant à évaluer la pérennité des infrastructures municipales de l'eau [7], ces deux estimations sont cohérentes puisque les scénarios d'investissement correspondent, pour l'INRS-Eau, au maintien de l'état structural actuel alors que pour l'INRS-Urbanisation, à une amélioration de ce même état. La conclusion générale des études de l'INRS met l'accent sur le fait que peu de données sont disponibles en contexte québécois et présente les besoins en investissements nécessaires pour les infrastructures d'eau des municipalités du Québec, en excluant la ville de Montréal.

L'étude de l'UMQ

L'étude sur l'état des infrastructures municipales du Québec [8], publiée en 2012 par l'UMQ, identifie les programmes dédiés aux infrastructures, quantifie les montants et ventile les dépenses selon les années et les types de dépenses, estime les impacts fiscaux et calcule l'impact financier net pour chacun des paliers de gouvernement. L'étude montre que :

- le montant total des travaux d'infrastructures municipales s'est élevé à 29,9 milliards \$ (\$ 2012) entre 2008 et 2014;
- la dépense annuelle moyenne estimée à 4,3 milliards \$ est répartie entre le Gouvernement fédéral (600 millions \$), le Gouvernement provincial (700 millions \$) et les municipalités (3 milliards \$);
- le niveau de dépenses augmente en moyenne de 4 % par année depuis 2008;
- le déficit à la fin de 2011 est évalué à 34,2 milliards en dollars constants.

Les valeurs énoncées dans l'étude de l'UMQ sont extrapolées à partir des réponses des municipalités participantes et pondérées selon leur population. L'étude est basée sur 63 questionnaires complétés représentant plus de 50 % de la population desservie. Ces extrapolations fournissent une évaluation approximative de la situation globale. La valeur de remplacement des infrastructures municipales pour les répondants s'élève à 91,7 milliards \$. En extrapolant selon le taux de réponse, la valeur de remplacement atteindrait 200 milliards \$, dont 132 milliards \$ pour les infrastructures d'eau. Aucune évaluation de l'état des infrastructures utilisant des données validées n'est mentionnée dans ce rapport.

L'étude de la FCM

La FCM, en collaboration avec l'Association canadienne de la construction (ACC), l'Association canadienne des travaux publics (ACTP) et la Société canadienne de génie civil (SCGC), a publié le Bulletin de rendement 2016 des infrastructures canadiennes [9] (BRIC). Le BRIC dresse le tableau de l'état des infrastructures municipales selon les données recueillies auprès des villes de l'ensemble du Canada. L'étude porte sur les infrastructures suivantes : eau potable, eaux usées, eaux pluviales, routes (pas seulement celles au-dessus des réseaux), ponts, bâtiments, installations de sport et loisir et transports collectifs. Au total, 120 municipalités, dont 8 québécoises, ont rempli le questionnaire 2016; ces municipalités représentent un échantillon de près de 20 millions de Canadiens, soit 56 % de la population canadienne totale. Les résultats de l'enquête ont été extrapolés à l'ensemble de la population. Les données ayant servi à cette étude ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire à participation volontaire, distribué auprès de 2000 membres de la FCM lesquels représentent collectivement près de 90 % de la population.

Dans le questionnaire de la FCM, les répondants devaient évaluer l'état physique de leurs actifs sur une échelle allant d'excellent à très mauvais. Les répondants devaient également préciser leur principale source de données relatives à l'état physique des infrastructures :

- données complètes fondées sur des inspections et analyses détaillées;
- opinion d'un représentant municipal basée sur son expérience de travail;
- données substitutives telles que l'âge, les conditions du sol, la durée utile estimée, etc.;
- toutes les sources ci-dessus.

En analysant les questionnaires, « données substitutives » est la réponse la plus fréquente pour les actifs linéaires d'eau potable, eaux usées et eaux pluviales tandis que « opinion d'un représentant municipal » est le plus souvent mentionné pour les immobilisations ponctuelles. Quant aux chaussées, « données complètes fondées sur des inspections et analyses détaillées » constitue la source principale de données sur l'état physique de l'infrastructure.

L'approche du PIEMQ

Ce rapport d'étape du projet PIEMQ repose sur 100 municipalités choisies selon un échantillonnage représentatif de population. Une comparaison des résultats avec ceux des études antérieures est fournie à la section 4.3. Un rapport plus complet avec 700 municipalités sera produit en 2017. Les principales sources de données sur l'état physique de l'infrastructure, pour le projet PIEMQ, sont des « données complètes fondées sur des inspections et analyses détaillées » pour l'ensemble des données linéaires et des « données substitutives » pour les immobilisations ponctuelles. Il est à préciser que l'état décrit dans ce rapport ne tient pas compte des exigences légales et réglementaires liées aux mises aux normes des infrastructures.

L'étude PIEMQ est basée uniquement sur les données fournies par les municipalités dans leur plan d'intervention et dans leur formulaire IP. L'ensemble des données fournies par les municipalités pour

les infrastructures linéaires et les immobilisations ponctuelles atteignent un nombre d'enregistrements de 442 942 pour une taille d'environ 235 mégaoctets. Les infrastructures linéaires sans aucune donnée d'état ont une longueur totale de 20 132 km. Cette longueur comprend :

- 10 403 km de conduites d'eau potable n'enregistrant aucun bris (80 % de l'ensemble du réseau). Cette longueur inclut autant les segments des municipalités ne possédant aucun registre de bris que ceux n'ayant jamais brisé;
- 4244 km de conduites d'eaux usées non inspectées (37 % de l'ensemble du réseau);
- 4739 km de conduites d'eaux pluviales non inspectées (77 % de l'ensemble du réseau);
- 746 km de chaussées au-dessus des réseaux non auscultées (6 % de l'ensemble du réseau).

1.4. Brefs principes de gestion des actifs

Le Guide de gestion des actifs en immobilisations à l'intention des gestionnaires municipaux [2], publié par le CERIU en 2015, propose quelques définitions énoncées à l'ANNEXE 6. La gestion des actifs municipaux couvre plusieurs aspects notamment :

- valeur de l'actif;
- gestion du cycle de vie;
- durabilité;
- intégration des plans technique et financier;
- évaluation du risque;
- mesure du comportement;
- analyse globale des actifs en immobilisations et plans détaillés.

Tous les éléments d'actif possèdent une valeur monétaire et ont une durée de vie limitée qu'il est possible d'estimer selon leur détérioration. La gestion du cycle de vie inclut la planification, la conception, l'acquisition ou la construction, l'exploitation, l'entretien, la réhabilitation et le remplacement. Le cycle de vie est souvent représenté sur un graphique (Figure 1) par une courbe de comportement modélisant un indice d'état par rapport à la vie utile de l'actif.

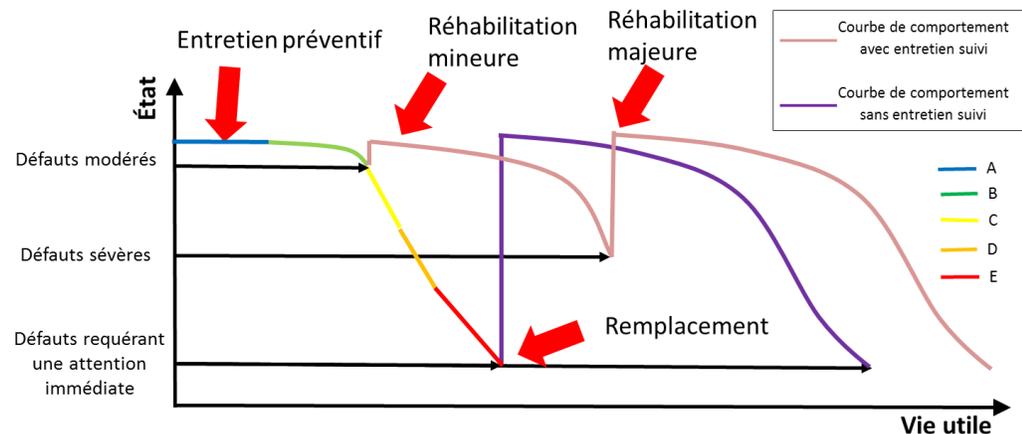
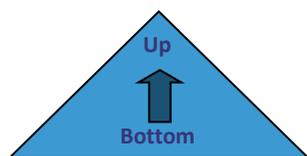


Figure 1. Stratégie de gestion des actifs en immobilisations

La courbe de comportement avec entretien suivi illustre des activités d'entretien et de réhabilitation tout au long de la vie utile de l'actif (maintien d'actifs régulier). Par contre, la courbe de comportement sans entretien suivi montre une dégradation rapide de l'actif qui génèrera une intervention prématurée de réhabilitation majeure (déficit de maintien d'actifs) ou de reconstruction (remplacement). Les coûts sur le cycle de vie engendrés par cette stratégie réactive seront plus élevés que ceux générés par une approche proactive.

Le plan de gestion des actifs doit minimiser les coûts durant le cycle de vie de l'immobilisation tout en maintenant un niveau de service adéquat et un niveau de risque acceptable. L'intégration des plans technique et financier est obligatoire pour quantifier la relation entre le niveau de service et les coûts. Le Guide de gestion des actifs en immobilisations [2] mentionne que pour que le suivi soit efficace, il est important de maintenir à jour les données descriptives et d'état des immobilisations et de documenter les entretiens réalisés. De plus, il est essentiel d'analyser ces nouvelles données afin de mesurer plus efficacement la performance des interventions.

Le guide de Gestion d'un actif d'infrastructures [10] publié par l'InfraGuide en 2004 précise que deux approches complémentaires existent pour élaborer un plan de gestion de l'actif, à savoir une approche descendante et une approche ascendante.



L'approche ascendante sert à la planification à court terme des immobilisations prévues dans le cadre de projets. Cette dernière approche requiert des données sur l'état et un inventaire plus détaillé que dans le cas de l'approche descendante. Elle est utilisée pour réaliser les plans d'intervention et la planification opérationnelle.

L'approche descendante sert à la planification stratégique à long terme de politiques et de programmes. L'approche descendante, utilisée pour ce projet PIEMQ, sert à la planification stratégique.



Les deux approches sont complémentaires et non contradictoires. Avec le temps, le résultat de la méthode ascendante servira à développer l'approche descendante.

2. Méthodologie de collecte de données et de traitement

2.1. Collecte des données

La collecte des données sur les infrastructures autant ponctuelles que linéaires s'appuie en grande partie sur les données transmises par les municipalités et disponibles au MAMOT. Les données sur les infrastructures linéaires sont tirées des plans d'intervention alors que la collecte des données des immobilisations ponctuelles est réalisée via le formulaire des immobilisations ponctuelles (IP). Ce formulaire a été conçu par le CERIU conjointement avec le MAMOT dans le cadre de la [Stratégie québécoise d'économie d'eau potable](#) [4] et rempli par les municipalités. Les échanges entre les représentants municipaux et les analystes du MAMOT permettent une première vérification des ordres de grandeur des évaluations inscrites dans le formulaire des IP, basée sur l'expérience professionnelle d'experts.

2.2. Méthode de validation des données

Étant donné que les données des municipalités ne sont pas toujours fournies dans le même gabarit que celui du Ministère, la première étape consiste à uniformiser le format de tous les fichiers qui serviront à créer et à compléter la base de données. Sans cette étape, une quantité importante d'informations ne pourrait pas être lue et traitée adéquatement. La majorité de ces validations ont porté sur la structure même des données fournies (nombre de colonnes, nom des champs, etc.) ainsi que sur la présence de format texte au lieu d'un format numérique.

Après l'uniformisation des fichiers, des outils de validation des données sont utilisés dans le but de faire ressortir des erreurs potentielles, allant d'une absence de donnée jusqu'à la standardisation de la nomenclature de différents matériaux en passant par des aberrations entre un type de matériau et une année de construction. Ces outils permettent d'identifier, grâce à un code de couleur, les erreurs (couleur rouge) ainsi que les anomalies potentielles (couleur jaune) présentes dans les fichiers Excel des municipalités (plans d'intervention et formulaires des immobilisations ponctuelles). Il est à noter, qu'à la demande du MAMOT, un outil de validation des données des plans d'intervention DiagnosticPI a été développé par le CERIU pour permettre aux municipalités d'identifier les anomalies ou les incohérences dans les données de leur plan d'intervention avant de le faire parvenir au Ministère (section 2.5).

Une fois les erreurs et anomalies détectées, l'étape suivante consiste à nettoyer les données, c'est-à-dire à standardiser la nomenclature des champs puis à estimer les données manquantes, les données aberrantes ou les anomalies en fonction de différentes informations connues. Pour les valeurs les plus récurrentes, soit principalement les valeurs de remplacement dans le cas des infrastructures linéaires, les coûts unitaires, lorsque manquants, sont estimés à partir des valeurs proposées dans le plan d'intervention de la municipalité même (taux unitaire selon le matériau ou le type de route).

Lorsqu'aucune valeur n'est disponible, des valeurs de remplacement sont estimées à partir de valeurs par défaut tirées de données fournies par la Stratégie d'économie d'eau potable.

Finalement, étant donné le peu de documentation disponible dans certains domaines traités dans ce projet, une méthodologie basée principalement sur l'expérience professionnelle d'experts a été développée. Dans ce contexte, plusieurs réunions des comités de suivi ont été tenues. Différents experts, spécialisés dans plusieurs domaines reliés au génie municipal ont été consultés à diverses étapes cruciales du projet au niveau des aspects suivants :

- collecte et nettoyage des données;
- validation de l'ordre de grandeur des données;
- choix et résultats des modélisations.

Leurs connaissances dans leur domaine d'expertise ont permis de valider certaines décisions ou encore d'offrir d'autres pistes de recherche. Le processus itératif rigoureux laisse place à une constante amélioration autant pour la méthodologie que pour les conclusions tirées quant à la validation des différents résultats obtenus dans le cadre de ce projet.

2.3. Indice de qualité des données

En fonction des différentes données manquantes ou modifiées lors du nettoyage des données des infrastructures linéaires, un indice global de qualité est assigné à chaque enregistrement. Cet indice est calculé selon l'importance attribuée à chaque type de donnée manquante ou incohérente. En effet, pour chaque donnée manquante, incohérente ou modifiée, des points sont soustraits d'une note initiale de 100. La valeur de l'indice de qualité globale est alors assignée au segment selon la note finale obtenue. Cette approche considère que toutes les données ont la même importance, bien que certaines sont plus significatives que d'autres. Cette façon de faire est innovante et le processus sera bonifié lors des prochaines mises à jour. Le Tableau 1 illustre les différentes valeurs de l'indice de qualité globale pour les infrastructures linéaires.

Tableau 1. Infrastructures linéaires – Valeur de l'indice de qualité globale

Cote de qualité globale	Explication
A	Aucune donnée importante manquante ou modifiée
B	1 donnée importante manquante ou modifiée
C	2 données importantes manquantes ou modifiées
D	3 données importantes manquantes ou modifiées
E	4 données et plus importantes manquantes ou modifiées

En ce qui concerne les immobilisations ponctuelles, l'évaluation de l'indice de qualité globale, pour chaque immobilisation, est qualitative parce qu'elle est fonction du jugement de chaque analyste. La valeur de l'indice de qualité pourrait fluctuer dans les prochaines années en fonction de l'évolution

vers des critères plus objectifs, avec une compréhension plus uniforme. Globalement, on s'attend à retrouver une majorité d'immobilisations avec un indice de qualité B, car peu de municipalités possèdent toute l'information demandée dans le cadre du projet. Le Tableau 2 précise les critères pour les indices de qualité des immobilisations ponctuelles.

Tableau 2. Immobilisations ponctuelles – Valeur de l'indice de qualité globale

Cote de qualité globale	Explication
A	Les coordonnées GPS sont fiables. Les années de construction sont exactes (non estimées). Les valeurs de durée de vie restante ont été fournies par la municipalité. Les valeurs de remplacement sont estimées en se basant sur des informations solides (documents possédés par la municipalité, assurances validées par des bordereaux de construction, etc.).
B	Les coordonnées GPS sont fiables/approximatives. Les années de construction sont exactes (non estimées). Les valeurs de durée de vie restante sont estimées globalement par l'analyste ou le répondant. Les valeurs de remplacement sont estimées par l'analyste ou par le répondant (estimations basées sur les assurances uniquement par exemple).
C	Une information importante (année de construction, durée de vie restante, valeur de remplacement) est manquante ou très peu fiable.
D	Deux informations importantes (année de construction, durée de vie restante, valeur de remplacement) sont manquantes ou très peu fiables.
E	Trois informations importantes (année de construction, durée de vie restante, valeur de remplacement) sont manquantes ou très peu fiables.

Dans l'éventualité d'une future mise à jour des données, cette métadonnée permettra de connaître les zones les plus faibles en terme de qualité et, de ce fait, améliorer la qualité globale des données fournies par les municipalités.

2.4. Structure de la base de données

Après leur validation, les données de chaque municipalité sont incorporées dans une base de données structurée par type d'infrastructure (réseau d'eau potable, réseau d'eaux usées, réseau d'eaux pluviales, chaussées au-dessus des réseaux et immobilisations ponctuelles). La création et la complétion de la base de données se font suivant différentes étapes :

- réception des fichiers validés et vérification de leur conformité;
- importation des données validées dans la base de données Access;
- appel de différentes requêtes visant à :
 - estimer les données manquantes;
 - calculer la cote et l'indice d'état;
 - regrouper certaines données.
- création de divers extraits mis en forme pour :
 - analyser la base de données consolidée;
 - transmettre les données sur l'état des infrastructures à Territoires;
 - évaluer la sensibilité à différents scénarios d'investissement.

2.5. Outil de validation des données des plans d'intervention

Dans le but de faciliter le traitement des données des plans d'intervention fournis par les municipalités, une application a été programmée par le CERIU. Cette application appelée DiagnosticPI a pour objectif de fournir une assistance automatisée afin de détecter des erreurs potentielles et des anomalies contenues dans les données des feuilles Excel des plans d'intervention. Les incohérences et anomalies détectées englobent non seulement celles déjà incluses dans l'outil interne de validation des données dans le cadre du PIEQM (donnée manquante, incohérence matériau versus année de construction, etc.), mais aussi celles qui nuisent à une bonne analyse des interventions requises selon les dispositions du plan d'intervention (EP1, EU1, etc.). Cette analyse doit tenir compte de tous les paramètres permettant d'évaluer la conformité des classes d'intervention préliminaires et intégrées.

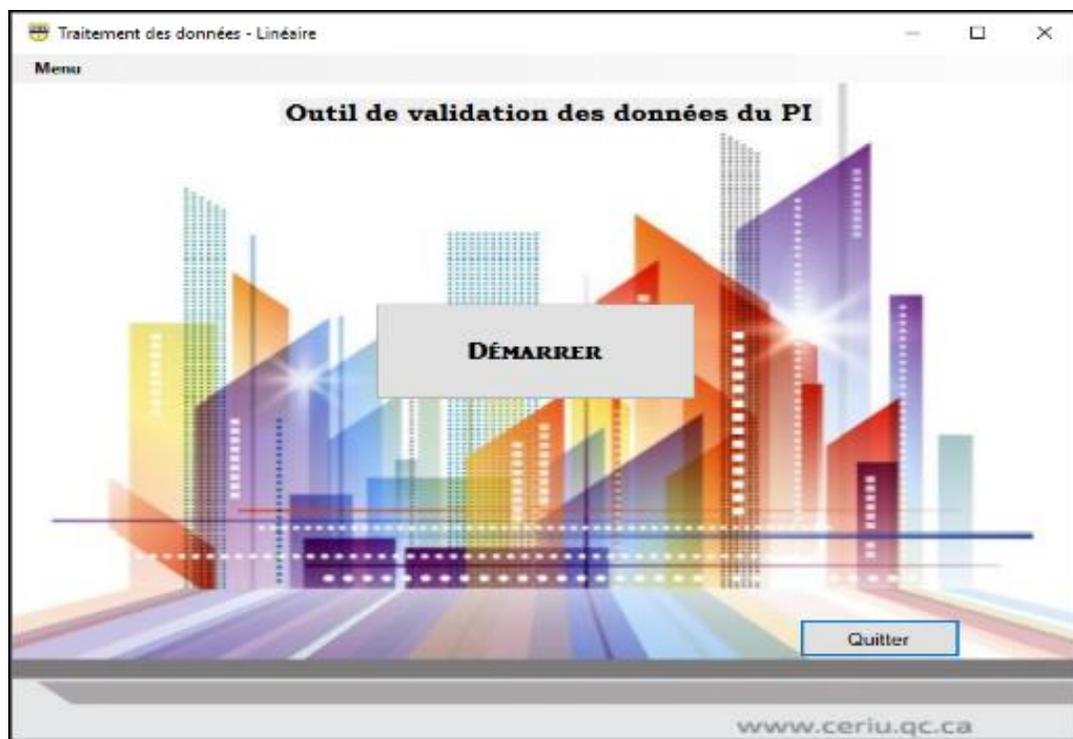


Figure 2. Page d'accueil de l'outil de validation des données des plans d'intervention

L'outil de validation des données des plans d'intervention DiagnosticPI est mis à la disposition des municipalités et de leurs consultants, sur le site internet du CERIU, afin de les aider lors de la production ou la mise à jour de leur plan d'intervention. L'étape de vérification effectuée par l'outil permettra de fournir des données conformes aux standards demandés tout en facilitant la correction d'erreurs en aval par l'éditeur du document. Une version Web de DiagnosticPI est accessible sur le site du CERIU au lien suivant :

<http://www.ceriu.qc.ca/piemq>

2.6. Détermination des indices d'état des infrastructures

La détermination des indices d'état, effectuée après le traitement des données, est basée sur le tableau suivant qui définit, pour chaque type d'infrastructure, ce qu'est une infrastructure en bon ou en mauvais état.

Tableau 3. Indice d'état d'une infrastructure municipale

Indice	État	Description ²	Réseau d'eau potable ³	Réseaux d'eaux usées et pluviales ⁴	Immobilisations ponctuelles	Chaussées au-dessus des réseaux
A	Très bon	Infrastructure habituellement récente ou remise à neuf	Aucun défaut ou défaillance	Défauts mineurs	Très faible risque de défaillance liée à l'âge	Aucun défaut anormal apparent
B	Bon	Niveau léger de dégradation et de déféctuosité	Signes mineurs d'usure	Défauts qui n'ont pas commencé à se détériorer	Faible risque de défaillance liée à l'âge	Généralement sans défaut grave, mais avec quelques fissures ou légères dépressions
C	Satisfaisant	Niveau modéré de dégradation et de déféctuosité	Fissurations ou signes d'usure modérés	Défauts modérés qui continueront à se détériorer	Risque modéré de défaillance liée à l'âge	Surface de roulement satisfaisante, avec des fissures transversales et longitudinales, quelques fissures polygonales et quelques dépressions
D	Mauvais	Niveau élevé de dégradation et de déféctuosité	Approche la fin de vie utile; accroissement de la dégradation prévisible	Défauts requérant une attention immédiate dans un futur prévisible	Risque élevé de défaillance liée à l'âge	Pavage comportant quelques ondulations, des fissures transversales, longitudinales et indiquant un début de désintégration et dénivellement
E	Très mauvais	Niveau très élevé de dégradation et de déféctuosité	Fissurations visibles ou imminentes	Défauts requérant une attention immédiate	Risque très élevé de défaillance liée à l'âge	Pavage ayant des fissures nombreuses et de tous genres, un profil irrégulier, une surface rugueuse : en somme, indices révélant une détérioration avancée

Dans le cadre du PIEMQ, la détermination des indices d'état pour chacune des infrastructures linéaires est obtenue à partir d'indicateurs fournis dans les plans d'intervention :

- pour les conduites d'eau potable, le taux de bris moyen (bris/km/an) est utilisé pour déterminer l'état global du réseau. En raison d'absence de bris enregistré, un critère de durée de vie écoulée est ajouté pour déterminer une cote pour chaque segment. La cote obtenue d'une courbe de désuétude de type exponentiel, définie en fonction du matériau et de la durée de vie théorique, est comparée à celle du taux de bris afin d'assigner une cote finale au segment. **Ainsi, le critère du taux de bris global est associé à une notion de niveau de service alors que les critères utilisés au niveau segment reflètent l'état ou le risque de défaillance associée à l'âge et au matériau de chaque segment;**
- pour les conduites d'eaux usées et d'eaux pluviales, l'indicateur utilisé est la pire cote PACP structurale (Cote PACP = 1 → A) alors que la cote PCI est utilisée pour déterminer l'état des

² Adapté du Secrétariat du Conseil du trésor (SCT) [1]

³ Adapté du Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes (2012) [21]

⁴ Adapté du Protocole NASSCO/CERIU

tronçons de chaussée au-dessus des réseaux (PCI = 100 → A). La cote globale du réseau correspond à la moyenne des cotes au niveau segment.

En ce qui a trait aux immobilisations ponctuelles, la détermination des indices d'état est directement tirée des indicateurs « Durée de vie restante (mécanique/civil) » présents dans les formulaires d'immobilisations ponctuelles (% DVR = 100 → A). Il est important de souligner que :

- les indicateurs de durée de vie restante du mécanique et du civil sont pondérés selon leur valeur de remplacement respective afin d'obtenir une cote agrégée pour chacune des immobilisations ponctuelles;
- les termes utilisés pour les cotes d'état de ces infrastructures sont associés à une notion de risque de défaillance liée à l'âge plutôt qu'à une notion d'état puisque l'approche est basée sur des durées de vie restante uniquement.

Le Tableau 4 résume, pour chaque type d'infrastructure, les cotes d'état ainsi que les indicateurs utilisés pour déterminer l'état global et celui de chaque infrastructure.

Tableau 4. Indices d'état et indicateurs par type d'infrastructure

Indice	Cote	Réseau d'eau potable ⁵		Réseaux d'eaux usées et pluviales	Chaussées au-dessus des réseaux	Immobilisations ponctuelles	
		Taux réseau (bris/km/an)	Taux segment (bris/km/an)	Cote PACP structurale	PCI	% DVR	Risque de défaillance
A	80-100	0,0-0,1	0,0-0,54	1	80-100	80-100	Très faible
B	60-80	0,1-0,2	0,54-1,08	2	60-80	60-80	Faible
C	40-60	0,2-0,3	1,08-1,62	3	40-60	40-60	Modéré
D	20-40	0,3-0,4	1,62-2,16	4	20-40	20-40	Élevé
E	0-20	0,4 et +	2,16 et +	5	0-20	0-20	Très élevé

La valeur minimale est exclue de l'intervalle.

Il est important de rappeler que le premier objectif du PIEMQ est d'établir le portrait global des infrastructures en eau (analyse au niveau réseau) comparativement à celui des plans d'intervention qui consiste principalement en l'identification, par les municipalités, des travaux prioritaires devant être réalisés à court terme (analyse au niveau projet). **Les indices d'état définis dans le cadre du projet (5 indices allant de A à E) ne correspondent pas directement aux classes d'intervention définies dans les plans d'intervention (4 classes allant de A à D)**, car les indicateurs utilisés dans le cadre du projet, particulièrement pour les infrastructures linéaires, reflètent uniquement l'état physique de ces dernières. Bien qu'incluant une notion d'état physique, les classes d'intervention tiennent compte des statuts d'autres indicateurs permettant d'évaluer les travaux prioritaires à effectuer à court terme sur les réseaux municipaux.

⁵ Adapté des standards techniques internationaux

3. Modélisation du comportement des infrastructures

Une gestion au niveau réseau nécessite un faible niveau d'information ainsi que la mise en place de modèles globaux de prévision peu complexes. Le Tableau 5 résume les différents modèles retenus pour chaque type d'infrastructure. Ces modèles permettent non seulement d'estimer l'état des segments non évalués, mais aussi de simuler leur dégradation.

Tableau 5. Modèles prévisionnels retenus

	Infrastructures	Modèles de dégradation
Infrastructures linéaires	Conduites d'eau potable	Modèle WEE (Weibull et 2 Exponentielles)
	Conduites d'égouts	Modèle de Markov homogène
	Chaussées au-dessus des réseaux	Régression polynomiale avec contraintes
Immobilisations ponctuelles		Régression linéaire avec contraintes

3.1. Réseau d'eau potable

Choix du modèle pour l'eau potable

L'analyse de la littérature scientifique a permis de retenir le modèle WEE, car il est plus adapté aux infrastructures d'eau potable. Ce modèle se base uniquement sur un registre de bris complet, ce qui permet de limiter le nombre de paramètres pouvant influencer la calibration, mais aussi le nombre de paramètres à vérifier, à nettoyer ou à exclure lors du travail de diagnostic réalisé en amont.

Choix des cohortes

Avant de réaliser l'étape de calibration, il est nécessaire de déterminer les cohortes à modéliser. La base de données est hétérogène puisqu'elle comporte des segments de longueurs différentes, composés de différents types de matériaux et localisés dans différents sols. Considérant la qualité des informations disponibles et afin d'obtenir une modélisation s'approchant de la réalité, les cohortes sont *a priori* triées par matériau et selon l'agglomération de Montréal et les autres régions.

Certaines cohortes ont été exclues de la calibration car, étant peu représentatives, elles risquaient de biaiser le modèle une fois calibré. Pour ce faire, les hypothèses suivantes ont été posées :

- les conduites dont le bris est survenu avant ou pendant l'année d'installation ne sont pas considérées;
- les conduites possédant une longueur inférieure à 10 m ne sont pas considérées;
- si la municipalité possède un registre de bris avec au moins un enregistrement, le registre de bris est utilisé exclusivement pour calculer le taux de bris en excluant l'indicateur EP-1. Par contre, si la municipalité ne possède aucun registre de bris, mais que l'indicateur EP-1 tiré du plan d'intervention indique un nombre de réparations différent de zéro, ce nombre de réparations est alors utilisé pour assigner un taux au segment.

Un test de représentativité a permis de valider que l'échantillon retenu et utilisé est représentatif de chaque cohorte.

Calibration du modèle WEE et obtention de fonctions de survie

Une fois l'échantillon retenu, il est nécessaire dans un premier temps de réaliser une mise en forme de ces données. Les étapes pour préparer les données ont été réalisées en suivant le protocole listé ci-après :

- vérification des années d'apparition du bris versus les années de construction;
- vérification que chaque bris est unique (un bris doit correspondre à une date et à un segment);
- vérification de l'année de réhabilitation versus l'année de construction;
- exclusion des conduites ayant un statut « Abandonné ».

À partir des coefficients calculés grâce à la calibration, il a été possible de tracer des fonctions de survie pour chaque cohorte.

3.2. Réseaux d'eaux usées et pluviales

Choix du modèle pour les eaux usées et les eaux pluviales

Les modèles permettant d'évaluer la dégradation structurale des conduites d'égouts sont classés en trois grandes catégories : les modèles déterministes, probabilistes et ceux basés sur l'intelligence artificielle [11]. Parmi les différents modèles probabilistes existants, le modèle de Markov homogène a été retenu compte tenu du type de données disponibles, à savoir des données uniques d'inspection (*snapshot data*) comparativement à des données régulières (*regular data* ou *longitudinal data*).

Le modèle de Markov homogène a donc été construit en utilisant les données d'inspection (CCTV et TO) actuellement disponibles pour prévoir les transitions, d'un état à un autre, d'une cohorte de conduites. Il est à noter que ce modèle ne peut prédire les changements de conditions de conduites individuelles en raison d'un manque de données longitudinales. Dans le cas d'une cohorte, toutes les conduites sont considérées provenant d'une population homogène et, de ce fait, la détérioration moyenne des conduites peut être appliquée à chacune des conduites de la cohorte [12].

Choix des cohortes

Comme pour le réseau d'eau potable, plusieurs cohortes ont été définies principalement selon la localisation (agglomération de Montréal et les autres régions) et le matériau. Pour le réseau d'eaux usées, les matériaux les plus représentatifs ont été utilisés pour constituer les cohortes, à savoir le béton armé, le CPV et la brique. De plus, les proportions de conduites inspectées pour ces matériaux sont suffisantes pour calibrer les matrices de transition. En ce qui a trait au réseau d'eaux pluviales, l'analyse des résultats montre que les conduites sont majoritairement en béton armé. Cependant,

pour les conduites d'eaux pluviales souffrant d'un déficit d'inspection (10 % des conduites hors Montréal ont été inspectées), il a donc fallu utiliser les données de l'agglomération de Montréal qui présentent un taux d'inspection plus élevé (61 % des conduites) pour calibrer le modèle. Pour les conduites construites avec un matériau sous-représenté (polyéthylène, grès, etc.), aucun modèle n'a été calibré; la calibration faite sur les conduites en béton armé de l'agglomération de Montréal a été appliquée.

Calibration du modèle de Markov et obtention de courbes moyennes de dégradation

La calibration du modèle a consisté principalement en l'estimation des probabilités de la matrice de transition à partir des données connues d'inspection (principe de maximisation d'une fonction de vraisemblance [13]). Les matrices de transition obtenues permettent de calculer une cote moyenne selon l'âge. Par la suite, une régression exponentielle, retenue puisqu'elle représente ce qui est le plus souvent observé lors de la détérioration de conduites d'égouts [12], est utilisée sur la cote moyenne afin d'obtenir des courbes moyennes de dégradation pour chacune des cohortes. Un test du khi-carré de Pearson a permis de s'assurer de la validité du modèle.

Les courbes de dégradation utilisées pour estimer l'état structural actuel et futur du réseau, permettent de constater que les durées de vie des conduites d'égouts présentées au Tableau 6 varient de 114 ans à 142 ans avec une durée de vie moyenne de 130 ans. L'âge moyen de 45 ans pour les conduites d'eaux usées et de 35 ans pour les conduites d'eaux pluviales confirme le fait que ces réseaux sont considérés respectivement en bon et en très bon état.

Tableau 6. Réseaux d'eaux usées et pluviales – Durées de vie obtenues à partir des courbes de dégradation

Cohortes	Durées de vie constatées	
	Eaux usées	Eaux pluviales
Agglomération de Montréal – Béton armé	140 ans	135 ans
Agglomération de Montréal – Brique	129 ans	–
Agglomération de Montréal – Autres matériaux	120 ans	–
Autres régions – Béton armé	142 ans	–
Autres régions – CPV	114 ans	–
Autres régions – Autres matériaux	133 ans	–

3.3. Chaussées au-dessus des réseaux

Choix du modèle pour les chaussées au-dessus des réseaux

L'examen des différents modèles existants a permis de retenir le modèle polynomial cubique pour modéliser la dégradation des chaussées au-dessus des réseaux.

Choix des cohortes

La présence d'un trafic routier plus important dans l'agglomération de Montréal par rapport aux autres régions justifie une modélisation distincte pour ces deux cohortes. L'indice utilisé pour qualifier l'état de surface des chaussées au-dessus des réseaux est le *Pavement Condition Index* (PCI) selon la norme ASTM D-6433. Pour chacune des cohortes, les chaussées au-dessus des réseaux sont regroupées selon le type de route (artère, collectrice, locale).

Calibration et obtention des courbes de comportement

L'âge des tronçons a été estimé à partir de l'année de dernière intervention majeure en supposant que les chaussées ont été auscultées en 2015. Afin d'obtenir une modélisation satisfaisante, la quantité de données a été réduite en utilisant la moyenne ou la médiane des valeurs de PCI selon l'âge. Par la suite, la méthode de régression polynomiale a été utilisée selon les contraintes suivantes :

- la pente doit toujours être négative étant donné que, sans aucune réfection de la chaussée, sa cote d'état ne peut que décroître avec le temps;
- à l'âge zéro (mise en service de la chaussée), la cote d'état doit être égale à 100.

Les courbes polynomiales du troisième degré pour chaque type de route et cohorte de régions ont permis d'obtenir des durées de vie qui varient entre 28 et 49 ans.

Tableau 7. Chaussées au-dessus des réseaux – Durées de vie obtenues à partir des courbes de dégradation

Cohortes	Durées de vie constatées
Agglomération de Montréal – Locale	42 ans
Agglomération de Montréal – Collectrice	28 ans
Agglomération de Montréal – Artère	28 ans
Autres régions – Locale	49 ans
Autres régions – Collectrice	39 ans
Autres régions – Artère	31 ans

3.4. Immobilisations ponctuelles

Choix du modèle pour les immobilisations ponctuelles

En étudiant plusieurs politiques de capitalisation et d'amortissement des dépenses en immobilisations de quelques municipalités [14] [15] ainsi que celle proposée par le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) [16], une approche suivant un amortissement linéaire est retenue. Cette approche permet de déprécier de manière constante la valeur de remplacement des immobilisations considérées en utilisant la durée de vie probable de l'immobilisation.

Choix des cohortes

Considérant la qualité des informations disponibles et afin d'obtenir une modélisation s'approchant de la réalité, les cohortes sont triées selon le type d'immobilisation et selon la portion civil/mécanique. Ce choix se base sur les différents cycles de vie propres à chaque immobilisation.

Calibration

Dans un premier temps, un travail sur l'adaptation des durées de vie probables proposées dans les documents comptables [14] [15] [16] a été réalisé. Après discussion avec des représentants des municipalités, des experts et une analyse préliminaire des premiers éléments de la base de données, des durées de vie utile (DVU) théoriques ont été déterminées (Tableau 8). Ces valeurs ont permis de donner des ordres de grandeur lors de la validation des données avant l'incorporation dans la base de données.

Tableau 8. Immobilisations ponctuelles – Durées de vie utile théoriques

Type d'infrastructure		Durées de vie utile théoriques	
		Civil	Mécanique
Eau potable	Approvisionnement et production (bâtiment avec structure en béton)	100 ans	40 ans
	Approvisionnement et production (bâtiment de service sans structure en béton)	40 ans	40 ans
	Réservoir	40 ans	20 ans
	Poste de pompage	40 ans	20 ans
Eaux usées et pluviales	Traitement (bâtiment, étang et digue)	100 ans	40 ans
	Traitement (bâtiment de service ou sans structure en béton)	40 ans	40 ans
	Réservoir et bassin de rétention	60 ans	–
	Poste de pompage	40 ans	20 ans

En analysant les résultats ainsi que les répartitions des données, il est apparu que les données du mécanique ne montraient pas de tendance franche, ceci étant dû à l'absence d'information sur d'éventuelles réhabilitations. Il a alors été nécessaire de calculer un âge apparent pour certaines données du mécanique et ainsi réduire l'hétérogénéité. La mise en forme des données suit les hypothèses suivantes :

- la durée de vie utile utilisée pour chaque immobilisation est celle présentée au Tableau 8;
- au moins une réhabilitation a été réalisée sur la partie mécanique en 20 ans de service;
- si les infrastructures ont moins de 20 ans, alors la qualité des données est supposée bonne et par conséquent aucune modification n'est apportée;
- les infrastructures de type Autres équipements majeurs, bassin de rétention ou réservoir d'eaux usées ne sont pas modifiées, car le peu de données théoriques ne permet pas de faire un ajustement.

4. Résultats : Portrait de l'état des infrastructures en eau et visualisation dans Territoires

4.1. Premiers résultats pour les 100 municipalités analysées

Les résultats présentés dans cette section ont été calculés à partir des données d'un échantillon de 100 municipalités issues de la base de données consolidée et structurée par infrastructure (données filtrées, nettoyées et validées). Afin d'assurer une représentativité de l'échantillon par rapport à l'ensemble du Québec, la répartition du nombre de municipalités par strates de population est basée sur une étude antérieure réalisée par le ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT) [17]. Le Tableau 9, tiré de cette étude, présente le nombre déterminé de municipalités pour l'échantillon représentatif par strates de population et par rapport au nombre total de municipalités avec des infrastructures en eau :

Tableau 9. Nombre déterminé de municipalités pour l'échantillon selon la population

Strates de population (habitants)	Nombre de municipalités au Québec avec infrastructures en eau (A)	Nombre de municipalités avec infrastructures en eau choisies pour l'échantillon représentatif (B)	% représenté (B/A)
De 0 à 5000	815	73	8,96 %
5000 à 10 000	74	8	10,81 %
10 000 à 20 000	45	6	13,33 %
20 000 à 30 000	16	3	18,75 %
30 000 à 40 000	9	3	33,33 %
40 000 à 50 000	8	2	25,00 %
50 000 à 100 000	9	2	22,22 %
100 000 à 1000 000	8	2	25,00 %
1 000 000 et plus	1	1	100,00 %
Total	985	100	10,15 %

Compte tenu de la disponibilité des plans d'intervention durant l'étape de collecte de données, dans certaines strates de population, le nombre de municipalités a été légèrement ajusté par rapport à la répartition présentée dans cette étude. À titre d'exemple, deux municipalités avec une population de près de 5000 habitants ont été classées dans la strate de population de 5000 à 10 000 habitants pour combler le nombre manquant dans cette catégorie.

La Figure 3 dresse sommairement l'état des infrastructures en eau des municipalités de cet échantillon. Il est à noter que les statistiques des immobilisations ponctuelles sont affichées selon la valeur de remplacement et non selon le nombre afin de ne pas induire en erreur le lecteur en additionnant une immobilisation de moins de 500 \$ avec une autre de plus d'un milliard de dollars.

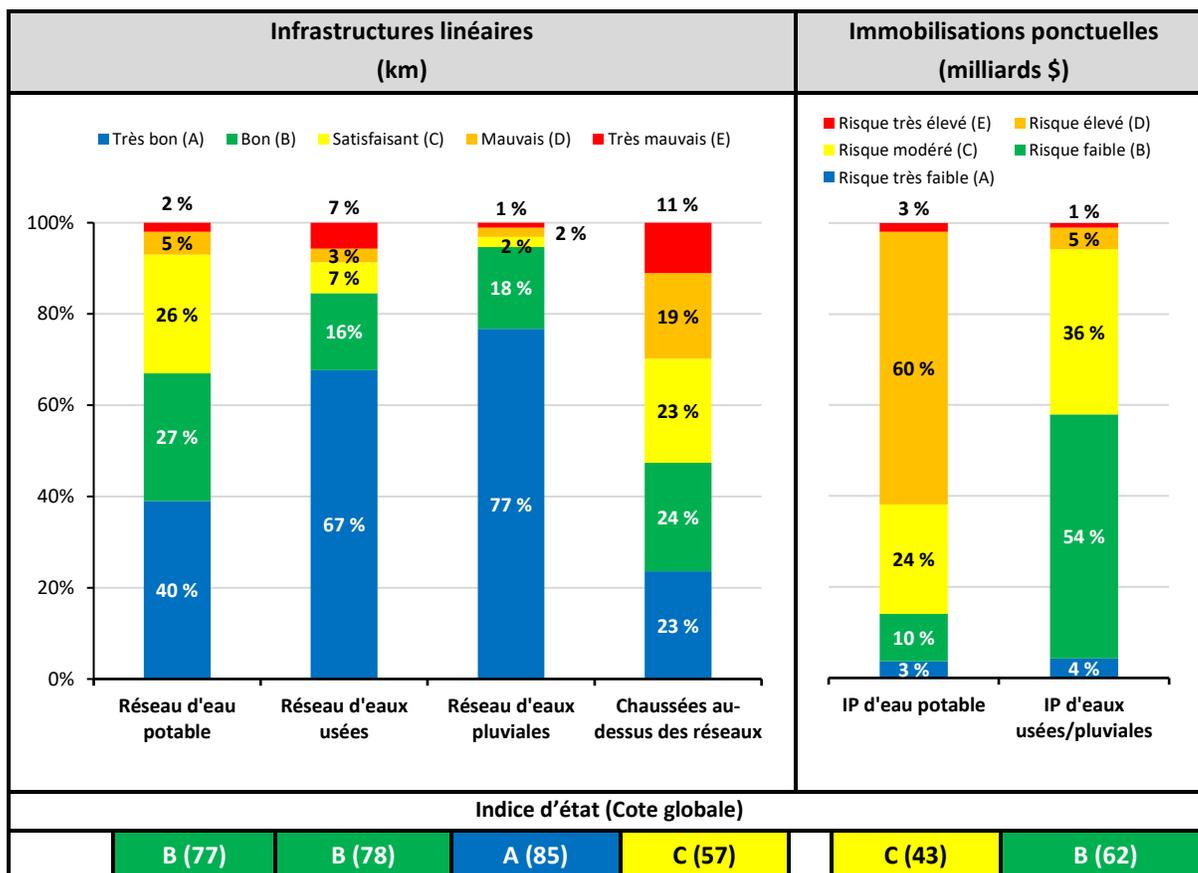
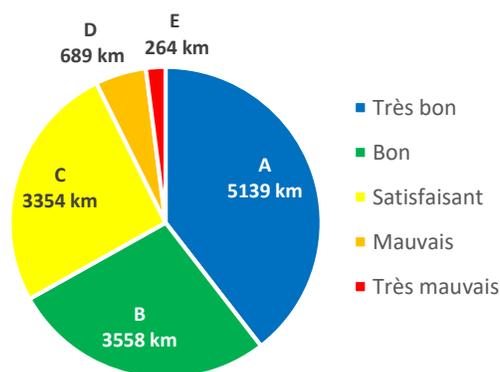


Figure 3. Résumé de l'état physique moyen

L'état global des infrastructures en eau des 100 municipalités analysées dans le cadre de ce premier bilan est généralement bon (B), excepté pour les chaussées au-dessus des réseaux et les immobilisations ponctuelles d'eau potable qui sont respectivement dans un état satisfaisant et à risque de défaillance modéré (C). Néanmoins, une bonne partie des actifs (près de 16 % de la valeur totale de remplacement estimée à 81,6 milliards \$) nécessite, pour ces 100 municipalités, une prise en compte particulière. En effet, les actifs en état mauvais ou très mauvais ont besoin de mesures à court terme afin de résorber le déficit de maintien d'actifs. Les résultats de ce premier bilan montrent que 953 km de conduites d'eau potable (7 % de la longueur totale du réseau) et près de 3755 km de chaussées au-dessus des réseaux (30 % de la longueur totale du réseau) sont en mauvais ou très mauvais état alors que 874 immobilisations ponctuelles d'eau potable et d'eaux usées et pluviales sur les 2270 analysées (représentant 63 % de la valeur de remplacement des immobilisations ponctuelles d'eau potable et 6 % de la valeur de remplacement des immobilisations ponctuelles d'eaux usées et pluviales) présentent un risque élevé ou très élevé de défaillance liée à leur âge. Cependant, il est possible de constater que le réseau d'eaux usées exige aussi des investissements importants en considérant le fait qu'environ 9 % de la longueur totale du réseau, à savoir 1082 km de conduites, est en mauvais ou très mauvais état.

4.1.1. Réseau d'eau potable

État physique



Indice d'état	B (77 %)
Bon	
Les infrastructures de ce réseau sont globalement en état bon et satisfaisant. Ce réseau comprend des conduites avec des signes d'usure de mineurs à modérés.	

L'évaluation de l'état physique des actifs linéaires d'eau potable a permis de conclure à un état physique « Bon » correspondant à une cote moyenne comprise entre 60 % et 80 %. Le Tableau 10 présente, pour certains des indicateurs clés du réseau d'eau potable, les résultats basés sur les 100 municipalités de ce premier bilan.

Tableau 10. Réseau d'eau potable – Indicateurs

Indicateurs	Résultats (100 municipalités)
Cote moyenne globale	77 % (B)
Longueur du réseau	13 004 km
Nombre de municipalités concernées	77
Valeur de remplacement (\$ 2015)	18,1 milliards \$
Valeur de remplacement dépréciée	13,9 milliards \$
Âge moyen	43 ans
Longueur et valeur de remplacement des actifs en état satisfaisant (C)	3354 km (26 %)
	5,0 milliards \$ (28 %)
Longueur et valeur de remplacement des actifs en mauvais ou très mauvais état (D, E)	953 km (7 %)
	1,6 milliard \$ (9 %)

Selon les données fournies par les municipalités, il ressort alors que :

- l'âge moyen pondéré selon la longueur des conduites du réseau est estimé à 43 ans avec une majorité de conduites approchant le milieu de leur cycle de vie;
- la valeur de remplacement des actifs en mauvais ou très mauvais état sur le réseau de l'ensemble des 100 municipalités est de 1,6 milliard \$ (équivalent à 953 km), ce qui représente 9 % de la valeur de remplacement totale estimée à 18,1 milliards \$.

Sommaire du réseau

La Figure 4 montre que les conduites des réseaux sont principalement en fonte grise (36 %) et en fonte ductile (32 %). On retrouve aussi du CPV (19 %) et du béton acier (7 %). Les autres matériaux, représentant environ 6 % de la longueur totale du réseau des 100 municipalités, sont en grès, en cuivre, fer, acier, en polyéthylène de base ou PEHD, etc. Concernant les diamètres, 90 % des conduites ont un diamètre inférieur à 400 mm. De plus, les réseaux d'eau potable analysés sont majoritairement composés de conduites de distribution (91 %). La répartition des âges en fonction de la longueur du réseau montre une forte concentration de conduites âgées entre 31 et 61 ans ce qui correspond à un âge moyen pondéré autour de 43 ans. Il est important de souligner la présence de conduites âgées de plus de 92 ans (7 %).

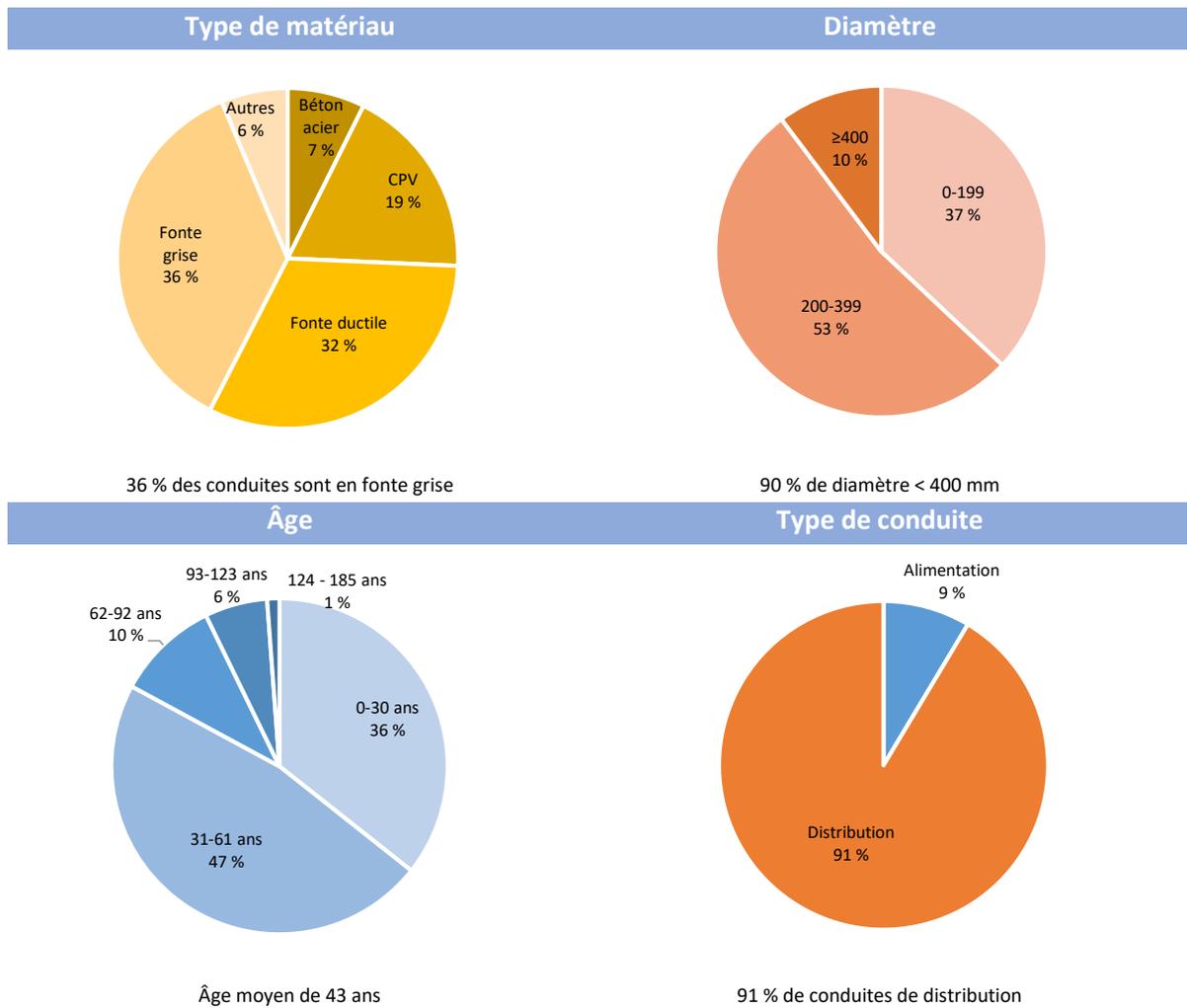
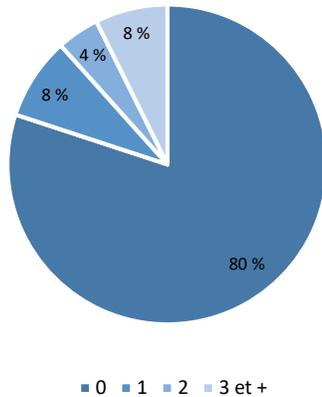


Figure 4. Réseau d'eau potable – Sommaire du réseau

Sources de données sur l'état physique

Nombre de bris



80 % de la longueur totale du réseau n'ont enregistré aucun bris depuis leur construction

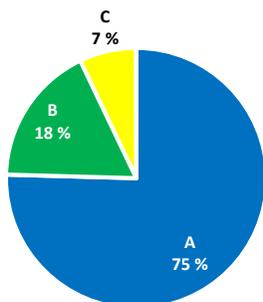
Les données retenues pour réaliser les courbes de comportement sont directement issues des registres de bris proposés par les municipalités. Elles montrent qu'aucun bris n'a été enregistré sur 80 % de la longueur totale du réseau. Néanmoins, il est important de préciser que ce pourcentage inclut autant les municipalités ayant fourni un registre de bris que celles ne possédant pas de registre. Les registres de bris transmis par les municipalités couvrent rarement un historique sur tout le cycle de vie des conduites. Après analyse des données brutes, il a été possible de constater que, sur les 77 municipalités possédant un réseau d'eau potable dans l'échantillon, 7 n'avaient pas fourni de registre et 31 faisaient état d'un réseau d'eau potable sans aucun bris enregistré.

Figure 5. Réseau d'eau potable – Répartition du nombre de bris en fonction de la longueur

Qualité des données

La Figure 6 montre que les données collectées pour les 100 municipalités du premier bilan sont généralement de bonne qualité, car peu ont été modifiées ou complétées. En effet, la majeure partie des données descriptives essentielles pour l'analyse du réseau (matériau, longueur, année de construction, valeur de remplacement, etc.) ont été fournies et validées. La majorité des données de qualité B sont constituées de municipalités ne présentant pas de registre de bris.

Qualité des données



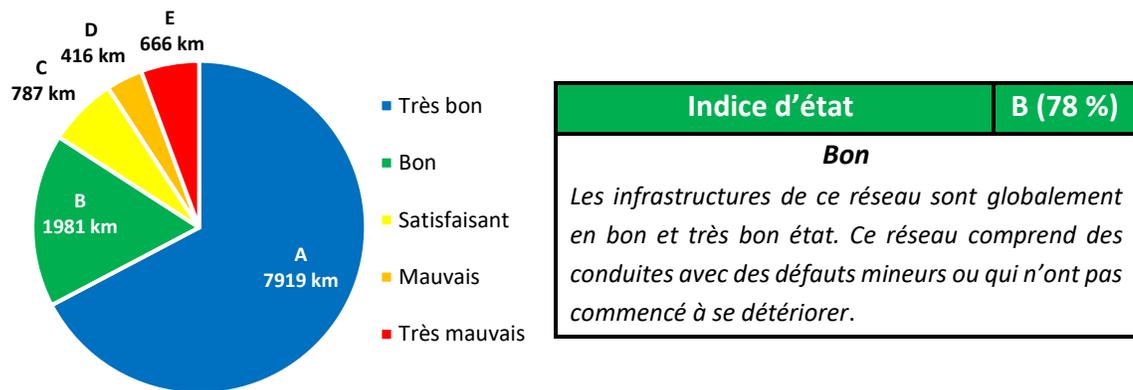
A	Aucune donnée importante manquante ou modifiée
B	1 donnée importante manquante ou modifiée
C	2 données importantes manquantes ou modifiées
D	3 données importantes manquantes ou modifiées
E	4 données ou plus importantes manquantes ou modifiées

93 % des données de bonne qualité

Figure 6. Réseau d'eau potable – Qualité des données

4.1.2. Réseau d'eaux usées

État physique



L'évaluation de l'état physique des actifs linéaires d'eaux usées conclut à un état physique « Bon », ce qui correspond à une cote moyenne de l'état actuel comprise entre 60 % et 80 %. Le Tableau 11 présente, pour certains des indicateurs clés du réseau d'eaux usées, les résultats basés sur les 100 municipalités de ce premier bilan.

Tableau 11. Réseau d'eaux usées – Indicateurs

Indicateurs	Résultats (100 municipalités)
Cote moyenne globale	78 % (B)
Longueur du réseau	11 769 km
Nombre de municipalités concernées	89
Valeur de remplacement (\$ 2015)	27,0 milliards \$
Valeur de remplacement dépréciée	20,2 milliards \$
Âge moyen	45 ans
Longueur et valeur de remplacement des actifs en état satisfaisant (C)	787 km (7 %)
	3,1 milliards \$ (11 %)
Longueur et valeur de remplacement des actifs en mauvais ou très mauvais état (D, E)	1082 km (9 %)
	3,2 milliards \$ (12 %)

Selon les données fournies par les municipalités, il ressort que :

- l'âge moyen pondéré selon la longueur des conduites du réseau est estimé à 45 ans avec une majorité de conduites approchant le tiers de leur cycle de vie;
- la valeur de remplacement des actifs en mauvais ou très mauvais état sur le réseau de l'ensemble des 100 municipalités est de 3,2 milliards \$ (équivalent à 1082 km), ce qui représente 12 % de la valeur de remplacement totale estimée à 27 milliards \$.

Sommaire du réseau

Les 100 municipalités retenues font état d'un réseau d'eaux usées d'une longueur totale de 11 769 km de conduites. La Figure 7 montre que les conduites du réseau sont principalement en béton armé (60 %) et en CPV (21 %). On retrouve aussi, en plus faible proportion, du ciment-amiante (6 %) et de la brique (7 %). Les autres matériaux, représentant environ 6 % de la longueur totale du réseau, sont en grès, en béton non armé, en fonte, en polyéthylène PEHD, etc. Les réseaux analysés sont principalement composés de conduites de collecte et ont majoritairement des diamètres inférieurs à 600 mm. De plus, près de 80 % de ces conduites sont âgées de moins de 60 ans.

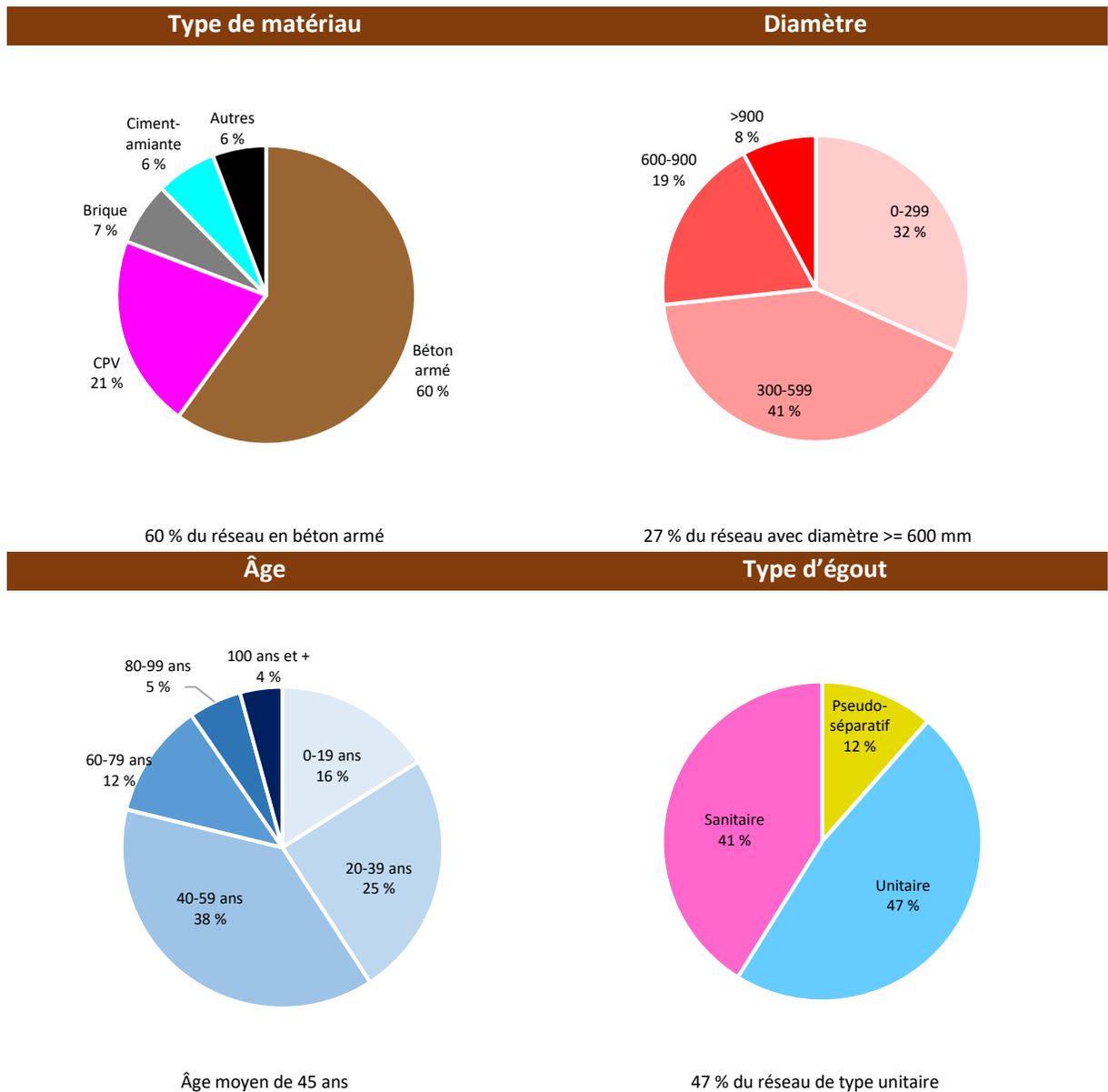
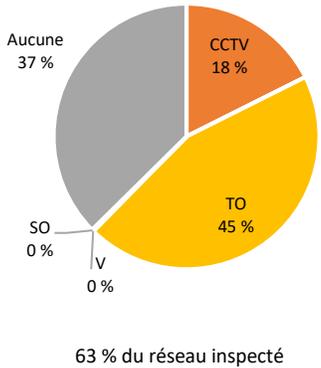


Figure 7. Réseau d'eaux usées – Sommaire du réseau

Sources de données sur l'état physique

Couverture d'inspection



La Figure 8 illustre que 63 % de la longueur totale du réseau d'eaux usées a été inspectée par CCTV (18 %) ou par caméra téléobjectif (45 %). Les conduites n'ayant pas été évaluées (37 % de la longueur totale du réseau) et ne disposant pas d'indicateur d'état (cote PACP structurale) sont estimées à partir des courbes obtenues par la calibration des différents modèles à l'aide des données observées (où une cote leur est attribuée en fonction de leur âge).

Figure 8. Réseau d'eaux usées – Source de données sur l'état physique

Indice de qualité des données

La Figure 9 indique que les données collectées pour les 100 municipalités du premier bilan sont généralement de bonne qualité, car peu ont été modifiées ou complétées. En effet, la majeure partie des données descriptives essentielles pour l'analyse du réseau (matériau, longueur, année de construction, valeur de remplacement, etc.) ont été fournies et validées. Les données de qualité B sont en général celles ne possédant pas d'indicateur permettant d'évaluer directement l'état de l'infrastructure (cote PACP structurale).

Qualité des données

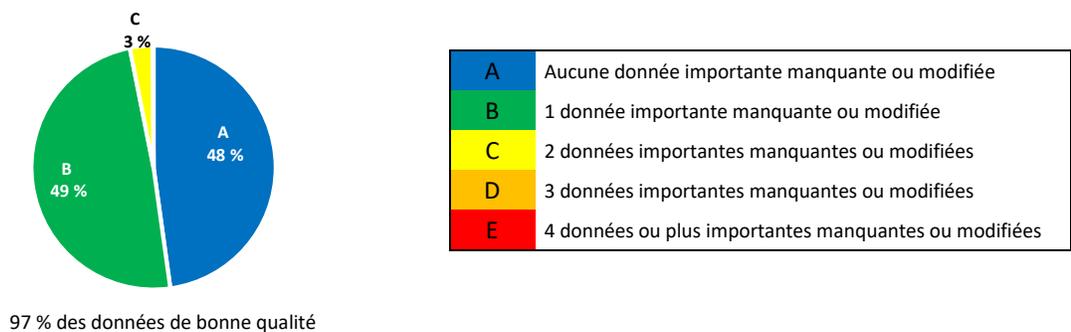
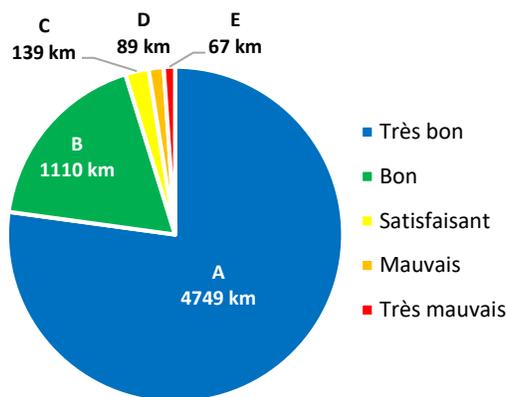


Figure 9. Réseau d'eaux usées – Qualité des données

4.1.3. Réseau d'eaux pluviales

État physique



Indice d'état	A (85 %)
Très bon	
Les infrastructures de ce réseau sont majoritairement en très bon état. Ce réseau comprend globalement des conduites ayant des défauts mineurs.	

L'évaluation de l'état physique des actifs linéaires d'eaux pluviales conclut à un état physique « Très bon », ce qui correspond à une cote moyenne de l'état actuel comprise entre 80 % et 100 %. Le Tableau 12 présente, pour certains des indicateurs clés du réseau d'eaux pluviales, les résultats basés sur les 100 municipalités de ce premier bilan.

Tableau 12. Réseau d'eaux pluviales – Indicateurs

Indicateurs	Résultats (100 municipalités)
Cote moyenne globale	85 % (A)
Longueur du réseau	6154 km
Nombre de municipalités concernées	83
Valeur de remplacement (\$ 2015)	9,7 milliards \$
Valeur de remplacement dépréciée	8,3 milliards \$
Âge moyen	35 ans
Longueur et valeur de remplacement des actifs en état satisfaisant (C)	139 km (2 %)
	0,3 milliard \$ (3 %)
Longueur et valeur de remplacement des actifs en mauvais ou très mauvais état (D, E)	156 km (3 %)
	0,3 milliard \$ (3 %)

Selon les données fournies par les municipalités, il ressort que :

- l'âge moyen pondéré selon la longueur des conduites du réseau est estimé à 35 ans avec une majorité de conduites ayant dépassé le quart de leur cycle de vie;
- la valeur de remplacement des actifs en mauvais ou très mauvais état sur le réseau de l'ensemble des 100 municipalités est de 0,3 milliard \$ (équivalent à 156 km), ce qui représente 3 % de la valeur de remplacement totale estimée à 9,7 milliards \$.

Sommaire du réseau

Les 100 municipalités retenues font état d'un réseau d'eaux pluviales d'une longueur totale de 6154 km de conduites. La Figure 10 montre que les conduites du réseau sont principalement en béton armé (73 %) et en CPV (8 %). Les autres matériaux sont majoritairement inconnus (13 %), mais on retrouve en très faible quantité du béton non armé, de la brique, de la fonte, du grès, du polyéthylène PEHD, etc. Les conduites des réseaux analysés ont majoritairement des diamètres inférieurs à 600 mm (66 %). La majeure partie de ces conduites (57 %) sont âgées de moins de 40 ans.

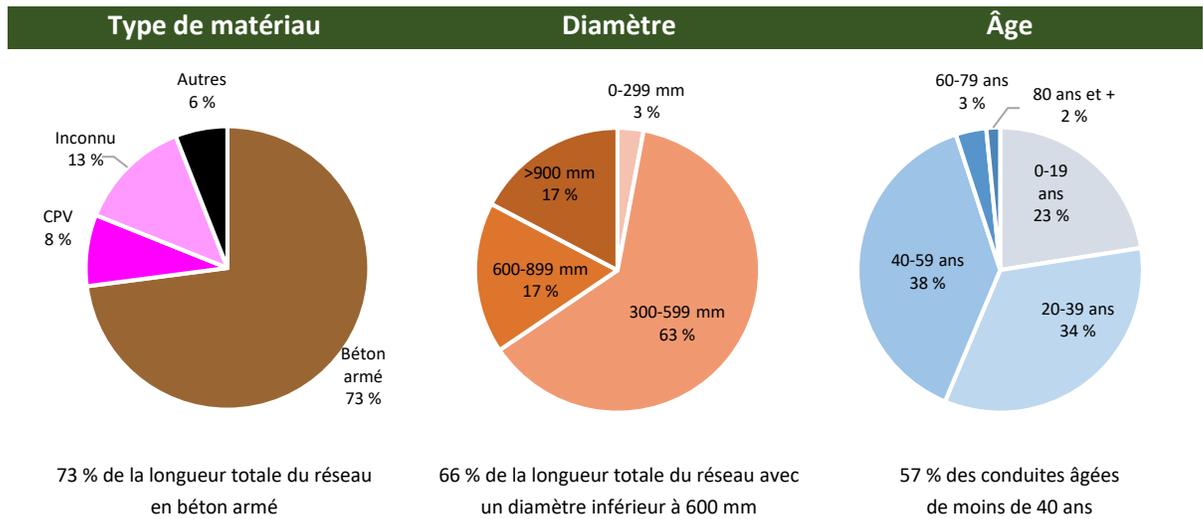


Figure 10. Réseau d'eaux pluviales – Sommaire du réseau

Sources de données sur l'état physique

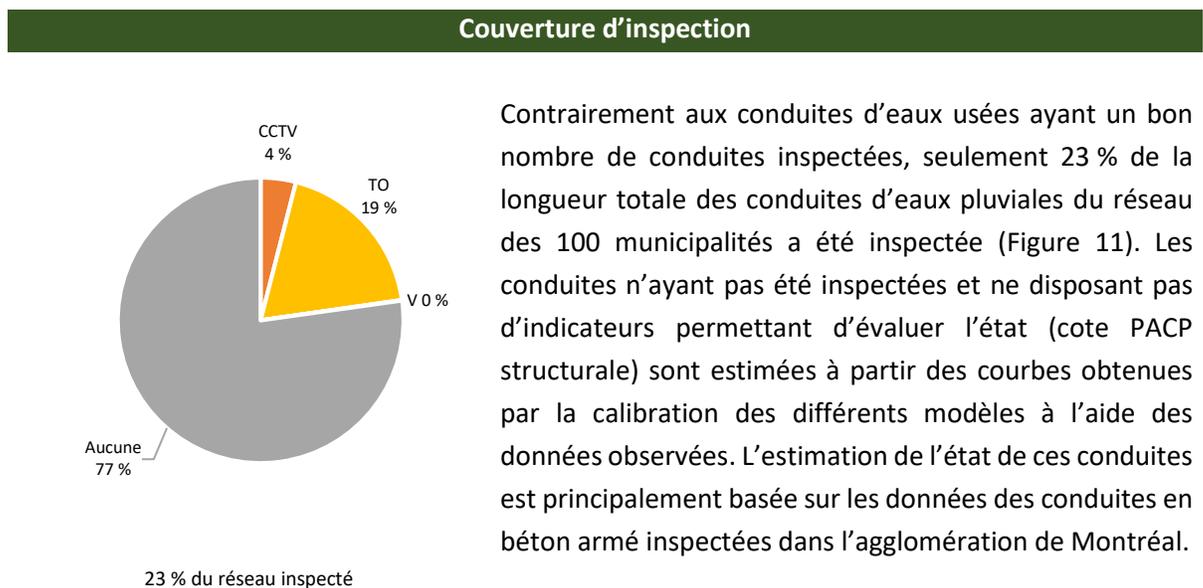


Figure 11. Réseau d'eaux pluviales – Source de données sur l'état physique

Indice de qualité des données

La Figure 12 précise que les données collectées pour les 100 municipalités du premier bilan sont généralement de bonne qualité, car peu ont été modifiées ou complétées (68 % de données de qualité A ou B) même si on remarque que 31 % des données sont de qualité acceptable. Le pourcentage de données de qualité C ou D (32 %) est plus important que pour les autres infrastructures et se justifie notamment par le fait que le matériau, le diamètre ou l'année de construction de ces conduites sont inconnus.

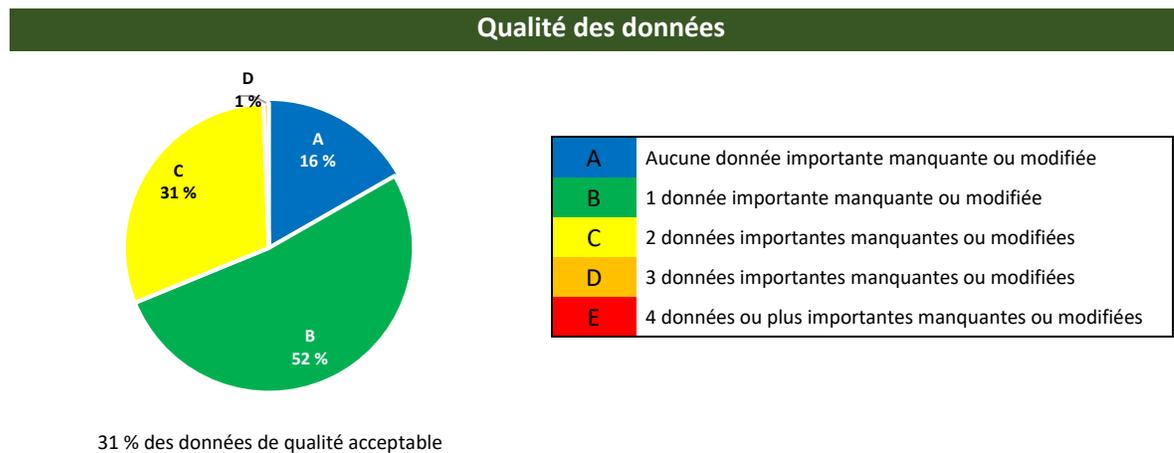
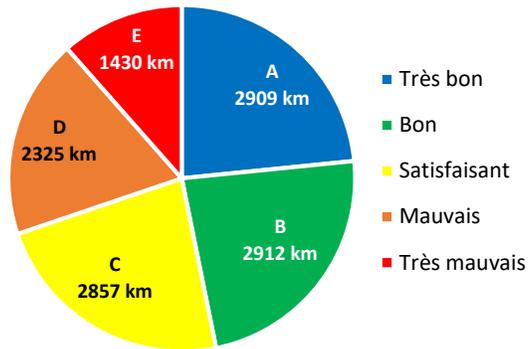


Figure 12. Réseau d'eaux pluviales – Qualité des données

4.1.4. Chaussées au-dessus des réseaux

État physique



Indice d'état	C (57 %)
Satisfaisant	
Ce réseau contient globalement des chaussées avec une surface de roulement satisfaisante, comportant quelques ondulations ou de nombreuses fissurations.	

L'évaluation de l'état physique des actifs linéaires des chaussées au-dessus des réseaux conclut à un état « Satisfaisant », qui correspond à une cote moyenne comprise entre 40 % et 60 %. Le Tableau 13 présente, pour certains des indicateurs clés des chaussées au-dessus des réseaux, les résultats basés sur les 100 municipalités de ce premier bilan.

Tableau 13. Chaussées au-dessus des réseaux – Indicateurs

Indicateurs	Résultats (100 municipalités)
Cote moyenne globale	57 % (C)
Longueur du réseau	12 433 km
Nombre de municipalités concernées	62
Valeur de remplacement (\$ 2015)	13,8 milliards \$
Valeur de remplacement dépréciée	7,8 milliards \$
Longueur et valeur de remplacement des actifs en état satisfaisant (C)	2857 km (23 %)
	3,3 milliards \$ (24 %)
Longueur et valeur de remplacement des actifs en mauvais ou très mauvais état (D, E)	3755 km (30 %)
	4,1 milliards \$ (30 %)

Selon les données fournies par les municipalités, il ressort que :

- la valeur de remplacement des actifs en mauvais ou très mauvais état sur le réseau de l'ensemble des 100 municipalités est de 4,1 milliards \$ (équivalent à 3755 km), ce qui représente près de 30 % de la valeur de remplacement totale estimée à 13,8 milliards \$.

Sommaire du réseau

La Figure 13, présentant la composition du réseau, montre que 64 % de ses routes sont locales. Les autres types de route couvrent le reste du réseau à peu près également (16 % pour les collectrices et 19 % pour les artères). En ce qui concerne le type de chaussée au-dessus des réseaux, il est majoritairement de type souple (83 % pour l'ensemble des 100 municipalités), mais on retrouve aussi des chaussées au-dessus des réseaux de type mixte (15 %). Ceci implique que le type de revêtement est majoritairement en enrobé bitumineux (98 %).

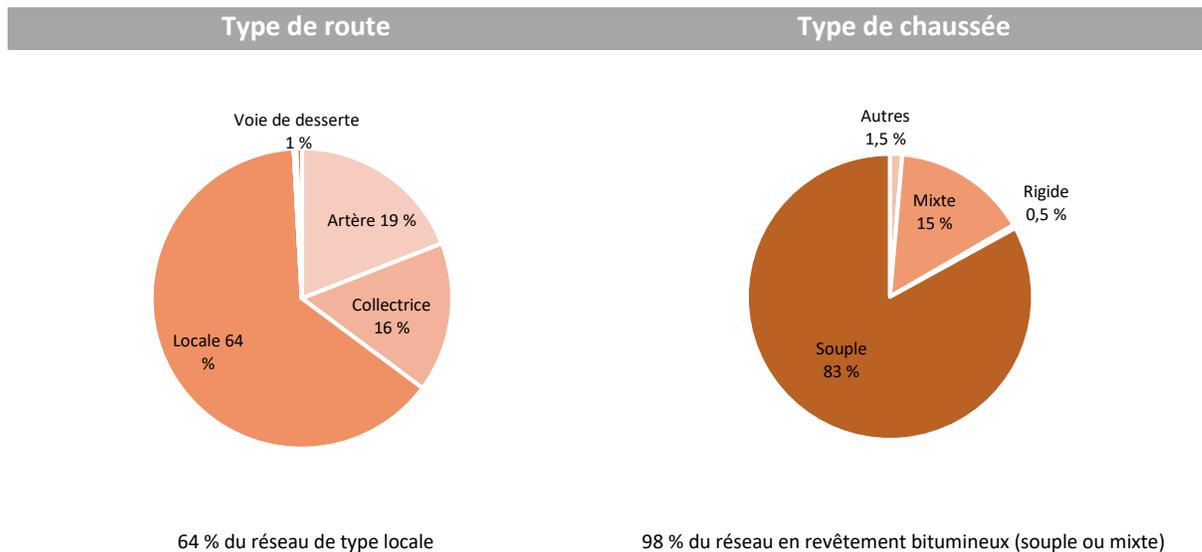


Figure 13. Chaussées au-dessus des réseaux – Sommaire du réseau

Sources de données sur l'état physique

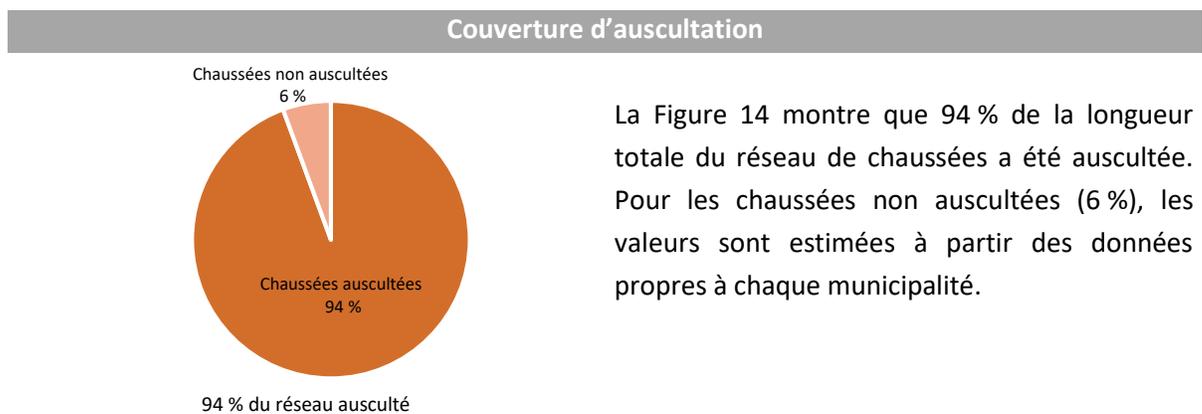


Figure 14. Chaussées au-dessus des réseaux – Source de données sur l'état physique

Indice de qualité des données

Les données collectées pour les 100 municipalités du premier bilan sont généralement de bonne qualité, car très peu ont été modifiées ou complétées (Figure 15). En effet, la majeure partie des données descriptives essentielles pour l'analyse du réseau (type de chaussée, type de route, etc.) ont été fournies et validées. Les données de qualité B sont, en général, celles ne spécifiant pas de largeur ou de valeur de remplacement.

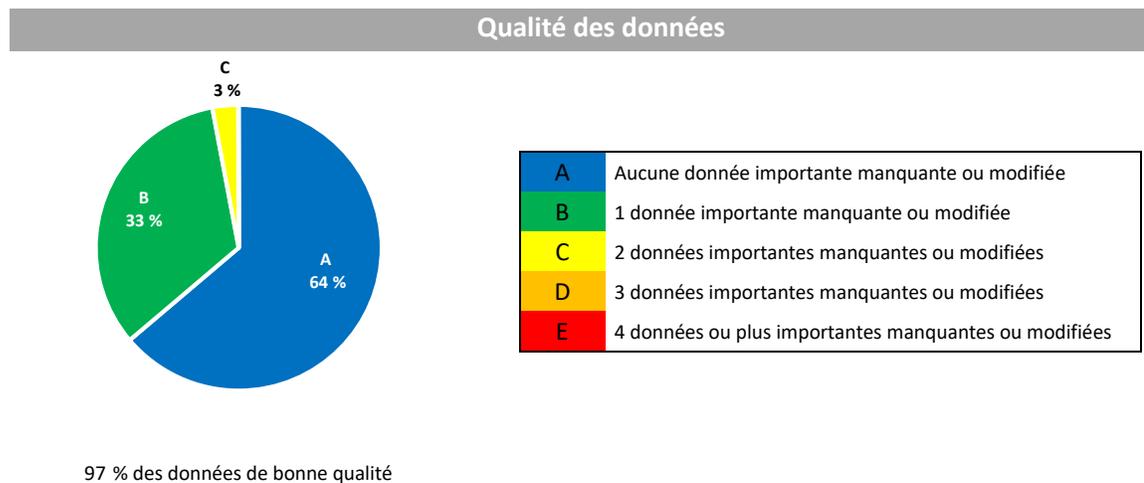
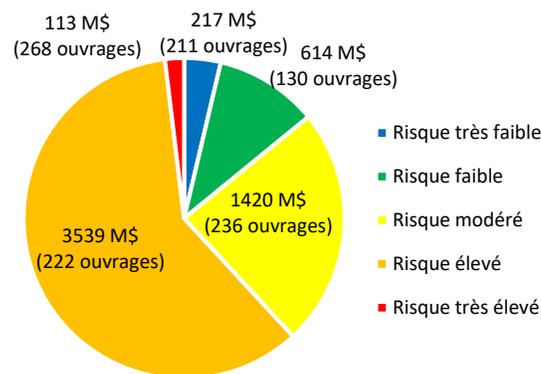


Figure 15. Chaussées au-dessus des réseaux – Qualité des données

4.1.5. Immobilisations ponctuelles d'eau potable

État physique



Indice d'état	C (43 %)
Risque modéré	
<i>Ce système contient globalement des immobilisations avec un risque de défaillance liée à l'âge modéré à élevé.</i>	

L'évaluation globale de l'état physique des immobilisations ponctuelles d'eau potable a permis de conclure à un état physique « Risque modéré » correspondant à une cote moyenne comprise entre 40 % et 60 %. **Il faut rappeler que cette évaluation, compte tenu du peu de données provenant de diagnostics et d'inspections détaillées, est basée sur la durée de vie uniquement et, par conséquent, ne reflète pas un état physique réel ou un manque d'entretien de ces immobilisations, mais plutôt un risque de défaillance associée à leur âge.** Le Tableau 14 présente, pour certains des indicateurs clés des immobilisations ponctuelles d'eau potable, les résultats basés sur les 100 municipalités de ce premier bilan.

Tableau 14. IP-Eau potable – Indicateurs

Indicateurs	Résultats (100 municipalités)
Cote moyenne globale	43 % (C)
Nombre d'immobilisations	1067 ouvrages
Nombre de municipalités	64
Valeur de remplacement (\$ 2014)	5,9 milliards \$
Valeur de remplacement dépréciée	2,5 milliards \$
Âge moyen	56 ans
Nombre ou valeur de remplacement des actifs à risque modéré (C)	236 ouvrages (22 %)
	1,4 milliard \$ (24 %)
Nombre ou valeur de remplacement des actifs à risque élevé ou très élevé (D, E)	490 ouvrages (46 %)
	3,7 milliards \$ (63 %)

Selon les données fournies par les municipalités, il ressort alors que :

- l'âge moyen pondéré selon la valeur de remplacement des immobilisations ponctuelles d'eau potable est estimé à 56 ans;

- la valeur de remplacement des actifs à risque de défaillance élevé ou très élevé s'élève à 3,7 milliards \$ (correspondant à 490 ouvrages), ce qui représente environ 63 % de la valeur de remplacement totale estimée à 5,9 milliards \$.

Sommaire des IP

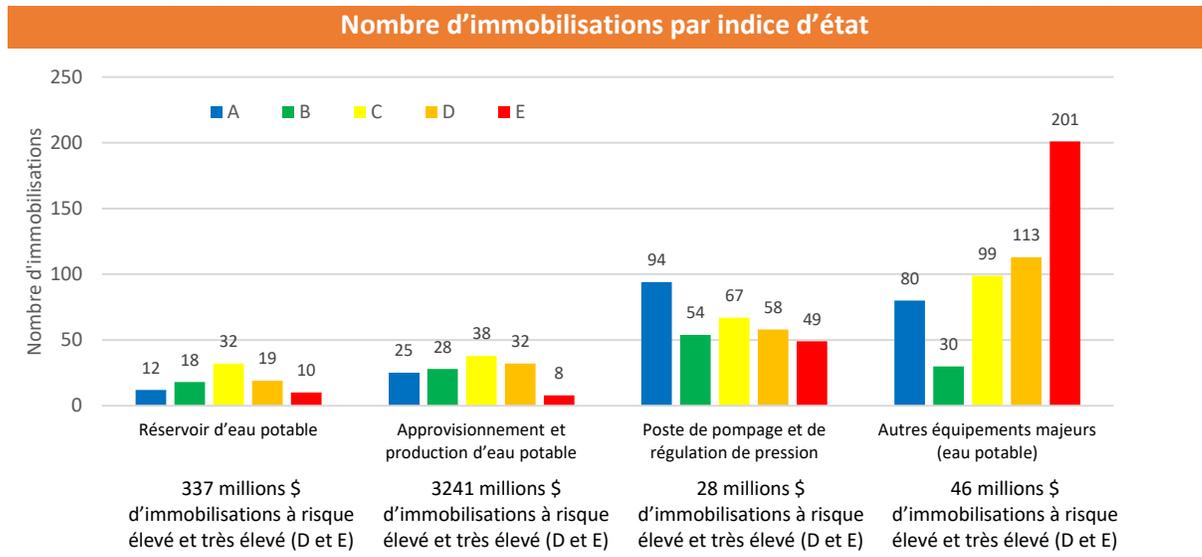
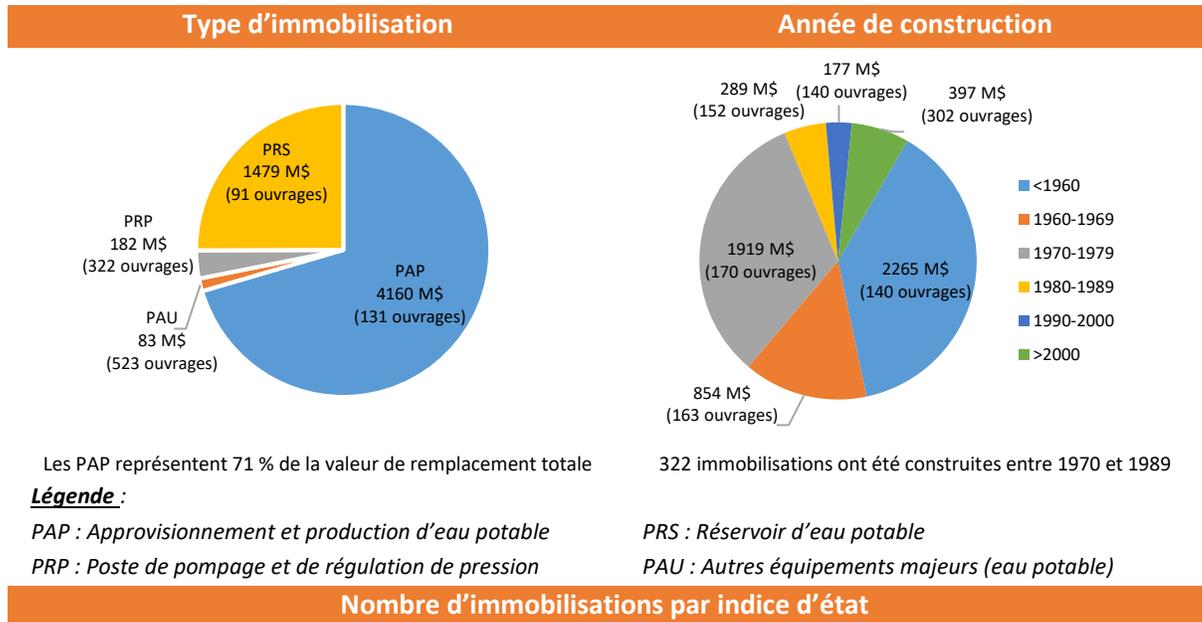


Figure 16. IP-Eau potable – Sommaire des immobilisations ponctuelles

Une analyse sommaire de l'ensemble des immobilisations ponctuelles d'eau potable de l'échantillon des 100 municipalités (Figure 16) montre que les usines d'approvisionnement et de production d'eau potable sont les immobilisations ponctuelles les plus importantes avec une valeur de remplacement estimée à 4,2 milliards \$ (71 % de la valeur de remplacement totale). Elles sont suivies par les réservoirs d'eau potable totalisant 1,5 milliard \$ (25 %). Les postes de pompage et de régulation de

pression ainsi que les autres équipements majeurs représentent quant à eux respectivement 182 millions \$ (3 %) et 83 millions \$ (1 %).

Selon les données fournies par les municipalités, 322 immobilisations ponctuelles d'eau potable (usines, postes de pompage et de régulation de pression, réservoirs, etc.), évaluées à 2,2 milliards \$, ont été construites entre 1970 et 1989. Ce nombre correspond à 30 % du nombre total et à un peu moins de 40 % de la valeur de remplacement totale des immobilisations analysées. Néanmoins, dans le cas des grandes villes, les immobilisations construites avant 1970 représentent une grande part des investissements principalement en raison des usines d'approvisionnement et de production d'eau potable construites autour des années 1960.

Le nombre d'immobilisations à risque élevé (D) ou très élevé (E) s'élève à 29 pour les réservoirs d'eau potable (337 millions \$), à 40 pour les usines d'approvisionnement et de production d'eau potable (3,2 milliards \$), à 107 pour les postes de pompage et de régulation de pression (28 millions \$) et à 314 pour les autres équipements majeurs (46 millions \$). Il est important de préciser l'impact de certaines grandes usines d'approvisionnement d'eau potable qui, en dépit de leur mise aux normes, représentent un risque de défaillance liée à l'âge élevé affectant significativement l'état global fourni.

Sources de données sur l'état physique

Les données collectées sur les immobilisations ponctuelles d'eau potable sont tirées des formulaires d'immobilisations ponctuelles, donc validées par les municipalités.

Qualité des données

La Figure 17 montre que les données collectées pour les 100 municipalités du premier bilan sont généralement de bonne qualité, ce qui correspond à la présence d'années de construction fiables, mais des durées de vie restante et des valeurs de remplacement estimées globalement par l'analyste ou le répondant.

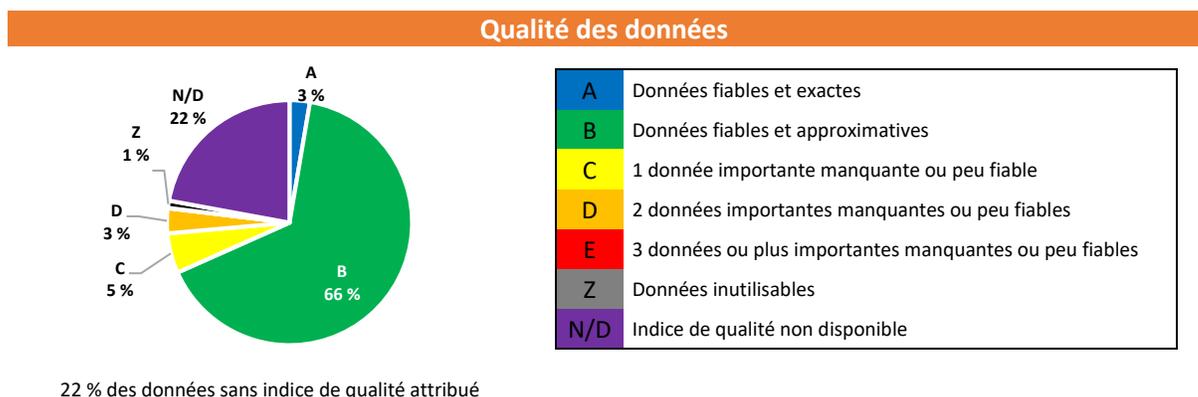
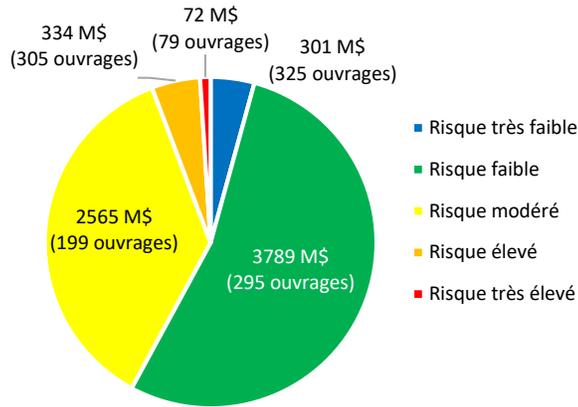


Figure 17. IP-Eau potable – Qualité des données

4.1.6. Immobilisations ponctuelles d'eaux usées

État physique



Indice d'état	B (62 %)
Risque faible	
Ce système contient globalement des immobilisations ayant un risque de défaillance liée à l'âge faible à modéré.	

L'évaluation de l'état physique des immobilisations ponctuelles en eaux usées et pluviales a permis de conclure à un état physique « Risque faible » correspondant à une cote moyenne de l'état actuel comprise entre 60 % et 80 %. Le Tableau 15 présente, pour certains des indicateurs clés des immobilisations ponctuelles d'eaux usées et pluviales, les résultats basés sur les 100 municipalités de ce premier bilan.

Tableau 15. IP- Eaux usées et pluviales – Indicateurs

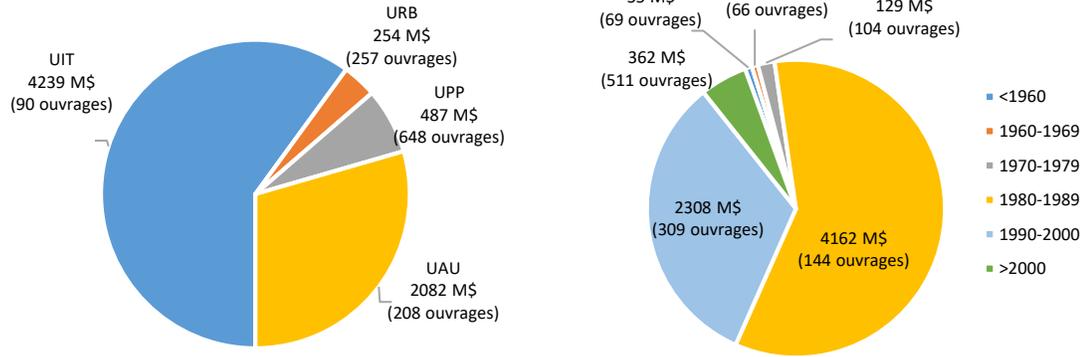
Indicateurs	Résultats (100 municipalités)
Cote moyenne globale	62 % (B)
Nombre d'immobilisations	1203 ouvrages
Nombre de municipalités	82
Valeur de remplacement (\$ 2014)	7,1 milliards \$
Valeur de remplacement dépréciée	4,4 milliards \$
Âge moyen	28 ans
Nombre ou valeur de remplacement des actifs à risque modéré (C)	199 ouvrages (17 %)
	2,6 milliards \$ (36 %)
Nombre ou valeur de remplacement des actifs à risque élevé ou très élevé (D, E)	384 ouvrages (32 %)
	0,4 milliard \$ (6 %)

Il ressort alors que :

- l'âge moyen pondéré selon la valeur de remplacement des immobilisations ponctuelles d'eaux usées et pluviales est estimé à 28 ans;
- la valeur de remplacement des actifs à risque élevé ou très élevé s'élève à 0,4 milliard \$ (correspondant à 384 ouvrages), ce qui représente environ 6 % de la valeur de remplacement totale estimée à 7,1 milliards \$.

Sommaire des IP

Type d'immobilisation **Année de construction**



Les UIT représentent 60 % de la valeur de remplacement totale 511 immobilisations ponctuelles ont été construites après 2000

Légende :

UIT : Installation de traitement des eaux usées (usine et étang) URB : Réservoir et bassin de rétention
 UPP : Poste de pompage UAU : Autres équipements majeurs (eaux usées et pluviales)

Nombre d'immobilisations par indice d'état

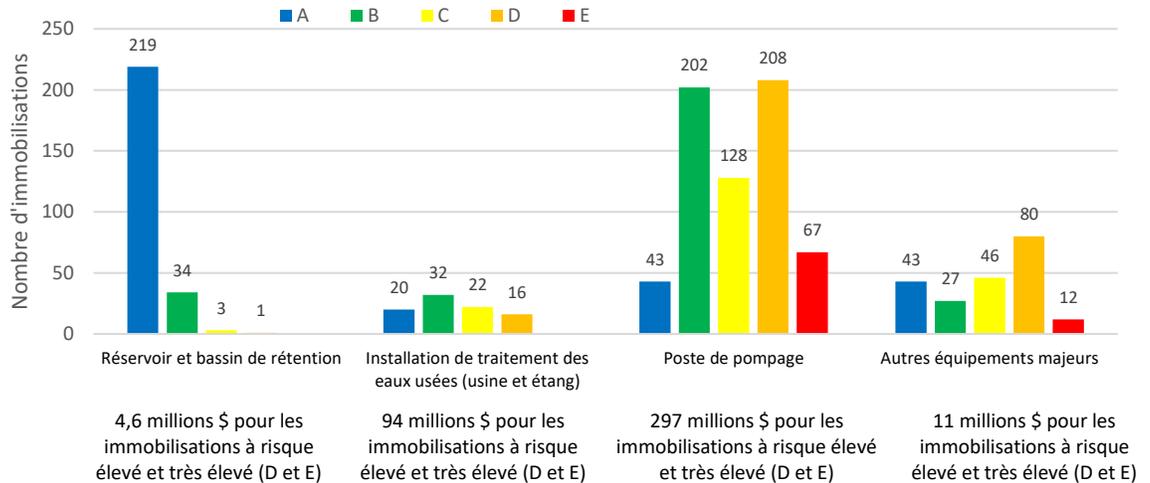


Figure 18. IP-Eaux usées et pluviales – Sommaire des immobilisations ponctuelles

Une analyse sommaire de l'ensemble des immobilisations ponctuelles des eaux usées et pluviales de l'échantillon des 100 municipalités (Figure 18) montre que les installations de traitement des eaux usées sont les immobilisations ponctuelles les plus importantes avec une valeur de remplacement estimée à près de 4,2 milliards \$ (60 % de la valeur de remplacement totale). Elles sont suivies par les autres équipements majeurs totalisant 2,1 milliards \$ (29 %). Les postes de pompage ainsi que les réservoirs et bassins de rétention représentent quant à eux respectivement 487 millions \$ (7 %) et 254 millions \$ (4 %).

Selon les données fournies par les municipalités, 248 immobilisations ponctuelles d'eaux usées et pluviales, évaluées à 4,3 milliards \$, ont été construites entre 1970 et 1989. Ce nombre correspond à 21 % du nombre total et à un peu plus de 60 % de la valeur de remplacement totale des immobilisations analysées. Cependant, comme le montre la Figure 18, la grande majorité des immobilisations ponctuelles en eaux usées et pluviales (511 ouvrages sur un total de 1203) ont été construites après l'an 2000. Ces 511 ouvrages ont une valeur de remplacement estimée par les municipalités à 362 millions \$ soit 5 % de la valeur de remplacement totale. Ces constructions sont en lien direct avec la mise en place, durant cette période, de différents programmes d'investissement et de lois concernant le traitement des eaux usées.

Le nombre d'immobilisations à risque élevé (D) et très élevé (E) s'élève à 275 pour les postes de pompage (297 millions \$), à 16 pour les installations de traitement des eaux usées (94 millions \$) et à 92 pour les autres équipements majeurs (11 millions \$). En ce qui concerne les réservoirs et les bassins de rétention, on ne dénote qu'une seule immobilisation à risque de défaillance élevé. Cette immobilisation est évaluée à 4,6 millions \$.

Sources de données sur l'état physique

Les données collectées sur les immobilisations ponctuelles des eaux usées et pluviales sont tirées des formulaires d'immobilisations ponctuelles, donc validées par les municipalités.

Qualité des données

La Figure 19 montre que les données collectées pour les 100 municipalités du premier bilan sont généralement de bonne qualité, ce qui correspond à la présence d'années de construction fiables, mais des durées de vie restante et des valeurs de remplacement estimées globalement par l'analyste ou le répondant.

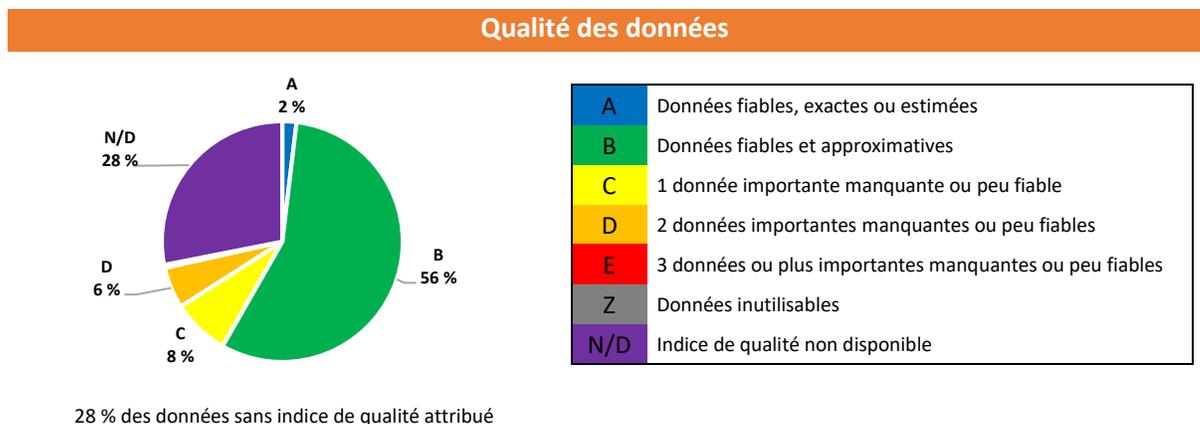


Figure 19. IP-Eaux usées et pluviales – Qualité des données

4.1.7. Récapitulatif des résultats

De ce premier bilan, il ressort que les infrastructures des 100 municipalités analysées sont généralement en bon état. Le Tableau 16 expose la valeur de remplacement des actifs en mauvais ou très mauvais état (indices D et E pour les infrastructures linéaires) ou à risque de défaillance élevé ou très élevé (indices D et E pour les immobilisations ponctuelles) qui est de l'ordre de 13,3 milliards \$. Ce montant correspond à 16 % de la valeur de remplacement du parc d'actifs (évaluée à près de 82 milliards \$).

L'état des infrastructures selon la longueur ou le nombre d'ouvrages révèle que :

- environ 14 % de la longueur totale des infrastructures linéaires (5946 km) est en état mauvais ou très mauvais;
- environ 874 ouvrages d'eau potable et d'eaux usées/pluviales sur les 2270 analysées sont à risque de défaillance élevé ou très élevé. Ce nombre représente près de 31 % de la valeur de remplacement totale des immobilisations ponctuelles analysées.

Les infrastructures avec un indice d'état de D ou E nécessiteront une prise en compte particulière à court terme. Une attention particulière devra tout de même être accordée aux infrastructures en état satisfaisant ou à risque de défaillance modéré (indice d'état de C), car elles peuvent passer à un état mauvais ou à risque élevé dans un avenir rapproché. Ces infrastructures, correspondant à 7137 km d'infrastructures linéaires et 435 immobilisations ponctuelles, ont une valeur de remplacement totale estimée à 15,7 milliards \$.

Tableau 16. Valeur des actifs pour les 100 municipalités analysées

Infrastructures	État global	Total des actifs		Actifs avec indices D et E		Actifs avec indice C	
		Longueur ou nombre	Valeur de remplacement	Longueur ou nombre	Valeur de remplacement	Longueur ou nombre	Valeur de remplacement
Réseau d'eau potable	B	13 004 km	18,1 milliards \$	953 km (7 %)	1,6 milliard \$ (9 %)	3354 km (26 %)	5,0 milliards \$ (28 %)
Réseau d'eaux usées	B	11 769 km	27,0 milliards \$	1082 km (9 %)	3,2 milliards \$ (12 %)	787 km (7 %)	3,1 milliards \$ (11 %)
Réseau d'eaux pluviales	A	6154 km	9,7 milliards \$	156 km (3 %)	0,3 milliard \$ (3 %)	139 km (2 %)	0,3 milliard \$ (3 %)
Chaussées au-dessus des réseaux	C	12 433 km	13,8 milliards \$	3755 km (30 %)	4,1 milliards \$ (30 %)	2857 km (23 %)	3,3 milliards \$ (24 %)
Immobilisations en eau potable	C	1067 ouv.	5,9 milliards \$	490 ouv. (46 %)	3,7 milliards \$ (63 %)	236 ouv. (22 %)	1,4 milliard \$ (24 %)
Immobilisations en eaux usées/ pluviales	B	1203 ouv.	7,1 milliards \$	384 ouv. (32 %)	0,4 milliard \$ (6 %)	199 ouv. (17 %)	2,6 milliards \$ (36 %)
Total	-	-	81,6 milliards \$	-	13,3 milliards \$	-	15,7 milliards \$

4.2. Affichage des résultats dans l'application Territoires

L'application Territoires du MAMOT a été retenue comme outil de consultation et de diffusion cartographique du PIEMQ. Initialement développé pour la consultation des documents d'aménagement (schémas d'aménagement et développement) dans le cadre de la Loi sur l'aménagement et l'urbanisme, ce portail Web, déjà accessible aux responsables des municipalités depuis 2012, se démarque par sa polyvalence et sa facilité de visualisation de données cartographiques de toutes sortes. Son élaboration a entièrement été réalisée par l'équipe géomatique du MAMOT, ce qui en fait un outil facilement adaptable pour mieux répondre aux besoins de la clientèle du domaine des infrastructures. Ainsi, pour ce rapport d'étape, un prototype du navigateur géographique de Territoires, profil infrastructures, a été mis à la disposition des 100 municipalités concernées afin de leur permettre de visualiser dans un contexte cartographique leurs données du plan d'intervention (données brutes) ainsi que du portrait des infrastructures (cotes d'état) (exemple de la ville de Lévis à la page suivante).

Dans un souci d'améliorer la convivialité de l'outil et afin de mieux répondre au domaine d'affaires des infrastructures, certaines adaptations à l'application ont été réalisées à la suite d'une cueillette préliminaire des besoins des utilisateurs, dont en voici les principaux éléments :

- ajustements permettant maintenant un filtrage des informations diffusées par municipalité;
- adaptation de l'outil d'interrogation déjà disponible permettant maintenant à l'utilisateur de déplacer et agrandir la fenêtre de consultation et de voir en surbrillance le segment consulté;
- ajout d'un nouveau critère permettant la recherche de conduites par tronçon intégré ou numéro de segment ou de section;
- consultation facilitée de certains outils cartographiques Web complémentaires à l'offre de Territoires (*Google Maps, Google Street View*);
- bonification de l'offre des données complémentaires au domaine d'affaires des infrastructures et pouvant être ajoutée en contexte cartographique. En effet, l'application a la capacité d'afficher une multitude de données de contexte de mission provenant d'autres ministères et organismes tels que le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, le ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports, Hydro-Québec, etc.

Une fois le Portrait complété à la fin de 2017, la plupart des municipalités pourront consulter leurs données en infrastructures directement dans Territoires en accédant par le Portail gouvernemental des Affaires municipales et régionales (PGAMR).

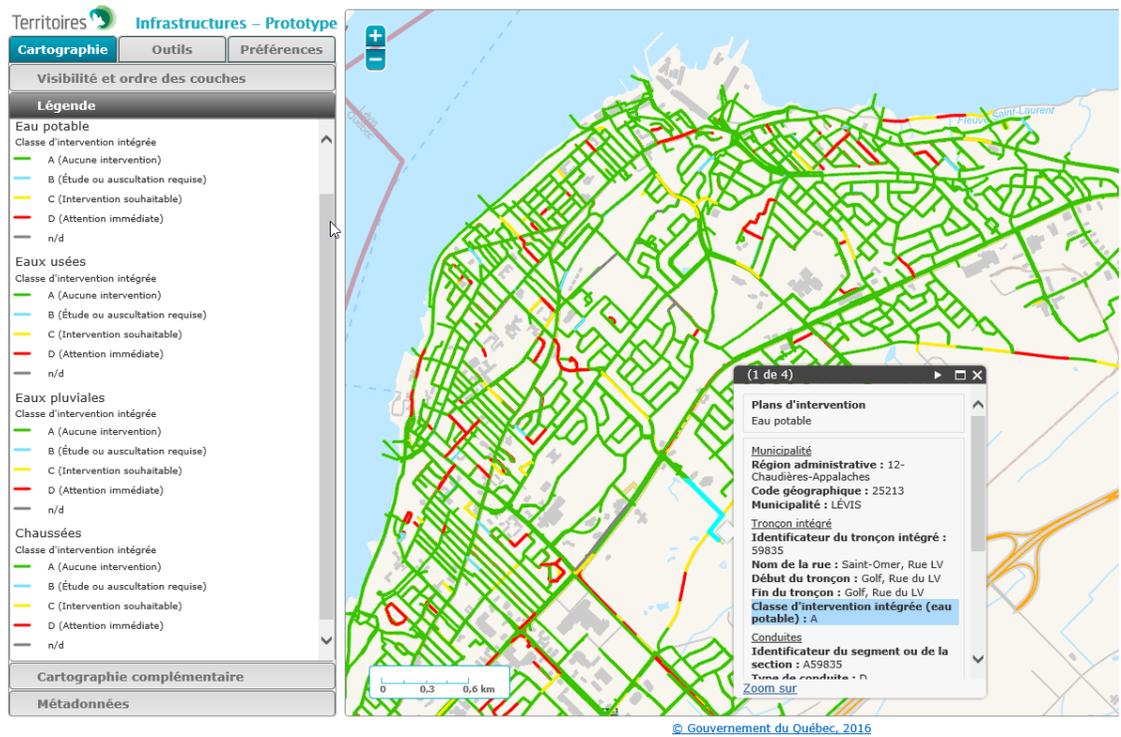


Figure 20. Exemple d'affichage de la couche de données des plans d'intervention dans Territoires (conduites d'eau potable)

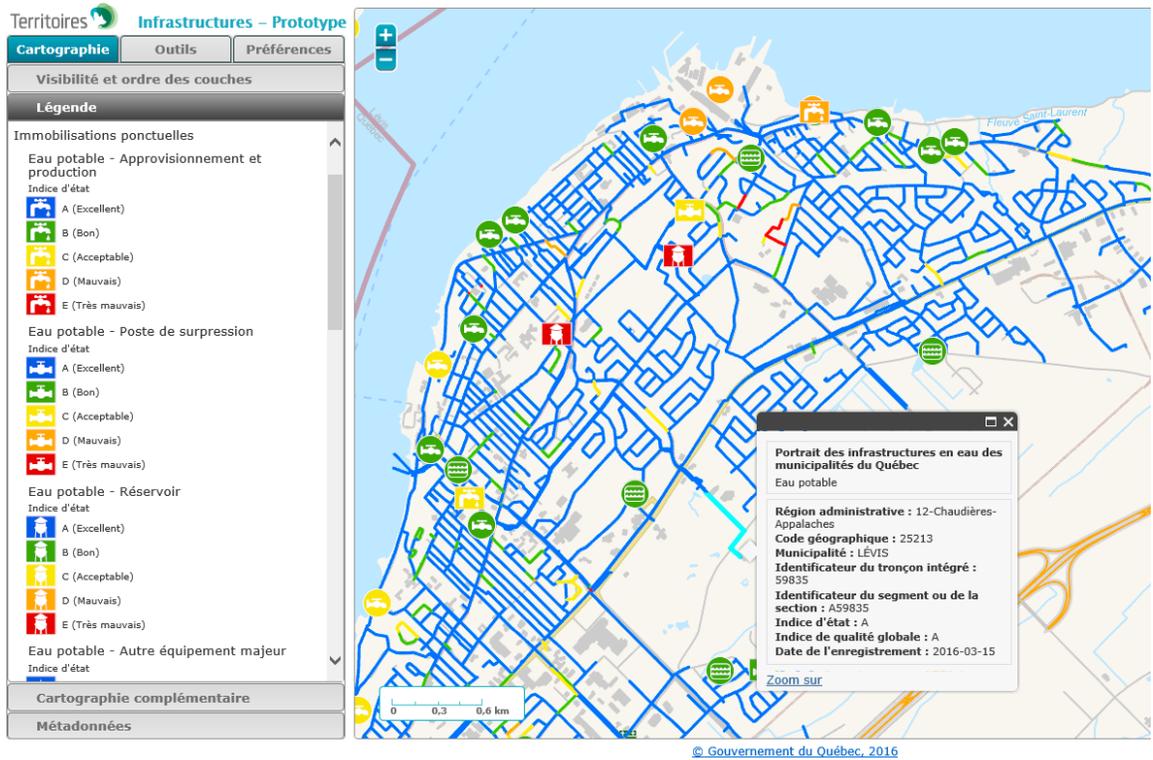


Figure 21. Exemple d'affichage de la couche des indices d'état du portrait dans Territoires (conduites d'eau potable)

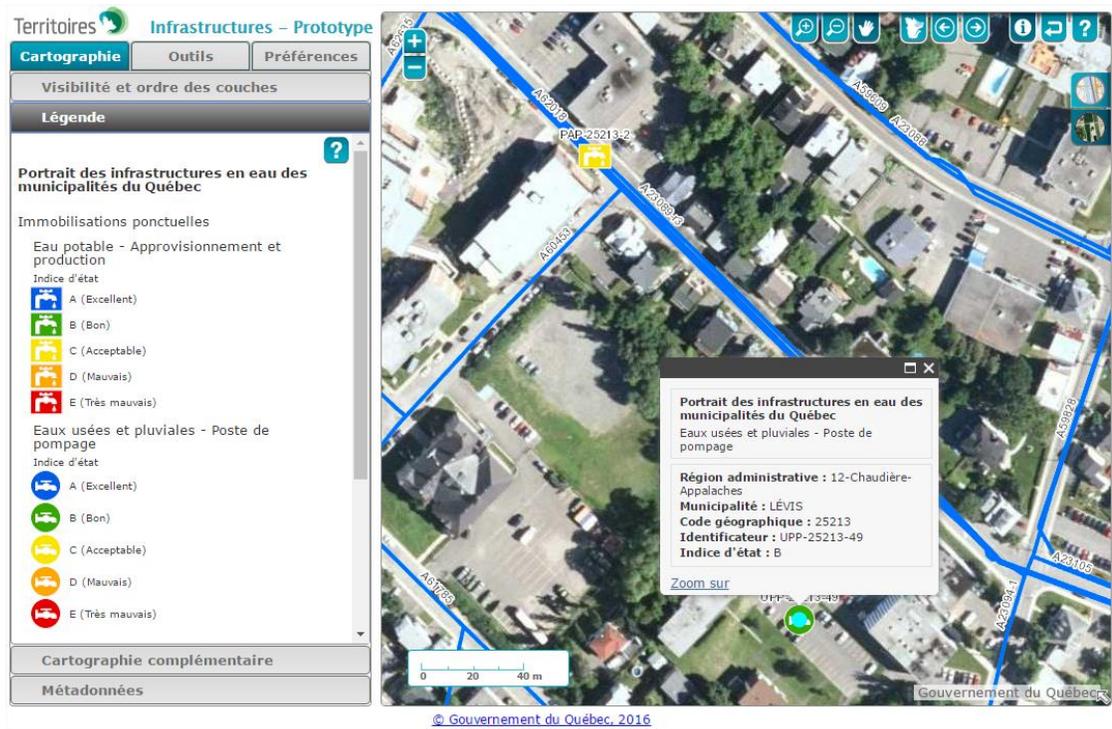


Figure 22. Exemple d'affichage de la couche des indices d'état du portrait dans Territoires (poste de pompage)

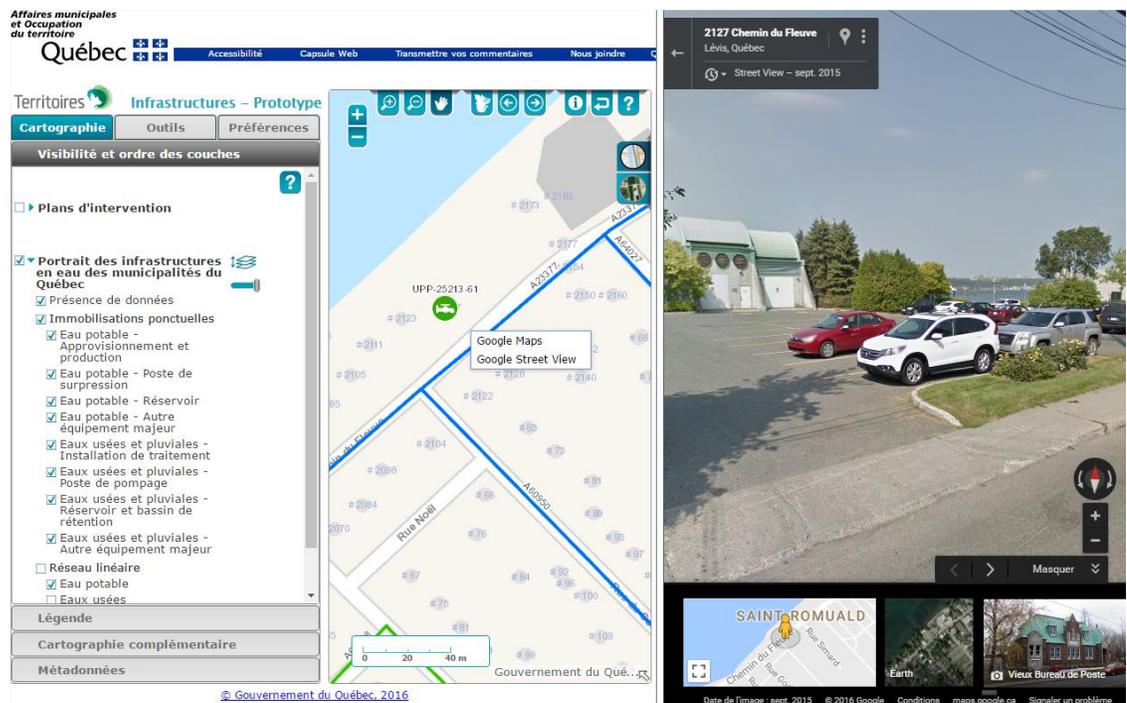


Figure 23. Exemple de consultation de Google Street View à partir de Territoires

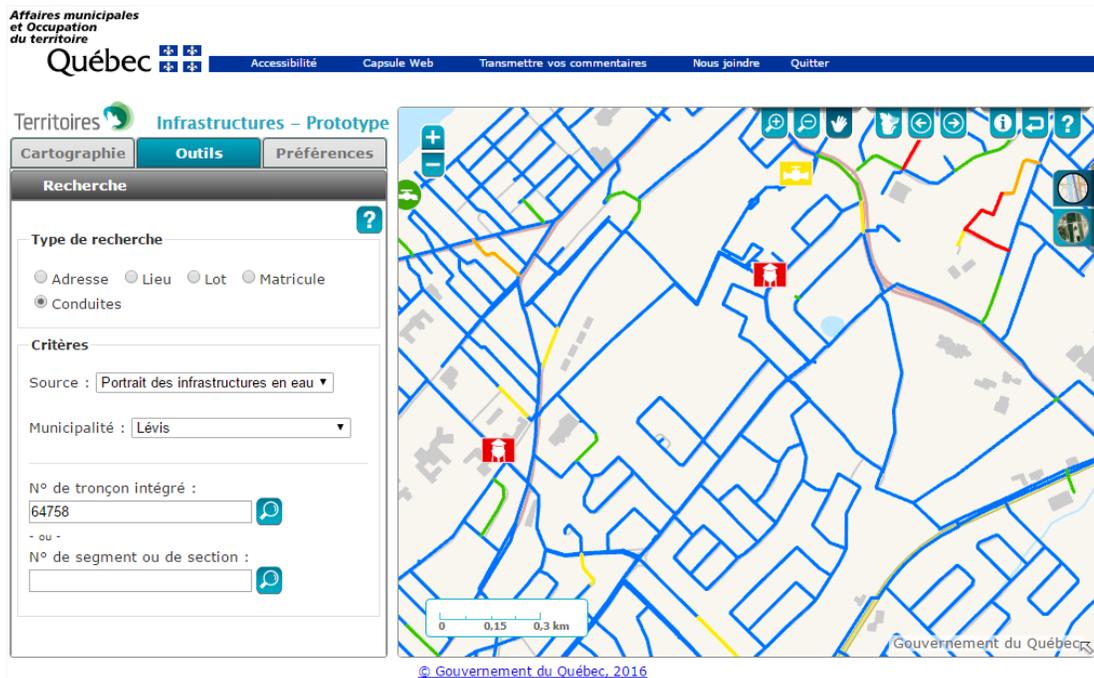


Figure 24. Interface de l'outil de recherche de conduites par n° de tronçon intégré dans Territoires

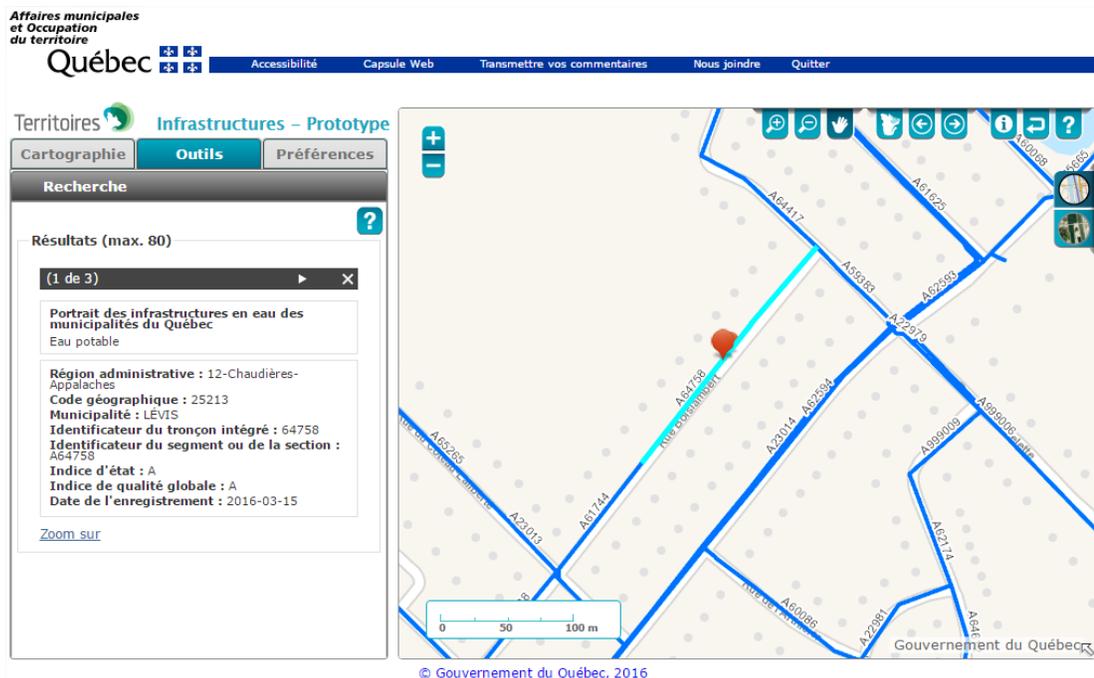


Figure 25. Interface de l'outil d'affichage des résultats par n° de tronçon intégré dans Territoires

Pour permettre de représenter de façon géolocalisée l'état des infrastructures selon un code de couleur, les plans numériques des réseaux de conduites sont fournis au MAMOT, en format numérique .shp, .gdb, .mdb ou .dwg, en plus des plans .pdf. Les réseaux des plus petites municipalités ne disposant pas de cette information sont alors numérisés par le CERIU.

4.3. Extrapolation à l'ensemble du Québec

Afin de représenter l'état global de l'ensemble du Québec, des facteurs d'extrapolation ont été appliqués à chacune des infrastructures, en tenant compte des données disponibles au MAMOT pour l'ensemble du Québec.

Tableau 17. Facteurs d'extrapolation utilisés

Type	Identification	Le Québec sans Montréal	Agglomération de Montréal
Immobilisations ponctuelles	EP – Installations d'approvisionnement et de production	3,885	1
	EP – Réservoirs d'eau potable	3,541	1
	EP – Postes de suppression et de régulation de pression	5,888	1
	EP – Autres équipements majeurs	1,919	1
	EU/EPL – Installation de traitement	2,938	1
	EU/EPL – Réservoirs et bassins de rétention	2,065	1
	EU/EPL – Postes de pompage	3,829	1
	EU/EPL – Autres équipements majeurs	9,651	1
Infrastructures linéaires	Réseau Eau potable	4,475	1,057
	Réseau Eaux usées	3,836	1,048
	Réseau Eaux pluviales	3,505	1,044
	Chaussées au-dessus des réseaux	3,669	1,046

N.B. : ces facteurs de multiplication sont calculés en fonction :

- des valeurs de remplacement pour les infrastructures ponctuelles
- des longueurs des réseaux pour les infrastructures linéaires d'eau potable et d'égouts
- de la population pour les chaussées au-dessus des réseaux

Extrapolée à l'ensemble du Québec selon les facteurs présentés au Tableau 17, la valeur de remplacement des actifs en D et E serait de l'ordre de 25 milliards \$, ce qui correspond à près de 14 % de la valeur de remplacement extrapolée totale du parc d'actifs estimé à environ 175 milliards \$. Le Tableau 18 présente les résultats extrapolés à l'ensemble du Québec :

Tableau 18. Valeur des actifs extrapolée à l'ensemble du Québec

	Infrastructures linéaires				Immobilisations ponctuelles	
	Réseau d'eau potable	Réseau d'eaux usées	Réseau d'eaux pluviales	Chaussées au-dessus des réseaux	IP eau potable	IP eaux usées/pluviales
État	B	B	A	C	C	B
Valeur totale (km/nombre et \$)	40 836 km 45,5 milliards \$	32 059 km 48,4 milliards \$	17 991 km 23,4 milliards \$	32 733 km 33,4 milliards \$	3586 ouvrages 11,2 milliards \$	4646 ouvrages 12,5 milliards \$
Valeur des actifs avec indices D et E	2091 km 2,9 milliards \$	2513 km 5,0 milliards \$	417 km 0,6 milliard \$	9681 km 9,4 milliards \$	1473 ouvrages 5,7 milliards \$	2025 ouvrages 1,3 milliard \$
Valeur des actifs avec indice C	9220 km 10,8 milliards \$	1479 km 4,0 milliards \$	287 km 0,5 milliard \$	7116 km 7,5 milliards \$	809 ouvrages 2,4 milliards \$	997 ouvrages 3,1 milliards \$

En pondérant les cotes d'état selon les valeurs de remplacement, on obtient une cote pondérée globale de 71 % correspondant à un indice d'état moyen de B. Il est à préciser que ce premier travail permet d'évaluer l'état global des infrastructures pour l'ensemble du Québec, mais ne permet pas une interprétation pointue pour chacune des municipalités selon l'état de son réseau. Sur la base des résultats extrapolés à l'ensemble du Québec présentés au Tableau 18, il est possible de faire une comparaison avec les études antérieures : cette comparaison, présentée au Tableau 19, montre que les ordres de grandeur sont similaires en ce qui a trait aux valeurs de remplacement des infrastructures en eau.

Tableau 19. Comparaison des résultats extrapolés avec les différentes études antérieures

Étude	Valeur de remplacement	Valeur du déficit
Premier cadre de gestion MAMOT 2008	75 milliards \$, excluant les chaussées au-dessus des réseaux	9 milliards \$ en déficit d'entretien d'actifs pour les infrastructures municipales en eau, excluant les chaussées
Étude de l'UMQ 2012 [8]	200 milliards \$, dont 132 milliards \$ pour les infrastructures en eau	34 milliards \$, en déficit d'entretien d'actifs, toutes infrastructures municipales confondues
Étude de la FCM 2016 [9]	905 milliards \$ pour les infrastructures en eau et les chaussées extrapolés à l'ensemble du Canada (207 milliards \$ pour le Québec)	109 milliards \$ pour les infrastructures en mauvais et très mauvais état pour l'ensemble du Canada, toutes infrastructures municipales confondues (25 milliards \$ pour le Québec)
Étude PIEMQ PRADIM 2016	175 milliards \$, dont 141 milliards \$ pour les infrastructures en eau (excluant les chaussées au-dessus des réseaux)	25 milliards \$ en déficit de maintien d'actifs pour les infrastructures municipales en eau avec chaussées au-dessus des réseaux

5. Limites de l'analyse

Ce rapport d'étape reflète l'état des infrastructures municipales au Québec compte tenu de la précision des données fournies (absence de registre de bris ou d'inspection, registre incomplet, etc.). Les limites suivantes doivent être prises en considération si on veut s'appuyer sur les résultats présentés dans ce rapport afin de proposer des recommandations sur la gestion des actifs municipaux au Québec :

- l'évaluation globale des actifs est basée sur les données fournies par les municipalités. Par conséquent, la précision des résultats dépend fortement de la qualité des données disponibles. En effet, faute d'inspections ou de diagnostics précis, les municipalités participantes ont évalué au meilleur de leur connaissance la durée de vie restante de leurs infrastructures;
- l'évaluation de l'état physique des actifs linéaires ne disposant d'aucune information (absence de registre de bris ou infrastructures non inspectées) repose sur une modélisation au niveau réseau. Cette évaluation ne devrait donc pas être considérée comme l'état physique réel, mais plutôt comme un risque de défaillance associée à l'âge et au matériau de ces segments;
- l'évaluation de l'état physique des immobilisations ponctuelles est basée sur la durée de vie restante uniquement et, par conséquent, ne reflète pas l'état physique réel de ces immobilisations, mais plutôt un risque de défaillance associée à leur âge.

6. Conclusion

Le rapport d'étape du projet Portrait des infrastructures en eau des municipalités du Québec (PIEMQ) présente le bilan de l'état des infrastructures municipales en eau basé sur les données recueillies auprès d'un échantillon représentatif de 100 municipalités. Le traitement de ces données validées a été réalisé préalablement à leur incorporation dans une base de données structurée par infrastructure. Les données brutes fournies par les municipalités ainsi que celles des indices d'état ont été compilées et transférées à la Direction des solutions technologiques et des services aux utilisateurs (DTSU) du MAMOT aux fins d'affichage dans l'application Territoires.

Il est toutefois important de préciser que la fiabilité des résultats présentés dans ce rapport dépend fortement des données fournies par les municipalités. Par conséquent, des registres de bris et d'inspections mis à jour continuellement permettraient d'obtenir des résultats plus fiables.

Les résultats de ce bilan montrent que les infrastructures en eau des municipalités de l'échantillon analysé sont globalement considérées en bon état (indice d'état global de B) excepté pour les chaussées au-dessus des réseaux et les immobilisations ponctuelles qui sont respectivement dans un état satisfaisant et à risque modéré (indice d'état global de C) et le réseau d'eaux pluviales considéré en très bon état (indice d'état global de A). La valeur de remplacement de toutes les infrastructures, extrapolée à l'ensemble du Québec, a été évaluée à 174,4 milliards \$ soit :

- 45,5 milliards \$ pour le réseau d'eau potable;
- 71,8 milliards \$ pour les réseaux d'eaux usées et pluviales;
- 33,4 milliards \$ pour les chaussées au-dessus des réseaux;
- 23,7 milliards \$ pour les immobilisations ponctuelles d'eau potable, d'eaux usées et pluviales.

En dépit de cette bonne note globale pour les infrastructures en eau de l'ensemble des municipalités du Québec (indice d'état de B et cote d'état pondérée de 71 %), une analyse de l'état de ces infrastructures fait ressortir une valeur de remplacement des actifs en état mauvais et très mauvais ou à risque de défaillance élevé et très élevé de l'ordre de 13 milliards \$ pour les 100 municipalités analysées et de l'ordre de 25 milliards \$, lorsqu'extrapolée à l'ensemble du Québec. Ce montant, représentant 14 % de la valeur de remplacement totale du parc d'actifs estimée à près de 175 milliards \$, montre qu'il ne faut pas relâcher la vigilance en ce qui a trait aux investissements dans les infrastructures en eau de l'ensemble du Québec.

À titre d'exemple, l'âge moyen des conduites d'eau potable des 100 municipalités analysées est de 43 ans dont plus de 60 % de ces conduites ont plus de 30 ans. Tout retard dans les investissements visant à combler le déficit de maintien d'actifs amènera une pression énorme sur les générations futures. Il est à noter que l'état décrit dans ce rapport ne tient pas compte des exigences légales et réglementaires liées aux mises aux normes des infrastructures.

En conclusion, l'extrapolation effectuée dans le cadre de ce rapport a permis d'avoir une vue générale de l'état des infrastructures en eau. Reposant sur un échantillon de 100 municipalités, la base de données sera élargie pour inclure près de 700 municipalités, permettant ainsi d'augmenter la précision des modèles et de produire un rapport complet. De plus, une méthodologie de mise à jour sera élaborée pour faciliter l'incorporation des futurs plans d'intervention et formulaires d'immobilisations ponctuelles des municipalités. Le rapport final, prévu pour décembre 2017, fournira un portrait beaucoup plus représentatif de l'état de ces infrastructures.

Bibliographie

- [1] Secrétariat du Conseil du trésor (SCT), « Guide d'élaboration et de mise en oeuvre - Cadres de gestion des infrastructures publiques », 2014. [En ligne]. Disponible: http://www.tresor.gouv.qc.ca/fileadmin/PDF/infrastructures_publicques/cadresGestionInfrastructures.pdf. [Accès le 1^{er} octobre 2016].
- [2] CERIU, « Guide de gestion des actifs en immobilisations à l'intention des gestionnaires municipaux », 2015. [En ligne]. Disponible: <http://www.ceriu.qc.ca/publications/guide-de-gestion-des-actifs-en-immobilisations-intention-des-elus-municipaux>. [Accès le 5 mars 2015].
- [3] MAMROT, « Guide d'élaboration d'un plan d'intervention pour le renouvellement des conduites d'eau potable, d'égouts et des chaussées », 2013. [En ligne]. Disponible: http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/infrastructures/plan_intervention_renouvellement/guide_plan_intervention.pdf. [Accès le 18 avril 2016].
- [4] Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT), « Stratégie québécoise d'économie d'eau potable », [En ligne]. Disponible: <http://www.mamrot.gouv.qc.ca/grands-dossiers/strategie-quebecoise-deconomie-deau-potable/a-propos-de-la-strategie>. [Accès le 18 avril 2016].
- [5] MAMROT, « Rapport sur le coût et les sources de revenu des services d'eau », Juillet 2015. [En ligne]. Disponible: http://www.mamrot.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/grands_dossiers/strategie_eau/rapport_cout_et%20sources_revenus_services_eau.pdf. [Accès le 18 avril 2016].
- [6] INRS-URBANISATION et INRS-EAU, « Synthèse des rapports INRS-Urbanisation et INRS-Eau sur les besoins des municipalités québécoises en réfection et construction d'infrastructures d'eaux », 50 pages, Québec, Février 1998.
- [7] S. Daoust. ing., « La pérennité des infrastructures municipales de l'eau - Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec - Document de soutien à l'atelier de travail de la Commission du 16 juin 1999 à Montréal », Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, Montréal, 1999.
- [8] Union des municipalités du Québec, « Étude de l'état des infrastructures municipales du Québec », 2012. [En ligne]. Disponible: <http://old.umq.qc.ca/uploads/files/content/rapport-complet-infrastructures-municipales-oct12.pdf>. [Accès le 17 mai 2016].
- [9] Fédération canadienne des municipalités, « Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes », 2016. [En ligne]. Disponible: http://www.canadainfrastructure.ca/downloads/Bulletin_de_rendement_des_infrastructures_canadiennes_2016.pdf. [Accès le 3 février 2016].
- [10] FCM et CNRC, « Gestion d'un actif d'infrastructures », 2004. [En ligne]. Disponible: https://www.fcm.ca/Documents/reports/Infraguide/Managing_Infrastructure_Assets_FR.pdf. [Accès le 18 avril 2016].

- [11] E. V. Ana et W. Bauwens, « Modeling the structural deterioration of urban drainage pipes : the state-of-the-art in statistical methods », *Urban Water Journal*, vol. 7, n° 11, pp. 47-59, 2010.
- [12] S. Duchesne, G. Beardsell, J.-P. Villeneuve et B. Toumbou, « A Survival Analysis Model for Sewer Pipe », *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 28, p. 146-160, 2013.
- [13] T. Micevski, G. Kuczera et P. Coombes, « Markov Model for Storm Water Pipe Deterioration », *Journal of Infrastructure Systems*, vol. 8, n° 12, pp. 49-56, 2002.
- [14] Ville de Beloeil, « Politique de capitalisation et d'amortissement des dépenses en immobilisations », Ville de Beloeil, 2012.
- [15] Ville de Québec, « Politique sur la comptabilisation, l'amortissement ainsi que le mode de financement et de remboursement des dépenses en immobilisations », Service des finances – Division de la comptabilité, Ville de Québec, 2013.
- [16] Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), « Politique de capitalisation des immobilisations », 2011.
- [17] D. Curodeau, « Rapport sur les méthodes d'évaluation de la valeur, de l'état et des besoins en renouvellement », MAMROT, Québec, 2011.
- [18] Société Québécoise des infrastructures (SQI), « Cadre de gestion des infrastructures », 2015.
- [19] Division Comptabilité dans le secteur public de l'Institut Canadien des Comptables Agréés (ICCA), « Guide de comptabilisation et de présentation des immobilisations corporelles », 2007.
- [20] InfraGuide, « Prise de décisions et planification des investissements », Guide national pour des infrastructures municipales durables, 2004.
- [21] Fédération canadienne des municipalités, « Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes », 2012. [En ligne]. Disponible: http://www.canadainfrastructure.ca/downloads/Bulletin_de_rendement_des_infrastructures_canadiennes_2012.pdf. [Accès le 3 février 2016].

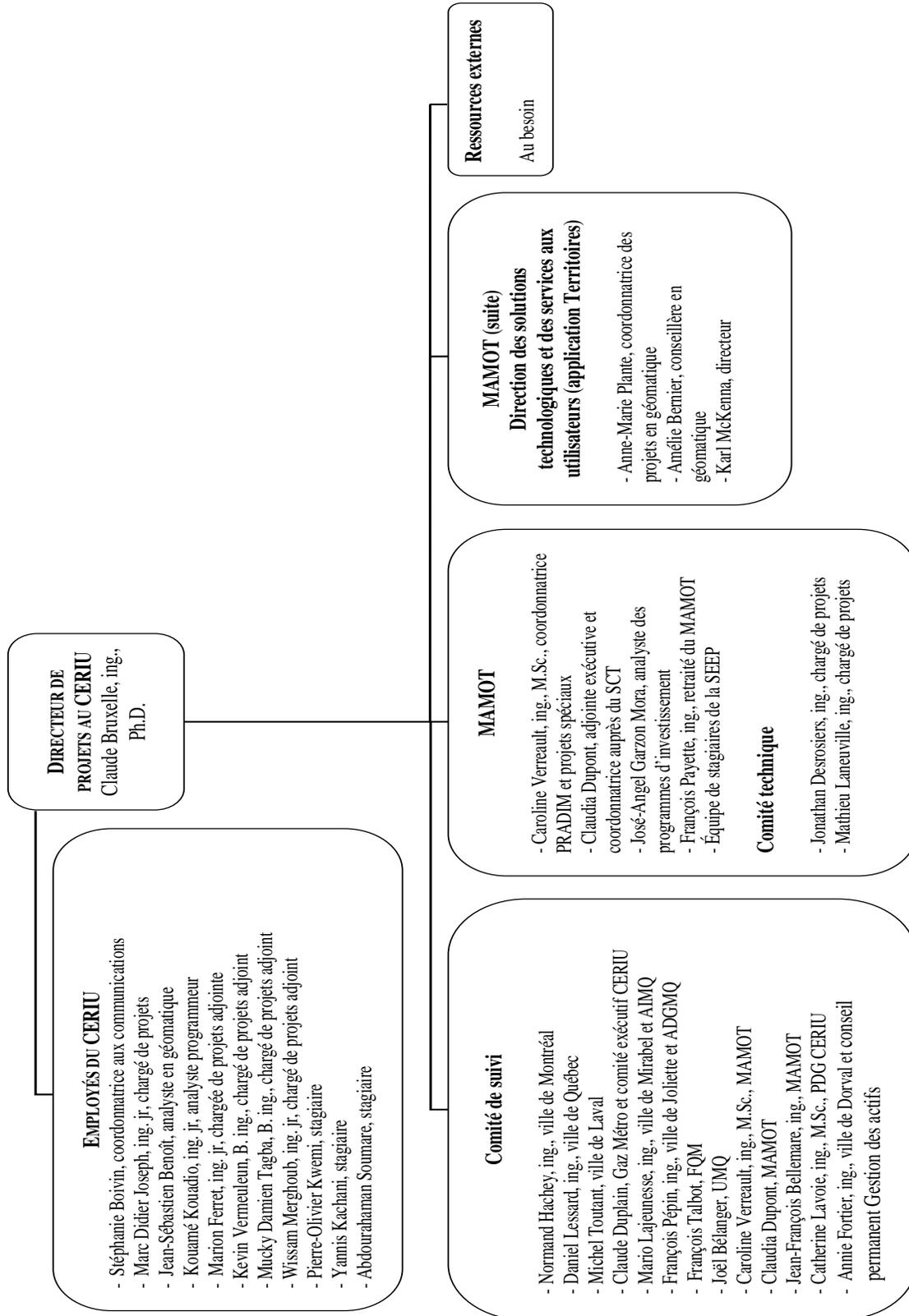
Liste des abréviations, sigles et acronymes

ACC	Association canadienne de la construction
ACTP	Association canadienne des travaux publics
ADGMQ	Association des directeurs généraux des municipalités du Québec
AIMQ	Association des ingénieurs municipaux du Québec
ASTM	American Society for Testing and Material
BAPE	Bureau des audiences publiques sur l'environnement
BRIC	Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes
CCTV	<i>Closed-circuit television</i> (Inspection télévisée par caméra conventionnelle)
CERIU	Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines
CPV	Chlorure de polyvinyle (PVC : <i>Polyvinyl chloride</i>)
DSTSU	Direction des solutions technologiques et des services aux utilisateurs
DVR	Durée de vie restante
DVU	Durée de vie utile
EP	Eau potable
EPL	Eaux pluviales
EU	Eaux usées
FCM	Fédération canadienne des municipalités
FQM	Fédération québécoise des municipalités
GPS	Géo-positionnement par satellite
INRS	Institut national de la recherche scientifique
IP	Immobilisations ponctuelles
IPS	Indice de performance de la surface
MAMOT	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
NASSCO	National Association Of Sewer Service Companies
PACP	Programme de certification visant l'évaluation de l'état des conduites
PAP	Approvisionnement et production d'eau potable
PAU	Autres équipements majeurs d'eau potable
PCI	<i>Pavement Condition Index</i> (Indice d'état de surface)
PEHD	Polyéthylène haute densité
PI	Plan d'intervention
PIEMQ	Portrait des infrastructures en eau des municipalités du Québec
PRADIM	Programme de recherche appliquée dans le domaine des infrastructures municipales
PRP	Poste de pompage et de régulation de pression
PRS	Réservoir d'eau potable
ROMAEU	Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées
SCGC	Société canadienne de génie civil
SCT	Secrétariat de Conseil du trésor
SEEP	Stratégie québécoise d'économie d'eau potable
SO	Sonar (<i>Sound Navigation and Ranging</i>)
TO	Caméra téléobjectif
UAU	Autres équipements majeurs d'eaux usées et pluviales
UIT	Installation de traitement des eaux usées, usine et étang
UMQ	Union des municipalités du Québec
UPP	Poste de pompage
URB	Réservoir et bassin de rétention
WEE	Distribution Weibull et 2 exponentielles

Annexes

ANNEXE 1. Organigramme du projet PIEMQ (Octobre 2016)



ANNEXE 2. Liste des 100 municipalités concernées par la présente étude

Les municipalités suivantes ont fourni les données utilisées dans ce présent rapport.

- 01-LA RÉDEMPTION
- 01-SAINT-BRUNO-DE-KAMOURASKA
- 01-SAINT-EUGÈNE-DE-LADRIÈRE
- 01-SAINT-HONORÉ-DE-TÉMISCOUATA
- 01-SAINT-MATHIEU-DE-RIOUX
- 01-SAINT-VALÉRIEN
- 02-BÉGIN
- 02-FERLAND-ET-BOILLEAU
- 02-L'ASCENSION-DE-NOTRE-SEIGNEUR
- 02-SAINT-AMBROISE
- 03-DESCHAMBAULT-GRONDINES
- 03-LAC-BEAUPORT
- 03-L'ANCIENNE-LORETTE
- 03-L'ISLE-AUX-COUDRES
- 03-QUÉBEC
- 03-RIVIÈRE-À-PIERRE
- 03-SAINT-GABRIEL-DE-VALCARTIER
- 03-SAINT-THURIBE
- 04-SAINT-SÉVERIN
- 05-CHARTIERVILLE
- 05-LAMBTON
- 05-PIOPOLIS
- 05-SAINT-CLAUDE
- 05-SAINT-CATHERINE-DE-HATLEY
- 05-SAINT-HERMÉNÉGILDE
- 05-SAINT-ROBERT-BELLARMIN
- 05-SAINT-SÉBASTIEN
- 05-STUKELY-SUD
- 06-BAIE-D'URFÉ
- 06-BEACONSFIELD
- 06-DOLLARD-DES-ORMEAUX
- 06-DORVAL
- 06-KIRKLAND
- 06-MONTRÉAL
- 06-MONTRÉAL-EST
- 06-MONTRÉAL-OUEST
- 06-POINTE-CLAIRE
- 07-CANTLEY
- 07-DUHAMEL
- 07-LA PÊCHE
- 07-LAC-SAINT-MARIE
- 07-RIPON
- 07-VAL-DES-MONTS
- 08-SAINT-LAMBERT
- 09-AGUANISH
- 09-RIVIÈRE-AU-TONNERRE
- 11-HOPE
- 11-SAINT-FRANÇOIS-D'ASSISE
- 12-BERTHIER-SUR-MER
- 12-LA GUADELOUPE
- 12-LÉVIS
- 12-NOTRE-DAME-DU-ROSAIRE
- 12-SAINT-BENOÎT-LABRE
- 12-SAINT-CÔME-LINIÈRE
- 12-SAINTE-APOLLINE-DE-PATTON
- 12-SAINTE-CLOTILDE-DE-BEAUCE
- 12-SAINTE-SABINE
- 12-SAINT-FABIEN-DE-PANET
- 12-SAINT-GERVAIS
- 12-SAINT-LAZARE-DE-BELLECHASSE
- 12-SAINT-LÉON-DE-STANDON
- 12-SAINT-MALACHIE
- 12-SAINT-NAZAIRE-DE-DORCHESTER
- 12-SAINT-NÉRÉE
- 12-SAINT-ODILON-DE-CRANBOURNE
- 12-SAINT-PATRICE-DE-BEAURIVAGE
- 12-SAINT-SÉVERIN (12)
- 12-TOURVILLE
- 13-LAVAL
- 14-JOLIETTE
- 14-MASCOUCHE
- 14-SAINT-ALEXIS
- 15-ROSEMÈRE
- 15-SAINTE-SOPHIE
- 16-EAST FARNHAM
- 16-FRANKLIN
- 16-FRELIGHSBURG
- 16-LONGUEUIL
- 16-NOTRE-DAME-DE-STANBRIDGE
- 16-ROXTON
- 16-SAINT-BARNABÉ-SUD
- 16-SAINT-CONSTANT
- 16-SAINT-ÉTIENNE-DE-BEAUHARNOIS
- 16-SAINT-OURS
- 16-SAINT-PHILIPPE
- 16-SAINT-SIMON
- 16-SAINT-ZOTIQUE
- 17-BÉCANCOUR
- 17-CHESTERVILLE
- 17-DAVELUYVILLE
- 17-KINGSEY FALLS
- 17-SAINT-BONAVENTURE
- 17-SAINT-CHRISTOPHE-D'ARTHABASKA
- 17-SAINTE-SOPHIE-DE-LÉVRARD
- 17-SAINT-MAJORIQUE-DE-GRANTHAM
- 17-SAINT-NORBERT-D'ARTHABASKA
- 17-VICTORIAVILLE
- 17-WARWICK
- 17-WICKHAM

ANNEXE 3. Identification des indicateurs retenus – Municipalités et références géospatiales

Identification de la municipalité
Région administrative
Municipalité
Code géographique

ANNEXE 4. Identification des indicateurs retenus – Infrastructures ponctuelles

Données géométriques pour les infrastructures ponctuelles
Identificateur de l'infrastructure
Nom de l'infrastructure
Adresse civique ou description du lieu
Localisation GPS du centroïde
Données descriptives pour les infrastructures ponctuelles
Année de construction ou d'installation
Durée de vie restante Civil
Durée de vie restante Mécanique
Valeur de remplacement Civil
Valeur de remplacement Mécanique
Commentaires
Indice de qualité des données

ANNEXE 5. Identification des indicateurs retenus – Infrastructures linéaires

Données géométriques pour les infrastructures linéaires			
Identificateur du tronçon intégré			
Nom de la rue du tronçon intégré			
Début du tronçon intégré			
Fin du tronçon intégré			
Nom de l'arrondissement			
Localisation GPS Début du tronçon intégré			
Localisation GPS Fin du tronçon intégré			
Données descriptives par infrastructure linéaire			
Eau potable	Eaux usées	Eaux pluviales	Chaussées
Identificateur du segment	Identificateur du segment	Identificateur du segment	Identificateur du segment
Identificateur du tronçon intégré	Identificateur du tronçon intégré	Identificateur du tronçon intégré	Identificateur du tronçon intégré
Type de conduite	Type de conduite	-	Type de chaussée
-	Type d'égouts	-	Type de route
Matériau	Matériau	Matériau	Longueur du segment
Diamètre (mm)	Diamètre (mm)	Diamètre (mm)	Largeur du pavage
Longueur du segment (m)	Longueur du segment (m)	Longueur du segment (m)	Gestionnaire du tronçon
Année de construction (installation)	Année de construction (installation)	Année de construction (installation)	Année de la dernière intervention majeure
Année de réhabilitation	Année de réhabilitation	Année de réhabilitation	Type d'intervention
Type de réhabilitation	Type de réhabilitation	Type de réhabilitation	
-	Année d'inspection	Année d'inspection	-
-	Type d'inspection	Type d'inspection	-
Statut	Statut	Statut	-
-	Hiérarchisation	Hiérarchisation	-
Valeur actuelle de remplacement	Valeur actuelle de remplacement	Valeur actuelle de remplacement	Valeur actuelle de remplacement
État du segment	État du segment	État du segment	État du segment
Nombre de réparations	Pire cote PACP état structural	Pire cote PACP état structural	Indice PCI ou IPS
Taux de réparations	Cote requise	Cote requise	-
Durée de vie restante théorique	Durée de vie restante théorique	Durée de vie restante théorique	-
Qualité des données	Qualité des données	Qualité des données	Qualité des données
Qualité données - conduite	Qualité données - conduite	Qualité données - conduite	Qualité données - conduite
Modifications	Modifications	Modifications	Modifications
Date d'enregistrement	Date d'enregistrement	Date d'enregistrement	Date d'enregistrement

ANNEXE 6. Quelques définitions de la gestion des actifs

Quelques définitions utilisées dans le guide de gestion des actifs en immobilisations à l'intention des gestionnaires municipaux :

- Actif en immobilisations : une composante matérielle corporelle qui a une certaine valeur et permet la prestation de service. Cela comprend, sans s'y limiter, les routes, les trottoirs, les ponts, les réseaux d'eau potable et d'égouts, les bâtiments, les installations récréatives et les parcs.
- Gestion des actifs en immobilisations : une approche stratégique intégrée pour gérer les immobilisations caractérisée par plusieurs clés notamment la valeur de l'actif, la gestion du cycle de vie, la durabilité, l'évaluation du risque, la mesure de la performance et l'intégration des plans technique et financier.
- Infrastructure : un ensemble d'installations publiques ou ouvrages (routes, ponts, rues, conduites d'eau, ports, etc.) servant à fournir des services qui accroissent la capacité de production nécessaire au fonctionnement d'un service.
- Maintien d'actifs régulier : travaux ponctuels qui consistent à maintenir ou à rétablir l'état physique d'une infrastructure à un niveau permettant la poursuite de son utilisation aux fins pour lesquelles elle est destinée. L'état de l'infrastructure n'est pas passé sous le seuil d'état acceptable [18].
- Niveau de service : une mesure qualitative du service rendu à la collectivité en tenant compte d'un ou plusieurs des paramètres tels la sécurité, la satisfaction des clients, la qualité, la quantité, la capacité, la fiabilité, l'environnement, le coût, l'accessibilité, etc.
- Plan d'intervention : un outil qui vise à assurer la pérennité des infrastructures en optimisant les investissements à réaliser sur le réseau par une priorisation des travaux d'infrastructures.
- Remplacement d'une infrastructure existante : travaux qui consistent à remplacer une infrastructure de manière à assurer la continuité de la prestation des services (normalement, à la fin de la vie utile) afin d'offrir le même service que celui offert par l'ancienne infrastructure [18].
- Résorption du déficit de maintien d'actifs : travaux de maintien d'actifs à réaliser afin de rétablir l'état d'une infrastructure à un niveau établi (pour un même usage et un même niveau de service). L'état de l'infrastructure est passé sous le seuil d'état acceptable.
- Stratégie de gestion de l'actif : une stratégie englobant l'élaboration et la mise en œuvre de plans et de programmes de création d'actifs, d'exploitation, d'entretien, de réhabilitation ou de

remplacement, d'élimination et de contrôle du comportement destinés à permettre l'atteinte au coût optimal des niveaux de service désirés et des autres objectifs opérationnels.

- Tableau de bord : un outil permettant à un gestionnaire de suivre l'évolution des résultats, les écarts par rapport à des valeurs de référence et qui répond aux besoins d'un pilotage rapide et permanent sur un ensemble de variables tant financières, quantitatives que qualitatives.
- Valeur de remplacement dépréciée des actifs en eau : coût estimé de remplacement déprécié d'un actif, lequel est sa valeur de remplacement ajustée à son état de détérioration au moment du remplacement [2].
- Valeur de remplacement des actifs en eau : le coût de remplacement mesure la valeur d'une immobilisation au coût actuel à engager pour la remplacer. Ce coût tient compte des différents usages possibles du bien et correspond au coût économique actuel d'acquisition du potentiel de service existant [19].
- Valeur des actifs en eau : la valeur des actifs en eau peut être définie de plusieurs façons : Plusieurs techniques ont servi à établir la valeur d'un actif d'infrastructures municipales, notamment la valeur comptable initiale, la plus-value et la valeur de remplacement. Pour les besoins de la planification du renouvellement, on préfère généralement utiliser le coût de remplacement pour quantifier la valeur d'un élément d'actif [20].