RAPPORT DE SYNTHÈSE
SUIVI DE LA PERFORMANCE DES PROJETS DE RÉHABILITATION SANS TRANCHÉE CONDUITES D'EAU POTABLE ET CONDUITES ET REGARDS D'ÉGOUT

Août 2014

Coordination
Martin Cormier, CERIU

Recherche et rédaction
CIMA+

Études et Laboratoires
Musandji Fuamba, École Polytechnique
Tarek Zayed, Université Concordia
Hanni Alzraiee, Université Concordia

Personnel du CERIU
Joseph-Jovenel Henry
Georgette Lacaille
Raynald Maher-Poitras
Salamatou Modieli
Myosotis Palacios
Rébecca Picard-Courtois
Isabel Tardif

Villes-Partenaires
Dollard-des-Ormeaux, Dorval, Laval, Longueuil, Montréal, Québec

Membres des comités de travail
Marc-André Anctil, Logiball
Mihoub Azzouz, Ville de Montréal
Benoît Bergeron, Ville de Longueuil
Patrice Bergeron, Ville de Québec
Richard Bergeron, MAMROT
Jacques Bolduc, Ville de Montréal
Jean-Pierre Bossé, Ville de Montréal
Patrick Brunet, SNC Lavalin
Pascal Comac, VEOLIA
Benoît Côté, Sanexen
Claude Couillard, Ville de Québec
Jean-François Couture, VEOLIA
Daniel Crevier, KWH Pipe
Mike Davison, Sanexen
George DelRio, Ville de Montréal
Tony Di Fruscia, Ville de Montréal
Georges Dorval, AquaRehab
Jean-François Dubuc, Ville de Montréal
Sabrina Dykes, Dollard-des-Ormeaux
Annie Fortier, Cité de Dorval
Fernand Gendron, Ville de Trois-Rivières
Jean-Philippe Giguère, Colmatec
Danielle Gilbert, Ville de Québec
Line Gourdin, Colmatec
Pierre Gyselinck, Ville de Laval
Mathieu Laliberté, VEOLIA
Jean Landry, BPR
Jean-Paul Landry, Cité de Dorval
Raymond Leclerc, CIMA+
Sylvain Leclerc, Groupe Seguin
Janick Lemay, Ville de Mont-Royal
Joseph Loiacono, Sanexen
Joseph Loyola, Ville de Longueuil
Daniel Madore, Exotec
Luc Néron, Ville de Québec
Merzak Ouramdane, AquaRehab
Nathalie Periche, AquaData
Jacques Pharand, Ville de Montréal
Anna Polito, Dollard-des-Ormeaux
Christian Rouleau, VEOLIA
Alem Saker, AquaRehab
Piero Salvo, Genivar
Nicolas Sauvé, Insituform
Patricia Sayasen, AquaRehab
Gilles St-Denis, Insituform
Michel Seguin, Ville de Montréal
Lila Touahria, Ville de Montréal
Michel Toutant, Ville de Laval
Clément Villeneuve, Ville de Québec
Otto Wiseman, VEOLIA
Charlie Zambito, Dollard-des-Ormeaux

Révision technique
Julie Fortier, CIMA+
Raymond Leclerc, CIMA+

Révision linguistique et mise en page
Manon Gaudreau, CIMA+

CIMA+ (www.cima.ca)
740, Rue Notre-Dame Ouest, bur. 900
Montréal (Québec) H3C 3X6
Tel. 514 337-2462 Fax : 514 281-1632

©Gouvernement du Québec, MAMROT

Rapport final – Août 2014

Limitation de responsabilité

Le contenu du présent document découle d'un travail ayant été subventionné par le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT) dans le cadre du Programme d'infrastructures Québec-Municipalités (PIQM), volet 1.4. Le MAMROT a collaboré à la recherche décrite dans le rapport directement par l'attribution de fonds et indirectement par l'intermédiaire de la Cité de Dorval, récipiendaire de l'aide financière, qui a assumé la gestion administrative du projet, et du Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines (CERIU), qui en a assuré la coordination et le suivi scientifique. Tous les propos exprimés dans ce rapport sont la responsabilité de leurs auteurs. De plus, toute mention de noms d'entreprises ou de produits commerciaux ne constitue pas une recommandation pour ces entreprises ou ces produits.

Pour prendre des décisions sur le présent sujet, il est fortement recommandé au lecteur de compléter ses recherches par la lecture de documents complémentaires qui traitent du même sujet, car le présent document ne constitue qu'un outil de référence permettant aux ingénieurs et aux gestionnaires de compléter leurs connaissances.

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes, représentants de villes et d'entreprises, qui ont accepté généreusement de répondre à nos nombreuses questions et de fournir des informations sur les projets analysés. Nos remerciements s'adressent aussi aux chercheurs et assistants de recherche qui ont démontré patience et réceptivité à chacune de nos interventions ainsi qu'au CERIU et à la Cité de Dorval qui ont assuré la gestion de ce projet.

Nous tenons à remercier tout particulièrement monsieur Richard Bergeron du ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT) pour les nombreuses heures qu'il a consacrées à discuter des enjeux et des objectifs à atteindre dans ce projet.

Finalement, il est nécessaire de préciser que la réalisation du présent document a été rendue possible grâce à une contribution financière du gouvernement du Québec par l'entremise du Programme d'infrastructures Québec-Municipalités (PIQM).

Sommaire exécutif

Les investissements publics dans les infrastructures municipales représentent, depuis les cinq dernières années, plus de 4 milliards de dollars par an. Les travaux réalisés sur les réseaux de conduites souterraines à l'aide des techniques de réhabilitation y contribuent pour une partie qui, selon les intervenants du domaine, croîtra au cours des prochaines années.

Ces techniques moins invasives et ayant un impact financier global moins important que le remplacement conventionnel permettent d'augmenter la durée de vie des conduites et d'optimiser ainsi les coûts sur le cycle de vie. Toutefois, ces techniques sont trop récentes pour que nous puissions nous prononcer sur leur comportement à long terme.

Une étude sur le suivi de la performance des projets de réhabilitation des conduites d'eau potable et des conduites et regards d'égout a été réalisée pour répondre à cette question. Deux techniques ont été évaluées pour les conduites d'eau potable : le revêtement projeté à l'époxy et le chemisage structural, deux techniques ont été évaluées pour les conduites d'égout : le colmatage et injection et le chemisage structural et finalement, trois techniques ont été évaluées pour les regards d'égout : le colmatage et injection, les revêtements projetés à base de mortier ou de résines et polymères et le chemisage.

Des essais destructifs prescrits par la norme ASTM F1216 et des essais non destructifs, principalement des analyses d'inspections télévisées, ont été réalisés sur les échantillons obtenus auprès des villes partenaires de l'étude. Les objectifs de nombre d'échantillons pour les tests destructifs n'ont pas été atteints, car il a été difficile de convaincre les villes de les prélever dans leurs rues.

Le tableau qui suit résume les résultats des essais et qualifie la performance des techniques.

	TECHNIQUE	RÉSULTATS		AVIS SUR LA PERFORMANCE
		Tests non destructifs	Tests destructifs	
Conduite d'eau potable	Revêtement projeté à l'époxy (non structural)	Le revêtement est en bon état, mais montre des signes de décollement et de détérioration à certains endroits.	N/A	Impossible de se prononcer sur la performance de la technique à cause d'un manque de données et d'information. Le registre de bris montre qu'il y a eu plus de bris après la réhabilitation qu'avant, obligeant la Ville ayant fourni les échantillons à réhabiliter les deux conduites par chemisage structural.
	Chemisage structural	Gaines en bon état	Les résultats des tests de résistance à la traction, de résistance à la flexion et le module de flexion sont supérieurs aux minimums exigés par la norme ASTM F1216. Les résultats des tests de résistance au cisaillement répondent aux exigences de la norme ASTM D3165.	Les résultats des tests effectués sur des échantillons de conduites réhabilitées en 2003, 2004 et 2011 montrent que les propriétés physiques et mécaniques répondent aux exigences des normes. Il faut noter qu'un bris s'est produit après la réhabilitation d'une des conduites évaluées. Aucun autre bris n'a été répertorié depuis sur celle-ci.
Conduite d'égout	Colmatage et injection	L'âge de la réhabilitation des conduites formant l'échantillon se situe entre 13 et 26 ans. L'état des conduites est relativement bon et seulement 14,23% du linéaire analysé (2 445 mètres) présentait des défectuosités.	N/A	La technique de colmatage et injection demeure performante après plusieurs années de service.
	Chemisage structural	L'âge de la réhabilitation des conduites formant l'échantillon se situe entre 2 et 18 ans. L'état des conduites est relativement bon et seulement 19,69% du linéaire analysé (4 945 mètres) présentait des défectuosités.	Les résultats des tests de résistance à la traction, de résistance à la flexion et le module de flexion sont supérieurs aux minimums exigés par la norme ASTM F1216.	Les résultats des tests effectués sur des échantillons de conduites réhabilitées en 2001 et 2002 montrent que les propriétés physiques et mécaniques répondent aux exigences des normes.
Regards d'égout	Colmatage et injection	L'évaluation des regards à l'aide de l'inspection télévisée par caméra à téléobjectif donne une cote moyenne, sur une échelle de 5, de 2,22 pour l'état structural et de 2,75 pour l'état fonctionnel.	N/A	La technique est qualifiée de performante après plus de vingt ans de service.
	Revêtements projetés à base de mortier ou d'époxy et de polymères	La cote moyenne, sur une échelle de 4, attribuée aux regards réhabilités par revêtement projeté varie de 2,4 pour les revêtements à base d'époxy ou de polymères, à 2,7 pour ceux réhabilités avec des revêtements à base de mortier.	N/A	La performance globale est qualifiée d'acceptable après quinze ans de service. Toutefois, les regards réhabilités par projection à base de mortier ou d'époxy ont généralement moins bien performé que ceux réhabilités par projection à base de polyurée.
	Chemisage	La cote moyenne obtenue, sur une échelle de 4, pour les regards réhabilités par chemisage est de 2,5.	N/A	La performance globale est qualifiée d'acceptable après quinze ans de service. Il faut toutefois noter que tous les regards réhabilités par chemisage n'ont pas tous montré la même performance. Le procédé Polytriplex s'est avéré très performant.

Tableau – Résultats des essais effectués sur les échantillons de conduites

L'analyse des résultats des essais destructifs réalisés dans cette étude a permis de tirer des conclusions qui ne peuvent s'appliquer qu'aux échantillons analysés et aux conduites d'où ils proviennent. Les résultats ne peuvent être généralisés compte tenu d'abord du petit nombre d'échantillons, ensuite du manque de données sur les conduites avant et après réhabilitation et finalement du fait que chaque conduite de réhabilitation est une conduite unique et construite dans le sol où plusieurs conditions liées à son environnement sont inconnues. Les démarches effectuées dans cette étude et pour la rédaction de ce rapport ont permis de faire plusieurs constats et de connaître les préoccupations des utilisateurs des technologies ainsi que des fournisseurs. Ces constats et préoccupations sont énumérés dans le rapport et ils sont à l'origine des recommandations suivantes.

Études à réaliser

1. **Suivi de la réhabilitation par chemisage structural - conduites d'égout**
2. **Suivi de la réhabilitation par chemisage structural – conduites d'eau potable**

Deux études sur le suivi à long terme de la réhabilitation des conduites par chemisage structural sont proposées. Toutefois, ces études ne devraient être lancées qu'après que certaines activités préalables aient été complétées. Ces dernières sont énumérées dans le rapport.

Documents à réaliser

1. **Compendium des défectuosités – chemisage structural conduites d'égout**
2. **Compendium des défectuosités – chemisage structural conduites d'eau potable**

Réaliser deux compendiums des anomalies rencontrées dans les gaines suite à la réhabilitation par chemisage.

3. **Revue de littérature sur les projets de suivi des conduites de réhabilitation par chemisage structural**

Réaliser une revue de littérature exhaustive sur les projets et les méthodologies de suivi de la performance des techniques de réhabilitation et s'en inspirer pour les études à venir.

4. **Feuillet décrivant la méthodologie de cueillette des échantillons *in situ* pour les conduites d'eau potable et d'égout réhabilitées**

Rédiger un document qui décrit en détail la procédure de prélèvement et d'entreposage des échantillons ainsi que la liste des informations requises sur l'environnement de la conduite.

Veille technologique

Une veille technologique, la mise en commun des connaissances et de l'expérience et la diffusion des informations doivent faire partie des activités récurrentes du CERIU.

Intervenants à mobiliser

Le CERIU devra identifier dans son réseau de contacts universitaires et de centres de recherche, les chercheurs experts prêts à s'impliquer activement dans la recherche appliquée à la réhabilitation des conduites souterraines.

Sujets de réflexion

1. **Problématique du dégagement d'odeurs de styrène**

Il sera utile de faire le point sur la problématique du dégagement d'odeurs lors de l'utilisation des résines de polyester à base de styrène pour répondre aux préoccupations grandissantes à ce sujet.

2. **Échantillon de conduite d'eau potable chemisée**

Il serait opportun d'étudier et de définir un assemblage à ajouter à la conduite d'eau potable réhabilitée par chemisage en vue de prélever un échantillon dans le futur sans interruption de service et, si possible, sans excavation.

3. **Vérifier la pertinence de se greffer au projet de recherche de l'EPA**

Il apparaît plus qu'opportun d'établir le plus rapidement possible une communication avec l'équipe de recherche de l'EPA afin de vérifier la possibilité d'une contribution mutuelle future.

4. **Prélèvement des échantillons de gaines pour les tests destructifs – avec ou sans la conduite hôte ?**

Un comité de travail regroupant des gestionnaires municipaux, des représentants de laboratoires d'essais et d'universités devrait réfléchir et suggérer un standard pour le prélèvement d'échantillons futurs.

5. **Localisation des éprouvettes pour les tests destructifs**

Le CERIU doit s'impliquer pour contribuer à définir les meilleures pratiques et à les promouvoir.

Recherche et formations à développer

1. **Projet d'évaluation des impacts des plis dans les gaines**

Il y aurait lieu de développer un projet de recherche pour évaluer l'impact des plis longitudinaux et des plis circonférentiels sur la performance hydraulique des conduites d'eau potable et d'égout réhabilitées par chemisage structural.

2. **Formations**

Chaque faculté de génie qui offre la discipline du génie civil devrait inclure dans son cursus de base au moins un cours de réhabilitation de réseaux souterrains. Une nouvelle maîtrise en gestion des infrastructures urbaines a fait l'objet d'une annonce lors d'INFRA 2012.

Suivis à faire

1. **Évaluation des propriétés des revêtements internes dans les gaines d'égout**
2. **Évaluation des propriétés des tubes de pré-moulage dans le chemisage des conduites d'égout**

Table des matières

INTRODUCTION 1

PARTIE 1 – Contexte et portée de l'étude 3

1. Contexte du projet 3

1.1 Démarrage et encadrement 3

1.2 Comité directeur 3

1.3 Comités techniques 4

1.4 Objectifs du projet 4

1.5 Mandats 5

1.5.1 École Polytechnique 5

1.5.2 Université Concordia 6

1.5.3 CIMA+ 6

2. Techniques de réhabilitation évaluées 7

2.1 Sondage du CERIU (2007) 7

2.1.1 Réseau d'eau potable 7

2.1.2 Réseaux d'égouts 8

2.1.3 Regards 9

2.2 Techniques de réhabilitation de conduites d'eau potable 10

2.2.1 Revêtement projeté à l'époxy 10

2.2.2 Chemisage structural 11

2.3 Techniques de réhabilitation de conduites d'égout 11

2.3.1 Colmatage et injection 11

2.3.2 Chemisage structural 11

2.4 Techniques de réhabilitation de regards d'égout 12

2.4.1 Colmatage et injection 12

2.4.2 Revêtements projetés 12

2.4.3 Chemisage 12

3. État de la situation de la réhabilitation 13

3.1 Rencontre avec les intervenants clés du Québec 13

3.1.1 Réseau d'eau potable 13

3.1.2 Réseau d'égouts 18

3.2 Autres sources d'informations 25

3.2.1 Réseau d'eau potable 25

3.2.2 Réseau d'égouts 26

PARTIE 2 – Suivi de la performance de la réhabilitation des conduites d'eau potable 35
4. Programme d'évaluation de la performance 35
4.1 Méthodologie de suivi de la performance des techniques de réhabilitation des conduites d'eau potable 35
4.2 Sélection des échantillons de conduites d'eau potable 36
4.3 Essais réalisés 36
5. Échantillons analysés et résultats 37
5.1 Description des échantillons de conduites d'eau potable 37
5.1.1 Ville de Dollard-des-Ormeaux (DDO) 37
5.1.2 Ville de Longueuil 38
5.1.3 Ville de Québec 39
5.2 Résultats des essais sur les échantillons de conduites d'eau potable 40
5.2.1 Résultats des essais non destructifs 40
5.2.2 Résultats des essais destructifs 42
6. Analyse des résultats et discussion 43
6.1 Revêtement projeté à l'époxy 43
6.2 Chemisage structural 44
PARTIE 3 – Suivi de la performance de la réhabilitation des conduites d'égout 46
7. Programme d'évaluation de la performance 46
7.1 Méthodologie de suivi de la performance des techniques de réhabilitation des conduites d'égout 46
7.2 Sélection des échantillons de conduites d'égout 47
7.3 Essais réalisés 47
8. Échantillons analysés et résultats 48
8.1 Description des échantillons de conduites d'égout 48
8.1.1 Ville de Québec 48
8.1.2 Ville de Laval 48
8.2 Résultats des essais sur les échantillons de conduites d'égout 49
8.2.1 Essais non destructifs 49
8.2.2 Essais destructifs 53
9. Analyse des résultats et discussion 56
9.1 Chemisage structural 56
9.1.1 Défectuosités et mesures préventives 57
9.2 Colmatage et injection 58
PARTIE 4 – Suivi de la performance de la réhabilitation des regards d'égout 59
10. Programme d'évaluation de la performance 59

10.1 Méthodologie de suivi de la performance des techniques de réhabilitation des regards d'égout 59
10.2 Sélection des échantillons de regards d'égout 59
10.3 Essais réalisés 60
11. Échantillons analysés, résultats et discussion 60
11.1 Description des échantillons de regards d'égout 60
11.1.1 Ville de Laval 60
11.1.2 Cité de Dorval 60
11.2 Résultats des essais non destructifs sur les regards d'égout 61
11.2.1 Ville de Laval 61
11.2.2 Cité de Dorval 62
11.3 Analyse des résultats 63
11.3.1 Ville de Laval 63
11.3.2 Cité de Dorval 63
PARTIE 5 – Constats et recommandations 66
12. Constats et préoccupations des intervenants interviewés 66
12.1 Constats 66
12.1.1 Étude sur le suivi de la réhabilitation 66
12.1.2 Connaissance universitaire 67
12.1.3 Défauts et impacts sur la pérennité et le service 67
12.1.4 Essais et contrôles de qualité 67
12.1.5 Impact sur les activités d'opération des conduites et du réseau d'eau potable 68
12.1.6 Besoins de formations 68
12.2 Préoccupations des intervenants interviewés 68
12.2.1 Conduite d'eau potable 68
12.2.2 Conduite d'égout 69
12.2.3 Préoccupations générales 70
13. Recommandations 71
13.1 Suggestions de mesures à apporter pour corriger les déficiences observées ou améliorer la qualité et le suivi des travaux de chemisage 72
13.2 Conditions à mettre en place pour la réalisation d'autres études 75
13.2.1 Études à réaliser 75
13.2.2 Documents à réaliser 76
13.2.3 Veille technologique 77
13.2.4 Intervenants à mobiliser 78
13.2.5 Sujets de réflexion 78

13.2.6 Recherche et formations à développer 80
13.2.7 Suivis à faire 81
CONCLUSION 82
BIBLIOGRAPHIE 85

Liste des figures

Figure 1 – Principales méthodes de réhabilitation utilisées au Québec principalement depuis 1990 (Source : Rapport École Polytechnique, 2013) 7

Figure 2 – Techniques de réhabilitation et longueurs des tronçons réhabilités (Source : Rapport École Polytechnique, 2013) 8

Figure 3 – Échantillons de la ville de Dollard-des-Ormeaux (Source : École Polytechnique, 2013) 38

Figure 4 – Échantillons de la ville de Longueuil (Source École Polytechnique, 2013) 39

Figure 5 – Échantillons de la ville de Québec (Source École Polytechnique, 2013) 39

Figure 6 – Répartition des défauts des conduites réhabilitées par chemisage structural à la ville de Québec (Source : Concordia, 2013) 50

Figure 7 – Répartition des défauts dans les conduites réhabilitées par colmatage et injection à la ville de Laval (Source : Concordia, 2013) 52

Figure 8 – Répartition des cotes d'état pour les conduites d'égout réhabilitées par chemisage – Ville de Québec (Source : Concordia, 2013) 57

Figure 9 – Répartition des cotes pour l'état fonctionnel des regards – Ville de Laval (Source : Concordia, 2013) 62

Figure 10 – Répartition des cotes pour l'état structural des regards – Ville de Laval (Source : Concordia, 2013) 62

Figure 11 – Répartition des cotes pour l'état structural des regards – Cité de Dorval (Source : Concordia, 2013) 63

Figure 12 – État des regards de la Cité de Dorval 64

Liste des tableaux

Tableau 1 – Distribution des techniques de réhabilitation continue au Québec 8

Tableau 2 – Pourcentage des techniques de réhabilitation utilisées au Québec 9

Tableau 3 – Techniques de réhabilitation de regards 9
Tableau 4 – Liste des techniques évaluées dans la présente étude 10
Tableau 5 – Stratégies d'évaluation considérées dans cette étude (Source : EPA, 2012) 30
Tableau 6 – Résumé du suivi des projets de chemisage structural 33
Tableau 7 – Description des échantillons de conduites d'eau potable 36
Tableau 8 – Essais à réaliser sur les deux types d'échantillons de conduites d'eau potable. ... 37
Tableau 9 – Résultats des essais non destructifs sur les échantillons de conduites d'eau potable retenus pour évaluation 40
Tableau 10 – Résultats des essais destructifs sur les échantillons de conduites d'eau potable réhabilitées par chemisage structural 42
Tableau 11 – Échantillons selon la technique et la ville où le suivi est réalisé 47
Tableau 12 – Essais à réaliser sur les deux types d'échantillons de conduites d'égout 48
Tableau 13 – Données physiques obtenues auprès de la Ville de Québec sur les échantillons de conduites 49
Tableau 14 – Catégories des défauts observés 49
Tableau 15 – Exemples de défauts dans les conduites réhabilitées par chemisage structural (Source : Concordia, 2013) 51
Tableau 16 – Résultats des essais non destructifs sur les échantillons de conduites d'égout retenus pour évaluation 51
Tableau 17 – Résultats des essais destructifs sur les échantillons de conduites d'égout retenus pour évaluation 53
Tableau 18 – Informations sur la conduite réhabilitée par chemisage structural dans laquelle les échantillons ont été prélevés (Source : Insituform) 54
Tableau 19 – Valeurs comparatives des résultats d'essais réalisés en Grande-Bretagne et au cours de la présente étude 55
Tableau 20 – Description des cotes selon le protocole PACP CERIU/NASSCO 56
Tableau 21 – Échantillons selon la technique et la ville où le suivi est réalisé 59
Tableau 22 – Essais à réaliser sur les regards 60
Tableau 23 – Échelle d'évaluation des regards ville de Laval (Source SIMO, 2009) 60
Tableau 24 – Cotes d'état pour les regards Cité de Dorval (Source – Concordia, 2013) 61
Tableau 25 – Classement des regards par type d'infiltration 61
Tableau 26 – Années de réhabilitation des regards 63
Tableau 27 – État des regards par type de réhabilitation – Cité de Dorval 64

Tableau 28- Suggestions d'interventions pour améliorer la qualité et le suivi des travaux de chemisage 74

Liste des annexes

Annexe 1 Résumé des rencontres avec les intervenants clés

Annexe 2 Suivi de la performance des travaux de réhabilitation – Eau potable

Annexe 3 Suivi de la performance des travaux de réhabilitation – Égout

Abréviation

ASTM	American Society for Testing and Materials
CERIU	Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines
CIPP	Cure-in-Place Pipe
CPIS	Conseil permanent des infrastructures souterraines
DDO	Ville de Dollard-des-Ormeaux
TD	Test destructif
DTP	Direction des travaux publics
EPA	Environmental Protection Agency
Groupe CTT	Laboratoire d'essai
ICGA	Infiltration Control Grouting Association
ISO	International Standard Organisation
LON	Ville de Longueuil
MAMROT	Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire
n	Coefficient de Manning
NASSCO	National Association of Sewer Service Companies
TND	Test non destructif
PACP ®	Pipeline Assessment and Certification Program ®
PE	Polyéthylène
PU	Polyuréthane
PVC	Polychlorure de vinyle
QUE	Ville de Québec
Rayon UV	Rayon ultra-violet
UK	United Kingdom
V2	Inspection télévisée avant gainage
V3	Inspection télévisée après gainage
V4	Inspection télévisée après la période de garantie

INTRODUCTION

Les différents paliers de gouvernements ont consenti au cours des cinq dernières années des investissements majeurs pour le renouvellement des infrastructures municipales, représentant plus de 4 milliards de dollars annuellement. Toutefois, ces investissements ne suffisent pas à combler le déficit d'entretien qui se chiffrait, en 2011, à 34,2 milliards de dollars selon une étude réalisée par la firme Deloitte & Touche pour le compte de l'Union des municipalités du Québec.

Le recours à des technologies de réhabilitation moins invasives et dont les coûts totaux, incluant les coûts directs et socioéconomiques, sont moins importants que ceux du remplacement conventionnel fait désormais partie des choix des gestionnaires qui voient dans ces techniques une alternative pour optimiser les coûts sur le cycle de vie des infrastructures, élément clé de la saine gestion des actifs municipaux. Le marché de la réhabilitation subit une forte croissance depuis le début des années 2000 et les intervenants du milieu municipal prévoient que cette croissance s'accélérera dans le futur.

Devant cet engouement pour les techniques de réhabilitation, mais aussi face à certaines incertitudes sur la pérennité des conduites réhabilitées et sur leur durée de vie réelle, les acteurs du milieu, regroupés sous la houlette du Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines (CERIU), ont développé un projet visant à évaluer et à suivre la performance des techniques de réhabilitation les plus utilisées au Québec. Le présent rapport fait partie d'un projet financé par le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT) dont l'objectif principal est d'évaluer la performance des techniques de réhabilitation des réseaux de conduites d'eau potable et d'égout ainsi que des regards.

Ces techniques sont-elles en mesure d'augmenter significativement la durée de vie des conduites existantes ? Permettent-elles d'optimiser le cycle de vie de ces actifs et les investissements consentis ? Voilà, en essence, les questions que se posent les gestionnaires municipaux qui ont recours aux techniques de réhabilitation.

Plusieurs centaines de kilomètres de conduites d'eau potable et d'égout ont déjà fait l'objet d'une réhabilitation au cours des 10 à 20 dernières années. Le présent projet a fourni une excellente opportunité pour franchir un pas important dans une démarche continue d'évaluation de la performance des techniques de réhabilitation sans toutefois permettre de répondre complètement aux questions posées.

Un sondage effectué par le CERIU auprès des municipalités et des entreprises spécialisées a permis d'identifier, et de retenir pour l'évaluation, les techniques les plus utilisées dans la réhabilitation des réseaux de conduites d'eau potable et d'égout. Ces techniques sont : le revêtement projeté à l'époxy et le chemisage structural pour les conduites d'eau potable, le colmatage et injection et le chemisage structural pour les conduites d'égout, et le colmatage et

injection, les revêtements projetés à base de mortier ou de résines et polymères et le chemisage pour les regards d'égout.

La méthodologie utilisée par les équipes de recherche universitaire a consisté à :

- Classer les données sur les techniques retenues pour l'étude et à les examiner selon différents critères;
- Réaliser une analyse statistique permettant de déterminer un échantillon représentatif en vue d'une généralisation des résultats à obtenir;
- Déterminer le nombre et la localisation des échantillons à prélever pour les tests destructifs;
- Réaliser les tests non destructifs et les tests destructifs sur les échantillons répondant aux exigences de la norme ASTM F1216;
- Analyser les résultats et se prononcer sur la performance.

Les villes de Longueuil, Québec et Dollard-des-Ormeaux ont fourni des échantillons de conduites d'eau potable réhabilitées pour les tests destructifs et les tests non destructifs. Les villes de Laval, Québec et la Cité de Dorval ont fourni des données sur leurs réseaux de conduites et de regards d'égout pour les tests non destructifs et deux échantillons de conduite réhabilitée ont été prélevés et fournis par la Ville de Québec pour les tests destructifs. De plus, il est important de souligner la participation d'autres villes à différentes activités des comités techniques.

Le rapport du projet est divisé en cinq parties. La première présente le contexte du projet, les objectifs poursuivis et les mandats confiés aux experts. Les techniques de réhabilitation évaluées dans l'étude y sont décrites brièvement. Ensuite, un état de situation de la réhabilitation au Québec est décrit à partir d'entretiens réalisés avec des intervenants impliqués dans la réhabilitation des réseaux souterrains provenant des secteurs municipal et industriel. Cette première partie est complétée par des résumés d'articles et d'études sur la technique du chemisage structural, principalement de conduites d'égout, que nous avons jugés pertinents d'inclure pour informer les lecteurs intéressés.

Les deuxième, troisième et quatrième parties présentent, selon une même structure, la méthodologie utilisée par les équipes de chercheurs, les échantillons retenus pour les tests destructifs et non destructifs, les résultats obtenus ainsi qu'une brève analyse des résultats pour les techniques de réhabilitation des conduites d'eau potable, des conduites d'égout et des regards respectivement. Les informations, données et analyses proviennent essentiellement des rapports préparés par l'École Polytechnique, pour les techniques de réhabilitation des conduites d'eau potable et par l'Université Concordia, pour les conduites et regards d'égout.

Finalement, la cinquième partie rapporte les constats et préoccupations des intervenants du milieu pour l'ensemble des activités du domaine de la réhabilitation. Il apparaît clair pour tous que le succès et la pérennité des techniques de réhabilitation ne seront assurés que si chaque étape et activité sont réalisée avec compétence et expertise. Cette cinquième partie contient de plus une série de recommandations classées par thématique.

PARTIE 1 – Contexte et portée de l'étude

1. Contexte du projet

L'idée de ce projet origine du conseil permanent des infrastructures souterraines (CPIS) déjà en 2004. En effet, les membres avaient exprimé leur intérêt à connaître la performance des techniques de réhabilitation puisque celles-ci semblaient vouées à une utilisation de plus en plus importante. Il devenait de plus en plus évident pour les gestionnaires municipaux, membres du CPIS, que les techniques de réhabilitation deviendraient des alternatives au remplacement et permettraient d'optimiser les investissements tout en fournissant un meilleur niveau de service aux citoyens. La connaissance de la performance à long terme des techniques de réhabilitation devenait une priorité pour les utilisateurs présents et à venir.

1.1 Démarrage et encadrement

Une demande de financement a été présentée à plusieurs instances subventionnaires et finalement au ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT) dans le cadre du Programme d'infrastructures Québec-Municipalités (PIQM). C'est lors du congrès INFRA, tenu à Québec en 2006, que ce projet a fait l'objet d'une annonce de la ministre des Affaires municipales. Une aide financière a été accordée par le MAMROT pour la réalisation de cette étude.

La cité de Dorval a été retenue comme ville responsable du projet et gestionnaire financier tandis que la coordination du projet et le suivi scientifique ont été confiés au Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines (CERIU).

Pour assurer le suivi du projet et obtenir la contribution des intervenants du milieu provenant autant des villes et municipalités que des entreprises spécialisées, le CERIU a formé trois comités, un comité directeur et deux comités techniques.

1.2 Comité directeur

Le comité directeur regroupe les représentants des villes partenaires ayant accepté de contribuer au projet. Cet engagement s'est confirmé par l'adoption d'une résolution à cet effet. Concrètement, la contribution attendue des membres du comité directeur consistait à prélever et fournir des échantillons de conduites réhabilitées, à transmettre les données historiques sur les projets correspondants ainsi que des données d'auscultation récentes pour des fins d'analyse. Les villes participantes devaient de plus déléguer à la cité de Dorval la gestion et l'administration financière des travaux à faire dans le cadre de ce projet en conformité avec les lois et règlements municipaux.

Les villes de Dorval, Dollard-des-Ormeaux, Longueuil, Québec, Laval et Montréal sont les villes partenaires. Des représentants d'autres villes se sont joints au Comité et ont participé activement aux travaux du comité directeur.

1.3 Comités techniques

Deux comités techniques thématiques ont été formés : conduites d'eau potable et conduites d'égout et regards. Chacun des comités techniques regroupe des représentants des villes partenaires, des entrepreneurs et des fournisseurs, spécifiquement intéressés par un type de réseau ou l'autre. Le rôle des membres des comités techniques consiste à cibler les projets, déterminer les essais à réaliser par les laboratoires, assurer le suivi technique et apporter des idées, des témoignages et des suggestions basées sur leur expérience. Plusieurs villes, entreprises et fournisseurs ont participé activement aux réunions des comités techniques selon leurs intérêts respectifs.

1.4 Objectifs du projet

Trois objectifs principaux sont poursuivis dans ce projet. D'abord, on cherche à évaluer et à mesurer les indicateurs de performance des infrastructures souterraines réhabilitées. Ensuite il s'agit d'identifier les points forts et faibles des techniques de réhabilitation par l'observation du comportement des matériaux de réhabilitation. Finalement, on cherche à conclure sur l'applicabilité des techniques de réhabilitation sans tranchée aux conduites souterraines.

Pour atteindre ces objectifs, une méthodologie a été définie par le CERIU et les étapes suivantes ont été planifiées et réalisées :

- Réaliser une enquête auprès des municipalités sur les travaux de réhabilitation effectués;
- Constituer un inventaire des travaux de réhabilitation sans tranchée des infrastructures souterraines;
- Créer des partenariats avec les villes;
- Identifier les tronçons de conduites à ausculter;
- Élaborer un programme de suivi scientifique sur des échantillons représentatifs des projets de réhabilitation;
- Identifier des indicateurs de performance à mesurer ou à évaluer pour chaque échantillon de conduite;
- Ausculter les tronçons de conduites identifiés à une étape précédente;
- Mesurer et évaluer la performance à partir des indicateurs identifiés précédemment;
- Analyser les résultats et produire un rapport.

Ces étapes ont été réalisées par différents intervenants au cours de la durée du projet, dont l'échéancier initial prévoyait l'évaluation des données recueillies sur les réseaux d'égout

(conduites et regards) à l'été 2007 et l'évaluation de celles recueillies sur les conduites d'eau potable à l'été 2008.

Plusieurs impondérables sont survenus en cours de projet retardant de plusieurs mois la cueillette d'échantillons et les étapes subséquentes qui en dépendaient. Des appels d'offres publics ont permis de confier à des experts universitaires la réalisation des essais destructifs et non destructifs sur les échantillons de conduites retenus, l'analyse des résultats et la production des rapports de suivi scientifique pour l'évaluation des techniques de réhabilitation des conduites et regards d'égout et pour l'évaluation des techniques de réhabilitation des conduites d'eau potable. Finalement la rédaction du rapport synthèse a été confiée à une firme externe suite à un appel de propositions.

1.5 Mandats

Les mandats confiés aux différents experts sont résumés dans les paragraphes qui suivent.

1.5.1 École Polytechnique

Un contrat a été octroyé le 22 juin 2011 au Centre de développement technologique de l'École Polytechnique de Montréal. Le professeur Musandji Fuamba du département des génies civil, géologique et des mines a été chargé de l'étude portant sur l'analyse de la performance et de la durabilité des travaux de réhabilitation sans tranchée pour les conduites d'eau potable.

Les activités incluses au mandat sont les suivantes :

- L'analyse des données préliminaires relatives aux échantillons fournis et aux techniques retenues;
- La détermination des tests destructifs à réaliser;
- La coordination et la supervision des essais avec le laboratoire et les municipalités impliquées dans le projet;
- Les analyses des résultats des essais destructifs provenant des municipalités;
- Les analyses statistiques à réaliser si le nombre d'échantillons le permet;
- La rédaction d'un rapport préliminaire dont la table des matières est proposée par le comité de travail;
- L'inclusion des commentaires des membres du comité et la production d'un rapport final.

L'essentiel du contenu du rapport de l'École Polytechnique est repris dans les différentes sections du présent rapport.

1.5.2 Université Concordia

Un contrat a été octroyé le 20 avril 2011 au Bureau de la recherche de l'Université Concordia. Le professeur Tarek Zayed du département d'ingénierie a été chargé des travaux d'analyse des données et de rédaction du rapport – égouts et regards.

Les activités incluses au mandat sont les suivantes :

- Analyse des données existantes (inspections télévisées et autres) :
  - ✓ Détermination des tests non destructifs à réaliser,
  - ✓ Détermination des tests destructifs à réaliser,
  - ✓ Analyse des données des inspections télévisées réalisées pour les fins du projet de suivi (environ 5 200 mètres de conduites),
  - ✓ Analyse des défauts et catégorisation;
- Détermination de la portée et des travaux à être réalisés par un laboratoire à identifier :
  - ✓ Coordination et supervision de la réalisation des essais destructifs,
  - ✓ Coordination des activités avec les municipalités participantes;
- Analyse des résultats :
  - ✓ Analyse des résultats des essais destructifs réalisés par le laboratoire,
  - ✓ Analyse des essais non destructifs provenant des municipalités,
  - ✓ Identification des paramètres ou facteurs dominants qui influent sur la détérioration des conduites;
- Rédaction d'un rapport dont la table des matières est proposée par le comité de travail, inclusion des commentaires des membres du comité et production d'un rapport final.

L'essentiel du contenu du rapport de l'Université Concordia est repris dans les différentes sections du présent rapport.

1.5.3 CIMA+

Un mandat a été octroyé le 7 novembre 2012 à la firme CIMA+ suite à un appel de propositions. Les activités incluses au mandat de CIMA+ sont notamment la coordination de la finalisation des rapports de l'Université Concordia et de l'École Polytechnique et la rédaction d'un rapport synthèse qui inclut l'essentiel des rapports des universités.

Ce rapport synthèse devra de plus inclure des recommandations sur les mesures à apporter pour corriger les déficiences observées et les conditions à mettre en place pour la réalisation d'une prochaine étude sur la performance en tenant compte des difficultés rencontrées dans la présente étude.

2. Techniques de réhabilitation évaluées

Le CERIU a réalisé un sondage en 2007 auprès des villes et municipalités du Québec ainsi que des entreprises offrant des techniques de réhabilitation d'infrastructures souterraines dans le but de tracer un portrait des techniques de réhabilitation[1] utilisées au Québec. Les informations recueillies incluent des statistiques sur les techniques continues et les techniques ponctuelles utilisées pour la réhabilitation des conduites d'eau potable, des conduites d'égouts et des regards. Il faut toutefois noter que ces données ne sont pas exhaustives, mais elles constituent un portrait utile permettant de déceler des tendances.

L'analyse des informations recueillies et compilées par le CERIU pour les trois périodes précisées dans le formulaire d'enquête, « Avant 1990 », « 1990-2000 », « Après 2000 [2]», permet de présenter les résultats suivants.

2.1 Sondage du CERIU (2007)

2.1.1 Réseau d'eau potable

La figure 1 montre que 34% des conduites d'eau potable réhabilitées pour l'ensemble des périodes visées l'ont été par chemisage structural, que 38% l'ont été par revêtement projeté et que 27% des conduites ont fait l'objet d'une protection cathodique, technique de prévention contre la corrosion externe.

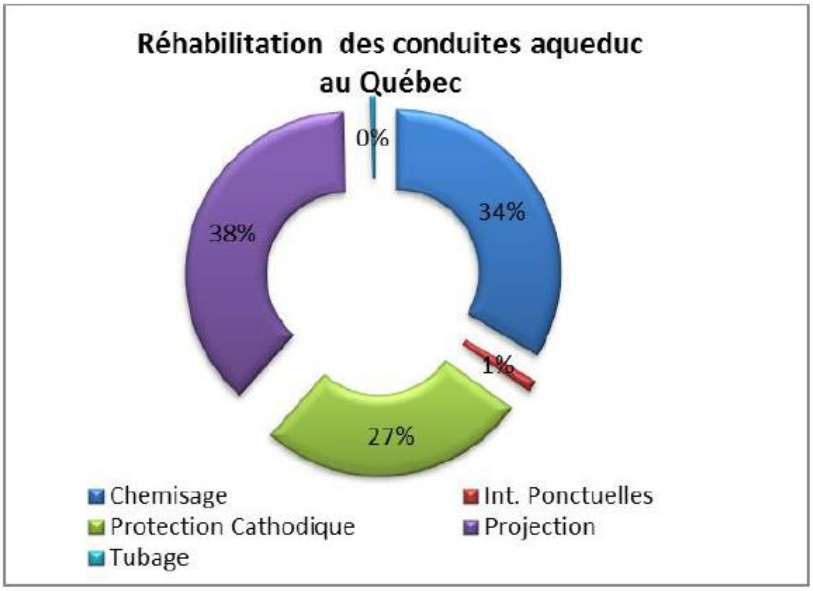


Figure 1 – Principales méthodes de réhabilitation utilisées au Québec principalement depuis 1990 (Source : Rapport École Polytechnique, 2013)

[1] Le domaine de la réhabilitation est un domaine spécialisé qui a son propre vocabulaire technique. Le lecteur est invité à consulter le classeur *Infrastructures souterraines*, publié par le CERIU, dans lequel se trouve un glossaire technique.

[2] Jusqu'en 2007, année du sondage.

Lorsqu'on analyse plus précisément les résultats sur les techniques utilisées par période de temps, on retient que seuls la protection cathodique et les manchons ont été utilisés avant 1990. Les revêtements projetés de mortier de ciment et d'époxy ont connu leur essor entre 1990 et 2000 avec 150 km de conduites réhabilitées. Le chemisage et la protection cathodique sont les techniques les plus utilisées depuis 2000. Elles totalisent 86% des travaux exécutés au cours de cette période. On notera une progression de 257% du chemisage après 2000 comparée à la période 1999-2000.

La figure 2 présente les statistiques de longueurs de conduites réhabilitées par technique pour les périodes avant 2000 et après 2000. On constate que le linéaire de conduites chemisées après 2000 (Chemisage-Inversion, Chemisage-Tirage, Chemisage-non-spécifié (NS) se compare au linéaire de conduites revêtues avant 2000 (Projection-Mortier, Projection-Epoxy). Ces statistiques rejoignent les informations obtenues des gestionnaires municipaux impliqués dans la réhabilitation à l'effet que la technique de réhabilitation fonctionnelle par revêtement projeté a été supplantée par la technique de chemisage structural depuis que cette dernière est disponible et mieux connue.

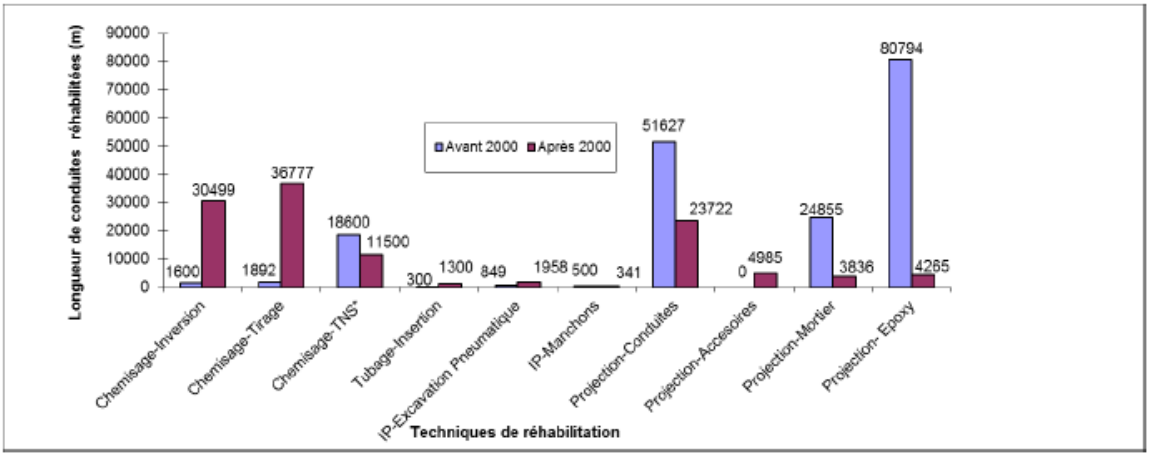


Figure 2 – Techniques de réhabilitation et longueurs des tronçons réhabilités (Source : Rapport École Polytechnique, 2013)

2.1.2 Réseaux d'égouts

Dans le cas de la réhabilitation des conduites d'égout, les données recueillies auprès des villes et municipalités, et présentées dans le tableau 1, montrent que la technique de réhabilitation continue la plus utilisée est le chemisage structural avec près de 93% du linéaire.

Technique	Longueur	
	(m)	(%)
Chemisage structural	42 146	92,8
Insertion conventionnelle	1 061	2,3
Insertion segmentée	1 432	3,2
Insertion déformée/ajustée	492	1,1
Joints spiralés	300	0,7
TOTAL	**45 431**	**100,0**

Tableau 1 – Distribution des techniques de réhabilitation continue au Québec

Lorsqu'on analyse les statistiques de l'ensemble des données obtenues pour les techniques de réhabilitation continues et ponctuelles, présentées dans le tableau 2 selon la classification imposée dans le formulaire du sondage, on remarque que la technique de colmatage et injection constitue la technique la plus utilisée avec 63,3 % du linéaire total, toutes périodes confondues. La consultation des données provenant du sondage du CERIU permet de constater que cette technique est aussi la plus utilisée pour chaque période de temps prise individuellement, avec le chemisage qui la talonne au tournant de l'année 2000.

Technique	Longueur (m)	Pourcentage (%)
Chemisage structural	42 146	32,9
Autres techniques continues	3 285	2,6
Colmatage et injection	80 961	63,3
Chemisage ponctuel	1 085	0,8
Autres (époxy)	500	0.4
TOTAL	127 977	100,0

Tableau 2 – Pourcentage des techniques de réhabilitation utilisées au Québec

2.1.3 Regards

Le sondage du CERIU incluait les techniques de réhabilitation de regards. Le tableau 3 présente les données recueillies en nombre de regards classés selon trois types de techniques. On remarque que la technique de colmatage et injection est la plus courante avec plus de 87 % de regards réhabilités à l'aide de cette méthode.

Technique	Regards	
	(nombre)	(%)
Revêtements projetés	115	11,8
Colmatage et injection	850	87,4
Chemisage	8	0,8
TOTAL	973	100,0

Tableau 3 – Techniques de réhabilitation de regards

Sur la base des constats de ce sondage et des données rendues disponibles par les municipalités, le tableau 4 résume les techniques qui seront évaluées dans le cadre de la présente étude. Les villes ayant fourni des échantillons de conduites réhabilitées par ces différentes techniques sont aussi identifiées dans ce même tableau. Une brève description de chacune de ces techniques est présentée dans la prochaine section.

Type d'infrastructure	Technique évaluée	Ville [3] ayant fourni un ou des échantillons
Conduite d'eau potable	Revêtement projeté d'époxy	Dollard-des-Ormeaux
	Chemisage structural	Québec
		Longueuil
Conduite d'égout	Colmatage et injection	Laval
	Chemisage structural	Québec
Regard d'égout	Colmatage et injection	Laval
	Revêtements projetés à base de mortier	Laval
		Dorval
	Revêtements projetés à base de résine ou de polymères	Dorval
	Chemisage	Dorval

Tableau 4 – Liste des techniques évaluées dans la présente étude

2.2 Techniques de réhabilitation de conduites d'eau potable

2.2.1 Revêtement projeté à l'époxy

Cette technique non structurale vise à améliorer les caractéristiques hydrauliques de la conduite existante tout en la protégeant contre la corrosion interne. Cette technique peut être complétée par l'installation d'une protection cathodique. Si nécessaire, un réseau d'alimentation temporaire est d'abord installé pour assurer le service de distribution d'eau potable aux résidents touchés par les travaux. Des puits d'accès sont excavés là où se trouvent des accessoires et les conduites sont nettoyées par alésage, raclage ou à l'aide de jets d'eau à haute pression jusqu'à ce qu'elles soient parfaitement libres de toute obstruction. Une inspection télévisée est alors effectuée pour vérifier la qualité du nettoyage et pour procéder au mesurage précis de la localisation des entrées de service.

Une opération d'assèchement peut être nécessaire avant la projection du revêtement d'époxy. Un outil de projection centrifuge est tiré dans la conduite à l'aide d'un câble fixé à un treuil ; la tête rotative de l'outil de projection permet l'application uniforme du revêtement sur la paroi interne de la conduite. Le débit de la pompe est ajusté en fonction de l'épaisseur requise.

Une fois le nouveau revêtement durci, les conduites sont réassemblées et remises en service après avoir été désinfectées.

[3] Il doit être noté que la Ville de Laval, qui a réalisé au cours des dernières décennies plusieurs projets de réhabilitation, a proposé des échantillons de conduite d'eau potable réhabilitée par revêtement projeté, mais ceux-ci n'ont pas été retenus pour des raisons de représentativité statistique.

2.2.2 Chemisage structural

Le chemisage structural consiste à insérer, par tirage ou par inversion, dans une conduite existante, une gaine fabriquée d'un revêtement étanche et de fibres tissées imprégnées de résine d'époxy. Plusieurs travaux préparatoires sont toutefois requis avant de pouvoir procéder au chemisage de la conduite. D'abord, un réseau d'alimentation temporaire doit être mis en place, au besoin, afin d'assurer la continuité du service de distribution d'eau potable aux résidents touchés par les travaux. Des puits d'accès sont ensuite réalisés et la conduite est nettoyée parfaitement. Une inspection télévisée permet de confirmer la qualité du nettoyage et de procéder au mesurage précis des entrées de service et à leur obturation temporaire par la mise en place d'un bouchon de plastique ou de silicone à l'aide d'un robot.

Lorsque la conduite est prête à être chemisée, la gaine est insérée ou inversée dans la conduite et est plaquée sur la paroi de la conduite hôte grâce à une pression d'eau ou d'air. On amorce alors la polymérisation de la résine par un apport de chaleur, suivi d'un refroidissement. Lorsque la gaine est durcie, on procède à la réouverture des entrées de service à l'aide d'un robot, à l'inspection de validation et au raccordement de la conduite au réseau. La nouvelle conduite est remise en service après désinfection.

2.3 Techniques de réhabilitation de conduites d'égout

2.3.1 Colmatage et injection

Cette technique met en œuvre un coulis d'étanchéité qui sert à combler les fissures et les vides afin d'empêcher l'infiltration d'eau provenant du sol environnant la conduite. Ce coulis est mélangé dans un camion de service stationné à proximité d'un regard, et est ensuite injecté dans la conduite à l'aide d'un *packer* d'injection, opéré à distance et jumelé à une caméra de télévision permettant de localiser les défauts et les joints non étanches. Une fois la zone défectueuse isolée, le coulis est injecté sous pression et cette pression est maintenue un certain temps. Un essai d'étanchéité confirme le succès de l'opération et le *packer* est dégonflé et dirigé vers la prochaine zone à étanchéiser Les bonnes pratiques pour l'application de cette technique requièrent que tous les joints d'une même section fassent l'objet d'un essai d'étanchéité et soient colmatés en cas d'échec.

2.3.2 Chemisage structural

Tout comme le chemisage structural dans les conduites d'eau potable, la technique consiste à insérer une chemise souple fabriquée de feutre de polyester non tissé ou de fibres de verre imprégnées de résine thermodurcissable. Selon le procédé, une pression d'air ou d'eau est utilisée pour plaquer la chemise contre la paroi de la conduite hôte. Différents types de résines peuvent être employés; toutefois, les résines de polyester sont les plus courantes dans les réseaux d'égouts.

L'accès à la conduite existante se fait par les regards et le débit d'eau usée est dévié à l'aide de pompes. Des travaux de nettoyage et d'alésage précèdent le chemisage, ainsi qu'une inspection télévisée permettant de confirmer la qualité du nettoyage et de localiser les raccordements. La polymérisation de la résine se fait à l'aide de vapeur, d'eau chaude recirculée ou de rayons ultra-violets (UV). Une fois la période de refroidissement complétée, les extrémités de la chemise sont découpées ainsi que les entrées de service. Un scellant est mis en place à la jonction conduite/regard et aux raccordements lorsque les conduites sont visitables.

2.4 Techniques de réhabilitation de regards d'égout

2.4.1 Colmatage et injection

La technique de colmatage et injection dans les regards a été développée selon les mêmes principes et pour les mêmes objectifs que celle utilisée dans les conduites. Dans le cas des regards, l'essai d'étanchéité est réalisé en bouchant toutes les conduites raccordées au regard et en le remplissant d'eau. La perte d'eau est évaluée après une période de temps prédéfinie et est comparée aux normes. Lorsque la perte d'eau dépasse la limite acceptable, le regard est drainé et des trous sont forés dans les parois du regard. Du coulis est ensuite injecté à l'aide d'un fusil sous pression relié à l'unité en surface.

2.4.2 Revêtements projetés

Cette technique consiste à projeter un revêtement à base de mortier, de résine ou de polymères sur la face interne d'un regard pour ajouter une couche protectrice sur la surface défectueuse. La projection d'un revêtement dans un regard peut être effectuée manuellement dans les regards de grands diamètres, en utilisant un fusil qui projette le produit perpendiculairement à la paroi et en plusieurs passages multidirectionnels jusqu'à l'obtention de l'épaisseur de revêtement requise. La projection peut aussi se faire mécaniquement, dans les regards de petites dimensions, avec un applicateur rotatif qui est descendu jusqu'au plus bas niveau du regard. La projection centrifuge débute et l'applicateur est remonté à une vitesse déterminée correspondant à l'épaisseur de revêtement requise.

2.4.3 Chemisage

La technique de chemisage consiste à insérer une gaine souple faite d'un tube de fibres de verre imprégné de résine à l'intérieur du regard et à la plaquer sur la paroi du regard à l'aide d'un dispositif gonflable. La polymérisation de la résine se fait ensuite par l'ajout d'une pression de vapeur à l'intérieur du dispositif gonflable. La polymérisation de la résine dure une ou deux heures; la chemise est ensuite refroidie et le dispositif est dégonflé et retiré. Finalement, la gaine est découpée à l'emplacement des conduites.

3. État de la situation de la réhabilitation

3.1 Rencontre avec les intervenants clés du Québec

L'évaluation de la performance des nouvelles techniques d'intervention dans le domaine des réseaux souterrains d'infrastructures ne peut se résumer à des essais sur les matériaux et à des évaluations qualitatives par l'intermédiaire d'inspections visuelles. D'autres informations sur le contexte dans lesquels les projets ont été réalisés, la façon dont le diagnostic a été posé, le niveau de connaissances et d'expertise des différents intervenants sont nécessaires pour mieux apprécier les forces et les faiblesses de tout nouveau domaine technologique.

Des entrevues semi-dirigées ont été réalisées avec des intervenants municipaux et des représentants de l'industrie sélectionnés parmi les villes et entreprises ayant participé aux travaux des comités mis en place pour la réalisation de la présente étude. Une liste de sujets et de questions a d'abord été transmise à chaque personne et un rendez-vous a été fixé dans les jours et les semaines qui ont suivi. Un résumé de chaque entretien a été rédigé et validé par chaque intervenant. Ces résumés se trouvent en annexe 1.

Chaque entretien a permis de mieux comprendre les enjeux de la réhabilitation des infrastructures souterraines et les préoccupations des utilisateurs quant au contrôle de qualité, à la performance à long terme de la réhabilitation et à la pérennité des conduites.

3.1.1 Réseau d'eau potable

Représentants des villes

On retrouvera dans les prochains paragraphes les commentaires des représentants des villes de Montréal, Dollard-des-Ormeaux, Laval, Longueuil et Québec.

DIAGNOSTIC

En général, les sections de conduites à réhabiliter sont choisies à partir des résultats du plan d'intervention. Les indicateurs utilisés dans le plan d'intervention peuvent varier d'une ville à l'autre, mais le nombre de bris inventoriés sur le réseau d'eau potable est un indicateur utilisé par toutes les villes pour poser un diagnostic sur l'état structural des sections de conduites d'eau potable. Une fois le diagnostic posé et les sections prioritaires identifiées, une analyse intégrée est faite (eau potable, égout, chaussée) peu importe l'infrastructure qui génère l'action. Le choix d'intervention est ensuite confirmé : chemisage structural, chemisage structural préventif, chemisage reporté, remplacement par excavation.

Selon les gestionnaires interrogés, le choix des conduites à réhabiliter est fait selon leur connaissance du réseau et du milieu. Les gestionnaires reconnaissent qu'ils disposent de peu d'outils pour statuer sur l'état des conduites d'eau potable.

CHOIX DE LA MÉTHODE D'INTERVENTION

Quelques représentants de ville ont parlé de leur expérience avec la technique de projection d'époxy, utilisée dans les années 1990, pour la réhabilitation fonctionnelle des conduites d'eau potable. Certaines villes ont réhabilité plusieurs kilomètres de conduites avec cette technique. Les gestionnaires ont constaté que les conduites réhabilitées avec la projection d'époxy ont continué à se dégrader et ont connu plusieurs bris après la réhabilitation. Un fort pourcentage de ces conduites a dû être remplacé ou chemisé depuis. Plusieurs des ingénieurs interrogés attribuent ces insuccès aux opérations de nettoyage intensives que les conduites devaient subir avant la réhabilitation. L'enlèvement des nodules de rouille contribuait à affaiblir les conduites dont l'état structural était déjà déficient. La technique de projection n'ajoutait pas de capacité structurale supplémentaire à la conduite existante.

La technique de revêtement projeté a été supplantée par le chemisage structural au début des années 2000. Cette situation s'explique notamment par le fait que le chemisage structural permet de reprendre toutes les charges auxquelles la conduite est soumise et par la faible différence de coûts entre les deux techniques (même organisation de chantier, réseau d'alimentation temporaire, nettoyage des conduites, puits d'accès, etc.). Un des bénéfices indirect du chemisage structural est la diminution des pertes d'eau.

COÛTS DES OPTIONS

Les coûts du chemisage structural varient selon le diamètre et la complexité de l'ouvrage. Les coûts peuvent être plus élevés lorsqu'une ville inclut des exigences particulières dans ses devis. À titre d'exemple, les villes de Montréal et de Dollard-des-Ormeaux exigent la réfection des puits d'accès à l'aide de remblai sans retrait.

DEVIS

En général, dans les villes interrogées, les devis sont matures et ont été bonifiés au fil des ans grâce à l'expérience acquise d'un projet à l'autre. Plusieurs villes fournissent des plans sur lesquels les accessoires sont localisés suite à un relevé. Toutefois, la conduite est localisée à partir du plan directeur. Le bordereau des prix est généralement très détaillé, ce qui facilite la gestion des imprévus et des risques pour la ville.

NORMES

Les normes auxquelles les devis de chemisage structural réfèrent sont les normes ASTM (F1216). Les feuilles de calculs des épaisseurs sont exigées ainsi que les résultats d'essais mécaniques utilisés comme base de calcul théorique. Il n'y a pas de révision des calculs avec les résultats des essais mécaniques effectués sur des échantillons prélevés in situ.

CONTRÔLE DE QUALITÉ

Trois (3) villes parmi celles interrogées exigent trois tests d'étanchéité pour le contrôle de qualité de la conduite :

- Le premier test est réalisé sur la conduite hôte avant la réhabilitation pour déterminer la perte d'eau initiale;
- Le deuxième test est effectué après la réhabilitation;
- Le troisième test est effectué après la réouverture des entrées de service.

En général, les résultats du deuxième test sont très bons; ce deuxième test permet de confirmer l'étanchéité de la gaine. Pour ce qui est du troisième test, il n'y a pas de norme de passage. S'il y a des pertes d'eau, il y a recherche de fuites. Les problèmes d'étanchéité se trouvent la plupart du temps sur les entrées de service.

Les entrées de service ne sont pas remplacées systématiquement. Toutefois, dans les villes interrogées, il y a détection de fuite ou essai d'étanchéité sur chaque branchement et ceux qui fuient sont remplacés. À Montréal, les branchements en plomb sont remplacés systématiquement.

La Ville de Dollard-des-Ormeaux exige que les sections de conduite gainées dans une journée soient inspectées dès le lendemain afin de détecter les erreurs éventuelles et, le cas échéant, d'apporter les correctifs nécessaires. Cette exigence permet d'éviter que la même erreur soit reproduite les jours suivants. Il semble que plus une ville a une grande expérience avec les techniques de réhabilitation, plus elle est exigeante sur le suivi de la qualité et de la performance.

ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE

L'approche face à la prise d'échantillon de gaine en chantier pour fin d'essais mécaniques varie d'une ville à l'autre. Montréal prélève des échantillons selon des critères de diamètres, de longueurs et de localisation des travaux. La fourniture d'échantillons est spécifiée au devis. À la Ville de Montréal, des échantillons supplémentaires sont requis pour des fins de recherche. Des essais hydrostatiques et de rigidité ont été développés par les spécialistes de la ville et sont effectués sur ces échantillons de gaine supplémentaires. Les essais prévus par la norme F1216 ne permettent d'évaluer que les propriétés mécaniques des matériaux.

Jusqu'à la fin de 2012, Dollard-des-Ormeaux n'a pas pris systématiquement d'échantillons. Elle en exigeait seulement un en cas de doute lors du visionnement de l'inspection télévisée. Il y a un article au bordereau qui prévoit la prise d'échantillon. Depuis 2013, la Ville exige le prélèvement et l'analyse systématique d'échantillons de gaine. Longueuil exige que l'entrepreneur prélève un échantillon, le fasse tester et lui fournisse les résultats. Les entreprises collectent des échantillons pour leur propre contrôle de qualité. Dans le cas de la réhabilitation par chemisage structural, des plaintes ont été recensées en lien avec la gestion des travaux civils (réfection des puits d'accès et délais de remise en état).

ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE FUTURE

Les représentants interrogés ont montré de l'ouverture à un prélèvement futur d'échantillons. Ces échantillons pourraient se présenter sous la forme d'un assemblage ajouté lors de la réhabilitation de conduites d'eau potable. Cette planification permettrait de faciliter le prélèvement d'échantillons pour des validations futures sans interruption de service. Le principal irritant pour les villes, au cours de cette étude, a été d'avoir à creuser dans une rue pour prélever des échantillons. Les rues à viser pour le prélèvement éventuel d'échantillon devraient être sélectionnées parmi des rues « à reconstruire ». La conception de l'assemblage à mettre en place devrait faire l'objet d'un échange entre les entreprises et les concepteurs pour tenir compte des contraintes des uns et des autres et s'assurer que l'éventuel échantillon sera utilisable.

PÉRIODE DE GARANTIE

De façon générale, la période de garantie est de un ou deux ans. Les travaux de génie civil font l'objet d'une liste de déficiences qui doivent être corrigées pour que l'acceptation définitive soit prononcée. Les critères d'acceptation des travaux de gainage après la période de garantie varient d'une ville à l'autre. À Dollard-des-Ormeaux après la période de garantie de 24 mois, une détection de fuite est effectuée sur les sections de conduite réhabilitées et si elles ne connaissaient ni fuites ni plaintes, les travaux sont acceptés définitivement. À Dollard-des-Ormeaux et à Longueuil, si l'inspection relève une anomalie, la période de garantie est prolongée. S'il n'y a pas de bris durant la période de garantie, les travaux sont acceptés définitivement.

Représentants de l'industrie

On retrouvera dans les prochains paragraphes les commentaires des représentants des entreprises AquaRéhab et Sanexen regroupés par thématiques.

INFORMATIONS DISPONIBLES POUR RÉPONDRE AUX APPELS D'OFFRES

Du point de vue des entreprises, des informations sur l'état structural résiduel des conduites à réhabiliter seraient utiles pour la préparation des soumissions. Ces informations ne sont pas requises pour la conception de la gaine, mais plutôt pour déterminer si la conduite hôte est en état d'être nettoyée complètement et de servir de moule à la gaine. Les entreprises reconnaissent toutefois que les villes ne disposent que de très peu de données structurales sur les conduites d'eau potable, généralement un registre de bris.

Pour permettre aux entreprises de mieux gérer leurs risques, les informations sur les bris aux conduites pourraient être fournies dans les documents d'appels d'offres. Ces informations sont généralement fournies à l'entreprise qui gagne le contrat, après l'adjudication. Les années de construction et la classe des conduites, lorsque disponibles, sont des informations jugées utiles par les entreprises.

Selon que le projet est à réaliser dans une petite ville ou une ville plus importante et plus expérimentée dans ce type de travaux, le niveau de détails qui se retrouvent sur les plans varie de peu à beaucoup (localisation des accessoires suite à un relevé par exemple). Lorsque les documents d'appel d'offres sont moins détaillés, ils sont plus du type « performance »; il arrive que les attentes techniques ne soient pas assez claires et que d'autres techniques que le chemisage structural puissent être proposées. La norme NQ 1809-400 est en préparation au BNQ et porte sur la technique de chemisage des conduites d'eau potable et d'égout et la technique de revêtement projeté pour les conduites d'eau potable. Cette norme devrait permettre d'uniformiser les exigences et les pratiques au niveau de tout le Québec.

COÛTS DE LA TECHNIQUE

Selon les entreprises, les coûts sont compétitifs. Le marché actuel permet à deux entreprises de répondre à la demande et d'offrir des travaux de qualité.

EXÉCUTION DES TRAVAUX

Chaque étape de la réalisation des travaux de chemisage doit être effectuée avec rigueur. Les entreprises ont des processus d'amélioration continue pour leurs travaux spécialisés. Toutefois, en ce qui concerne les travaux civils, les entreprises de réhabilitation ont fait le choix de travailler avec les mêmes partenaires, car cela leur permet d'optimiser certaines activités et d'être plus compétitifs.

CONTRÔLE DE QUALITÉ

Bien que tous les clients n'exigent pas la fourniture d'un échantillon de conduite chemisée pour les essais mécaniques, les entreprises en préparent un systématiquement et réalisent les essais requis par la norme F1216. Selon les entreprises, des échantillons devraient toujours être exigés et testés pour déterminer la qualité des produits installés. Une des entreprises interrogées considère qu'il serait possible de prévoir un aménagement qui permettrait de recueillir un échantillon après quelques années de service en créant le moins d'inconvénients possible à la ville et aux usagers.

PÉRIODE DE GARANTIE

Les villes qui ont une plus grande expérience exigent une période de garantie de deux ans. Le devis en préparation au BNQ prévoit une période de garantie de deux ans. Si les clients exigent des garanties plus longues, les entreprises en transféreront le coût aux clients. Du côté des entreprises, il n'y a pas beaucoup d'ouverture pour des garanties plus longues.

À l'automne 2011, la Ville de Dollard-des-Ormeaux, dans le cadre d'un projet pilote, a procédé à l'évaluation d'une conduite d'eau potable de 150 mm sur la rue Fieldstone qui avait été réhabilitée en 2001 avec un chemisage structural. La Ville a utilisé l'Investigator^{TM} pour cette évaluation puisque cette technologie permettait d'insérer, dans une conduite d'eau potable en service, une

sonde munie d'une caméra par un poteau d'incendie. Cette nouvelle technologie permettait, non seulement de visionner l'état de la conduite, mais aussi de détecter la présence de fuites sur la conduite et aux entrées de service. Les résultats de l'inspection ont permis de conclure que la conduite réhabilitée était en bon état et qu'aucune fuite n'avait été détectée, cela incluant les entrées de service. La possibilité de réaliser des essais non destructifs dans les conduites d'eau potable réhabilitées est une option intéressante pour les villes ainsi que pour les entreprises. Il y a un intérêt pour les entreprises à recevoir des commentaires sur la performance de leur produit dans un objectif d'amélioration continue. Toutefois, l'ajout de cette activité au devis de réhabilitation signifiera une augmentation des coûts de contrat.

3.1.2 Réseau d'égouts

Représentants des villes

On retrouvera dans les prochains paragraphes les commentaires des représentants des villes de Montréal, Laval, et Québec.

DIAGNOSTIC

Pour la technique de chemisage, les sections sont choisies suite au visionnement des inspections télévisées réalisées par caméra conventionnelle. Selon la ville interrogée, les recommandations d'intervention sont effectuées à l'interne ou à l'externe. Le niveau de confiance est bon pour la ville qui a recours à des firmes externes et de passable à médiocre pour l'autre ville qui le fait à l'interne. Le mauvais résultat est expliqué par un manque d'expérience et une méconnaissance des limites d'application de la technique de chemisage.

Pour la technique de colmatage et injection, le choix des sections à colmater est fait suite à des mesures de débits ou à des inspections télévisées en période de nappe haute. Ce sont les mesures de débits qui s'avèrent les plus efficaces pour identifier les sections où il y a de l'infiltration. Les inspections télévisées sont moins efficaces, car les périodes de nappe haute sont moins marquées à cause des changements climatiques.

CRITÈRES DE SÉLECTION DE LA TECHNIQUE D'INTERVENTION

Les sections de conduites à réhabiliter par chemisage structural sont choisies à la suite du visionnement des inspections télévisées. Les interventions sont ensuite précisées, si requis.

Pour ce qui est du colmatage, le niveau d'infiltration et la condition globale de la conduite sont les critères principaux de sélection des tronçons à réhabiliter.

TECHNIQUES CONSIDÉRÉES

Pour deux des villes interrogées, seul le chemisage structural était considéré comme technique de réhabilitation. Toutefois, un essai sera réalisé avec des coques préfabriquées dans une conduite visitable au cours de l'année 2013. Pour la Ville de Laval, lorsque l'objectif est le contrôle de l'infiltration, la seule technique envisagée est le colmatage. Dans le cas de la pérennité des conduites (intervention structurale), les réparations ponctuelles par excavation ou par chemisage et le chemisage continu sont les techniques envisagées.

COÛTS DES TECHNIQUES

Depuis les trois dernières années, la Ville de Québec a noté une tendance à la baisse au niveau des coûts de la réhabilitation. À Montréal, les projets visent en majorité des conduites ovoïdes en brique et incluent des réparations ponctuelles et le chemisage des puisards, ce qui explique les coûts plus élevés des travaux de réhabilitation.

Pour ce qui est du colmatage, les coûts moyens sont de beaucoup inférieurs aux coûts de reconstruction et de réhabilitation structurale. Les gestionnaires de la Ville de Laval, qui utilisent couramment cette technique, confirment que le coût de la réhabilitation est inférieur au coût de reconstruction.

PLAN ET DEVIS

Les devis sont descriptifs (colmatage et chemisage) et les inspections télévisées sont fournies dans les documents d'appels d'offres. Les plans fournis sont des vues en plan. Aucun relevé n'est fait pour valider la localisation des conduites, regards et puisards. Dans le cas de la Ville de Laval, les plans identifient les sections de conduite et le type d'intervention à y faire.

Les devis de chemisage et de colmatage sont considérés matures par les villes qui les utilisent. Le devis de chemisage a beaucoup évolué, pas au niveau de la technique, mais plutôt suite aux commentaires des équipes de surveillance. La Ville de Québec a ajouté le colmatage des branchements d'égout dans son devis de chemisage de conduites. Mais elle se questionne sur la pertinence de le faire, car il n'y a aucun moyen de valider la bonne exécution de ces travaux.

La Ville de Laval a pour sa part ajusté son devis de colmatage aux changements technologiques que le domaine a connus (caméras d'inspection, ballons et produits d'injection).

Le bordereau des prix a évolué lui aussi dans une ville comme dans l'autre. À Montréal, les bordereaux contenaient un très grand nombre d'articles. Avec l'expérience, la Ville a diminué le nombre d'articles, sans toutefois aller trop loin, afin d'être en mesure de couvrir un maximum de situations concrètes. À Québec, certains articles ont été ajoutés pour éviter les surprises. Il s'agit de trouver la juste mesure. À Laval, la méthode de calcul des quantités de produit injecté et la méthode de paiement ont été précisées.

NORMES

Les normes auxquelles les devis font référence sont les normes applicables de l'ASTM et celles du BNQ.

CONTRÔLE DE QUALITÉ

Le contrôle de qualité pour les travaux de chemisage est fait par le visionnement des inspections télévisées avant (V2) et après gainage (V3). L'inspection avant gainage permet de confirmer que la préparation de la conduite est adéquate et que cette dernière peut être gainée. L'inspection après gainage permet de confirmer que la gaine est acceptable et sans déficience notable. Il n'y a pas d'essai d'étanchéité suite aux travaux de gainage.

Dans le cas du colmatage, le contrôle de qualité est fait au fur et à mesure (*test, seal and test*) et un échantillon de produit d'injection est prélevé au chantier pour en valider les propriétés.

EXÉCUTION DES TRAVAUX

À la Ville de Québec, les contrats de chemisage excluent les réparations ponctuelles à réaliser préalablement aux travaux de réhabilitation. Ces réparations ponctuelles sont effectuées par l'équipe des travaux publics. Ces travaux étaient inclus auparavant dans les contrats de chemisage.

À Montréal, tous les travaux préparatoires, incluant les réparations ponctuelles, sont inclus au devis de réhabilitation. De plus et malgré que le devis précise que la Ville prendra action pour régler les problèmes d'infiltration qui pourraient se présenter, il arrive fréquemment que ces derniers ne soient pas éliminés au moment où l'entrepreneur est prêt à exécuter ses travaux. La Direction des travaux publics (DTP) qui s'occupe de la surveillance des travaux a fait des suggestions à l'équipe de la gestion des réseaux pour que les travaux requis pour le contrôle de l'infiltration et les réparations ponctuelles soient effectuées avant le gainage par d'autres entreprises.

Lorsque les conduites sont encrassées, il faut prévoir au devis du nettoyage supplémentaire pour assurer une bonne préparation des conduites. Dans le cas particulier des conduites de briques ovoïdes, les réparations ponctuelles par excavation qui sont requises doivent être bien exécutées, ce qui n'est pas toujours le cas. La Ville de Montréal envisage d'ajouter des exigences à cet égard. Il faut aussi noter que le devis de la Ville de Montréal ne prévoit aucune intervention sur les branchements défectueux, hormis l'alésage des raccordements pénétrants, même dans les cas où des déficiences importantes sont observées lors du visionnement des inspections télévisées et que ces déficiences peuvent mettre en péril la pérennité de l'ouvrage. La Ville de Montréal n'est pas propriétaire des branchements.

On rappelle que la Ville de Québec inclut le colmatage des branchements et qu'elle se questionne sur la pertinence de poursuivre ces travaux.

ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE

À Montréal, un nombre d'échantillons est prélevé sur la base de trois indicateurs : le diamètre, la longueur et la localisation des travaux. La fourniture d'échantillons est exigée au devis et précisée lors de la réunion de démarrage. Pour ce qui est de la Ville de Québec, le devis prévoit la fourniture d'un échantillon, mais, jusqu'en 2012, la Ville ne les exigeait pas. En 2013, les échantillons seront prélevés et le suivi de la qualité sera fait par la Ville de Québec.

La méthode de fabrication des échantillons varie selon le diamètre de la conduite. Dans les conduites de petits diamètres (< 450 mm), on place un moule en PVC dans le regard et celui-ci est chemisé en même temps que la conduite et subit les mêmes conditions de polymérisation que la conduite hôte. Pour les conduites ovoïdes en brique (visitables), la Ville de Montréal exige qu'une plaque d'acier, dont les dimensions sont prédéterminées, soit fixée sur la paroi intérieure de la conduite hôte. La partie de gaine qui la recouvre sera découpée et transmise au laboratoire une fois la gaine durcie et refroidie.

PÉRIODE DE GARANTIE

Pour le chemisage, la période de garantie est de deux ans à Québec comme à Montréal. Une inspection télévisée de garantie (V4) a été ajoutée, par la Ville de Montréal, après la période de garantie pour les nouveaux contrats (à partir de 2012). La performance est appréciée visuellement.

Pour la technique de colmatage, la garantie était de deux ans auparavant. Elle a été abaissée à une année et la validation est faite par le visionnement d'une inspection télévisée effectuée par l'entrepreneur. Cette dernière est analysée et approuvée par la firme mandatée pour la surveillance des travaux.

Représentants de l'industrie

On retrouvera dans les prochains paragraphes les commentaires des représentants des entreprises Véolia, Insituform et Logiball.

INFORMATIONS DISPONIBLES POUR RÉPONDRE AUX APPELS D'OFFRES

Les documents d'appel d'offres actuels sont en général assez complets, car les plans incluent les profondeurs, les matériaux des conduites et certains autres détails (bris, refoulements, pourcentage d'ovalisation sur les plans de la ville de Montréal). Les inspections télévisées sont aussi fournies. Par contre, il est essentiel de disposer des inspections télévisées les plus récentes possible, spécialement lorsque les conduites sont en mauvais état, car elles peuvent se dégrader très rapidement.

Les plans et devis de colmatage fournissent généralement assez d'informations aux entrepreneurs pour qu'ils puissent préparer leur soumission. Mais la quantité de produit à injecter est inconnue autant du gestionnaire que de l'entrepreneur. Les bordereaux des prix avaient

tendance à transférer le risque en totalité aux entreprises. Il y a eu une amélioration à cet égard notamment à la Ville de Laval. Une méthode d'évaluation et de gestion des quantités payables est proposée par l'*Infiltration Control Grouting Association* (ICGA), la division de NASSCO spécialisée en colmatage. Il est possible de télécharger un devis type sur le site internet de l'ICGA[4] qui inclut la description des articles types du bordereau.

COÛTS DE LA TECHNIQUE

La mise à disposition d'informations plus complètes et plus récentes sur l'état des conduites diminue les risques pour les entreprises et cela se reflète sur le coût des travaux. Les améliorations au niveau des méthodes d'installation et des produits utilisés ont permis des gains de productivité au chantier qui sont aussi répercutés sur les prix payés par les villes pour les travaux de chemisage.

Chez Véolia, il y aura très bientôt (au cours de 2013) une offre plus vaste de techniques de réhabilitation dont les coûts seront compétitifs, chacune dans son application optimale. Pour Logiball, il est important que les gestionnaires de réseaux connaissent plusieurs types de techniques afin d'être en mesure d'intervenir de la façon la plus efficiente, tout au long du cycle de vie des conduites. Le colmatage doit être utilisé lorsque les conduites ont un début de détérioration et qu'il y a présence d'infiltration risquant d'accélérer la dégradation. Le colmatage est rentable lorsqu'on considère l'objectif de la technique.

Selon les échanges avec les représentants de plusieurs techniques, il y a un marché pour différentes techniques. Toutefois, le marché du chemisage de conduites d'égout n'est pas aussi important qu'il a été anticipé depuis des dizaines d'années. Étonnamment, le chemisage dans les conduites d'égout est considéré par bien des villes comme « expérimental ». Pourtant la technique de chemisage a été inventée pour la réhabilitation des conduites d'égouts ovoïdes en brique dans les années 70, en Angleterre. Elle n'a, à toutes fins pratiques, pas changé depuis son invention. Il est possible que le marché du chemisage de conduites d'égouts n'ait pas évolué parce que l'emphase a été mise sur l'eau potable. Par ailleurs, les défaillances des conduites d'égouts sont moins fréquentes même si elles peuvent être spectaculaires. Il faut aussi noter que les conduites d'égouts sont plus durables et que leur état est très peu et très mal connu.

Toujours concernant l'évolution du marché, il est clair pour les entreprises que le chemisage structural ne se substitue pas au remplacement lorsque celui-ci est requis. La réhabilitation fait partie des activités possibles à réaliser à un certain moment durant le cycle de vie de la conduite. La bonne intervention au bon moment. Il y a beaucoup d'éducation à faire auprès des gestionnaires pour leur faire connaître les différentes techniques et leurs conditions optimales d'application.

[4] www.sewergrouting.com/specifications.html - consulté le 9 avril 2013

PLANS ET DEVIS

Les devis préparés par les grandes villes servent souvent de modèles pour les plus petites villes; le développement d'un devis normalisé par le BNQ devrait simplifier les choses pour toutes les villes et pour les entreprises aussi. Par contre, l'utilisation des devis par « copier-coller » risque de créer des contradictions au final.

Une situation est jugée problématique par une des entreprises; l'ampleur démesurée du (des) contrat(s) de la Ville de Montréal. L'entreprise qui gagne ce contrat doit recruter tous les travailleurs spécialisés disponibles auprès des autres compagnies pour être en mesure de réaliser les travaux dans les délais impartis. Pour cette entreprise l'ampleur idéale d'un contrat de chemisage est d'environ 7 km. Par ailleurs, les imprévus que l'on peut rencontrer lors de la réalisation des travaux de chemisage ne devraient pas être un prétexte pour multiplier les items « au cas où » au bordereau, car ces items peuvent avoir un poids démesuré dans le prix du contrat comparé à celui des travaux de chemisage. Un bordereau «efficace» contient un prix au mètre linéaire pour les activités habituelles incluses aux travaux de chemisage et quelques items supplémentaires pour faire face aux imprévus.

Pour ce qui est des travaux connexes (déviation de conduite, réparation ponctuelle par excavation, réhabilitation de regards, des puisards), ils sont généralement confiés à des sous-traitants. Il y aurait des économies de l'ordre de 5% s'ils étaient réalisés dans des contrats spécifiques, préalablement aux contrats de chemisage des mêmes sections.

Pour ce qui est du colmatage, il y a peu de devis disponibles, à part dans quelques villes et firmes. Il y a trois normes qui couvrent le domaine du colmatage : ASTM F2304-03, ASTM F2414-04 et ASTM F2454-05.

EXÉCUTION DES TRAVAUX

Selon les entreprises il y a plusieurs situations qui devraient être corrigées avant que les travaux de réhabilitation ne soient lancés. L'infiltration due à des fuites d'aqueduc ou à la nappe phréatique en est un exemple, car elle est un risque d'échec de la réhabilitation. Les défectuosités importantes comme les trous, les déformations supérieures à 10% et les effondrements devraient également être traitées immédiatement lorsqu'elles sont découvertes, car elles représentent des risques importants pour la sécurité des personnes et des biens.

Un autre volet touche les raccordements et les branchements. Dans les conduites non-visitables, la réouverture des raccordements sera d'aussi bonne qualité que le raccordement lui-même. S'il est en retrait et plein d'éclats, la réouverture suivra le pourtour des éclats et pourra être jugée trop grande par un analyste peu expérimenté. Il existe des produits permettant de chemiser un branchement à partir de la conduite hôte.

CONTRÔLE DE QUALITÉ

Les échantillons ne sont pas exigés pour tous les projets de chemisage. Mais ils sont de plus en plus demandés. Certains clients demandent de découper une parcelle de gaine dans la conduite ou de placer un moule dans le regard et de le chemiser en même temps et dans les mêmes conditions que la conduite. Le prélèvement d'échantillons dans un moule est possible pour toutes les conduites, sauf celles dont le diamètre est plus grand que 450 millimètres. Dans ces conduites, il n'y a pas assez d'espace dans les regards pour installer un moule en PVC et elles ne sont pas assez grandes pour prélever un échantillon manuellement sur la paroi interne, même tout près du regard.

L'entreprise Insituform possède une certification ISO et est assujettie à ses propres mesures de contrôle de la qualité. Ces contrôles de qualité incluent la validation des calculs d'épaisseur avec les résultats des essais mécaniques sur les échantillons de gaine installée en chantier (*Reverse Engineering*). Pour être déclarée conforme, la gaine installée doit avoir une épaisseur égale ou supérieure à l'épaisseur recalculée avec les résultats des essais mécaniques (résistance à la traction, résistance à la flexion et module de flexion) effectués sur l'échantillon prélevé in situ.

Dans le cas de la technique du colmatage, la prise d'un échantillon de produit de colmatage permet d'en vérifier les propriétés.

PÉRIODE DE GARANTIE

La période de garantie est de un an en général. La Ville de Westmount demande un cautionnement d'entretien de 5 ans pour la totalité des travaux effectués. C'est très coûteux et difficile à obtenir pour une entreprise qui n'est pas sérieuse. Malheureusement, peu importe le sérieux de l'entreprise et ses méthodes de contrôle de qualité internes, les propositions ne sont jugées que sur le prix. Certaines villes demandent aux entreprises de fournir une masse d'informations, des listes d'équipements, les noms des employés, les programmes d'assurance qualité, etc., mais aucune entreprise n'est rejetée si ces documents ne sont pas acceptables.

La Ville de Montréal a ajouté dans son devis l'obligation de procéder à une inspection télévisée deux ans après les travaux (V4). Les entreprises sont ouvertes à ces garanties « prolongées ». Par contre, dans le cas des conduites qui ont dû être inspectées avec du pompage et de la dérivation, l'inspection télévisée après deux ans devrait être faite dans les mêmes conditions afin d'être en mesure d'identifier toutes les déficiences éventuelles. Aussi, il faut être certain que la conduite de réhabilitation n'a pas subi de choc au cours de la période de garantie (travaux à proximité, fuite d'aqueduc).

3.2 Autres sources d'informations

Plusieurs articles et études reliés à la performance des techniques de réhabilitation ont été repérés par les membres du Comité directeur et ont été consultés pour l'analyse des données et la préparation des rapports de cette étude. Les informations pertinentes sont résumées dans le présent chapitre et pourront être reprises pour appuyer certaines conclusions et recommandations.

3.2.1 Réseau d'eau potable

3.2.1.1 *« Rapport sur la technique du chemisage utilisée sur le territoire de l'agglomération de Montréal »*, Comité des technologies de réhabilitation sans tranchée de conduites secondaires d'eau potable, 2008

Le comité des technologies de réhabilitation sans tranchée de conduites secondaires d'eau potable de la Ville de Montréal a été mandaté en 2008 pour faire un bilan du déroulement des travaux de chemisage de conduites d'eau potable secondaires sur l'Ile de Montréal et pour procéder à l'analyse des problématiques suivantes rencontrées dans les projets :

- Manque d'adhérence de la gaine à la paroi de la conduite hôte;
- Difficulté de perçage des entrées de service après le gainage;
- Difficulté de perçage des nouvelles entrées de service sur une conduite sous pression;
- Présence d'eau entre la gaine et la paroi de la conduite hôte.

Des préoccupations associées à ces problématiques ont aussi été analysées, notamment le peu d'essais pour vérifier la qualité des travaux, le manque de connaissances quant à la durée de vie des gaines et la définition des critères d'application du chemisage aux conduites d'eau potable. Dix-sept projets, réalisés entre 2003 et 2007, ont été analysés. Ces projets représentent environ 37 000 mètres de chemisage dans des conduites de fonte grise et de fonte ductile dont les diamètres varient entre 150, 200 et 250 millimètres.

Plusieurs des problématiques rencontrées dans les projets les plus anciens (2003-2005) ont été solutionnées par les entreprises : ajout de bouchons dans les entrées de service avant la réhabilitation, adhérence de la gaine par l'ajout d'un surplus de résine, changement de gaine pour diminuer les cloques, alésage hydraulique en remplacement de l'alésage mécanique, caméra à tête rotative et perceuse à haute performance.

Les fournisseurs affirment que la durée de vie de leur gaine structurale est de 50 ans sur la base des résultats des essais de vieillissement prématuré (10 000 heures ou DIN EN 761). Il n'y a pas d'étude ni de résultats in situ qui permettent de confirmer ces durées de vie.

CONCLUSION ET RECOMMANDATION

Sur les dix-sept (17) projets examinés, 5 ont eu des problèmes de gaine et d'installation sur une partie importante des sections réhabilitées. Les autres projets ont connu des problèmes, mais sur une partie moins importante des sections réhabilitées. Sur l'ensemble des 17 projets de réhabilitation, les problèmes se sont manifestés sur moins de 7% des sections. Les projets ont été réalisés avec peu de mécanismes de contrôle pour suivre la qualité de l'ouvrage. Pour assurer un plus haut taux de réussite, le comité recommande une surveillance accrue au cours de chaque étape du gainage.

3.2.2 Réseau d'égouts

3.2.2.1 « Cured in Place Liner Defects – Three Studies of Installed Liner Performance Quality », James W. Shelton (2012), No Dig Show 2012

La firme Malcom Pirnie a mis en place un programme de suivi de conduites d'égout et de branchements réhabilités par chemisage pour évaluer les effets de certaines variables sur la qualité à long terme de la gaine. Environ 80 kilomètres de conduites réhabilitées, dont les diamètres varient entre 200 et 1050 millimètres, ainsi qu'environ 2 000 branchements ont fait l'objet de ce suivi. Le suivi a porté particulièrement sur la porosité et l'infiltration par les piqûres qui sont les défectuosités les plus fréquentes et les plus significatives et qui sont sous-rapportées, peu importe la provenance du produit. L'équipe de projet a suivi l'évolution des défauts des revêtements pour une variété de combinaisons tube/résine. Des différences dans les types de défauts ont été relevées selon le type de cure (eau chaude, vapeur, rayons UV). Finalement, l'analyse a aussi inclus les effets des différents taux de chauffage (cure) et de refroidissement sur la qualité de la gaine.

Cet article présente les données de cette étude et les découvertes marquantes, notamment le fait que les piqûres et les défauts de soudure et de couture des revêtements sont présents dans tous les produits et les modèles de gaine utilisés pour les conduites de petits diamètres et ces défectuosités sont peu connues. Des exemples de ces défauts sont aussi présentés, ainsi que leur évolution dans le temps.

MÉTHODOLOGIE UTILISÉE

Les inspections télévisées ont été analysées à des moments différents :

- Immédiatement après l'installation de la gaine (V3);
- De 60 à 120 jours après la réhabilitation (post-réhabilitation);
- De 12 à 18 mois après la réhabilitation (période de garantie);
- De 18 à 24 mois après la « post-réhabilitation » (certaines conduites).

Bien que les entreprises aient affirmé que les infiltrations se colmateraient avec le temps grâce aux dépôts calcaires, les inspections télévisées de garantie à plus long terme ont plutôt révélé que des défauts supplémentaires apparaissaient dans les gaines. Ce constat a conduit les gestionnaires à réaliser des inspections de garantie de 18 à 24 mois après la « post réhabilitation », soit de 2 à 3 ans après la réhabilitation.

DÉCOUVERTES

a) Piqûres

Les plus importants défauts trouvés lors de l'inspection télévisée « post-réhabilitation » sont les piqûres dans la gaine. Ils sont typiquement repérables là où il y a des taches oranges ou rouges, toutefois, il ne faut pas les confondre avec des taches de croissances bactériennes. Le pourcentage de piqûres a augmenté au visionnement de l'inspection de garantie (18 à 24 mois après la post-réhabilitation). Il n'y a pas d'apparente différence entre les matériaux, les manufacturiers, les entrepreneurs ou encore les méthodes d'installation. Les seuls revêtements n'ayant pas d'infiltration significative par des piqûres sont les gaines les plus épaisses dans les grands diamètres.

Il n'a pas été possible de déterminer si la présence d'un revêtement interne ou d'un tube de pré-moulage a un effet sur la présence des piqûres.

b) Défauts de couture/soudure

Les défauts de couture/soudure sont observés le long des soudures des gaines de feutre non tissé. Ces défauts se manifestent de la même façon que les piqûres, mais sont longitudinaux. La présence de ces défauts et de l'infiltration le long de la soudure a augmenté entre l'inspection post-réhabilitation et l'inspection de garantie. Les mêmes résultats ont été obtenus avec les gaines dans les branchements.

c) Revêtement effiloché

Plusieurs gaines ont un revêtement de polyuréthane (PU) ou de polyéthylène (PE) qui permet de confiner la résine et qui devient la couche interne après inversion. Il était assumé, par le passé, que cette couche était temporaire et disparaîtrait avec le temps. Mais ce qui n'était pas précisé, c'est que cette couche est essentielle pour que les gaines passent avec succès les essais de pression et qu'elles ne connaissent pas d'infiltration après l'installation. De plus, cette couche est en grande partie responsable de l'amélioration du coefficient d'écoulement (n ou C).

L'expérience montre qu'au lieu de s'éroder ou de se dissoudre, le revêtement se délamine selon trois scénarios :

- Perte de parcelles de revêtement sans risque de blocage, mais avec augmentation de l'infiltration;
- Délamination par planche complète causant de la rétention d'eau et des risques de blocage;

- Délamination par décapage ou par érosion avec accumulation de débris, graisse, fibres – la délamination par décapage n'est pas évidente à l'inspection post-réhabilitation, mais l'est, à un faible pourcentage, à l'inspection de garantie.

La perte de revêtement interne n'est pas évidente au cours de la période 0 à 6 mois après réhabilitation, à moins qu'un autre aspect de la mise en œuvre ne l'ait causée, comme une surchauffe. Le pourcentage de ces défauts augmente entre l'inspection post-réhabilitation et l'inspection de garantie.

HYPOTHÈSES SUR LA CAUSE DE CES DÉFAUTS

L'équipe de projet a interviewé les fournisseurs et les ingénieurs pour tenter d'identifier les causes de ces défauts. Bien que chacun ait son opinion, il semble que ce soit une combinaison de situations qui explique les défauts et celles-ci restent à documenter :

- Explosion de gouttelettes d'eau lors de la cure créant de très petites poches sans résine dans la gaine;
- Porosité intrinsèque de la gaine non comblée complètement par la résine même après avoir fait le vide;
- Trous d'aiguille créés lors de la fabrication des gaines de feutre non tissé;
- Manutention et transport comme cause des trous;
- Surpression engendrant une perte de résine à la soudure ou à travers la gaine vers les raccordements, ou défauts et vides à combler supérieurs au volume de résine supplémentaire ajouté lors de l'imprégnation;
- Couture/soudure elle-même pour différentes raisons;
- Rétrécissement différentiel entre le revêtement et la gaine durcie.

MESURES CORRECTIVES EN ÉVALUATION (EXEMPLES)

Explosion de gouttelettes et porosité de la gaine :

- Modifier le devis pour exiger une diminution du taux d'augmentation de la température lors de la cure pour permettre aux bulles d'air de migrer à l'extérieur de la gaine;
- Favoriser l'installation d'un tube de pré-moulage pour isoler la gaine des infiltrations éventuelles;
- Exiger des gaines plus épaisses que ce que la norme F1216 requiert.

Surpression et perte de résine par la couture/soudure :

- Exiger la mesure précise du diamètre de la conduite hôte avant la fabrication des gaines;
- Exiger un surplus de résine de 5 – 10 %;
- Exiger des fournisseurs des données sur la pression maximale d'installation que le revêtement peut supporter et faire le suivi des pressions exercées.

Délamination du revêtement :

- Utiliser des revêtements non solubles dans l'eau.

Rétrécissement différentiel entre le revêtement et la gaine

- Modifier le devis pour exiger un refroidissement contrôlé lors de la cure et un allongement de la période de refroidissement.

3.2.2.2 *« A* Retrospective *Evaluation of Cured-in-Place Pipe (CIPP) Used in Municipal Gravity Sewers »*, EPA, 2012

La technique de chemisage structural est utilisée aux États-Unis depuis 30 à 40 ans et représente un pourcentage important des investissements publics en opération et maintenance des infrastructures d'eau potable et d'eau usée (environ 25 milliards de dollars par an). Il n'y a eu que très peu d'évaluations formelles et quantitatives de la performance de ces techniques ou de leur rentabilité comparée au remplacement. Plusieurs villes ont lancé des initiatives pour évaluer la performance des conduites de réhabilitation après plusieurs années de service.

La réalisation de l'étude de l'EPA a été motivée par les besoins suivants :

- Déterminer l'augmentation de la durée de vie des conduites suite à leur réhabilitation;
- Ces techniques sont utilisées depuis plusieurs décennies et il est temps d'en évaluer la performance à long terme et de valider leur durée de vie sous une variété d'installations et de conditions de service.

Le but à long terme de l'étude est de fournir une évaluation crédible et significative de la performance des techniques de réhabilitation. Cependant, compte tenu que l'évaluation de quelques projets isolés réalisés dans des conditions particulières ne peut pas être statistiquement significative et transposable à d'autres situations, l'étude vise plutôt à développer une méthodologie et à mettre en lumière les besoins pour des évaluations à être réalisées dans le futur.

MÉTHODOLOGIE

Les stratégies d'évaluation considérées sont présentées dans le tableau 5 avec leurs avantages et leurs inconvénients. La stratégie retenue est décrite à la suite du tableau.

Stratégie d'évaluation	Avantages	Inconvénients
Inspections télévisées périodiques ou ciblées	• Coûts relativement peu élevés • Bien connu des gestionnaires • Permet de découvrir d'autres types de défauts (blocages) • Peut fournir une grande couverture des sections réhabilitées et les résultats devenir statistiquement significatifs	• Ne peut identifier que les défauts visibles facilement par l'inspection télévisée • Pas d'information ni de données sur les propriétés des matériaux • Difficile d'évaluer les déformations • Pas possible d'évaluer les stages intermédiaires de détérioration
Analyse à l'aide d'outils sophistiqués (scanneurs), méthodes de tests non destructifs TND	• Permet d'obtenir plus de détails sur certains aspects comme le développement de vides externes	• Plus cher que l'inspection télévisée • Données déduites et ne permettent pas d'évaluer les stages intermédiaires de détérioration
Cueillette d'échantillons sur site pour les essais destructifs TD	• Échantillons de revêtement disponibles pour une variété de tests • Les variations dans les propriétés mécaniques peuvent être évaluées • Une comparaison est possible avec les méthodes non destructives pour développer de nouvelles procédures pour les essais non destructifs TND	• Les coûts de la cueillette d'échantillons en limitent le nombre et de ce fait la validité statistique des résultats en terme de performance générale • Les coûts peuvent limiter le désir des villes à participer à un programme national d'évaluation

Tableau 5 – Stratégies d'évaluation considérées dans cette étude (Source : EPA, 2012)

La technique retenue pour les évaluations et le développement de la méthodologie est le chemisage structural (CIPP); cette technique est parmi les plus anciennes. La méthodologie a consisté à :

- Étudier en profondeur quatre projets de réhabilitation de conduites d'égout réalisés dans deux villes différentes, Denver et Columbus;
- Évaluer le protocole utilisé, le rendre disponible pour des études plus exhaustives et valider la liste des données requises pour ces études;
- Sélectionner des échantillons pour les tests destructifs - deux sections de conduites de petits diamètres (200 mm) et deux sections de conduite de grands diamètres (900 et 1 200 mm);
- S'assurer d'établir très tôt une collaboration étroite avec les deux villes afin de pouvoir collecter un maximum d'informations sur le site (nature du sol, caractéristiques des eaux usées, nappe phréatique, etc.) et sur les conduites elles-mêmes;
- Prélever les échantillons de conduites. Une section de conduite d'environ 2 mètres a été excavée dans chaque ville pour les conduites de petits diamètres et des parcelles de gaine ont été découpées dans les conduites de plus grands diamètres;

- Réaliser des tests non destructifs (inspection visuelle, inspection télévisée des conduites réhabilitées à la même période) et des tests destructifs sur les échantillons prélevés sur le terrain et les analyser.

RÉSULTATS DES ESSAIS

L'inspection visuelle a permis de constater que les échantillons étaient en excellent état après un service variant de 25, 23, 21 et 5 ans. Trois des quatre échantillons ont atteint la moitié de leur durée de vie prévue. Parmi les constats suite aux essais destructifs, deux échantillons ont montré un module de flexion inférieur à la valeur originalement spécifiée, mais les résultats ne pouvaient être directement reliés à la détérioration de la gaine dans le temps.

Les résultats de cette première utilisation du protocole ne devraient pas être utilisés pour conclure sur la longévité des gaines, car il n'y a pas eu assez d'échantillons qui ont été testés et analysés. Cependant, les essais devraient fournir des indications sur la conformité des conduites de réhabilitation par rapport aux attentes des villes où ont été prélevés les échantillons.

Les inspections télévisées réalisées dans les conduites de la ville de Denver montrent que peu de défauts ont été inventoriés et que dans presque tous les cas, ils sont reliés à la réouverture des raccordements. Seulement trois défectuosités n'y sont pas reliées : une bosse localisée dans le revêtement, un décollement du revêtement et une déchirure.

À partir des éléments constatés dans cette étude, une évaluation plus complète est recommandée pour créer une base de données nationale permettant de mieux définir la durée de vie probable de la réhabilitation. L'évaluation plus complète devra inclure les activités suivantes :

- Analyse d'un plus grand nombre d'échantillons (différentes villes, différents sites, différentes conditions de débits);
- Évaluation d'autres techniques de réhabilitation;
- Réalisation d'une enquête dans un grand nombre de villes pour connaître leur expérience avec les techniques de réhabilitation;
- Encouragement auprès des propriétaires de réseaux pour qu'ils conservent/planifient/mettent en place les échantillons pour les essais futurs;
- Adaptation, développement ou calibration des tests non destructifs TND et des méthodologies pour les tests destructifs TD sur des échantillons plus petits qui pourraient être prélevés plus facilement par robotique dans les conduites et être réparées facilement. Il y a des suggestions dans le rapport.

Le processus d'évaluation à mettre en place devrait permettre de préciser la durée de vie probable des conduites de réhabilitation, car cette information est essentielle à la gestion des actifs. L'évaluation de la performance à long terme des techniques et des conduites de réhabilitation, à mi-chemin de leur durée de vie, permettra aux fournisseurs d'améliorer leurs produits.

CONSTATS

- Une liste des données historiques requises sur la conduite hôte et la réhabilitation ainsi que des informations sur le site du prélèvement sont présentées dans le rapport;
- L'équipe de projet a constaté qu'il y a un réel intérêt des ingénieurs de ville à participer au projet d'évaluation et à fournir un échantillon spécialement lorsque le prélèvement peut être combiné à d'autres travaux prévus par la ville au même endroit;
- Les échantillons à prélever ne peuvent être sélectionnés au hasard pour des raisons de coûts et d'accessibilité. Ces échantillons ont une grande valeur, car ils sont utilisés pour les essais destructifs qui permettent de déterminer les caractéristiques mécaniques des gaines et de les corréler avec les données descriptives et les résultats des essais non destructifs;
- Les résultats de cette étude sont jugés prometteurs pour confirmer la durée de vie de 50 ans, mais ne peuvent être représentatifs des dizaines de milliers de kilomètres de conduites réhabilitées.

RECOMMANDATIONS

Il est recommandé de :

- Recueillir plusieurs autres échantillons de gaines dans d'autres villes avec une variété de sites et de caractéristiques d'écoulement;
- Réaliser des études pilotes avec d'autres technologies;
- Réaliser une grande enquête pour recueillir des données auprès des villes;
- Encourager les villes à conserver leurs données d'essais destructifs et autres informations sur les projets;
- Réaliser des recherches supplémentaires sur les causes des défectuosités des gaines;
- Développer de nouvelles méthodologies pour les essais non destructifs qui combinés à un petit échantillon de tests destructifs pourraient mieux renseigner sur la performance des techniques de réhabilitation.

3.2.2.3 « Trouble *Shooting for Trenchless Liner Installation During Sewer Line Rehabilitation* », Salam Khan et Christoph Dobson, Weftec 2006

Cet article traite des différentes défectuosités que l'on peut retrouver sur des conduites d'égout réhabilitées par la technique du chemisage. La plupart des chemisages sont réalisés sans aucun problème. Cependant, il arrive que des installations ne soient pas réalisées telles que prévues et que des problèmes arrivent durant et après les installations. Occasionnellement, il est nécessaire d'apporter des correctifs aux défectuosités relevées : zones molles, plis, piqûres, délamination ou déplacement de revêtement. Cet article présente les défectuosités rencontrées suite à l'analyse de 5 projets de réhabilitation et traite des causes possibles et propose des solutions pour corriger les défectuosités. Différents projets ont été analysés et servent de base au contenu du tableau 6.

Défectuosités	Causes possibles	Solution suggérée
Soulèvement du radier	• Capacité de chauffe inadéquate • Infiltration active • Instrument de mesure de la température de cure défectueux • Problème de recirculation de l'eau chaude	• Enlever la gaine au complet et en réinstaller une nouvelle • Si pas dû à l'infiltration, enlever la section et mettre un chemisage ponctuel
Pli mou	• Infiltration au radier • Recirculation insuffisante	• Couper le pli, retirer et enduire d'époxy pleine épaisseur
Piqûres	• Trou préexistant non comblé par la résine • Trou créé durant la manutention ou l'entreposage du tube imprégné	• Enlever la gaine au complet et en réinstaller une nouvelle • Selon le diamètre, colmatage et revêtement structural d'époxy
Plis longitudinaux	• Tube trop grand	• Si le pli n'est pas important et ne nuit pas à l'écoulement : ne rien faire – ce n'est pas un défaut structural
Zones sans résine	• Imprégnation non uniforme	• Si mineures et selon le diamètre, peuvent être acceptées. Sinon, enlever et chemisage ponctuel
Trou dû à une erreur de localisation d'un raccordement	• Erreur humaine	• Réparer avec un gainage ponctuel

Tableau 6 – Résumé du suivi des projets de chemisage structural

LES LEÇONS APPRISES PAR LE SUIVI DE CES PROJETS

- Si la cure se fait à l'eau chaude, il faut bien calculer la capacité et le volume d'eau à chauffer et à recirculer;
- S'il y a présence d'infiltration, il faut contrôler l'infiltration avant le gainage pour éviter tout soulèvement du revêtement et le lessivage de la résine;
- L'utilisation d'un tube de pré-moulage permet d'éviter le lessivage de la résine;
- L'identification précise de la localisation des raccordements diminue les erreurs de perçage;
- Il faut préciser les délais pour la correction des défectuosités identifiées.

CONCLUSION

Le chemisage est une méthode viable pour la réhabilitation des conduites d'égout. Selon le suivi effectué sur ces projets, la plupart des défectuosités sont dues à de l'inexpérience ou à des conditions de chantier difficiles.

3.2.2.4 « *Bilan de la réhabilitation des conduites d'égouts à la Ville de Québec* », AquaData, 2005

La firme Aqua Data a réalisé, en 2005, une étude pour la Ville de Québec. Un des objectifs de cette étude était d'analyser les inspections télévisées d'environ 6 510 mètres de conduites

d'égout après réhabilitation. À la suite de cette analyse, les conduites réhabilitées qui présentaient des anomalies devaient être documentées par des photos et des observations. Deux techniques de réhabilitation sans tranchée ont été utilisées pour la réhabilitation de ces conduites : le chemisage structural (98% du linéaire) et le tubage (2% du linéaire).

Une analyse comparative des résultats des inspections récentes et de celles réalisées immédiatement après la réhabilitation devait aussi être effectuée et permettre d'établir si une détérioration de ces conduites était notable. Dans certains cas, l'analyse pouvait inclure le visionnement des inspections télévisées réalisées immédiatement avant réhabilitation afin de visualiser les anomalies des conduites hôtes.

Les anomalies ont été identifiées selon la terminologie du Pipeline Assessment and Certification Program (PACP®) et un niveau de sévérité leur a été attribué selon le système d'évaluation du même protocole. Toutefois, les niveaux de sévérité attribués par le PACP® sont identiques pour toutes les anomalies observées dans les conduites de réhabilitation (anomalies de revêtement). L'âge des conduites de réhabilitation est de 5 ans et moins compte tenu des dates de réinspection.

RÉSULTATS OBTENUS – CONDUITES

- Les anomalies sont généralement ponctuelles (moins de un mètre);
- Il y a des infiltrations et des incrustations calcaires à travers les défauts structuraux de la gaine sur certaines rues;
- Plusieurs plis ont été observés;
- Des bris et des déchirures plus ou moins importants ont été notés;
- Aucune anomalie n'a été détectée sur les conduites réhabilitées par tubage;
- Deux cent quatre-vingt-onze (291) anomalies ont été répertoriées représentant 4% du linéaire analysé.

RÉSULTATS OBTENUS – RACCORDEMENTS

- Six cent deux (602) raccordements sont présents sur les 6 365 mètres de conduite analysés. Deux cent trente-trois (233) raccordements présentent quelques anomalies, soit 39%; mais seulement vingt-cinq (25) raccordements parmi ces derniers comportent des anomalies importantes, soit 4%.

CONCLUSION

Les évaluations effectuées dans le cadre de ce mandat permettent de dire que la technique de chemisage structural donne de bons résultats. Toutefois, un certain nombre de sections demandent un suivi pour s'assurer de la pérennité des travaux. Les anomalies rencontrées sur ces sections sont ponctuelles et sont des déchirures, des bris, des perforations et des fissures.

PARTIE 2 – Suivi de la performance de la réhabilitation des conduites d'eau potable

4. Programme d'évaluation de la performance

Le comité technique eau potable s'est penché sur le contenu du programme à mettre en place pour évaluer la performance des techniques de réhabilitation sur les conduites d'eau potable. Plusieurs types d'essais ont été envisagés et une classification selon l'importance de chaque essai pour les fins du suivi de la performance a été établie. Ensuite, un tableau résumé des essais destructifs et non destructifs retenus a été préparé confirmant le suivi à effectuer sur les techniques analysées. Une liste des informations à être fournies par les municipalités sur les travaux de réhabilitation a aussi été établie[5].

Les paramètres de contrôle retenus sont donc basés sur les objectifs de l'étude, les normes ASTM F1216 et F1743, et sur les exigences formulées par le CERIU. Dans le cas des échantillons de conduites d'eau potable réhabilitées, cinq paramètres ont été définis soit :

- L'état général de la conduite;
- La résistance à la traction (ASTM D638);
- La résistance à la flexion (ASTM D790);
- Le module de flexion (ASTM D790);
- La résistance au cisaillement représentée par l'adhérence de la gaine à la conduite hôte (ASTM D3165[6]).

Il faut noter ici que l'évaluation de la résistance au cisaillement n'est pas exigée dans les devis de réhabilitation ni dans la norme F1216 qui spécifie les propriétés structurales minimales des gaines ("Table 1 – CIPP Initial Structural Properties").

L'essai de résistance au cisaillement a été demandé par le comité technique eau potable, car les résultats à obtenir étaient jugés intéressants.

4.1 Méthodologie de suivi de la performance des techniques de réhabilitation des conduites d'eau potable

L'évaluation scientifique des échantillons de conduites d'eau potable réhabilitées a été confiée à l'École Polytechnique. La méthodologie proposée consistait d'abord à classer les données selon les caractéristiques physiques des conduites réhabilitées. Les critères examinés sont l'âge, le

[5] Ces documents sont inclus en annexe 2 pour information

[6] Ces essais sont applicables aux composites rigides tandis que les essais ASTM F1743 sont applicables aux revêtements flexibles (précision apportée par Musandji Fuamba dans un courriel daté du 8 mai 2013).

diamètre, le matériau de la conduite ainsi que le type de réhabilitation utilisé. Un échantillon représentatif devait ensuite être défini reflétant les diverses conditions et problématiques structurales et hydrodynamiques rencontrées dans le réseau d'eau potable des municipalités québécoises. Une fois l'échantillon déterminé et les données collectées, les indicateurs de performance pouvaient être identifiés en lien avec les techniques de réhabilitation évaluées. Finalement, le niveau de performance des conduites réhabilitées devait être déterminé par une analyse multicritère.

4.2 Sélection des échantillons de conduites d'eau potable

Un nombre de 60 échantillons a été déterminé comme représentatif pour les analyses statistiques. Toutefois, seulement 6 échantillons ont été reçus et testés. Trois d'entre eux représentaient la technique de revêtement projeté à l'époxy et les trois autres échantillons, la technique de chemisage structural. Le tableau 7 décrit les échantillons prélevés et ayant fait l'objet de tests non destructifs et de tests destructifs.

Ville	No Échantillon	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Matériau	Technique de réhabilitation	Épaisseur du revêtement Conception (mm)	Localisation	Année des travaux
Dollard-des-Ormeaux	C1-DDO	1,067	200	Fonte grise	Revêtement projeté époxy	?	135, rue France	1996
	C2-DDO	0,483	150	Fonte grise	Revêtement projeté époxy	?	13, Magil	1999
	C3-DDO	0,330	150	Fonte grise	Revêtement projeté époxy	?	20, Magil	1999
Longueuil	C5-LON	1,219	250	Fonte grise	Chemisage structural	5,5[7]	274, rue de la Fayette	2003
	C6-LON	1,041	150	Fonte grise	Chemisage structural	3,0[8]	670, St-Jacques	2004
Québec	C9-QUE	1,829	200	Fonte ductile	Chemisage structural	4,0	1665, rue Semple	2011

Tableau 7 – Description des échantillons de conduites d'eau potable

4.3 Essais réalisés

Le tableau 8 énumère les essais destructifs et non destructifs qui ont été réalisés. Tous les échantillons ont été soumis aux évaluations non destructives. Les échantillons ayant été soumis aux évaluations destructives sont spécifiés dans le tableau 8. Par ailleurs, les procédures suivies pour la réalisation des essais destructifs n'ont pas été détaillées, car elles sont fournies dans les normes et reprises dans le rapport de l'École Polytechnique.

[7] Information fournie par Benoit Bergeron de la ville de Longueuil le 17 juin 2013
[8] Ibidem

	Essais	Chemisage structural	Projection d'époxy
Destructifs TD	Résistance à la traction	ASTM D638 (C5-LON, C6-LON, C9-QUE)	N/A
	Résistance à la flexion	ASTM D790 (C5-LON, C6-LON, C9-QUE)	N/A
	Module de flexion	ASTM D790 (C5-LON, C6-LON, C9-QUE)	N/A
	Résistance au cisaillement	ASTM D 3165 (ASTM F1743) (C5-LON, C9-QUE)	N/A
Non destructifs TND	Données physiques de la conduite	Diamètre, longueur, matériau de la conduite hôte, localisation, année de réhabilitation, entrepreneur, nombre de bris avant/après réhabilitation	Diamètre, longueur, matériau de la conduite hôte, localisation, année de réhabilitation, entrepreneur, nombre de bris avant/après réhabilitation
	Inspection visuelle de l'échantillon	Inspection de l'échantillon pour déterminer et localiser les éventuels défauts	Inspection de l'échantillon pour déterminer et localiser les éventuels défauts
	Inspection télévisée de la conduite	Inspection de toute la longueur de la conduite d'où provient l'échantillon pour déterminer l'état de la gaine et localiser les éventuels défauts	Inspection de toute la longueur de la conduite d'où provient échantillon pour déterminer l'état de la gaine et localiser les éventuels défauts
	Mesure de l'espace annulaire	À l'aide d'une jauge d'épaisseur, mesures à 8 endroits sur la circonférence des extrémités de l'échantillon à 45° d'intervalle	À l'aide d'une jauge d'épaisseur, mesures à 8 endroits sur la circonférence des extrémités de l'échantillon à 45° d'intervalle
	Mesure de l'épaisseur de la gaine	À l'aide d'un pied à coulisse, mesures à 8 endroits sur la circonférence des extrémités de l'échantillon à 45° d'intervalle	À l'aide d'un pied à coulisse, mesures à 8 endroits sur la circonférence des extrémités de l'échantillon à 45° d'intervalle

Tableau 8 – Essais à réaliser sur les deux types d'échantillons de conduites d'eau potable.

5. Échantillons analysés et résultats

5.1 Description des échantillons de conduites d'eau potable

5.1.1 Ville de Dollard-des-Ormeaux (DDO)

La Ville de DDO a réalisé environ 18 kilomètres de réhabilitation avec la technique de revêtement projeté à l'époxy dans ses conduites d'eau potable entre 1996 et 2000. Le recours à cette technique visait à régler des problèmes d'eau rouge. Vers la fin de cette période, la technique du chemisage structural a fait son apparition et la ville s'est tournée vers cette technique perçue comme plus durable. La Ville de DDO a fourni trois échantillons de conduites réhabilitées selon la méthode de revêtement projeté à l'époxy pour être évalués dans le cadre de cette étude. Les travaux de réhabilitation ont été réalisés par deux entrepreneurs différents, sur la rue France en 1996 et sur la rue Magil en 1999. Les informations sur les échantillons ont été présentées dans le tableau 7. La figure 3 présente les photos de chaque extrémité des trois échantillons obtenus de la Ville de DDO. Il doit être noté que les rues où ont été prélevés les échantillons sont des rues locales.

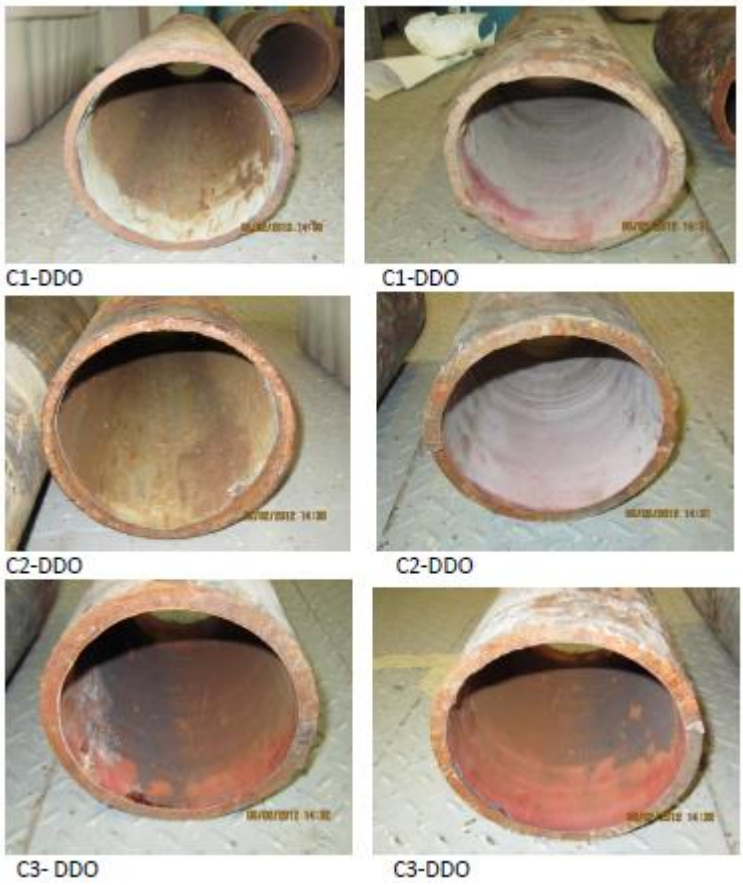


Figure 3 – Échantillons de la ville de Dollard-des-Ormeaux (Source : École Polytechnique, 2013)

5.1.2 Ville de Longueuil

La Ville de Longueuil a réalisé ses premiers travaux de réhabilitation de conduites d'eau potable vers la fin des années 90 en recourant à la technique du revêtement projeté. Depuis le début des années 2000, la ville a inclus dans sa liste d'alternatives d'intervention la technique de réhabilitation par chemisage structural. Deux échantillons de conduites réhabilitées par chemisage structural provenant de deux sites différents ont été fournis par Longueuil. Le premier provient d'une conduite réhabilitée en 2003 sur la rue La Fayette et le deuxième provient d'une conduite réhabilitée en 2004 sur la rue Saint-Jacques. La description des échantillons fournis a été présentée au tableau 7. La figure 4 présente des photos de chaque extrémité des échantillons.

Figure 4 – Échantillons de la ville de Longueuil (Source École Polytechnique, 2013)

5.1.3 Ville de Québec

La Ville de Québec a fourni un échantillon de conduite réhabilitée par chemisage structural situé sur la rue Semple, dans le parc industriel Jean Talon. Un circuit d'autobus est présent sur cette rue. La réhabilitation a été effectuée en 2011. La description de l'échantillon a été présentée dans le tableau 7 et la figure 5 montre des photos de chaque extrémité de l'échantillon.

Figure 5 – Échantillons de la ville de Québec (Source École Polytechnique, 2013)

Il est possible de remarquer sur la photo de droite que l'échantillon C9-QUE est très endommagé. Il n'a pas été possible de déterminer si ce décollement s'est produit lors des opérations de prélèvement.

5.2 Résultats des essais sur les échantillons de conduites d'eau potable

Le détail des résultats des essais non destructifs et destructifs sur les échantillons de conduites d'eau potable réhabilitées qui ont été analysées au cours de la présente étude se trouve dans le rapport réalisé par l'École Polytechnique. Un résumé de ces résultats et une brève discussion sont présentés dans les prochaines sections.

5.2.1 Résultats des essais non destructifs

Les résultats des essais non destructifs réalisés sur tous les échantillons de conduites d'eau potable retenus sont compilés dans le tableau 9.

Échantillon	Inspection visuelle échantillon	Inspection télévisée conduite (après travaux)	Espace [9]annulaire Moy (écart type)	Épaisseur du revêtement Moy (écart type)	Bris	
					Avant	Après
C1-DDO	Revêtement présente quelques signes de décollement et de détérioration. Un dépôt de matière organique a été observé dans la conduite	Les conduites ont montré une certaine défectuosité.[10]	0,45 mm (0,26mm)	1,13 mm (0,04mm)	9	11
C2-DDO			0,26mm (0,26mm)	1,10mm (0,05mm)	7	9
C3-DDO			0,09mm (0,12mm)	1,07mm (0,20mm)		
C5-LON	La gaine présente un bon état. On note la présence de rouille et d'un dépôt qui semble être du calcaire	Des plis ont été relevés ainsi que des entrées de service bouchées. Une inspection réalisée en 2009 ne montre aucune défectuosité supplémentaire[11].	0,14mm (0,10mm)	5,26mm (0,14mm)	0	0
C6-LON			0,07mm (0,09mm)	4,49mm (0,27mm)	3	1
C9-QUE	La gaine est en bon état. On note une sévère corrosion de la conduite hôte. On observe toutefois des signes importants de décollement à certains endroits. Il n'a pas été possible de déterminer si c'est une défectuosité ou la conséquence des opérations de prélèvement.		0,21mm (0,22mm)	4,8mm (0,47mm)	4	0

Tableau 9 – Résultats des essais non destructifs sur les échantillons de conduites d'eau potable retenus pour évaluation

[9] L'expression "espace annulaire" a été préférée à "épaisseur annulaire" par les membres du comité de révision, car elle est considérée plus évocatrice du paramètre mesuré.
[10] Voir Rapport de l'École Polytechnique, août 2013, page 30. Il est aussi indiqué à la page 42 que les « inspections télévisées effectuées juste après l'installation du revêtement d'époxy s'étaient avérées concluantes ».
[11] Voir Rapport de l'École Polytechnique, août 2013, page 31. Il est aussi indiqué à la page 42 que les « inspections télévisées effectuées juste après l'installation de la gaine s'étaient avérées concluantes ».

Technique de revêtement à l'époxy

L'équipe de recherche de l'École Polytechnique a observé que le revêtement d'époxy est en bon état pour les trois échantillons C1-DDO, C2-DDO et C3-DDO, mais des signes apparents de décollement ont aussi été remarqués. Il est important de préciser que le décollement du revêtement est considéré comme un défaut majeur. Les informations disponibles pour les analyses ne précisaient pas les dates [12] du prélèvement des échantillons au moment où l'équipe scientifique a analysé les données. Il a donc été difficile, voire impossible, pour l'équipe de l'École Polytechnique de se prononcer sur la durabilité du revêtement projeté à l'époxy.

L'analyse des données présentées dans le tableau 9 nous permet toutefois de faire les observations suivantes :

- L'espace annulaire moyenne (moyennes des espaces mesurés entre le revêtement et la conduite hôte) pour les trois échantillons est de moins d'un demi-millimètre;
- L'épaisseur moyenne du revêtement se rapproche de 1,1 millimètre pour les trois échantillons. Nous ne connaissons pas les épaisseurs prévues initialement lors de la réhabilitation de ces deux conduites. Par contre, une épaisseur visée de 1 millimètre est citée dans un rapport d'évaluation que nous avons consulté dans le cadre d'un autre projet[13];
- Le nombre de bris après la réhabilitation est supérieur au nombre de bris sur la conduite avant la réhabilitation. Cette situation tend à donner raison aux ingénieurs interrogés sur la cause de l'abandon de la technique du revêtement projeté dans les conduites d'eau potable : le nettoyage intensif requis avant la mise en place du revêtement à l'époxy amplifie la perte de résistance structurale des conduites et les rend plus vulnérables malgré la réhabilitation fonctionnelle.

Technique du chemisage structural

Les échantillons de gaines C5-LON et C6-LON présentent un bon état. On note la présence de rouille et d'un dépôt qui semble être calcaire. Ces dépôts ne démontrent pas un défaut du revêtement. L'échantillon C9-QUE montre une conduite hôte très abimée, mais une gaine en bon état. L'équipe de recherche a cependant observé un décollement à une des extrémités de l'échantillon. Il n'a pas été possible de déterminer si ce décollement s'est produit lors des opérations de prélèvement[14].

L'analyse des inspections télévisées réalisées après le chemisage sur le boulevard La Fayette et sur la rue Saint-Jacques a révélé des plis et des entrées de service bouchées. Une inspection télévisée réalisée en 2009 dans les conduites ne signale aucune anomalie supplémentaire sur ces sections.

---

[12] Les représentants de la ville de Dollard-des-Ormeaux ont précisé le 8 mai 2013 que les échantillons de la rue Magil ont été prélevés en 2007, et celui de la rue France en 2009.

[13] « De façon à obtenir une épaisseur uniforme supérieure à 1 mm, l'ordinateur contrôle la cadence des équipements d'application. Un relevé est imprimé par l'ordinateur à des intervalles de 3 minutes et indique les paramètres de l'application. » Le Groupe Séguin, Évaluation des techniques et matériaux innovateurs pour la réhabilitation de conduites d'eau et d'égout, juillet 1998.

[14] École Polytechnique, 2013.

L'analyse des données présentées dans le tableau 9 nous permet de faire les observations suivantes :

- L'espace annulaire moyen des trois échantillons est inférieure à 0,25 millimètre;
- Les épaisseurs moyennes des gaines sont de 5,26 millimètres et 4,49 millimètres pour les échantillons C5-LON et C6-LON respectivement. Si l'on compare ces épaisseurs aux épaisseurs de conception indiquées au tableau 7, on remarque que l'épaisseur mesurée pour l'échantillon C5 LON, 5,26 millimètres, est légèrement inférieure à l'épaisseur de conception 5,5 millimètres. L'épaisseur de l'échantillon C6 LON, 4,49 millimètres, est de beaucoup supérieure à l'épaisseur de conception, 3,0 millimètres. L'épaisseur moyenne mesurée pour l'échantillon C9-QUE est de 4,8 millimètres et se compare avantageusement à l'épaisseur « nominale » de 4,0 millimètres prévue à l'installation[15];
- L'article 8.6 de la norme ASTM F1216-09 précise le critère de rejet pour cet élément : l'épaisseur minimale de la gaine en tout point ne doit pas être inférieure à 87,5% de l'épaisseur de conception requise.[16] Basé sur cette norme, tous les échantillons évalués répondent à cette exigence;
- Un seul bris a été répertorié après réhabilitation sur la conduite de la rue Saint-Jacques où a été prélevé l'échantillon C6-LON. Le type de rupture n'a pas été identifié au moment de la réparation. Aucun bris n'a été relevé sur les conduites des rues La Fayette et Semple.

5.2.2 Résultats des essais destructifs

Les résultats des essais destructifs réalisés sur tous les échantillons de conduites d'eau potable retenus sont compilés dans le tableau 10.

No Échantillon	Résistance à la traction (ASTM D638)			Module de flexion (ASTM D790)			Résistance en flexion (ASTM D790)			Résistance au cisaillement (ASTM D3165)		
	Résultats moyens (écart type)	Norme	Concep-tion	Résultats moyens (écart type)	Norme	Concep-tion	Résultats moyens (écart type)	Norme	Concep-tion	Résultats moyens (écart type)	Norme	Concep-tion
C5-LON	50 MPa (4,5)	21 MPa	-	1 835 MPa (330)	1 724 MPa	-	53,0 MPa (4,4)	31 MPa	-	201 N (36)	44,6 N	-
C6-LON	48,9 MPa (4,9)	21 Mpa	-	2 739 MPa (173)	1 724 MPa	-	87,6 MPa (3,2)	31 MPa	-	N/A	N/A	N/A
C9-QUE	69,8 MPa (4,2)	21 MPa	89 MPa	2 282 MPa (282)	1 724 MPa	3 229 MPa	66,8 MPa (5,6)	31 MPa	106,1 MPa	826 N (208)	44,6 N	-

Tableau 10 – Résultats des essais destructifs sur les échantillons de conduites d'eau potable réhabilitées par chemisage structural

Les échantillons prélevés ont été découpés selon les formes et dimensions requises par les normes pour les différents essais. Le test de flexion requiert des éprouvettes en forme d'haltères

[15] Information fournie par la Ville de Québec

[16] "The minimum wall thickness at any point shall not be less than 87.5% of the specified design thickness as agreed upon between purchase and seller" (art. 8.6, F1216-09).

tandis que les tests de traction et de cisaillement requièrent des éprouvettes de forme rectangulaire. Chaque éprouvette a été identifiée et numérotée.

Tous les résultats des tests destructifs de traction et de flexion sont supérieurs aux limites fixées par la norme F1216. Une remarque doit cependant être ajoutée concernant le résultat du module de flexion de l'échantillon C5-LON, car ce dernier est proche de la valeur minimale prescrite par la norme, 1 835 MPa versus 1 724 MPa.

Il serait intéressant de connaître la valeur du module de flexion utilisée pour la conception. Il peut être observé dans le tableau 10 que les valeurs de conception pour l'échantillon C9-QUE fournies par la ville de Québec sont significativement plus élevées que les valeurs obtenues suite aux tests sur des échantillons prélevés in situ.

Quant à l'essai de résistance au cisaillement, les résultats des 2 échantillons qu'il a été possible de tester montrent que tous les spécimens extraits des échantillons rencontrent largement le critère d'acceptabilité de la norme ASTM D3165.

6. Analyse des résultats et discussion

6.1 Revêtement projeté à l'époxy

Les échantillons C1-DDO, C2-DDO et C3-DDO provenant de conduites réhabilitées par la technique de revêtement projeté à l'époxy n'ont fait l'objet d'aucun test destructif. Seuls des tests non destructifs ont été effectués et les résultats des observations sont exposés ci-après.

- Les inspections télévisées effectuées juste après l'installation du revêtement à l'époxy s'étaient avérées concluantes. L'équipe de recherche n'a reçu aucune autre information depuis l'installation du revêtement. Toutefois, la ville de Dollard-des-Ormeaux a mentionné que plusieurs bris ont été répertoriés sur ces conduites après la réhabilitation, l'obligeant à les réhabiliter à nouveau, mais avec la technique du chemisage structural;
- Les inspections visuelles montrent quelques signes apparents de décollement et de détérioration du revêtement d'époxy;
- L'espace annulaire moyen reste inférieur à un demi-millimètre. L'échantillon C2-DDO présente un résultat erratique où un espace annulaire de 6,35 millimètres a été mesuré à 45^{O} du radier. Le rapport scientifique n'en fait toutefois pas la remarque.

Ainsi, sur la base des évaluations visuelles, le revêtement projeté à l'époxy montre des signes apparents de décollement. Par ailleurs, les deux conduites à l'étude ont dû subir une réhabilitation par chemisage structural après 13 ans (C1-DDO) et 8 ans (C2-DDO et C3-DDO), car de nombreux bris se sont produits après la réhabilitation fonctionnelle. Plusieurs utilisateurs et experts du milieu municipal expliquent la mauvaise performance de la technique de projection par le fait que les conduites retenues pour ce type de réhabilitation non structurale sont peut-être trop dégradées. De plus, lorsque le nettoyage de la conduite est effectué à l'aide d'outils mécaniques, le décollement des nodules de rouille et le raclage ont pour effet de sensibiliser la conduite qui n'est plus en mesure de reprendre les charges, même une fois revêtue d'époxy.

La Ville de DDO avait choisi de réhabiliter ces conduites pour régler un problème d'eau rouge, mais n'avait fait aucune analyse au préalable pour déterminer les propriétés des sols ni pour déterminer la condition des conduites. Le nettoyage agressif avant la projection du revêtement d'époxy a possiblement fragilisé davantage les conduites dont l'état était sans doute trop dégradé d'après le nombre élevé de bris survenus avant réhabilitation.

6.2 Chemisage structural

Les échantillons C5-LON, C6-LON et C9-QUE, prélevés sur des sections de conduites réhabilitées par chemisage structural, ont été soumis à la fois à des tests non destructifs et à des tests destructifs. Les résultats obtenus et présentés au chapitre 5 nous permettent les observations suivantes :

TESTS NON DESTRUCTIFS

- Les inspections télévisées qui ont été analysées sont celles qui ont été effectuées juste après l'installation de la gaine. Les observations relatives aux gaines après réhabilitation montrent des résultats satisfaisants;
- Les inspections visuelles de tous les échantillons reçus montrent des gaines de bonne qualité. On note toutefois quelques signes apparents de décollement de la gaine sans pouvoir déterminer s'ils sont dus aux activités de prélèvement;
- Les mesures de l'épaisseur des gaines permettent de conclure qu'elles répondent aux exigences de la norme F1216.
- L'espace annulaire moyen est resté inférieur à 0,25 millimètre [17];
- Selon les données de la ville de Longueuil, un bris est répertorié après réhabilitation sur la section de conduite d'où provient l'échantillon C6-LON, soit la rue St-Jacques. Le type de rupture n'a pas été identifié au moment de la réparation.

TESTS DESTRUCTIFS

- Globalement, les résultats obtenus pour la **résistance à la traction** sont très satisfaisants. En effet, tous les échantillons passent facilement le test avec des valeurs largement supérieures au seuil exigé par la norme F1216. Dans le cas de l'échantillon C9-QUE de la rue Semple à Québec, pour lequel nous disposons des données de conception, le résultat de l'essai est bien supérieur au seuil exigé par la norme, mais il est inférieur à la valeur utilisée pour la conception de la gaine, soit 69,8MPa versus 89MPa;
- Les résultats obtenus pour la **résistance à la flexion** sont également très satisfaisants. En effet, tous les échantillons passent facilement le test avec des valeurs largement supérieures à la norme F1216. La même remarque que précédemment à propos de l'échantillon de la ville de Québec s'applique ici;
- Les résultats obtenus pour le **module de flexion** sont aussi satisfaisants. Tous les échantillons passent le test avec des valeurs au-dessus du seuil exigé par la norme. Toutefois, l'échantillon C5-LON a un résultat moyen près de la norme, soit 1835 MPa versus

[17] Selon un fournisseur de cette technologie, un espace annulaire peut se former si un échantillon de conduite gainée est entreposé longtemps dans un endroit sec.

1 724 MPa. Une fois encore, pour l'échantillon de la ville de Québec, le résultat de l'essai est inférieur à la valeur utilisée pour la conception de la gaine soit 2 282 MPa versus 3 229 MPa;

- Les résultats obtenus pour la **résistance au cisaillement** sont positifs. En effet, chacun des spécimens extraits des échantillons passe le test mentionné. La valeur moyenne obtenue pour l'échantillon C5 LON est de 201 N et celle pour l'échantillon C9 QUE de 826 N. Ces valeurs sont nettement au-dessus du seuil exigé de 44,6 N. Il est par contre nécessaire de souligner que ce test est très délicat et qu'il n'est pas exigé aux devis des projets bien qu'il ait été inclus au projet de suivi par le comité directeur.

Ainsi, les résultats des essais destructifs et non destructifs permettent de conclure que la réhabilitation par chemisage structural devrait prolonger la durée de vie des conduites réhabilitées. Les résultats des essais destructifs sont supérieurs à la norme F1216.

Compte tenu de la non-représentativité statistique, du fait que les essais ont été effectués sur très peu de sections de conduites et que les méthodes de réhabilitation consistent à « fabriquer » sur le site et sous terre une conduite de réhabilitation structurale (chemisage inversé ou tiré), il n'est pas possible de conclure sur la performance de la technique elle-même. Il est toutefois possible de statuer sur la performance de chaque conduite réhabilitée d'où proviennent les échantillons.

L'extrapolation des résultats à partir d'un très petit nombre d'échantillons est impossible. Des échanges avec d'autres chercheurs devraient permettre d'évaluer l'importance de l'échantillon qui pourrait s'avérer représentatif de la performance de la technique.

PARTIE 3 – Suivi de la performance de la réhabilitation des conduites d'égout

7. Programme d'évaluation de la performance

Le comité technique conduites d'égout et regards s'est penché sur le contenu du programme à mettre en place pour évaluer la performance des techniques de réhabilitation des conduites d'égout. Plusieurs types d'essais ont été envisagés et une classification selon l'importance de chaque essai pour les fins du suivi de la performance a été établie. Ensuite, un tableau résumé des essais destructifs et non destructifs retenus a été préparé, confirmant le suivi à effectuer sur les techniques analysées, et une liste des informations à être fournies par les municipalités sur les travaux de réhabilitation a été établie[18].

Dans le cas des échantillons de conduites d'égout, des essais physiques et des essais de condition structurale ont été identifiés comme paramètres de contrôle. Les validations physiques à effectuer sur les échantillons étaient l'épaisseur, la longueur et le diamètre. Les essais pour évaluer la condition structurale de la conduite hôte permettent de se prononcer sur l'ovalisation et la résistance à l'écrasement (ASTM C301-04). Ces derniers essais ont été réalisés bien qu'ils ne soient pas exigés dans la norme F1216 ou dans les devis pour les conduites d'égout.

En ce qui concerne la gaine elle-même, les essais destructifs suivants étaient prévus :

- Le module de flexion (ASTM D790);
- La résistance à la flexion (ASTM D790);
- La résistance à la traction (ASTM D638).

La méthodologie a été définie pour répondre à l'objectif principal de cette étude, à savoir évaluer la performance des conduites d'égout réhabilitées.

7.1 Méthodologie de suivi de la performance des techniques de réhabilitation des conduites d'égout

L'évaluation scientifique des échantillons de conduites d'égout réhabilitées a été confiée à l'université Concordia. La méthodologie proposée par l'université, et acceptée par les membres du comité directeur, a été divisée en trois phases. La première phase a consisté à collecter les données sur les projets de réhabilitation, à les analyser géographiquement et à déterminer l'ampleur de l'échantillon à contrôler. La répartition de l'échantillon sur le territoire de chaque municipalité a ensuite été confirmée à l'aide de méthodes statistiques.

[18] Ces documents sont inclus en annexe 3 pour information

La deuxième phase a consisté à caractériser les échantillons recueillis pour les essais destructifs TD et les essais non destructifs TND. Les rapports d'inspection télévisée ont ensuite été consultés pour sélectionner les échantillons à utiliser pour les tests destructifs. Le choix des échantillons a ensuite été communiqué aux municipalités participantes. Toutefois, la cueillette d'échantillons sur site (conduites réhabilitées en service) s'est avérée très difficile. Seule la ville de Québec a accepté de prélever des échantillons provenant de deux sites différents.

La troisième phase de la méthodologie a inclus le développement de modèles de détérioration pour établir la condition des conduites et regards basée sur les analyses des tests non destructifs et les mesures de performance. Les modèles ont été validés et, basées sur ces validations, les courbes de détérioration ont été générées pour déterminer l'efficacité des méthodes de réhabilitation. Les lecteurs intéressés pourront consulter la démarche et les résultats de cette troisième phase dans le rapport de l'Université Concordia.

7.2 Sélection des échantillons de conduites d'égout

Un échantillon de conduite représentatif a été sélectionné pour l'évaluation de chaque technique de réhabilitation, dans chaque ville, en se basant sur des principes statistiques. L'importance de l'échantillon dépend de la population (nombre d'éléments de chaque groupe) et du niveau de risque accepté. Plus la population est petite, plus l'échantillon sera grand comparé à la population. Plus la population est grande, plus l'échantillon sera petit comparé à la population. Un système d'information géographique (GIS) a été utilisé pour localiser les travaux de réhabilitation effectués. Les longueurs à inspecter par caméra de télévision (test non destructif) ont ensuite été évaluées. Le tableau 11 présente la valeur de l'échantillon retenu, par technique et par ville. Il faut noter que l'échantillon de la ville de Laval, pour la technique de colmatage et injection dans les conduites d'égout, a été déterminé par une analyse sectorielle.

Ville	Technique	Nombre d'actifs à inspecter[19]
Québec	Chemisage structural (conduites)	5 310 m conduite
Laval	Colmatage et injection (conduites)	2 678 m conduite

Tableau 11 – Échantillons selon la technique et la ville où le suivi est réalisé

C'est à la suite de l'évaluation des résultats des tests non destructifs TND que l'échantillon pour les essais destructifs TD à réaliser pour la technique de chemisage structural devait être déterminé. Toutefois, il a été impossible d'obtenir le nombre d'échantillons requis. Deux sections de tuyau ont été obtenues pour les essais destructifs TD, sans égard aux critères de sélection.

7.3 Essais réalisés

Le tableau 12 présente les essais destructifs TD et non destructifs TND réalisés sur les échantillons de conduites d'égout réhabilitées. Les tests destructifs et non destructifs seront effectués sur les échantillons de conduites réhabilitées par chemisage structural, tandis que

[19] Source : Tarek Zayed, Université Concordia, 2013

seulement des tests non destructifs seront effectués sur les échantillons de conduites réhabilitées par colmatage et injection. Les détails de la procédure à suivre pour la réalisation des essais destructifs sont fournis dans les normes et repris dans le rapport de l'Université Concordia.

	Essais	Chemisage structural	Colmatage et injection
Destructif TD	Résistance à la traction	ASTM D638	N/A
	Résistance à la flexion	ASTM D790	N/A
	Module de flexion	ASTM D790	N/A
	Ovalisation	ASTM C 497	N/A
Non destructif TND	Données physiques de la conduite	Diamètre, matériau de la conduite hôte, profondeur, âge de la réhabilitation, utilisation du sol, niveau de trafic, hiérarchie routière	Diamètre, matériau de la conduite hôte, profondeur, âge de la réhabilitation, utilisation du sol, niveau de trafic, hiérarchie routière
	Inspection télévisée de la conduite	Analyse des sections de conduites identifiées dans l'échantillon représentatif. Anomalies structurales et fonctionnelles selon le PACP CERIU/NASSCO	Analyse des sections de conduites identifiées dans l'échantillon représentatif. Anomalies structurales et fonctionnelles selon le PACP CERIU/NASSCO

Tableau 12 – Essais à réaliser sur les deux types d'échantillons de conduites d'égout

8. Échantillons analysés et résultats

8.1 Description des échantillons de conduites d'égout

Plusieurs mètres de conduites d'égout ont été inspectés par caméra de télévision dans les villes de Laval et de Québec. À Québec, la réhabilitation par chemisage structural des conduites a été effectuée entre les années 1999 et 2007 (année de référence pour cette étude), tandis que la période de réhabilitation par colmatage et injection des conduites de la ville de Laval se situe entre 1984 et 1996.

8.1.1 Ville de Québec

À la ville de Québec, environ 5 310 mètres de conduites réhabilitées ont été inspectés avec une caméra de télévision conventionnelle. L'âge des conduites réhabilitées se situe entre 10 et 21 ans. La liste complète des sections de conduites analysées, les caractéristiques physiques, environnementales et d'état peuvent être consultées dans les annexes du rapport de l'Université Concordia.

8.1.2 Ville de Laval

Près de 2 678 mètres de conduites réhabilitées par colmatage et injection ont été inspectés par caméra de télévision conventionnelle. Les conduites ont été sélectionnées selon le type de matériau et leur localisation dans les différents secteurs de la ville de Laval où la réhabilitation a été effectuée : Saint-François, Auteuil, Duvernay Nord, Chomedey Est, Laval Ouest, Sainte-Dorothée 1 et 2. La liste complète des sections de conduites analysées ainsi que les caractéristiques physiques, environnementales et d'état peuvent être consultées dans les annexes du rapport de l'Université Concordia.

8.2 Résultats des essais sur les échantillons de conduites d'égout

Le détail des résultats des essais non destructifs et destructifs sur les conduites d'égout réhabilitées qui ont été analysées au cours de la présente étude se trouve dans le rapport réalisé par l'Université Concordia. Un résumé de ces résultats et une brève discussion sont présentés dans les prochaines sections.

8.2.1 Essais non destructifs

Technique de chemisage structural

Les essais non destructifs réalisés sur les conduites réhabilitées par chemisage structural et prélevés sur le réseau d'égout de la ville de Québec ont consisté à analyser les rapports d'inspection télévisée et à décrire les échantillons de conduites et leur environnement physique. Le tableau 13 présente les informations sur les échantillons de conduites extraites du rapport de l'université Concordia. Certaines informations ont pu être validées auprès de la ville de Québec tandis que d'autres n'ont pu l'être.

Rue	Forme	Diamètre	Matériel	Épaisseur Conception de la gaine	Type de réhabilitation	Année de réhabilitation	Type de rue
Marie-Rollet	circulaire	350 mm	grès	5 mm[20]	chemisage	2002	locale
Moncton	circulaire	450 mm	grès	7 mm[21]	chemisage	2001	locale

Tableau 13 – Données physiques obtenues auprès de la Ville de Québec sur les échantillons de conduites

Les rapports complets de l'inspection télévisée des 5 310 mètres de conduites réhabilitées ont été analysés. Les principaux défauts relevés dans chaque conduite inspectée ont été identifiés et leur longueur comptabilisée. Ces défauts ont été classés selon le regroupement présenté au tableau 14. Il doit aussi être noté que la quantité, et donc le pourcentage des défauts observés, correspond à l'état de chaque conduite à la date d'inspection. Ainsi, 19,69% du linéaire des conduites réhabilitées par chemisage structural de la ville de Québec présente des défauts selon l'analyse et les conclusions des chercheurs de l'université Concordia.

No	Catégorie de défauts	Description
1	Fissures et fractures	Fissures et fractures circulaires ou longitudinales dans le corps de la gaine
2	Racines	Racines d'arbres, surtout à proximité des regards
3	Granulats visibles	Gros granulats dans le structure de la conduite
4	Infiltration	Infiltration visible
5	Dommage à la surface	Déformation de parties de la surface intérieure de la conduite
6	Dommage au revêtement	Dommage visible de la gaine
7	Autres	

Tableau 14 – Catégories des défauts observés (Source : Concordia, 2013)

[20] Ces informations n'ont pu être validées auprès de la Ville de Québec
[21] Ces informations ont été confirmées lors de la consultation de documents fournis par la Ville de Québec

La figure 6 montre la répartition des défauts répertoriés dans les conduites réhabilitées de la ville de Québec. Il est possible d'observer que les dommages à la surface (portion de la surface interne de la conduite qui est déformée) et les agrégats visibles (à la jonction de la conduite et des raccordements) représentent à eux seuls près de 80% des défauts observés. Les dommages au revêtement représentent près de 10% des défauts observés.

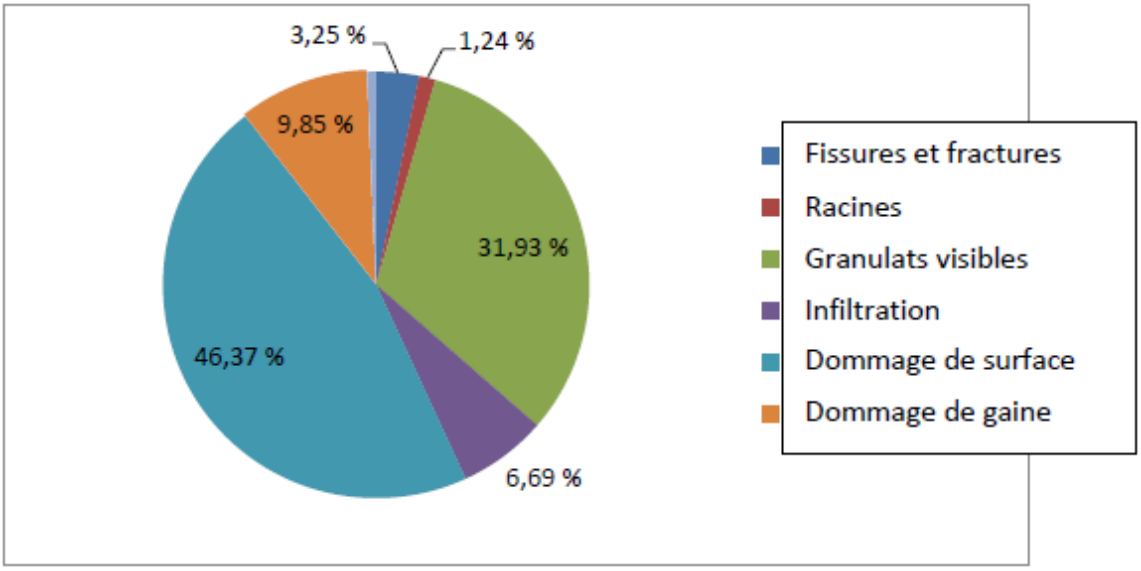
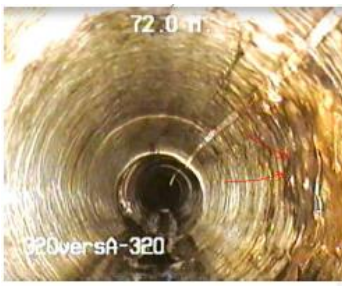
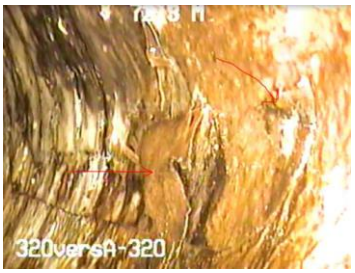


Figure 6 – Répartition des défauts des conduites réhabilitées par chemisage structural à la ville de Québec (Source : Concordia, 2013)

Le tableau 15 fournit des exemples de défauts choisis parmi les catégories du tableau 14.

Catégorie	Défaut observé	Exemple	Défaut observé	Exemple
Infiltration	Infiltration à la piqûre	Boul. Benoit-XV. Ouebec Citv	Infiltration à la soudure	Boul Benoit- Xv
Dommage au revêtement	Délamination	 De Repentigny		 De Repentigny

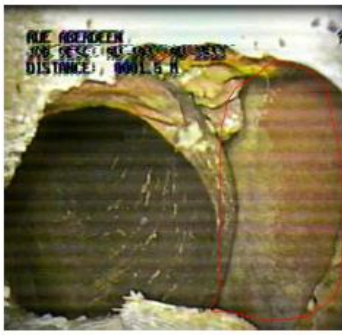
Catégorie	Défaut observé	Exemple	Défaut observé	Exemple
Agrégats visibles	Jonction conduite/ raccordement	 Aberdeen		Aberdeen

Tableau 15 – Exemples de défauts dans les conduites réhabilitées par chemisage structural (Source : Concordia, 2013)

Les défauts observés sont principalement des infiltrations, des racines, la présence de dépôts, des infiltrations à la soudure du revêtement, des trous, des dommages à la surface et des fissures circulaires, longitudinales ou multiples. De l'érosion a aussi été notée sur une section.

Le rapport de la firme Aqua Data, réalisé en 2005 et fourni par la ville de Québec, recommandait de faire un suivi des conduites réhabilitées. Certaines des sections évaluées dans l'étude d'Aqua Data font partie de la présente étude, soit 10 projets parmi ceux analysés par Aqua Data. Un tableau comparatif des anomalies observées sur ces sections au cours des deux études est inclus dans le rapport scientifique réalisé par l'Université Concordia.

Une brève consultation des résultats comparatifs de ce tableau montre que certaines sections de conduites se sont détériorées. En effet, lorsque des anomalies ou de l'infiltration ont été notées par Aqua Data en 2005, ces anomalies se sont aggravées et sont aussi répertoriées dans le rapport de 2009. Dans les cas où aucune anomalie n'était notée en 2005, c'est généralement le cas aussi en 2009.

En plus de l'analyse des inspections télévisées, d'autres tests non destructifs ont été effectués sur les échantillons prélevés. Les résultats sont présentés dans le tableau 16.

No échantillon		Diamètre extérieur (mm)	Espace annulaire moy (mm)	Épaisseur moyenne de la gaine	Épaisseur de la gaine (conception)
Rue Marie-Rollet	C10-QUÉ	350	6,15	8,34 mm	5 mm
	C11-QUÉ	350	0,05		
	C12-QUÉ	350	0,66		
Rue Moncton	C13-QUÉ	450	0,48	7,16 mm	7 mm
	C14-QUÉ	450	0,46		
	C15-QUÉ	450	0,65		

Tableau 16 – Résultats des essais non destructifs sur les échantillons de conduites d'égout retenus pour évaluation

On remarque que l'espace annulaire moyenne pour 5 des 6 échantillons est de moins de 1 millimètre. Seul l'échantillon no 10 de la rue Marie-Rollet a un espace annulaire d'un peu plus de 6 millimètres. Le rapport scientifique ne fournit pas d'explication sur cette valeur. On peut aussi noter que l'épaisseur de la gaine installée dans la conduite de la rue Moncton (7,16 millimètres versus 7 millimètres) est légèrement supérieure à l'épaisseur de conception tandis que dans le cas de la rue Marie-Rollet, l'épaisseur installée est largement supérieure à l'épaisseur de conception (8,34 millimètres versus 5 millimètres).

Technique de colmatage et injection

L'inspection télévisée conventionnelle constitue le principal essai non destructif réalisé pour évaluer la performance de la technique de colmatage et injection dans les réseaux de la ville de Laval. Tel que nous l'avons déjà indiqué, les sections de conduites évaluées font partie d'un échantillon défini par des méthodes statistiques. Les rapports de 2 678 mètres d'inspection télévisée par caméra conventionnelle ont été obtenus de la ville de Laval et ont été analysés.

Les défectuosités observées lors de l'inspection télévisée ont permis d'attribuer une cote d'état structural et une cote d'état fonctionnel selon le protocole PACP CERIU/NASSCO. Ces cotes ont été fournies dans le rapport d'inspection télévisée de la firme ayant réalisé l'inspection télévisée.

Les défauts observés lors de l'analyse des inspections télévisées ont été regroupés en sept (7) catégories; celles-ci sont décrites au tableau 14. Ensuite, la longueur de chaque défaut a été comptabilisée à partir d'une évaluation visuelle des chaînages où apparaissaient ces défauts.

Les conduites réhabilitées par colmatage et injection à la ville de Laval présentent un pourcentage de défectuosités équivalant à 14,23% du linéaire analysé. La figure 7 montre la répartition des défauts observés dans les conduites réhabilitées par colmatage et injection à Laval. L'infiltration et les racines représentent près de 47% des défauts répertoriés. Les autres défauts observés, tels que les fissures et fractures et les dommages à la surface, représentent près de 50% de l'ensemble des défauts observés. Ces derniers défauts sont considérés comme des défaillances structurales.

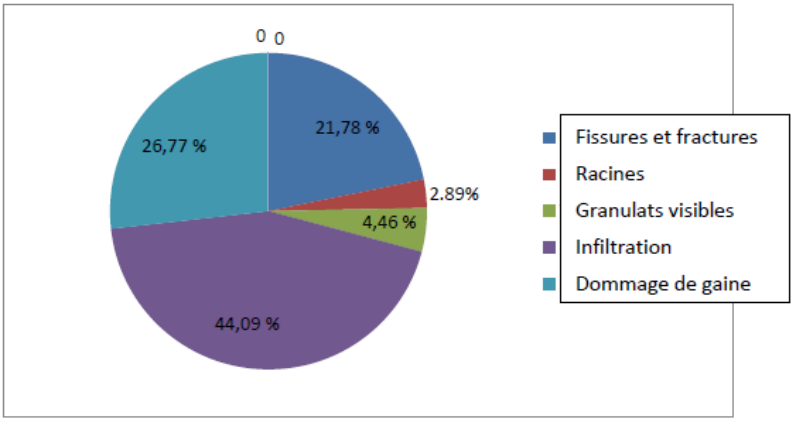


Figure 7 – Répartition des défauts dans les conduites réhabilitées par colmatage et injection à la ville de Laval (Source : Concordia, 2013)

8.2.2 Essais destructifs

Technique du chemisage structural

Deux échantillons de conduites d'égout en grès réhabilitées par chemisage structural ont été prélevés sur deux sites dans la ville de Québec, l'avenue Moncton et la rue Marie-Rollet. Chaque échantillon mesurait trois (3) mètres et a été coupé en trois segments égaux d'environ 1 mètre. Les tests de résistance à la flexion (ASTM D790) et à la traction (ATSM D638) ont été effectués par le Groupe CTT de Saint-Hyacinthe sur les deux segments (C-12 et C-14). Les quatre autres segments (C-10, C-11, C-13 et C-15) ont été remis au laboratoire de mécanique de l'École Polytechnique pour les essais de résistance à l'écrasement.

Le tableau 17 présente les résultats obtenus pour les essais de résistance requis par les membres du Comité technique.

No Échantillon	ASTM D638 Résistance à la traction (MPa)		ASTM D638 Résistance à la traction		ASTM D790 Module de flexion (MPa)		ASTM D790 Résistance à la flexion (MPa)	
	Essai	Conception	Élongation à la rupture (%)	Module d'élasticité	Essai	Conception	Essai	Conception
C-12 rue Moncton	19,85	-	3,50	1,75	3 495	2 758	44,59	27,6
C-14 rue Marie-Rollet	24,38	-	10,33	5,16	3 424	2 758	47,11	27,6

Tableau 17 – Résultats des essais destructifs sur les échantillons de conduites d'égout retenus pour évaluation

Les résultats des essais destructifs de module de flexion et de résistance à la flexion sont comparés aux valeurs de conception et les dépassent de façon significative.

Par ailleurs, les membres du Comité se sont montrés intéressés à ce que l'équipe de recherche compare les résultats des essais effectués sur les échantillons de la ville de Québec aux résultats d'essais réalisés sur des échantillons prélevés sur la première conduite réhabilitée par chemisage en 1971 à Londres. Ces derniers essais ont été effectués par un laboratoire indépendant pour le compte de la compagnie Insituform et une brève analyse comparative avec les résultats obtenus sur les échantillons fournis par la ville de Québec est présentée dans l'encadré qui suit.

Les valeurs spécifiées [22] au devis proviennent de la norme BS 2782335A. Celle-ci prescrit une valeur minimale de 20 MPa pour la résistance à la flexion et une valeur minimale de 2 200 MPa pour le module de flexion.

[22] Ces valeurs sont différentes de celles prescrites par la norme F1216 (1 724 MPa pour le module flexion et 31 MPa pour la résistance à la flexion).

Les informations sur la conduite, sa localisation et les données techniques s'y rapportant sont présentées dans le tableau 18. Les détails des évaluations au fil du temps et des normes applicables sont ensuite discutés.

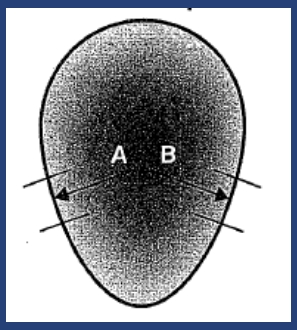
Parcelles de gaine prélevées	Longueur	= 230 pieds (70 mètres)
	Dimensions	= 3'10'' X 2' (900mm X 600mm)
	Type d'effluent	= Industriel et domestique
	Localisation	= Hackney, banlieue de Londres, GB
	Client	= Thames Water
	Date d'installation	= 1971
	Date des échantillons	= 1991 1997 2001

Tableau 18 – Informations sur la conduite réhabilitée par chemisage structural dans laquelle les échantillons ont été prélevés (Source : Insituform[23])

En juin 1991 – 20 ans après la date d'installation de la gaine

Deux échantillons de gaine ont été prélevés par un laboratoire indépendant dans la conduite à environ 300 millimètres du regard en direction aval. L'inspection visuelle des échantillons a permis de constater qu'ils ne montraient aucun signe de dégradation. Les échantillons ont été découpés et les éprouvettes testées par le même laboratoire. (L'essai effectué a été réalisé selon les exigences de la norme *BS2782 Part 3 Method 335A : 1978*, essai comparable à celui prescrit par la norme ASTM D790).

Les résultats des essais destructifs ont été comparés aux exigences de la norme applicable *WIS4-34-04. Issue 1, 1986* qui est équivalente à la norme ASTM F1216. Les résultats obtenus pour le module de flexion pour les deux échantillons dépassent largement les exigences de la norme.

En 1997 – 26 ans après la date d'installation

Deux nouveaux échantillons ont été prélevés par un laboratoire indépendant dans la même conduite, à 4 mètres du regard en direction aval. Un échantillon d'effluent a été prélevé par un représentant de Thames Water, opérateur du réseau pour en vérifier le pH qui se situait entre 6 et 7. Des essais destructifs ont été réalisés pour déterminer les caractéristiques mécaniques de la gaine. Les résultats répondent tous aux exigences des normes pour la résistance et le module de flexion. Les résultats suggèrent que la gaine ne s'est pas détériorée entre les années 1991 et 1997.

[23] « *Determination of the Flexural Properties of the Polyester Resin Insitupipes From Hackey, London* », Insituform, 1991

En 2001 – 30 ans après la date d'installation de la gaine

Des échantillons ont été prélevés sur la même conduite et ont été testés selon la norme BS EN ISO 178 :1997. Les résultats montent encore une fois qu'il n'y a pas eu de détérioration après 30 ans de service.

Les résultats des essais destructifs effectués dans la présente étude ont été comparés aux résultats d'essais réalisés en Grande-Bretagne sur des échantillons d'une gaine installée il y a plus de 30 ans. Le tableau 19 présente les résultats comparatifs des modules de flexion et de la résistance en flexion.

Échantillon	Module de flexion (MPa)			Résistance en flexion (MPa)		
	Conception	Valeur moyenne	Valeur maximale	Conception	Valeur moyenne	Valeur maximale
UK (20 ans)	-	2 900	-	-	46,0	-
UK (26 ans)	-	3 300	-	-	34,9	-
UK (30 ans)	-	3 300	-	-	43,0	-
C-12 (10 ans) Moncton	2 758	3 495	3 693	27,6	44,59	50,1
C-14 (11 ans) Marie-Rollet	2 758	3 424	3 705	27,6	47,11	49,88

Tableau 19 – Valeurs comparatives des résultats d'essais réalisés en Grande-Bretagne et au cours de la présente étude

Nous ne disposons que de très peu de détails sur les échantillons et les conditions environnementales et de service de la conduite d'où proviennent les résultats. La comparaison des résultats obtenus pour le module de flexion nous indique que les deux échantillons de Québec C-12 et C-14 ont une valeur moyenne qui excède les valeurs obtenues pour les échantillons anglais. De la même manière, lorsqu'on compare les valeurs obtenues pour la résistance en flexion des échantillons C-12 et C-14, elles dépassent les valeurs de conception ainsi que les valeurs obtenues pour les échantillons anglais après 26 et 30 ans. Le résultat des essais sur l'échantillon anglais après 20 ans est de 46 MPa et les résultats de nos échantillons s'y comparent avantageusement.

Lorsqu'on déplace le point de vue de l'analyse, il est possible d'apporter les commentaires suivants :

- La valeur moyenne du module de flexion de l'échantillon anglais s'est améliorée après 26 ans de service et maintenue depuis. La valeur du module de flexion de l'échantillon anglais après 30 ans de service se situe très près de la valeur moyenne des échantillons de Québec et dépasse largement la valeur de conception;
- La valeur moyenne de la résistance en flexion a varié dans le temps ; la valeur obtenue après 30 ans de service se compare à celle de l'échantillon de la rue Moncton et dépasse largement la valeur de conception.

À la lumière des résultats de ces essais, la compagnie Insituform conclut qu'il n'y a pas eu de détérioration de la conduite réhabilitée après 30 ans de service.

9. Analyse des résultats et discussion

9.1 Chemisage structural

L'évaluation des défauts réellement attribuables à une défaillance de la technique étudiée devrait inclure un visionnement de l'inspection télévisée avant et après réhabilitation. Il est d'usage de visionner les deux inspections télévisées simultanément ce qui facilite le repérage des défauts pertinents. Les principaux défauts observés sont les « dommages à la surface » avec plus de 46% de présence et les « agrégats visibles » avec près de 32%. Ces derniers défauts sont majoritairement attribuables aux raccordements dont l'ouverture est trop grande ou mal effectuée. Ce type de défaut a aussi été observé par la firme Aqua Data dans son étude de 2005, dans laquelle on peut lire « *La finition des ouvertures des branchements laisse à désirer. En effet plusieurs ouvertures des branchements sont beaucoup trop grandes ou beaucoup trop petites*. »

Il est difficile de statuer sur la performance de la technique si on s'en tient aux statistiques des défauts identifiés plus haut, car ils ne reflètent pas nécessairement une défaillance de la gaine.

Lors de l'analyse effectuée par l'équipe scientifique, chaque section de conduite s'est vu attribuer une cote d'état structural et une cote d'état fonctionnel selon l'échelle du protocole PACP CERIU/NASSCO. Le tableau 20 présente les cotes et leur description.

État structural ou fonctionnel	
Cote	Description
1	Défauts mineurs
2	Défauts qui n'ont pas commencé à se détériorer
3	Défauts modérés qui continueront à se détériorer
4	Défauts dont la sévérité deviendra de niveau 5 dans un futur prévisible
5	Défauts requérant une attention immédiate

Tableau 20 – Description des cotes selon le protocole PACP CERIU/NASSCO

Il est assumé que les conduites ayant des cotes de 1 et 2 sont en relativement bon état et ne font pas partie des priorités d'intervention ni de suivi. Dans le cas des conduites de cote 3, elles nécessitent généralement un suivi à moyen ou court terme, selon les défectuosités relevées. Celles dont la cote est 4 sont incluses à la planification de réhabilitation et feront l'objet d'une analyse détaillée pour confirmer les interventions à faire. Dans le cas des conduites dont la cote est 5, une attention immédiate doit leur être apportée soit pour des travaux urgents soit pour des interventions à très court terme.

La figure 8 présente la répartition des cotes selon l'état structural et fonctionnel des sections de conduites. On remarque que 49% des conduites ont une cote structurale de 1 ou 2, 25% une cote de 3 et 26% une cote de 4 ou 5. Sur la base de ces cotes, il apparaît que plusieurs conduites méritent une attention à moyen et court termes. L'âge des gaines analysées varie de 2 à 18 ans et se situe majoritairement entre 2 et 9 ans.

La répartition des cotes selon l'état fonctionnel des sections de conduites indique que seulement 4 % des sections montrent des défectuosités qui méritent une attention à court terme ou immédiate. La performance de la réhabilitation à cet égard est jugée excellente.

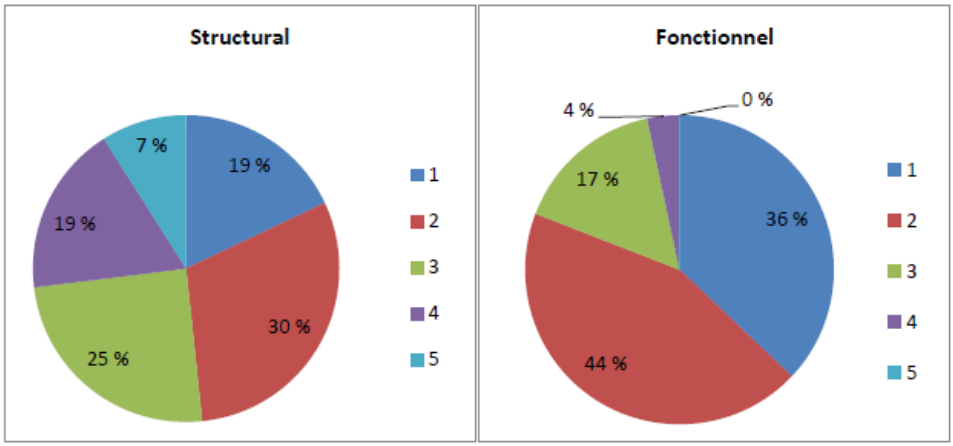


Figure 8 – Répartition des cotes d'état pour les conduites d'égout réhabilitées par chemisage – Ville de Québec (Source : Concordia, 2013)

Il est important de rappeler que les cotes d'état attribuées aux sections correspondent au pire défaut observé sur la conduite et qu'elles peuvent ne pas représenter fidèlement l'état global de la conduite.

9.1.1 Défectuosités et mesures préventives

Le lecteur est référé à la brève revue de littérature présentée au chapitre 3 dans laquelle un bilan des défectuosités observées suite au visionnement d'inspections télévisées de 18 à 24 mois après les travaux de chemisage indique que certaines défectuosités n'apparaissent pas immédiatement après les travaux, mais plutôt environ deux ans plus tard. Les défauts répertoriés lors de ces inspections sont des piqures, des défauts de soudure/couture des revêtements ainsi que le délaminage de la couche de revêtement.

Ces observations ont été faites peu importe le produit ou la méthode d'installation utilisée. Par ailleurs, des suggestions de mesures à mettre en place pour contrer l'apparition de ces défauts ont aussi été présentées. Certaines de ces mesures peuvent être spécifiées dans les devis de travaux (ajout d'un tube de pré-moulage, pourcentage de résine supplémentaire), alors que d'autres peuvent être exigées dans les programmes de qualité des Entreprises pour leurs travaux en chantier (températures de cure adaptées, refroidissement plus lent).

Référons de plus les lecteurs à la conclusion de l'étude effectuée par la firme Aqua Data en 2005 pour le compte de la ville de Québec. Il y était souligné que la grande majorité des défectuosités relevées se retrouvaient sur moins de 1 mètre de conduite et représentait seulement 4 % du linéaire. De plus, cette même étude apportait une autre précision sur le fait que le protocole PACP attribue une cote de 3 à tous les défauts de revêtement peu importe leur sévérité relative.

Et c'est aussi le cas avec la nouvelle version 6.0.2VF du protocole PACP CERIU/NASSCO même si la liste des défectuosités potentielles s'est allongée.

9.2 Colmatage et injection

La technique de colmatage et injection a été utilisée par la ville de Laval pour le contrôle de l'infiltration dans les conduites. La technique du colmatage et injection peut aussi être utilisée pour stabiliser le sol et combler les vides autour des joints et fissures. Le colmatage n'est pas une technique structurale. Les membres du comité égouts du projet ont suggéré, lors d'une rencontre[24], d'examiner les sections d'égout réhabilitées par la technique de colmatage et injection surtout en fonction de la présence d'infiltration d'eau. Lorsqu'on comptabilise exclusivement les défauts d'infiltration, ceux-ci n'affectent que 6,7 % du linéaire analysé.

L'évaluation de la performance doit être faite en regard des défauts réellement attribuables à une défaillance de la technique et non pas à une défaillance de la conduite hôte préalable à la réhabilitation et ne pouvant pas être corrigée par la technique mise en œuvre. Cela est particulièrement vrai pour les déformations de la conduite hôte qui ne peuvent être corrigées par le colmatage et injection. De plus, les raccordements défectueux, en retrait, non étanche ou fracturés avant l'intervention de réhabilitation ne pourront pas être améliorés si la technique n'est pas appliquée au raccordement et au branchement. L'équipe de recherche n'a pas eu accès aux inspections télévisées des conduites avant réhabilitation. Cela entraîne peut-être une surestimation de certains des défauts comptabilisés tels que les agrégats visibles (4,46%) et les dommages à la surface (26,77%).

[24] Réunion du 27 octobre 2008

PARTIE 4 – Suivi de la performance de la réhabilitation des regards d'égout

10. Programme d'évaluation de la performance

Le comité technique conduites d'égout et regards s'est penché sur le contenu du programme à mettre en place pour évaluer la performance des techniques de réhabilitation des regards d'égout. Seulement des essais non destructifs ont été envisagés pour le suivi au niveau des regards.

10.1 Méthodologie de suivi de la performance des techniques de réhabilitation des regards d'égout

L'évaluation des regards d'égout réhabilités a été confiée à l'université Concordia. La première étape a consisté à collecter les données disponibles, soit les rapports de suivi des regards réhabilités à la Cité de Dorval réalisés par le CERIU depuis 1999. Ensuite, un échantillon a été défini pour les regards réhabilités par colmatage et injection à Laval et une inspection à la caméra à téléobjectif a été effectuée dans les regards faisant partie de l'échantillon. Quant aux regards réhabilités par diverses techniques à Dorval, ils ont fait l'objet d'une nouvelle inspection par le CERIU. Le visionnement et l'analyse des données permettaient ensuite de classer les défauts selon des cotes d'état.

Les rapports de suivi de la réhabilitation des regards d'égout de la cité de Dorval, réalisés depuis 1998, font partie de la documentation du projet et peuvent être obtenus auprès du CERIU.

10.2 Sélection des échantillons de regards d'égout

L'échantillon des regards de la ville de Laval a été déterminé par des méthodes statistiques de la même manière que pour l'échantillon des conduites. Pour l'échantillon des regards de la cité de Dorval, ce dernier correspond à la « population » c'est-à-dire que tous les regards réhabilités font partie de l'échantillon. Le tableau 21 qui suit présente l'échantillon pour chaque ville.

Ville	Technique	Nombre d'actifs à inspecter[25]
Laval	Colmatage et injection	76 unités
Dorval	Revêtements projetés et chemisage	47 unités

Tableau 21 – Échantillons selon la technique et la ville où le suivi est réalisé

[25] Source : Tarek Zayed, Université Concordia, 2013

10.3 Essais réalisés

Le tableau 22 présente les essais non destructifs TND réalisés sur les regards réhabilités composant notre échantillon. Les regards n'ont pas subi de tests destructifs.

	Essais	Colmatage et injection	Revêtement projeté à base de mortier	Revêtement projeté à base de résine ou de polymère	Chemisage
Non destructif TND	Données physiques	Profondeur, année de réhabilitation, forme, matériau et dimension de la cheminée et de la chambre	Profondeur, année de réhabilitation, forme, matériau et dimension de la cheminée et de la chambre		
	Inspection télévisée ou visuelle	Cote structurale, opérationnelle, blocage et sécurité selon le CERIU	Inspections 1998, 2000, 2004 et 2009 Cote et conclusion sur l'état		

Tableau 22 – Essais à réaliser sur les regards

11. Échantillons analysés, résultats et discussion

11.1 Description des échantillons de regards d'égout

11.1.1 Ville de Laval

Les 76 regards sélectionnés pour être analysés dans le cadre de cette étude ont fait l'objet d'une inspection télévisée à la caméra à téléobjectif. Les défectuosités ont été relevées et colligées dans un rapport préparé par la firme SIMO en 2009. Ce rapport a été analysé et une cote d'état, basée sur quatre indicateurs (blocage, opération, état et sécurité), a été attribuée à chaque regard selon une échelle de 1 à 5. La description de chacune des cotes est présentée dans le tableau 23.

Cote	Définition
1	Condition acceptable
2	Potentiel de blocage mineur ou trace de détérioration de l'état physique
3	Risque de potentiel de blocage ou état physique détérioré à court terme
4	Risque de potentiel de blocage ou état physique détérioré à très court terme
5	Potentiel de blocage ou état physique détérioré présent

Tableau 23 – Échelle d'évaluation des regards ville de Laval (Source SIMO, 2009)

11.1.2 Cité de Dorval

La cité de Dorval a réhabilité 47 regards en 1997 en utilisant deux types de techniques représentés par huit produits différents. Un programme de suivi de la performance faisait partie intégrante de ce projet. Des inspections visant à documenter l'état des regards ont été faites en 1998, 2000, 2004 ainsi qu'en 2009 pour les fins de la présente étude. L'état physique des regards a été évalué qualitativement par le CERIU lors des inspections. L'équipe de recherche de l'Université Concordia a développé, à partir des descriptifs utilisés, un système de cotes sur une

échelle de 1 à 4. La description de chacune des cotes est présentée dans le tableau 24. Par ailleurs, la liste complète des regards et les résultats détaillés des inspections peuvent être consultés dans les annexes du rapport de l'Université Concordia.

État	Cote	Description
Bonne	1	Pas de défaut significatif détecté
Peu détérioré	2	Apparence de nouvelles fissures circulaires et longitudinales de moins de 600 mm de longueur, faible infiltration et traces de moisissure
Détérioré	3	Fissures longitudinales et circulaires moyennes de 1 à 2 mètres de longueur, infiltration moyenne, faible corrosion et délamination de la membrane
Très détérioré	4	Fractures longitudinale et circulaire, infiltration élevée et corrosion étendue. Plusieurs parties du regard sont manquantes. Intervention requise.

Tableau 24 – Cotes d'état pour les regards Cité de Dorval (Source – Concordia, 2013)

11.2 Résultats des essais non destructifs sur les regards d'égout

Les essais sur les regards se limitent à des observations visuelles suite à l'inspection télévisée des regards formant les échantillons. Les résultats sont présentés par ville plutôt que par technique, ce qui en facilitera la description. Plus de détails sont contenus dans le rapport scientifique préparé par l'Université Concordia.

11.2.1 Ville de Laval

Il est important de rappeler ici que les membres du comité égouts ont précisé leurs attentes par rapport au suivi de la performance des techniques de réhabilitation utilisée pour les regards d'égout. Les membres ont indiqué en réunion[26] que le principal objectif de l'inspection des regards est de déterminer s'il y a de l'infiltration 15 ans après les travaux de réhabilitation.

Les données contenues dans le rapport de la firme SIMO incluent un chapitre où sont répertoriés les regards qui présentent des infiltrations visibles. Ces données montrent que 7 regards parmi les 76 inspectés sont sujets à des infiltrations, ce qui représente 9% des regards.

Le tableau 25 indique le type d'infiltration observée sur les 7 regards déficients.

	Regards				
Infiltration	Forte	Faible	Goutte à goutte	Suintement	Total
Nombre de regards	2	4	1	0	7

Tableau 25 – Classement des regards par type d'infiltration

[26] Rencontre du comité égouts du 19 janvier 2009

L'analyse de l'ensemble des défauts observés dans les regards a permis de les classer selon le système de cotes présenté au tableau 23. Les figures 9 et 10 illustrent ces résultats.

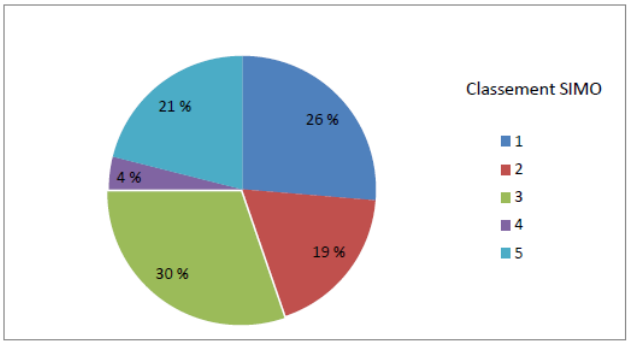


Figure 9 – Répartition des cotes pour l'état fonctionnel des regards – Ville de Laval (Source : Concordia, 2013)

Vingt-cinq pourcent (25%) des regards ont une cote d'état fonctionnelle de 4 ou 5, soit un risque de blocage à court terme ou un blocage présent; 30% des regards ont une cote de 3, et 45% des regards ont une cote de 1 ou 2, soit un potentiel de blocage mineur ou inexistant.

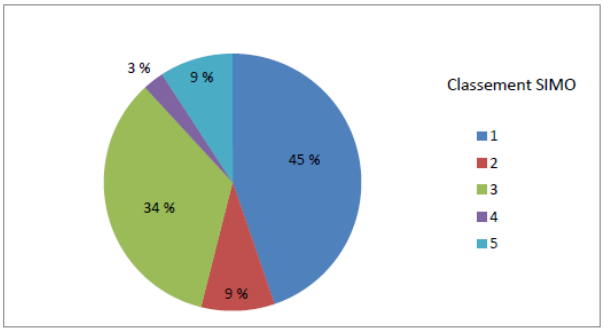


Figure 10 – Répartition des cotes pour l'état structural des regards – Ville de Laval (Source : Concordia, 2013)

Pour l'état structural des regards, 12% des regards ont une cote d'état structural de 4 ou 5, soit un état physique détérioré à très court terme ou présent; 34% ont une cote de 3, et 54% ont une cote d'état structural de 1 ou 2, soit une trace de détérioration ou une condition acceptable.

11.2.2 Cité de Dorval

Un survol des données d'inspection des regards en 2009 compilées par l'équipe de recherche de l'université Concordia nous permet de constater que 20 regards sur les 47 qui ont été réhabilités par une méthode ou l'autre présentent des signes plus ou moins importants d'infiltration. C'est donc 42,5% des regards qui sont considérés comme défaillants à l'égard de l'étanchéité des revêtements.

Les données d'inspection sont ensuite analysées et classées selon la description du tableau 24. Une cote leur est attribuée et la figure 11 en présente la répartition. Si on additionne le nombre de regards ayant une cote d'état de 3 et 4, détérioré et très détérioré, le pourcentage de regards défaillants est de 47%.

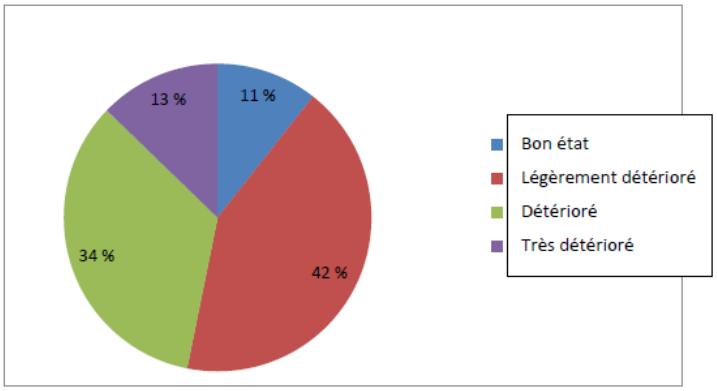


Figure 11 – Répartition des cotes pour l'état structural des regards – Cité de Dorval (Source : Concordia, 2013)

11.3 Analyse des résultats

11.3.1 Ville de Laval

Les regards de la ville de Laval ont été réhabilités par la technique de colmatage et injection et par la pose d'un revêtement à base de mortier Ambex. Les données ne précisent toutefois pas quels regards ont été réhabilités avec quelle méthode. Il sera donc impossible de faire une analyse différenciée par technique.

Basée sur les résultats présentés par cote d'état, la cote d'état fonctionnelle moyenne est de 2,75 et la cote d'état structural moyenne est de 2,22. Ces résultats sont acceptables compte tenu du temps écoulé depuis la réhabilitation des regards. En effet, plus des trois quarts des regards ont été réhabilités il y a plus de vingt ans, tel que l'illustre le tableau 26.

Année de réhabilitation	Nombre de regards	Pourcentage des regards
1996	17	22%
1988	38	50%
1984	21	28%
TOTAL	76	100%

Tableau 26 – Années de réhabilitation des regards

11.3.2 Cité de Dorval

Une représentation graphique des cotes d'état des regards présentée à la figure 12 montre que la condition moyenne de l'ensemble des 47 regards évalués se situe entre 2 et 3, ce qui est une performance moyenne à faible, 15 ans après la réhabilitation. Cependant, l'analyse n'a pas été faite par type de technique employée.

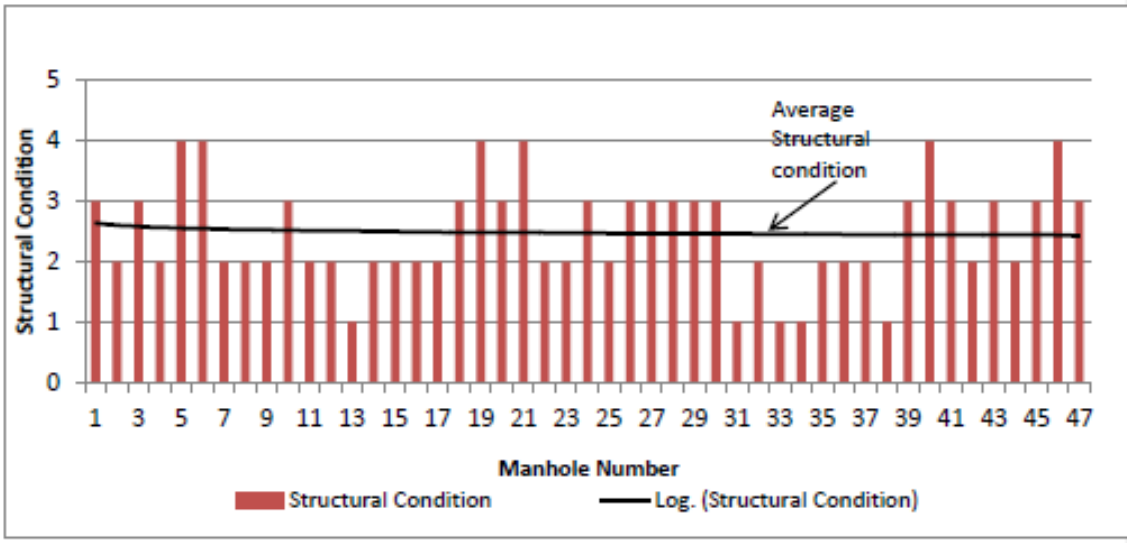


Figure 12 – État des regards de la Cité de Dorval

Le tableau 27 présente les résultats sur l'état de chaque regard classé par type de technique employée. Lorsqu'on fait une moyenne pondérée des cotes d'état par méthode de réhabilitation, les données montrent que les regards réhabilités par les techniques de projection à base de résine ou de polymères sont généralement dans le même état que les autres. Les regards réhabilités par les techniques de projection à base de mortier sont globalement en moins bon état que les autres.

Méthode de réhabilitation	Cote d'état structural Nombre de regards					
	1	2	3	4	TOTAL	Moyenne pondérée
Projection à base de mortier	-	8	6	3	17	2,7
Projection à base de résine ou de polymères	4	11	6	3	24	2,4
Chemisage	1	1	4	-	6	2,5
TOTAL	**5 (11%)**	**20 (42%)**	**16 (34%)**	**6 (13%)**	**47 (100%)**	**2,5**

Tableau 27 – État des regards par type de réhabilitation – Cité de Dorval

L'analyse des données discrètes nous permet de tirer des conclusions plus spécifiques sur la performance de chaque technique. Le lecteur est référé au rapport de l'Université de Concordia pour les données détaillées relatives à l'analyse ci-après.

Les regards réhabilités par projection de mortier (Ambex, Tapecrete) ont généralement montré des fissures et de l'infiltration très tôt après la réalisation des travaux. Plusieurs éléments de regards ont dû être reconstruits afin d'améliorer l'état global de ce groupe de regards.

Les regards réhabilités par chemisage n'ont pas tous montrés la même performance. Le procédé Polytriplex s'est avéré très performant, car les regards réhabilités par ce procédé sont encore en bon état. Ceux réhabilités par le procédé Formadrain ont montré, lors de l'inspection de 2009, une forte détérioration et un pelage de la membrane.

Finalement, les groupes de regards réhabilités par projection de résine ont eux aussi montrés une performance variable selon le produit utilisé. Plusieurs des regards réhabilités par projection de résine époxy ont présenté, lors de l'inspection de 2009, des fissures, un décollement de la partie supérieure du regard et de l'infiltration. Ceux réhabilités par projection de polyurée sont tous, à l'exception d'un seul regard, encore en bon état général.

Deux procédés se démarquent donc à la lumière de ces essais non destructifs : le chemisage par le procédé Polytriplex et la projection de polyurée.

PARTIE 5 – Constats et recommandations

12. Constats et préoccupations des intervenants interviewés

Les entretiens avec des représentants de villes ayant une expérience dans le domaine de la réhabilitation et avec les représentants d'entreprises offrant ces techniques nous ont permis de faire ressortir plusieurs constats. Ces derniers concernent autant le projet, sa réalisation, l'intérêt des villes à poursuivre leur participation que les besoins d'une meilleure connaissance des techniques de réhabilitation et de leurs limites d'application.

12.1 Constats

12.1.1 Étude sur le suivi de la réhabilitation

- Le projet était ambitieux et les objectifs recherchés très pertinents. Ils sont d'ailleurs partagés par tous les utilisateurs des techniques de réhabilitation (re : étude EPA);
- La démarche et la méthodologie étaient bien choisies, mais ce projet a fait face à des problèmes administratifs. Il devait y avoir une étape préparatoire : la recherche de sites de projets pour lesquels un maximum de données auraient été disponibles;
- Les villes se sont montrées très intéressées, mais le processus a été trop long et elles se sont démobilisées;
- Les mandats confiés aux universités auraient pu être plus précis et l'encadrement plus soutenu. Le rapport aurait dû être limité au contenu scientifique (analyse des données, réalisation des essais, analyse des résultats et discussion). Les chercheurs auraient dû développer des liens avec d'autres chercheurs ou d'autres centres spécialisés;
- Les revues de littérature auraient pu être plus fouillées. Les universités auraient pu utiliser davantage les personnes ressources des comités techniques;
- Les discussions durant les comités ont fait ressortir une grande quantité d'éléments utiles pour cette étude et la suivante;
- Les villes sont toujours intéressées à participer à un suivi de la performance malgré les difficultés rencontrées dans le projet actuel (délais, recherche d'échantillons);
- Les données les plus utiles pour juger de la performance de la technique du colmatage, soit la liste des joints et défectuosités colmatés lors des travaux de réhabilitation, auraient permis de vérifier si ces mêmes joints et défectuosités montraient des signes d'infiltration. Malheureusement, ces informations n'étaient pas disponibles.

12.1.2 Connaissance universitaire

- Il y a un manque d'expérience pratique dans les universités et une méconnaissance du domaine;
- Il est nécessaire de stimuler l'intérêt des chercheurs universitaires pour les techniques de réhabilitation et plus spécifiquement le chemisage de conduites d'eau potable et d'égout, car il y a de plus en plus de données disponibles et le temps manque aux gestionnaires pour les analyser.

12.1.3 Défauts et impacts sur la pérennité et le service

- Il y a un besoin pour une meilleure connaissance des impacts des défauts sur la performance hydraulique et structurale des conduites d'eau potable réhabilitées par chemisage (exemple : plis circonférentiels);
- Certaines villes ne connaissent pas les laboratoires en mesure de faire les essais mécaniques;
- Les exigences sont variables selon les villes; une ville plus expérimentée est plus exigeante;
- Certaines villes sont plus exigeantes par rapport au produit fini; les entrepreneurs s'adaptent aux exigences de leurs devis;
- Il y a des préoccupations pour la pérennité et la performance des conduites chemisées d'eau potable lorsqu'il y a des changements de direction. Il y a des plis circonférentiels du côté du petit rayon et il peut y avoir un vide entre la conduite hôte et la gaine du côté du grand rayon;
- Il y a des déficiences importantes dans la réouverture des raccordements d'égout dans les conduites non visitables;
- Il est essentiel d'avoir des inspections télévisées de qualité, puisque c'est la source de données principale pour contrôler la qualité des travaux et pour en faire le suivi dans le temps;
- Les branchements d'égout sont souvent défectueux et il n'y a pas une pratique systématique de réhabilitation de ces branchements.

12.1.4 Essais et contrôles de qualité

- Les types de gaines ou les matériaux peuvent avoir des impacts sur la méthode de cueillette et la forme des échantillons;
- Les essais prescrits par la norme n'évaluent que la performance des matériaux eux-mêmes;
- Ce ne sont pas tous les utilisateurs des techniques de réhabilitation qui font les validations et les vérifications pour s'assurer de la conformité des conduites réhabilitées. Cependant, les feuilles de calculs et les résultats des tests sont généralement exigés dans les devis;
- La préparation des échantillons par les laboratoires, avant de faire les essais (pas le découpage, mais le sablage et le meulage), n'est pas standardisée. De plus, les vitesses de chargement pour certains essais peuvent varier et influencer les résultats;
- La normalisation des paramètres d'essais et des procédures de tests est nécessaire pour être capable de comparer les résultats dans le temps;
- Il faut déterminer et uniformiser la prise d'échantillon pour éviter la variabilité des résultats (INFRA 2012) (prélèvement sur la face interne ou externe des gaines).

12.1.5 Impact sur les activités d'opération des conduites et du réseau d'eau potable

- Il y a des préoccupations par rapport à la pérennité des entrées de service en eau potable, car elles sont fixées sur la conduite hôte, qui continue à se détériorer;
- Les travaux civils réalisés lors de la réhabilitation par chemisage des conduites d'eau potable sont une cause de soucis pour plusieurs villes et portent ombrage à la réhabilitation des conduites d'eau potable.

12.1.6 Besoins de formations

- Les entreprises et les villes perçoivent des besoins énormes de formation sur la technique de chemisage pour tous les intervenants (diagnostic, conception, contrôle de qualité, surveillance des travaux);
- Des besoins de formations sont aussi identifiés dans le domaine du colmatage et injection autant pour les travailleurs (meilleur résultat sur le chantier) que pour les utilisateurs et les firmes de génie (meilleure connaissance de l'application optimale et une utilisation plus pertinente);
- L'expertise technique est située principalement du côté des entrepreneurs, ce qui inquiète plusieurs villes;
- Le manque de compétences et d'expérience représente un risque et constitue un enjeu majeur pour la performance de la réhabilitation et la pérennité du domaine.

12.2 Préoccupations des intervenants interviewés

Suite à la consultation de la documentation disponible sur le projet et à nos entretiens avec les intervenants clés, plusieurs préoccupations très concrètes ont été exprimées concernant la pérennité des gaines et leur entretien, les essais, le contrôle de qualité et le développement de l'expertise. Ces préoccupations ont été regroupées par réseau. Par ailleurs, certaines préoccupations couvrent des enjeux plus larges, elles ont aussi été notées.

12.2.1 Conduite d'eau potable

- Il est essentiel, pour la pérennité du domaine et des réseaux, que l'impact des non conformités (plis circonférentiels, longitudinaux) puisse être déterminé et qu'on statue sur ce qui est acceptable, du point de vue hydraulique et du point de vue structural. Pour ce faire, une collaboration étroite entre les intervenants les plus expérimentés et un échange ouvert avec les entreprises est requis;
- Il y a une préoccupation, exprimée autant par les entreprises que par les gestionnaires de villes, par rapport aux critères d'acceptation des travaux de réhabilitation, car ceux-ci ne sont pas uniformes. Il faut rappeler que l'acceptation est surtout basée sur une évaluation visuelle à partir d'une inspection télévisée. Cela demande une grande expérience pour déceler les imperfections;
- Le marché de la réhabilitation des conduites d'eau potable est en croissance et les utilisateurs se questionnent sur la capacité des deux entreprises actuellement en opération à répondre à la demande en conservant les mêmes standards de qualité. Cette situation suscite une préoccupation supplémentaire sur la possibilité qu'une nouvelle entreprise rejoigne le marché de la réhabilitation structurale. Cette éventualité devrait être une motivation au développement de standards de performance et d'acceptabilité de la réhabilitation;

- Les entreprises prétendent que la conduite métallique n'est qu'un moule. Cependant, les accessoires (vannes, tés, entrées de service) sont fixés sur cette dernière. Comment peut-on être assuré de la pérennité de ces assemblages si la conduite métallique existante continue à se dégrader (corrosion externe) ? La conduite métallique durera-t-elle aussi longtemps que la gaine ? Lorsque la conduite métallique aura disparu, la gaine pourra-t-elle supporter la pression interne et les charges externes ? À ce jour, aucun test de pression interne n'est fait pour démontrer le comportement de la gaine elle-même.

12.2.2 Conduite d'égout

- Les gestionnaires de réseaux sont préoccupés par l'état des raccordements et des branchements de service. Leurs préoccupations couvrent plusieurs aspects :
  - ✓ La qualité de la réouverture des raccordements dans les conduites non visitables et les conduites semi-visitables. Lorsque les réouvertures sont trop grandes ou mal exécutées, elles diminuent le bénéfice de la réhabilitation,
  - ✓ Doit-on réhabiliter les branchements (colmatage, chemisage) et comment en évaluer la performance ? Quels sont les produits les plus performants et à quels coûts / bénéfices ?,
  - ✓ Les villes qui ont déjà réalisé des travaux sur les branchements devraient partager leurs expériences;
- Les réseaux d'égout ont généralement une durée de vie plus longue que les conduites d'eau potable. Cependant, le manque d'entretien a pour conséquence un vieillissement prématuré des conduites qui se traduit par des problématiques ponctuelles comme des bris, des déformations et des effondrements. La situation est particulièrement préoccupante dans les réseaux de conduites ovoïdes en brique (villes les plus anciennes). Les gestionnaires recherchent des méthodes de réparation ponctuelles qui permettent de conserver l'option de la réhabilitation;
- Des travaux de réparation ponctuelle sont souvent requis dans les conduites d'égout semi-visitables et visitables. La gestion des risques doit être discutée entre les propriétaires de réseaux et les entrepreneurs afin d'éliminer les risques possibles à la sécurité des travailleurs;
- Une préoccupation partagée par tous les intervenants du milieu concerne les compétences et les connaissances reliées au domaine de la réhabilitation et aux techniques les plus utilisées. Un niveau de connaissances suffisant est essentiel pour effectuer chacune des activités reliées à un contrat de réhabilitation (diagnostic, préparation des documents d'appel d'offres, évaluation des offres, gestion des travaux et du contrat, prise de décision en cours de travaux, évaluation de la qualité des travaux);
- Les représentants des villes connaissent leurs lacunes au niveau de leurs connaissances du domaine. Ils sont cependant préoccupés par le fait qu'il n'existe pas beaucoup d'offres de formation structurée dans ce domaine. Ils sont aussi conscients que les séminaires d'une journée (CERIU ou autre organisme de formation) leur permettent d'avoir de l'information et de faire un survol des techniques, toutefois cela ne leur donne pas les connaissances complètes requises dans leur pratique quotidienne. Tous s'entendent pour dire qu'actuellement, les connaissances et la compétence ne s'acquièrent que lorsqu'on réalise des projets. C'est une forme d'apprentissage qui comporte certains risques;

- Malgré que la prochaine version du Protocole PACP NASSCO/CERIU inclue plusieurs nouvelles déficiences des revêtements, les représentants de villes jugent essentiel d'être mieux informés sur les déficiences possibles des gaines, leur cause et les méthodes d'intervention pour assurer la pérennité de la réhabilitation. Les membres des différents comités de la présente étude ont été sensibilisés aux démarches et questionnements en cours aux États-Unis et ailleurs à cet égard. Plusieurs ingénieurs responsables de déterminer l'acceptabilité des travaux de réhabilitation sont confrontés à la difficulté de déterminer ce qui est acceptable et ce qui ne l'est pas. Ils jugent que le suivi de l'état par des inspections télévisées post réhabilitation (18 mois à 36 mois après les travaux) est une nécessité compte tenu de leurs observations.

12.2.3 Préoccupations générales

- Les constats au sujet des tests mécaniques et de la méconnaissance et des incertitudes qui les entourent font partie des préoccupations majeures maintes fois répétées par tous les intervenants. Ces essais, et les résultats qu'on en tire, sont les seules données à la disposition des propriétaires de réseaux pour présumer de la performance actuelle et future de la réhabilitation. Il est pertinent et essentiel d'être en mesure de les comprendre et de les interpréter. De plus, la variabilité des conditions de tests est particulièrement préoccupante, car cela introduit une grande variabilité dans les résultats;

- Il y a une prise de conscience et des préoccupations récentes sur le besoin de mieux connaître et comprendre les méthodes de conception des gaines. Ici au Québec, rares sont les firmes et les villes qui valident la conception des gaines avant et après installation. Ces vérifications sont essentielles pour connaître la « valeur technique » de ce qui a été fabriqué sous terre;

- Une autre préoccupation majeure concerne l'utilisation de tubes de pré-moulage lors du chemisage des conduites d'égout. Une des principales motivations pour l'utilisation des tubes de pré-moulage était de limiter la propagation des odeurs de styrène. Mais l'expérience actuelle, avec les tubes mis en place, indique que ces derniers fondent lors de la cure. Peuvent-ils jouer le rôle visé s'ils disparaissent à la cure ? Il y a-t-il une gamme de produits plus résistants à la chaleur ? Les sources[27] consultées dans la revue de la littérature suggèrent que les tubes de pré-moulage peuvent être une solution pour contrer l'apparition de certains défauts, comme les piqûres. De plus, il est précisé que les tubes de pré-moulage ne devraient pas fondre à la cure;

- Une autre préoccupation qui vise tous les types de gaines concerne la qualité et la durabilité des revêtements internes de polyuréthane (PU) ou de polyéthylène (PE) des gaines utilisées en égout, et sur le rôle qu'ils jouent au point de vue structural. Il arrive très souvent que ces revêtements soient altérés lors de la cure (délamination importante dans certains cas). Sont-ils essentiels pour assurer l'étanchéité de la gaine ou pour améliorer le coefficient d'écoulement ? Sont-ils capables de résister à l'abrasion et au nettoyage hydraulique ? Les sources consultées[28] dans la revue de littérature rapportent que les revêtements internes n'étaient pas calculés dans la conception de la gaine auparavant, mais qu'ils le sont aujourd'hui. Il est nécessaire de valider ces affirmations avec les fournisseurs en exigeant des documents justificatifs;

- Une des préoccupations fondamentales de la présente étude concerne la possibilité de déterminer la durée de vie approximative du colmatage et de suggérer une fréquence de recolmatage ou de réhabilitation. Cela reste à faire;

[27] Shelton, James W., 2012; Khan, Salam et Dobson, Christoph, 2006
[28] Shelton, James W., 2012

- Une préoccupation spécifique au marché du chemisage structural des conduites d'égout concerne la stabilité et l'ampleur du marché de la réhabilitation. Certaines entreprises jugent que les contrats devraient être limités à 6 ou 7 kilomètres de conduites à réhabiliter. Cela permettrait aux entreprises de maintenir du personnel formé et expérimenté et d'investir dans des équipements de contrôle plus performants. Les très gros contrats ne font que déplacer la main d'œuvre et les équipements sans permettre de former plus de travailleurs spécialisés.

13. Recommandations

Le mandat confié à CIMA+ incluait, en plus de la coordination de la finalisation des rapports des universités et de la rédaction d'une synthèse de chacun de ces rapports, la formulation de recommandations détaillées relativement :

- Aux mesures à apporter pour corriger les déficiences observées (exemple : piqures) dans les travaux de chemisage et dans les devis;
- Aux conditions à mettre en place pour la réalisation d'une autre étude sur la performance des travaux de réhabilitation en tenant compte des leçons apprises lors de la réalisation de l'étude conclue par le présent rapport.

Nous présentons, sous forme de tableau, les suggestions relatives au premier point et, sous forme de liste, nos recommandations relatives au second point. Nous ne prétendons pas que les recommandations formulées soient exhaustives, ni qu'elles pourront répondre à toutes les questions et préoccupations des membres du comité et de la communauté des infrastructures. Toutefois, nous considérons qu'elles reflètent les besoins exprimés notamment lors des entrevues que nous avons réalisées au cours de ce mandat. Les conversations ouvertes avec les utilisateurs et les fournisseurs de technologies ont, à notre avis, enrichi de façon substantielle le contenu de cette étude et de notre rapport par le fait même.

Nous invitons le CERIU à recueillir toutes autres suggestions pertinentes et à les mettre en œuvre pour le bénéfice de tous.

13.1 Suggestions de mesures à apporter pour corriger les déficiences observées ou améliorer la qualité et le suivi des travaux de chemisage

Les suggestions répertoriées dans les articles et les entrevues présentés au chapitre 3 sont compilées dans le tableau suivant.

	Déficiences/Autre	Interventions suggérées	Travaux	Devis	Sources
Eau potable	Problème de perçage des entrées de service	Mise en place de bouchons avant gainage	√		Entreprises[29]
	Manque d'adhérence de la gaine en eau potable	Ajout d'un surplus de résine	√		Entreprises[30]
	Difficulté de perçage de nouvelles entrées de service d'eau potable	Alésage hydraulique en remplacement de l'alésage mécanique	√		Entreprises[31]
	Présence d'eau potable entre la chemise et la paroi de la conduite hôte	Changement de gaine pour diminuer les cloques, ajout de résine pour sceller les entrées de service	√		Entreprises[32]
	Contrôle de l'étanchéité des chemises	Trois (3) tests d'étanchéité : 1) Sur la conduite hôte avant le chemisage 2) Sur la chemise après les travaux, mais avant l'ouverture des raccordements 3) Sur la chemise après réouverture des raccordements		√	Laboratoire de la Ville de Montréal et autres villes
	Période de garantie	Augmentation de la période de garantie à 24 mois		√	Villes de Montréal, de Dollard-des-Ormeaux

[29] Rapport sur la technique de chemisage, Ville de Montréal, 2008
[30] Ibidem
[31] Ibidem
[32] Rapport sur la technique de chemisage, Ville de Montréal, 2008

	Déficiences/Autre	Interventions suggérées	Travaux	Devis	Sources
	Rétro-ingénierie (Reverse Engineering)	Validation des calculs d'épaisseur avec les résultats des essais mécaniques sur les échantillons de gaine installée en chantier		√	Norme BNQ en approbation, devis CIMA+, villes
Égout	Piqûres	• Exiger une diminution du taux d'augmentation de la température lors de la cure de la résine • Favoriser l'installation d'un tube de pré-moulage • Exiger des gaines plus épaisses que la norme F1216	√	√	Shelton, JW (2012)
	Piqûres	• Enlever la gaine au complet et en réinstaller une nouvelle • Selon le diamètre, colmater et ajouter un revêtement structural en epoxy	√		Khan & Dobson (2006)
	Revêtement effiloché/délaminé	• Exiger des revêtements non solubles dans l'eau • Modifier le devis pour exiger un refroidissement contrôlé lors de la cure et l'allongement de la période de refroidissement	√	√	Shelton, JW (2012)
	Soulèvement du radier	• Retirer la chemise au complet et réinstaller une nouvelle chemise • Si ce n'est pas dû à de l'infiltration, enlever la section de gaine défectueuse et mettre en place un chemisage ponctuel	√		Khan & Dobson (2006)
	Pli mou	• Couper le pli, le retirer et enduire le trou d'époxy pleine épaisseur. • Si le trou est trop important, mettre en place un chemisage ponctuel	√		Khan & Dobson (2006)

	Déficiences/Autre	Interventions suggérées	Travaux	Devis	Sources
Égout	Pli longitudinal	Si le pli n'est pas important et ne nuit pas à l'écoulement : ne rien faire; ce n'est pas un défaut structural	√		Khan & Dobson (2006)
	Zone sans résine	• Si mineure et selon le diamètre elle peut être acceptée. • Sinon, enlever la portion de gaine et effectuer un chemisage ponctuel	√		Khan & Dobson (2006)
	Trou dû à une erreur de localisation d'un raccordement	• Réparer avec un chemisage ponctuel • Exiger au devis une localisation plus précise des raccordements	√	√	Khan & Dobson (2006)
	Soulèvement/ lessivage de résine	• Contrôler l'infiltration avant le chemisage • Utiliser un tube de pré-moulage	√	√	Khan & Dobson (2006)
	Prélèvement d'un échantillon dans la conduite gainée	Utiliser un des produits suivants : • Sika Repair 223 mélangé avec du Sika Latex R (pas avec de l'eau) • SIka Plug mélangé avec du Sika Latex R (pas avec de l'eau) • Béton à prise rapide tel que Techcrete 5 minutes ou Rapid Set de Ambex	√	√	Laboratoire de la Ville de Montréal
	Période de garantie	Augmentation de la période de garantie à 24 mois		√	Norme BNQ en approbation, villes de Montréal, de Québec
	Rétro-ingénierie (Reverse Engineering)	Validation des calculs d'épaisseur avec les résultats des essais mécaniques sur les échantillons de gaine installée en chantier		√	Norme BNQ en approbation, devis CIMA+, villes

Tableau 28- Suggestions d'interventions pour améliorer la qualité et le suivi des travaux de chemisage

13.2 Conditions à mettre en place pour la réalisation d'autres études

Les sections qui suivent présentent plusieurs catégories d'activités à lancer pour développer la connaissance dans le domaine de la réhabilitation et du chemisage et pour mieux en apprécier et en contrôler la performance. La demande exprimée dans la convention entre le CERIU et CIMA+ concernant ce chapitre nous est apparue trop restrictive, car elle se limitait « aux conditions à mettre en place pour la réalisation d'une autre étude [33]sur la performance des travaux de réhabilitation (…) », en comparaison des préoccupations et besoins exprimés par le milieu. Nous proposons plutôt une série d'activités à réaliser que nous avons regroupées selon différentes thématiques.

Plusieurs de ces activités pourront être réalisées dans de courts laps de temps et les livrables nous apparaissent de première utilité pour les utilisateurs et les fournisseurs de technologies.

13.2.1 Études à réaliser

13.2.1.1 Suivi de la réhabilitation par chemisage structural - conduite d'égout

Une étude sur le suivi à long terme de la réhabilitation des conduites d'égout par chemisage structural est proposée. Le choix des échantillons pourrait être effectué sur la base des critères utilisés dans l'étude réalisée par l'équipe de l'Université de Concordia. Ces critères devront toutefois être validés à la lumière des résultats de la présente étude et des recommandations se trouvant dans l'étude de l'EPA. Il est aussi suggéré d'ajouter comme critères de sélection que seules les sections pouvant être retenues sont celles pour lesquelles toute la documentation et les informations[34] requises pour le suivi sont disponibles et celles où les villes acceptent de prélever un échantillon par excavation, si nécessaire.

De plus, il est essentiel que les tests non destructifs, telle que l'analyse des inspections télévisées, soient effectuées par des analystes expérimentés faisant partie de l'équipe de projet et que les défauts comptabilisés soient bien notés afin d'être en mesure de les attribuer ou non à la technique de réhabilitation en évaluation.

Cette étude ne devrait être lancée qu'après que certaines activités préalables aient été complétées. À titre indicatif, les activités suivantes pourraient faire partie de la liste :

- Revue de littérature exhaustive sur les méthodologies de suivi des techniques de réhabilitation;
- Identification de l'échantillon et de la localisation des sections de conduites faisant l'objet du suivi;
- Définition des exigences au niveau du prélèvement *in situ* et de l'entreposage des échantillons;

[33] Le souligné est de nous

[34] Inspections télévisées avant et après réhabilitation et durant le suivi, données sur la technique utilisée, les températures de cure, les paliers, le taux de chauffage et de refroidissement, etc.

- Cueillette de toutes les informations requises;
- Réalisation des inspections télévisées de suivi;
- Cueillette d'échantillons pour les tests destructifs si requis.

13.2.1.2 Suivi de la réhabilitation par chemisage structural – conduites d'eau potable

Une étude sur le suivi à long terme de la réhabilitation des conduites d'eau potable par chemisage structural est proposée. Le choix des échantillons pourrait être effectué sur la base des critères utilisés dans l'étude réalisée par l'équipe de l'École Polytechnique. Ces critères devront toutefois être évalués à la lumière des résultats de la présente étude. Il est aussi suggéré d'ajouter comme critères de sélection que seules les sections pouvant être retenues sont celles pour lesquelles toute la documentation et les informations requises pour le suivi sont disponibles et celles où les villes acceptent de prélever un échantillon par excavation, si nécessaire.

De plus, il est essentiel que les tests non destructifs, tels que l'analyse des inspections télévisées, soient effectuées par des analystes expérimentés faisant partie de l'équipe de projet et que les défectuosités soient notées dans un rapport.

Cette étude ne devrait être lancée qu'après que certaines activités préalables aient été complétées. À titre indicatif, les activités suivantes pourraient faire partie de la liste :

- Revue de littérature exhaustive sur les méthodologies de suivi de la technique de réhabilitation;
- Identification de l'échantillon et de la localisation des sections de conduites faisant l'objet du suivi;
- Définition des exigences au niveau du prélèvement *in situ* et de l'entreposage des échantillons;
- Cueillette de toutes les informations requises;
- Réalisation des inspections télévisées de suivi;
- Cueillette d'échantillons pour les tests destructifs si requis.

13.2.2 Documents à réaliser

13.2.2.1 Compendium des défectuosités – chemisage structural conduite d'égout

Réaliser un compendium des anomalies rencontrées dans les gaines ainsi qu'aux raccordements suite à la réhabilitation par chemisage. La nomenclature utilisée par le PACP version 6.0.2VF pour identifier les défauts pourrait servir de base à ce document, si cela ne contrevient pas à l'entente entre le CERIU et NASSCO. Ces défectuosités pourraient être documentées avec des photos à tirer des inspections télévisées des réseaux; une série de photos prises au même chaînage, mais à des périodes différentes, après réhabilitation et après la période de garantie par exemple, permettraient d'illustrer les défauts et leur progression dans le temps (lorsque des inspections télévisées sont disponibles comme suivi). Une équipe d'experts pourrait se pencher

sur l'évaluation de l'impact structural et fonctionnel de chaque défaut et suggérer les actions à prendre (ne rien faire, réparer, refuser les travaux).

13.2.2.2 Compendium des défectuosités – chemisage structural conduite d'eau potable

Réaliser un compendium des anomalies rencontrées dans les gaines suite à la réhabilitation par chemisage. Ces défectuosités pourraient être documentées avec des photos à tirer des inspections télévisées des réseaux. Une équipe d'experts pourrait se pencher sur l'évaluation de l'impact de chaque défaut et suggérer les actions à prendre (ne rien faire, réparer, refuser les travaux).

13.2.2.3 Revue de littérature sur les projets de suivi des conduites de réhabilitation par chemisage structural

Réaliser une revue de littérature exhaustive sur les projets et les méthodologies de suivi de la performance des techniques de réhabilitation et s'en inspirer pour les études à venir.

13.2.2.4 Feuillet décrivant la méthodologie de cueillette des échantillons in situ pour les conduites d'eau potable et d'égout réhabilitées

Rédiger un document qui décrit en détail la procédure de prélèvement des échantillons et la liste des informations requises sur l'environnement de la conduite, le sol encaissant, la position de l'échantillon dans le sol, les événements fortuits qui se seraient produits lors du prélèvement, etc. Cette procédure pourrait être incluse aux devis des travaux de réhabilitation et être fournie aux équipes terrain pour s'assurer de recueillir le maximum de données sur les échantillons à tester et sur l'environnement des conduites où sont prélevés les échantillons. L'importance de ne pas endommager la conduite hôte ni le revêtement intérieur devra être soulignée. Les conditions d'entreposage et de manutention devront aussi être précisées.

13.2.3 Veille technologique

Une veille technologique doit être effectuée en continu pour identifier et éventuellement évaluer les techniques d'inspection visuelle de l'état des conduites d'eau potable en service en vue notamment de la réalisation des essais non destructifs.

Une veille technologique et la mise en commun des connaissances et de l'expérience, entre les villes déjà engagées dans la réhabilitation et celles qui désirent s'y engager, doit faire partie des activités récurrentes du CERIU. Que ce soit par l'entremise du conseil permanent des infrastructures souterraines, lors des tournées régionales ou lors du colloque INFRA, ces échanges permettent d'acquérir de l'expérience et d'éviter les « erreurs de débutants ». C'est le rôle du CERIU d'encourager le développement de la connaissance et le partage entre tous les intervenants du domaine.

13.2.4 Intervenants à mobiliser

Les démarches effectuées dans le cadre de la présente étude ont fait prendre une fois de plus conscience aux gestionnaires et aux intervenants impliqués dans le domaine de la réhabilitation que le milieu universitaire montre un intérêt plutôt timide pour la recherche dans ce secteur. Il y a pourtant de nombreux sujets de recherche à confier aux universités.

Les problématiques sont diverses et spécifiques aux réseaux d'eau potable et aux réseaux d'eau usée. L'Université Concordia et l'École Polytechnique ont montré leur intérêt pour ce domaine de recherche et de développement des connaissances. Il est toutefois clair que l'apport des professionnels du domaine est requis pour soutenir et orienter les chercheurs.

De plus, les gaines mises en œuvre dans la technique de chemisage sont des matériaux composites et relèvent d'une expertise particulière. Le CERIU devra identifier dans son réseau de contacts universitaires et de centres de recherche, les chercheurs experts dans les matériaux composites prêts à s'impliquer activement dans les applications en conduites.

La mobilisation de chercheurs vise un objectif complémentaire aux activités de recherche. En effet, l'implication d'étudiants de deuxième et troisième cycles permet de développer une expertise qui contribuera au développement des connaissances globales dans le domaine. De plus, les résultats de la recherche seront inclus dans les cours de formation de base et permettront d'initier les futurs ingénieurs aux « secrets » du domaine de la réhabilitation.

13.2.5 Sujets de réflexion

À titre de centre d'expertise et de recherche, le CERIU pourra proposer aux membres de son conseil permanent des infrastructures souterraines d'animer des groupes de travail thématiques sur des sujets qui préoccupent les intervenants municipaux.

13.2.5.1 Problématique du dégagement d'odeurs de styrène

Un groupe de travail, formé de représentants des villes touchées par la problématique et de représentants de l'industrie, pourrait faire le point sur la problématique du dégagement d'odeurs lors de l'utilisation des résines de polyester à base de styrène. L'efficacité des mesures mises en place par les villes, pour minimiser les inconvénients, qui font face à ces problématiques pourraient être discutée et évaluée. Cette problématique est aussi vécue à l'extérieur du Québec et pourrait susciter la collaboration d'autres organismes publics.

13.2.5.2 Échantillon de conduite d'eau potable chemisée

Il serait opportun d'étudier et de définir un assemblage à ajouter à la conduite d'eau potable réhabilitée par chemisage en vue de prélever un échantillon dans le futur sans interruption de service et, si possible, sans excavation.

13.2.5.3 Vérifier la pertinence de se greffer au projet de recherche de l'EPA

Le projet réalisé par *l'Environmental Protection Agency* (EPA) intitulée ***A retrospective Evaluation of Cure-in-Place Pipe (CIPP) Used in Municipal Gravity Sewers***, et dont le rapport a été publié en janvier 2012 et dont un résumé est présenté à l'article 3.2.2.2, a adopté une approche de « projet pilote » qu'elle propose de généraliser dans des études futures. Les principales conclusions et recommandations contenues dans l'étude de l'EPA indiquent que les résultats des essais sur cinq gaines sont prometteurs quant à la durée de vie anticipée de ces gaines. Mais il est précisé que les résultats ne peuvent être représentatifs des dizaines de milliers de kilomètres de conduites de réhabilitation mettant en œuvre différents produits et techniques. Il y est recommandé que l'étude pilote soit étendue pour couvrir les activités suivantes :

- Recueillir plus d'échantillons de gaines provenant d'autres villes et d'une grande variété de sites et de caractéristiques de débits;
- Déterminer les essais les plus pertinents pour évaluer la performance, la dégradation et la durée de vie anticipée;
- Réaliser une grande enquête pour recueillir des informations sur l'expérience des villes en réhabilitation;
- Encourager les villes à recueillir ou conserver en place des échantillons pour des tests futurs;
- Ajouter un thème de recherche spécifique sur les racines comme cause de défaillance des gaines.

Il apparaît plus qu'opportun d'établir le plus rapidement possible une communication avec l'équipe de recherche de l'EPA afin de vérifier la possibilité d'une collaboration mutuelle future. Il est important de préciser qu'un contact a déjà été établi par Isabel Tardif en janvier 2010 avec l'équipe de recherche de l'EPA. Un résumé des travaux entrepris par le CERIU est d'ailleurs inclus dans le chapitre 8[35] du rapport.

13.2.5.4 Prélèvement des échantillons de gaines pour les tests destructifs – avec ou sans la conduite hôte ?

Différentes positions sont exprimées sur la possibilité de prélever un échantillon de gaine directement dans la conduite réhabilitée. Certains jugent que les méthodes de réparation sont adaptées et efficaces tandis que d'autres hésitent à endommager une conduite neuve. Toutes les villes recherchent une méthode de cueillette qui soit représentative, mais qui n'endommage pas la nouvelle conduite. Un comité de travail regroupant des gestionnaires municipaux et des spécialistes de laboratoires d'essais pourrait déterminer un standard pour le prélèvement d'échantillons futurs.

[35] Section 8.8 - Approach to Retrospective Evaluation in Quebec, page 123

13.2.5.5 Localisation des éprouvettes pour les tests destructifs

La position des éprouvettes prélevées sur les échantillons de gaine est devenue un sujet chaud suite à la présentation du laboratoire Paragon Systems, lors d'INFRA 2012.

La présentation des résultats d'une étude réalisée en 2010 sur 9 échantillons de gaines a démontré qu'il peut y avoir une importante variation dans les résultats des essais normalisés visant à déterminer la résistance en flexion et le module de flexion des gaines mises en place.

En effet, les essais mécaniques sont prescrits dans la norme ASTM F1216 et décrits dans la norme ASTM D790. Toutefois, il est possible de prélever des éprouvettes de trois formes différentes et de les tester selon deux orientations différentes.

Cette situation entraine une grande variation dans les résultats des essais entre les laboratoires ainsi qu'une importante difficulté pour les donneurs d'ouvrage de confirmer avec confiance que les produits installés répondent aux exigences du devis.

Le CERIU doit s'impliquer pour analyser la situation et contribuer à en rendre compte, à définir les meilleures pratiques et à les promouvoir. L'implication du CERIU est d'autant plus nécessaire que la Ville de Montréal a déjà amorcé des discussions avec d'autres laboratoires et travaille à définir les paramètres d'essais qui devront être suivis pour le contrôle de qualité des travaux de réhabilitation réalisés pour la ville de Montréal.

13.2.6 Recherche et formations à développer

13.2.6.1 Projet d'évaluation des impacts des plis dans les gaines

Inspiré des préoccupations exprimées par les villes, il y aurait lieu de développer un projet de recherche pour évaluer l'impact des plis longitudinaux et des plis circonférentiels sur la performance hydraulique des conduites d'eau potable et d'égout réhabilitées par chemisage structural. Ce projet de recherche pourrait permettre de répondre aux questions que les villes se posent lorsque ce type de défectuosités est présent dans la conduite. Les fournisseurs prétendent que les plis longitudinaux n'ont aucun impact. Tous les intervenants aimeraient par ailleurs connaître l'impact des plis circonférentiels qui sont, pour certains, des causes de rejet. Un partenariat avec une université disposant d'un laboratoire d'hydraulique est un prérequis pour ce projet.

13.2.6.2 Formations

Suite aux constats du manque alarmant de connaissances dans le domaine de la réhabilitation des réseaux souterrains, le besoin pour des cours de formation structurée offrant plus que des informations a été clairement exprimé. Le domaine de la réhabilitation, émergent il y a deux décennies, est aujourd'hui plus présent et viable que jamais. Les ingénieurs senior qui ont participé aux essais de nouvelles technologies dès le début des années quatre-vingt-dix sont pour la plupart partis à la retraite, emportant avec eux l'expérience qu'ils n'ont pas pu léguer faute

de relève. Aujourd'hui tout est à réapprendre, non pas dans un contexte expérimental, mais dans un contexte d'explosion du marché.

Les ingénieurs nouvellement formés n'ont pas eu, pour la très grande majorité, l'opportunité d'être initiés au domaine de la réhabilitation des réseaux souterrains. Cette lacune doit rapidement être comblée si nous voulons, comme secteur professionnel, attraper le train qui roule déjà vite. Il y a urgence en la demeure. Chaque faculté de génie qui offre la discipline du génie civil devrait inclure dans son cursus de base au moins un cours de réhabilitation de réseaux souterrains.

Une nouvelle maîtrise en gestion des infrastructures urbaines à l'ETS a fait l'objet d'une annonce lors d'INFRA 2012. Cette maîtrise, offerte par le département de génie de la construction de l'ÉTS, propose dans sa liste de cours au choix, un cours sur le diagnostic et la réhabilitation optimisée des réseaux.

13.2.7 Suivis à faire

13.2.7.1 Évaluation des propriétés des revêtements internes dans les gaines d'égout

En réponse aux préoccupations des villes sur le rôle et la pérennité des revêtements internes (polyéthylène (PE), polyuréthane (PU)) dans les gaines des conduites d'égout, une évaluation spécifique devra être faite sur ces revêtements. Que ce soit par l'intermédiaire d'un mandat confié par le CERIU ou d'un projet de maîtrise ou de recherche appliquée, l'évaluation de la durabilité, de la résistance à l'abrasion et de la contribution de ces revêtements à la capacité structurale des gaines devrait permettre de trouver des réponses.

13.2.7.2 Évaluation des propriétés des tubes de pré-moulage dans le chemisage des conduites d'égout

Toujours en lien avec les préoccupations des villes, il est suggéré de faire un inventaire des différents types de tubes de pré-moulage et des propriétés mécaniques et chimiques qui leur sont associées. Une meilleure connaissance des différentes gammes de produits devrait permettre de faire de meilleurs choix en fonction des objectifs poursuivis. Rappelons que les tubes de pré-moulage peuvent jouer un rôle positif dans la prévention de certaines défectuosités.

CONCLUSION

Les objectifs visés par ce projet consistaient à identifier les points forts et les points faibles des techniques de réhabilitation de conduites souterraines et de se prononcer sur leur performance à long terme. Malgré la volonté des villes partenaires, il a été difficile de recueillir les données nécessaires à une évaluation complète de la performance des travaux réalisés dans le passé. En effet, les gestionnaires des réseaux ayant accepté de fournir des données sur un échantillon de conduites ne disposaient pas de toutes les informations requises, celles-ci étant inexistantes ou inaccessibles. Les gestionnaires municipaux ont de plus manifesté une résistance face aux demandes de prélèvements d'échantillons de conduites *in situ.* Ces deux circonstances ont eu un impact majeur sur l'ampleur du projet, son déroulement et sur l'atteinte des objectifs.

Techniques de réhabilitation de conduite d'eau potable

La technique non structurale du revêtement projeté à l'époxy n'est plus utilisée de nos jours. Elle a beaucoup été utilisée dans les années 90. Les évaluations non destructives ont montré que le revêtement est en bon état, mais montre des signes de décollement ou de détérioration à certains endroits. Nous ne pouvons toutefois pas préciser le nombre d'années de service qu'ont subi les revêtements des échantillons évalués. Le registre de bris fourni par la ville de Dollard-des-Ormeaux, couvrant les années post-réhabilitation, montre que les deux conduites sur lesquelles les échantillons ont été prélevés ont subi plus de bris après la réhabilitation qu'avant celle-ci. Cette situation a poussé la ville à réhabiliter à nouveau ces conduites par chemisage structural. Il n'est pas possible, suite à l'analyse des données disponibles, de se prononcer sur la performance de cette technique de réhabilitation fonctionnelle. On peut par contre insister sur l'importance de déterminer l'état structural résiduel des conduites avant de recommander l'utilisation de cette technique.

La technique de chemisage structural a fait l'objet de tests non destructifs et de tests destructifs. L'ensemble des résultats obtenus tend à confirmer que la technique est performante pour les échantillons analysés, malgré un bris survenu après la réhabilitation de la conduite de la rue Saint-Jacques à Longueuil. Tous les résultats des tests réalisés selon la norme ASTM F1216 sur les 3 échantillons de conduites dépassent les seuils minimum. De plus, les résultats des tests de résistance au cisaillement (ASTM D3165) sont nettement au-dessus du seuil exigé. Ces derniers tests n'ont toutefois pas exigés aux devis des projets étudiés et ne sont pas requis par la norme ASTM F1216.

Techniques de réhabilitation de conduites d'égout

Les résultats des tests non destructifs (analyses des défectuosités par visionnement des inspections télévisées) permettent de conclure que la technique de colmatage et injection reste performante après plusieurs années de service. En effet, l'âge de la réhabilitation variait de 13 à

26 ans. Par ailleurs, l'analyse des inspections télévisées a révélé la présence de défectuosités sur seulement 14,23% du linéaire total évalué de 2 678 mètres de conduites.

Dans le cas de la technique du chemisage structural, ces mêmes tests non destructifs permettent aussi de conclure que la technique est performante puisque seulement 19,69% du linéaire présentait des défectuosités. Il faut toutefois préciser que l'âge de la réhabilitation des 5 310 mètres de conduites formant l'échantillon variait de 2 à 18 ans.

Les résultats des tests destructifs réalisés sur deux échantillons de conduite réhabilitée par chemisage structural permettent de confirmer que les propriétés physiques et mécaniques de la gaine rencontrent, et même dépassent, les exigences de la norme ASTM F1216 et des critères de conception. Il est toutefois nécessaire de préciser que les exigences de la norme sont considérées comme minimales par les intervenants du domaine.

Finalement, les résultats des essais destructifs et non destructifs sont semblables à ceux obtenus dans les études mentionnées à la section 3.2.2 à savoir que la technique de chemisage structural est prometteuse, mais que des anomalies sont décelées et que des mesures doivent être appliquées pour les éliminer sinon les minimiser.

Techniques de réhabilitation des regards

Les tests non destructifs, les seuls à avoir été réalisés sur les échantillons de regards, permettent de conclure que la technique du colmatage et injection utilisée majoritairement pour la réhabilitation de regards à la ville de Laval est toujours performante malgré plus de vingt ans de service. En effet, la cote moyenne, sur une échelle de 5, attribuée pour l'état structural est de 2,22 et celle attribuée pour l'état fonctionnel est de 2,75. Les évaluations visuelles des regards de la cité de Dorval réhabilités à l'aide de huit différents produits regroupés en deux types de techniques ont permis d'attribuer une cote d'état moyenne de 2,5 sur une échelle de 4 pour l'ensemble des 47 regards après 15 ans de service. La performance globale des techniques de réhabilitation utilisées pour les regards de la ville de Dorval est qualifiée d'acceptable.

Les résultats des essais destructifs effectués sur des échantillons de conduites d'eau potable ou d'égout réhabilitées par la technique de chemisage nous permettent de tirer des conclusions seulement pour les échantillons analysés et les conduites d'où ils proviennent. Les résultats ne peuvent être généralisés compte tenu du petit nombre d'échantillons, du manque de données sur les conduites avant et après réhabilitation, et du fait que chaque conduite de réhabilitation est une conduite unique et construite dans le sol où plusieurs conditions liées à son environnement sont inconnues.

Finalement, lorsqu'on évalue avec recul le projet réalisé, il apparait que l'importance et la grande ampleur du projet initial ont dû être réduites à cause de circonstances liées à la disponibilité de l'information et des échantillons à tester. Le travail accompli n'est toutefois pas vain. Il doit être considéré comme une étape préparatoire de mise à l'essai de l'approche méthodologique

développée. Nous avons pu constater que l'étude réalisée par l'EPA a adopté consciemment une démarche similaire à celle qui s'est imposée dans notre projet.

Le bilan des activités réalisées dans le présent projet permet de conclure que plusieurs des tâches prévues au plan de travail initial ont été accomplies. Ce sont notamment :

- Le sondage sur les travaux de réhabilitation réalisés auprès des villes et des entreprises;
- Les partenariats conclus avec les villes partenaires;
- Le développement d'une méthodologie pour la définition des échantillons pour les essais;
- Le développement d'un programme de suivi scientifique et des essais à réaliser.

Les actions à planifier dans la prochaine phase de la démarche d'évaluation devraient inclure la révision et la bonification de ce qui a déjà été accompli. Ce retour d'expérience devra être fait à la lumière des leçons apprises tout au long de la réalisation de ce projet. De plus, il est suggéré de créer des liens avec d'autres centres et organisations publiques nationales et internationales qui s'intéressent aussi à la performance des techniques de réhabilitation. Comme nous l'avons appris récemment, ce projet a suscité l'intérêt de l'EPA qui est engagée dans une démarche similaire à la nôtre.

Voilà un menu stimulant pour quiconque s'intéresse aux nouveaux domaines de connaissances techniques et à la gestion optimale des infrastructures souterraines.

BIBLIOGRAPHIE

Allouche, E., Shaurav, A., Simicevic, J., Sterling, R. et all. 2011. A Retrospective Evaluation of Cured-in-Place Pipe (CIPP) Used in Municipal Gravity Sewer. Rapport préparé pour U. S. Environmental Protection Agency (EPA/600/R-12/004).

Aqua Data. 2005. Bilan de la réhabilitation des conduites d'égouts – Ville de Québec.

CERIU. 2007. Tableaux synthèse des résultats du sondage sur les techniques de réhabilitation utilisées au Québec dans les conduites d'eau potable et d'égout.

CERIU. Compte-rendu des réunions du Comité directeur entre le 24 mai 2007 et le 8 février 2012.

CERIU. Compte-rendu des réunions du Comité technique Eau potable entre le 4 juillet 2007 et le 8 février 2012.

CERIU. Compte-rendu des réunions du Comité technique Egout et Regards entre le 14 août 2007 et le 8 février 2012.

Deloitte & Touche et E&B Data. 2012. Faits saillants de l'étude sur l'état des infrastructures municipales du Québec préparé pour l'Union des municipalités du Québec.

Fuamba, M. 2013. Analyse de la performance et de la durabilité des travaux de la réhabilitation sans tranchée pour les conduites d'eau potable (PIQM 501282) : Analyse des données et des tests. Centre de développement (C.D.T.) Polytechnique de Montréal.

Insituform Technologies. Divers documents sur les essais réalisés sur la première installation de 1971 en 1991, 1997 et 2001.

Khan, S. Dobson, C. 2006. Trouble Shooting for Trenchless Liner Installation During Sewer Line Rehabilitation. Actes de la conférence WEFTEC 2006, Dallas, Texas, 21-25 octobre 2006.

Landry, J.P., Gyselinck, P. 2009. Suivi de la performance des travaux de réhabilitation. Actes de la conférence INFRA 2009. Mont-Tremblant, Québec, 16-18 novembre 2009.

Shelton, J. 2012. Cured-in-Place Pipe Liner Defects – Three Studies on Installed Liner Performance Quality. Actes de conférence, No-Dig Show 2012, Nashville, Tennessee, 11-15 mars 2012

SIMO. 2009. Rapport sur l'inspection télévisée par caméra à téléobjectif des regards d'égout – Ville de Laval. (Soumission no 9441).

Ville de Montréal. Comité des technologies de réhabilitation sans tranchée de conduites secondaires d'eau potable. 2008. Rapport sur la technologie du chemisage utilisée sur le territoire de l'agglomération de Montréal.

Zayed, T., Alzraiee, H. Elabbasy, M., Bakry, I. 2013. Évaluation de la performance des techniques de réhabilitation des conduites d'égout et regards d'égout. Université Concordia.

ANNEXE 1

Résumé des rencontres avec les intervenants clés

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Benoît Bergeron – Ville de Longueuil**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux Mardi le 26 février 2013 à 9h (à Longueuil, invité par la Ville : Martin LeBrasseur, AECOM)

Identification de la technique : **Chemisage en eau potable**

Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées :

Diagnostic de l'état structural et fonctionnel

Q. : Comment est-il fait

R. : Les sections à réhabiliter sont identifiées à partir des analyses du plan d'intervention. Le matériau (incluant la période de fabrication) et l'âge de la conduite sont utilisés pour évaluer l'état structural de la conduite d'après la courbe de dégradation de la famille à laquelle cette section appartient. Le taux de bris est utilisé comme indicateur de la dégradation « accélérée » des sections de conduite, il a pour effet d'abaisser la cote d'état déterminée à l'aide de la courbe de dégradation. Une analyse multicritères est ensuite réalisée prenant en considération d'autres indicateurs fonctionnels (protection incendie, débit et pression, coefficient Hazen-William, qualité de l'eau) et de localisation (affectation du territoire, corrosivité des sols,). Finalement, un arbre décisionnel est utilisé pour tenir compte des autres infrastructures et des solutions d'interventions (reconstruction, réhabilitation, report dans le temps). Jusqu'à 2010, la Ville ne voulait pas réhabiliter des conduites de plus de 50 ans d'âge en raison notamment du risque qu'elles représentent pour la présence de branchements en plomb. Le remplacement s'avérait la meilleure solution selon ces critères jugés assez « sévères ». La limite d'âge n'est plus utilisée aujourd'hui.

Q. : Avec quel niveau de confiance

R. : À ce jour et pour les conduites réhabilitées avec la technique de chemisage structural, la Ville est confiante dans ses critères d'analyse et de diagnostic et dans ses choix d'intervention. Les conduites de la ville de Longueuil ne sont pas très vieilles, les plus anciennes ayant environ une soixantaine d'années. Toutefois le sol de Longueuil est corrosif (la ville a cartographié tous ses sols) et la durée de vie des conduites métalliques est écourtée.

Choix de la technique d'intervention

Q. : Critères de sélection

R. : Au cours des années 90, la Ville de Longueuil a fait de la réhabilitation fonctionnelle dans une vingtaine de kilomètres de conduites d'eau potable par la technique de projection. Les conduites réhabilitées étaient réputées être affectées par la tuberculisation de leur paroi intérieure. Toutefois, on ne connait pas la technique de projection employée (mortier de ciment ou époxy). Il faut aussi se rappeler qu'à cette époque, le chemisage structural en eau potable n'était pas disponible au Québec. L'état structural des conduites a cependant continué à se dégrader et certaines ont depuis été remplacées. Avec la mise en œuvre du plan d'intervention (2006) la Ville de Longueuil utilise la méthodologie citée plus haut pour sélectionner les conduites à réhabiliter. S'il est prévu de refaire l'infrastructure de la rue, la conduite d'eau potable est remplacée plutôt que réhabilitée.

Q. : Éventail des techniques considérées

R. : Malgré que la Ville ait utilisé dans le passé la projection, la seule technique de réhabilitation qui est considérée aujourd'hui est le chemisage structural.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Benoît Bergeron – Ville de Longueuil**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux Mardi le 26 février 2013 à 9h (à Longueuil, invité par la Ville : Martin LeBrasseur, AECOM)

Identification de la technique : **Chemisage en eau potable**

Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées :

La Ville de Longueuil a deux priorités majeures actuellement dans la remise en état de ses infrastructures : les conduites d'eau potable et les chaussées. En 2009, la ville de Longueuil avait le plus haut taux de bris parmi les grandes villes du Québec. Aidé par les différents programmes de subventions gouvernementales, la Ville s'est engagée massivement dans le renouvellement de ses conduites d'eau potable. Riche de ses expériences, la Ville a revu ses arbres décisionnels afin de favoriser la réhabilitation lorsque la chaussée est dans un état acceptable, ce qui permet de diminuer les coûts et d'optimiser le cycle de vie des actifs.

Q. : Coûts des options

R. : Environ 600 $ à 700 $ par mètre linéaire basé sur les travaux réalisés en 2010, 2011 et 2012.

Préparation des plans et devis

Q. : Performance ou descriptif

R. : Le devis est descriptif. Aucune donnée d'état sur les sections de conduites n'est fournie aux entreprises pour préparer leur soumission.

Q. : Plans (Niveau de détails versus besoin pour la réalisation)

R. : Un relevé des accessoires à remplacer (poteaux d'incendie et raccordements, vannes, coudes et tés) est fait pour chaque projet et la conduite est localisée à partir du plan directeur. Il n'y a pas de surprise au chantier par rapport à la localisation des accessoires. Les puits ne sont pas indiqués sur les plans. En 2010, les profils étaient fournis sur les plans, mais plus maintenant.

Les branchements de service ne sont pas remplacés systématiquement mais ils sont tous testés. Lorsqu'un branchement ne passe pas le test d'étanchéité, c'est souvent parce que la vanne de service n'est pas étanche. Celle-ci est donc remplacée.

Q. : Devis

R. : Les devis de 2010 et 2011 indiquaient, au bordereau des prix, un item pour les puits avec un nombre prédéterminé. Dans le devis plus récent, les puits sont inclus au mètre linéaire de réhabilitation. À partir de l'expérience acquise avec ces deux approches, monsieur LeBrasseur, surveillant de travaux, conclut qu'il est plus facile de gérer le chantier lorsqu'il y a un article au bordereau pour les puits. Cela permet d'éviter les discussions sur les coûts supplémentaires lorsqu'il est requis de faire un puits supplémentaire.

Q. : Provenance du premier devis

R. : Le premier devis date de 2000 et avait été préparé par une firme externe. La ville s'en est inspirée les années suivantes, jusqu'en 2005 (+/-). Dans les années suivantes, la ville a confié ces travaux à l'externe. Ce sont toutefois les fascicules standards de la ville qui sont inclus aux devis de réhabilitation pour les travaux civils reliés aux conduites et à la chaussée tandis que les clauses techniques spécifiques au chemisage sont rédigées par la firme externe.

Q. : Le devis a-t-il évolué ; pourquoi

R. : Le devis a évolué en fonction de l'expérience acquise au fil des projets réalisés. Le bordereau est plus détaillé, ce qui permet de faciliter l'évaluation des sommes payables lorsque des situations particulières se produisent sur des rues ou les travaux sont plus complexes (conduite très profonde, rue encombrée). Le devis actuel est mature. La ville est toutefois préoccupée du fait que dans les circonstances où les plans et devis et la surveillance sont confiés à l'externe, et qu'en présence de changements d'intervenants, autant au niveau des firmes qu'au niveau des employés de la Ville, il y ait perte d'expertise globale.

Q. : Normes ; données de conception ; contrôle de qualité

R. : Ce sont les normes minimales du F1216 qui sont exigées dans le devis. Les feuilles de conception et les calculs de l'épaisseur sont exigés de l'entreprise ainsi que les résultats des essais mécaniques « théoriques » qui servent à faire ces calculs.

Contrôle de qualité et évaluation de la performance

Q. : Prise d'échantillon

R. : Le devis exige que l'entreprise prépare un échantillon, fasse exécuter les essais requis (flexion et module) et fournisse les résultats à la ville. Monsieur LeBrasseur a effectué la surveillance des travaux en 2010 et en 2012 ; ces travaux ont été réalisés par une entreprise qui a sa propre équipe de contrôle de qualité. Elle échantillonne la résine et les gaines une fois mises en place.

Q. : Méthodologie - en cours de travaux – pour validation future

R. : Il y a une ouverture de la ville à envisager de mettre en place un aménagement particulier lors des travaux de réhabilitation de conduites d'eau potable pour permettre et faciliter la prise d'échantillon future pour vérifier la performance des conduites de réhabilitation. Toutefois, il faudrait planifier la localisation de cet aménagement dans une rue qui n'a pas été reconstruite puisqu'il y aura une excavation à prévoir dans un futur rapproché.

Période de garantie

Q. : Durée

R. : Un an.

Q. : Contrôle par qui - comment

R. : L'inspection télévisée est réalisée après les travaux de chemisage et est utilisée pour prononcer la réception provisoire L'entrepreneur doit en plus fournir un rapport de gainage et de conception. Il y a un contrôle de qualité durant la réalisation des travaux. Une liste de déficiences est préparée lors de la réception provisoire et celles-ci doivent être réparées pour que la réception définitive soit prononcée un an après la réception provisoire.

Trois essais d'étanchéité sont exigés dans le devis.

- Le premier essai d'étanchéité est effectué sur la conduite existante avant les travaux de réhabilitation
- Le deuxième essai est effectué sur la conduite réhabilitée avant les perçages
- Le dernier essai est fait après le perçage des entrées de service.

Il n'y a pas de critère d'acceptabilité pour ce dernier essai. Si le dernier essai n'est pas concluant, il y a détection de fuites. Lorsque la fuite est repérée et réparée, l'essai est repris.

Monsieur LeBrasseur précise que le premier essai est fait à la pression d'opération habituelle de la ville. Il peut arriver que l'essai ne puisse être complété car il y a trop de fuites et la capacité de la pompe est dépassée. Cette situation représente aussi un risque de bris de la conduite en cours d'essai. Le bon jugement du surveillant est requis pour minimiser ces risques.

Pour l'acceptation des travaux de gainage, le jugement du surveillant est encore requis. En général, il y a un pli qui se forme dans la conduite de réhabilitation. La présence d'un pli permet de confirmer, selon le fournisseur, que la gaine ne s'est pas étirée en dehors de ses limites théoriques et donc, qu'elle a normalement bien adhérée à la paroi de la conduite réceptrice. Il n'y a pas de vérification *in situ* de l'épaisseur de la gaine installée ; ces vérifications sont effectuées en laboratoire sur les échantillons prélevés.

QUESTIONS

1. Quelles techniques avez-vous utilisées jusqu'à maintenant et dans quel type de réseau ?

   R. : Tel qu'il a été précisé plus haut, la ville de Longueuil a utilisé la technique de projection dans ses conduites d'eau potable à la fin des années 90. Mais depuis les dernières années, c'est la technique de chemisage structural qui est systématiquement utilisée.

   Une nouvelle technique de réhabilitation fonctionnelle présente un intérêt pour la ville ; cette technique consiste à nettoyer les conduites d'eau potable en réalisant les travaux à l'intérieur d'une journée sans qu'il soit nécessaire d'installer un réseau temporaire. La technique requiert qu'un inhibiteur de corrosion soit introduit à l'usine de filtration afin d'éliminer la croissance de nodules de rouille dans les conduites. Ce type d'intervention devrait permettre de redonner à faible coût les propriétés hydrauliques des conduites qui ne requièrent pas à court terme une réhabilitation structurale.

2. Pourquoi, à votre avis, certaines techniques ont-elles été abandonnées (ex. les revêtements projetés dans les conduites d'eau potable) ?

   R. : La technique de projection ne s'est pas avérée performante car la ville a dû retourner faire des interventions sur des conduites qui avaient été réhabilitées avec la technique de projection. Les conduites métalliques de la ville de Longueuil souffrent de corrosion externe car les sols sont corrosifs. La corrosion externe est un problème structural et la projection est une technique d'amélioration des caractéristiques fonctionnelles.

Par ailleurs, les impacts à la population sont identiques à la réhabilitation structurale, les coûts sont quand même élevés et l'augmentation de durée de vie ne s'est pas confirmée. Cette technique ne présente pas un bon rapport coûts/durabilité pour Longueuil.

3. Prenez-vous systématiquement des échantillons de gaine lors des travaux ?

   R. : Voir plus haut.

4. Est-ce que l'offre des laboratoires d'essais est suffisante ?

   R. : Les laboratoires qui sont en mesure d'effectuer les essais mécaniques sur les échantillons de gaine ne sont pas connus des municipalités. Il faudrait que ces derniers soient connus des villes qui pourraient ensuite décider de faire les essais elles-mêmes.

5. Jugez-vous posséder assez de connaissances sur les critères et exigences de prise d'échantillons sur site pour les essais mécaniques ?

   R. : C'est bien décrit dans les normes. Un bout de tuyau de PVC est chemisé en même temps que la conduite et subit le même processus de durcissement. Ce tuyau est découpé et devient l'échantillon à tester.

6. Vous est-il déjà arrivé de refuser des travaux de réhabilitation ? Pour quelle raison ? Mise en œuvre ou résultats des essais ?

   R. : Il est arrivé à une reprise qu'on se rende compte qu'une conduite de réhabilitation avait un diamètre inférieur au diamètre requis. Cela s'est produit dans une conduite de 200 mm qui avait été nettoyée et dont le diamètre résultant après nettoyage était de 217 mm. L'entrepreneur ne l'avait pas détecté au départ et donc a gainé la conduite considérant que les étapes de qualité avaient été faites par ses équipes de terrain tel qu'à l'habituel, ce qui n'a pas été le cas. C'est pourquoi le problème n'a été constaté qu'après l'installation, lors des essais d'étanchéité. La solution proposée par l'entrepreneur, et acceptée par la ville, a consisté à excaver tous les branchements de service et à remplacer ces sections de conduite.

   Il est arrivé quelques autres cas où une anomalie a été détectée lors de l'inspection télévisée. L'entrepreneur a rapidement pris l'initiative de suggérer le remplacement des sections de conduite défectueuses sans frais pour la ville.

   Monsieur Bergeron constate que les villes et utilisateurs des techniques de réhabilitation sont « techniquement » à la merci des entreprises et de leur sens du professionnalisme. Cela peut devenir très critique si une nouvelle entreprise joint le marché de la réhabilitation sans avoir une solide expertise et expérience.

7. Avez-vous des commentaires sur les méthodes de cueillette des échantillons de gaine.

   R. : N/A

8. Avez-vous des suggestions ou des commentaires sur ce qui pourrait être acceptable dans le futur au niveau de la prise d'échantillons sur des conduites réhabilitées et en service pour d'éventuels suivis.

R. : La ville tient à souligner qu'elle a fourni des échantillons pour le projet de suivi de la réhabilitation du CERIU. Elle a accepté de creuser dans ses rues pour contribuer à l'avancement des connaissances. Le rapport final de l'étude est attendu par la Ville et monsieur Bergeron espère qu'il pourra être utile aux villes, petites et grandes, qui désirent faire de la réhabilitation.

9. Quelles sont vos attentes par rapport à la performance des techniques de réhabilitation ?

R. : Compte tenu que la réhabilitation coûte à peu près le même prix que le remplacement, la ville s'attend à n'avoir aucun signe de détérioration pour la durée de vie espérée (50 ans). La ville a toutefois une préoccupation par rapport aux entrées de service dont la performance dépend de la conduite hôte. La décision de réhabiliter se fait sur la prétention d'une durée de vie de 50 ans, sans problème ni entretien.

10. Y a-t-il un aspect spécifique de non qualité que vous auriez remarqué ? étape, activité, entreprise ?

R. : Basé sur l'expérience des trois dernières années, ce sont surtout les travaux civils qui causent des soucis. Dans le cas des travaux de réhabilitation comme tels, l'activité critique est le percement des entrées de service. Auparavant, il arrivait que les entrées de service soient bouchées par la résine et qu'il faille les excaver. Aujourd'hui, les entreprises mettent en place des bouchons pour éliminer ce risque. Toutefois, ce sont la dextérité et la précision de l'opérateur de robot qui font que les réouvertures sont bien exécutées ou non. À ce jour, il n'y a pas de bris répertoriés sur des raccordements suite à la réhabilitation.

Concernant les travaux en chantier, monsieur LeBrasseur souligne que les essais d'étanchéité avant chemisage peuvent être sources de problèmes si la conduite existante est en mauvais état. Il arrive qu'il soit impossible d'atteindre les pressions d'essais et que les fuites sur la conduite imbibent le sol environnant. Lorsque cette situation se produit, l'entrepreneur doit drainer le sol en créant un puits supplémentaire pour pomper l'eau.

Finalement, les devis exigent que l'entrepreneur fournisse deux « boîtes à outils » à chaque contrat, à l'intention des travaux publics. Ces outils servent au percement de nouvelles entrées de service sur des conduites réhabilitées. Les équipes d'entretien de la ville ont travaillé avec les entrepreneurs pour se familiariser avec ces nouveaux matériaux composites et pour parfaire leurs techniques de travail sur ce type de conduite.

D'ailleurs, les conduites réhabilitées par chemisage sont affichées (thématique spécifique) sur les cartes dont le personnel des travaux publics se sert pour planifier son travail.

11. Faites-vous affaires avec une firme externe ? pour les plans et devis ? la surveillance des travaux ? pour l'acceptation des travaux ?

R. : La ville confie la réalisation des plans et devis et la surveillance à une firme externe ainsi que la recommandation d'acceptation des travaux.

12. Avez-vous des suggestions pour améliorer la performance des travaux de réhabilitation à une étape en particulier ou globalement ?

R. : Discuté plus haut.

13. Y a-t-il uniformité au niveau de la qualité dans l'offre de services et des entreprises et dans les travaux de réhabilitation ?

R. : Selon l'expérience de la ville, l'offre est assez uniforme.

14. Y a-t-il assez d'offre de service actuellement en fonction du marché présent et à venir ?

    R. : Pour le marché actuel, il semble que l'offre des entrepreneurs soit suffisante. La ville n'a subi aucun inconvénient sur ses projets permettant de constater un manque à ce niveau. Mais c'est une préoccupation pour la ville car le marché de la réhabilitation est en croissance (à la ville de Longueuil et dans d'autres villes). Les entreprises actuelles pourront grossir ou un autre joueur pourra rejoindre le secteur. Tout nouveau joueur devra démontrer son expertise dans le domaine.

15. Ferez-vous de la réhabilitation dans le futur ? moins, autant ou plus ?

    R. : Oui, plus.

16. Évaluation approximative du linéaire annuel prévu par technique ?

    R. : Exemple de ce qui s'est fait en chemisage au cours des dernières années : 2010 : 1,2 km; 2011 : 2,9 km; 2012 : 8,1 km, soit une moyenne annuelle de 4 km

17. Avez-vous noté une différence de performance entre les méthodes d'installation et/ou de cure ?

    R. : Rien dans l'expérience de la ville ne permet de se prononcer à ce sujet.

18. Décelez-vous des besoins de formation spécialisée pour améliorer les connaissances des intervenants aux différentes étapes (diagnostic, sélection des techniques, conception, contrôle de qualité) ?

    R. : Oui, très grand. À toutes les étapes techniques. Des cours devraient être offerts par les universités et les Cégep au niveau de la formation continue. Plus spécifiquement, un guide pour le contrôle de qualité devrait être préparé et diffusé. Aussi, l'évaluation des risques environnementaux et le suivi de la performance devrait faire l'objet d'études et de rapports à diffuser dans le milieu.

19. Avez-vous des suggestions à faire pour améliorer la qualité et la performance de la réhabilitation en général ou pour une activité en particulier ?

    R. : Une préoccupation demeure à la ville au sujet de la pérennité des entrées de service raccordées sur la conduite métallique existante. Même si la conduite est réhabilitée et que la gaine reprend la fonction de la conduite existante, cette dernière est toujours nécessaire pour la performance des raccordements et des branchements de service.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : George Del Rio – DGSRE, Ville de Montréal**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux Mercredi 20 février 2013 à 9h (entrevue téléphonique)

Identification de la technique : **Chemisage**

Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées : **X**

Diagnostic de l'état structural et fonctionnel

Q. : Comment est-il fait

R. : Pour le **réseau d'eau potable** local, le personnel technique des unités de gestion choisit les tronçons de conduite d'eau potable en partenariat avec les arrondissements. L'indicateur principal pour faire ce choix est le nombre de bris. On essaie de choisir des tronçons ayant une longueur minimale de 100 m lin et si possible, des tronçons regroupés. Des tronçons sont aussi choisis pour d'autres raisons comme des projets de développement ou des travaux de PRR. L'avant-projet qui s'ensuit normalement comprend l'étude hydraulique de la conduite ainsi que la vérification de l'état de l'égout et de la chaussée le tout dans le but d'optimiser les interventions sur un même tronçon. Une fois que l'option de la réhabilitation est retenue et que les travaux sont prévus sur une section, il y a une démarche pour vérifier si les entrées de service sont en plomb. Lorsque c'est le cas, les entrées de service seront remplacées systématiquement lors des travaux de réhabilitation de la conduite.

Pour le réseau d'égouts local, le personnel technique des unités de gestion visionne les inspections télévisées et l'état structural est souvent l'élément déclencheur pour déterminer s'il y aura réhabilitation de la section. Comme pour l'eau potable, des tronçons sont aussi choisis pour d'autres raisons comme des projets de développement ou des travaux de PRR.

La nouvelle unité d'auscultation et de réhabilitation a la responsabilité de procéder aux auscultations des réseaux d'égouts. Une fois que les données sont reçues, elles sont transmises aux unités de gestion qui les analysent et identifient les sections de conduite à réhabiliter. Une fois les avant-projets complétés et la liste des travaux arrêtée, cette dernière est transmise à l'unité auscultation et réhabilitation qui prépare les plans et devis, lance les appels d'offres et réalise les projets

Q. : Avec quel niveau de confiance

R. : Dans le cas de l'eau potable, le choix des sections est fait à partir du nombre de bris. C'est un indicateur indirect de l'état structural. Il n'existe pas de techniques économiques, fiables et utilisables sans interruption de service permettant de poser un diagnostic plus précis sur l'état structural des conduites d'eau potable de petits diamètres. Selon l'expérience vécue jusqu'à ce jour, il ne semble pas y avoir eu de mauvais choix (conduite trop détériorée qui ont connu des bris subséquents). Il n'y a pas eu de bris de conduite réhabilitée, à la connaissance de monsieur Del Rio, sauf à de très rares reprises et à chaque fois associés à des raccordements. Toutefois, il n'est pas possible de savoir si la réhabilitation a été effectuée dans des conduites en « trop bon état ».

Par ailleurs, la réduction des pertes d'eau s'est avérée un indicateur supplémentaire d'évaluation de la performance pour les gestionnaires et est reconnue comme un bénéfice mesurable de la réhabilitation.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : George Del Rio – DGSRE, Ville de Montréal**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux Mercredi 20 février 2013 à 9h (entrevue téléphonique)

Identification de la technique : **Chemisage**

Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées : **X**

Choix de la technique d'intervention

Q. : Critères de sélection

R. : Actuellement les types d'intervention se limitent à la réhabilitation par chemisage ou au remplacement conventionnel. Il arrive que le choix de la réhabilitation soit fait dans un but préventif.

Q. : Éventail des techniques considérées

R. : Pour le moment, la seule technique de réhabilitation envisagée est le chemisage structural bien qu'il existe des technologies non-structurales ou semi-structurales.

Q. : Coûts des options

R. : N/A

Préparation des plans et devis

Q. : Performance ou descriptif

R. : Le devis est descriptif.

Q. : Plans (Niveau de détails versus besoin pour la réalisation)

R. : Les plans pour la réhabilitation des conduites d'eau potable sont des plans de construction, tandis que les plans pour la réhabilitation des conduites d'égouts sont des plans de localisation. Les inspections télévisées sont fournies avec les plans et devis pour la réhabilitation des conduites d'égouts

Q. : Devis

R. : Le devis en eau potable est essentiellement le même que le devis original, mais il a subi quelques améliorations et modifications au fil du temps et de l'expérience sur le terrain. Le devis pour l'égout a été révisé de façon notable en vue des travaux à venir cette année.

Q. : Provenance du premier devis

R. : Le premier devis en eau potable provient d'une firme de consultant. Monsieur Del Rio ne connait toutefois pas la provenance du premier devis en égout.

Q. : Le devis a-t-il évolué ; pourquoi

R. : Le devis en eau potable n'a pas été modifié en profondeur; seulement des ajustements pour s'adapter à de nouvelles exigences (ex. signalisation).

En 2013, plusieurs changements ont été apportés au devis de réhabilitation d'égout, même si on peut dire que le fond est resté le même. En fait, il y a eu regroupement de plusieurs items au bordereau (trop de détails) ce qui a causé des impacts sur plusieurs articles du devis.

Q. : Normes ; données de conception ; contrôle de qualité

R. : Les normes auxquels le devis réfère sont les normes ASTM.

Contrôle de qualité et évaluation de la performance

Q. : Prise d'échantillon

R. : Il y a toujours une prise d'échantillons pour chaque contrat de réhabilitation.

Q. : Méthodologie - en cours de travaux – pour validation future

R. : Les échantillons sont prélevés lors du chemisage. Pour monsieur Del Rio, l'enjeu principal de la performance de la réhabilitation se situe dans une meilleure connaissance des conditions de sélection et de la méthodologie de localisation et de découpage des échantillons et éprouvettes sur lesquels les essais mécaniques seront effectués. Aussi, les normes ASTM permettent de réaliser des essais de laboratoire de différentes façons et les résultats obtenus sont donc divergents. Il faudrait uniformiser les protocoles. La conférence présentée par monsieur Tony Araujo, de la firme Paragon Systems lors d'INFRA 2012, a soulevé de nombreuses questions et incertitudes quant aux variations observées, pour un même échantillon, dans les résultats des tests de contrainte et de module de flexion selon la norme ASTM D790. Les variations observées dépendent du type, de la localisation et de l'orientation des éprouvettes utilisées pour les tests.

La ville de Montréal est très sensible à ces constats et désire que ces incertitudes soient résolues. C'est sa priorité.

Période de garantie

Q. : Durée

R. : La période de garantie est de deux ans pour la réhabilitation en eau potable et en égout. En eau potable, l'acceptation définitive des travaux est prononcée automatiquement si aucun bris ne s'est produit durant la période de garantie. En égouts, depuis 2012, une inspection télévisée, effectuée par l'entrepreneur, est prévue avant la fin de la période de garantie de deux ans. L'acceptation finale sera prononcée à la suite du visionnement des inspections et à la validation de la performance de la gaine.

Q. : Contrôle par qui - comment

R. : Par le laboratoire de la Ville de Montréal qui s'est structuré pour effectuer les essais requis par les normes.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : George Del Rio – DGSRE, Ville de Montréal**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux Mercredi 20 février 2013 à 9h (entrevue téléphonique)

Identification de la technique : **Chemisage**

Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées : **X**

QUESTIONS

1. Quelles techniques avez-vous utilisées jusqu'à maintenant et dans quel type de réseau ?

   R. : Le chemisage structural pour les conduites d'eau potable et pour les conduites d'égouts.

2. Pourquoi, à votre avis, certaines techniques ont-elles été abandonnées (ex. les revêtements projetés dans les conduites d'eau potable) ?

   R. : Il y a eu des expérimentations de différentes techniques dans le passé mais aucune n'a été utilisée à grande échelle. Par ailleurs, il n'y a pas de documentation sur la performance de ces techniques. Il est arrivé qu'une réhabilitation ait été planifiée dans une conduite de 300 mm de diamètre et où il a été constaté qu'il y avait déjà eu une insertion à cet endroit.

3. Prenez-vous systématiquement des échantillons de gaine lors des travaux ?

   R. : Oui, selon un échantillonnage déterminé par le laboratoire de la Ville.

4. Est-ce que l'offre des laboratoires d'essais est suffisante ?

   R. : La Ville dispose de son propre laboratoire. Si cela était nécessaire par manque de ressources ou pour d'autres raisons, la Ville pourrait avoir recours à d'autres laboratoires. Elle est déjà en contact avec des laboratoires privés qui effectuent les essais selon les normes.

5. Jugez-vous posséder assez de connaissances sur les critères et exigences de prise d'échantillons sur site pour les essais mécaniques ?

   R. : Oui, monsieur Del Rio considère que la Ville de Montréal possède presque autant de connaissances et d'expertise à ce sujet que les fournisseurs de technologie. Par ailleurs, monsieur Del Rio insiste sur la nécessité de travailler à l'uniformisation du choix et du prélèvement des échantillons (éprouvettes) pour la réalisation des essais mécaniques.

   Nous avons besoin d'une prise de leadership par un centre de recherche ou une université pour permettre de résoudre ces incertitudes.

6. Vous est-il déjà arrivé de refuser des travaux de réhabilitation ? Pour quelle raison ? Mise en œuvre ou résultats des essais ?

   R. : Il n'est jamais arrivé, à la connaissance de monsieur Del Rio, qu'une conduite ayant été réhabilitée ait dû être remplacée complètement par excavation. Toutefois, il est arrivé à de rares occasions qu'une conduite de réhabilitation en eau potable doive être remplacée sur une certaine longueur lorsque les travaux n'ont pas été bien faits. Pour ce qui est des conduites d'égouts, c'est la DTP qui peut répondre à cette question.

7. Avez-vous des commentaires sur les méthodes de cueillette des échantillons de gaine.

   R. : Voir plus haut.

8. Avez-vous des suggestions ou des commentaires sur ce qui pourrait être acceptable dans le futur au niveau de la prise d'échantillons sur des conduites réhabilitées et en service pour d'éventuels suivis.

R. : La priorité pour le moment est de déterminer le type, la localisation et l'orientation des échantillons/éprouvettes qui devront « faire la norme » avant de penser à faire d'éventuels suivis de performance future.

9. Quelles sont vos attentes par rapport à la performance des techniques de réhabilitation ?

   R. : En ce qui concerne la performance, la ville s'attend à une durée de vie de 50 ans et même plus. À ce jour, aucun bris n'a été répertorié sur les conduites d'eau potable qui ont été réhabilitées par chemisage.

10. Y a-t-il un aspect spécifique de non qualité que vous auriez remarqué ? étape, activité, entreprise ?

    R. : Rien en réhabilitation de conduites d'eau potable. Toutefois, pour ce qui est de la réhabilitation des conduites d'égouts, la ville fait face à des problèmes récurrents d'odeur de styrène. La ville espère que des échanges constructifs pourront avoir lieu entre les utilisateurs et les entreprises pour identifier les mesures de mitigation les plus efficaces tout en étant économiques.

11. Faites-vous affaires avec une firme externe ? pour les plans et devis ? la surveillance des travaux ? pour l'acceptation des travaux ?

    R. : Les plans et devis sont réalisés par la DGSRE, la surveillance est faite par la DTP avec l'aide d'une firme externe et l'acceptation des travaux est faite par la Ville.

12. Avez-vous des suggestions pour améliorer la performance des travaux de réhabilitation à une étape en particulier ou globalement ?

    R. : Encore une fois, monsieur Del Rio insiste sur la nécessité de la normalisation des échantillonnages et de produire un protocole pour les essais mécaniques. Il faut être exigeant à cet égard puisque que chaque conduite est fabriquée sur place et que c'est le seul contrôle de qualité de fabrication disponible pour les propriétaires de réseaux. Et ce n'est pas une exigence extraordinaire de la part des propriétaires d'infrastructures d'exiger une preuve de qualité fiable.

13. Y a-t-il uniformité au niveau de la qualité dans l'offre de services et des entreprises et dans les travaux de réhabilitation ?

    R. : Monsieur Del Rio a travaillé avec deux entreprises mais principalement avec une des deux au cours des dernières années. La qualité dans l'offre de service est assez uniforme.

14. Y a-t-il assez d'offre de service actuellement en fonction du marché présent et à venir ?

    R. : Il n'y a que deux entreprises qui offrent la technique de chemisage structural pour les conduites d'eau potable actuellement. Compte tenu de l'ampleur du marché et de son développement anticipé, une autre entreprise pourrait être la bienvenue.

15. Ferez-vous de la réhabilitation dans le futur ? moins, autant ou plus ?

    R. : Oui. Il est prévu d'augmenter le volume.

16. Évaluation approximative du linéaire annuel prévu par technique ?

    R. : En eau potable : La Ville a réalisé en 2012 environ 18 km par la DGSRE et environ 7 autres km par l'arrondissement de Pierrefonds. La quantité à réaliser au cours des prochaines années est à la hausse.

17. Avez-vous noté une différence de performance entre les méthodes d'installation et/ou de cure ?

    R. : Monsieur Del Rio ne peut répondre à cette question car il a surtout de l'expérience avec une même entreprise

18. Décelez-vous des besoins de formation spécialisée pour améliorer les connaissances des intervenants aux différentes étapes (diagnostic, sélection des techniques, conception, contrôle de qualité) ?

    R. : Les intervenants de la Ville de Montréal impliqués dans les projets de réhabilitation ont beaucoup appris au cours des dernières années. Mais tous sont conscients qu'il y a encore beaucoup à apprendre. Il y a effectivement des besoins de formation pour tous, à toutes les étapes de la réalisation des projets de réhabilitation, autant au niveau du diagnostic que de la réalisation et de la surveillance des travaux.

19. Avez-vous des suggestions à faire pour améliorer la qualité et la performance de la réhabilitation en général ou pour une activité en particulier ?

    R. : Déjà répondu plus haut.

2699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Danielle Gilbert – Ville de Québec**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux Mardi 12 février 2013 (entrevue téléphonique)

Identification de la technique : **Chemisage égouts**

Réseau d'eau potable : Réseau d'eaux usées : **X**

Diagnostic de l'état structural et fonctionnel

Q. : Comment est-il fait

R. : C'est l'équipe de planification qui lance les contrats d'inspection télévisée pour recueillir les données. Une fois les inspections complétées, les rapports sont analysés par une autre firme externe qui fait des recommandations d'intervention. L'équipe du PTI reçoit les recommandations et valide s'il y a des interventions à faire sur les autres infrastructures (conduites d'aqueduc et chaussée). Lorsque l'option de réhabilitation est maintenue pour les conduites, le projet est transféré à l'ingénierie qui prépare les plans et devis, lance les appels d'offres et fait la surveillance des travaux.

Q. : Avec quel niveau de confiance

R. : Les recommandations fournies par la firme externe ont un niveau de confiance « Bon ». Il nous arrive parfois de ne pas tenir compte des suggestions incluses dans le rapport de la firme (priorités d'intervention, coûts des travaux), car nos décisions sont basées sur des critères de gestion intégrée, de répartition budgétaire, de PTI, etc.

Choix de la technique d'intervention

Q. : Critères de sélection

R. : Lorsque le projet est confirmé en réhabilitation, l'équipe de l'ingénierie visionne l'inspection et précise les interventions préalables à faire (réparations ponctuelles ou autres) et priorise les interventions dans le temps. Avant, les réparations ponctuelles étaient incluses dans les contrats de chemisage. Maintenant ces interventions sont faites par les travaux publics, lorsque cela est possible, quelques mois avant le chemisage. Les regards, puisards et raccordements de puisards ne sont pas inclus dans les contrats de chemisage.

Q. : Éventail des techniques considérées

R. : Jusqu'à cette année, seule la technique de chemisage était envisagée (avec des résines époxy approuvées NSF pour l'aqueduc, avec des résines polyester pour l'égout). En 2013, un essai avec les coques préfabriquées sera réalisé. Ces dernières seront mises en place par insertion dans une conduite arquée en TTOG de 1.8 m X 1 m.

Par ailleurs, le service centralisé des travaux publics de la ville de Québec donne des contrats de colmatage des branchements d'égouts.

Q. : Coûts des options

R. : La ville de Québec a noté une tendance à la baisse dans les coûts de la réhabilitation au cours des trois dernières années.

2699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Danielle Gilbert – Ville de Québec**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux Mardi 12 février 2013 (entrevue téléphonique)

Identification de la technique : **Chemisage égouts**

Réseau d'eau potable : Réseau d'eaux usées : **X**

Préparation des plans et devis

Q. : Performance ou descriptif

R. : Le devis de la ville de Québec est un devis descriptif. Les rapports d'inspection télévisée sont fournis avec les documents d'appel d'offres.

Q. : Plans (Niveau de détails versus besoin pour la réalisation)

R. : Les plans qui sont fournis sont des vues en plan (sans vue en profil) ; la ville ne fait pas de relevés pour valider la localisation des actifs. Toutefois, la Ville a une base de données assez fiable de ses rues, regards, longueurs, etc.

Q. : Devis

R. : Il y a présentement un exercice au BNQ de rédaction d'un devis de chemisage normalisé. La ville de Québec participe au comité du BNQ.

Q. : Provenance du premier devis

R. : Pas discuté.

Q. : Le devis a-t-il évolué ; pourquoi

R. : Le devis a évolué, pas au niveau de la technique de chemisage comme telle mais plutôt dû au fait que le colmatage des branchements a été ajouté. Aujourd'hui, l'équipe de la ville se questionne sur la pertinence de colmater les branchements car il n'y a aucun moyen de contrôler et valider la bonne exécution de ces travaux.

Le bordereau des prix a aussi beaucoup évolué afin de prévenir les surprises.

Q. : Normes ; données de conception ; contrôle de qualité

R. : Selon l'ASTM et le BNQ.

Contrôle de qualité et évaluation de la performance

Q. : Prise d'échantillon

R. : Le devis exige la prise d'échantillons mais la ville n'exigeait ni ne réalisait de suivi sur la prise d'échantillons jusqu'à l'année dernière (2012). En 2013, les échantillons seront prélevés et feront l'objet d'un suivi de qualité par la ville de Québec.

2699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Danielle Gilbert – Ville de Québec**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux Mardi 12 février 2013 (entrevue téléphonique)

Identification de la technique : **Chemisage égouts**

Réseau d'eau potable : Réseau d'eaux usées : **X**

Q. : Méthodologie - en cours de travaux – pour validation future

R. : Il n'y a jamais eu de problème majeur d'infiltration. La ville n'impose pas de contrôle particulier ni ne fait d'intervention préalable en ce qui concerne l'infiltration. Lors des travaux de gainage, l'entrepreneur doit pomper les débits d'eaux usées. Pour ce qui est des services, les citoyens reçoivent un avis écrit qui les informe qu'ils ne peuvent pas se servir de leurs égouts.

La ville ne fait pas de test d'étanchéité.

Période de garantie

Q. : Durée

R. : La durée de la période de garantie est de deux ans.

Q. : Contrôle par qui - comment

R. : Le service de la planification fait le suivi des garanties. Un contrat d'inspection télévisée est accordé par la Ville à une entreprise spécialisée. La performance du chemisage est appréciée par le visionnement des inspections télévisées deux ans après la fin des travaux.

QUESTIONS

1. Quelles techniques avez-vous utilisées jusqu'à maintenant et dans quel type de réseau ?

   R. : Chemisage et colmatage dans les réseaux d'égout. Historiquement, il nous est arrivé de faire du chemisage dans de courtes sections de conduites où il n'y avait qu'un seul regard d'accès. Toutefois, les entreprises acceptent de moins en moins de le faire.

2. Pourquoi, à votre avis, certaines techniques ont-elles été abandonnées (ex. les revêtements projetés dans les conduites d'eau potable) ?

   R. : Jusqu'à maintenant, la technique par projection n'est pas considérée comme structurale. Toutefois, nous savons que cette technique fait actuellement l'objet d'une étude pour être considérée comme structurale.

3. Prenez-vous systématiquement des échantillons de gaine lors des travaux ?

   R. : Non. Il n'est pas envisageable pour la Ville de prendre un échantillon dans la conduite qui vient d'être réhabilitée. La Ville favoriserait plutôt les échantillons obtenus à partir d'un morceau de tuyau installé dans le regard dans lequel la gaine est inversée et curée dans les mêmes conditions que la conduite.

4. Est-ce que l'offre des laboratoires d'essais est suffisante ?

   R. : Non. Il n'y a pas de laboratoire dans la région de Québec qui fait les essais mécaniques.

5. Jugez-vous posséder assez de connaissances sur les critères et exigences de prise d'échantillons sur site pour les essais mécaniques ?

   R. : Pour le moment, la Ville ne les exige pas systématiquement. Mais il y a un besoin pour mieux connaître et comprendre les essais et les résultats, d'où notre implication dans l'élaboration de la nouvelle norme du BNQ (devis de chemisage).

6. Vous est-il déjà arrivé de refuser des travaux de réhabilitation ? Pour quelle raison ? Mise en œuvre ou résultats des essais ?

   R. : C'est déjà arrivé de refuser une gaine et de demander de reprendre les travaux. Mais, globalement, c'est moins de 1% sur le linéaire total de conduites qui ont été réhabilitées. Ce n'est pas plus fréquent qu'avec la méthode conventionnelle par excavation.

   Il nous est arrivé d'avoir des problèmes de dégagement d'odeurs durant les travaux de gainage surtout dans les vieux secteurs. Une lettre est envoyée aux résidents avant les travaux pour les informer qu'il pourrait y avoir des odeurs et pour les informer des mesures à prendre pour les minimiser. S'il y a des plaintes, l'entrepreneur se rend sur les lieux et bouche les drains. En 2013, nous avons inclus dans notre devis la mise en place de ventilation forcée afin de disposer de plus d'outils pour faire face à ces situations si elles se produisent.

   Par ailleurs la Ville a fait des efforts d'information et de communication à l'intérieur des services de la ville, particulièrement les services des pompiers et les services d'urgence pour prévenir les réactions intempestives.

7. Avez-vous des commentaires sur les méthodes de cueillette des échantillons de gaine.

   R. : Il faut normaliser une méthode représentative qui n'endommage pas la nouvelle conduite. Cette partie sera traitée dans la nouvelle norme BNQ.

8. Avez-vous des suggestions ou des commentaires sur ce qui pourrait être acceptable dans le futur au niveau de la prise d'échantillons sur des conduites réhabilitées et en service pour d'éventuels suivis.

   R. : La méthode du tuyau dans le regard semble être acceptable mais ce sont les spécialistes des essais qui doivent nous aider à ce sujet. Cette partie sera traitée dans la nouvelle norme BNQ.

9. Quelles sont vos attentes par rapport à la performance des techniques de réhabilitation ?

   R. : Une durée de vie de 50 ans, ou même plus.

10. Y a-t-il un aspect spécifique de non qualité que vous auriez remarqué ? étape, activité, entreprise ?

    R. : La problématique qui est vécue avec le chemisage c'est que les branchements ne sont pas réhabilités bien qu'ils soient souvent défectueux. Ça reste l'élément le plus faible du système.

11. Faites-vous affaires avec une firme externe ? pour les plans et devis ? la surveillance des travaux ? pour l'acceptation des travaux ?

    R. : Déjà répondu. Au niveau des procédures d'approbation des travaux en cours d'exécution, une approbation est donnée pour les travaux de nettoyage et de préparation de la conduite avant gainage par le visionnement de l'inspection télévisée (V2); ensuite, le chemisage, la réouverture des extrémités et des entrées de service sont approuvés par le visionnement de la vidéo après gainage (V3). S'il y a des anomalies, la demande de réparation est faite tout de suite après les travaux.

12. Avez-vous des suggestions pour améliorer la performance des travaux de réhabilitation à une étape en particulier ou globalement ?

    R. : Il y a beaucoup de questionnements sur les branchements. La ville aimerait que les utilisateurs de la technique de chemisage se penchent sur la question, aussi avec les entreprises, pour tenter d'identifier les meilleures pratiques.

13. Y a-t-il uniformité au niveau de la qualité dans l'offre de services et des entreprises et dans les travaux de réhabilitation ?

    R. : Il n'y a rien qui permette à la ville de dire le contraire.

14. Y a-t-il assez d'offre de service actuellement en fonction du marché présent et à venir ?

    R. : Pas discuté.

15. Ferez-vous de la réhabilitation dans le futur ? moins, autant ou plus ?

    R. : Oui, la ville considère la réhabilitation comme une alternative sérieuse pour ses projets d'investissements visant à assurer la pérennité des réseaux souterrains. Par ailleurs, la ville de Québec favorise le lancement d'un seul contrat même s'il est important (plusieurs kilomètres) car c'est plus facile à gérer.

16. Évaluation approximative du linéaire annuel prévu par technique ?

    R. : Le marché de la ville de Québec pour la réhabilitation des conduites d'égouts et pour la réhabilitation des conduites d'aqueduc est d'environ 4 à 5 millions de $ par an. De ce budget, une portion plus importante est consacrée à l'eau potable.

17. Avez-vous noté une différence de performance entre les méthodes d'installation et/ou de cure ?

R. : C'est l'inversion qui est la méthode d'installation qui a été la plus utilisée par les entreprises et la cure à la vapeur. Nous n'avons rien détecté de tel.

18. Décelez-vous des besoins de formation spécialisée pour améliorer les connaissances des intervenants aux différentes étapes (diagnostic, sélection des techniques, conception, contrôle de qualité) ?

    R. : Le personnel de la ville a suivi les formations offertes par le CERIU. Toutefois, la réhabilitation ça s'apprend en grande partie lors de la réalisation des travaux. Il serait pertinent que des formations structurées soient offertes au niveau technique et baccalauréat (génie civil). Mais il faut aussi que l'on en sache plus sur la performance des technologies et sur les meilleures pratiques.

19. Avez-vous des suggestions à faire pour améliorer la qualité et la performance de la réhabilitation en général ou pour une activité en particulier ?

R. : Il est essentiel que la connaissance soit aussi développée ailleurs que chez les fournisseurs de technologie. Malgré leur générosité à fournir des informations, ils ne peuvent être réellement objectifs dans leurs démarches. La ville de Québec compte beaucoup sur l'implication des universités dans le projet de suivi pour développer de l'intérêt pour ce champ d'expertise dans lequel, de toute évidence, tout reste encore à faire.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Pierre Gyselinck – Ville de Laval**
Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux Mardi 12 février 2013 (entrevue téléphonique)
Identification de la technique : **Colmatage égouts - autres techniques (Égouts/Aqueduc)**
Réseau d'eau potable : Réseau d'eaux usées : **X**

Diagnostic de l'état structural et fonctionnel

Q. : Comment est-il fait ?

R. : Les premières utilisations du colmatage visaient le contrôle de l'infiltration. Le diagnostic se faisait par des mesures de débits dans les conduites d'égout. Là où le débit mesuré dépassait de beaucoup le débit théorique une évaluation supplémentaire était faite (analyse des variations en temps de pluie et remontée par tronçons) et permettait d'identifier les tronçons d'égout où du colmatage serait effectué. L'autre technique d'auscultation utilisée pour détecter la présence d'infiltration était l'inspection télévisée en période de nappe haute. Toutefois, cette dernière méthode est moins efficace de nos jours à cause des effets des changements climatiques (les périodes de nappes hautes sont moins marquées, voire n'existent presque plus du moins à Laval).

Aujourd'hui, c'est essentiellement avec des campagnes de mesures de débits qu'on identifie les tronçons à colmater pour contrôler l'infiltration. La ville confie des mandats de mesures de débits à des firmes de génie conseil qui doivent faire les mesures, analyser les résultats et faire des recommandations. Par exemple, dans le secteur Laval Ouest des travaux de colmatage a été faits, il y a trente ans, pour réduire l'infiltration. Aujourd'hui, un problème de capacité a été détecté à la station de pompage. Une nouvelle campagne de mesures a été commandée afin de localiser les problèmes. La participation de ville de Laval au projet de suivi du CERIU visait notamment à valider la performance et la durée de vie probable des travaux de colmatage.

Les mesures de débits sont une technique efficace et toujours utilisée pour l'évaluation de la capacité des réseaux lors de la planification de nouveaux développements dans les secteurs déjà urbanisés.

Q. : Avec quel niveau de confiance **?**

R. : Moins avec l'inspection télévisée; plus avec les campagnes de mesures de débits.

Choix de la technique d'intervention

Q. : Critères de sélection :

R. : Le niveau d'infiltration et la condition globale de la conduite.

Q. : Éventail des techniques considérées :

R. : Pour l'objectif précis du contrôle de l'infiltration, c'est le colmatage qui est la seule technique envisagée. Par ailleurs, il y a plusieurs entreprises qui peuvent faire du colmatage. La plupart des firmes spécialisées qui font de l'inspection télévisée font aussi du colmatage car ce sont les mêmes équipements qui sont utilisés pour faire les tests d'étanchéité en vue de l'acceptation des travaux de construction de conduites d'égout. La ville de Laval a déjà fait du colmatage dans de gros diamètres (1830 mm). Dans le cas des conduites dont le diamètre est visitable, la méthode d'injection est semblable à celle utilisée dans les regards : on perce des trous et on injecte le produit. S'Il y a des fissures, on la cimente d'abord par l'intérieur et on injecte ensuite.

Q. : Coûts des options :

R. : Coûts moyens se situent entre 100 000$ et 200 000$ /kilomètre. Tous les joints et tous les défauts pouvant potentiellement être une cause d'infiltration sont testés et injectés.

Préparation des plans et devis

Q. : Performance ou descriptif

R. : C'est surtout un devis descriptif au niveau de la description de la technique comme telle. Mais aussi un devis de performance car c'est l'entrepreneur qui fait le choix du produit à utiliser.

Q. : Plans (Niveau de détails versus besoin pour la réalisation)

R. : Les plans identifient les sections de conduites et le type d'intervention à y faire. Les réseaux de la Ville sont numérisés et tous ses actifs possèdent un identifiant unique. Ces références sont indiquées sur les plans.

Q. : Devis

R. : Le devis est mature. Les premiers travaux de colmatage datent de 1982. À cette époque la méthode était nouvelle et la technologie venait d'ailleurs. Toutefois, et grâce au programme EPIC (études sur les eaux parasites d'infiltration et de captage initiées lors du programme d'assainissement des eaux du Québec dans les années 80) et à l'envergure des projets réalisés, l'expérience s'est vite acquise. Les entreprises qui soumissionnent pour le colmatage ont accès aux inspections télévisées des sections à colmater.

Q. : Provenance du premier devis

R. : Le devis était existant lorsque monsieur Gyselinck est arrivé à la ville. Il ne peut confirmer la source du devis.

Q. : Le devis a-t-il évolué ; pourquoi ?

R. : Le devis n'a pas beaucoup changé. Il a cependant fallu l'ajuster par rapport aux changements technologiques (caméras de télévision, ballons d'injection, produits) qui sont arrivés au fil des années. L'élément qui a le plus évolué c'est le bordereau des prix. La méthode de calcul des quantités de produit injecté et la méthode de paiement sont précisées. Cela évite les longues négociations du passé lorsqu'il fallait juger des quantités « supplémentaires »qui étaient injectées dans les sections jusqu'au refus; dans le cas où il était impossible d'atteindre le refus, la ville exigeait l'ajout d'un accélérant afin de diminuer le temps de prise et de compléter le colmatage.

Q. : Normes ; données de conception ; contrôle de qualité

R. : Aujourd'hui, la gestion des travaux de colmatage est confiée à des firmes externes et ce sont elles qui appliquent les exigences du devis.

Contrôle de qualité et évaluation de la performance

Q. : Prise d'échantillon

R. : Il y a une prise d'échantillons du produit d'injection au chantier. Par contre il n'y a pas de spécifications pour les produits inhibiteurs de racines. Certains produits ne peuvent plus être utilisés car ils ne sont plus approuvés par Agriculture Canada.

Q. : Méthodologie - en cours de travaux – pour validation future

R. : Il y a un contrôle de la quantité de produit mis en œuvre lors de l'exécution.

Période de garantie

Q. : Durée

R. : Auparavant, c'était deux ans ; maintenant la garantie est d'un an et la validation est faite par une inspection télévisée conventionnelle.

Q. : Contrôle par qui - comment

R. : L'inspection est faite par l'entrepreneur, analysée et approuvée par la firme de consultants mandatée pour la surveillance des travaux.

QUESTIONS

1. Quelles techniques avez-vous utilisées jusqu'à maintenant et dans quel type de réseau ?

   R. : Dans les conduites d'égouts : le colmatage, le gainage ponctuel et continu, et beaucoup d'autres techniques qui ne sont plus disponibles comme le Ribloc (tubage avec joint continu) ou le Uliner (tubage déformé/ajusté en PE). Les techniques proposées à l'époque n'étaient pas adaptées à notre contexte, à notre type de réseau. Par exemple, le tirage d'une conduite Uliner dans une conduite de grès en mauvais état pouvait entraîner le décollement de morceaux de grès et les arrêtes saillantes qui en résultaient pouvaient déchirer la nouvelle conduite. Cela est déjà arrivé dans un projet de ville Laval.

   La ville de Laval a aussi expérimenté la robotique. Cette technologie demandait plusieurs mobilisations/démobilisations pour la même intervention, ce qui la rendait non rentable.

Finalement, la ville a aussi expérimenté les « top hat » pour réhabiliter les raccordements des branchements à la conduite principale. Il a été constaté que cette technique doit être appliquée par des opérateurs expérimentés et ayant une bonne dextérité. Ces qualités /compétences ne sont pas nécessairement reconnues dans le milieu et les opérateurs talentueux ne sont pas toujours rémunérés en conséquence.

Dans les conduites d'aqueduc, la ville a expérimenté une technique de gainage semi-structural. Cette technologie avait été développée dans le domaine des pipelines. Cette gaine flexible avait la propriété de s'étirer tout en restant étanche. Elle devait se coller à la paroi et, en cas de bris ou de mouvement de sol, elle demeurait étanche. Malheureusement, dans le cas de l'expérimentation à Laval, la gaine n'a pas bien collé aux parois des conduites dans lesquelles la ville l'a essayée. Le fait que la gaine n'était pas collée aux parois a fait craindre qu'il y ait un aplatissement de la gaine relié à une pression négative. La ville n'a pas donné suite. Selon le promoteur de cette technologie européenne, la nature des matériaux nord-américains expliquait cette situation.

2. Pourquoi, à votre avis, certaines techniques ont-elles été abandonnées ?

R. : Les entreprises ne savaient pas vraiment où il était pertinent de les appliquer, ce qui a mené à de mauvaises expériences. Certaines ne sont pas rentables et d'autres demandent beaucoup de soin et présentent de ce fait plus de risques.

3. Prenez-vous systématiquement des échantillons de gaine lors des travaux ?

R. : Depuis 10 ans, les travaux sont gérés par des firmes qui assurent la ville de la bonne performance des travaux. Par contre, il n'y a qu'un laboratoire en mesure de faire les tests mécaniques et les résultats de ces tests ne sont pas fournis à la ville.

4. Est-ce que l'offre des laboratoires d'essais est suffisante ?

R. : Non. Il n'y a qu'un laboratoire au Québec. Le laboratoire de la Ville de Montréal s'est équipé ; mais la ville de Laval ne peut faire de même.

5. Jugez-vous posséder assez de connaissances sur les critères et exigences de prise d'échantillons sur site pour les essais mécaniques ?

R. : Il y a plusieurs années la ville a fait du gainage ponctuel avec des produits développés au Québec par les entreprises locales (MSC, Colmatec, Drainamar). Après dix ans, la ville a passé la caméra de télévision. Il ne semble pas y avoir de défectuosités, mais les gaines ponctuelles étaient tellement minces que pour les localiser lors du visionnement des inspections télévisées, il fallait se fier aux changements de couleur de la paroi de la conduite. Il est arrivé que nous ayons des problèmes de refoulement dans certaines de ces conduites. Les équipements de nettoyage ont accroché les gaines ponctuelles et les ont arrachées. Il est difficile de juger de la performance car on a tendance à se rappeler surtout des problèmes. Il faut aussi dire qu'à cette époque, et peut-être même encore aujourd'hui, les promoteurs de nouvelles technologies étaient des « vendeurs » de solutions universelles.

Aujourd'hui, la tendance est plus vers l'exigence de démonstration des propriétés techniques et mécaniques et on réfère aux normes ASTM. Mais cela reste « artisanal » et les normes sont incomplètes.

6. Vous est-il déjà arrivé de refuser des travaux de réhabilitation ? Pour quelle raison ? Mise en œuvre ou résultats des essais ?

R. Pour la réhabilitation de conduites d'égouts, ce n'est pas arrivé souvent. Il y a eu des cas où il y a eu des doutes sur la performance à long terme, des garanties supplémentaires ont été demandées aux entreprises.

Par contre en réhabilitation de conduites d'aqueduc, il est arrivé que la ville refuse une gaine structurale. La ville de Laval a aussi utilisé les revêtements projetés d'époxy. Cette technique visait à améliorer l'aspect fonctionnel. Mais il y a eu des problèmes structuraux suite à l'utilisation de la technique (plusieurs bris sur les conduites suite à la réhabilitation). La théorie avancée par Monsieur Gyselinck est que le seul fait de nettoyer la conduite la rend plus fragile au point de vue structural. L'enlèvement des tubercules de rouille a pour effet d'amincir la paroi de la conduite et de la rendre vulnérable aux charges.

N'y aurait-il pas une explication complémentaire : est-ce que les sections de conduite retenues pour la réhabilitation non structurale auraient pu être dans un état de détérioration trop avancé ? Monsieur Gyselinck considère qu'il serait utile de faire de l'auscultation dans les conduites d'aqueduc pour poser un meilleur diagnostic. Mais il est nécessaire d'interrompre le service pour cela et il est très compliqué de planifier auscultation et intervention au même moment.

7. Avez-vous des commentaires sur les méthodes de cueillette des échantillons de gaine.

   R. : Non

8. Avez-vous des suggestions ou des commentaires sur ce qui pourrait être acceptable dans le futur au niveau de la prise d'échantillons sur des conduites réhabilitées et en service pour d'éventuels suivis.

   R. : Non

9. Quelles sont vos attentes par rapport à la performance des techniques de réhabilitation ?

   R. : Que les conduites réhabilitées atteignent la durée de vie prévue en rendant le service attendu.

10. Y a-t-il un aspect spécifique de non qualité que vous auriez remarqué ? étape, activité, entreprise ?

    R. : Il n'y a rien à soulever pour ce qui est du colmatage. Par contre, dans le cas des travaux de chemisage d'aqueduc, il y a de l'insatisfaction exprimée par les entrepreneurs sur le fait que la ville exige le remplacement de tous les accessoires (poteaux d'incendie et conduite, vannes). Pour monsieur Gyselinck, la vétusté des accessoires est la même que la conduite et une intervention est aussi justifiée sur ces accessoires que sur la conduite, malgré ce que prétendent certaines compagnies de gainage.

    Dans le cas du chemisage de conduites d'aqueduc, il est arrivé qu'il y ait des bulles dans la gaine, cela indépendamment du produit ou de l'entreprise de travaux. Il est difficile de déterminer le critère d'acceptabilité pour ce type de défectuosité et de conclure sur la performance future et à long terme de la réhabilitation. Il n'existe pas de norme ni de guide. La ville de DDO refuse systématiquement les gaines qui présentent des bulles. Il y a un besoin pour des références sur ce qui est acceptable et ce qui ne l'est pas, le tout appuyé sur des essais et des résultats à long terme.

11. Faites-vous affaires avec une firme externe ? pour les plans et devis ? la surveillance des travaux ? pour l'acceptation des travaux ?

    R. : Oui, avec des firmes de consultants pour toutes ces activités.

12. Avez-vous des suggestions pour améliorer la performance des travaux de réhabilitation à une étape en particulier ou globalement ?

    R. : L'intérêt de la ville de Laval c'est d'être en mesure de déterminer la durée de vie approximative du colmatage des conduites d'égout. Nous voulons savoir à quel moment il faut prévoir retourner colmater les conduites. De plus, la ville veut pouvoir évaluer la rentabilité du colmatage, la fréquence appropriée et déterminer le moment où il est temps de faire de la réhabilitation structurale.

13. Y a-t-il uniformité au niveau de la qualité dans l'offre de services et des entreprises et dans les travaux de réhabilitation ?

    R. : Pour ce qui est du colmatage, oui.

14. Y a-t-il assez d'offre de service actuellement en fonction du marché présent et à venir ?

    R. : Dans le domaine du gainage des conduites d'aqueduc il n'y a pas assez d'entreprises. Dans le cas du gainage et du colmatage des conduites d'égouts, il y a à peine un peu plus d'entreprises. Le marché est encore trop petit.

15. Ferez-vous de la réhabilitation dans le futur ? moins, autant ou plus ?

    R. : Oui, du colmatage et du chemisage ponctuel et continu dans les conduites d'égouts.

16. Évaluation approximative du linéaire annuel prévu par technique ?

    R. : En égout : environ 2 kilomètres de colmatage par an ; environ 250 mètres de gainage continu. En aqueduc : environ 2 kilomètres de chemisage par an.

17. Avez-vous noté une différence de performance entre les méthodes d'installation et/ou de cure ?

    R. : N/A

18. Décelez-vous des besoins de formation spécialisée pour améliorer les connaissances des intervenants aux différentes étapes (diagnostic, sélection des techniques, conception, contrôle de qualité) ?

    R. : Pas discuté.

19. Avez-vous des suggestions à faire pour améliorer la qualité et la performance de la réhabilitation en général ou pour une activité en particulier ?

    R. : Pas discuté.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation
Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux
Identification de la technique :
Chemisage de conduites d'eau potable et d'égouts
Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées : **X**

Nom : Jacques Pharand – Laboratoire de la Ville de Montréal
Aussi présents : Rachid Fettah, David Landry, Ahcene Ahbab, Laboratoire Ville de Montréal et Benjamin Rodriguez, DTP Ville de Montréal
Jeudi 28 février 2013 à 8h30 aux bureaux de la Ville

Diagnostic de l'état structural et fonctionnel

Q. : Comment est-il fait

R. : N/A

Q. : Avec quel niveau de confiance

R. : N/A

Choix de la technique d'intervention

Q. : Critères de sélection

R. : N/A

Q. : Éventail des techniques considérées

R. : N/A

Q. : Coûts des options

R. : N/A

Préparation des plans et devis

Q. : Performance ou descriptif

R. : N/A

Q. : Plans (Niveau de détails versus besoin pour la réalisation)

R. : N/A

Q. : Devis

R. : N/A

Q. : Provenance du premier devis

R. : N/A

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation
Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux
Identification de la technique :
Chemisage de conduites d'eau potable et d'égouts
Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées : **X**

Nom : Jacques Pharand – Laboratoire de la Ville de Montréal
Aussi présents : Rachid Fettah, David Landry, Ahcene Ahbab, Laboratoire Ville de Montréal et Benjamin Rodriguez, DTP Ville de Montréal
Jeudi 28 février 2013 à 8h30 aux bureaux de la Ville

Q. : Le devis a-t-il évolué ; pourquoi

R. : La ville revoie annuellement la section sur le contrôle des matériaux et les travaux civils. Le devis est considéré comme mature. Suite aux changements apportés par l'entreprise Sanexen sur la fabrication de sa gaine, il a fallu modifier la section sur la technique d'échantillonnage dans le devis 2013 pour le chemisage des conduites d'eau potable. Les essais doivent être faits dans le sens circonférentiel plutôt que longitudinal. Cela exige une méthode particulière de fabrication des échantillons.

Il est important d'informer les utilisateurs sur toutes les modifications apportées aux matériaux ou aux produits ayant un impact potentiel sur la performance car il peut être nécessaire de modifier la procédure de fabrication des échantillons comme cela a été nécessaire dans le cas de la conduite de Sanexen. Les caractéristiques des échantillons des conduites de réhabilitation en eau potable sont cruciales.

Q. : Normes ; données de conception ; contrôle de qualité

R. : Pour ce qui est de la conception elle-même, l'équipe du laboratoire n'est pas directement impliquée à cette étape. Toutefois, il y a différentes méthodes de calculs pour concevoir les gaines qui donnent différents résultats. La norme F1216 se situe au milieu. Lorsque les essais sont effectués et que le Laboratoire obtient des résultats, ceux-ci doivent être analysés par rapport aux caractéristiques mécaniques attendues. L'équipe du Laboratoire s'est impliquée à ce niveau au cours des dernières années.

L'équipe du laboratoire a aussi fourni à l'équipe de la DGSRE, qui prépare les plans et devis, les spécifications pour la prise d'échantillons et les précisions pour le contrôle de qualité autant au niveau des travaux civils que les travaux de réhabilitation spécifiques.

Monsieur Pharand possède une grande expertise des matériaux en général. Les gaines sont des matériaux composites et c'est la raison pour laquelle il a été impliqué au niveau du contrôle de qualité des conduites de réhabilitation. Au départ, il a élaboré des essais non prescrits par la norme F1216. Les essais élaborés visent à évaluer la performance des conduites de réhabilitation (essai de chargement hydrostatique et essai de rigidité). Les essais actuellement prescrits par la norme n'évaluent que la performance en traction et en flexion des matériaux eux-mêmes.

Les échantillons à prélever pour effectuer ces nouveaux essais sont exigés au devis mais il n'y a pas de critères de rejet car ils ne sont pas spécifiés dans les normes. Les échantillons sont récoltés pour des fins de recherche. La Ville de Montréal envisage développer ses propres normes pour être en mesure de les imposer et de déterminer des critères de rejet. Un croquis est fourni dans le devis précisant les montages à préparer pour fabriquer les échantillons supplémentaires.

Contrôle de qualité et évaluation de la performance

Q. : Prise d'échantillon

R. : La procédure de cueillette d'échantillons est précisée dans la norme pour les conduites non visitables. Un bout de tuyau de PVC est utilisé comme coffrage et une fois que la conduite est durcie et refroidie, l'échantillon de gaine est « décoffré » et transmis au laboratoire de la Ville de Montréal.

Pour les conduites ovoïdes en brique, la Ville demande qu'une plaque d'acier, dont les dimensions sont prédéterminées, soit fixée sur la paroi intérieure de la conduite au niveau du piedroit, droit. La plaque doit dépasser de 50 mm la jonction conduite/regard, ce qui permet de la repérer facilement lors du découpage des extrémités.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation
Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux
Identification de la technique :
Chemisage de conduites d'eau potable et d'égouts
Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées : **X**

Nom : Jacques Pharand – Laboratoire de la Ville de Montréal
Aussi présents : Rachid Fettah, David Landry, Ahcene Ahbab, Laboratoire Ville de Montréal et Benjamin Rodriguez, DTP Ville de Montréal
Jeudi 28 février 2013 à 8h30 aux bureaux de la Ville

Q. : Méthodologie - en cours de travaux – pour validation future

R. : N/A

Période de garantie

Q. : Durée

R. : N/A

Q. : Contrôle par qui - comment

R. : Lors des premiers contrats importants de réhabilitation, le laboratoire de la Ville réalisait les essais et transmettait les résultats aux gestionnaires responsables des contrats à la DGSRE. Ces résultats étaient classés dans les dossiers sans être vraiment analysés ou comparés aux calculs et critères de conception. Après avoir pris conscience de la situation décrite précédemment, l'équipe du laboratoire, sous la direction de monsieur Pharand, a exigé de recevoir les détails de conception et se prononce désormais sur la conformité des conduites échantillonnées par rapport aux propriétés mécaniques utilisées en conception. Il faut préciser que la norme F1216 n'est pas très exigeante et que les entrepreneurs réalisent leur design avec les propriétés obtenues lors d'essais successifs en laboratoire; ce qui permettra d'installer des gaines plus minces. Ainsi, il est nécessaire de faire les validations et les vérifications pour s'assurer de la conformité des caractéristiques mécaniques des matériaux comme indicateurs de la performance des conduites elles-mêmes.

QUESTIONS

1. Quelles techniques avez-vous utilisées jusqu'à maintenant et dans quel type de réseau ?

   R. : N/A

2. Pourquoi, à votre avis, certaines techniques ont-elles été abandonnées (ex. les revêtements projetés dans les conduites d'eau potable) ?

   R. : N/A

3. Prenez-vous systématiquement des échantillons de gaine lors des travaux ?

   R. : Plusieurs échantillons sont requis pour chaque contrat de réhabilitation réalisé sur les conduites d'eau potable et les conduites d'égouts. Le nombre et la localisation des échantillons répondent à trois critères : un échantillon par diamètre, par arrondissement et à chaque 350 mètres linéaires de gainage. C'est l'entrepreneur qui choisit les sections où il les recueille selon ces critères. Si les échantillons ne sont pas utilisables, l'entrepreneur doit les reprendre à ses frais. En général un nombre minimal de trente échantillons est statistiquement valable; il y en a généralement plus pour chaque contrat.

   Certains laboratoires d'essais meulent les échantillons pour en uniformiser l'épaisseur. L'équipe du Laboratoire de la ville de Montréal n'encourage pas cette technique. Les échantillons utilisés pour les essais doivent subir le moins de modifications ou d'opérations mécaniques possible afin de correspondre aux conditions de mise en place et de ne pas créer des conditions (chaleur excessive) qui risqueraient d'en modifier les propriétés. Le meulage est requis seulement si des matériaux provenant de la conduite hôte ont adhérés à l'échantillon.

Les premières années, la Ville faisait découper les échantillons par ses équipes de menuisiers, mais des odeurs de styrène se dégageaient lors de la découpe. Les échantillons sont maintenant découpés à l'externe selon les directives du Laboratoire.

4. Est-ce que l'offre des laboratoires d'essais est suffisante ?

R. : Actuellement, il y a seulement deux laboratoires, en plus de celui de la Ville de Montréal, qui offrent les essais selon les exigences de la norme F1216 (D790). Ces laboratoires sont spécialisés dans les matériaux polymères (St-Jérôme) ou les géotextiles/géomembranes (St-Hyacinthe). Les équipements requis pour faire les essais sont des presses généralement utilisées pour les essais sur l'acier et que l'on retrouve dans les laboratoires de mécanique des universités (plutôt que dans les laboratoires de génie civil). D'autres laboratoires privés comme LVM, Inspecsol et SGS pourraient offrir les services d'essais destructifs une fois que les attentes sont bien exprimées et bien comprises. L'activité critique de ces essais est le découpage des éprouvettes. La vitesse de chargement est aussi un élément déterminant dans les résultats. La Ville de Montréal pourra envisager de confier une partie des essais à des laboratoires privés puisque les critères et procédures sont maîtrisés et normalisés.

5. Jugez-vous posséder assez de connaissances sur les critères et exigences de prise d'échantillons sur site pour les essais mécaniques ?

R. : En fait, les essais prescrits par la norme F1216 ne concernent que les matériaux et non la performance de la conduite de réhabilitation elle-même. Les conduites de réhabilitation devraient être testées comme les conduites fabriquées en d'autres matériaux. Les fournisseurs de technologies affirment que les conduites sont structurales et qu'elles dureront 50 ans. Le Laboratoire de la Ville demande des échantillons supplémentaires pour faire des essais hydrostatiques et de rigidité, pour des fins de recherche. Ces types d'essais pourront permettre de confirmer les propriétés mécaniques des conduites elles-mêmes. Plusieurs propriétaires de réseaux d'eau potable se questionnent notamment sur la pérennité des raccordements de services qui comptent sur la conduite existante qui, même réhabilitée, continuera à se corroder de l'extérieur.

Après quatre ans d'expérience, l'équipe du Laboratoire a accumulé expérience et expertise dans le domaine des essais sur les gaines de réhabilitation. Mais il reste encore beaucoup à apprendre surtout avec ces constats sur la variation des résultats selon la localisation de l'éprouvette. D'ailleurs, le développement des connaissances ne pourra pas se faire et se limiter seulement au laboratoire de la Ville. Il faut que les universités et les professionnels du domaine s'impliquent et se documentent si l'on veut que les exigences soient les mêmes pour tous les travaux de réhabilitation et s'assurer d'atteindre les performances espérées.

6. Vous est-il déjà arrivé de refuser des travaux de réhabilitation ? Pour quelle raison ? Mise en œuvre ou résultats des essais ?

R. : Non, ce n'est pas au laboratoire de refuser des travaux mais à l'équipe de gestion. Toutefois, les essais de laboratoire devraient être utilisés pour valider la conception et confirmer que les gaines répondent aux exigences d'épaisseur et de propriétés mécaniques des matériaux. Selon la norme F 1216, Les essais exigés sont les normes D790 et D638 qui sont faites pour les divers matériaux, dont les conduites en PVC; certaines conditions de réalisation peuvent influencer les résultats dans un sens ou dans l'autre. L'équipe du Laboratoire est en discussion avec d'autres laboratoires afin de tenter d'uniformiser les paramètres et conditions qui peuvent varier afin d'obtenir des résultats cohérents et comparables, peu importe le laboratoire qui aura fait les tests. Un document a été élaboré en collaboration avec le CDCQ et soumis au comité d'élaboration de la norme NQ1809-400 du BNQ. Cependant, il y a des enjeux pour les entreprises de réhabilitation provenant de l'Ontario puisqu'elles utilisent des valeurs d'essai sur des échantillons remaniés par le laboratoire PARAGON de Toronto.

7. Avez-vous des commentaires sur les méthodes de cueillette des échantillons de gaine.

   R. : Pour les conduites non visitables de forme circulaire, l'utilisation d'une bout de tuyau en PVC comme coffrage est une méthode très acceptable autant en égout qu'en aqueduc. Elle est d'ailleurs prescrite par la norme. Pour ce qui est des conduites d'égout semi-visitables et visitables, de forme ovoïdes, la mise en place d'une plaque métallique prédimensionnées sur le piedroit de la conduite apparaît comme la meilleure méthode pour prélever un échantillon représentatif de la gaine. La présence de la plaque permet d'avoir un échantillon dont l'épaisseur est uniforme sans morceaux de briques collés sur la face externe de la gaine. Dans le cas de ces derniers échantillons, il est primordial de bien identifier la face interne et la face externe car les résultats varient selon la position.

8. Avez-vous des suggestions ou des commentaires sur ce qui pourrait être acceptable dans le futur au niveau de la prise d'échantillons sur des conduites réhabilitées et en service pour d'éventuels suivis.

   R. : Dans le cas des conduites d'égout, l'équipe du Laboratoire ne voit pas la nécessité de prélever des échantillons incluant la conduite hôte. Pour la plupart des conduites cela nécessiterait des excavations.

   Pour les conduites d'égout ovoïdes, il serait possible de mettre en place des plaques métalliques au moment des travaux dont les échantillons ne seraient prélevés que plusieurs années plus tard. Cela permettrait de comparer la performance des matériaux dans le temps. Cette deuxième plaque pourrait être localisée sur le piedroit « gauche » dans la même section où l'échantillon est prélevé sur le piedroit droit : même conduite, mêmes conditions de mise en place et de cure.

   Dans le cas des conduites d'eau potable, il est plus difficile de concevoir un aménagement qui permettrait de prélever un échantillon futur sans interrompre le service et sans excavation. À priori cela entraînerait des coûts importants. Cela reste à discuter avec les concepteurs et les entreprises. Monsieur Pharand en discutera avec ses collègues car la forme de l'échantillon est déterminante selon le produit testé.

9. Quelles sont vos attentes par rapport à la performance des techniques de réhabilitation ?

   R. : Les attentes concernent plutôt la rigueur dans la validation de la conception (*reverse engineering* avec les résultats des essais) et plus de contrôle au niveau des matériaux composant les gaines (résines, fibres des gaines, résistances, etc.) par des visites en usine et une prise d'échantillons de produits par exemple. Ces contrôles accentués fourniraient des assurances supplémentaires en ce qui concerne la performance des matériaux composant les conduites de réhabilitation.

   Deux éléments soulèvent des questions. D'abord, les tubes de prémoulage (*preliner*) ne semblent pas résister à la température de cure et finissent par fonder lors de la cure des gaines. Il est exigé au devis 2013 de la Ville que les tubes de prémoulage résistent aux températures de cure. Nous verrons dans les prochains contrats les types de tubes qui seront installés et comment ils se comporteront. Lorsque ces tubes fondent, ils ne servent plus de barrière à la résine ni aux odeurs de styrène.

   Ensuite, les revêtements de polyuréthane ou d'autres matériaux constituant la surface interne des conduites réhabilitées qui subissent des altérations lors de la cure. Ces altérations sont très évidentes sur les vidéos d'inspection télévisée. Il y a des bulles et même des décollements longitudinaux sur des

longueurs importantes. Il n'y a pas de précision sur la résistance à l'abrasion de la gaine lorsque le revêtement interne est endommagé. L'équipe du Laboratoire cherche à obtenir des informations et des garanties sur cet aspect. De plus, il n'y a pas de précision sur la résistance aux produits chimiques et l'abrasion à moyen et long termes. Le revêtement intérieur est une membrane relativement souple (comparativement à une conduite neuve en PVC, TBA ou en ciment dans la fonte) et l'abrasion constitue, pour la ville de Montréal, un facteur préoccupant car l'intensité du nettoyage hydraulique dans les conduites d'égout pourrait même altérer ce revêtement. Nous suggérons de nouvelles inspections VM-3 après 5 et 10 ans pour connaître l'intégrité de la surface d'écoulement.

10. Y a-t-il un aspect spécifique de non qualité que vous auriez remarqué ? étape, activité, entreprise ?

    R. : N/A

11. Faites-vous affaires avec une firme externe ? pour les plans et devis ? la surveillance des travaux ? pour l'acceptation des travaux ?

    R. : N/A

12. Avez-vous des suggestions pour améliorer la performance des travaux de réhabilitation à une étape en particulier ou globalement ?

    R. : Pas nécessairement des améliorations, mais plutôt des préoccupations. Lorsque viendra le temps de faire des réparations sur les conduites réhabilitées alors que la conduite hôte n'existera plus. Comment ces réparations se comporteront-elles dans le temps puisque les manchons pour ajouter une nouvelle entrée de service seront fixés sur une gaine de résine ou encore sur la conduite métallique existante qui aura continué à se dégrader.?

    Les entreprises fournissent des boîtes à outils dans lesquelles se trouvent les outils et accessoires spécialisés permettant de réaliser les nouvelles entrées et de faire des réparations. Les entreprises offrent aussi de la formation en arrondissements pour les utilisateurs, au niveau des activités des travaux publics et pour les cols bleus afin qu'ils se familiarisent avec ces matériaux composites.

13. Y a-t-il uniformité au niveau de la qualité dans l'offre de services et des entreprises et dans les travaux de réhabilitation ?

    R. : N/A

14. Y a-t-il assez d'offre de service actuellement en fonction du marché présent et à venir ?

    R. : N/A

15. Ferez-vous de la réhabilitation dans le futur ? moins, autant ou plus ?

    R. : N/A

16. Évaluation approximative du linéaire annuel prévu par technique ?

    R. : N/A

17. Avez-vous noté une différence de performance entre les méthodes d'installation et/ou de cure ?

    R. : N/A

18. Décelez-vous des besoins de formation spécialisée pour améliorer les connaissances des intervenants aux différentes étapes (diagnostic, sélection des techniques, conception, contrôle de qualité) ?

    R. : De grands besoins de formation à toutes les étapes et aussi d'importants besoin en recherche universitaire et appliquée. Monsieur Pharand est en discussion avec le MAMROT à ce sujet. Un programme de recherche appliqué devrait démarrer au cours de l'année 2013 et être géré par le CERIU (PRADIM). Les sujets et questions déjà identifiées pourraient faire l'objet de projets dans le cadre de ce programme.

19. Avez-vous des suggestions à faire pour améliorer la qualité et la performance de la réhabilitation en général ou pour une activité en particulier ?

    R. : Un autre point de préoccupation concerne les conduites de réhabilitation, autant dans l'eau potable que dans l'égout, qui sont installée dans des coudes ayant un angle supérieur à 22,5°. Il y a des plis du côté du petit rayon et il y a un vide entre la conduite existante et la conduite de réhabilitation du côté du grand rayon. Il y a une inquiétude sur l'impact hydraulique (perte de charge et coup de bélier) dans les conduites d'eau.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Lila Touahria – DTP, Ville de Montréal**
Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux
Identification de la technique : **Chemisage_(surveillance des travaux)**
Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées :

Diagnostic de l'état structural et fonctionnel

Q. : Comment est-il fait

R. : C'est la DGSRE qui procède au choix des sections à gainer. Selon moi, le choix est basé sur le nombre de fuite, l'âge de la conduite, les plaintes de pression ou de débits, etc.

Les accessoires, incluant les services en plomb sont tous remplacés lors des travaux de gainage. De plus, ces accessoires ne sont pas en très bon état (vannes non-étanches, poteaux d'incendie qui coulent) et cela augmente le prix des travaux.

Q. : Avec quel niveau de confiance

R. : Il est arrivé rarement que des sections de conduites prévues pour le chemisage ont été remplacées par excavation. Quelques sections ont été remplacées par excavation (moins 1% des cas) à cause de la localisation des conduites (présence d'utilités publiques, impact à la circulation, etc.)

Choix de la technique d'intervention

Q. : Critères de sélection

R. : À discuter avec la DGSRE. Probablement à partir de l'âge et du taux de bris.

Q. : Éventail des techniques considérées

R. : Le chemisage est la seule technique de réhabilitation qui est utilisée. Autrement, c'est du remplacement conventionnel.
Q. : Coûts des options

R. : Les coûts sont d'environ 1 300$/mètre (moyenne des prix du plus bas soumissionnaire 2010, 2011 et 2012). Ces coûts incluent le chemisage, la signalisation, le remplacement des accessoires et des services (tirage ou torpillage), le remblai sans retrait à mi-hauteur de la conduite, la structure de chaussée telle qu'auparavant, l'alimentation temporaire, les laboratoires et essais et la désinfection. Par contre, dû au fait qu'aucun relevé n'est fait au préalable, il y a beaucoup de « surprises », telles que les dimensions de chambre de vanne et toutes les infrastructures à proximité, ce qui entraîne des coûts supplémentaires. C'est la DGSRE qui gère la partie coûts.

Préparation des plans et devis

Q. : Performance ou descriptif

R. : Les devis sont descriptifs. Il y a en plus tous les fascicules de la Ville pour chaque item à remplacer. Ce sont des devis très lourds.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Lila Touahria – DTP, Ville de Montréal**
Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux
Identification de la technique : **Chemisage_(surveillance des travaux)**
Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées :

Q. : Plans (Niveau de détails versus besoin pour la réalisation)

R. : Aucun relevé n'est fait pour la préparation des plans. Il n'y a pas non plus de validation du fonctionnement des vannes, ni des dimensions des chambres de vannes. Cela fait que les plans sont plutôt des croquis, sur lesquels sont indiqués les années de construction, les matériaux, diamètres et une localisation approximative des accessoires.

Q. : Devis

R. : Le devis est mature.

Q. : Provenance du premier devis

R. : Le premier devis pour le chemisage provient d'une firme conseil.

Q. : Le devis a-t-il évolué ; pourquoi

R. : Le devis de la Ville a beaucoup évolué depuis les dernières années. Les constats faits par les équipes de surveillance ont été discutés avec les concepteurs et des améliorations ont été suggérées afin d'éviter les zones grises. Le bordereau des prix a aussi évolué car il manquait des choses et ça occasionnait des extras.

Q. : Normes ; données de conception ; contrôle de qualité

R. **: Essais d'étanchéité** : La ville exige un test d'étanchéité avant les travaux de chemisage pour avoir une idée de la perte d'eau initiale. Il arrive souvent que la perte est énorme à cause de la non étanchéité du tronçon ou la présence de trous dans la conduite. Ensuite, il y a un test d'étanchéité de la gaine selon la norme ASTM après le gainage. Les résultats sont excellents. Il y a un autre test d'étanchéité après le raccordement de tous les accessoires (vannes, poteaux d'incendie et branchements). Ces tests sont aussi généralement très bons, mais il n'y a pas de norme de passage. S'il y a une grosse perte, la Ville exige une recherche de fuite. Les problèmes d'étanchéité se produisent la plupart du temps lorsque ce ne sont pas tous les branchements ou accessoires qui ont été remplacés. La décision d'accepter les travaux malgré les fuites est prise au chantier selon le « bon sens ».

Sur le même tronçon, tous les services en plomb identifiés par la DGSRE sont automatiquement remplacés. Il y a des cas où on n'a pas les résultats d'analyse de concentration de plomb, des puits de recherche sont réalisés pour déterminer la présence ou non du plomb.

Dans le cas où les services sont en cuivre, ils ne seront pas remplacés. C'est souvent dans ce dernier cas qu'il y a des problèmes d'étanchéité avec le troisième essai.

Remplacement des branchements : Il arrive très rarement que les branchements soient ré ouverts au mauvais endroit. Moins de 1% sur un très grand nombre de branchements. Lorsque cela se produit, une excavation doit être faite aux frais de l'entrepreneur.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Lila Touahria – DTP, Ville de Montréal**
Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux
Identification de la technique : **Chemisage_(surveillance des travaux)**
Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées :

Contrôle de qualité et évaluation de la performance

Q. : Prise d'échantillon

R. : Un nombre d'échantillons est prélevé selon un échantillonnage déterminé par le laboratoire de la Ville en se basant sur les diamètres, les longueurs et la localisation des travaux (arrondissements) prévus au contrat. La fourniture d'échantillons est indiquée au devis ; lors de la réunion de démarrage, le représentant du laboratoire précise ses besoins.

En 2012, 40 échantillons ont été prélevés pour 12 kilomètres de conduites gainées (voir avec Jacques Pharand).

Q. : Méthodologie - en cours de travaux – pour validation future

R. : L'entrepreneur doit installer un morceau de tuyau en PVC de même diamètre que la conduite à chemiser qu'il place dans le puits d'accès. La gaine est insérée dans ce bout de tuyau en même temps que dans la conduite hôte et en continu. L'échantillon subit le même processus d'installation et de cuisson incluant le test d'étanchéité dans le cas d'échantillon prélevé dans les puits intermédiaires. L'échantillon est ensuite découpé et transmis au laboratoire de la ville de Montréal.

Q. : Contrôle par qui - comment

R. : Donc, c'est le laboratoire de la ville de Montréal qui recueille les échantillons et faits les essais pour les gaines. Il y a d'autres essais et tests pour les travaux de génie civil effectués par des laboratoires indépendants. Pour la période de garantie, c'est la DTP qui prépare la liste des déficiences avant d'accorder la réception provisoire des travaux et recommande de libérer la retenue de 5%. C'est la DGSRE qui s'occupe de libérer le dernier 5% après la période de garantie de deux ans pour le chemisage et le civil.

Période de garantie

Q. : Durée

R. : Le devis exige deux ans de garantie. Toutefois, il n'y a aucune vérification faite après deux ans. S'il n'y a pas eu de bris, la remise de la retenue est effectuée par la DGSRE. La DTP envisage de suggérer qu'une recherche de fuites soit effectuée avant la fin de la période de garantie. Par ailleurs, il y a un intérêt à évaluer la possibilité d'inclure d'autres tests pouvant confirmer la performance du produit et même la qualité de l'eau. Il semble que la Ville de Dollard-des-Ormeaux (DDO) ait déjà utilisé une caméra de télévision pour valider la performance sans interruption de service. La technologie utilisée par DDO est appelée « Wachs ».

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Lila Touahria – DTP, Ville de Montréal**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux

Identification de la technique : **Chemisage_(surveillance des travaux)**

Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées :

QUESTIONS

1. : Quelles techniques avez-vous utilisées jusqu'à maintenant et dans quel type de réseau ?

2. : Pourquoi, à votre avis, certaines techniques ont-elles été abandonnées (ex. les revêtements projetés dans les conduites d'eau potable) ?

3. : Prenez-vous systématiquement des échantillons de gaine lors des travaux ?

4. : Est-ce que l'offre des laboratoires d'essais est suffisante ?

   R. : En ce qui concerne la ville de Montréal, le laboratoire s'est structuré pour être en mesure d'effectuer les essais mécaniques. Monsieur Jacques Pharand est en contact avec d'autres laboratoires afin de normaliser les essais et de développer les connaissances et l'expertise dans le domaine. Le laboratoire de la Ville de Montréal est en train de constituer une base de données et il y a de l'ouverture pour créer des partenariats de recherche avec des universités.

5. : Jugez-vous posséder assez de connaissances sur les critères et exigences de prise d'échantillons sur site pour les essais mécaniques ?

   R. : (En discuter avec Jacques Pharand)

6. : Vous est-il déjà arrivé de refuser des travaux de réhabilitation ? Pour quelle raison ? Mise en œuvre ou résultats des essais ?

   R. : Depuis deux ans que madame Touahria est en charge de la surveillance des travaux de chemisage d'aqueduc, il n'y a aucun cas de gaine ayant été refusée.

7. : Avez-vous des commentaires sur les méthodes de cueillette des échantillons de gaine.

   R. : (En discuter avec Jacques Pharand)

8. : Avez-vous des suggestions ou des commentaires sur ce qui pourrait être acceptable dans le futur au niveau de la prise d'échantillons sur des conduites réhabilitées et en service pour d'éventuels suivis.

   R. : (En discuter avec Jacques Pharand)

9. : Quelles sont vos attentes par rapport à la performance des techniques de réhabilitation ?

   R. : Minimiser les pertes d'eau, améliorer la qualité de l'eau distribuée et assurer la pérennité des réseaux. Actuellement, il est trop tôt pour savoir si les attentes seront répondues.

10. : Y a-t-il un aspect spécifique de non qualité que vous auriez remarqué ? Étape, activité, entreprise ?

R. : Il n'y a rien au niveau du chemisage lui-même. Toutefois, pour tous les travaux de génie civil, la DTP rencontre beaucoup de problèmes avec les sous-traitants. En particulier au cours des deux dernières années. Les travaux civils exigent une surveillance continue et très suivie. L'exécution non rigoureuse des travaux civils nuit à la notoriété de la technique de chemisage. Cela a des impacts négatifs sur la perception que les citoyens ont de la réhabilitation.

11. : Faites-vous affaires avec une firme externe ? Pour les plans et devis ? La surveillance des travaux ? Pour l'acceptation des travaux ?

R. : La DGSRE prépare les Plans et devis, la DTP surveille les travaux et une firme externe visionne les V2 (inspection avant gainage) et les V3 (inspection après gainage) pour l'acceptation des travaux de préparation et de gainage.

12. : Avez-vous des suggestions pour améliorer la performance des travaux de réhabilitation à une étape en particulier ou globalement ?

R. : (voir question 10) En plus, la ville devrait prévoir une clause d'appréciation de la performance pour les travaux de génie civil de manière à pouvoir «interdire » l'octroi de travaux de ce type à des entrepreneurs qui ne font pas du bon travail.

13. : Y a-t-il uniformité au niveau de la qualité dans l'offre de services et des entreprises et dans les travaux de réhabilitation ?

R. : Difficile à dire car c'est la même entreprise qui a réalisé les travaux au cours des deux années où la DTP a été impliquée. En ce qui concerne le gainage, cette entreprise a livré du travail de qualité jusqu'à maintenant. Pour l'autre entreprise, seul l'avenir pourra le dire. Par ailleurs, les entreprises ne disposent que de 4 semaines pour préparer leur soumission, ce qui est court pour un contrat de grande ampleur (12-15 kilomètres).

14. : Y a-t-il assez d'offre de service actuellement en fonction du marché présent et à venir ?

R. : Il n'y a que deux entreprises qui offrent la technique de chemisage dans les conduites d'aqueduc de petits diamètres. Ça limite la compétition et ça entraîne des situations comme celle décrite à la question précédente (#10). S'il y avait plus d'entreprises, nous pourrions être plus exigeants pour les travaux civils.

15. : Ferez-vous de la réhabilitation dans le futur ? Moins, autant ou plus ?

R. : Oui, de plus en plus.

16. : Évaluation approximative du linéaire annuel prévu par technique ?

R. : (En discuter avec George Del Rio)

17. : Avez-vous noté une différence de performance entre les méthodes d'installation et/ou de cure ?

R. : Pas de commentaires car l'expérience actuelle se limite à une seule technique utilisée à date.

18. : Décelez-vous des besoins de formation spécialisée pour améliorer les connaissances des intervenants aux différentes étapes (diagnostic, sélection des techniques, conception, contrôle de qualité) ?

R. : Oui, énormes et à toutes les étapes : du choix de la technique, à la conception, à la surveillance et même au contrôle de qualité. Il est également suggéré que des formations soient incluses dans les cursus scolaire des techniciens et des ingénieurs civils et que des formations se donnent au Québec. La tendance de la demande d'expertise est irrémédiablement tournée vers la réhabilitation des infrastructures. Il est très difficile actuellement de trouver des candidats ayant même le minimum de connaissance de l'existence de ces techniques. Encore moins, des candidats en mesure de faire de la conception, de la surveillance et du contrôle de qualité.

19. : Avez-vous des suggestions à faire pour améliorer la qualité et la performance de la réhabilitation en général ou pour une activité en particulier ?

R. : Basé sur notre expérience des deux dernières années, il est suggéré de réaliser les travaux en deux temps : La première année, plusieurs travaux préparatoires pourraient être effectués, afin de permettre une meilleure productivité pour les travaux de chemisage proprement dit, la deuxième année. Cela éviterait des délais et des coûts supplémentaires.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Lila Touahria – DTP, Ville de Montréal**
Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux
Identification de la technique : **Chemisage_(surveillance des travaux)**
Réseau d'eau potable : Réseau d'eaux usées : **X**

Diagnostic de l'état structural et fonctionnel

Q. : Comment est-il fait et

R. : C'est la DGSRE qui procède au choix des sections à gainer selon les résultats des inspections CCTV réalisées dans les années antérieures. Souvent, les conduites sont beaucoup trop endommagées pour être gainées. Il arrive parfois que les conduites à gainer soient en très bon état et qu'une réparation ponctuelle suffise pour redonner l'intégrité structurale à la conduite. De plus, plusieurs réparations ponctuelles devraient être effectuées dès l'identification des défectuosités ; il y a une grande lacune au niveau de la gestion des risques.

Une meilleure connaissance des mécanismes de dégradation est essentielle pour prendre les bonnes décisions d'intervention. De plus, une meilleure connaissance des techniques disponibles et de leurs limites d'application est requise pour tous les intervenants qui ont à analyser les données et à poser un diagnostic.

Cette situation engendre de nombreuses **interventions avant les travaux de chemisage**. Cela complexifie la planification des travaux pour la Ville et pour l'entrepreneur et le respect des échéanciers.

Q. : Avec quel niveau de confiance

R. : Selon l'expérience de la DTP, environ 50 % des sections prévues aux plans ne peuvent pas être chemisées pour l'une ou l'autre des raisons citées plus haut.

Choix de la technique d'intervention

Q. : Critères de sélection

R. : Il est clair que les critères de sélection des sections à gainer sont incomplets et/ou inadéquats. Particulièrement en ce qui concerne la présence d'infiltration dans les sections à gainer. Le devis précise que c'est la Ville qui doit prendre action pour régler les problèmes d'infiltration (recherche et élimination de fuites d'aqueduc, colmatage en cas d'infiltration de la nappe). Toutefois, il arrive très souvent que l'entrepreneur soit retardé dans ses travaux de gainage car la Ville n'arrive pas à « prendre de l'avance » pour régler l'infiltration.

Il est suggéré que toutes les sections qui présentent des bris, effondrements, infiltration, bref tout ce qui les rend inaptes à être gainées, soient retirées des contrats et fassent l'objet d'interventions de réparation et de contrôle de l'infiltration l'année précédant leur inclusion dans le contrat de gainage.

Q. : Éventail des techniques considérées

R. : Le chemisage est la seule technique de réhabilitation qui est utilisée. Autrement, c'est du remplacement conventionnel.

Q. : Coûts des options

R. : Les coûts sont d'environ 925$/mètre (moyenne des prix du plus bas soumissionnaire 2010, 2011, et 2012). Ces coûts incluent le chemisage, la signalisation, les travaux de réparation ponctuelle et de comblement des vides si requis, le chemisage des puisards, les échantillons, etc. C'est la DGSRE qui gère la partie coûts.

Préparation des plans et devis

Q. : Performance ou descriptif

R. : Les devis sont descriptifs.

Q. : Plans (Niveau de détails versus besoin pour la réalisation)

R. : Aucun relevé n'est fait pour la préparation des plans. Les plans sont plutôt des croquis sur lesquels sont indiqués les matériaux, diamètres, longueurs et la profondeur approximative des regards. Par ailleurs, des photographies des défauts significatifs (déformations, bris, effondrements, vides, obstructions) sont ajoutées et localisées sur la section de conduite. Aucun relevé n'est fait sur l'état structural et sur les dimensions des regards.

Q. : Devis

R. : Le devis est mature.

Q. : Provenance du premier devis

R. : Firme externe

Q. : Le devis a-t-il évolué ; pourquoi

R. : Le devis de la Ville a beaucoup évolué depuis les dernières années. Il est bonifié à chaque année, et particulièrement en 2013, suite aux commentaires de l'équipe de surveillance terrain. Le bordereau des prix a dû être modifié car il est trop détaillé.

Q. : Normes ; données de conception ; contrôle de qualité

R. **:** Analyse des enregistrements DVD

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Lila Touahria – DTP, Ville de Montréal**
Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux
Identification de la technique : **Chemisage_(surveillance des travaux)**
Réseau d'eau potable : Réseau d'eaux usées : **X**

Exécution des travaux

Q. : Préparation des conduites – exigences- approbation

R. : Pour ce qui est du nettoyage des conduites, il est observé que plusieurs conduites de briques sont encrassées (graisse durcie, dépôts attachés durcis) le nettoyage conventionnel ne suffit pas à retirer toute la saleté. Il faudrait d'autres méthodes de nettoyage non destructives comme le nettoyage à l'eau chaude. Toutefois, rien n'est prévu au bordereau, alors, certaines conduites sont gainées malgré les dépôts attachés durcis et la graisse.

Q. : Réparations ponctuelles

R. : À cause de l'état de plusieurs conduites, il faut faire des réparations ponctuelles par excavation. En général, les sections de conduites ovoïdes en briques de 900X600 mm doivent être remplacées par des sections de conduites circulaires en PVC ou en béton de 750 mm de diamètre. Si les conduites sont circulaires, les sections à remplacer le sont avec une section de conduite en PVC ou en béton de même diamètre. Les travaux de réparations ponctuelles par excavation sont effectués par des sous-traitants et ne sont pas très bien exécutés. Le devis pour ce genre de travaux devra être plus exigeant afin d'améliorer la qualité de ces travaux. Cela est d'autant plus important que plusieurs réparations ponctuelles par excavation (50% des raccordements de puisards) ont dû être effectuées.

Dans le cas où il y a des défauts ponctuels ou de l'infiltration qui n'est pas due à des fuites d'aqueduc, le colmatage par injection peut être utilisé. Si des vides importants sont diagnostiqués, ils seront comblés avec du béton soit par l'intérieur soit par l'extérieur. Un gainage ponctuel est d'abord mis en place au chaînage où le vide a été détecté et l'injection est ensuite effectuée à partir de la surface.

Q. : Branchements de service – repérage – réouverture – remise en service

R. : Rien n'est prévu au devis pour les raccordements et les branchements défectueux. Il est possible de constater les déficiences de plusieurs raccordements et branchements avec l'inspection CCTV (retrait, bris, racines, infiltration, effondrements, dépôts). Madame Touahria aimerait suggérer le développement d'un contrat de réparations/interventions dans les branchements/raccordements avant les travaux de gainage. C'est cependant la DGSRE qui est responsable de cette décision. La préoccupation de la DTP concerne la pérennité de la conduite réhabilitée. Cette dernière pourrait continuer à se détériorer si les branchements sont toujours défectueux, les branchements étant la partie faible de l'ensemble. C'est toutefois complexe car la Vile n'est pas propriétaire des branchements.

Les raccordements de puisards sont inclus dans le contrat de gainage. C'est la DGSRE qui fait le diagnostic et recommande les travaux à réaliser. Il y a souvent des changements aux listes de puisards aussi. Pour ce qui est du travail de gainage lui-même pour les puisards, c'est bien exécuté car le sous-traitant est bien expérimenté. La même suggestion d'un contrat séparé pour les puisards à remplacer par excavation est à nouveau formulée par madame Touahria.

Pour résumer, plusieurs travaux majeurs de préparation des conduites à réhabiliter devraient se faire dans des contrats séparés un an avant les travaux de réhabilitation eux-mêmes. Cela permettrait de faciliter la gestion en cours de travaux.

Q. : Essais d'étanchéité

R. : Aucun essai d'étanchéité n'est fait avant découpage des extrémités car cela demanderait trop d'eau. La cure est faite à la vapeur dans presque tous les cas de chemisage peu importe la méthode d'installation. Le laboratoire de la Ville envisage de faire un test de porosité en laboratoire. (à discuter avec monsieur Pharand).

Contrôle de qualité et évaluation de la performance

Q. : Prise d'échantillon

R. : Un nombre d'échantillons est prélevé selon un échantillonnage déterminé par le laboratoire en se basant sur les diamètres, les longueurs et la localisation des travaux (arrondissements) prévus au contrat. La fourniture d'échantillons est indiquée au devis ; lors de la réunion de démarrage. Le représentant du laboratoire précise ses besoins.

Q. : Méthodologie - en cours de travaux – pour validation future

R. : L'entrepreneur doit découper un morceau de gaine dans la conduite près du regard et fournir le morceau au laboratoire pour les essais mécaniques.

Q. : Contrôle par qui - comment

R. : C'est l'Entrepreneur qui recueille les échantillons sur le site et c'est le laboratoire de la Ville qui fait les essais pour les échantillons de gaines.

Période de garantie

Q. : Durée

R. : Une inspection de garantie est exigée dans le devis depuis 2012, l'entrepreneur devra réaliser une inspection CCTV deux ans après la fin des travaux. L'inspection permettra de valider la performance du chemisage et de libérer le dernier 5% de retenue.

QUESTIONS

1. : Quelles techniques avez-vous utilisées jusqu'à maintenant et dans quel type de réseau ?

   R. : Chemisage dans l'égout. Un peu de colmatage pour régler les problèmes d'infiltration. De l'injection pour combler les vides.

2. : Pourquoi, à votre avis, certaines techniques ont-elles été abandonnées (ex. les revêtements projetés dans les conduites d'eau potable) ?

   R. : N/A

3. : Prenez-vous systématiquement des échantillons de gaine lors des travaux ?

R. : NON, voir réponse plus haut.

4. : Est-ce que l'offre des laboratoires d'essais est suffisante ?

R. : En ce qui concerne la ville de Montréal, le laboratoire s'est structuré pour être en mesure d'effectuer les essais mécaniques. Monsieur Jacques Pharand est en contact avec d'autres laboratoires afin de normaliser les essais et de développer les connaissances et l'expertise dans le domaine. Le laboratoire de la Ville de Montréal est en train de constituer une base de données et il y a de l'ouverture pour créer des partenariats de recherche avec des universités.

5. : Jugez-vous posséder assez de connaissances sur les critères et exigences de prise d'échantillons sur site pour les essais mécaniques ?

R. : (En discuter avec Jacques Pharand)

6. : Vous est-il déjà arrivé de refuser des travaux de réhabilitation ? Pour quelle raison ? Mise en œuvre ou résultats des essais ?

R. : Depuis deux ans que madame Touahria est en charge de la surveillance des travaux de chemisage d'égouts, il n'y a aucun cas de gaine ayant été refusée. Par contre, les travaux réalisés en 2009 et en 2010 ont été moins bien réussis. À la connaissance de madame Touahria, les problèmes de 2010 ont surtout été causés par le fait que l'Entrepreneur n'a pas tenu compte des infiltrations présentes sur certains tronçons de conduites. Il y avait un problème d'expérience sur le chantier à toutes les étapes de la réalisation. De plus, comme certaines sections présentaient des défis particuliers et exigeaient des travaux préparatoires plus importants, le manque d'expérience a impliqué de mauvaises décisions, autant de la part de l'entrepreneur que de la part de la Ville. Une autre circonstance qui a contribué aux difficultés rencontrées lors des travaux de 2010, est le fait que la plupart des travaux supplémentaires que nécessitaient les sections de conduites n'ont pas été autorisés, ce qui a nui à la qualité de l'exécution.

7. : Avez-vous des commentaires sur les méthodes de cueillette des échantillons de gaine.

R. : (En discuter avec Jacques Pharand)

8. : Avez-vous des suggestions ou des commentaires sur ce qui pourrait être acceptable dans le futur au niveau de la prise d'échantillons sur des conduites réhabilitées et en service pour d'éventuels suivis.

R. : (En discuter avec Jacques Pharand)

9. : Quelles sont vos attentes par rapport à la performance des techniques de réhabilitation ?

R. : Assurer la pérennité des réseaux. Il y a un pourcentage des sections de conduites qui ont été chemisées avec un risque plus élevé d'échec car les interventions préalables requises n'ont pas été faites faute d'être autorisées par la Ville (coût plus élevé).

10. : Y a-t-il un aspect spécifique de non qualité que vous auriez remarqué ? Étape, activité, entreprise ?

R. : Hormis les problèmes particuliers vécus en 2010, il apparaît du point de vue de la surveillance des travaux qu'il y a un manque au niveau de la sélection des sections de conduites à réhabiliter. C'est probablement dû à un manque d'expérience, d'expertise et de connaissances des techniques et de leurs limites d'application. Nous avons déjà discuté du nettoyage et des raccordements de service. Pour pallier à ces situations, il est suggéré d'informer les soumissionnaires de l'état de saleté des conduites avec une photo typique de l'état de la section et d'exiger dans le devis que les méthodes de nettoyage adéquates soient utilisées et incluses dans le prix.

11. : Faites-vous affaires avec une firme externe ? pour les plans et devis ? la surveillance des travaux ? pour l'acceptation des travaux ?

R. : La DGSRE prépare les Plans et devis, la DTP surveille les travaux et une firme externe visionne les V2 (inspection avant gainage) et les V3 (inspection après gainage) pour l'acceptation des travaux de préparation et de gainage.

12. : Avez-vous des suggestions pour améliorer la performance des travaux de réhabilitation à une étape en particulier ou globalement ?

R. : (voir question 10) En plus, la réouverture des raccordements mériterait une amélioration, particulièrement dans les conduites non visitables. Les opérateurs de robot n'ont pas tous la même dextérité. C'est à l'entrepreneur de s'assurer que tout son personnel répond aux exigences minimales. À ce jour, la ville n'a pas imposé de reprise des ouvertures inadéquates, mais elle pourrait le faire dans le futur. La méthode pour « réparer » une ouverture trop grande ou inadéquate serait la mise en place d'un « top hat »; c'est un court gainage du branchement (6 à 18 pouces) ainsi que du raccordement lui-même mis en place à partir de l'intérieur de la conduite principale. L'ajout de cette technologie dans les travaux de réhabilitation des conduites d'égout permettrait peut-être d'améliorer le produit global final. C'est à valider avec les utilisateurs de cette technologie.

Dans le cas des travaux de génie civil reliés aux travaux de chemisage, là encore les entrepreneurs employés comme sous-traitants n'atteignent pas les standards de qualité de la ville. C'est un irritant majeur.

Au niveau du chemisage comme tel, la qualité est bonne depuis 2011. Toutefois, nous avons connu des problèmes de qualité et de méthodologie d'inspection télévisée en 2012. Certains équipements et opérateurs ne répondaient pas aux exigences minimales de qualité. Il a fallu faire reprendre plusieurs inspections télévisées de validation des travaux (V3) car les images enregistrées étaient de très mauvaise qualité.

13. : Y a-t-il uniformité au niveau de la qualité dans l'offre de services et des entreprises et dans les travaux de réhabilitation ?

R. : Depuis 2009, quatre entreprises se sont succédées pour la réalisation des travaux de réhabilitation d'égouts. Les résultats s'améliorent d'année en année. Avec l'expérience, il est possible d'associer une note à chaque entreprise. 2009 : mauvais; 2010 : mauvais; 2011 : bon; 2012 : bon. Les deux entreprises ayant eu une mauvaise note n'ont pas soumissionné en 2012.

14. : Y a-t-il assez d'offre de service actuellement en fonction du marché présent et à venir ?

R. : Il n'y a que trois entreprises qui offrent la technique de chemisage dans les conduites d'égouts, dont une a son siège social en Ontario. En 2012, il n'y en avait que deux.

15. : Ferez-vous de la réhabilitation dans le futur ? Moins, autant ou plus ?

R. : Oui, de plus en plus. L'objectif pour 2013 est de 32 kilomètres

16. : Évaluation approximative du linéaire annuel prévu par technique ?

R. : (En discuter avec George Del Rio) Il y aura certainement une augmentation.

17. : Avez-vous noté une différence de performance entre les méthodes d'installation et/ou de cure ?

R. : La méthode de cure la plus employée est la cure à la vapeur. Pour ce qui est de la méthode de mise en place, selon l'entreprise qui exécute les travaux, ce sera par inversion ou par tirage. Nous n'avons pas noté de différence dans la performance en lien avec la méthode d'installation ou la méthode de cure.

18. : Décelez-vous des besoins de formation spécialisée pour améliorer les connaissances des intervenants aux différentes étapes (diagnostic, sélection des techniques, conception, contrôle de qualité) ?

R. : Oui, énormes et à toutes les étapes : du choix de la technique, à la conception, à la surveillance et même au contrôle de qualité. Il est également suggéré que des formations soient incluses dans les cursus scolaires des techniciens et des ingénieurs civils. La tendance de la demande d'expertise est irrémédiablement tournée vers la réhabilitation des infrastructures. Il est très difficile actuellement de trouver des candidats ayant même le minimum de connaissance de l'existence de ces techniques. Encore moins, des candidats en mesure de faire de la conception, de la surveillance et du contrôle de qualité.

19. : Avez-vous des suggestions à faire pour améliorer la qualité et la performance de la réhabilitation en général ou pour une activité en particulier ?

R. : Nous avons connu des plaintes au niveau des odeurs dégagées par le styrène (composante des résines de polyester) lors de la réalisation des travaux de chemisage. Ces plaintes se produisent généralement en automne et se sont produites depuis 2009 (volume important de travaux). En 2011, il y en a eu moins. La ville a imposé dans son devis des mesures de mitigation : Mise en place d'un tube de pré moulage (preliner), ventilation lorsque plainte, agent masquant, visite de l'entrepreneur qui met de l'eau dans le drain, utilisation expérimentale de résine sans styrène avec suivi de la performance technique.

La Ville n'est pas la seule à vivre ce type de problématique. Toutefois, le milieu des entreprises n'est pas beaucoup disposé à en discuter.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Charlie Zambito – Ville de Dollard-des-Ormeaux**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux Mercredi 13 février 2013 (entrevue téléphonique)

Identification de la technique : **Chemisage aqueduc**

Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées :

Diagnostic de l'état structural et fonctionnel

Q. : Comment est-il fait

R. : Les sections sont choisies à partir des résultats du plan d'intervention. Les données sur les fuites (la Ville a un registre de fuites depuis 1980), les pressions statiques et dynamiques aux poteaux d'incendie, les plaintes d'eau rouge et, à quelques occasions, les résultats d'analyses sur des échantillons de conduites sont analysés pour poser un diagnostic. Une fois le diagnostic établi, les tronçons prioritaires sont identifiés.

Lorsque possible, la Ville profite des interventions déjà planifiées sur ses réseaux pour prélever des échantillons de conduites d'eau potable afin d'être en mesure d'en déterminer la condition, de façon plus précise. Les ingénieurs sont cependant conscients que l'échantillon peut ne pas être parfaitement représentatif de l'ensemble de la conduite, mais il existe peu de méthodes de diagnostic de l'état des conduites d'eau potable sans interruption de service.

Dans le cas des programmes de réfection routière (PRR), si la conduite a 50 ans ou plus et n'a pas de fuite répertoriée, la Ville recueille un échantillon pour en déterminer la condition et fonde sa décision d'intervention (ou non) sur ces informations. À titre d'exemple, une conduite de fonte grise de 12 pouces de diamètre, sur une longueur de 500 mètres, installée en 1962 n'avait aucune fuite jusqu'en novembre 2012. La Ville a extrait un échantillon de conduite lors de la réparation et une évaluation de la profondeur des piqûres de corrosion a permis de mesurer des pertes d'une épaisseur maximale de 45 % sur une partie de l'échantillon. Un gainage préventif a donc été planifié pour cette conduite.

Q. : Avec quel niveau de confiance

R. : Selon l'expérience de la Ville, le choix des conduites est fait avec un très haut niveau de confiance. La Ville a réussi, avec ses investissements des dernières années, à diminuer son taux de fuites de façon significative (de ± 40 fuites/100 km à ± 15 fuites/100 km). Les décisions sont maintenant basées sur une approche préventive, ce qui demande plus de données et d'information sur l'état des conduites.

Choix de la technique d'intervention

Q. : Critères de sélection

R. : Taux de fuite, âge, pression, plaintes, état à partir d'échantillons (si disponibles).

Q. : Éventail des techniques considérées

R. : À la fin des années 1990, la Ville de DDO a fait beaucoup de projection d'époxy dans ses conduites d'eau potable. Depuis les années 2000, c'est la technique de chemisage qui est la plus utilisée et, à moins grande échelle, le remplacement conventionnel. Comme méthode préventive, la Ville ajoute de la protection cathodique aux conduites d'eau potable, relativement en bonne condition, dans le cadre des PRR.

Q. : Coûts des options

R. : De 650 à 750 $/m linéaire selon le diamètre et la complexité de l'ouvrage. Ce coût inclut le chemisage de la conduite, et le remplacement des poteaux d'incendie et des vannes. Les branchements ne sont pas remplacés car ils ne sont pas en plomb.

Préparation des plans et devis

Q. : Performance ou descriptif

R. : Le devis est descriptif. La Ville a déjà envisagé de préparer un devis de performance, mais cela ne s'est pas concrétisé.

Q. : Plans (Niveau de détails versus besoin pour la réalisation)

R. : Les plans sont détaillés. Les accessoires sont relevés et la localisation des puits d'insertion est suggérée. La plupart du temps, les entrepreneurs localisent les puits là où la Ville l'a suggéré. La Ville de DDO fait du chemisage d'eau potable depuis 13 ans.

Q. : Devis

R. : Le devis est mature et l'équipe est expérimentée. Les plans et devis, ainsi que la surveillance sont effectués par l'équipe de la Ville de DDO.

Q. : Provenance du premier devis

R. : Probablement de l'entreprise Sanexen au début des années 2000.

Q. : Le devis a-t-il évolué ; pourquoi

R. : Des améliorations ont été créées avec le temps. De l'expérience a été acquise pour faciliter la gestion des travaux et des contrats, et pour s'adapter au développement des méthodes et des technologies. Le bordereau des coûts est très détaillé mais le coût au mètre linéaire de gainage ne contient pas tout; il y a de 30 à 35 points permettant à la Ville de mieux gérer les imprévus et les risques.

Q. : Normes ; données de conception ; contrôle de qualité

R. : La Ville fait une détection des fuites avant et après les travaux de gainage. La Ville exige des tests de pression à différentes étapes de la réalisation des travaux. Un test d'étanchéité est fait avant et après le gainage, et un dernier après le percement des entrées de service. Si ce dernier test n'est pas concluant, cela indique qu'il y a des pertes sur les branchements de service.

Depuis 2007, la Ville exige aussi une inspection des sections gainées la journée précédente afin d'apporter les correctifs nécessaires s'il y a lieu. Il est déjà arrivé qu'une erreur un jour se soit répercutée les jours suivants.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Charlie Zambito – Ville de Dollard-des-Ormeaux**
Thèmes/questions à discuter avec les représentants municipaux Mercredi 13 février 2013 (entrevue téléphonique)
Identification de la technique : **Chemisage aqueduc**
Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées :

Contrôle de qualité et évaluation de la performance

Q. : Prise d'échantillon

R. : La Ville ne prend pas systématiquement d'échantillons de gaine à moins d'avoir un doute lors du visionnement de l'inspection télévisée sur la qualité/performance. Il y a d'ailleurs un article au bordereau qui le prévoit. Par contre, les entreprises collectent des échantillons pour leur propre contrôle de qualité.

Q. : Méthodologie - en cours de travaux – pour validation future

R. : Il est difficile d'envisager une méthode de prélèvement d'échantillons pour des tests de performance future. Il est certain que si une méthode était suggérée le permettant sans interruption du service, la Ville serait intéressée à la mettre en place même si cela impliquait des coûts supplémentaires (raisonnables). Une telle méthode pourrait être subventionnée par le MAMROT pour utilisation future.

Période de garantie

Q. : Durée

R. : La période de garantie est de deux ans.

Q. : Contrôle par qui - comment

R. : La Ville donne un mandat de détection de fuites et si la section de conduite ne connaît ni fuites ni plaintes, la dernière retenue ($ %) est libérée. S'il y a une fuite, l'entrepreneur doit réparer à ses frais. Il y a eu deux cas de fuites : en 2008, sur une gaine de 2006, il y a eu une fissure circulaire dans la gaine et en 2012, sur une gaine de 2011, il y a eu une fuite causée par un mauvais perçage de raccordement.

QUESTIONS

1. Quelles techniques avez-vous utilisées jusqu'à maintenant et dans quel type de réseau ?

   R. : Chemisage, projection d'époxy et protection cathodique

2. Pourquoi, à votre avis, certaines techniques ont-elles été abandonnées (ex. les revêtements projetés dans les conduites d'eau potable) ?

   R. : La Ville a réalisé environ 18 km de projection d'époxy dans ses conduites d'eau potable entre 1996 et 2000. Dans la majorité des rues où il y a eu de la projection, il y a eu beaucoup de fuites après les interventions. La Ville a même dû revenir faire une deuxième intervention à l'intérieur d'une période de 10 à 15 ans. Selon monsieur Zambito, les opérations de nettoyage de la conduite ont peut-être contribué à la détérioration de l'état de la conduite, la rendant

du même coup inapte pour de la réhabilitation non structurale. La technique de projection d'époxy, tout comme de mortier de ciment, est une intervention permettant d'améliorer la qualité esthétique de l'eau et les caractéristiques fonctionnelles de la conduite.

La Ville de DDO a fourni des échantillons de conduites ayant été réhabilitées par la méthode de projection d'époxy dans le cadre du projet de suivi du CERIU. La Ville prendra connaissance du rapport de l'École Polytechnique avec intérêt.

3. Prenez-vous systématiquement des échantillons de gaine lors des travaux ?

R. : Non, seulement en cas de doute.

4. Est-ce que l'offre des laboratoires d'essais est suffisante ?

R. : Il n'y a qu'un laboratoire pour les essais mécaniques (CDCQ à St-Jérôme). Le laboratoire de la ville de Montréal est maintenant équipé pour faire les essais. D'ailleurs, la Ville de DDO a eu des problèmes avec une gaine en 2011 et une étude a été faite par les deux laboratoires.

5. Jugez-vous posséder assez de connaissances sur les critères et exigences de prise d'échantillons sur site pour les essais mécaniques ?

R. : Le devis de la Ville précise les normes à respecter. L'entrepreneur doit prélever les échantillons et les remettre à la Ville qui ensuite, les transmet elle-même au laboratoire.

6. Vous est-il déjà arrivé de refuser des travaux de réhabilitation ? Pour quelle raison ? Mise en œuvre ou résultats des essais ?

R. : Oui, parce que la gaine présentait des bulles; en 2005 (± 400 mètres) et en 2006 (± 400 mètres).

En 2011, une gaine a été refusée parce qu'elle était déchirée à 8 endroits sur un tronçon de ± 150 mètres. En fait, ce qui a été observé en visionnant l'inspection télévisée était une décoloration et une ligne blanche. La Ville a fait analyser les sections de conduite qui montraient ces défectuosités et il s'agissait bien de fissures.

Il peut arriver que des entrées de service soient mal percées ou que des fuites soient détectées après les travaux. En 2008, ± 100 mètres de conduites réhabilitées en 2006 ont été remplacées à cause de ce type de défectuosité.

La Ville tient à souligner que les entrepreneurs soumissionnent toujours sur ses projets malgré l'apparente sévérité du contrôle de qualité.

7. Avez-vous des commentaires sur les méthodes de cueillette des échantillons de gaine.

R. : Selon l'expérience de la Ville, il n'est pas nécessaire de prendre beaucoup d'échantillons. Il est nécessaire d'en prendre lorsqu'il y a un doute sur la qualité ou la performance de la gaine.

À une certaine époque, la ville de Montréal faisait des fenêtres pour s'assurer de la qualité de la mise en place. La Ville de DDO a souvent pris des échantillons près des raccordements et les observations faites ont démontré qu'ils étaient bien colmatés.

8. Avez-vous des suggestions ou des commentaires sur ce qui pourrait être acceptable dans le futur au niveau de la prise d'échantillons sur des conduites réhabilitées et en service pour d'éventuels suivis.

R. : Discuté plus haut

9. Quelles sont vos attentes par rapport à la performance des techniques de réhabilitation ?

R. : Durable, étanche et que des améliorations soient faites pour l'ouverture des raccordements de service. De plus, le contrôle de qualité interne des entreprises n'est pas le même pour tous. Une amélioration est souhaitée.

10. Y a-t-il un aspect spécifique de non qualité que vous auriez remarqué ? étape, activité, entreprise ?

R. : C'est assez standard pour les deux entreprises qui offrent la technique.

11. Faites-vous affaires avec une firme externe ? pour les plans et devis ? la surveillance des travaux ? pour l'acceptation des travaux ?

R. : La Ville effectue elle-même les plans et devis, et la gestion de ses projets de réhabilitation.

12. Avez-vous des suggestions pour améliorer la performance des travaux de réhabilitation à une étape en particulier ou globalement ?

R. : Il y aurait place pour des discussions entre les utilisateurs de la technique au sujet de la pertinence de remplacer les entrées de service. De plus, il est suggéré de poursuivre les efforts d'amélioration pour la localisation des raccordements et pour la qualité du percement des raccordements.

13. Y a-t-il uniformité au niveau de la qualité dans l'offre de services et des entreprises et dans les travaux de réhabilitation ?

R. : La qualité des services offerts est inégale. S'il y avait de la compétition sur le marché cela pourrait contribuer à l'augmentation de la qualité.

14. Y a-t-il assez d'offre de service actuellement en fonction du marché présent et à venir ?

R. : Il manque au moins une entreprise. Actuellement, les clients sont pris en otage et il est difficile de réaliser les travaux à l'intérieur des échéanciers prévus parce que les entrepreneurs sont trop occupés. La compétition permettrait aussi d'avoir de meilleurs prix. Toutefois, cela ne doit pas se faire au détriment de la qualité.

15. Ferez-vous de la réhabilitation dans le futur ? moins, autant ou plus ?

R. : Oui, en 2013 nous planifions ± 6,5 km de chemisage d'eau potable. Ce contrat est d'une envergure exceptionnelle pour notre Ville.

16. Évaluation approximative du linéaire annuel prévu par technique ?

R. : Entre 2 et 3 km par an de chemisage d'eau potable.

17. Avez-vous noté une différence de performance entre les méthodes d'installation et/ou de cure ?

    R. : Non, pas selon notre expérience. Peut-être que dans les villes où les réseaux sont situés dans des pentes, une différence pourrait être notée. Cela reste à vérifier.

18. Décelez-vous des besoins de formation spécialisée pour améliorer les connaissances des intervenants aux différentes étapes (diagnostic, sélection des techniques, conception, contrôle de qualité) ?

    R. : Oui, au niveau de l'inspection et du contrôle de qualité. Des cours sur la surveillance des travaux seraient pertinents. Par ailleurs, il est difficile de trouver de la relève qui connaît les techniques de réhabilitation. Cela devrait faire partie de la formation des techniciens et ingénieurs civils.

19. Avez-vous des suggestions à faire pour améliorer la qualité et la performance de la réhabilitation en général ou pour une activité en particulier ?

    R. : Rien qui n'ait déjà été dit.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Marc-André Anctil – Logiball**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants de l'industrie

Identification de la technique : **Colmatage**

Réseau d'eau potable : Réseau d'eaux usées : **X**

Diagnostic de l'état structural et fonctionnel

Q. : Avez-vous assez d'informations sur l'état de la conduite pour répondre aux appels d'offre ?

R : En général, les Entreprises n'ont pas assez d'informations pour préparer leurs soumissions. La ville de Laval est un leader dans l'utilisation du colmatage comme technique de réhabilitation non structurale. Le devis de Laval est un devis mature. Les spécialistes de la Ville ont tenu en compte les suggestions faites par les spécialistes de l'industrie.

La difficulté avec le colmatage, c'est qu'on ne connait pas, à priori, la quantité de matériel qu'il faudra injecter pour combler les vides et contrôler l'infiltration. Les entreprises ne possèdent pas de données sur les vides présents. Les clients non plus. Mais, dans la plupart des cas, le risque est transféré en totalité aux entreprises. La ICGA, une division de NASSCO, propose une méthodologie de gestion des quantités injectées permettant aux clients de contrôler la quantité de produit injecté sans donner carte blanche à l'entreprise tout en ayant les meilleurs résultats possible. Les meilleures pratiques relatives à la technique de colmatage consistent notamment à pomper le produit d'injection dans les défectuosités jusqu'au refus. On ne connait donc pas au préalable la quantité de produit à utiliser. La méthodologie de l'ICGA est basée sur une approche de partage des risques. Elle détermine des quantités minimales à inclure dans le prix, associées à des points de contrôle et d'autorisation pour des quantités supplémentaires (volumes déterminés) qui seront payées en travaux supplémentaires. La quantité de produit injectée dans le sol est souvent un indicateur de la présence de vides dans le sol.

Rappelons que le prix du colmatage inclut habituellement le nettoyage de la conduite, le test d'étanchéité de chaque joint et défaut rencontré et le colmatage comme tel. Un devis type est disponible sur le site internet de l'ICGA (sewergrouting.com).

Choix de la technique d'intervention

Q. : Offrez-vous d'autres techniques de réhabilitation ?

R. : Logiball n'est pas un fournisseur de technologies, mais plutôt un fournisseur d'équipements spécialisés, dont les unités d'injection, les ballons d'isolement des conduites, etc. Toutefois, le fondateur de l'entreprise (monsieur Roger Bissonnette) était un pionnier du domaine de l'entretien et de la réhabilitation des conduites d'égout qui a fait sa marque au Québec et ailleurs en Amérique du Nord.

Q. : Offrez-vous différentes techniques pour différentes applications ?

R. : Il est important pour les gestionnaires de réseaux de connaître plusieurs types de techniques pour être en mesure de faire la bonne intervention pour régler les vrais problèmes au bon moment. La technique de colmatage est une technique d'entretien majeur; elle doit être appliquée lorsque les conduites ont un début de détérioration et qu'il y a présence d'infiltration qui risque d'accélérer la dégradation. Le colmatage est une technique performante lorsqu'appliquée au bon endroit de la bonne façon. Cette technique n'est pas structurale mais elle ajoute du support à la conduite intervenant sur le matériau de remblai en plus d'agir comme une barrière pour l'eau. Suite à des observations, la durée de vie probable de la technique est de 25 ans

Q. : Les coûts sont-ils compétitifs selon le niveau de performance de chaque technique ?

R. : Les coûts du colmatage sont compétitifs même s'il n'y a pas beaucoup d'entreprises qui offrent le service au Québec (National Vacuum, LCS, Véolia et CWW). Il y a de la place dans le marché du Québec pour le colmatage. Aux USA, il y a un gros volume de travail en colmatage. Le prix tourne autour de 35$/mètre pour tester et colmater tous les joints d'une même section (conduite de 200 mm de diamètre) dans le sud des USA. Selon Marc-André Anctil, il y a encore plus de marché potentiel pour le colmatage des branchements de service. Cette technique est particulièrement performante pour cette application. D'ailleurs, lorsqu'on réhabilite une conduite avec la technique de chemisage et qu'il y a une pression d'eau qui vient du sol (nappe phréatique ou fuite d'aqueduc), il y a un risque que l'eau circule entre la conduite hôte et la gaine; ou encore que l'eau s'infiltrera par le branchement. Il est possible de colmater les premiers mètres du branchement avec l'unité de colmatage latérale, ce qui permet, dans presque tous les cas, de contrôler l'infiltration provenant du branchement.

Q. : Y a-t-il un marché pour chacune de vos technologies ?

R. : Il y a certainement un marché pour chaque type de technologie. Dans le passé, les gestionnaires ont vu le colmatage comme LA SOLUTION à tous les problèmes des réseaux d'égouts. Évidemment, il y a eu de mauvaises applications et la technique n'a pas bien performé. Ces insuccès ont été attribués à la technique alors que c'était plutôt un mauvais choix d'application par rapport aux problèmes des conduites qui était en cause.

Préparation des plans et devis

Q : Les plans et devis sont-ils adéquats pour le type et la performance des travaux à réaliser ?

R. : À part quelques villes et firmes de génie, il y a peu de devis disponibles. Par contre, il y a trois normes ASTM qui couvrent le domaine du colmatage : ASTM F2304-03; ASTM F2414-04; ASTM F2454-05. De plus, les devis devraient exiger que les Entreprises qui exécutent des travaux de colmatage fournissent à la fin des travaux, un « Registre de l'intervention » qui décrit les joints qui ont été testés, injectés, le produit qui a été utilisé, le temps de gel, les quantités, ceux pour lesquels le colmatage a atteint le refus, le temps de pompage.

Les fiches techniques des produits devraient aussi être fournies.

Q. : Informations et détails suffisants

R. : Déjà discuté plus haut.

Q. : Que type de devis serait le plus approprié pour votre technique : à obligation de performance ou descriptif ?

R. : Voir devis type

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Marc-André Anctil – Logiball**
Thèmes/questions à discuter avec les représentants de l'industrie
Identification de la technique : **Colmatage**
Réseau d'eau potable : Réseau d'eaux usées : **X**

Exécution des travaux

Q. : Y a-t-il des mesures ou circonstances qui permettraient d'améliorer la qualité des travaux exécutés et la performance des conduites de réhabilitation ?

R. : Même si cette technique n'est pas beaucoup utilisée en réhabilitation non structurale des conduites d'égouts (contrôle de l'infiltration et des défauts mineurs) au Québec, c'est probablement ici que le colmatage est le mieux exécuté, selon Marc-André Anctil et même s'il se fait beaucoup de colmatage aux USA. Il faut aussi savoir que le colmatage des conduites est une technique assez sophistiquée. Les opérateurs doivent bien connaître la technique, les produits et les méthodes de travail et d'injection.

Contrôle de qualité et évaluation de la performance

Q. : Est-ce que vous devez fournir un échantillon pour les essais mécaniques dans tous vos projets ?

R. : Les éléments à surveiller qui permettent d'exercer un contrôle de qualité sont : le temps de gel, le temps de pompage, le mélange d'acrylamide ou d'un autre produit d'injection ; le malaxage des produits inhibiteurs de racines qui sont souvent ajoutés aux produits de colmatage ; le positionnement de l'unité d'injection. L'Acrylamide est le produit le plus souvent utilisé en Amérique du Nord pour le colmatage des joints et des branchements. L'acrylamide est un produit plus polyvalent car il est un « soil sealing process ». L'acrylamide seul a une résistance à la pression d'environ12 à 18 psi, tandis que le composite acrylamide/sol a une résistance à la pression beaucoup plus élevée.

L'uréthane est un produit plus sensible, qui réagit avec l'humidité, on ne peut pas contrôler le temps de prise tout comme avec d'autres produits, il est plus collant et plus difficile à pomper parce que sa viscosité est plus élevée. Ces caractéristiques de l'uréthane requièrent expérience et expertise de la part des entreprises et de leur personnel surtout lorsque ces produits sont pompés à distance et au travers de défauts existants. L'uréthanne est beaucoup utilisé aux USA pour les regards car il est plus facile de créer les chemins d'injection et de remplir les vides. Dans la majorité des cas, c'est l'eau qui fait réagir l'uréthane (hydrophile).

Q. : Avez-vous des mesures de contrôle de qualité interne incluant les essais sur des échantillons ?

R. : Le contrôle de qualité tout de suite après les travaux se fait en consultant le registre de l'intervention. De 12 à 18 mois après les travaux, il est suggéré de faire une inspection visuelle (CCTV) en période de nappe haute. On peut procéder par échantillonnage (% de joints, associé à un % de performance).

Q. : Avez-vous des suggestions à faire sur la prise d'échantillons pour les essais mécaniques ?

R. : N/A

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Marc-André Anctil – Logiball**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants de l'industrie

Identification de la technique : **Colmatage**

Réseau d'eau potable : Réseau d'eaux usées : **X**

Période de garantie

Q. : Y a-t-il une ouverture pour des périodes de garantie plus longues ?

R. : N/A

Q. : Que pensez-vous d'une inspection CCTV un ou deux ans après les travaux, réalisée par le propriétaire du réseau ?

R. : Voir plus haut

Généralité

Q. : Décelez-vous des besoins de formation spécialisée pour améliorer les connaissances des intervenants aux différentes étapes (diagnostic, sélection des techniques, conception, contrôle de qualité) ?

R. : Oui. Les opérateurs sont habituellement formés par compagnonnage. Depuis plusieurs années il y a une formation pratique, destinée aux opérateurs, qui est offerte aux USA par des représentants de trois compagnies :Avanti (produits de colmatage), Aries (camion de service) et Logiball (packers d'injection). Cette formation pourrait être adaptée pour les gestionnaires (moins pratique et plus technique). Douze «formations » ont été organisées en 6 ans et 235 personnes, des USA et du Canada, ont été formées aux USA.

Marc-André est en discussion avec NASSCO à ce sujet. Il est suggéré que le CERIU s'implique dans le développement ou l'adaptation en français d'une future formation destinée aux gestionnaires et futurs utilisateurs de la technique du Québec.

Q. : Avez-vous des suggestions à faire pour améliorer la qualité et la performance de la réhabilitation en général ou pour une activité en particulier ?

R. : Il est essentiel d'élever le niveau de connaissances à la fois des opérateurs et des propriétaires de réseaux. Pour les uns, de meilleures connaissances pratiques permettront un meilleur résultat sur le chantier, pour les autres, la connaissance de la technique, des aspects techniques et de la performance attendue permettra une plus grande utilisation là où la technique s'applique.

Une attention particulière doit aussi être portée sur les produits eux-mêmes. Les mélanges actuels ne sont peut-être pas optimaux et il faut s'assurer que les recommandations des fabricants de produits de colmatage soient connues et suivies. Là encore le CERIU pourrait apporter une bonne contribution au niveau du développement des connaissances et des limites d'application. Finalement, les pratiques au chantier ne pourront s'améliorer que si les devis sont améliorés eux-aussi. À titre d'information, le devis type disponible sur le site de l'ICGA a été téléchargé plus de 1000 fois en dix mois.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Mike Davison – Sanexen**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants de l'industrie

Identification de la technique : **Chemisage structural**

Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées :

Diagnostic de l'état structural et fonctionnel

Q. : Avez-vous assez d'informations sur l'état de la conduite pour répondre aux appels d'offre ?

R. : Pour la technique de chemisage structural il n'est pas nécessaire d'avoir un diagnostic sur la capacité structurale résiduelle de la conduite d'eau potable car le produit est conçu pour reprendre toutes les charges. Par contre, il est nécessaire que la conduite soit encore en assez bon état pour être nettoyée complètement et pour servir de moule pour la conduite de réhabilitation. Les informations disponibles permettant à l'entreprise d'avoir une idée de la situation à cet égard seraient utiles lors de la préparation des soumissions.

Les devis actuels transfèrent très souvent tous les risques aux entrepreneurs. Certaines informations sont fournies après l'adjudication des travaux (nombre de bris, par exemple). Les informations qui seraient utiles dans les devis sont notamment : le nombre de bris, l'âge de la conduite et la classe de la conduite. Ces informations permettraient aux entreprises d'avoir une meilleure idée de l'état possible des conduites à réhabiliter et leur permettraient de mieux apprécier et gérer leurs risques.

Pour ce qui est des détails que l'on retrouve sur les plans, ils varient selon que le projet se fait dans une petite ville ou une ville plus expérimentée. Les informations nécessaires pour préparer une soumission sont : la localisation de la conduite (dans la chaussée ou le long de la chaussée), la localisation des accessoires (tés, coudes, vannes), ceci permet de mieux planifier les puits et les exigences de protection incendie (impact sur le nombre d'excavations). Les autres informations qui seraient utiles sont : la localisation des services en fonction et de ceux qui seront à désaffecter et le diamètre des raccordements.

Choix de la technique d'intervention

Q. : Offrez-vous d'autres techniques de réhabilitation ?

R. : Seulement la technique de chemisage structural.

La technique de chemisage structural a remplacé, d'une certaine manière, la technique de projection de mortier/époxy, une technique non-structurale populaire dans les années 1990. Cette technique a été utilisée à grande échelle en Ontario et en moindre envergure ici ; mais les avantages coûts versus durée de vie étaient moins avantageux. Lorsque l'option de réhabilitation structurale par chemisage a été disponible, celle-ci a remplacé avantageusement la projection. La raison principale pour la désaffection de la technique du revêtement projeté est que plusieurs villes se sont plaintes de la réapparition des bris après les travaux. Une des théories avancées est que le nettoyage fragilisait la conduite et que le revêtement non-structural ne pouvait pas compenser la perte de résistance.

Q. : Offrez-vous différentes techniques pour différentes applications ?

R. : En plus du chemisage de conduite d'eau potable, il est possible de réhabiliter des conduites de refoulement avec la même technologie. Ce marché existe à l'extérieur du Québec mais il n'est pas encore développé au Québec.

Q. : Les coûts sont-ils compétitifs selon le niveau de performance de chaque technique ?

R. : Le marché de la réhabilitation des conduites d'eau potable actuel permet à deux entreprises de répondre à la demande, au juste prix et avec un niveau élevé de qualité. La compétition fait présentement son effet sur les prix, même à deux. C'est sûr qu'on n'est pas à l'abri d'autres produits qui pourraient nous faire compétition. Le danger avec des nouveaux produits est justement la qualité de leur installation et l'ouverture des clients à les accepter.

Q. : Y a-t-il un marché pour chacune de vos technologies ?

R. : N/A

Préparation des plans et devis

Q. : Les plans et devis sont-ils adéquats pour le type et la performance des travaux à réaliser ?

R. : Lorsque des projets sont réalisés par des villes « moins expérimentées », les devis sont plutôt du type « performance ». Avec ces devis moins détaillés, il peut arriver que les attentes techniques (capacité structurale) ne soient pas assez claires et ouvrent la porte à des techniques non structurales. Pour d'autres projets, dans les villes plus expérimentées, les devis sont beaucoup plus détaillés et précis. Il y en a même qui suggèrent la localisation des puits d'excavation.

Q. : Informations et détails suffisants

R. : Voir plus haut

Q. : Quel type de devis serait le plus approprié pour votre technique : à obligation de performance ou descriptif ?

R. : Les devis descriptifs sont plus courants. Le devis en cours de normalisation au BNQ sera un devis descriptif.

Exécution des travaux

Q. : Y a-t-il des mesures ou circonstances qui permettraient d'améliorer la qualité des travaux exécutés et la performance des conduites de réhabilitation ?

R. : Oui. Il y a une équipe chez Sanexen qui travaille en continu pour améliorer le produit ainsi que les étapes de la réalisation des travaux. C'est un processus d'amélioration continue.

L'équipe d'installation chez Sanexen est informée de plaintes au sujet des travaux civils et elle en discute avec l'entreprise qui exécute les travaux civils (puits, réfection) afin d'améliorer non seulement les étapes de la réalisation des travaux, mais la sécurité de nos chantiers. Cette entreprise est partenaire de Sanexen et a grandi en même temps. Les équipes ont été formées spécifiquement pour la réalisation des travaux civils requis pour le chemisage. Certaines activités sont optimisées et permettent à Sanexen d'être plus compétitive. Il est très difficile de convaincre des entreprises de travaux de s'impliquer lorsque leur partie est marginale dans les contrats. Ces entreprises doivent être formées à chaque fois et c'est pour cette raison que Sanexen a décidé de créer un partenariat avec une seule entreprise.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Mike Davison – Sanexen**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants de l'industrie

Identification de la technique : **Chemisage structural**

Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées :

Contrôle de qualité et évaluation de la performance

Q. : Est-ce que vous devez fournir un échantillon pour les essais mécaniques dans tous vos projets ?

R. : Ce ne sont pas tous les clients qui exigent des échantillons pour les essais mécaniques. Les clients les plus expérimentés le prévoient systématiquement. Selon monsieur Davison, des échantillons devraient être exigés pour tous les projets de manière à être en mesure de déterminer la qualité de ce qui est installé. De plus, cela éviterait l'introduction sur le marché d'entreprises ou de produits de moindre qualité.

Q. : Avez-vous des mesures de contrôle de qualité interne incluant les essais sur des échantillons ?

R. : Oui. Les gaines et la résine sont fabriquées par Sanexen. Il y a des contrôles à chaque étape de la fabrication des matériaux composant la future conduite de réhabilitation. En plus, il y a des contrôles de qualité aux différentes étapes de la réalisation de la réhabilitation, sur le chantier et après, par des essais sur les échantillons recueillis par Sanexen.

Q. : Avez-vous des suggestions à faire sur la prise d'échantillons pour les essais mécaniques ?

R. : Il est possible de prévoir un aménagement qui permettrait de recueillir un échantillon après quelques années en créant le moins d'inconvénients possible à la ville et aux usagers. Une suggestion d'aménagement possible est jointe pour discussion.

Période de garantie

Q. : Y a-t-il une ouverture pour des périodes de garantie plus longues ?

R. : La période de garantie est de deux ans pour les projets avec les villes qui font de la réhabilitation depuis plusieurs années. Dans le cas des projets plus petits, développés par des clients moins expérimentés, la période de garantie est de un an.

Le devis en préparation avec le BNQ prévoit une période de garantie de deux ans.

Pour ce qui est de périodes de garantie plus longues que deux ans, il faut savoir si ces garanties seraient des retenus en argent ou des cautionnements d'entretien. D'une manière ou de l'autre, le coût serait transféré au client. Notre approche est plutôt de suggérer d'imposer les mêmes garanties que pour le remplacement.

Q. : Que pensez-vous d'une inspection CCTV un ou deux ans après les travaux, réalisée par le propriétaire du réseau ?

R. : Le passage d'une caméra de télévision n'est pas aussi facile à réaliser dans une conduite d'eau potable que dans une conduite d'égouts. Toutefois, une entreprise offre la possibilité de passer une caméra dans la conduite d'eau potable sans interrompre le service. La caméra est introduite par un poteau d'incendie. La ville de DDO a utilisé cette caméra dans une conduite réhabilitée par Sanexen.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Mike Davison – Sanexen**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants de l'industrie

Identification de la technique : **Chemisage structural**

Réseau d'eau potable : **X** Réseau d'eaux usées :

Pour Sanexen, c'est très intéressant d'avoir des commentaires sur la performance d'une conduite réhabilitée après quelques années de service, toujours dans un objectif d'amélioration continue. Mais comme dans toute activité supplémentaire, il y a un coût à ce suivi. Ces validations pourraient se faire selon un échantillonnage, comme pour les essais mécaniques dans les gros projets. L'essentiel, c'est que les résultats soient partagés avec les entreprises. Si les entreprises ne sont pas informées des résultats, il leur sera impossible d'apporter les améliorations nécessaires.

Généralité

Q. : Décelez-vous des besoins de formation spécialisée pour améliorer les connaissances des intervenants aux différentes étapes (diagnostic, sélection des techniques, conception, contrôle de qualité) ?

R. : Pour ce qui est des besoins au niveau du diagnostic, ce sont les clients qui peuvent répondre le mieux à cette question. Pour ce qui est de la sélection de la technique, il est clair qu'il n'y a pas beaucoup d'argent qui est investi dans l'entretien des réseaux (prévention). L'attention est presqu'exclusivement portée sur les conduites qui sont en mauvais état (cotes 4 et 5). Pour ce qui est du contrôle de qualité et de la conception, il reste encore beaucoup de formation à faire chez les clients et certains bureaux d'ingénieur conseil.

Q. : Avez-vous des suggestions à faire pour améliorer la qualité et la performance de la réhabilitation en général ou pour une activité en particulier ?

R. : Pour Sanexen, il y a des non conformités qui sont relevées après l'installation de la gaine ; par exemple il y a un type de non-conformité nommé plis perpendiculaires. L'équipe de Sanexen aimerait connaître les impacts de ces déficiences sur la performance hydraulique et structurale des conduites. De plus, les clients n'ont pas la même tolérance face à ces non conformités. Les villes les plus expérimentées savent de plus en plus quelles sont leurs attentes en termes de performance. Mais il est nécessaire de connaître le niveau de performance visé pour tous les utilisateurs de façon à établir un standard auquel toutes les entreprises devront se conformer.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Mathieu Laliberté, Christian Rouleau, Otto Wiseman, Pascal Comac – VEOLIA**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants de l'industrie Mardi 29 janvier 2013

Identification de la technique : **Chemisage d'égout par inversion (actuellement disponible au Québec)**

Réseau d'eau potable : Réseau d'eaux usées : **X**

Diagnostic de l'état structural et fonctionnel

Q : Avez-vous assez d'informations sur l'état de la conduite pour répondre aux appels d'offre ?

R : Souvent les documents d'appel d'offres manquent de détails sur l'état des conduites à réhabiliter. Il est impossible de savoir s'il y a des réparations ponctuelles à faire à moins de visionner toutes les inspections télévisées ; nous ne disposons pas toujours d'assez de temps pour le faire.

Les devis n'incluent jamais de clauses sur l'infiltration. La plupart des vieux réseaux ont de l'infiltration et la présence d'eau est un risque pour la performance et la bonne tenue des conduites réhabilitées et un risque d'échec de la réhabilitation. L'entrepreneur qui gagne le contrat n'est pas responsable de la présence de l'infiltration. Le propriétaire doit être capable, techniquement et financièrement, de régler l'infiltration avant la réhabilitation. Il faut aussi « croire » l'entrepreneur lorsqu'il informe le propriétaire que la conduite ne peut pas être gainée à cause de l'infiltration.

Une autre problématique technique importante est rencontrée avec l'ovalisation des conduites. La limite d'ovalisation est 10%. Il arrive que des sections incluses dans le contrat de chemisage dépassent largement cette limite. Il faut aussi « croire » l'entreprise lorsqu'elle refuse de chemiser ces sections. À moins qu'il soit clair et convenu légalement (par clause contractuelle) que la performance technique et la durabilité de ces chemisages seront plus courtes ou différentes.

Dans les devis du MTQ (réhabilitation de ponceaux) la plupart du temps, il n'y a pas de détails de localisation des ponceaux à réhabiliter.

Il y a globalement beaucoup d'éducation et de formation à faire autant chez les propriétaires de réseaux que dans les firmes de génie conseil.

Choix de la technique d'intervention

Q : Offrez-vous d'autres techniques de réhabilitation ?

R : Au cours de la dernière année, nous avons diminué momentanément notre offre de gainage de conduite et nous nous sommes concentrés sur des projets plus ciblés. Nous continuons toutefois d'offrir la technique Formadrain, pour laquelle nous sommes licenciés ainsi que le colmatage par injection au niveau de la réhabilitation des conduites d'égout. Au cours de 2013, notre équipe s'agrandira et les spécialistes en réhabilitation de réseaux d'égouts et d'eau potable d'une filiale française de Véolia, la SADE, se joindront à notre équipe afin d'offrir une gamme complète de solutions de réhabilitation pour des conduites visitables et non visitables. Notre équipe desservira le Canada au complet.

Q : Offrez-vous différentes techniques pour différentes applications ?

R : En plus des techniques discutées plus haut, nous offrons d'autres services, le diagnostic de l'état (inspection télévisée) et différents types d'intervention en entretien des réseaux (nettoyage, pompage)

Q : Les coûts sont-ils compétitifs selon le niveau de performance de chaque technique ?

R : Nous croyons que les techniques que nous pourrons offrir dans le futur seront compétitives chacune selon l'application optimale. Nous ne pouvons pas présumer de la réaction des clients. Choisiront-ils des techniques non structurales si elles sont moins chères tout en répondant à la problématique identifiée sur leur réseau. L'avenir nous le dira.

Q : Y a-t-il un marché pour chacune de vos technologies ?

R : Il y en a en Europe. Il faudra faire beaucoup d'éducation ici pour que les gestionnaires de réseaux incluent différentes techniques pour différentes applications dans leur analyse de solutions.

Préparation des plans et devis

Q : Les plans et devis sont-ils adéquats pour le type et la performance des travaux à réaliser ?

R : Il a été remarqué que le devis de la ville de Québec sert souvent d' « inspiration » pour les plus petites villes. Cette année les plans qui accompagnent le devis de la ville de Montréal sont très complets car ils incluent des photos des situations dans les conduites qui méritent une attention particulière (bris importants, obstacles, conduites qui traversent, etc.). Le devis lui-même est très complet ainsi que le bordereau des prix.

Dans le cas des contrats importants (plusieurs dizaines de kilomètres de conduites) le temps pour la préparation de l'offre n'est pas suffisant. Il est impossible de visionner 25 km de réseau en deux semaines afin de bien préparer la proposition. En Europe, c'est 4 à 6 semaines qui sont accordées pour préparer une soumission de cette envergure. Lorsque la période de soumission est réduite, l'Entreprise doit prendre plus de risques et le prix et la performance sont en conséquence.

Les documents d'appels d'offres du MTQ, pour le chemisage des ponceaux varient en détails et en exigences, d'un centre de services à l'autre. Les exigences de conception dépassent souvent la norme F1216.

La mise à disposition d'un devis normalisé (exercice actuel au BNQ) devrait simplifier les choses pour les villes moyennes et petites qui n'ont pas de services techniques spécialisés et améliorer la qualité des appels d'offres. Il arrive souvent que les devis utilisés soient des « copier-coller » d'autres devis et que plusieurs clauses soient contradictoires ou inappropriées pour les travaux demandés.

Un point majeur du marché actuellement c'est l'ampleur démesuré du contrat de la ville de Montréal pour la capacité de réalisation d'une ou l'autre des entreprises québécoises actuelles. Lorsqu'une seule entreprise gagne les deux volets du même contrat (par exemple CWW en 2012) cette entreprise est obligée de recruter tous les travailleurs d'expérience chez tous les compétiteurs si elle veut être en mesure de réaliser le travail. Si une entreprise concurrente gagne les contrats l'année d'après, elle recrute tous les travailleurs de ses concurrents. Et ainsi de suite. Le risque avec ces gros contrats c'est de se retrouver avec une seule proposition ! L'ampleur optimale des contrats de réhabilitation pour être en mesure de les réaliser dans les échéanciers c'est environ 5M$ ce qui représente environ 7 km de conduites.

Le but de ce commentaire est de faire comprendre aux gestionnaires de villes les contraintes d'une entreprise. C'est-à-dire que l'entreprise dispose d'équipements qui lui permettent de réaliser un certain volume de travail par année et par contrat. Si tout le marché québécois annuel de la réhabilitation est

donné dans un seul contrat par un seul donneur d'ouvrage et doit être complété dans un délai très court, les entreprises doivent, si elles veulent avoir du travail, acheter des équipements qui coûtent très cher pour réaliser ce contrat important. Si l'année suivante, cette même entreprise ne gagne pas un contrat de même envergure, elle doit tout de même continuer à payer pour ces équipements (amortis sur plusieurs années). L'entreprise doit gérer des risques financiers importants, qui peuvent la conduire à la faillite.

Q : Que type de devis serait le plus approprié pour votre technique : à obligation de performance ou descriptif ?

R : Peu importe le type de devis, l'expérience et l'expertise des entrepreneurs devraient compter dans l'évaluation des propositions et pas seulement le prix. Les documents d'appels d'offres exigent les CV mais ils ne sont pas vérifiés ni tenus en compte lors de l'adjudication du contrat.

Par ailleurs, plusieurs des travaux de préparation des conduites sont donnés en sous-traitance (déviation de conduite, réparation ponctuelles par excavation, réhabilitation de regards, de puisards). Si ces derniers étaient réalisés un an avant le chemisage par des entrepreneurs spécialisés, il y aurait des économies automatiques de 5%.

Exécution des travaux

Q : Y a-t-il des mesures ou circonstances qui permettraient d'améliorer la qualité des travaux exécutés et la performance des conduites de réhabilitation ?

R : Il y a des développements technologiques pour le suivi des températures de cure qui permettraient d'obtenir des relevés de suivi de température permettant de mieux contrôler le cycle de cure des conduites. Par contre l'utilisation de ces équipements (fil continu dans la conduite muni de senseurs de température – relevés par ordinateur – impression des données) implique des coûts supplémentaires.

Mais avec plus de données, il faut de l'expertise chez les responsables du contrôle de qualité pour les interpréter et pour conclure sur la qualité du travail et des impacts éventuels sur la performance.

Q : Avez-vous des suggestions pour améliorer la réouverture des raccordements (non-visitable et visitable)

R : Dans les conduites non-visitables, on ne peut pas « améliorer » la qualité du raccordement. La réouverture se fait à l'aide d'un robot découpeur et lorsque l'ouverture est évasée, la réouverture le sera aussi. Pour avoir un raccordement amélioré, il faudrait intervenir sur le raccordement lui-même en installant après gainage de la conduite principale, un « Top Hat liner » ou équivalent, pour réhabiliter le raccordement. Dans les conduites semi-visitables comme les 600 X 900 mm en briques, la réouverture manuelle permet de réparer la zone autour du raccordement. Toutefois, nous croyons que les normes de santé sécurité seront plus exigeantes dans le futur et que ce sera plus difficile de faire la réouverture manuelle dans les conduites ovoïdes de ces dimensions. Par contre, il n'y a pas de robots actuellement en mesure de faire ces réouvertures à distance dans les conduites ovoïdes.

Un autre volet concernant les raccordements concerne le fait que les services sont toujours « actifs » lors du chemisage. Les citoyens reçoivent un avis de travaux qui leur demande de ne pas utiliser leur réseau d'égout. C'est laissé à la discrétion du citoyen. Il arrive qu'une quantité « appréciable » d'eau se soit accumulée derrière la gaine et que cette dernière n'ait pas durci à cet endroit. Cela rend le découpage très difficile.

Contrôle de qualité et évaluation de la performance

Q : Est-ce que vous devez fournir un échantillon pour les essais mécaniques dans tous vos projets ?

R : Les échantillons n'étaient pas et ne sont pas exigés pour tous les projets de chemisage. Par contre c'est de plus en plus demandé. Certains clients demandent de découper un morceau de gaine dans la conduite. D'autres nous demande de préparer un coffrage dans le regard et de le chemiser en même temps que la conduite.

Q : Avez-vous des mesures de contrôle de qualité interne incluant les essais sur des échantillons ?

R : Des échantillons sont sélectionnés sur environ 10% du linéaire des contrats de réhabilitation que nous exécutons pour notre propre contrôle de qualité. Les essais mécaniques sont effectués par Paragon Systems (Ontario).

Q : Avez-vous des suggestions à faire sur la prise d'échantillons pour les essais mécaniques ?

R : La méthode du coffrage nous apparait plus efficiente que celle qui demande le découpage d'un morceau de conduite. Même si l'échantillon est pris tout près du regard, c'est quand même une « blessure » dans la conduite réhabilitée qu'on doit réparer avec du ciment.

Période de garantie

Q : Y a-t-il une ouverture pour des périodes de garantie plus longues ?

R : Oui. D'ailleurs la ville de Montréal dans son nouveau devis demande une inspection télévisée 24 mois après la fin des travaux (V4).

Q : Que pensez-vous d'une inspection CCTV un ou deux ans après les travaux, réalisée par le propriétaire du réseau ?

R : Le devis de la Ville de Montréal nous demande d'inclure dans notre contrat le V4. Nous croyons que c'est la Ville qui devrait le faire elle-même.

Généralité

Q : Décelez-vous des besoins de formation spécialisée pour améliorer les connaissances des intervenants aux différentes étapes (diagnostic, sélection des techniques, conception, contrôle de qualité) ?

R : Oui, énormes à toutes les étapes et pour tous les intervenants. Il y a peu d'intervenants, dans les villes et/ou les firmes qui s'y connaissent en réhabilitation. Encore moins au chantier. C'est important de connaître les deux volets. Le diagnostic et le produit fini.

Q : Avez-vous des suggestions à faire pour améliorer la qualité et la performance de la réhabilitation en général ou pour une activité en particulier ?

R : Si le marché était plus stable et que l'envergure des contrats étaient plus raisonnable, les entreprises pourraient mieux former leur personnel et le garder en emploi, au lieu de toujours recommencer. En plus, les entreprises pourraient investir dans des équipements de contrôle plus performants, ce qui permettrait de faire un meilleur contrôle de qualité.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Nicolas Sauvé – Insituform**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants de l'industrie Mercredi 27 février 2013 à 9h30 (entrevue téléphonique)

Identification de la technique : **Chemisage structural**

Réseau d'eau potable : Réseau d'eaux usées : **X**

Diagnostic de l'état structural et fonctionnel

Q : Avez-vous assez d'informations sur l'état de la conduite pour répondre aux appels d'offres ?

R : Il y a 10 à 15 ans, les villes n'avaient pas de diagnostic ni d'inspection télévisée de leurs conduites. Elles n'avaient donc pas d'idées de l'état de leurs réseaux d'égouts. Les plans et devis fournissaient les profondeurs et les matériaux des conduites et des historiques de refoulement. Aujourd'hui, l'état des conduites est plus documenté et il y a presque toujours des inspections télévisées disponibles dans les documents d'appel d'offres, même dans les plus petites villes.

Il est essentiel de disposer d'inspections télévisées les plus récentes possible pour préparer des soumissions. Spécialement lorsque les conduites sont en mauvais état car elles peuvent se dégrader très rapidement.

Choix de la technique d'intervention

Q : Offrez-vous d'autres techniques de réhabilitation ?

R : Oui, une technique de chemisage structural pour les conduites d'eau potable depuis 2010

Q : Offrez-vous différentes techniques pour différentes applications ?

R : Non, seulement du chemisage structural pour les conduites d'égouts (Insituform est la première entreprise à avoir offert cette technique) et pour les conduites d'eau potable, plus récemment.

Q : Les coûts sont-ils compétitifs selon le niveau de performance de chaque technique ?

R : Monsieur Sauvé ne peut se prononcer sur les coûts des autres techniques. Il peut toutefois préciser qu'avec la mise à disposition de plus d'informations sur l'état général des sections de conduites à réhabiliter, cela permet aux entreprises d'offrir de meilleurs prix car les risques sont moindres.

De plus, les méthodes d'installation ont évolué et les produits utilisés (feutres, revêtement de polyuréthane, résines, catalyseurs) sont en constante évolution. Lors du développement de la technique, la mise en place se faisait par pression d'eau et la cure de la résine à l'eau chaude. Aujourd'hui, la mise en place se fait par pression d'air et la cure à la vapeur. Ces nouvelles façons de faire sont utilisables dans des conduites dont le diamètre peut atteindre jusqu'à 72 pouces. L'eau est encore utilisée, mais dans des cas d'exception seulement. Ces modifications permettent d'augmenter la productivité au chantier, ce qui est répercuté sur les prix. Pour les projets importants (en termes de mètres de réhabilitation), il est possible, avec les nouvelles façons de faire, de chemiser 3 sections de 150 mètres par jour dans des conduites de 300 mm de diamètre.

Q : Y a-t-il un marché pour chacune de vos technologies ?

R : Oui, mais pas encore aussi important qu'il est anticipé depuis des dizaines d'années. Étonnamment, le chemisage dans les conduites d'égout est considéré par bien des villes comme « expérimental ». Pourtant la technique a été inventée pour la réhabilitation des conduites d'égouts ovoïdes en brique dans les années 70, en Angleterre. Elle n'a, à toutes fins pratiques, pas changé depuis son invention. Il est possible que le marché du chemisage de conduites d'égouts n'ait pas évolué parce que l'emphase a été mise sur l'eau potable. Par ailleurs, les défaillances des conduites d'égouts sont moins fréquentes même si elles peuvent être spectaculaires. Il faut aussi noter que les conduites d'égouts sont plus durables et que leur état est très peu et très mal connu.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Nicolas Sauvé – Insituform**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants de l'industrie Mercredi 27 février 2013 à 9h30 (entrevue téléphonique)

Identification de la technique : **Chemisage structural**

Réseau d'eau potable : Réseau d'eaux usées : **X**

Toujours concernant l'évolution du marché, il est clair pour les entreprises que le chemisage structural ne se substitue pas au remplacement lorsque celui-ci est requis. La réhabilitation fait partie des activités possibles à réaliser à un certain moment durant le cycle de vie de la conduite. La bonne intervention au bon moment.

Préparation des plans et devis

Q : Les plans et devis sont-ils adéquats pour le type et la performance des travaux à réaliser ?

R : Globalement, oui. Les devis sont assez clairs mais sont préparés à partir du portrait de l'état du réseau à une certaine date. Lorsqu'il est temps de réaliser les travaux, il arrive que l'état de certaines conduites se soit détérioré. Cela risque d'entraîner des modifications à la conception, et même aux interventions à faire pour préparer la conduite avant le chemisage, cela entraine des coûts supplémentaires. S'il n'y a rien de prévu pour ces situations au devis, les discussions sont compliquées. Il faut rappeler que le réseau appartient à la ville et qu'elle est responsable de l'entretenir et d'assurer la sécurité des usagers en surface.

Pour faciliter la gestion de ce genre de situation, il n'est pas nécessaire de multiplier les items au bordereau, car il est impossible de prévoir toutes les situations. D'ailleurs, les items « au cas où » dans un bordereau peuvent avoir un poids important dans le prix du contrat comparé à l'objet du projet. Il y a des villes où toutes les activités sont incluses au mètre linéaire de réhabilitation. C'est un prix forfaitaire qui est demandé. Dans ces cas, il faut un devis très clair et une inspection très récente.

La situation idéale se trouve entre les deux. Un prix au mètre linéaire pour les activités habituelles incluses aux travaux de réhabilitation et quelques items supplémentaires pour faire face à certains imprévus.

Q : Que type de devis serait le plus approprié pour votre technique : à obligation de performance ou descriptif ?

R : Les devis descriptifs sont les plus courants.

Exécution des travaux

Q : Y a-t-il des mesures ou circonstances qui permettraient d'améliorer la qualité des travaux exécutés et la performance des conduites de réhabilitation ?

R : Plusieurs situations devraient être corrigées avant que les travaux de réhabilitation ne soient lancés :

- L'**infiltration** due à des fuites d'aqueduc et à la présence de la nappe phréatique lorsque cette dernière est importante. L'eau se fraye un chemin à travers le sol et pénètre dans la conduite d'égout par les fissures et les joints de briques défectueux. Les entreprises n'accepteront pas de chemiser une conduite s'il y a une fuite d'aqueduc à proximité. L'infiltration sous pression est un risque d'échec de la réhabilitation.
- Les **défaillances importantes** comme des trous, des déformations trop importantes pour être gainées et des effondrements. Plusieurs de ces défaillances représentent des risques très importants d'effondrement de chaussée et devraient être traitées en priorité dès qu'elles sont identifiées. Les entreprises n'accepteront pas que des travailleurs pénètrent dans des conduites où il y a des risques d'effondrements.

M02699A - Projet 300-206 Suivi des travaux de réhabilitation **Nom : Nicolas Sauvé – Insituform**

Thèmes/questions à discuter avec les représentants de l'industrie Mercredi 27 février 2013 à 9h30 (entrevue téléphonique)

Identification de la technique : **Chemisage structural**

Réseau d'eau potable : Réseau d'eaux usées : **X**

Le constat qui est fait par monsieur Sauvé est que les villes, petites ou grandes, ne connaissent pas la technique et la méthode de travail qui lui est propre. Il peut arriver différents événements sur le chantier en cours de réalisation qui exigent une prise décision rapide. Le manque d'expérience et de connaissance entraîne souvent des délais dans la prise de décision, ce qui a un impact sur les coûts et a des conséquences pour les citoyens. Ces derniers n'ont pas de service d'égout temporaire durant les travaux de chemisage. Ils sont avertis et encouragés à ne pas se servir de leurs égouts.

Lorsque des réparations ponctuelles doivent être faites par excavation, il est important que la section de conduite remplacée le soit avec un tuyau dont le périmètre intérieur est le même que celui de la conduite existante, peu importe si la forme est différente. Il est préférable, du point de vue hydraulique, que les tuyaux soient assemblés radier à radier. Il est important que les villes développent de bonnes méthodes de réparations ponctuelles par excavation toujours en ayant en tête qu'un jour ces conduites pourront être réhabilitées.

Dans le cas où des incrustations de calcaire sont présentes et diminuent la section de la conduite de façon importante, il est préférable de les retirer. Il faut toutefois prendre ensuite les mesures pour éliminer l'infiltration qui pourrait résulter de l'intervention. La présence de calcaire est un indicateur d'infiltration dans la conduite. Si les dépôts durcis sont de la graisse, elle doit être retirée car nous ne connaissons pas l'impact de la présence de graisse sur la conduite réhabilitée.

Insituform a réalisé un contrat de réhabilitation pour la ville de Toronto. Les conduites présentaient des dépôts de calcaire importants. L'évaluation de la capacité hydraulique résultante suite à la réhabilitation a imposé l'enlèvement du calcaire. L'enlèvement du calcaire a été fait par les travailleurs en coûts supplémentaires à taux horaire.

Q : Avez-vous des suggestions pour améliorer la réouverture des raccordements (conduites non-visitables et visitables)

R : Pas discuté

Contrôle de qualité et évaluation de la performance

Q : Est-ce que vous devez fournir un échantillon pour les essais mécaniques dans tous vos projets ?

R : Les échantillons ne sont pas demandés systématiquement. Certaines villes les demandent dans leurs devis et le coût des essais doit être inclus dans le prix unitaire. La ville de Westmount a un item dans son bordereau avec un nombre d'essais et un prix prédéterminés qui représente le coût des essais typiques. La localisation des échantillons est ensuite précisée par la ville.

Dans les conduites non visitables, on met un moule en PVC dans le regard et on insère la gaine à l'intérieur en même temps qu'on le fait pour la conduite existante. Une fois la cure et le refroidissement complétés, l'échantillon est coupé et transmis au laboratoire. Les dimensions du moule et la méthode de découpage sont précisées dans la norme.

Dans les conduites visitables, et plus particulièrement les conduites de brique puisqu'il y en a beaucoup à Montréal, on peut pénétrer dans la conduite pour prélever directement un échantillon sur la paroi intérieure, à proximité du regard. Toutefois, la gaine est collée sur les briques et l'échantillon ne sera pas uniforme et sera difficilement utilisable par le laboratoire. La ville de Montréal a demandé de fixer une plaque métallique sur la paroi de la conduite en brique sur laquelle la gaine sera plaquée. Une fois la cure et le refroidissement complétés, l'échantillon pourra être découpé et transmis au laboratoire.

Pour ce qui est du prélèvement des échantillons, c'est possible dans toutes les conduites sauf les diamètres 450 et 525 mm car il n'y a pas assez de place dans les regards pour installer un moule en PVC et ces conduites ne sont pas assez grandes pour prélever un échantillon manuellement sur la paroi interne, même tout près du regard.

Q : Avez-vous des mesures de contrôle de qualité interne incluant les essais sur des échantillons ?

R : Insituform est ISO et elle procède de ce fait à des échantillonnages de gaine et de résine. Les gaines de l'usine arrivent pré-imprégnées et des échantillons ont déjà été prélevés et testés. Les gaines qui sont installées passent à priori les tests théoriques. Il ne reste qu'à valider les propriétés mécaniques des échantillons prélevés sur le site. Selon monsieur Sauvé, sur les 500 essais réalisés depuis qu'il est à l'emploi d'Insituform, il n'y en a que quelques-uns qui n'ont pas rencontré les critères et il en connaissait la raison à l'avance.

Q : Avez-vous des suggestions à faire sur la prise d'échantillons pour les essais mécaniques ?

R : Il y a peu de personnes qui sont en mesure de juger les résultats des essais mécaniques. Les essais de résistance et de module de flexion sont effectués selon la norme D790. Une fois les résultats obtenus, Insituform effectue les calculs de « *reverse engineering* » systématiquement car cela fait partie de sa procédure ISO de contrôle de qualité. Ces calculs consistent à utiliser les résultats des essais mécaniques de l'échantillon pour refaire les calculs d'épaisseur. Le résultat de ces calculs fournit une nouvelle épaisseur qui est comparée avec celle mesurée sur l'échantillon fourni au laboratoire. Si l'épaisseur de l'échantillon est supérieure à l'épaisseur calculée à partir des contraintes et modules réels de l'échantillon, la conduite de réhabilitation est déclarée conforme. Sinon, il y a une recherche pour identifier la raison de la non-conformité (méthodologie ou erreur humaine). Ce rapport complet est remis au client pour chaque échantillon prélevé.

Pour ce qui est du nombre d'échantillon à prélever par projet, cela dépend du client. La ville de Montréal en prélève une quarantaine par contrat et considère que ces résultats seront statistiquement significatifs. D'autres villes demandent que chaque gaine installée soit testée. Cela peut représenter beaucoup d'échantillons mais c'est la ville qui paie. Il y a un coût à la qualité et à la performance.

Le MTQ exige pour les projets d'envergure que les entreprises soient ISO. Ce serait une bonne façon d'assurer une qualité minimale dans le domaine de la réhabilitation par chemisage structural.

Période de garantie

Q : Y a-t-il une ouverture pour des périodes de garantie plus longues ?

R : En général, la période de garantie est de un an. À Westmount, la ville demande un cautionnement d'entretien de 5 ans pour 100% des travaux. C'est très couteux et très difficile à obtenir pour une entreprise qui n'est pas sérieuse. D'autres villes exigent une période de garantie de deux ans. Malheureusement, peu importe le sérieux de l'entreprise et ses méthodes de contrôle de qualité internes, les propositions ne sont jugées que sur le prix.

Certaines villes demandent aux entreprises de fournir une masse d'informations, des listes d'équipements, les noms des employés, les programme d'assurance qualité, etc. mais aucune entreprise n'est rejetée si ces documents ne sont pas acceptables.

Q : Que pensez-vous d'une inspection CCTV un ou deux ans après les travaux, réalisée par le propriétaire du réseau ?

R : La ville de Montréal a ajouté dans son devis, une inspection télévisée deux ans après les travaux (V4). Insituform est ouverte à ces garanties « prolongées ». Par contre, dans le cas des conduites qui ont dû être inspectées avec du pompage et de la dérivation, l'inspection télévisées après deux ans devrait être faite dans les mêmes conditions afin d'être en mesure d'identifier toutes les déficiences éventuelles. Aussi, il faut être certain que la conduite de réhabilitation n'a pas subi de choc au cours de la période de garantie (travaux à proximité, fuite d'aqueduc).

Selon monsieur Sauvé, l'inspection après deux ans devrait être effectuée par le propriétaire du réseau. De plus, il n'y a pas beaucoup d'expertise en analyse d'inspection télévisée en vue de poser un diagnostic sur l'état ou sur les déficiences.

Généralité

Q : Décelez-vous des besoins de formation spécialisée pour améliorer les connaissances des intervenants aux différentes étapes (diagnostic, sélection des techniques, conception, contrôle de qualité) ?

R : Énormes. À toutes les étapes, du diagnostic, de la conception, du contrôle de qualité et de la surveillance des travaux. Ces formations devraient être offertes par les universités et les cegeps. Les formations d'une journée sont plutôt des séances d'information qui ne vont pas en profondeur. Les organisations NASSCO et NASTT proposent des formations (en anglais) qui sont alimentées par les fournisseurs. Elles sont généralement offertes sur le territoire américain et sont plus abordables que les formations disponibles au CERIU.

Q : Avez-vous des suggestions à faire pour améliorer la qualité et la performance de la réhabilitation en général ou pour une activité en particulier ?

R : Il y a d'importants efforts qui sont faits au laboratoire de la ville de Montréal pour évaluer la performance des matériaux et la performance des conduites de réhabilitation. D'autres laboratoires impliqués dans les essais sur les gaines ont identifié des variations dans les résultats selon la localisation des éprouvettes prélevées sur les échantillons. Il est constaté qu'on peut faire dire différentes choses aux résultats. Cela soulève des inquiétudes chez certains utilisateurs.

Il est important que les donneurs d'ouvrages soient conscients de la nécessité de faire un contrôle de la qualité des conduites de réhabilitation. Il ne faut pas seulement en parler dans les devis mais il faut recueillir les échantillons et faire faire les essais. Si les performances ne sont pas rencontrées, il faut qu'il y ait des conséquences.

ANNEXE 2

Suivi de la performance des travaux de réhabilitation – Eau potable

Tableau des essais

N°	Essai	Destructif	Non destructif
1.	Toxicité et innocuité	x	
2.	Étanchéité		x
3.	État général de la conduite		x
4.	Écoulement		x
5.	Dimensionnement (Effet du dimensionnement)	x	x
6.	Facilité de réparation		x
7.	Étanchéité des joints aux branchements		x
8.	Pression interne ou Essai de mise sous pression	x	
9.	Débit et pression		x
10.	Analyse du comportement d'une entrée de service suite aux travaux de gainage	x	
11.	Historique avant et après gainage		x
12.	Résistance à la traction	x	
13.	Module de flexion	x	
14.	Résistance à la rupture en flexion sur 3 points	x	
16.	Écrasement	x	
15.	Résistance au cisaillement	x	
16.	Pression externe ou Essai de pression sous vide	x	
17.	Décollement	x	
18.	Arrachement en laboratoire	x	

Suivi de la performance des travaux de réhabilitation
Eau potable

Liste des informations à soumettre par les municipalités sur les travaux de réhabilitation

1. Description général de la technique à l'essai
    a. Nom de la technique
    b. Épaisseur de la gaine ou du revêtement projeté
    c. Spécification technique de la technique utilisée

2. Historique des lieux visés par la réhabilitation
    a. Ville et secteur
    b. Population desservie
    c. Nom de la rue ou rues
    d. Lieux à l'origine
    e. Particularités de l'endroit
    f. Description du secteur en général (appartements, maisons unifamiliales, parc industriel)
    g. Utilisation de la rue affectée (locale, secondaire, artère secondaire, artère principale)

3. Historique technique de l'installation de la conduite avant la réhabilitation
    a. Plans et devis de l'installation initiale de la conduite
    b. Date d'installation de la conduite
    c. Matériau de la conduite
    d. Diamètre de la conduite
    e. Catégorie de l'utilisation la conduite hôte (principale, secondaire, locale)
    f. Commentaires générales sur l'installation de la conduite

4. Historique des anomalies de la conduite avant la réhabilitation
    a. Nombre de bris sur le tronçon
    b. Type de bris sur le tronçon (coupe transversale ou longitudinale)
    c. Nombre de fuites détectés sur le tronçon
    d. Type de fuite sur le tronçon (au joint, par la corrosion)
    e. Commentaires sur la présence de corrosion visible sur la conduite lors de réparation de la conduite
    f. Nombre de plaintes dans le secteur
    g. Nombre de plaintes dans le tronçon affecté

5. Historique d'informations obtenues avant la réhabilitation
    a. Inspection télévisée de la conduite avant réhabilitation
    b. Profondeur de la conduite
    c. Sols environnant (caractérisation des sols)
    d. Les différentes couches de remblais

e. Assise
f. Pression statique des bornes d'incendies les plus proche du tronçon
g. Pression statique des bornes d'incendies dans le secteur
h. Pression dynamique des bornes d'incendies les plus proche du tronçon
i. Pression dynamique des bornes d'incendies dans le secteur

6. Documents d'appel d'offres
    a. Plans et devis des travaux de réhabilitation
    b. Nombre de puits d'accès
    c. Ensemble des tronçons à effectuer
    d. Longueur à réhabiliter
    e. Nombre de branchements
    f. Coûts des travaux
    g. Entrepreneur général
    h. Entrepreneur spécialisé pour la réhabilitation
    i. Ingénieur-conseil (s'il y a lieu)
    j. Liste des spécifications techniques
    k. Caractéristiques particulières de la gaine et résine
    l. Particularités des travaux

7. Travaux de réhabilitation
    a. Date du début des travaux
    b. Date de la fin des travaux
    c. Type de sols perçus aux puits d'accès
    d. Plan de contrôle de qualité
    e. Calculs de l'épaisseur de la gaine
    f. Conditions météorologique lors des travaux de gainage
    g. Inspection télévisée de la conduite juste avant la réhabilitation
    h. Inspection télévisée après la réhabilitation
    i. Résultat du test de pression/étanchéité
    j. Nombre de branchements sans tranchée
    k. Remise en service
    l. Particularités des travaux
    m. Défis lors des travaux
    n. Respect des spécifications techniques requis dans le cahier des charges

8. Historique après les travaux de réhabilitation
    a. Pression statique
    b. Pression dynamique
    c. Nombre de plaintes dans le secteur
    d. Nombre de plaintes dans le tronçon visé
    e. Nombre de bris après la réhabilitation
    f. Nombre de fuites après la réhabilitation

ANNEXE 3

Suivi de la performance des travaux de réhabilitation – Égout

Suivi de la performance des travaux de réhabilitation
Égout

Tableau des essais

N°	Essai	Destructif	Non destructif
1.	Toxicité et innocuité	x	
2.	Étanchéité		x
3.	État général de la conduite		x
4.	Écoulement		x
5.	Dimensionnement (Effet du dimensionnement)	x	x
6.	Facilité de réparation		x
7.	Étanchéité des joints aux branchements		x
8.	Pression interne ou Essai de mise sous pression	x	
9.	Débit et pression		x
10.	Analyse du comportement d'une entrée de service suite aux travaux de gainage	x	
11.	Historique avant et après gainage		x
12.	Résistance à la traction	x	
13.	Module de flexion	x	
14.	Résistance à la rupture en flexion sur 3 points	x	
16.	Écrasement	x	
15.	Résistance au cisaillement	x	
16.	Pression externe ou Essai de pression sous vide	x	
17.	Décollement	x	
18.	Arrachement en laboratoire	x	

Suivi de la performance des travaux de réhabilitation
Égout

Liste des informations à soumettre par les municipalités sur les travaux de réhabilitation

1. Description général de la technique à l'essai
    a. Nom de la technique
    b. Épaisseur de la gaine ou du revêtement projeté
    c. Spécification technique de la technique utilisée

2. Historique des lieux visés par la réhabilitation
    a. Ville et secteur
    b. Population desservie
    c. Nom de la rue ou rues
    d. Lieux à l'origine
    e. Particularités de l'endroit
    f. Description du secteur en général (appartements, maisons unifamiliales, parc industriel)
    g. Utilisation de la rue affectée (locale, secondaire, artère secondaire, artère principale)

3. Historique technique de l'installation de la conduite avant la réhabilitation
    a. Plans et devis de l'installation initiale de la conduite
    b. Date d'installation de la conduite
    c. Matériau de la conduite
    d. Diamètre de la conduite
    e. Catégorie d'utilisation de la conduite hôte (principale, secondaire, locale)
    f. Commentaires générales sur l'installation de la conduite

4. Historique des anomalies de la conduite avant la réhabilitation
    a. Infiltration et captage sur le tronçon
    b. Refoulement dans le secteur
    c. Refoulement sur le tronçon
    d. Commentaires sur la présence de racine, blocage, dépôt dans le tronçon
    e. Commentaires sur la présence de corrosion visible sur la conduite lors de réparation de la conduite
    f. Nombre de plaintes dans le secteur
    g. Nombre de plaintes dans le tronçon affecté

5. Historique d'informations obtenues avant la réhabilitation
    a. Inspection télévisée de la conduite avant réhabilitation
    b. Profondeur de la conduite
    c. Sols environnant (caractérisation des sols)
    d. Les différentes couches de remblais

e. Assise

6. Documents d'appel d'offres
    a. Plans et devis des travaux de réhabilitation
    b. Nombre de puits d'accès
    c. Ensemble des tronçons à effectuer
    d. Longueur à réhabiliter
    e. Nombre de branchements
    f. Coûts des travaux
    g. Entrepreneur général
    h. Entrepreneur spécialisé pour la réhabilitation
    i. Ingénieur-conseil (s'il y a lieu)
    j. Liste des spécifications techniques
    k. Caractéristiques particulières de la gaine et résine
    l. Particularités des travaux

7. Travaux de réhabilitation
    a. Date du début des travaux
    b. Date de la fin des travaux
    c. Type de sols perçus aux puits d'accès
    d. Plan de contrôle de qualité
    e. Calculs de l'épaisseur de la gaine
    f. Conditions météorologique lors des travaux de gainage
    g. Inspection télévisée de la conduite juste avant la réhabilitation
    h. Inspection télévisée après la réhabilitation
    i. Résultat du test de pression/étanchéité
    j. Nombre de branchements sans tranchée
    k. Remise en service
    l. Particularités des travaux
    m. Défis lors des travaux
    n. Respect des spécifications techniques requis dans le cahier des charges

8. Historique après les travaux de réhabilitation
    a. Nombre de plaintes dans le secteur
    b. Nombre de plaintes dans le tronçon visé
    c. Infiltration et captage après la réhabilitation
    d. Refoulement après la réhabilitation