

**ÉVALUATION DU PROCÉDÉ DE RÉHABILITATION
DES CONDUITES D'ÉGOUT
PAR CHEMISAGE TIRÉ EN PLACE
AVEC CURE AUX RAYONS ULTRAVIOLETS**

Mars 2012



Coordination :

Benoit Grondin, ing., CIMA+

Recherche et rédaction :

Benoit Grondin, ing., CIMA+

Sylvain Comeau, CIMA+

Révision et suivi (membres du comité de travail) :

Luc Fugère, tech., Ville de Rosemère

Jocelyne Théorêt, Ville de Rosemère

Marco Prévost, ing., Ville de Magog

Roby Rodrigue, tech., Ville de Magog

Mario Beauregard, tech., Ville de Magog

Micheal Roëling, ing., BKP Berolina

Bruce Nobel, PipeFlo Contracting Corp.

Paul Béluse, ing., Excavations Loiselle et frères inc.

André Tremblay, Excavations Loiselle et frères inc.

Anne-Philippe Lemaire, ing., Excavations Loiselle et frères inc.

Georges Dorval, ing., M.S.C Réhabilitation inc.

Yvan Tasco, M.S.C Réhabilitation inc.

Daniel Loiselle, Dassiloy inc.

Richard Bergeron, ing., MAMROT

René Caissy, ing., MAMROT

Jean Langevin, CERIU

Révision linguistique :

Mélanie Ricard, CIMA+

Le CERIU est le Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines

1255, rue University, bureau 800, Montréal (Québec) H3B 3W3, CANADA

Téléphone : 514 848-9885, Télécopieur : 514 848-7031

Site Web : www.ceriu.qc.ca

©Gouvernement du Québec,

ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, 2012

ISBN 978-2-550-64557-3 (PDF)

Dépôt légal – 2012

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Tous droits réservés. La reproduction de ce document par quelque procédé que ce soit et sa traduction, même partielles, sont interdites sans l'autorisation des Publications du Québec

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier chaleureusement les membres du comité de suivi scientifique qui ont mis en commun leurs connaissances, leur expertise, leur enthousiasme et leur temps afin de permettre le succès de ce projet. Sans leur contribution et leur appui indéfectible à la réalisation de ce travail, le CERIU et son partenaire CIMA+ n'auraient pu atteindre les objectifs fixés. Par leur souci du détail et leur désir d'approfondissement, ils ont permis d'approfondir les connaissances québécoises en infrastructures.

SOMMAIRE EXÉCUTIF

La présente étude vise à évaluer une méthode d'intervention émergente au niveau mondial. Cette méthode d'intervention, qui fait partie de la famille du chemisage, consiste à insérer par tirage dans une conduite d'égout, une gaine de fibres de verre tissées bidirectionnellement imprégnée d'une résine photodurcissable qui réagit à l'exposition aux rayons ultraviolets.

L'expérimentation s'est déroulée à Rosemère et à Magog sur près d'une dizaine de sections de conduites de 250 mm, 375 mm et 450 mm de diamètre, totalisant 550 mètres.

Les données colligées démontrent que cette méthode est moins dérangeante et qu'elle dégage moins de styrène que les autres méthodes de chemisage utilisées au Québec. De plus, n'utilisant pas d'eau pour la cure, c'est une méthode plus respectueuse de l'environnement.

Les travaux ont permis de démontrer que la cure aux rayons ultraviolets est rapide et qu'elle se compare avantageusement à la cure à la vapeur.

Enfin, à la suite des travaux, des échantillons de la gaine ont été prélevés et différents essais visant à évaluer les propriétés mécaniques de la gaine ont été conduits. Les résultats de ces essais ont démontré que la gaine dépasse largement les exigences normatives et qu'elle répond aux attentes.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
REMERCIEMENTS.....	V
SOMMAIRE EXÉCUTIF	VII
1. MISE EN CONTEXTE.....	1
2. CARACTÉRISTIQUES DE LA GAINÉ	3
2.1 DESCRIPTION DE LA GAINÉ	3
2.2 DESCRIPTION DE LA RÉSINE	4
2.3 DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES DE LA GAINÉ	5
2.3.1 Essais par des laboratoires externes	5
2.3.2 Contrôle qualitatif de la gainé imprégnée avant sa livraison	7
2.3.3 Contrôle qualitatif sur le chantier	9
3. DESCRIPTION DES SITES D'INTERVENTION	10
4. DESCRIPTION DES CONDUITES.....	12
4.1 VILLE DE ROSEMÈRE	12
4.2 VILLE DE MAGOG.....	13
5. ÉTAPES DE RÉALISATION DES TRAVAUX	15
5.1 ÉVALUATION DES TRAVAUX À RÉALISER	15
5.1.1 Nettoyage des sections de conduite	15
5.1.2 Inspection des sections de conduites.....	15
5.2 TRAVAUX PRÉPARATOIRES	18
5.3 INTERVENTION	18
5.3.1 Blocage des débits amont.....	18
5.3.2 Nettoyage et inspection avant chemisage.....	18
5.3.3 Mise en place du polythène (PE) d'insertion	19
5.3.4 Insertion de la gainé.....	21
5.3.5 Mise en place des équipements de cure.....	23
5.3.6 Cure de la gainé.....	28

5.3.7	Réouverture des raccordements.....	28
5.3.8	Inspection finale.....	30
6.	ESSAIS EFFECTUÉS SUR LA GAINÉ	31
6.1	MESURE DE L'ÉPAISSEUR DE LA GAINÉ	31
6.2	RÉSISTANCE EN TENSION À COURT TERME.....	32
6.3	RÉSISTANCE EN FLEXION À COURT TERME	32
6.4	MODULE EN FLEXION	33
6.5	ÉTANCHÉITÉ	33
7.	RÉSULTATS DU SUIVI SCIENTIFIQUE.....	34
7.1	COÛTS DES TRAVAUX	34
7.2	DURÉE D'INTERVENTION.....	35
7.3	RÉSULTATS DES ESSAIS MÉCANIQUES	35
7.3.1	Épaisseur de la gaine.....	35
7.3.2	Résistance en tension à court terme.....	36
7.3.3	Résistance en flexion à court terme.....	37
7.3.4	Module en flexion	38
7.3.5	Étanchéité.....	38
7.4	CONSTATS DE L'EXPÉRIMENTATION.....	38
8.	CONCLUSION	42

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1 – Composition de la gaine	3
Figure 2 – Site des travaux, rue des Bois, Rosemère	10
Figure 3 – Site des travaux, rue Principale Est, Magog.....	11
Figure 4 – Site des travaux, rue Saint-Patrice Est, Magog	11
Figure 5 – Armature apparente, rue des Bois, Rosemère	12
Figure 6 – Écran de racines et joint décalé moyen, rue des Bois, Rosemère	13
Figure 7 – Déformation de la section de conduite d'environ 20 %, rue Saint-Patrice Est, Magog.....	13
Figure 8 – Écran de racines, rue Principale Est, Magog.....	14
Figure 9 – Nettoyage de la section de conduite	15
Figure 10 – Identification des déficiences fonctionnelles (racines)	16
Figure 11 – Identification des déficiences fonctionnelles (raccordements intrusifs).....	17
Figure 12 – Travaux préparatoires	18
Figure 13 – Exemple de ballon utilisé pour effectuer le blocage des conduites amont	18
Figure 14 – Mise en place du polythène d'insertion	19
Figure 15 – Tambour avec le polythène d'insertion	20
Figure 16 – Mise en place du polythène d'insertion	20
Figure 17 – Membrane protectrice contre les UV (blanche)	21
Figure 18 – Insertion de la gaine dans la conduite à réhabiliter	22
Figure 19 – Insertion de la gaine dans la conduite à réhabiliter	22
Figure 20 – Treuil utilisé pour tirer la gaine	23
Figure 21 – Exemple d'obturateur utilisé à chacune des extrémités de la gaine.....	24
Figure 22 – Lampes UV avant leur insertion.....	25
Figure 23 – Lampe UV.....	25
Figure 24 – Caméra à l'avant du train de lumières UV permettant l'inspection avant la cure.	26
Figure 25 – Insertion du train de lumières UV.....	26
Figure 26 – Insertion du train de lumières UV et de la caméra d'inspection	27
Figure 27 – Insertion du train de lumières UV.....	27
Figure 28 – Cure de la gaine	28
Figure 29 – Exemple de robot utilisé pour la réouverture des raccordements	29
Figure 30 – Ouverture d'un raccordement à l'aide du robot	29
Figure 31 – Inspection de la gaine durcie	30

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1 – Résultats des essais – Résistance en tension à court terme	36
Tableau 2 – Résultats des essais – Résistance en flexion à court terme	37
Tableau 3 – Résultats des essais – Module en flexion	38

LISTE DES ANNEXES

Annexe A	Résultats du test d'étanchéité par le WRc et certificat d'homologation.....	49
----------	---	----

1. MISE EN CONTEXTE

Depuis plus de 20 ans, différents organismes ont sonné l'alarme quant à l'état avancé de détérioration de nos infrastructures urbaines. Essentielles pour toutes les activités humaines, ces infrastructures sont détériorées à un tel point qu'elles mettent en péril la santé économique du Québec et du Canada. Pour les remettre à niveau, les investissements nécessaires sont évalués à plusieurs milliards de dollars et dépassent largement la capacité d'investissement des municipalités québécoises. De ce fait, les gestionnaires doivent par conséquent disposer de méthodes d'intervention qui maximisent les bénéfices et diminuent les investissements. De plus, considérant les impacts de ces futures interventions sur les résidents et sur l'environnement, les méthodes d'intervention doivent répondre aux préoccupations grandissantes de la population à l'égard de la protection de l'environnement. Aussi, il est nécessaire de documenter et faire connaître les modes d'intervention émergents au niveau mondial afin d'accroître l'expertise québécoise et la disponibilité des méthodes d'intervention.

Dans cette optique, l'objet de la présente étude est d'évaluer une méthode de réhabilitation des conduites d'égout qui a accaparé, au cours des dernières années, une part importante de marché en Europe et qui émerge en Amérique du Nord en raison des bénéfices qu'elle procure, comparativement aux méthodes d'intervention conventionnelles.

Cette méthode d'intervention fait partie de la famille des techniques de chemisage. Elle se distingue par les matériaux constitutifs de la gaine et par le mode de durcissement de la résine.

Comparativement aux méthodes actuellement disponibles au Québec, la gaine utilisée est fabriquée à partir de fibres de verre tissées bidirectionnellement plutôt que de feutre de polyester et la résine employée est de type photodurcissable, c'est-à-dire qu'elle durcit par l'exposition aux rayons ultraviolets (UV), plutôt que thermodurcissable, c'est-à-dire dont le durcissement est provoqué par l'exposition à la chaleur.

Le présent document se divise en cinq (5) chapitres. Le premier permettra aux lecteurs de se familiariser avec le produit évalué. On y fera notamment la description de la gaine et des contrôles qualitatifs qui sont réalisés par le fournisseur BKP Berolina. Dans le second chapitre, nous décrirons les sites d'intervention afin de familiariser le lecteur au contexte d'intervention. Les différentes étapes nécessaires pour exécuter les travaux seront expliquées au troisième chapitre. Les contrôles qualitatifs effectués sur la gaine seront détaillés au quatrième chapitre, puis les résultats de ces essais seront présentés dans le cinquième chapitre.

2. CARACTÉRISTIQUES DE LA GAINE

2.1 DESCRIPTION DE LA GAINE

La gaine employée pour les travaux est sans suture. Elle est composée de couches de fibres de verre et de feutre de polyester imprégnées d'une résine de polyester. Les extrémités des différentes couches se chevauchent et leurs chevauchements sont décalés les uns par rapport aux autres. Sa capacité d'expansion permet de réhabiliter plusieurs types de profil de manière optimale, mais plus particulièrement les conduites ovoïdes et circulaires, d'un diamètre compris entre 150 mm et 1 200 mm. Elle est fabriquée en continu, ce qui permet de l'utiliser pour des longueurs de tronçons pouvant aller jusqu'à 400 mètres (dépendamment de l'équipement que possède l'entrepreneur).

Les fibres de verre présentes dans le sens longitudinal permettent à la gaine de résister à tous les efforts de traction générés lors de sa pose. La réduction de l'épaisseur de la paroi de la gaine est possible grâce aux caractéristiques mécaniques de la fibre de verre qui sont supérieures à celles du feutre. Nous présentons, à la Figure 1 et dans les paragraphes qui suivent, le détail des différentes couches composant la gaine employée pour les travaux.

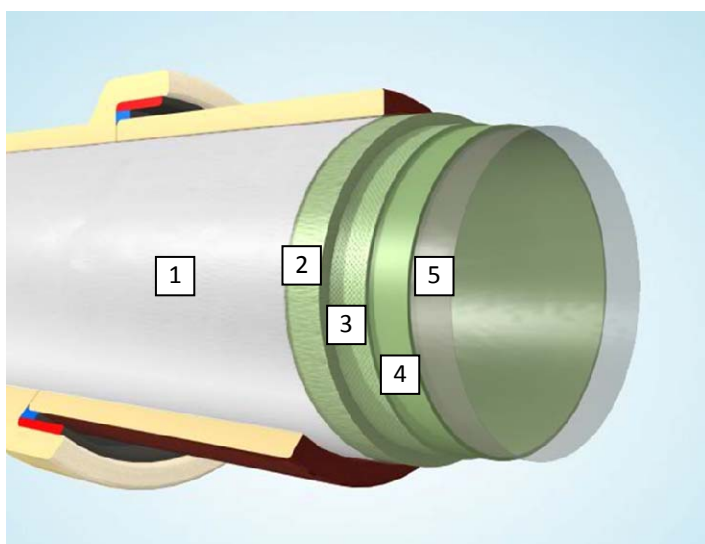


Figure 1 – Composition de la gaine
(Source : BKP Berolina)

1) Film extérieur avec protection contre les UV

Film composite multicouche, qui inclut une barrière pour le blocage du styrène, fusionné à un film de protection contre la lumière. Le film extérieur protège la gaine contre les débris qui pourraient se trouver dans son environnement lors de son transport et de son installation. Il permet d'éviter l'exposition de la gaine à la lumière, empêchant son durcissement prématuré et indésirable. Ce film permet également d'éviter que de la résine se répande dans le milieu récepteur.

2) Autre(s) couche(s) en fibre de verre

Couches renforcées de fibre de verre se composant de feutre et de tissu de fibre de verre imprégné de résine polyester ou vinylester.

3) Couche en fibre de verre

Premières couches renforcées de fibre de verre se composant de feutre et de tissu de fibre de verre imprégnées de résine polyester ou vinylester.

4) Doublure de polyester

Couche protectrice des filaments de fibre de verre, elle consiste en une doublure de polyester imprégnée de résine. Elle donne à la gaine sa résistance à l'abrasion.

5) Film intérieur

Cette couche est uniquement utilisée pour contenir la résine lors de l'installation. Elle est retirée après l'installation.

2.2 DESCRIPTION DE LA RÉSINE

Le type de résine employée est de type photodurcissable, ce qui signifie que la réaction est amorcée par une exposition aux rayons UV et non à la chaleur, comme c'est le cas pour une résine thermodurcissable. La résine employée peut être de type polyester ou vinylester, selon les conditions d'utilisation rencontrées.

Une fois que la résine est exposée aux rayons UV, son durcissement est très rapide. Cependant, si elle est entreposée à l'abri des rayons UV, une gaine imprégnée conservera ses propriétés pour une période de six (6) mois.

La vitesse de cure de la résine dépend de la distance des lampes par rapport au composite, de l'intensité lumineuse et du temps d'exposition.

2.3 DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES DE LA GAINÉ

La gaine employée pour les travaux a été fabriquée en Allemagne par la compagnie BKP Berolina. Afin d'assurer à ses clients un produit de qualité uniforme, cette compagnie a mis en place un programme d'assurance qualité en trois (3) étapes qui se détaillent comme suit :

- essais par des laboratoires externes visant à déterminer les caractéristiques de la gaine;
- contrôle qualité avant la livraison de la gaine imprégnée;
- contrôle qualitatif sur le chantier.

2.3.1 Essais par des laboratoires externes

Afin de valider la qualité de sa gaine, la compagnie BKP Berolina a mandaté différents laboratoires pour procéder à plusieurs essais. Nous détaillons sommairement ces derniers dans les prochains paragraphes. Pour avoir plus de détails sur ces essais, de même que sur les résultats obtenus, une demande peut être faite auprès du fournisseur.

2.3.1.1 Essai de nettoyage hydrodynamique selon le modèle Hamburg

Cet essai consiste à effectuer, à soixante (60) reprises, un nettoyage hydrodynamique d'une section de conduite de 20,0 m à une pression de 12 MPa (1740 psi). Cet essai est réalisé dans le but d'évaluer les propriétés physiques de la gaine à long terme à partir d'un essai qui simule les conditions réelles d'utilisation. Pour ce faire, dans la section de conduite, on retrouve des particules représentant les dépôts et trois (3) raccords. Pour que le test

soit réussi, aucun dommage ne doit apparaître à la surface intérieure de la gaine et aux raccordements.

Les soixante (60) passes représentent l'équivalent d'un nettoyage par année durant la période de vie attendue de la gaine qui est de 50 ans avec dix (10) passes additionnelles.

2.3.1.2 Fatigue à court et long terme

L'objectif de ces essais est de déterminer la rigidité annulaire de la gaine à la fois à court et à long terme. Les essais sont faits selon la norme DIN53769, partie 3.5 « Testing of Glass-Fiber Reinforced Plastic Pipelines, Short Term Flattening Test and Flattening Endurance Test on Pipes ».

Dans le cas de l'essai à long terme, un laboratoire externe a procédé à un essai de fatigue sur une période de 10 000 heures (417 jours).

Le résultat de ces essais sera utilisé pour la conception de l'épaisseur de la gaine. Ces essais sont effectués une fois pour chaque combinaison différente de matrice (feutre ou fibre de verre) et de résine. Lorsque les caractéristiques mécaniques d'une de ces composantes changent, les essais doivent être repris.

2.3.1.3 Résistance en tension

Ces essais ont pour but d'établir la résistance de la gaine en tension et ils ont été réalisés selon la norme DIN EN ISO 527-4.

2.3.1.4 Résistance à l'abrasion

Pour cet essai, un échantillon d'un (1) mètre d'une gaine de 300 mm de diamètre est installé sur un support telle une balançoire à bascule. Des particules granulaires sont déposées dans l'échantillon qui est basculé à 100 000 reprises.

Une fois les mouvements terminés, toutes les fibres de verre doivent demeurer couvertes par de la résine pour que l'essai soit réussi.

2.3.1.5 Étanchéité

Le Water Research Centre (WRc), organisme anglais reconnu mondialement, a mis sur pied une méthode afin d'homologuer l'étanchéité des gaines. La gaine de BKP Berolina répond à ces exigences. Pour connaître les détails relatifs à cet essai et consulter le certificat d'homologation, le lecteur peut se référer à l'annexe A.

2.3.1.6 Résistance au feu

Pour cet essai, une section de conduite de six (6) mètres réhabilitée est utilisée. Un chiffon imbibé d'isopropanol est inséré dans la section de conduite et est enflammé. Après que le chiffon se soit consumé, on ne doit noter aucune altération de la surface autre qu'une modification de la coloration sur 50 cm de longueur.

2.3.2 Contrôle qualitatif de la gaine imprégnée avant sa livraison

Dans le but d'assurer à ses clients un produit de qualité, la compagnie BKP Berolina effectue une série d'essais et de mesures sur la gaine imprégnée avant qu'elle ne soit envoyée au chantier. Ainsi, pour chaque lot produit, une gaine de quatre (4) mètres est testée.

La gaine est d'abord inspectée visuellement par le personnel chargé du programme d'assurance qualité. Les dimensions, la qualité de l'imprégnation et la viscosité de la résine sont contrôlées.

Par la suite, on procède à la cure de l'échantillon. Le personnel valide alors la façon dont l'expansion de la gaine s'effectue, la vitesse de cure et la qualité de la surface interne de la gaine durcie.

Enfin, un échantillon est conservé pour une période de cinq (5) années et des essais sont effectués à partir de l'échantillon restant pour valider la qualité du produit. Les essais suivants sont alors réalisés :

- **Volume de résine et d'additif utilisé**

Tout au long du processus d'imprégnation, les quantités de résine et d'additifs nécessaires au mélange sont contrôlées afin de s'assurer que le volume employé répond aux exigences de fabrication.

Les additifs sont utilisés notamment pour assurer à la résine une viscosité suffisante pour permettre l'installation. Durant l'imprégnation de la gaine, la résine doit avoir une viscosité faible tandis que, lors de la mise en place de la gaine, la viscosité doit être plus élevée pour prévenir un écoulement de la résine de la couronne vers le radier. Le dosage des additifs est donc critique si l'on veut une gaine et des travaux de qualité.

- **Test d'étanchéité**

Cet essai est fait selon la norme DIN EN 1610 à une pression de 11,5 kPa (1,7 psi). La perte de pression tolérée est de 1,5 kPa (0,2 psi).

- **Mesure du contenu en fibre de verre**

Pour cet essai, la gaine est pesée puis brûlée à 550°C dans un four. Après combustion, seule la résine aura brûlé. On pèse alors les résidus et la différence entre les deux (2) mesures indique le poids de la fibre de verre, le tout afin de déterminer si les spécifications de fabrication ont été respectées.

- **Essais mécaniques**

Pour ce faire, trois (3) essais sont effectués : les essais de flexion (3 points) à court et long terme ainsi que la mesure de rigidité annulaire à court terme.

- **Essai de dureté Barcol**

Pénétration d'une pointe en acier utilisée pour les plastiques durs et résines composites, dont l'échelle est graduée de 0 à 100.

- **Mesure de l'épaisseur de la paroi**

La mesure de l'épaisseur du tissu non imprégné est contrôlée en continu par des équipements de mesure afin de confirmer que le produit respecte les exigences de fabrication.

2.3.3 Contrôle qualitatif sur le chantier

Sur le chantier, toutes les opérations sont contrôlées par ordinateur et tous les renseignements relatifs à l'installation sont enregistrés sur support numérique. Ainsi, des données, telles que le moment où les lampes aux UV ont été allumées, les lampes défectueuses, le moment où les lampes ont été éteintes, les données relatives à l'opération du treuil, la température, la vitesse de cure, etc., sont enregistrées en continu durant les travaux. Ces données sont par la suite envoyées à BKP Berolina qui les analyse et qui atteste que l'entrepreneur a respecté les procédures d'installation.

3. DESCRIPTION DES SITES D'INTERVENTION

Les travaux d'expérimentation discutés dans le présent document ont été réalisés dans les villes de Rosemère et de Magog.

Dans le cas de la ville de Rosemère, les conduites à réhabiliter se trouvent sous une rue résidentielle d'environ 7,0 mètres de largeur. La circulation y est de nature locale uniquement.

Deux (2) sites d'intervention ont permis d'évaluer cette méthode d'intervention dans la ville de Magog. Le premier site se trouve en zone mixte industrielle et résidentielle sur la rue Principale Est, une route numérotée où la circulation des véhicules lourds est permise. Le second site se trouve en zone mixte commerciale et résidentielle sur la rue Saint-Patrice Est, une artère de la ville.

La Figure 2 montre le site d'intervention de la ville de Rosemère et les figures 3 et 4 montrent les sites d'intervention de la ville de Magog.



Figure 2 – Site des travaux, rue des Bois, Rosemère



Figure 3 – Site des travaux, rue Principale Est, Magog



Figure 4 – Site des travaux, rue Saint-Patrice Est, Magog

4. DESCRIPTION DES CONDUITES

4.1 VILLE DE ROSEMÈRE

Pour cette ville, les sections de conduites à réhabiliter sont en béton armé, de forme circulaire et de 250 mm de diamètre. Elles se trouvent à une profondeur variant entre 2,7 mètres et 3,4 mètres et leur pente varie entre 1,6 % et 8,8 %. Leur longueur totale est de 165 mètres.

Les sections de conduites montraient des déficiences structurales et fonctionnelles telles que des fissures, des fractures, une armature apparente, de l'infiltration continue, des racines et des raccordements pénétrants. Il est important de noter qu'au moment d'effectuer les travaux, la nappe phréatique était plus basse que le radier de la conduite et qu'il n'y avait pas d'infiltration. Les figures 5 et 6 montrent des exemples de déficiences rencontrées dans ces sections.



Figure 5 – Armature apparente, rue des Bois, Rosemère

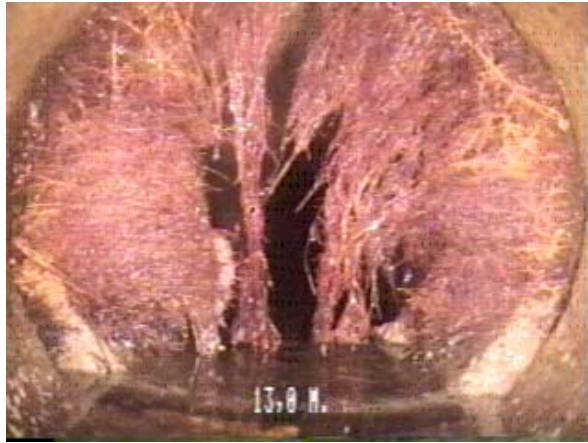


Figure 6 – Écran de racines et joint décalé moyen,
rue des Bois, Rosemère

4.2 VILLE DE MAGOG

Pour cette ville, les sections de conduite à réhabiliter étaient en grès et avaient un diamètre de 450 mm sur la rue Principale Est et de 375 mm sur la rue Saint-Patrice Est. La profondeur des conduites variait entre 1,5 mètres et 3,7 mètres et leurs longueurs étaient de 230 mètres et de 180 mètres respectivement.

Les sections de conduite montraient des déficiences structurales et fonctionnelles telles que des fissures, des fractures, des bris, des déformations, des raccordements pénétrants et des écrans de racines. Les figures 7 et 8 montrent des exemples des déficiences rencontrées dans ces sections.



Figure 7 – Déformation de la section de conduite d'environ 20 %,
rue Saint-Patrice Est, Magog



Figure 8 – Écran de racines, rue Principale Est, Magog

5. ÉTAPES DE RÉALISATION DES TRAVAUX

Différentes étapes ont été nécessaires pour exécuter les travaux. La présente section permettra au lecteur de connaître chacune des étapes du projet et d'en apprécier les particularités. Les travaux ont été réalisés en trois (3) étapes, soit l'évaluation des travaux à réaliser, les travaux préparatoires et l'intervention.

5.1 ÉVALUATION DES TRAVAUX À RÉALISER

5.1.1 Nettoyage des sections de conduite

Dans un premier temps, les conduites ont été nettoyées par jets d'eau à haute pression. Ce nettoyage a permis de retirer tous les dépôts mous qui étaient susceptibles d'interrompre l'inspection ou de camoufler les déficiences.



Figure 9 – Nettoyage de la section de conduite

5.1.2 Inspection des sections de conduites

Dans un deuxième temps, les conduites ont été inspectées pour évaluer les besoins d'alésage et s'assurer que les conditions sont favorables à ce mode d'intervention. Les raccordements intrusifs, les racines, de même que les dépôts attachés, tels que les incrustations et la graisse, ont été identifiés. Ces déficiences fonctionnelles réduisent l'aire d'écoulement et doivent

absolument être retirées puisque la gaine les épousera. Ils modifieront aussi la forme de la gaine, ce qui peut avoir un impact sur sa résistance.

Les infiltrations continues doivent aussi être notées puisqu'elles doivent être colmatées, le tout afin d'éviter qu'elles ne lessivent la résine, qu'elles créent une déformation ou un choc thermique lors de la cure. Aucune infiltration continue n'a été notée aux sites des travaux.

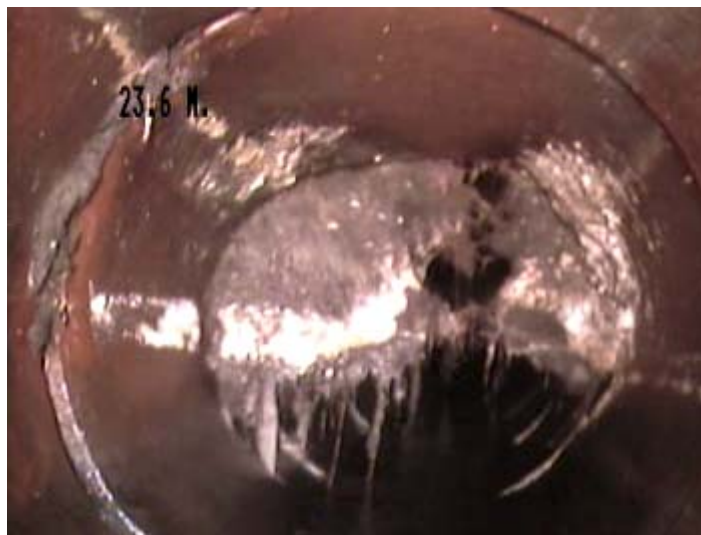


Figure 10 – Identification des déficiences fonctionnelles (racines)

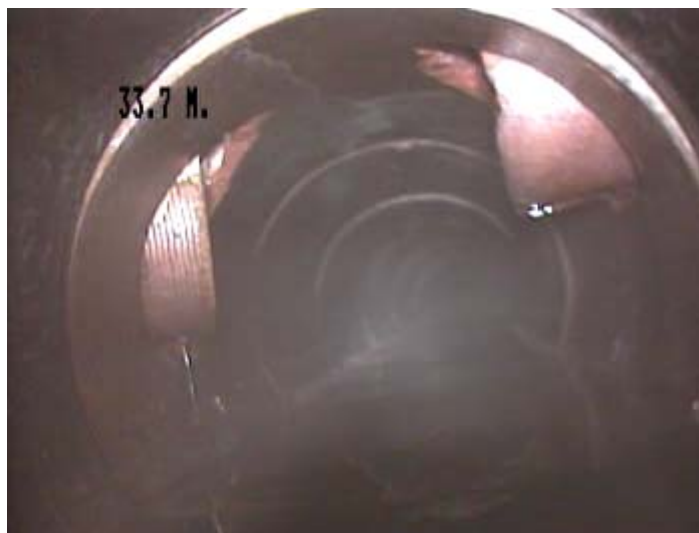


Figure 11 – Identification des déficiences fonctionnelles
(raccordements intrusifs)

Enfin, cette inspection permet de confirmer les paramètres de conception et d'évaluer si des déficiences structurales peuvent nuire à la réussite des travaux. On évalue plus spécifiquement le pourcentage de déformation de la section de conduite. Si la déformation est supérieure à 10 %, le fournisseur doit être consulté pour confirmer la faisabilité des travaux. Cette déficience influence de façon significative l'épaisseur de la gaine et, par conséquent, le coût d'intervention. Certaines déficiences, telles que des bris, peuvent présenter des arêtes vives qui pourraient déchirer la gaine lors de son déploiement. Il faut donc les identifier afin de procéder à leur ponçage avant les travaux. Il faut aussi, en fonction des déficiences présentes, évaluer si des vides dans le sol encaissant peuvent être présents. Ces vides pourraient, selon leur ampleur, provoquer l'affaissement de la chaussée, et ce, même après la réhabilitation de la section de conduite. L'inspection des sections de conduites avant les travaux aura donc permis de confirmer la faisabilité des travaux et les paramètres de conception.

5.2 TRAVAUX PRÉPARATOIRES

Les travaux préparatoires visent à préparer la conduite en vue de l'intervention. À la suite de ces travaux, la conduite doit avoir retrouvé 100 % de sa capacité fonctionnelle.

Les obstructions notées lors de la première inspection télévisée ont été alésées, les arêtes poncées, etc.



Figure 12 – Travaux préparatoires

5.3 INTERVENTION

5.3.1 Blocage des débits amont

Lors des travaux, l'effluent ne peut circuler dans la section de conduite. Pour ce faire, des bouchons (Figure 13) ont été installés au regard amont. Dans le cas des travaux à Rosemère, il n'a pas été nécessaire de dériver l'effluent étant donné que les travaux se trouvaient en tête de réseau et que les débits étaient faibles. Cependant, dans le cas de ceux à Magog, les débits ont dû être dérivés pour assurer le maintien sécuritaire du service.



Figure 13 – Exemple de ballon utilisé pour effectuer le blocage des conduites amont

5.3.2 Nettoyage et inspection avant chemisage

Juste avant de procéder aux travaux de chemisage de la section de conduite, un nettoyage a été réalisé afin d'éliminer les dépôts mous qui étaient présents. Une nouvelle inspection télévisée a été effectuée afin de confirmer que la conduite était prête pour l'insertion de la gaine.

5.3.3 Mise en place du polythène (PE) d'insertion

La friction de la gaine contre le radier de la conduite, lorsqu'elle est tirée d'un puits d'accès à l'autre, peut endommager le composite et augmenter les efforts de tirage nécessaires pour sa mise en place.

Dans le but d'éviter ces problématiques, un film de polythène, qui couvre approximativement le demi-diamètre inférieur de la conduite, a été mis en place avant le tirage de la gaine.

Pour ce faire, un treuil et le tambour sur lequel se trouve la feuille de protection en PE ont été installés au-dessus des regards d'accès. Une poulie a été fixée dans le regard où se trouvait le tambour pour faciliter l'insertion du PE et éviter qu'il ne soit endommagé par la paroi du regard.

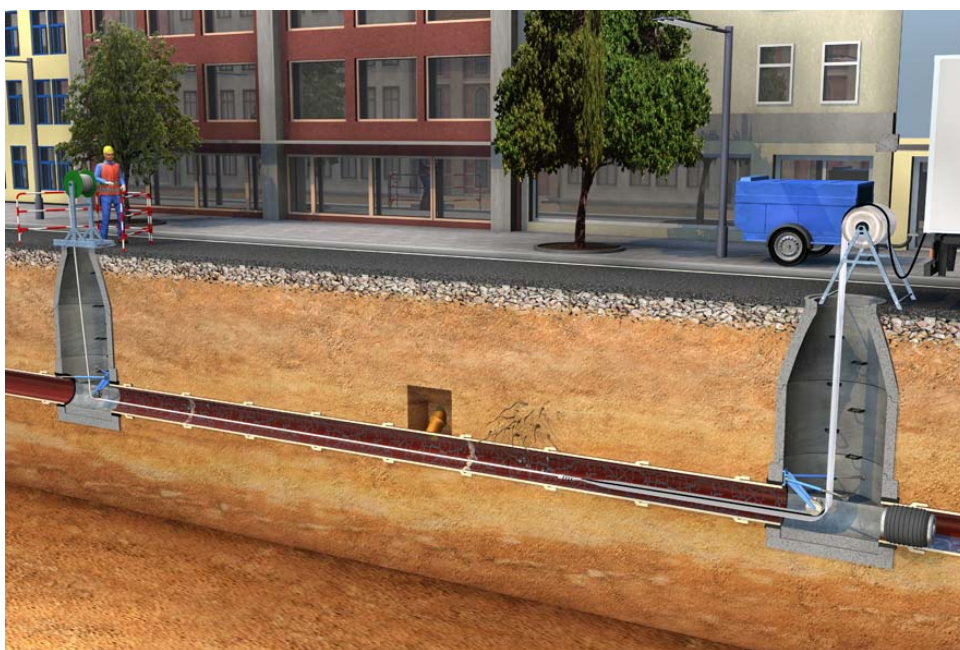


Figure 14 – Mise en place du polythène d'insertion
(Source : BKP Berolina)



Figure 15 – Tambour avec le polythène d'insertion



Figure 16 – Mise en place du polythène d'insertion

Lors de cette étape, on notait les équipements suivants sur le site :

- un (1) camion (utilitaire de durcissement) avec une console de contrôle et de commande, un ordinateur pour l'enregistrement des données de qualité, un générateur de courant et un train de lumières UV;

- deux (2) véhicules auxiliaires pour le transport de l'équipement supplémentaire et de la gaine imprégnée de résine en usine;
- un (1) compresseur qui permettra de maintenir la pression lors du déploiement de la gaine;
- un (1) treuil pour permettre l'insertion de la gaine;
- un (1) tambour avec membrane PE.

5.3.4 Insertion de la gaine

La gaine imprégnée en usine a été tirée en place à l'aide d'un treuil. Des poulies ont été installées dans les regards afin d'éviter les frottements au raccordement regard/conduite qui pourraient endommager la gaine ou lessiver la résine. Elles permettent aussi de diminuer les efforts de tirage.

Afin d'empêcher une polymérisation prématurée, rappelons que la gaine est recouverte d'une membrane de protection contre la lumière UV comme le présente la figure 17.



Figure 17 – Membrane protectrice contre les UV (blanche)



Figure 18 – Insertion de la gaine dans la conduite à réhabiliter
(Source : BKP Berolina)



Figure 19 – Insertion de la gaine dans la conduite à réhabiliter



Figure 20 – Treuil utilisé pour tirer la gaine

5.3.5 Mise en place des équipements de cure

Une fois la gaine bien positionnée dans la section de conduite, les extrémités de la gaine ont été fermées au moyen d'obturateurs (voir figure 21). Ces systèmes spéciaux d'étanchéité sont équipés de capuchons de fermeture réutilisables permettant le passage des câbles de traction et d'alimentation. Le train de lumières UV a été descendu dans le regard de départ et introduit dans la gaine. Il a ensuite été fixé sur le câble de traction, lequel avait déjà été placé dans la gaine en usine.



Figure 21 – Exemple d'obturateur utilisé à chacune des extrémités de la gaine

Une fois tous les équipements mis en place, de l'air a été injecté à une pression de 0,5 bar dans la gaine afin qu'elle se déploie et qu'elle vienne épouser les parois de la conduite d'accueil. Lorsque la gaine a été complètement déployée, la pression a été maintenue et une inspection télévisée de cette dernière a été réalisée. Cette inspection a permis de confirmer que la gaine s'était bien déployée et qu'aucune anomalie susceptible de compromettre les travaux n'était visible.



Figure 22 – Lampes UV avant leur insertion



Figure 23 – Lampe UV



Figure 24 – Caméra à l'avant du train de lumières UV permettant l'inspection avant la cure



Figure 25 – Insertion du train de lumières UV

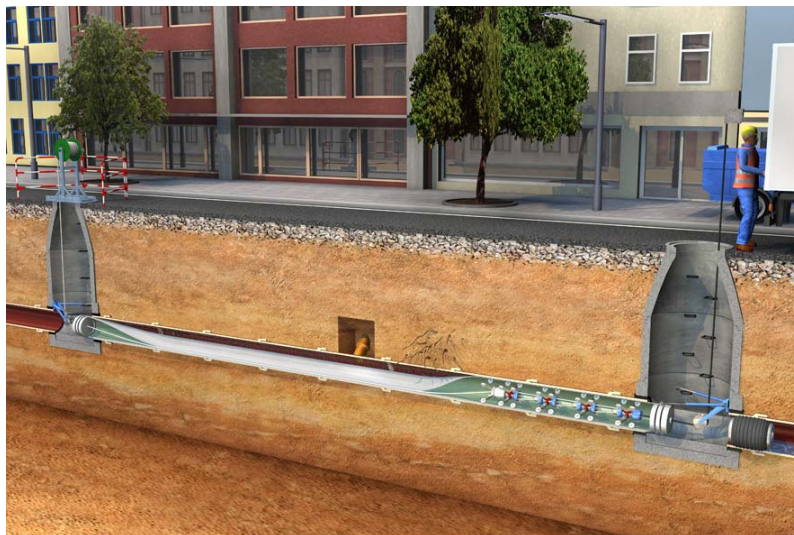


Figure 26 – Insertion du train de lumières UV et de la caméra d’inspection
(Source : BKP Berolina)



Figure 27 – Insertion du train de lumières UV
(Source : BKP Berolina)

5.3.6 Cure de la gaine

Une fois les étapes précédentes complétées, la cure a été amorcée par l'exposition de la gaine aux lumières UV. L'intensité des lumières et la vitesse du déplacement du train ont été contrôlées par ordinateur et les paramètres de cure ont été enregistrés. Ces paramètres varient en fonction du diamètre et de l'épaisseur de la gaine.



Figure 28 – Cure de la gaine
(Source BKP Berolina)

5.3.7 Réouverture des raccordements

Après la mise en place et la cure de la gaine, la réouverture des raccordements a été entreprise. Contrairement à la gaine de feutre, où l'ouverture des raccordements s'effectue en deux (2) étapes en raison du rétrécissement de cette dernière après sa cure, cette méthode d'intervention permet l'ouverture des raccordements en une (1) seule étape. La réouverture complète des raccordements s'effectue donc immédiatement après avoir complété la cure puisque le rétrécissement de la gaine est trop faible pour causer une quelconque problématique.

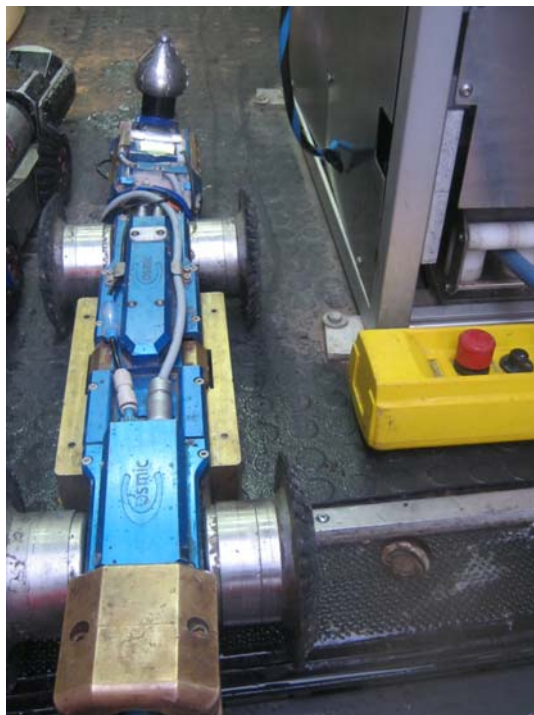


Figure 29 – Exemple de robot utilisé pour la réouverture des raccordements



Figure 30 – Ouverture d'un raccordement à l'aide du robot
(image tirée de la vidéo effectuée lors des travaux)

5.3.8 Inspection finale

Une fois les raccordements ouverts, une inspection finale a été effectuée afin de confirmer que les travaux ont été exécutés selon les règles de l'art. L'inspection a permis de valider que la gaine épousait parfaitement la conduite hôte, que l'ouverture des raccordements a été effectuée correctement et qu'il n'y avait ni boursouflure, déchirure, manque de résine ou présence de plis.



Figure 31 – Inspection de la gaine durcie
(Source BKP Berolina)

6. ESSAIS EFFECTUÉS SUR LA GAINÉ

Le programme de suivi des performances de la gaine est basé sur les recommandations du chapitre 7 « *Recommended Inspection Practices* » de la norme ASTM F2019-03 (2009) « *Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Pulled in Place Installation of Glass Reinforced Plastic (GRP) Cured-in-Place Thermosetting Resin Pipe (CIPP)* ».

Les échantillons ont été récupérés à l'intérieur des regards. Dans le cas de la ville de Rosemère, l'échantillon a été pris à l'intérieur d'un regard intermédiaire à travers duquel la gaine passait lors des travaux. Dans le cas de la ville de Magog, les échantillons ont été récupérés aux extrémités de la section chemisée. Pour s'assurer que les conditions à ces endroits étaient le plus près possible des conditions d'installation, un système de confinement a été utilisé durant toutes les étapes des travaux de manière à simuler, autant que possible, les conditions réelles d'installation. La dimension de ces échantillons était suffisante pour permettre la préparation des spécimens requis pour les essais.

La récupération des échantillons devait aussi permettre les essais à la fois dans les plans longitudinal et radial. La préparation des échantillons pour les essais a été effectuée par le laboratoire choisi pour la réalisation des essais.

Dans le cadre des travaux, cinq (5) essais ont été effectués sur les échantillons prélevés sur chacun des chantiers. En tout, trois (3) échantillons ont été prélevés, un (1) à Rosemère et deux (2) à Magog. En ce qui a trait aux échantillons de Magog, un (1) échantillon a été prélevé sur chacun des sites, soit un (1) échantillon sur la gaine de 375 mm et un (1) échantillon sur la gaine de 450 mm.

6.1 MESURE DE L'ÉPAISSEUR DE LA GAINÉ

Pour cet essai, les films intérieur et extérieur (couches 1 et 5, voir la Figure 1) ne doivent pas être considérés. La procédure pour la mesure de l'épaisseur de la gaine doit respecter le chapitre 8.1.2 de la norme ASTM D5813 « *Standard Specification for Cured-In-Place Thermosetting Resin Sewer Piping Systems* ». La

mesure de l'épaisseur de la gaine a été faite en respectant la norme ASTM D3567 « *Standard Practice for Determining Dimensions of Fiberglass (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting Resin) Pipe and Fittings* ».

Ainsi, huit (8) mesures également espacées sur la circonférence de la conduite ont été effectuées. La moyenne de l'épaisseur mesurée devait être égale ou supérieure à l'épaisseur de conception. En tout point, l'épaisseur ne doit pas être inférieure à 87,5 % de l'épaisseur spécifiée.

6.2 RÉSISTANCE EN TENSION À COURT TERME

L'essai en tension est nécessaire lorsque les conduites sont sous pression, puisque ce paramètre entre alors dans la conception de la gaine. Bien que les conduites faisant l'objet de la présente étude soient de type gravitaire, nous avons fait le choix de procéder tout de même à ces essais pour comparer les résultats obtenus aux limites fixées dans la norme.

L'essai en tension aurait normalement dû être effectué selon les prescriptions de la norme ASTM D5813 « *Standard Specification for Cured-In-Place Thermosetting Resin Sewer Piping Systems* », avec la norme D3039/D3039M « *Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials* ». Cependant, des contraintes au laboratoire nous ont obligés à effectuer les essais selon la norme ASTM D638 « *Test Method for Tensile Properties of Plastics* ». Selon la norme ASTM F2019 – 03 (2009), les résultats de cet essai doivent être supérieurs à 62 MPa (9 000 psi), alors que la norme EN 13566-4 : 2002 spécifie que la valeur minimum doit être de 15 MPa, sans être inférieure à la résistance déclarée en tension lors de la conception de l'épaisseur de la gaine (valeur non fournie étant donné que les conduites sont de type gravitaire). De plus, cette dernière norme spécifie que l'élongation à l'ultime doit être minimalement de 0,5 %, sans être inférieure à la valeur déclarée.

6.3 RÉSISTANCE EN FLEXION À COURT TERME

Cet essai a été effectué en conformité avec la norme EN 13566-4 : 2002 « *Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and*

sewerage networks/part 4 : Lining with cure-in-place pipes ». Selon la norme ASTM F2019-03 (2009), la valeur minimale de résistance en tension devrait être de l'ordre de 45 MPa (6 500 psi), alors que la norme EN13566-4 : 2002 spécifie que la résistance en tension au premier bris doit être minimalement de 25 MPa, sans être inférieure à la valeur déclarée par BKP Berolina lors de la conception de la gaine qui est de 150 MPa. Cette même norme spécifie également que l'élongation au premier bris doit être minimalement de 0,75 %, sans être inférieure à la valeur déclarée.

6.4 MODULE EN FLEXION

Cet essai a été effectué en conformité avec la norme EN 13566-4 : 2002 « Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks/part 4 : Lining with cure-in-place pipes ». Selon la norme ASTM F2019-03 (2009), la valeur minimale du module de flexion devrait être de l'ordre de 5 000 MPa (725 000 psi), alors que la norme EN13566-4 : 2002 spécifie que le module de flexion à court terme doit avoir une valeur minimale de 1 500 MPa, sans être inférieure à la valeur déclarée par BKP Berolina lors de la conception de la gaine qui est de 8 000 MPa.

6.5 ÉTANCHÉITÉ

Cet essai a été effectué en conformité avec l'essai développé par le laboratoire allemand IKT qui est basé sur « *APS test and inspection code* » et qui consiste à mettre un échantillon de la gaine sur un béccher mis sous vide à une pression de 7,25 psi, et ce, pendant 30 minutes. Au début de l'essai, une solution colorée est mise sur la paroi opposée à l'ouverture du béccher et, à la fin de l'essai, cette solution ne doit pas avoir traversé la gaine.

7. RÉSULTATS DU SUIVI SCIENTIFIQUE

7.1 COÛTS DES TRAVAUX

Les coûts des travaux qui sont présentés dans la présente section sont donnés à titre indicatif et ne représentent pas nécessairement les prix que pourrait obtenir une municipalité québécoise si un entrepreneur du Québec acquérait cette technologie.

Il est important de considérer, dans l'analyse des prix présentés, les points suivants :

- la compagnie BKP Berolina, qui est le fournisseur de la gaine, désirait développer le marché québécois;
- l'entrepreneur licencié de BKP Berolina au Canada venait de la région d'Hamilton en Ontario; par conséquent, les coûts de mobilisation, de démobilisation, de gîte et couvert sont inclus dans les prix présentés;
- un entrepreneur général québécois supervisait les opérations, ce qui peut avoir ajouté des frais administratifs comparativement à un contrat qui serait réalisé par un entrepreneur unique. Cette situation peut aussi survenir lorsqu'une firme de chemisage agit à titre de sous-traitant plutôt qu'à titre d'entrepreneur unique.

Ainsi, les coûts unitaires des travaux pour l'installation de la gaine ont été:

- pour la conduite de 250 mm de diamètre : 297 \$ / m, pour 165 m lin.;
- pour la conduite de 375 mm de diamètre : 327 \$ / m, pour 180 m lin.;
- pour la conduite de 450 mm de diamètre : 335 \$ / m, pour 230 m lin.

Les coûts incluent aussi la réouverture de raccordement ainsi que les inspections télévisées avant la cure de la résine et la réouverture des raccordements, mais n'incluent pas les travaux d'évaluation et de préparation.

7.2 DURÉE D'INTERVENTION

Aux trois (3) sites d'intervention, les travaux ont débuté vers 8 h, soit après que la conduite eut été nettoyée. Pour les sections de conduite à Rosemère, plus courtes (50,0 m en moyenne) et de plus petits diamètres, la mise en place de la gaine et sa cure se sont terminées vers 14 h. Aux deux (2) sites de Magog, les mêmes travaux ont pris approximativement deux (2) heures de plus à chaque site. Les conduites avaient en moyenne 90,0 m de longueur. Par la suite, on comptait environ 15 minutes pour procéder à la réouverture de chaque raccordement.

7.3 RÉSULTATS DES ESSAIS MÉCANIQUES

7.3.1 Épaisseur de la gaine

Les mesures prises par le laboratoire démontrent que l'épaisseur de la gaine, dans le cas de l'échantillon de Rosemère, variait entre 3,53 mm et 4,70 mm avec une moyenne de 4,18 mm. Selon les données de conception, la gaine devait avoir une épaisseur minimum de 3,5 mm.

L'épaisseur de l'échantillon pris dans la conduite de 450 mm de diamètre de Magog variait entre 5,58 mm et 7,31 mm avec une moyenne de 6,2 mm, comparativement à l'épaisseur de conception de 6,2 mm. L'épaisseur de l'échantillon pris dans la conduite de 375 mm de diamètre de Magog variait entre 4,74 mm et 7,18 mm avec une moyenne de 5,67 mm, comparativement à 4,3 mm pour l'épaisseur de conception.

Il est important de noter que toutes ces mesures ne tiennent pas compte de l'épaisseur des films intérieur et extérieur.

7.3.2 Résistance en tension à court terme

Les résultats des essais de tension à court terme sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1 – Résultats des essais – Résistance en tension à court terme

		Minimum	Moyenne	Maximum	Exigence de la norme ASTM F2019	Exigence de la norme EN 13566-4 : 2002
Rosemère	Résistance en tension (MPa)	88,3	110,3	138,4	62,0	15
	Élongation à l'ultime (%)	2,90	3,11	3,26	n/d	> 0,5
Magog 375 mm	Résistance en tension (MPa)	146,9	162,1	187,7	62,0	15
	Élongation à l'ultime (%)	3,35	3,67	3,88	n/d	> 0,5
Magog 450 mm	Résistance en tension (MPa)	154,2	169,9	186,0	62,0	15
	Élongation à l'ultime (%)	3,88	4,20	4,52	n/d	> 0,5

7.3.3 Résistance en flexion à court terme

Les résultats des essais de flexion à court terme sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 – Résultats des essais – Résistance en flexion à court terme

		Minimum	Moyenne	Maximum	Exigence de la norme ASTM F2019	Exigence de la norme EN 13566-4 : 2002
Rosemère	Résistance en flexion (MPa)	402,7	431,4	469,2	45,0	> 25
	Élongation à l'ultime (%)	4,2	4,6	5,0	n/d	> 0,75
Magog 375 mm	Résistance en flexion (MPa)	243,5	299,0	326,3	45,0	> 25
	Élongation à l'ultime (%)	3,0	3,4	4,1	n/d	> 0,75
Magog 450 mm	Résistance en flexion (MPa)	179,6	185,4	191,9	45,0	> 25
	Élongation à l'ultime (%)	3,2	4,0	4,7	n/d	> 0,75

7.3.4 Module en flexion

Les résultats des essais du module en flexion sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 – Résultats des essais – Module en flexion

		Minimum	Moyenne	Maximum	Exigence de la norme ASTM F2019	Exigence de la norme EN 13566-4 : 2002
Rosemère	Module en flexion (MPa)	9 227	9 929	10 882	5 000	> 1500
	Élongation à l'ultime (%)	4,2	4,6	5,0	n/d	> 0,75
Magog 375 mm	Module en flexion (MPa)	7 982	12 619	14 018	5 000	> 1500
	Élongation à l'ultime (%)	3,0	3,4	4,1	n/d	> 0,75
Magog 450 mm	Module en flexion (MPa)	7 470	8 375	9 315	5 000	> 1500
	Élongation à l'ultime (%)	3,2	4,0	4,7	n/d	> 0,75

7.3.5 Étanchéité

Tous les essais effectués sur les différents échantillons démontrent que les gaines sont parfaitement étanches et répondent aux exigences.

7.4 CONSTATS DE L'EXPÉRIMENTATION

La présente section expose les points forts et les points faibles de cette technologie ainsi qu'un certain nombre de constats que les projets d'expérimentation ont fait ressortir.

Odeurs

Les matériaux entrant dans la composition de la gaine et leur disposition favorisent la réduction des émanations de styrène¹ sur les lieux d'intervention. Dans le cadre des travaux, aucune plainte des résidents n'a été enregistrée et les odeurs perceptibles sur les lieux d'intervention se limitaient à l'environnement immédiat des puits d'accès (regard). Sur les différents chantiers, les odeurs étaient quasi inexistantes lorsque l'on s'éloignait de quelques mètres des puits d'accès. Un fait important à noter à l'égard des odeurs de styrène est qu'elles sont perceptibles à de très faibles concentrations.

Conservation de la gaine imprégnée

Étant donné que la résine employée est photodurcissable, si elle est maintenue à l'abri des rayons UV, elle conserve ses propriétés physiques et mécaniques pour une période de six (6) mois, cela sans nécessiter de réfrigération. Cette caractéristique permet notamment d'éviter l'emploi d'un camion réfrigéré pour abaisser la température de la gaine, dans le but de retarder le durcissement de la résine lors des travaux. À cela s'ajoute le fait que la température extérieure n'a plus d'incidence sur les opérations, ce qui permet d'éviter les problématiques vécues à cet égard avec les résines thermodurcissables.

Épaisseur du composite

Pour une résistance équivalente, les caractéristiques physiques des matériaux entrant dans la composition de la gaine, plus particulièrement celles des fibres de verre, permettent de réduire l'épaisseur du composite de près de 50 % comparativement aux gaines de feutre. Cette propriété permet de réduire la perte de l'aire d'écoulement et, conséquemment, de diminuer la perte de capacité hydraulique de la conduite. À cet effet, la réduction de perte de l'aire est généralement compensée par une amélioration des conditions d'écoulement, étant donné que les matériaux utilisés pour la réhabilitation sont normalement plus lisses que le matériau de la conduite d'accueil.

1 Le styrène est un produit qui entre dans la composition de la résine et qui est responsable des odeurs dérangeantes caractéristiques de ce mode d'intervention.

Constats

Lors des interventions, les points suivants ont été notés :

- Le nombre et la grosseur des camions nécessaires pour effectuer l'intervention sont réduits. Le camion réfrigéré et l'unité bouilloire ou celle pour la vapeur ne sont plus requis. Les camions transportant les équipements sont au nombre de trois (3) et s'apparentent davantage à des camions de livraison de type cube.
- Le nombre d'employés sur le site est inférieur à celui sur un chantier qui emploie une gaine de feutre (environ cinq (5) comparativement à une dizaine).
- Le temps d'exécution jusqu'à la cure complète est comparable au temps requis pour le chemisage avec cure à la vapeur. Pour l'ensemble des interventions, la réouverture des raccordements a débuté au milieu de l'après-midi, soit en moyenne six (6) heures après le début de l'intervention.
- La réouverture complète des raccordements a été réalisée en une seule opération, et ce, la journée même des travaux.
- Cette méthode d'intervention permet une inspection de la gaine avant de commencer la cure, ce qui permet de confirmer qu'elle s'est bien déployée et qu'elle ne comporte pas de défauts apparents.
- Aucune quantité d'eau n'est requise pour les travaux.
- Il n'y a aucun rejet d'eau chargée de styrène dans le réseau à la suite de la cure.
- La cure peut être interrompue en cours de travaux sans aucune incidence sur la qualité finale du produit.

Limites

Les travaux ont aussi permis d'établir certaines limites à cette méthode d'intervention. D'une part, la gaine doit être maintenue à des températures supérieures à 15°C et, d'autre part, la méthode n'est pas appropriée pour chemiser des coudes dont l'angle est égal ou supérieur à 45°.

Lorsque la température de la gaine est inférieure à 15°C, la rigidité de la gaine augmente. Le film de protection intérieur peut alors fissurer au moment de la mise en place de la gaine et de son déploiement. Bien que ce film soit retiré à la fin des travaux, son étanchéité est essentielle lors de la mise en place de la gaine. S'il venait à fissurer, la pression d'air appliquée dans le but de maintenir la gaine appuyée sur la paroi de la conduite d'accueil pourrait s'infiltrer dans le composite non durci et provoquer la délamination des couches composant la gaine. Si la température de la gaine est en deçà de 15°C, les travaux peuvent quand même être entrepris avec un certain nombre de précautions. L'insertion de la gaine doit notamment se faire plus lentement et son déploiement doit s'effectuer en y faisant circuler de l'air chaud pour diminuer la rigidité du composite. De plus, la gaine devrait être maintenue à la chaleur lors de son entreposage et de son transport sur le site d'intervention, et ce, jusqu'au moment de son insertion.

Les changements de direction trop prononcés tels que des coudes à 45° limitent cette méthode d'intervention. En principe, la façon dont est fabriquée la gaine lui permettrait de se déployer sans pli au niveau des coudes. Cependant, le polythène d'insertion (PE) étant plus rigide, il se positionne difficilement à ces endroits, créant par la suite des problématiques au niveau de l'insertion de la gaine. De plus, les câbles utilisés pour tirer les équipements frotteront sur la paroi intérieure des coudes, endommageant la conduite d'accueil et la gaine lorsqu'elle sera mise en place. Enfin, le train de lumières UV, étant donné sa longueur, risque d'être endommagé au moment de traverser ces zones.

8. CONCLUSION

La présente étude a permis d'établir que la technique de chemisage avec cure aux rayons UV représente une technologie très intéressante pour la réhabilitation des conduites d'égout. Utilisée depuis plusieurs années en Europe, cette technique présente plusieurs avantages par rapport aux autres techniques semblables utilisées au Québec : elle est moins dérangeante pour les résidents, elle n'utilise pas d'eau, elle dégage moins de styrène et la réouverture des raccordements peut se faire immédiatement après la cure.

L'étude a aussi permis de faire ressortir des limites d'application de cette technique. En effet, la gaine doit être maintenue à une température supérieure à 15°C avant sa mise en place pour éviter des complications lors des travaux. De plus, la méthode de mise en place (par tirage) n'est pas appropriée pour des conduites qui comportent des coudes de 45° et plus. Cette dernière condition n'est pas souvent remplie dans les conduites d'égout.

Cette technique vient donc compléter la gamme de méthodes de réhabilitation utilisées au Québec. Elle est particulièrement intéressante quand la température extérieure est élevée et oblige l'entrepreneur à employer des camions réfrigérés ou de la glace, ou quand l'espace de travail est restreint et quand les odeurs ou les rejets possibles de styrène sont des enjeux importants. Des discussions sont en cours présentement avec le fournisseur afin de rendre cette technique disponible au Québec.

ANNEXE A

Résultats du test d'étanchéité par le Water Research Centre (WRC) et certificat
d'homologation

Certificate

independent certification of your products & services

This is to certify that the following product or service has met the requirements detailed below

BKP Berolina Polyester GmbH & Co KG

Nennhauser Damm 158
13591 Berlin
Germany

This service meets the requirements set out in assessment schedule
PT/265/0407- AS

Berolina-Liner Manhole to Manhole Lining System

A Russell
assessor

Alc Lyffers
director

02/05/2007

issue date

02/05/2012

expiry date



PT/265/0407

certificate number

PT/265/0407 – AS (May 2007)

Assessment of the Berolina-Liner full length lining system - schedule



independent certification of your products & services

1. Scope

To assess the performance of the Berolina-Liner System which is an ultra-violet (UV) light cured in place pipe (CIPP) full length lining system. The lining is used for the rehabilitation of gravity pipes with internal diameters 150mm to 1000mm and egg shaped pipe between 200x300mm (DN250 equivalent) to 700x1050mm (DN900mm equivalent).

The system comprises a glass reinforced woven sleeve which is impregnated with a UV cure polyester or vinylster resin.

The conduit is cleaned and isolated. A 'pre-liner' is winched in via CCTV and the factory impregnated lining sleeve is winched in place into the host pipe on the way back. The lining sleeve is then inflated and the UV light train pulled through the lining at the correct speed (dependent upon diameter, shape and wall thickness of the lining sleeve) to cure the resin. The ends of the resultant CIPP lining are grouted into the manholes and the connections to the laterals re-made.

Approval exclusions:

- The installation or reconnection of the laterals.
- Hydrophilic rubber seals (these are an option which may be specified by the client).

2. Assessment schedule

The assessment comprises the following:

- The design of the CIPP lining;
- Review of the quality systems for the manufacture, supply, materials handling and storage of the

sleeves, resins and resin impregnation;

- Technical audit of all instructions for pre-installation procedures, environmental, planning, site preparation, receipt and storage of lining on-site and installation of the system;
- Mechanical properties of the CIPP lining;
- Technical audit of the installation of the lining in accordance with the Berolina-Liner System installation manual, and;
- Quality control tests of installed CIPP.

3. Review of properties

The following tests in accordance with BS EN 13566-4: 2002 for cured in place pipes:

- Resin characteristics, Table 2, Section 4.3, of EN 13566-4:2002;
- Mechanical characteristics of the CIPP lining, the tests are listed in Table 1 below, from Table 5, Section 7.5 of EN 13566-4:2002;
- Strain corrosion of the CIPP lining, Table 6, Section 7.7 of EN 13566-4:2002.

Table 1 Mechanical characteristics

Parameter	Requirement
Long-term flexural modulus under wet conditions	Declared value not less than 300MPa Declared value is 5500 MPa
Short-term flexural modulus	Declared value not less than 1500 MPa Declared value is 8,000 MPa
Long term strain corrosion test	Minimum extrapolated failure strain at 50 years $\geq 0.45\%$ Declared value is 0.713%

© WRc plc 2007

Contact: WRc plc, Frankland Rd, Blagrove, Swindon SN5 8YF

Tel: 01793 865000 Fax: 01793 865001 E-Mail: wrcapproved@wrcplc.co.uk

PT/265/0407 – AS (May 2007)

Assessment of the Berolina-Liner full length lining system - schedule



independent certification of your products & services

4. Quality control tests

One sample taken from each length of CIPP lining and tested in accordance with BS EN 13566-4:2002 as shown in Table 2.

Table 2 **Quality control tests**

Parameter	Requirement in BS EN 13566-4
Wall structure	Clause 7.4.1
Wall thickness	Clause 7.4.2
Initial specific ring stiffness or short-term flexural modulus	Clause 7.5
Flexural stress at first break	Clause 7.5
Flexural strain at first break	Clause 7.5

5. Review of procedures

- Design of CIPP lining
- Factory manufacturing process
- Site installation

6. Reference documents

- Berolina-Liner System installation manual.
- BS EN 13566-4:2002, Plastic piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks. Part 4 Cured-in-place-pipes.

© WRc plc 2007

Contact: WRc plc, Frankland Rd, Blagrove, Swindon SN5 8YF
Tel: 01793 865000 Fax: 01793 865001 E-Mail: wrcapproved@wrcplc.co.uk



INVESTOR IN PEOPLE



Our Ref: CP308/5/2

3rd May 2007

Cured-in-place Pipe Leaktightness Test

This is to confirm that the cured-in-place pipe lining system listed below has passed the leaktightness test, reference "Test for the infiltration resistance of Tight Fitting Cured in Place Pipe Systems", (Amended 1 June 2005).

**Cured-in-place pipe lining system:
Supplier:**

**Berolina-Liner System
BKP Berolina Polyester GmbH & Co
KG**

Felt material:

**Berolina sleeve: Reinforcement
structure of continuous glass fibre
with an inner surface of woven
polyester, glass content of
approximately 45% by weight
Unsaturated Polyester (UP) resin
Palatal P92I**

Resin:

**Curing type (e.g. ambient, heat, UV):
Diameter tested and valid range (mm):**

**UV(A)
225mm (valid range 150 - 305mm)
450mm (valid range 305 – 610mm)
Hydrophilic tape**

**Sealing aids
(e.g. hydrophilic tape, patch):**

Installer:

**BKP Berolina Polyester GmbH & Co
KG**

Date of test:

24th April 2007

Location of test:

Berlin, Germany

Independent witnesses:

Kevin Adams WRC

Signed on behalf of WRC:

**Dr Andy Russell
CP308 Project manager
WRC Utilities**

Note that this leaktightness test does not imply that this product is approved by WRC



**WRC plc, Frankland Road, Blagrove, Swindon, Wiltshire, SN5 8YF.
Telephone: + 44 (0) 1793 865000 Fax: + 44 (0) 1793 865001
Email: solutions@wrcplc.co.uk**