

**RÉHABILITATION DE CONDUITES D'EAU POTABLE  
PAR PROJECTION DE RÉSINE POLYMÉRIQUE  
SUR LA 84<sup>E</sup> RUE À LA VILLE DE BEAUCEVILLE  
(Sans réseau temporaire)**

**Guide destiné au milieu municipal québécois**

**MARS 2012**



Coordination :



**Stéphane Joseph**, Acuro  
**Marie-Élaine Desbiens**, CERIU (par intérim)

Recherche et rédaction :  
**Denis Guay**, Ville de Beauceville  
**Stéphane Joseph**, Acuro  
**Salamatou Modieli Amadou**, CERIU  
**Isabel Tardif**, CERIU

Révision et suivi (membres du comité de travail) :  
**Richard Bergeron**, MAMROT  
**Denis Guay**, Ville de Beauceville  
**Stéphane Joseph**, Acuro  
**Marie-Élaine Desbiens**, CERIU (par intérim)

Révision linguistique :  
**Sonia Pitre**

**Le CERIU** est le Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines  
Site web: [www.ceriu.qc.ca](http://www.ceriu.qc.ca)  
1255, rue University, bureau 800, Montréal (Québec), H3B 3W3, Canada  
Tél. : 514 848-9885 Fax : 514 848-7031

© Gouvernement du Québec,  
Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, 2012

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

## **CRÉDITS ET REMERCIEMENTS**

Nous remercions les gouvernements du Québec et du Canada pour leur appui financier à ce projet dans le cadre du Fonds sur l'infrastructure municipale rurale (FIMR) volet 2, qui est géré par le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT). Ce rapport a été réalisé dans le but de présenter la technique par projection de résine polymérique pour conduites d'eau potable. La réalisation du rapport a été pilotée par le CERIU pour la ville de Beauceville, en collaboration avec la Firme Acuro.

Ce rapport est le résultat d'une collaboration entre plusieurs personnes qui ont généreusement accepté d'y consacrer leur temps et de partager leurs connaissances. De plus, la production de ce document n'aurait pu être possible sans l'effort soutenu des membres du comité de travail. Nous les remercions tout particulièrement pour leur disponibilité et leur enthousiasme tout au long du projet. Nous remercions aussi tous ceux et celles qui ont pris le temps de lire le document et de faire des commentaires sur les versions préliminaires du texte. Leur apport a grandement contribué à améliorer ce document et nous leur en sommes très reconnaissants.



## PRÉAMBULE

Le présent rapport a été rédigé par le comité de suivi scientifique, coordonné par le CERIU et formé dans le cadre du projet d'expérimentation de la technique de projection de résine polymérique à prise rapide dans une conduite d'eau potable.

Ce rapport présente les résultats du premier suivi expérimental de cette technologie. Dans le cadre de ce projet, aucun devis spécifique n'a été rédigé puisqu'il s'agissait d'une nouvelle technologie. Les travaux réalisés étaient donc basés sur le contenu de l'offre de la firme ACURO, qui a été acceptée par la Ville et consignée dans la Résolution 2008-06-3121 – Mandat à Acuro Inc – réhabilitation conduite d'aqueduc 84<sup>e</sup> Rue (voir annexe I). L'absence d'exigences techniques précises imposées à l'entrepreneur limite notre appréciation de toutes les propriétés de la nouvelle technologie. Ce rapport ne présente donc que les résultats d'une partie des exigences exposées au plan de qualité qui a été soumis au comité de travail (voir annexe II).



## TABLE DES MATIÈRES

<b>CRÉDITS ET REMERCIEMENTS .....</b>	<b>III</b>
<b>PRÉAMBULE.....</b>	<b>V</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>2</b>
<b>2. PRÉSENTATION DE LA TECHNOLOGIE.....</b>	<b>3</b>
2.1 DESCRIPTION DU PROCEDE.....	3
2.2 DOMAINE D'APPLICATION .....	4
2.3 ÉTAPES DE RÉALISATION.....	4
2.3.1 Étape 1 – Préparation de la conduite à réhabiliter.....	4
<b>2.3.2</b> Étape 2 – Application de la résine .....	<b>6</b>
2.3.3 Étape 3 – Finalisation des travaux .....	9
2.4 LIMITES D'APPLICATION DU PRODUIT .....	9
2.4.1. Température .....	9
2.4.2. La présence d'eau dans la conduite.....	10
2.4.3. Présence d'un revêtement dans la conduite .....	10
2.4.4. Présence de coudes .....	10
2.5 NORMES ENCADRANT LA TECHNOLOGIE .....	10
<b>3. TRAVAUX PRÉPARATOIRES .....</b>	<b>13</b>
3.1 LOCALISATION DES INFRASTRUCTURES.....	13
3.2 PROBLÉMATIQUE .....	13
3.3 CHOIX DE L'INTERVENTION.....	14
3.4 EXIGENCES DE LA VILLE .....	15
3.5 DESCRIPTION DES TRAVAUX À RÉALISER .....	15
3.5.1 Alimentation temporaire en eau potable.....	16
3.5.2 Interventions supplémentaires de la Ville de Beauceville .....	17
3.6 ESSAIS DE CONTRÔLE .....	17
3.7 COÛTS DES TRAVAUX.....	18
3.7.1 Coûts directs .....	18
3.7.2 Coûts socio-économiques.....	19
3.8 CALENDRIER DE RÉALISATION.....	20
<b>4. PROGRAMME DE SUIVI EXPÉRIMENTAL.....</b>	<b>21</b>
4.1 PRÉOCCUPATIONS.....	21
4.2 DESCRIPTION DES PARAMÈTRES DE CONTRÔLE.....	21

4.3 MÉTHODOLOGIE .....	22
<b>5. RÉALISATION DES TRAVAUX D'EXPÉRIMENTATION .....</b>	<b>23</b>
<b>6. RÉSULTATS DES TRAVAUX D'EXPÉRIMENTATION .....</b>	<b>25</b>
6.1 PERFORMANCE DU REVÊTEMENT .....	25
6.1.1 Propriétés physiques et mécaniques du revêtement.....	25
6.1.2 Résistance chimique .....	26
6.1.3 Coefficient de Hazen-Williams.....	27
6.1.4 Épaisseur du revêtement.....	27
6.1.5 Autres défauts.....	28
6.1.6 Comparaison des résultats avec les propriétés d'autres conduites en matières plastiques.....	29
6.2 PROCÉDURE DE RÉPARATION SUBSÉQUENTE .....	32
6.3 ÉTANCHÉITÉ DE LA CONDUITE ET DES ENTRÉES DE SERVICE .....	32
6.3.1 Étanchéité de la conduite .....	32
6.3.2 Étanchéité des entrées de service .....	32
6.4 APPLICATION DU REVÊTEMENT .....	33
6.5 DURÉE DE L'INTERVENTION ET PERTURBATIONS OCCASIONNÉES.....	33
6.6 IMPACTS SUR LA DURÉE DE VIE DE L'INFRASTRUCTURE .....	33
<b>7. ANALYSE DES RÉSULTATS DU SUIVI EXPÉRIMENTAL .....</b>	<b>35</b>
<b>8. LEÇONS APPRISES .....</b>	<b>37</b>
<b>9. CONCLUSION.....</b>	<b>39</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 – Chiffrier pour indiquer les caractéristiques de projection .....	9
Tableau 2 – Liste des essais retenus .....	12
Tableau 3 – Ventilation des coûts des travaux .....	19
Tableau 4 – Sommaire des résultats des tests mécaniques et physiques.....	26
Tableau 5 – Comparaison des propriétés de la résine polymérique avec les spécifications des conduites en PVC et en PE .....	31

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 – Embout en laiton.....	4
Figure 2 – Nettoyage de la conduite à basse pression d’eau .....	5
Figure 3 – L’état de la conduite après le nettoyage .....	5
Figure 4 – Test de projection de résine .....	6
Figure 5 – Tableau de contrôle du mélange projeté .....	7
Figure 6 – Vue rapprochée du tableau de contrôle.....	7
Figure 7 – Essai terrain avant le projet .....	10
Figure 8 – Normes en cours d’élaboration pour la projection de résine *.....	11
Figure 9 – La pente de la 84 <sup>e</sup> Rue entre la rue Lambert et la 40 <sup>e</sup> Avenue.....	13
Figure 10 – État des conduites - présence de tubercules.....	14
Figure 11 – Puits d’accès.....	16
Figure 12 – Appareil de mesure à ultrasons .....	28
Figure 13 – Essai de l’appareil à ultrasons.....	28
Figure 14 – Entrée de service après la projection .....	32
Figure 15 – Autre entrée de service après la projection .....	33

## **ANNEXES**

ANNEXE I – Résolution 2008-06-3121 de la Ville de Beauceville.....	41
ANNEXE II – Plan de qualité et rapport final.....	45
ANNEXE III – Fiche technique de la résine polymérique .....	49
ANNEXE IV– Plan de localisation.....	53
ANNEXE V– Calendrier et échéancier des travaux.....	55
ANNEXE VI – Résultats des analyses d’eau .....	57
ANNEXE VII – Résultats essais NSF61 .....	58
ANNEXE VIII – Certificat NSF-61 de la résine polymérique.....	63
ANNEXE IX – Résultats des essais mécaniques.....	65
ANNEXE X – Fiche de calcul d’épaisseur ASTM F1216.....	66
ANNEXE XI – Résultats du Burst test.....	69
ANNEXE XII – DVDs d’inspections télévisées .....	73



## 1. INTRODUCTION

La ville de Beauceville possède un réseau de distribution d'eau potable de plus de 50 km de conduites, qui dessert une population de 6 300 habitants.

La Ville, désirant réhabiliter une partie de son réseau, a saisi l'opportunité offerte dans le cadre du volet 2 du programme intergouvernemental *Fonds sur l'infrastructure municipale rurale (FIMR)* pour proposer la réalisation d'un projet d'expérimentation, mettant en œuvre une nouvelle technologie de réhabilitation de conduites d'eau potable.

La technologie par projection de résine polymérique à prise rapide, développée et réalisée par la compagnie Acuro, a été choisie dans le cadre de ces travaux. Jusqu'à la fin de 2009, ce procédé a permis de réhabiliter près de 4 000 mètres de conduites, de diamètres variant de 100 à 250 mm, au Québec et en Ontario. Avant la réalisation du projet de la ville de Beauceville, une démonstration du procédé a été réalisée sur des sites localisés dans les villes de Vaudreuil-Dorion et de Terrasse-Vaudreuil. Il s'agit donc du troisième projet de réhabilitation effectué au Québec. Toutefois, c'est le premier projet qui fait l'objet d'un suivi expérimental.

Les travaux de Beauceville consistaient à réhabiliter 560 mètres d'une conduite d'eau potable en fonte grise, de 150 mm de diamètre. Cette conduite, située sur la 84e Rue, présente une pente prononcée. En plus de générer des problèmes de coloration de l'eau potable, la conduite a eu plusieurs bris au cours des dernières années.

La réalisation des travaux a pour but de réhabiliter les sections de conduite défectueuses, tout en vérifiant et validant la performance et les capacités de cette nouvelle technique de projection de résine polymérique.

Ce rapport présente, au chapitre 2, la description de la nouvelle technologie, les travaux préparatoires et le programme de suivi expérimental des travaux de réhabilitation, respectivement aux chapitres 3 et 4. Le chapitre 5 décrit brièvement la réalisation des travaux et il est suivi du chapitre 6 présentant les résultats des travaux d'expérimentation. On y retrouve également, au chapitre 7, l'analyse des résultats permettant d'évaluer les performances de la technologie sous diverses contraintes, ainsi que la comparaison entre les coûts directs de la technologie de réhabilitation et ceux de la reconstruction. Le chapitre 8 traite des leçons apprises. Une conclusion complète ce rapport.



## **2. PRÉSENTATION DE LA TECHNOLOGIE**

### **2.1 DESCRIPTION DU PROCÉDÉ**

La technique par projection de résine polymérique à prise rapide pour conduites d'eau potable a fait ses débuts en Europe, il y a environ 12 ans. La résine utilisée à l'époque était non structurale et visait à contrer les problèmes de corrosion et de qualité de l'eau.

Depuis l'acquisition de la technologie en 2007, la firme Acuro a développé une résine polymérique à prise rapide, possédant des propriétés mécaniques qui permettent un renforcement structural des conduites d'eau potable.

Le procédé consiste à projeter, à l'aide d'un pistolet, plusieurs couches de résine polymérique (selon la force structurale désirée). Pour les conduites non visitables, le pistolet projecteur est positionné à l'extrémité de la conduite et tiré lentement le long de celle-ci. Il est préférable que la conduite soit droite, sans présence de coude. La vitesse de déplacement du pistolet projecteur est contrôlée en fonction de l'épaisseur voulue de la résine afin de permettre une application uniforme sur la paroi interne. Elle varie généralement de trois à cinq mètres par minute, selon le diamètre de la conduite. Le pistolet permet de projeter une épaisseur de résine de 1 millimètre à la fois.

La projection se fait à une température (optimale) d'environ 160 degrés Fahrenheit (71 degrés Celsius) et à une pression d'environ 1600 psi.

L'atomisation de la résine avant sa projection permet d'obtenir les propriétés physiques désirées. Des appareils de mesure, installés sur le pistolet à l'extrémité du boyau de 200 mètres, permettent de contrôler l'application et d'assurer une projection adéquate.

Le diamètre de la conduite détermine également le type d'embout en laiton utilisé ainsi que l'angle de projection de la résine à la sortie du pistolet (voir figure 1).

Les différentes étapes de la réalisation sont décrites à la section 2.3.

Pour plus de détails sur la technologie, le lecteur peut se référer à la fiche technique jointe à l'annexe III.



Figure 1 – Embout en laiton

## 2.2 DOMAINE D'APPLICATION

Selon Acuro, ce procédé peut être utilisé pour réhabiliter les conduites d'eau potable de toutes formes, en fonte grise et ductile, en ciment-amiante, en acier et autres, dont les dimensions sont comprises entre 50 et 1 500 mm. Pour toutes les structures de dimensions supérieures (qui sont accessibles physiquement) et pour les regards, les chambres de vanne, les murs de béton et autres, la projection se fait manuellement avec un pistolet.

## 2.3 ÉTAPES DE RÉALISATION

Un projet de réhabilitation de conduite, par cette technologie, comporte trois (3) étapes importantes : la préparation, la projection et la finalisation des travaux.

### 2.3.1 Étape 1 – Préparation de la conduite à réhabiliter

La première étape consiste à faire l'excavation des puits d'accès et à fermer les vannes des branchements de service des résidences afin de permettre d'isoler le tronçon à réhabiliter. Par la suite, la conduite subit un nettoyage exhaustif à basse pression d'eau afin de déloger l'ensemble des dépôts solidifiés pouvant nuire au bon contact du revêtement avec la paroi interne de la conduite (voir figures 2 et 3). Un nettoyage adéquat de la conduite permet une application parfaite de la résine sur la paroi.

Une inspection télévisée est réalisée sur toute la longueur de la conduite afin d'évaluer son état interne, visualiser les défauts (par exemple la présence d'éclats, de perforation, etc.), localiser les branchements de service et les tés, etc.

L'assèchement de la conduite est effectué en utilisant de l'air comprimé. Une surface sèche et exempte de débris est requise pour la projection de la résine afin d'assurer un revêtement lisse et la performance technique.



Figure 2 – Nettoyage de la conduite à basse pression d'eau



Figure 3 – L'état de la conduite après le nettoyage

### 2.3.2 Étape 2 – Application de la résine

La deuxième étape consiste à effectuer la projection de résine sur la paroi interne de la conduite, et ce, dans les deux directions, lorsque possible. Cela permet d'assurer un recouvrement complet, surtout autour des branchements de service.

Avant l'application de la résine dans la conduite hôte, un échantillon est réalisé en projetant de la résine directement sur un morceau de carton blanc (voir figure 4).

L'application de la résine se fait par des couches successives de 1 mm jusqu'à l'atteinte de l'épaisseur requise.



Figure 4 – Test de projection de résine

#### **Le mélange :**

La résine polymérique projetée est composée d'une part de résine et d'une part d'isocyanate, dans un ratio 1 :1. Les figures 5 et 6 présentent le tableau de contrôle servant à contrôler le mélange projeté.

Le mélange est effectué à l'extrémité du pistolet projecteur tout juste avant d'être projeté dans la conduite afin d'assurer un mélange juste et uniforme de la résine.



Figure 5 – Tableau de contrôle du mélange projeté

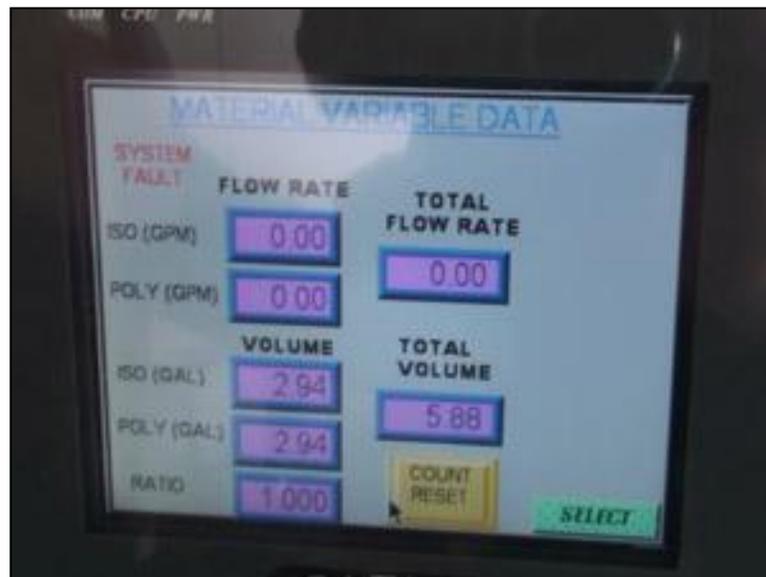


Figure 6 – Vue rapprochée du tableau de contrôle

#### Épaisseur de résine projetée :

L'épaisseur totale de résine à appliquer sur la paroi doit être calculée préalablement. Cela permet de déterminer le nombre de couches d'application requis afin d'obtenir le niveau de protection désiré.

Actuellement, il n'existe aucune norme spécifique en vigueur permettant de calculer l'épaisseur requise pour la projection de résine polymérique de type

structural. Les critères de la « *ASTM<sup>1</sup> 1216-09 Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and curing of a Resin-Impregnated Tube* » qui s'appliquent à la technique de chemisage des conduites sont utilisés pour déterminer l'épaisseur minimale de la résine requise. Notons cependant que deux normes spécifiques à la technique de projection sont en développement pour encadrer cette nouvelle technologie (voir section 2.5).

**Produit fini :**

La résine projetée sèche en environ 7 secondes. Le temps de séchage de la résine étant extrêmement rapide, il est possible, après seulement 30 secondes, de réaliser une inspection télévisée sans laisser de traces de roues.

Normalement, il n'est pas nécessaire de percer les entrées de service car la résine ne les recouvre pas. Si cela se produit, une perceuse vidéo robotisée est utilisée pour la réouverture des entrées de service par l'intérieur de la conduite.

Les propriétés mécaniques maximales de la résine sont atteintes en 72 heures environ.

La capacité d'élongation de 10 % de la résine durcie permet de mieux « absorber » les mouvements du sol, par exemple lors du cycle de gel-dégel et du changement de température de l'eau qui peuvent affecter les propriétés des conduites.

**Contrôle :**

Un (1) opérateur est requis afin de manipuler les instruments de contrôle dans l'unité de projection. Deux autres techniciens sont nécessaires, à l'autre extrémité, pour contrôler le déploiement du boyau.

Le résultat de chaque projection est compilé dans un chiffrier toutes les 10 secondes pour assurer un contrôle de qualité, comme indiqué dans le tableau 1. Le logiciel de contrôle permet de calculer et de vérifier plusieurs facteurs incluant la température, la pression, le ratio et la vitesse d'enroulement du boyau.

---

<sup>1</sup> ASTM : American Society for Testing and Materials

Tableau 1 – Chiffrier pour indiquer les caractéristiques de projection

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	VALUES: 6" pipe - .5 gpm flow - .040 thickness - Hydraulic setting 1400 psi - Pull speed 13 ft. /min.							
3	Data1	Data2	Data3	Data4	Data5	Data6	Data7	Data8
4	ISO PRE	POLY PRE	ISO TEMP	POLY TEMP	FLOW GPM	TOTAL FLOW	VOL. RATIO	SPEED FT/M
5								
6	1383	1433	147	144	11	0	96	1949
7	1620	1850	148	144	0	0	200	1123
8	1471	1500	147	144	57	7	101	1231
9	1468	1491	147	143	60	16	101	1354
10	1469	1492	147	143	56	26	99	1282
11	1467	1493	147	143	60	35	102	1250
12	1458	1485	147	143	63	45	100	1329
13	1458	1482	147	143	60	55	102	1323
14	1463	1485	147	143	59	64	99	1259
15	1447	1471	147	143	57	74	99	1258
16	1443	1463	147	143	56	83	99	1303
17	1445	1467	147	143	55	92	99	1326
18	1436	1460	147	143	56	102	102	1305
19	1448	1469	147	143	57	111	102	1277
20	1444	1467	147	143	55	121	100	1272
21	1466	1485	147	143	57	130	101	1290
22	1482	1498	147	143	60	140	101	1309
23	1474	1494	147	143	63	149	99	1315
24	1479	1498	147	143	62	159	100	1301

### 2.3.3 Étape 3 – Finalisation des travaux

La troisième étape comporte les sous-étapes suivantes :

1. Inspection télévisée après les travaux pour vérifier l'état de la conduite;
2. Raccordement de la conduite;
3. Désinfection de la conduite;
4. Remise en service de la conduite;
5. Mesure du chlore résiduel et de la turbidité;
6. Mesures de pressions dynamique et statique et mesure du coefficient de Hazen-Williams;
7. Remblayage des puits d'accès et rétablissement des lieux.

## 2.4 LIMITES D'APPLICATION DU PRODUIT

### 2.4.1. Température

Bien qu'il soit possible de projeter la résine à une température allant jusqu'à -40 degrés Celsius, il est préférable de réaliser les travaux à des températures au-dessus du point de congélation pour prévenir le gel des pompes et autres appareils qui seront en contact avec l'eau. Cette mesure est particulièrement utile lors du nettoyage des conduites.

#### 2.4.2. La présence d'eau dans la conduite

La conduite doit être exempte d'eau et complètement sèche afin que l'application de la résine soit réussie (la résine est hydrophobique).

Advenant une infiltration d'eau, il sera nécessaire d'effectuer une réparation ponctuelle. Cette opération est presque toujours possible par l'intérieur de la conduite.

#### 2.4.3. Présence d'un revêtement dans la conduite

Si la conduite présente un revêtement bitumineux à l'intérieur, ce dernier doit être enlevé ou contrôlé pour prévenir une réaction du bitume avec la résine lors de la projection, l'objectif étant d'obtenir un revêtement de qualité.

#### 2.4.4. Présence de coudes

La présence de coudes est un facteur à considérer lors de la mise en œuvre du projet. La présence d'un coude ou d'une autre déviation majeure peut provoquer le blocage du véhicule transportant le pistolet de projection. La figure 7 montre un essai terrain visant à maîtriser la technique.



Figure 7 – Essai terrain avant le projet

## 2.5 NORMES ENCADRANT LA TECHNOLOGIE

Comme mentionné plus haut, actuellement, aucune norme n'encadre la technique de projection de résine polymérique. Cependant, des travaux sont en cours pour le

développement de nouvelles normes ASTM (WK23937- *Structural Spray Pipe Renewal Technology*) et AWWA<sup>2</sup> (*Spray-in-Place Polymeric Pipe Lining for Potable Water Pipelines*) relatives à la technique par projection (voir figure 8).

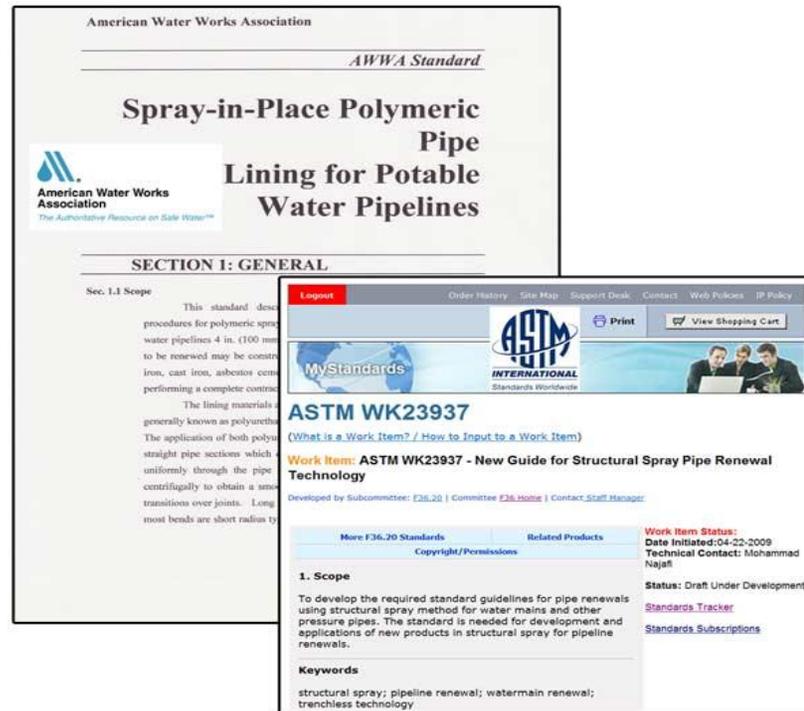


Figure 8 – Normes en cours d'élaboration pour la projection de résine<sup>3</sup> \*

À défaut de disponibilité de norme pour la technique par projection, d'autres normes seront utilisées dans la réalisation des essais. Le tableau 2 montre les essais retenus ainsi que les normes qui sont appliquées, tel que stipulé dans le plan qualité.

<sup>2</sup> AWWA : American Water Works Association. Acuro fait partie de la table de concertation pour le développement de ces deux standards.

<sup>3</sup> Pages tirées des sites Internet de l'AWWA et de l'ASTM International (\*ACURO fait partie des tables de concertation pour le développement de ces deux normes)

Tableau 2 – Liste des essais retenus

Propriétés	Normes dont les critères sont considérés	Exigences normes
<b>Physiques</b>		
Innocuité des produits et des matériaux en contact avec l'eau potable	BNQ ou NSF-61	Conformité
<b>Mécaniques</b>		
Résistance à la traction	ASTM D638 - Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics	21 MPa
Module de flexion	ASTM D790 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials	1 724 MPa
Résistance à la rupture en flexion	ASTM D790 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials	31 MPa

### 3. TRAVAUX PRÉPARATOIRES

#### 3.1 LOCALISATION DES INFRASTRUCTURES

La conduite d'eau potable en fonte grise, faisant l'objet de ce projet d'expérimentation, est localisée sur la 84e Rue à Beauceville. Une grande partie se trouve sur une pente, entre la rue Lambert et l'impasse nord, tandis qu'environ 300 m sont situés sur un plat, en haut de la pente située dans une emprise.

La section située dans la pente prononcée présente des défis techniques importants, surtout pour le bon fonctionnement des équipements de projection qui sont normalement construits pour fonctionner à l'horizontal. La conduite se trouve à une profondeur moyenne de deux mètres et demi sous la chaussée pavée. Ces contraintes exigent des ajustements autant pour les instruments de projection que pour les procédures de travail sur le terrain.

La figure 9 ci-dessous donne un aperçu de la 84e Rue entre l'avenue Lambert et la 40e Avenue. Un plan de localisation plus détaillé de la conduite d'eau potable et des tronçons de rues est joint à l'Annexe IV de ce rapport.



Figure 9 – La pente de la 84<sup>e</sup> Rue entre la rue Lambert et la 40<sup>e</sup> Avenue

#### 3.2 PROBLÉMATIQUE

La conduite d'eau potable, construite en 1959, délimite deux paliers d'alimentation d'eau ayant des pressions différentes. Les deux paliers mènent dans des sections

ramifiées du réseau. La différence de niveau est d'environ 30 mètres entre les deux extrémités de la conduite.

Au cours des dernières années, la Ville a identifié les problèmes suivants, reliés aux conduites :

- plusieurs bris de conduites depuis les dernières années;
- plaintes d'eau colorée de la part des citoyens;
- pressions et débits d'eau inadéquats.

La Ville recherchait donc une alternative sans tranchée qui permettrait la réhabilitation de ces conduites désuètes et cela, à moindre coût. La figure 10 illustre la condition interne des sections de conduites visées par la réhabilitation.



Figure 10 – État des conduites - présence de tubercules

### 3.3 CHOIX DE L'INTERVENTION

Le suivi expérimental a débuté dès l'étape de l'étude d'avant-projet. À cette étape, la Ville a identifié les sections de conduite à renouveler. Les travaux pouvaient être réalisés par :

- la méthode conventionnelle, consistant à effectuer des tranchées ouvertes et à remplacer les conduites;
- une des méthodes de réhabilitation sans tranchée connues (chemisage, tubage, etc.).

La Ville a plutôt choisi de saisir l'opportunité d'expérimenter une toute nouvelle technologie, consistant à projeter de la résine polymérique à prise rapide et structurale. La réhabilitation des conduites par cette technologie peut se faire sans installation de réseau temporaire.

Cette technologie fait partie de la gamme des revêtements projetés structuraux et semi-structuraux. Ces derniers font partie des techniques disponibles pour les travaux de réhabilitation dans le secteur de l'eau<sup>4</sup>.

### **3.4 EXIGENCES DE LA VILLE**

Aucun devis spécifique n'a été préparé pour ce projet. Puisqu'il s'agissait d'un projet pilote financé par le MAMROT, la Ville a seulement adopté une résolution accordant la réalisation des travaux à l'entreprise ACURO. Les exigences de la Ville tiennent compte des particularités du projet et identifient clairement les performances attendues suite aux travaux de réhabilitation des sections de conduite d'eau potable.

Les exigences de la Ville sont les suivantes :

- Ne pas installer de réseau d'alimentation temporaire;
- Obtenir l'adhérence adéquate de la résine à la paroi interne de la conduite;
- Assurer une parfaite étanchéité;
- Permettre un bon écoulement de l'eau (coefficient H-W);
- Renforcer structurellement la conduite;
- Remettre la conduite en service à la fin de chaque journée.

### **3.5 DESCRIPTION DES TRAVAUX À RÉALISER**

Le projet consiste à expérimenter une nouvelle technologie, soit la projection d'une résine polymérique à prise rapide, pour renouveler une conduite en fonte grise de 150 mm de diamètre et d'une longueur de 560 mètres, et lui redonner une capacité structurale.

---

<sup>4</sup> Environmental Protection Agency (EPA), 2009. Rehabilitation of Waste Water Collection and Water Distribution Systems - State of Technology Report.  
Disponible en ligne <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r09048/600r09048.pdf>

Les travaux incluent les éléments suivants:

- La localisation de la conduite;
- l'excavation de six puits d'accès par la Ville (voir la figure 11);
- la fermeture de vannes de rues;
- la fermeture des entrées de service;
- le nettoyage hydraulique des conduites;
- l'inspection télévisée suite au nettoyage;
- le séchage avec air pressurisé;
- la projection de trois couches de résine, totalisant 3 mm;
- l'inspection télévisée après chacune des projections;
- l'ajout d'une nouvelle vanne de rue de 150 mm;
- le remplacement d'une vanne de rue de 150 mm;
- le contrôle de la qualité de l'eau potable;
- la remise en service de la conduite.

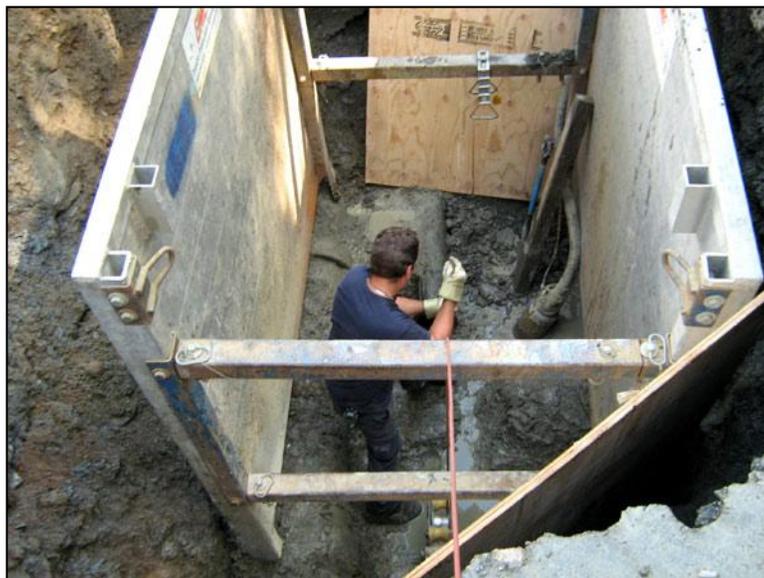


Figure 11 – Puits d'accès

D'autres activités, telles que décrites dans les sections ci-dessous, ont été exclues ou ajoutées.

### 3.5.1 Alimentation temporaire en eau potable

À la demande de la Ville, aucun réseau d'alimentation temporaire n'a été installé. C'est pourquoi ces travaux ne sont pas décrits dans le bordereau et dans la description des travaux.

La procédure utilisée dans le cadre de ces travaux est la suivante :

- Un avis d'ébullition est remis aux citoyens affectés par les travaux, leur indiquant aussi que le service d'eau potable sera interrompu entre 8 h et 18 h, et ce, pour deux journées consécutives.

**Jour 1**

- La conduite à réhabiliter est nettoyée et raccordée au réseau par une seule extrémité. L'autre extrémité est bouchonnée, créant ainsi un cul-de-sac artificiel. Après le nettoyage, la conduite est désinfectée et le chlore résiduel et la turbidité sont mesurés. La conduite est remise en service avant 18 h.

**Jour 2**

- Le matin, le manchon et le bouchon sont enlevés et la conduite est remise hors service. La projection de résine, les inspections télévisées et le perçage des entrées de service, lorsque nécessaire, sont complétés. Un minimum de 30 minutes est requis suite à la dernière projection de résine avant de remettre la conduite en service. La remise en service est effective avant 18 h.
- Des échantillons d'eau sont recueillis et analysés en laboratoire. Les résultats obtenus confirment la conformité des échantillons d'eau. L'avis d'ébullition est donc levé, soit quelque 48 heures plus tard.

**3.5.2 Interventions supplémentaires de la Ville de Beauceville**

Des interventions de la Ville de Beauceville ont eu lieu sur le dernier tronçon (dernier puits au bout de la 84e Rue) afin d'améliorer le réseau d'eau potable existant. Il s'agit de l'enlèvement de deux coudes de 45 degrés pour les remplacer par deux coudes de 11 degrés.

**3.6 ESSAIS DE CONTRÔLE**

Des essais de contrôle doivent être réalisés pour vérifier les différentes fonctionnalités spécifiées par la Ville et aussi pour répondre aux préoccupations listées dans la section 4.1. Les essais comprendront, entre autres, une lecture des pressions et la réalisation des inspections télévisées. Cependant, aucun essai d'étanchéité ne sera fait puisque les entrées de service demeurent ouvertes pendant la projection et peuvent donc laisser passer de l'eau hautement pressurisée à l'intérieur des résidences, risquant d'endommager la plomberie.

Après la projection et avant la remise en service de la conduite, cette dernière est désinfectée sous la surveillance du représentant de la Ville. Le rinçage de la conduite est effectué jusqu'à ce que le chlore contenu dans le réseau atteigne les sections de conduite et que le pourcentage requis de chlore soit mesuré.

### 3.7 COÛTS DES TRAVAUX

Il est important de considérer autant les coûts directs que les coûts socio-économiques associés aux travaux.

Les coûts directs sont les coûts financiers inhérents au projet. De façon plus concrète, ce sont les coûts de construction et les contingences (planification, conception, et surveillance des travaux). Ces coûts incluent aussi les coûts de laboratoire, de financement, de servitude, etc., s'il y a lieu.

Les coûts socio-économiques<sup>5</sup> sont tous les coûts qui sont engendrés par les travaux et qui ne font pas partie des coûts directs. Ces coûts englobent les coûts indirects et les coûts sociaux. Les coûts indirects sont les coûts associés aux inconvénients subis par les riverains de la zone de travaux (personnes habitant, travaillant ou se déplaçant dans les environs des chantiers) lors de travaux de construction et qui peuvent entraîner des compensations monétaires. Les coûts sociaux sont les coûts, quantifiables ou non, représentatifs d'un inconfort dû à un chantier et qui sont subis par l'ensemble de la collectivité.

#### 3.7.1 Coûts directs

Dans le cadre de ce projet, les coûts des travaux, incluant le suivi expérimental et la rédaction du rapport, s'élèvent à 148 500 \$. Ces coûts n'incluent pas les travaux d'excavation et de remblayage des puits d'accès, car ces derniers ont été effectués par la Ville. Les coûts assumés par la Ville doivent cependant être ajoutés aux coûts des travaux de la réhabilitation pour faire une comparaison juste avec les coûts de remplacement.

---

<sup>5</sup> CERIU, 2010. Guide pour l'évaluation des coûts socio-économiques des travaux de renouvellement des conduites d'eau potable et d'égout

Disponible en ligne

[[http://www.mamrot.gouv.qc.ca/publications/infrastructures/guide\\_couts\\_conduites\\_eau.pdf](http://www.mamrot.gouv.qc.ca/publications/infrastructures/guide_couts_conduites_eau.pdf)]

La ventilation des coûts, pour chacune des activités, se trouve dans le tableau 3 :

Tableau 3 – Ventilation des coûts des travaux

Item	Description	Coût
1	Préparation du mandat et visite de terrain	3 000 \$
2	Analyse d'eau en laboratoire	2 000 \$
3	Coût pour le suivi expérimental	15 000 \$
4	Fourniture et installation de deux vannes	3 000 \$
5	Nettoyage, assèchement et préparation	25 000 \$
6	Fourniture et projection de la résine	95 000 \$
7	Désinfection, rinçage et remise en service	2 000 \$
8	Autres frais	3 500 \$
	<b>Coût total des travaux :</b>	<b>148 500 \$</b>

Les coûts directs des travaux de réhabilitation sont nettement inférieurs à ceux estimés pour les travaux de remplacement (560 000\$).

Cela reflète ce qui est généralement perçu en comparant les coûts des techniques de réhabilitation sans tranchée à ceux du remplacement avec tranchée.

### 3.7.2 Coûts socio-économiques

Les coûts socio-économiques n'ont pas été estimés dans le cadre de ce projet. Cependant, les types de perturbations généralement occasionnées par les travaux d'infrastructures sont assez connus<sup>6</sup>.

À défaut de calculer les coûts socio-économiques relatifs au présent projet, une comparaison des impacts de la nouvelle technologie avec ceux que pourrait engendrer une méthode de remplacement traditionnelle devrait permettre d'avoir une idée des coûts évités. En effet, les travaux par la méthode traditionnelle de remplacement avec tranchée soulèvent de nombreux problèmes connexes en milieu urbanisé. Par exemple, toute interruption de la circulation,

<sup>6</sup> Le lecteur peut trouver plus de détails pour l'évaluation des coûts socio-économiques dans le rapport disponible sus référencé

partielle ou complète, entraîne des désagréments aux utilisateurs riverains. Également, l'excavation des tranchées peut affecter la durabilité des infrastructures avoisinantes et des chaussées. Elle est difficilement justifiable lorsque les surfaces de roulement sont en bon état.

### **3.8 CALENDRIER DE RÉALISATION**

Les travaux de réhabilitation sur le terrain ont été réalisés du 27 juillet au 8 août 2009. L'échéancier des travaux, décrivant les différentes étapes ainsi que le personnel requis durant les travaux, se trouve à l'annexe V.

## **4. PROGRAMME DE SUIVI EXPÉRIMENTAL**

Le suivi expérimental est l'une des étapes les plus importantes de la réalisation d'un projet d'expérimentation. Cette section présente le contenu du programme de suivi expérimental.

### **4.1 PRÉOCCUPATIONS**

Certaines interrogations ont été soulevées quant à la performance de la projection de la résine polymérique dans la conduite. Le projet fera en sorte d'y répondre, selon les moyens mis à sa disposition.

Les éléments d'intérêt à vérifier sont les suivants :

- Performance du revêtement :
  - physique;
  - mécanique;
  - chimique;
  - coefficient de Hazen-Williams;
  - épaisseur du revêtement;
  - autres défauts;
- Procédure de réparation subséquente;
- Étanchéité de la conduite réhabilitée et des entrées de service;
- Application du revêtement;
- Durée de l'intervention et perturbations occasionnées;
- Impacts sur la durée de vie de l'infrastructure.

### **4.2 DESCRIPTION DES PARAMÈTRES DE CONTRÔLE**

Les propriétés du produit seront contrôlées pour leur conformité selon la norme NSF-61, en ce qui a trait à l'innocuité des produits et des matériaux en contact avec l'eau potable. Le produit ne sera pas testé selon la norme BNQ 3660-950. Cette dernière accepte la norme NSF-61 avec, en surplus, des exigences pour préserver la qualité esthétique de l'eau.

Des inspections télévisées permettront de vérifier entre autres, l'état physique de la conduite avant et après le nettoyage et aussi après les travaux de réhabilitation.

Un essai doit être effectué plus tard par la Ville, pour valider le coefficient de Hazen-Williams de la conduite réhabilitée. La valeur du coefficient post-réhabilitation à

anticiper devrait être d'environ 110. Normalement, cet essai devrait être effectué avant et après la réhabilitation de la conduite.

Afin d'aider à déterminer la durée de l'intervention et d'évaluer certains paramètres économiques, des figures ainsi que des données sur le temps de production, le nombre d'ouvriers, l'équipement utilisé et le temps d'interruption du service doivent être notés quotidiennement durant la période d'exécution des travaux.

### **4.3 MÉTHODOLOGIE**

Le suivi scientifique est réalisé de la façon suivante :

- Inspection de la conduite avant les travaux de réhabilitation;
- Réalisation des travaux;
- Inspection de la conduite après les travaux de réhabilitation;
- Réalisation des essais afin de vérifier les paramètres de contrôle;
- Production d'un rapport.

## 5. RÉALISATION DES TRAVAUX D'EXPÉRIMENTATION

Les travaux ont été réalisés suivant les trois étapes présentées dans la description de la technologie (section 2.3). Celles-ci consistent en la préparation de la conduite à réhabiliter, l'application de la résine et la finalisation des travaux.

Une inspection télévisée (voir les rapports et DVDs joints en annexes) et des observations ont été effectuées, avant la réhabilitation, pour relever la condition existante de la conduite à réhabiliter. Le suivi est également fait lors de la mise en place du produit afin de permettre l'appréciation de la technique utilisée ainsi que ses qualités et limites.

Le nettoyage de la conduite a été effectué avec de l'eau pressurisée à basse pression. Cependant, des efforts additionnels ont été requis afin de déloger au maximum la couche protectrice de bitume ainsi que les incrustations de manganèse sur la paroi intérieure de la conduite. Il est à noter qu'aucune alimentation temporaire n'a été utilisée lors des travaux. À la fin des travaux, pour s'assurer de la qualité de l'eau, un consultant de la Ville a recueilli des échantillons pour les faire analyser en laboratoire. Les résultats d'analyse microbiologique attestant la conformité des échantillons prélevés se trouvent à l'Annexe VI.

De façon générale, les travaux de réhabilitation se sont déroulés sans problèmes majeurs. Toutefois, quelques difficultés se sont présentées.

- Lors de la projection dans la première section de conduite, le pistolet de projection a été bloqué par la résine à cause de la contre-pente prononcée, causant un refoulement de la résine. Cela a entraîné une accumulation de résine sur l'embout, et cette problématique a été résolue en augmentant la circulation d'air en aval.
- Sur la première section de conduite, il y a eu formation de petites bulles, dont le diamètre pouvait atteindre 5 mm. Ces bulles ont été causées par l'évaporation de l'eau située derrière le bitume qui n'avait pas été complètement délogé de la paroi. Ce problème a été résolu, pour les autres tronçons, en modifiant la technique de nettoyage. Il a également été noté la présence de manganèse dans la conduite.

- Le puits d'accès central a dû être agrandi dans le but de permettre d'atteindre les deux sections de conduite à la fois, permettant ainsi d'éviter un té et deux vannes de rues additionnelles.
- Aucune mesure du coefficient de Hazen-Williams n'a été faite suite aux travaux.
- Les mesures de pression prises le 24 août 2009 n'étaient pas concluantes dû au mauvais fonctionnement d'un accessoire sur la conduite.

## 6. RÉSULTATS DES TRAVAUX D'EXPÉRIMENTATION

Cette section présente les résultats relatifs à chacune des préoccupations mentionnées dans la section 4.1.

### 6.1 PERFORMANCE DU REVÊTEMENT

Cette section présente les propriétés relatives à la performance du revêtement de résine polymérique.

À titre indicatif, et afin de mieux apprécier sa performance et de vérifier si elle se rapproche de celle d'une conduite en plastique, les caractéristiques du revêtement de résine seront comparées à celles d'une conduite neuve en polychlorure de vinyle (PVC) et en polyéthylène (PE).

#### 6.1.1 Propriétés physiques et mécaniques du revêtement

Les propriétés physiques et mécaniques du revêtement de résine polymérique sont évaluées en laboratoire. Des échantillons indépendants ont été utilisés pour tester les performances du revêtement. Les résultats sont compilés dans le tableau 4 ci-dessous.

**Propriétés physiques :** De la résine polymérique projetée sur un échantillon a été testée pour son innocuité en contact avec l'eau potable. Au moment de la réalisation de ces travaux, les tests en laboratoire démontraient que la résine polymérique de ACURO répondait aux exigences requises par la norme NSF61-5 concernant l'innocuité des produits en contact avec l'eau potable, pour une utilisation dans des conduites d'eau potable de 10 cm (4 pouces) de diamètre et plus. Depuis le mois d'août 2011, la résine polymérique a été certifiée NSF-61.

Les tests ont été réalisés par le laboratoire TRESDAIL LABORATOIRES Inc., selon les critères précisés dans la norme ANSI/NSF61-5. Les résultats détaillés des analyses laboratoire ainsi que le certificat de conformité sont présentés respectivement aux annexes VII et VIII.

**Propriétés mécaniques :** Il n'existe aucune norme spécifique pour ce type de revêtement. Pour mesurer les propriétés mécaniques, les normes applicables aux produits de chemisage ont été utilisées sur des échantillons d'épaisseurs variant de 3,55 à 4,13 mm. Les résultats obtenus ont démontré que les propriétés

mécaniques de la résine testée sont supérieures à celles requises pour une gaine appliquée à une conduite (voir tableau 4). Ces résultats mécaniques, combinés aux conditions locales des travaux de Beauceville, sont utilisés dans un calcul ASTM visant à établir l'épaisseur minimale requise pour obtenir une résine de capacité structurale. Les résultats des tests mécaniques ainsi que la fiche de calcul de l'épaisseur sont présentés respectivement aux annexes IX et X.

Tableau 4 – Sommaire des résultats des tests mécaniques et physiques

Propriétés	Normes dont les critères sont considérés	Exigences normes	Résultats laboratoire Échantillons testés
<b>PHYSIQUES</b>			
Innocuité des produits et des matériaux en contact avec l'eau potable	BNQ ou NSF-61	Conformité requise	Répond aux critères requis pour NSF-61
<b>MÉCANIQUES</b>			
Résistance à la traction	ASTM D638 - Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics	21 MPa	37,6 MPa
Module de flexion	ASTM D790 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials	1 724 MPa	1 882 MPa
Résistance à la rupture en flexion	ASTM D790 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials	31 MPa	57,4 MPa

### 6.1.2 Résistance chimique

D'après les observations recueillies, la résine semble résistante et empêche l'attachement de dépôts au pourtour intérieur de la conduite. Aucune corrosion interne n'a été décelée.

### 6.1.3 Coefficient de Hazen-Williams

Il n'y a pas eu de mesure de coefficient de Hazen-Williams avant et après les travaux de Beauceville. Selon Acuro, la valeur du coefficient attendue devrait être supérieure ou égale à 110. La Ville a effectué le balancement hydraulique de son réseau en 2009 et a obtenu des valeurs théoriques du coefficient de Hazen-Williams de l'ordre de 60 à 80 pour la 84e Rue. Les valeurs réelles pourraient être supérieures à celles obtenues.

### 6.1.4 Épaisseur du revêtement

L'application de la résine s'est faite en 3 couches, d'une épaisseur d'environ 1 millimètre chacune. L'épaisseur projetée (0,04 po, soit 1 mm) est validée par les données affichées par l'ordinateur de contrôle (voir le tableau 1). Pour les travaux de Beauceville, l'épaisseur totale théorique est donc de 3 mm. Cependant, à cause de l'effet de la gravité, une petite partie de la résine descend vers le fond de la conduite, ce qui réduit l'épaisseur restante dans la partie supérieure à environ 80%. Cela a été considéré lors du calcul du nombre de projections. L'épaisseur totale mesurée aux extrémités de la conduite, dans la partie supérieure, est d'environ 2,4 mm. On peut supposer que la même épaisseur de résine se retrouve tout le long de la conduite puisque le robot utilisé applique la résine de façon uniforme. Mais cela est difficile à confirmer car il n'existait pas, au moment des travaux, d'appareil pour mesurer l'épaisseur le long de la conduite. Cette mesure nécessite un appareil à ultrasons. Ce type d'appareil de mesure est actuellement en développement, en collaboration avec la ville de Vaudreuil-Dorion (figures 12 et 13). Avec cet appareil, il sera possible de mesurer précisément l'épaisseur de résine appliquée.

L'épaisseur projetée devrait être au moins égale à celle établie par calcul (norme ASTM F1216-09) qui donne l'épaisseur minimale requise.

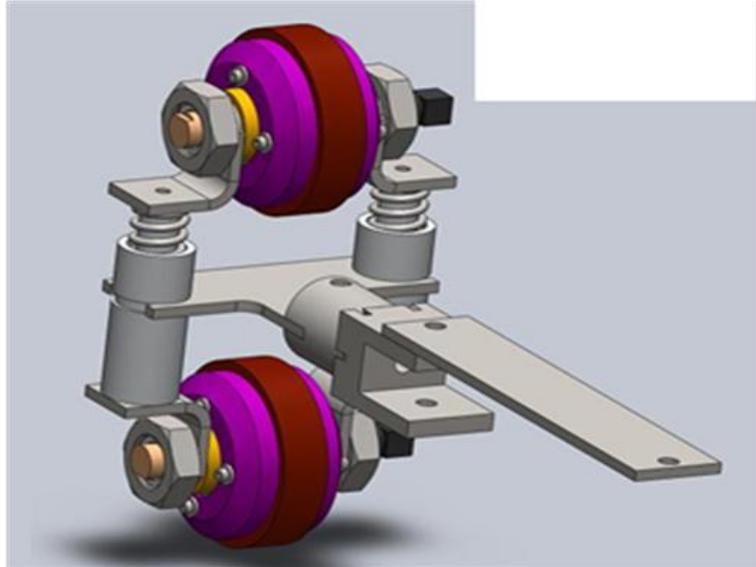


Figure 12 – Appareil de mesure à ultrasons

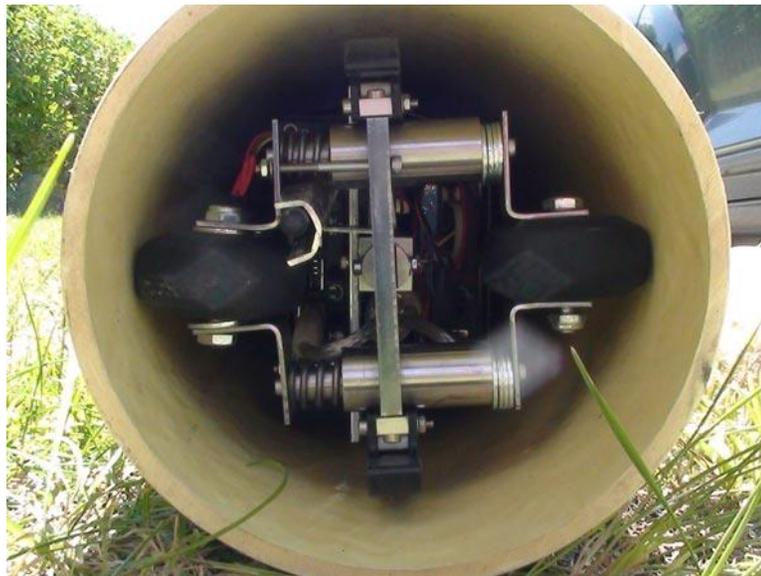


Figure 13 – Essai de l'appareil à ultrasons

#### 6.1.5 Autres défauts

Comme mentionné dans la section 5, pendant les travaux, des petites bulles se sont formées à certains endroits du revêtement, particulièrement dans le premier tronçon.

Suite aux travaux, un bris a été constaté à un endroit spécifique (près du 198, 84e Rue, à 61,3 mètres à l'est de l'intersection de la 40e Avenue) le 29 décembre 2009. Il s'agissait d'un bris circulaire dans la partie inférieure de la conduite. Cette

dernière a été réparée, le même jour, avec un manchon en acier inoxydable de 6 X 16 pouces. Ce bris a probablement été causé par une application défectueuse de la résine. Pour les autres tronçons, l'inspection télévisée de la conduite a permis de constater qu'il n'y avait aucune fissure ou bris interne.

#### 6.1.6 Comparaison des résultats avec les propriétés d'autres conduites en matières plastiques

Pour la comparaison à présenter dans cette section, nous nous référons aux différents résultats obtenus pour l'évaluation de la résine polymérique, auxquels nous comparons les spécifications des conduites en polychlorure de vinyle (PVC) et en polyéthylène (PE). Ces deux matériaux thermoplastiques, largement utilisés dans des applications de réseaux de distribution d'eau, offrent des avantages tels que la résistance à la corrosion, l'amélioration de la capacité hydraulique, la résistance structurale, etc.

Cette comparaison a pour but de vérifier si le revêtement de résine polymérique offre des propriétés comparables à celles des conduites en PVC et en PE. Les éléments comparés sont l'innocuité du matériau en contact avec l'eau potable, la résistance à la traction, le module de flexion, la résistance à la flexion, la résistance chimique et le coefficient de Hazen-Williams.

Nous allons donc considérer des conduites ayant les caractéristiques suivantes :

- Pour le PVC : une conduite de diamètre 150 mm, de DR<sup>7</sup> 18 et de classe de pression 235<sup>8</sup>. Le tuyau en PVC doit être conforme à la norme AWWA C900-07<sup>9</sup>. Le matériau de fabrication du tuyau de PVC doit être conforme à la norme NQ 3624-250<sup>10</sup> qui stipule une classification cellulaire de 12454, selon la norme ASTM D1784<sup>11</sup>.

<sup>7</sup> DR : Rapport de dimensions (Dimension ratio) obtenu en divisant le diamètre extérieur moyen de la conduite par l'épaisseur minimale

<sup>8</sup> Classe de pression selon AWWA C900-07

<sup>9</sup> AWWA C900-07 : American Water Works Association Standard for Polyvinyl Chloride (PVC) Pressure Pipe and Fabricated Fittings, 4 In. Through 12 In. (100 mm Through 300 mm), for Water Transmission and Distribution - [www.awwa.org](http://www.awwa.org)

<sup>10</sup> NQ 3624-250 - Tuyaux et raccords en poly(chlorure de vinyle) non plastifié (PVC-U) - Tuyaux rigides pour adduction et distribution de l'eau sous pression - Caractéristiques et méthodes d'essais

<sup>11</sup> Pour des précisions sur la classification cellulaire selon ASTM D 1784:  
[http://www.ides.com/property\\_descriptions/ASTMD1784.asp](http://www.ides.com/property_descriptions/ASTMD1784.asp)

- Pour le PE : une conduite de diamètre 160 mm, de DR 11 et de classe de pression 160<sup>12</sup>. Le tuyau de PE doit être conforme à la norme AWWA C906-07<sup>13</sup>. Le matériau de fabrication du PE doit être conforme à la norme NQ 3624-027/2000<sup>14</sup> qui stipule une classification cellulaire de 334434 selon la norme ASTM D 3350<sup>15</sup>.

Les trois matériaux sont conformes à une utilisation avec l'eau potable (innocuité) et sont résistants à la corrosion chimique.

La résine polymérique présente des propriétés mécaniques (résistance en tension, résistance en flexion, module de flexion) inférieures à celles du PVC, mais supérieures à celles du PE.

Quant au coefficient de Hazen-Williams, celui de la résine est inférieur à ceux du PVC et du PE.

Les résultats de comparaison sont présentés dans le tableau 5.

---

<sup>12</sup> Classe de pression selon AWWA C906-07

<sup>13</sup> AWWA C906-07 : American Water Works Association Standard for Polyethylene (PE) Pressure Pipe and Fittings, 4 In. (100 mm) Through 63 In. (1,600 mm), for Water Distribution and Transmission

<sup>14</sup> NQ 3624-027/2000 –Tuyaux et raccords en polyéthylène (PE) – Tuyaux pour le transport des liquides sous pression – Caractéristiques et méthodes d'essais

<sup>15</sup> Pour des précisions sur la classification cellulaire selon ASTM D 3350 : [http://tubos.comze.com/pages/pdf/Piping\\_Nonmetallic\\_D01-D02.pdf](http://tubos.comze.com/pages/pdf/Piping_Nonmetallic_D01-D02.pdf)

Tableau 5 – Comparaison des propriétés de la résine polymérique avec les spécifications des conduites en PVC et en PE

Propriétés	Conduite en PVC	Conduite en PE	Revêtement de résine polymérique
<b>Physiques</b>			
Innocuité des produits et des matériaux en contact avec l'eau potable	Conformité (BNQ ou NSF-61)	Conformité (NSF-61)	Répond aux critères requis pour NSF-61
<b>Mécaniques</b>			
Résistance à la traction	<b>48,3 MPa</b> (min) (Classification cellulaire 12454 - ASTM D1784)	<b>17,9-20,68 MPa</b> (Classification cellulaire 334434 - ASTM D3350) - ASTM D638	<b>37,6 MPa</b> (ASTM D638)
Module de flexion*	<b>2482 MPa – 2895,8 MPa</b> <sup>16</sup> (ASTM D790)	<b>551,58 – 758,4 MPa</b> (Classification cellulaire 334434 - ASTM D3350) ASTM D790	<b>1 882 MPa</b> (ASTM D790)
Résistance à la rupture en flexion*	<b>89,6 à 100 MPa</b> <sup>17</sup> (ASTM D790)	11,7-13,8 MPa** (ASTM D695)	<b>57,4 MPa</b> - (ASTM D790)
<b>Autres propriétés</b>			
Résistance chimique	Insensibilité à la corrosion (ANSI/AWWAC900)	Excellente résistance chimique <sup>18</sup>	Pas de corrosion notée
Coefficient de Hazen-Williams	150	150	Non mesuré, mais estimé à 110.

\* Généralement, les tuyaux de PVC utilisés pour les conduites d'eau potable respectent la conformité à la norme AWWA (C900 pour les conduites de diamètre de 100 à 300 mm). Cette norme ne requiert pas de tests de flexion (informations obtenues des fabricants de tuyaux IpeX et Royal Group). Néanmoins, des données ont été trouvées dans certains documents.

\*\*Ces données sont des valeurs moyennes obtenues du site du CNRC (<http://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/idp/irc/dcc/digest-construction-220.html>)

<sup>16</sup> Plastic Pipe and Fittings Association (PPFA). 2008-2009. PVC piping systems for commercial and industrial applications. En ligne - [www.ppfahome.org/Attach/PVC\\_Design\\_Guide\\_Approved.pdf](http://www.ppfahome.org/Attach/PVC_Design_Guide_Approved.pdf)

<sup>17</sup> Ibid.

<sup>18</sup> Source : CNRC - CBD-220-F. Tuyauterie thermoplastique. En ligne - <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/idp/irc/dcc/digest-construction-220.html>

## 6.2 PROCÉDURE DE RÉPARATION SUBSÉQUENTE

Il est possible de procéder à une réparation subséquente, selon la procédure suivante : il faut tout d'abord bien nettoyer la surface de la conduite avec une brosse, par l'intérieur à l'aide d'un robot, et la rendre un peu abrasive afin de faciliter l'adhérence de la résine. Par la suite, il suffit tout simplement de projeter de la résine par-dessus.

## 6.3 ÉTANCHÉITÉ DE LA CONDUITE ET DES ENTRÉES DE SERVICE

### 6.3.1 Étanchéité de la conduite

Aucune fuite n'a été détectée au niveau de la conduite avant et après la pose du revêtement, ainsi qu'à moyen et long termes.

### 6.3.2 Étanchéité des entrées de service

Aucun test d'étanchéité n'a été effectué au niveau des entrées de service, car cela aurait eu, comme éventuel risque, des bris au niveau des entrées de service et de la plomberie résidentielle. D'autre part, le test n'était pas nécessaire puisque la résine épouse parfaitement le contour des entrées de service, surtout celles pénétrantes, offrant ainsi une excellente étanchéité. Dans le cas d'une entrée de service non pénétrante, la résine n'obstrue pas l'entrée. Les figures 14 et 15 montrent des entrées de service après la projection de la résine.

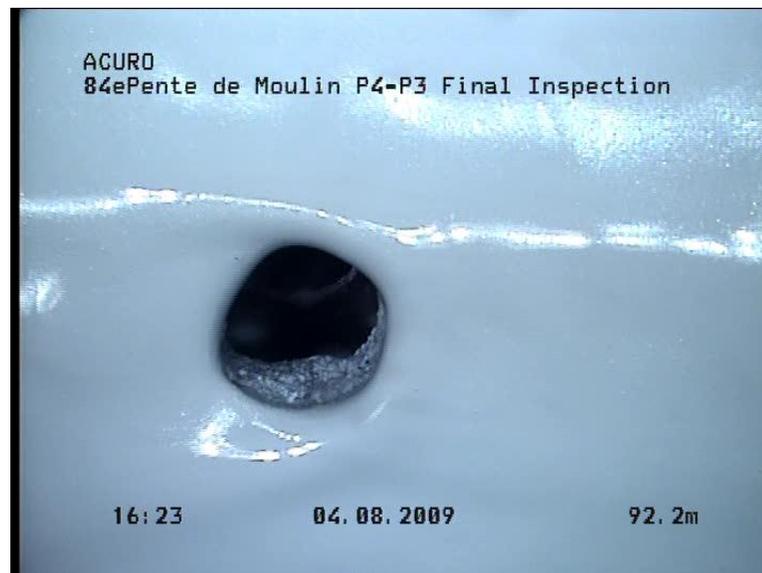


Figure 14 – Entrée de service après la projection

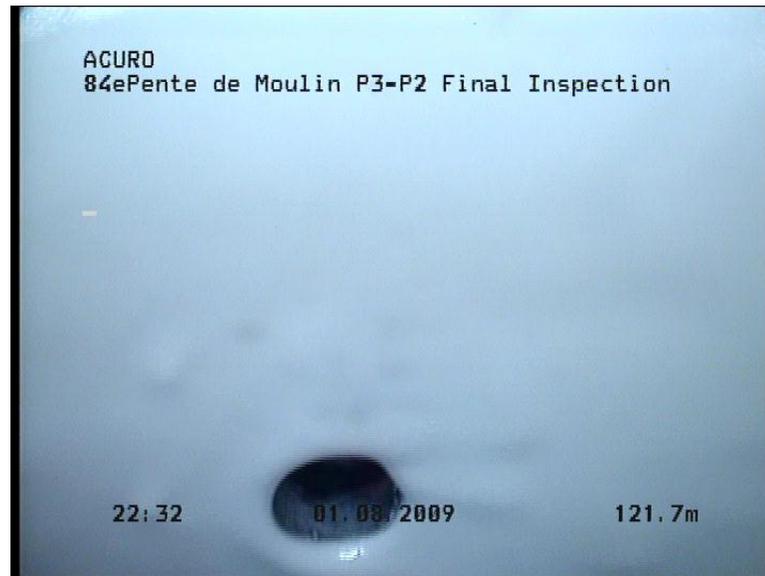


Figure 15 – Autre entrée de service après la projection

#### **6.4 APPLICATION DU REVÊTEMENT**

Lors de l'application du revêtement, une attention particulière a été portée aux éléments pouvant constituer une problématique. Il s'agit des éléments présentés dans la section 2.4 – Limites d'application du produit. Toutes les mesures ont été prises pour le bon déroulement des travaux.

#### **6.5 DURÉE DE L'INTERVENTION ET PERTURBATIONS OCCASIONNÉES**

Le projet s'est déroulé selon l'échéancier proposé à la Ville de Beauceville. La date du 8 août 2009 a été respectée. Les quelques perturbations occasionnées concernent l'arrêt du service d'approvisionnement en eau (entre 8 h et 18 h) et les perturbations à la circulation.

#### **6.6 IMPACTS SUR LA DURÉE DE VIE DE L'INFRASTRUCTURE**

Le revêtement appliqué a la capacité de remplir sa fonction spécifique, selon les sollicitations extérieures à moyen et long termes. La résine est conçue pour une durée de vie de 50 ans, mais la durée de vie réelle est estimée à 75 - 100 ans (voir annexe III).



## 7. ANALYSE DES RÉSULTATS DU SUIVI EXPÉRIMENTAL

L'analyse des résultats de l'expérimentation permet de faire ressortir les éléments suivants :

- L'épaisseur du revêtement étant d'environ 3 mm, la réduction du diamètre de la conduite suite aux travaux est estimée à 6 mm.
- Selon le fournisseur, le coefficient de Hazen-Williams est évalué à environ 110.
- Compte tenu de la nature du revêtement, les problèmes de corrosion interne et de rugosité qui menaçaient la conduite existante sont maîtrisés.
- La technique par projection n'obstrue pas les entrées de service. Ainsi, il n'est pas nécessaire d'effectuer des tests d'étanchéité, surtout avec le risque d'endommager la vanne et les entrées de service. Ce test est possible pour les conduites neuves ou les conduites réhabilitées par la technique de chemisage.
- L'application de la résine semble adéquate sur la paroi de la conduite, autour des entrées de service et aux joints.
- Selon la Ville de Beauceville, le coût pour effectuer les travaux par tranchée conventionnelle est estimé à 560 000 \$; ce coût ne considère pas les coûts socio-économiques. Sachant qu'environ 200 mètres de conduite sont situés sous une pente abrupte, une base moyenne des coûts, pour ce genre de travail, serait entre 800 \$ et 1 200 \$ le mètre linéaire. Ce coût inclut tous les travaux devant être réalisés afin d'effectuer le remplacement de la conduite par une méthode traditionnelle, soit l'excavation, la pose de la nouvelle conduite, les accessoires, les divers essais, le matériel, l'alimentation en eau temporaire ainsi que les coûts relatifs à la remise en état de la chaussée et des lieux.

En comparaison, les travaux effectués avec la nouvelle technologie ont coûté 148 500 \$, sans tenir compte des coûts des puits d'accès, ce qui représente environ 26,5 % des coûts des travaux en tranchée.

- Les coûts des travaux de réhabilitation par projection de résine polymérique pourraient diminuer en fonction de la demande, ce qui pourrait augmenter les avantages par rapport aux travaux de remplacement, d'autant plus que la durée de vie utile peut atteindre 100 ans (voir annexe II).
- La Ville n'a noté aucune plainte pour la coloration de l'eau depuis la fin des travaux.



## 8. LEÇONS APPRISSES

Lors de la réalisation du projet de réhabilitation de la conduite d'eau potable de la 84e Rue à Beauceville, il est ressorti certains éléments que nous jugeons importants de répertorier dans cette section :

- Les travaux ont été réalisés sur la base de l'entente entre la Ville de Beauceville et la firme ACURO. De ce fait, le contenu du plan de qualité (voir annexe II) soumis par la suite par le comité de suivi ne pouvait constituer une obligation pour le fournisseur. Certains des tests demandés dans le plan de suivi (la résistance au cisaillement, la résistance à la pression externe et la résistance au décollement (pelage 180 degrés) n'ont pas été jugés pertinents ou étaient trop dispendieux pour être réalisés dans le cadre de ce mandat. Cela limite donc l'appréciation de toutes les performances de la technologie.
- Il est important de prendre certaines dispositions pour la réussite de l'application du revêtement de résine :
  - Un nettoyage complet de la paroi de la conduite doit être effectué afin de déloger le bitume, le manganèse et autre dépôt collés sur la paroi afin d'empêcher une réaction avec la résine.
  - Le revêtement doit être projeté de façon uniforme dans la conduite, en épousant bien la paroi interne, sans tenir compte des changements minimes de diamètres qui auraient pu être présents.
  - Le frottement du boyau dans le fond de la conduite peut occasionner une légère résistance au niveau du radier de la conduite, ce qui influence le modèle de la projection et fait légèrement onduler la projection.
- Certaines mesures de performance hydraulique, sous la responsabilité de la Ville, n'ont pas été réalisées ou n'ont pas été concluantes. Il s'agit de :
  - La mesure du coefficient de Hazen-Williams n'a pas été faite, suite aux travaux. Plus tard, des valeurs théoriques ont été déterminées, suite à un balancement hydraulique.
  - Les mesures de pression, suite aux travaux (relevées le 24 août 2009), n'ont pas été concluantes à cause de la défektivité d'un accessoire sur la conduite. Lors de l'inspection des poteaux d'incendie à l'été 2010, les valeurs de pression mesurées étaient supérieures à celles requises (une pression statique de 92 psi et une pression dynamique de 32 psi).

- La réalisation du projet de Beauceville a permis de relever certains défis :
  - Les appareils de projection ont été conçus pour des travaux dans les conduites installées à l'horizontal. La conduite de la 84e Rue était sur une pente très prononcée, ce qui a nécessité beaucoup d'ajustements pour éviter que la résine redescende boucher l'entrée du pistolet.
  - L'exigence de ne pas installer de réseau temporaire a fait en sorte que les travaux se fassent de façon accélérée afin de pouvoir remettre le service à la fin de chaque journée de travail.
  - L'application de la résine, dans une section comprenant une réparation avec sellette, a posé quelques difficultés. Depuis la réalisation du projet expérimental, la firme a mis au point une méthode qui permet de combler l'espace afin de permettre l'application du revêtement.
- En juin 2011, des tests d'éclatement (Burst tests) ont été réalisés pour évaluer la performance du revêtement de résine polymérique dans une conduite sous pression. Les résultats démontrent que le revêtement peut supporter une pression de 200 à 225 psi (voir annexe XI).
- Le revêtement de résine polymérique structurale est une nouvelle technologie. Aucune norme n'est disponible pour évaluer ses propriétés mécaniques. Les normes applicables aux gaines ont donc été utilisées pour cette évaluation. Des normes spécifiques à cette technologie sont en développement et devraient permettre de mieux encadrer le calcul des épaisseurs requises et sa mise en œuvre.

## 9. CONCLUSION

La Ville de Beauceville a utilisé une technique innovatrice pour réaliser les travaux de réhabilitation de 560 mètres de conduite sur son réseau d'eau potable. Selon les inspections et les résultats des différents essais réalisés, le projet a permis d'évaluer, en partie, la performance et les limites d'utilisation du procédé Acuro.

Certaines données sont manquantes pour bien évaluer cette technologie, tel qu'expliqué dans la section 8. En effet, le plan de qualité soumis par le CERIU, après la négociation de l'entente entre la Ville et ACURO, ne pouvait constituer une obligation pour le fournisseur, bien que celui-ci ait offert une grande collaboration tout au long de la réalisation des travaux et de la préparation de ce rapport.

Néanmoins, les travaux ont été utiles non seulement pour expérimenter et réaliser un suivi de la nouvelle technologie, mais aussi pour améliorer la méthodologie en apportant quelques modifications suite à certaines difficultés techniques rencontrées au cours de la mise en place, comme la présence de bitume sur la paroi de la conduite.

Étant donné que le projet est réalisé dans un contexte expérimental et sur un tronçon de conduite en pente prononcée, il est raisonnable d'envisager que le coût pourrait être différent dans des conditions normales.

Notons que le procédé de projection de la résine polymérique a été utilisé par la suite dans d'autres municipalités, à la satisfaction des clients.

Le procédé Acuro offre donc un potentiel compétitif appréciable et présente les avantages suivants :

- Rapidité d'exécution;
- Réseau temporaire en eau potable optionnel, selon les situations;
- Amélioration de la qualité de l'eau distribuée;
- Amélioration de l'intégrité structurale et de la capacité hydraulique de la conduite;
- Réduction substantielle des coûts des travaux par rapport au remplacement traditionnel;
- Réduction des encombrements de chantiers et des perturbations de la circulation;
- Mobilisation restreinte pour la projection de la résine;

- Revêtement mince, anticorrosif et résistant à l'abrasion;
- Possibilité de réhabiliter des structures de différents diamètres;
- Possibilité d'un projet clé en main (interventions minimales de la municipalité);
- Possibilité de réduire les coûts du projet avec la participation de la municipalité qui peut réaliser, par exemple, les excavations des puits d'accès.

Lors de la réalisation des travaux, la technologie de projection de résine polymérique structurale était en développement et non éprouvée. Actuellement, cette technologie prometteuse est plus mature et deux nouvelles normes sont en développement (voir section 2.5) pour mieux l'encadrer.

Enfin, nous terminons avec les commentaires de monsieur Denis Guay, directeur des travaux publics à la Ville de Beauceville :

*“Somme toute, ce projet a été une réussite et une expérience positive et enrichissante pour la ville de Beauceville qui, avec des moyens limités et un réseau vieillissant, a pu réhabiliter une partie de son réseau à un coût plus que raisonnable. Il va sans dire que nous recommandons sans hésiter cette nouvelle technique qui permettra à plusieurs autres municipalités, qui ont des moyens limités comme nous, de mettre à niveau leur réseau d'eau potable, pour le mieux-être de leurs citoyens.”*

**ANNEXES**

---



## ANNEXE I – RÉSOLUTION 2008-06-3121 DE LA VILLE DE BEAUCEVILLE



Extrait du procès-verbal de la séance régulière des Membres du conseil de la Ville de Beauceville, tenue le 2 juin 2008 à 20h00.

Étaient présents	Monsieur le Maire Messieurs les Conseillers	Jean-Guy Bolduc Lévy Mathieu Christian Duval Paul Veilleux Luc Provençal Sylvain Morin Marc Mercier
------------------	--	---

formant le quorum sous la présidence de Monsieur le maire Jean-Guy Bolduc

### **RÉSOLUTION 2008-06-3121: Mandat à Acuro Inc. - réhabilitation conduite d'aqueduc 84<sup>e</sup> Rue**

Attendu que la conduite d'eau potable de la 84<sup>e</sup> Rue a plus de 40 ans et est très encrassée et ne fournit plus les débits requis pour la protection incendie;

Attendu que la pression dynamique à chacune des bornes d'incendie branchées sur la conduite est inférieure à 5 psi et que la norme gouvernementale est de 20 psi;

Attendu que les citoyens se plaignent fréquemment d'une coloration importante de l'eau;

Attendu que la conduite a eu plusieurs bris depuis les dernières années (en moyenne une par année);

Attendu qu'Acuro Inc. présente une nouvelle technologie de réhabilitation de conduites à environ 50% du coût de la compétition;

Attendu que la technique offerte par Acuro Inc. est sans tranchée;

En conséquence, il est proposé par monsieur Lévy Mathieu, appuyé par monsieur Paul Veilleux, et résolu

QUE la Ville de Beauceville autorise la présentation d'un projet FIMR 2 auprès du Ministère des Affaires municipales et des régions conjointement avec Acuro Inc.

QUE la Ville de Beauceville autorise le directeur général conjointement avec la firme Acuro Inc. à signer tout document nécessaire à cette demande;

QUE la Ville de Beauceville confirme son engagement à payer sa part du projet jusqu'à concurrence de cinquante mille dollars (50 000 \$) soit seulement 33% du projet total qui peut s'élever à cent cinquante mille dollars (150 000 \$), excluant les taxes, grâce à une subvention du 2/3 du projet;

QUE pour en défrayer le coût, la Ville de Beauceville approprie le résiduel de son règlement 2005-154 et le solde du coût des travaux à même son fonds de la taxe fédérale d'accise, le tout incluant les taxes

QUE la Ville de Beauceville s'engage à partager les données scientifiques de ce projet avec les autres municipalités et le MAMR;

(s) Madeleine Poulin  
MADELEINE POULIN, Greffière

(s) Jean-Guy Bolduc  
JEAN-GUY BOLDUC, Maire

Copie certifiée conforme à l'original  
le 4 juin 2008

Ma delaine Poulin  
MADELEINE POULIN, Greffière

## ANNEXE II – PLAN DE QUALITÉ ET RAPPORT FINAL

### 1. Plan qualité

Le plan qualité pour ce projet comprend :

- Les informations descriptives des matériaux et procédés;
- Les contrôles des propriétés mécaniques des matériaux de revêtement en polyuréa;
- La vérification de l'état de la conduite d'accueil;
- Les rapports des contrôles effectués lors de la mise en place du procédé;
- La vérification de l'état final de la conduite réhabilitée;
- Les plans d'inspection et contrôle normalisés;
- Le rapport final.

### 2. Informations descriptives

Les informations descriptives comprennent :

- Informations descriptives et techniques du produit;
- Différentes étapes d'installation.

### 3. Contrôles des propriétés mécaniques des matériaux de revêtement en polyuréa

Propriétés mécaniques	Norme	Laboratoire	Certificat
Innocuité des produits et des matériaux en contact avec l'eau potable	BNQ ou NSF	À remplir	À remplir
Résistance à la traction	ASTM D638		
Module de flexion	ASTM D790		
Résistance à la rupture en flexion sur 3 points	ASTM D790		
Résistance au cisaillement			
Résistance à la pression externe	DIN 2240		
Résistance au décollement (pelage 180 degrés)			
Autres tests... à ajouter			

#### 4. Vérification de l'état de la conduite d'accueil

- Inspection télévisée (CCTV) avant et après nettoyage de chaque section, avec commentaires, avant l'application du revêtement en polyuréa
  - Type de nettoyage et préparation de la conduite;
  - Changements de méthodologie par rapport à la solution soumise initialement dans la proposition, si applicable.

#### 5. Rapport des contrôles effectués lors de la mise en place du procédé

Pour chacune des sections individuelles à réhabiliter, une fiche de contrôle est établie avec les informations suivantes :

- Localisation de la section (puits n° à puits n°);
- Longueur de la section;
- Type de nettoyage de la conduite d'accueil;
- Réparations de surface de la conduite d'accueil (si requis);
- Description du mélange « A »;
- Description du mélange « B »;
- Nom de l'opérateur de l'application du revêtement;
- Numéro de lot;
- Poids de mise en œuvre (théorique et réel);
- Poids de la base;
- Nom de l'opérateur;
- Numéro de lot;
- Quantité;
- Volume;
- Poids de mise en œuvre (théorique et réel);
- Poids du durcisseur;
- Nom de l'opérateur pour le mélange;
- Heure du début du mélange;
- Heure de la fin du mélange;
- Nom de l'opérateur;
- Volume préparé;
- Vitesse d'application;
- Volume d'application;
- Nombre d'applications;
- Courbe de croissance, dans le temps, de la température;
- Heure du début du murissement et température;

- Heure de fin du murissement et température;
- Épaisseur finale de l'application;
- Volume utilisé;
- Méthode et type de finition des extrémités;
- Dispositif d'étanchéité si requis.

## 6. Plans d'inspection et essais normalisés

Plan d'inspection	Numéro
Préparation et réfection des puits d'accès	
Évaluation de l'état de la conduite par la sonde électromagnétique	
Nettoyage de la conduite avant la réhabilitation	
Rapport d'inspection télévisée avant le revêtement	
Procédure de revêtement par l'application de polyuréa	
Rapport d'inspection télévisée après le revêtement	
Traitement des non-conformités	
Désinfection	

## 7. Rapport final

- Édition des différents rapports réalisés durant le projet;
- Édition des informations descriptives mises à jour;
- Inspection CCTV de la conduite avant la réhabilitation sur support DVD;
- Inspection CCTV de la conduite après la réhabilitation sur support DVD;
- Résultats et traitement des non-conformités;
- Rapport post-mortem avec analyse et commentaires.

Le rapport final, réalisé conjointement avec le CERIU, inclut notamment:

- Une présentation de la technique et du produit utilisés;
- Une description des difficultés ou contraintes rencontrées lors des différentes étapes du projet ainsi qu'une présentation des approches de solutions proposées ainsi que celles mises en place;

- une comparaison des différents paramètres et mesures de performance hydraulique de la conduite avant et après sa réhabilitation;
- une inspection vidéo avant et après la réhabilitation de la conduite;
- une évaluation des perspectives d'avenir de la technique au Québec;
- une évaluation de la fiabilité escomptée de la technique;
- une description de l'utilité et des avantages de la sonde électromagnétique (à voir);
- une présentation des avantages et des inconvénients de la technique;
- une évaluation des coûts et des économies à court, moyen et long termes;
- une validation des limites d'application du produit;
- un montage vidéo DVD incluant des photos et les inspections vidéo capturées lors du projet;
- Les résultats et rapports d'essais;
- Les rapports et traitements des non-conformités (s'il y a lieu);
- Le rapport post-mortem avec analyse et commentaires.

#### En Annexe

- Pour chacune des étapes et pour le projet dans son ensemble, la Ville sera invitée à fournir ses observations et appréciations, incluant les avantages pour:
  - la population directement affectée par les travaux;
  - le conseil de ville;
  - les gestionnaires et employés municipaux impliqués au projet, et
  - autres commentaires.

## ANNEXE III – FICHE TECHNIQUE DE LA RÉSINE POLYMÉRIQUE

### Technical Data Sheet for Rehabilitation Technologies

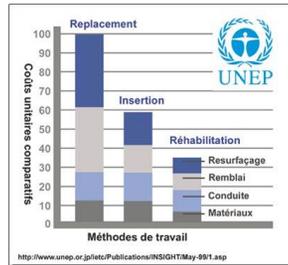
Technology/Method	Acuro Polymeric Resin/Spray-On Polyurea Lining
I. Technology Background	
Status	Conventional
Date of Introduction	Introduced in 1999 in U.S., potable water main in 2007
Utilization Rates	10km+ lining applied to date
Vendor Name(s)	<b>Acuro Inc.</b> 2126, Principal Avenue, St-Zotique, (QC), Canada J0P 1Z0 Phone: (450) 267-0747 51194 Romeo Plank, Macomb, MI US 48042 Phone: (810) 499-9318 Email: <a href="mailto:info@acuro.ca">info@acuro.ca</a> Website: <a href="http://www.acuro.ca">www.acuro.ca</a>
Practitioner(s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• City of Vaudreuil-Dorion, Quebec</li> <li>• City of Beauceville, Quebec</li> <li>• City of Peterborough, ON</li> <li>• City of Napanee, ON</li> <li>• City of Cleveland, Ohio</li> </ul>
Description of Main Features	Cost-effective water main rehabilitation and ANSI/NSF-61 compliant fully structural, semi structural and non structural system
Main Benefits Claimed	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restores hydraulic capacity</li> <li>• Enhances pipe structure</li> <li>• Stops leaks, breaks and corrosions</li> <li>• Designed to provide a non, semi or fully-structural protection</li> <li>• Same day return-to-service</li> </ul>
Main Limitations Cited	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Current equipment unable to negotiate 90° bends</li> </ul>
Applicability (Underline those that apply)	<u>Force Main</u> <u>Gravity Sewer</u> <u>Laterals</u> <u>Manholes</u> Appurtenances <u>Water Main</u> <u>Service Lines</u> Other: _____
II. Technology Parameters	
Service Application	Lining Rehabilitation of Water Mains
Service Connections	Normally do not need to be drilled, drilled open from inside the main.
Structural Rating Claimed	Meets ASTM F-1216 structural requirements
Materials of Composition	Polymeric Resin
Diameter Range, inches	2 in. and up
Thickness Range, inches	1/10 in. and up
Pressure Capacity, psi	200+ psi (third party testing)
Temperature Range, °F	Not Available
Renewal Length, feet	Up to 650' (200 m.) between access pits
Other Notes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Used for asbestos cement, ductile and cast iron, PVC, carbon steel, clay and previously coated pipes</li> <li>• Hazen-Williams coefficient around 110</li> <li>• Polymeric resin shows 10% elongation to help in-case of pipe breaks</li> </ul>
III. Technology Design, Installation, and QA/QC Information	
Product Standards	ANSI/NSF 61-5
Design Standards	Designed as per ASTM F 1216
Design Life Range	50 years (75-100 years claimed)

Installation Standards	With some changes to the Field operations Manual, mostly it is based on the Code of Practice: In-situ Resin Lining of Water Mains from the UK Water Industry, and AWWA M28. Currently working on new ASTM Standard
Installation Methodology	<p>Following the cleaning and drying of the water main, the resin is spray-formed to the host water main by use of a robotic sprayer and umbilical cord. The polymeric resin is a thermoset material cure applied using impingement mixing under hydraulic pressure within the tube. The liner is continuous and tight fitted to the host structure. The liner consists of one or more layers of applied liner to meet the level of rehabilitation required from non, to semi to fully structural. Curing begins in less than 10 seconds.</p> <p>In option, a structural assessment may take place to help determine the level of rehabilitation required from non, to semi to fully structural. A probe is inserted throughout the entire length of the main using a pulling and transmission cable. All defects correspond to a loss of material (pitting, corrosion) and reduce the attenuation and the phase shift of the electromagnetic field. These variations are then used to evaluate the volumetric importance and depth of the defects.</p>
QA/QC	Disinfection as per AWWA standards, pressure and water tightness tests and water samples for laboratory testing.
IV. Operation and Maintenance Requirements	
O&M Needs	An electromagnetic probe may be used to check for pipe wall thickness loss.
Repair Requirements for Rehabilitated Sections	Internal repair of any holes larger than 1/8 in. prior to spray
V. Costs	
Key Cost Factors	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polymeric resin materials</li> <li>• Rapid return-to-service</li> <li>• Bypass system optional</li> </ul>
Case Study Costs	30% less expensive than CIPP lining in one of the cases
VI. Data Sources	
References	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="http://www.acuro.ca/eng/services/water-main-rehabilitation.html">www.acuro.ca/eng/services/water-main-rehabilitation.html</a></li> <li>• Brochure from No-Dig 2009</li> <li>• ACURO Specifications</li> <li>• Email correspondence with Stephane Joseph</li> </ul>

# ACURO

La technique par projection sans tranchée permet de réhabiliter les conduites d'eau potable désuètes, ainsi que les regards, chambres et autres surfaces. Développée par Acuro, la technique permet des économies importantes comparé au remplacement ou aux autres méthodes traditionnelles.

Le résultat procure une amélioration immédiate de la qualité de l'eau, une réduction des bris et des fuites, le renouvellement de la capacité hydraulique et la préservation de notre patrimoine. Économisez en partageant les tâches d'un projet.

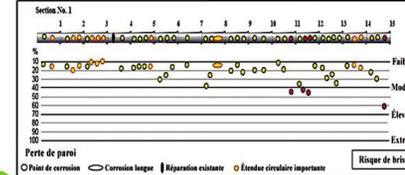


Nettoyage exhaustif de la conduite avec eau pressurisée. Un puit d'accès est requis à chacune des extrémités de la conduite. Retour du service d'eau aux usagers dans la journée des travaux, ou installation d'un réseau d'alimentation temporaire.



Évaluation structurale de la conduite (perte de paroi) par l'insertion d'une sonde électromagnétique.

Tableau des résultats



Au besoin, réparation des trous et des fissures à l'intérieur de la conduite avec une mini-gaine.

## PARTAGE DES TÂCHES PUBLIC / ACURO



Excellente étanchéité et recouvrement circulaire. Généralement, il n'est pas nécessaire de percer les entrées de service. Au besoin, une perceuse robotisée est utilisée.

Inspections vidéo tout au long des travaux pour fin de contrôle et de qualité.



Insertion du boyau de projection dans la conduite jusqu'à 150 mètres de longueur.



Projection de la résine dans la conduite à l'épaisseur requise afin d'offrir le niveau de protection souhaité.



Le logiciel intégré permet une application uniforme selon les calculs.



Alternance du sens de projection afin d'assurer un recouvrement complet.



Augmentation du renforcement par l'ajout de résine.

### TECHNIQUE SANS TRANCHÉE - RÉHABILITATION AQUEDUC



### SPÉCIFICATIONS

- MÉTHODE: Projection robotisée ou manuelle
- PRODUIT: Résine à prise rapide (gel 7 en sec., durcit en 30 sec.)
- INSTALLATION: Projection de plusieurs couches de résine sur la paroi
- ÉPAISSEUR: Non, semi et pleinement structurale, (1.5 mm et plus)
- DIAMÈTRES: 100 mm (4 po.) et plus
- MATÉRIAUX: Fonte, ciment amiante, béton, brique, plastique, bois
- DURÉE DE VIE: 75 à 100 ans
- ÉLONGATION: 10%, adhésion à la paroi
- LONGUEUR: Jusqu'à 150 mètres entre deux puits d'accès
- RAPIDITÉ D'EXÉCUTION: Retour du service dans la journée des travaux
- CONFORMITÉ: ANSI/NSF Standard 61-5 & ASTM F 1216 (force structurale)
- COEFF. HAZEN-WILLIAMS: Environ 120
- RÉSISTANCE: Corrosion, abrasion et réduit les bris et les fuites

### Force structurale

ASTM INTERNATIONAL ASTM F1216 (CIPP)	ACURO Résine polymérique NSF61-5 SAGEOS
Résistance à la traction Minimum 3 000 psi (21 MPa)	5 457 psi (37.6 MPa)
Résistance à la flexion Minimum 4 500 psi (31 MPa)	8 327 psi (57.4 MPa)
Module de flexion Minimum 250 000 psi (1 724 MPa)	273 000 psi (1 882 MPa)



### PROJECTION DE RÉSINE POLYMÉRIQUE

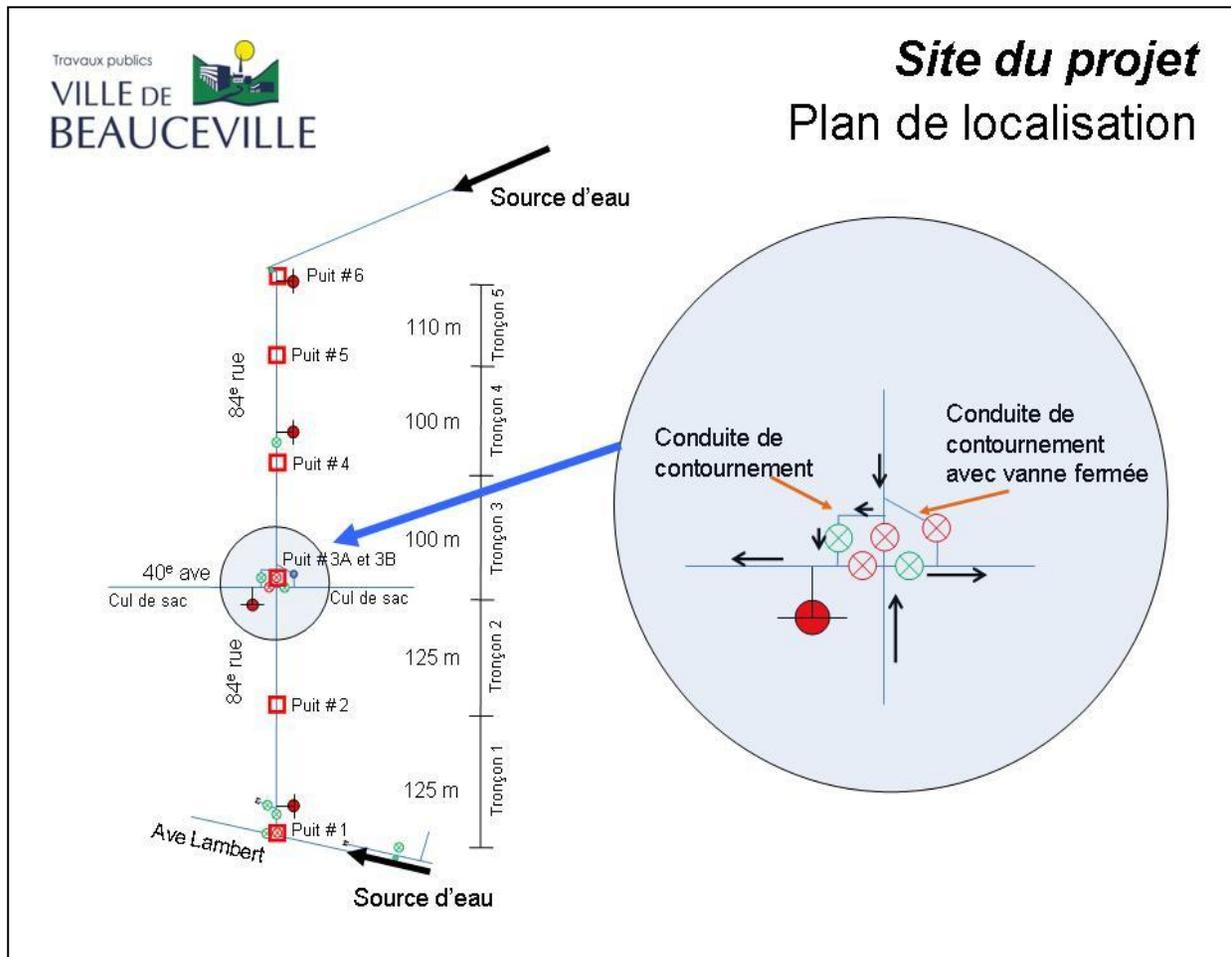
Technologie sans tranchée



Montréal - Ottawa - Cleveland - Detroit  
Sans frais: 1 866 330-6832 Tél.: (450) 267-0747  
www.acuro.ca



## ANNEXE IV – PLAN DE LOCALISATION





## ANNEXE V – CALENDRIER ET ÉCHÉANCIER DES TRAVAUX

<b>SEMAINE DU 20 JUILLET</b>	
Localisation des conduites	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 ouvriers x 4 heures</li> <li>• 1 technicien x 2 heures</li> </ul>
Avis aux citoyens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 ouvriers x 4 heures</li> <li>• 1 technicien x 2 heures</li> </ul>
Excavation des puits	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 ouvriers x 4 heures</li> <li>• 1 technicien x 2 heures</li> <li>• Service d'urgence (sur appel)</li> </ul>
<b>SEMAINE DU 27 JUILLET</b>	
Excavation des puits	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 opérateur d'excavatrice x 4 heures</li> <li>• 1 ouvrier x 6 heures</li> </ul>
Nettoyage de la conduite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 ouvriers x 10 heures</li> </ul>
Séchage de la conduite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 technicien certifié x 12 heures</li> <li>• 1 ouvrier x 12 heures</li> </ul>
Inspection CCTV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 technicien certifié x 12 heures</li> <li>• 1 ouvrier x 12 heures</li> </ul>
Projection	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 ouvriers x 18 heures</li> </ul>
<b>SEMAINE DU 3 AOÛT</b>	
Essai étanchéité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 technicien x 6 heures</li> <li>• 1 ouvrier x 6 heures</li> </ul>
Nettoyage de la conduite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 ouvriers x 10 heures</li> </ul>
Séchage de la conduite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 technicien certifié x 12 heures</li> <li>• 1 ouvrier x 12 heures</li> </ul>
Inspection CCTV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 technicien x 8 heures</li> <li>• 1 ouvrier x 8 heures</li> </ul>
Projection	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 ouvriers x 18 heures</li> </ul>
Chloration et analyse bactériologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 technicien x 12 heures</li> </ul>
Remblais et traitement des non conformités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 excavatrice x 24 heures</li> <li>• 2 ouvriers x 24 heures</li> </ul>
Nettoyage et fermeture du chantier	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 ouvriers x 4 heures</li> </ul>



## ANNEXE VI – RÉSULTATS DES ANALYSES D'EAU



Passionné par le service et la science  
www.maxxamanalytique.com

Dossier Maxxam: A937589  
Date du rapport: 2009/08/04

VILLE DE BEAUCEVILLE

# DIRECTION RÉGIONALE MENV: 3CA  
# du réseau: 11745684 07 01  
Nom du réseau: BEAUCEVILLE  
Initiales du préleveur: CC

## MICROBIOLOGIE (EAU POTABLE)

ID Maxxam			I18382
Date d'échantillonnage			2009/08/03
Date de réception			2009/08/03
Date d'analyse			2009/08/03
Température à la réception (°C)			13
	Unités	CM	203, 84E RUE

TESTS MICROBIOLOGIQUES			
Coliformes totaux	/100 ml	N/A	ABS
Escherichia coli	/100 ml	ABS	ABS
Chlore total	mg/L	-	0.64
Chlore résiduel	mg/L	N/A	0.57
N/A = Non applicable LDR = Limite de détection rapportée ABS = Absence, PRE = Présence			

ID Maxxam			I18383
Date d'échantillonnage			2009/08/03
Date de réception			2009/08/03
Date d'analyse			2009/08/03
Température à la réception (°C)			13
	Unités	CM	EN FACE DU 210 42 E AVE

TESTS MICROBIOLOGIQUES			
Coliformes totaux	/100 ml	N/A	ABS
Escherichia coli	/100 ml	ABS	ABS
Chlore total	mg/L	-	0.18
Chlore résiduel	mg/L	N/A	0.050
N/A = Non applicable LDR = Limite de détection rapportée ABS = Absence, PRE = Présence			

Dossier Maxxam: A937966  
 Date du rapport: 2009/08/07

VILLE DE BEAUCEVILLE

 # DIRECTION RÉGIONALE MENV: 3CA  
 # du réseau: 11745684 07 01  
 Nom du réseau: BEAUCEVILLE  
 Initiales du préleveur: CC

## MICROBIOLOGIE (EAU POTABLE)

ID Maxxam			I19629	I19630		
Date d'échantillonnage			2009/08/04	2009/08/04		
Date de réception			2009/08/05	2009/08/05		
Date d'analyse			2009/08/05	2009/08/05		
Température à la réception (°C)			20	20		
	Unités	CM	210 42E AVENUE	203 84E RUE	LDR	Lot CQ

TESTS MICROBIOLOGIQUES						
Coliformes totaux	UFC/100ml	11	<1	<1	N/A	647880
Bactéries atypiques	/membrane	200	10	2	1	647868
Coliformes fécaux	UFC/100ml	0	<1	<1	N/A	647880
Chlore total	mg/L	-	0.17	0.27	N/A	SURSITE
Chlore résiduel	mg/L	N/A	0.050	0.11	N/A	SURSITE

 N/A = Non applicable  
 LDR = Limite de détection rapportée  
 Lot CQ = Lot contrôle qualité

Dossier Maxxam: A939104  
 Date du rapport: 2009/08/13

VILLE DE BEAUCEVILLE

 # DIRECTION RÉGIONALE MENV: 3CA  
 # du réseau: 11745684 07 01  
 Nom du réseau: BEAUCEVILLE  
 Initiales du préleveur: ST

**MICROBIOLOGIE (EAU POTABLE)**

ID Maxxam			I24691	I24692		
Date d'échantillonnage			2009/08/10	2009/08/10		
Date de réception			2009/08/11	2009/08/11		
Date d'analyse			2009/08/11	2009/08/11		
Température à la réception (°C)			17	17		
	Unités	CM	217, 84 RUE OUEST	200, 84 RUE OUEST	LDR	Lot CQ

TESTS MICROBIOLOGIQUES						
Coliformes totaux	UFC/100ml	11	<1	<1	N/A	649325
Bactéries atypiques	/membrane	200	<1	6	1	649305
Coliformes fécaux	UFC/100ml	0	<1	<1	N/A	649325
Chlore total	mg/L		0.43	0.12	N/A	SURSITE
Chlore résiduel	mg/L	N/A	0.33	0.050	N/A	SURSITE

 N/A = Non applicable  
 LDR = Limite de détection rapportée  
 Lot CQ = Lot contrôle qualité

Dossier Maxxam: A939569  
 Date du rapport: 2009/08/14

VILLE DE BEAUCEVILLE

 # DIRECTION RÉGIONALE MENV: 3CA  
 # du réseau: 11745684 07 01  
 Nom du réseau: BEAUCEVILLE  
 Initiales du préleveur: ST
**MICROBIOLOGIE (EAU POTABLE)**

ID Maxxam			I26504		I26506		
Date d'échantillonnage			2009/08/11		2009/08/11		
Date de réception			2009/08/12		2009/08/12		
Date d'analyse			2009/08/12		2009/08/12		
Température à la réception (°C)			14		14		
	Unités	CM	217 84IEME OUEST	Lot CQ	200 84IEME RUE OUEST	LDR	Lot CQ

TESTS MICROBIOLOGIQUES							
Coliformes totaux	UFC/100ml	11	<1	649880	<1	N/A	649984
Bactéries atypiques	/membrane	200	100	649864	4	1	649864
Coliformes fécaux	UFC/100ml	0	<1	649880	<1	N/A	649984
Chlore total	mg/L	-	0.38	SURSITE	0.13	N/A	SURSITE
Chlore résiduel	mg/L	N/A	0.26	SURSITE	0.050	N/A	SURSITE

 N/A = Non applicable  
 LDR = Limite de détection rapportée  
 Lot CQ = Lot contrôle qualité

## ANNEXE VII – RÉSULTATS ESSAIS NSF61

**TRUESDAIL LABORATORIES, INC.**  
INDEPENDENT TESTING, FORENSIC SCIENCE, AND ENVIRONMENTAL ANALYSES

Established 1931

14201 FRANKLIN AVENUE  
TUSTIN, CALIFORNIA 92780-7008  
(714) 730-6239 · FAX (714) 730-6462  
www.truesdail.com

**Client:** Instacote  
160 C. Lavoy Road  
Erie, MI 48133

**Date Issued:** April 11, 2008

**Received:** February 20, 2008

**Report No.** 973645

**Model:** IC 202 barrier coating

**Investigation:** Leaching test by NSF61 Section 5 – 2007 using single time point exposure at 25°C.

**Purpose of the test:** This report describes the results of test performed on representative samples of Instacote's, IC 202 coating for compliance with the requirements of ANSI/NSF Standard 61 Section 5 - 2007. Test results will only be used to evaluate for specific chemical organic contaminants at pH 8 as outlined in ANSI/NSF Standard 61 Section 5 - 2007.

**Concluding Summary:** The test samples of IC 202 coating, submitted by Instacote are *in compliance with the passing requirements* of ANSI/NSF Standard 61 Section 5 – 2007 for the evaluation of specific organic contaminants as determined by this laboratory.

We certify that all portions of each test performed were under continuous and direct supervision of Truesdail Laboratories and that the results of the data in this report are true from our test of this material.

Respectfully Submitted,  
**TRUESDAIL LABORATORIES**

  
Kevin Chew, Project Manager & Chemist  
General Chemistry Department



This report applied to the sample or samples, investigated and is not necessarily indicative of the quality or condition of apparently identical or similar products. As a mutual protection to clients, the public, and these laboratories, this report is submitted and accepted for the exclusive use of the client to whom it is addressed and upon the condition that it is not to be used, in whole or in part, in any advertising or publicity matter without prior written authorization from these laboratories.



Annexe VIII – CERTIFICAT NSF-61 DE LA RÉSINE POLYMÉRIQUE





## ANNEXE IX – RÉSULTATS DES ESSAIS MÉCANIQUES



Page 1 de 2

**RAPPORT D'ANALYSES**  
 No. d'accréditation du CCN: 40

 M. Stéphane Joseph  
 ACURO

 Date: 24 mars 2009  
 Rapport: S937-002-33933B

IDENTIFICATION:	Résine polymérique: IC202-LS17 Réception: 4 mars 2009																												
NORME:	"Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube"	ASTM F1216-07B																											
ESSAI:	"Tensile Properties of Plastics"	ASTM D638 - 03																											
CONDITIONS D'ESSAI:	Échantillon(s) conditionné(s) (21°C, 65 % H.R.); Spécimens d'essai: type I; Appareil utilisé: Dynamomètre à taux constant d'extension (TCE); Essai réalisé avec un extensomètre; Longueur initiale considérée pour le calcul du pourcentage d'allongement 50 mm; Vitesse (mm/min): 5 Distance initiale des pinces (mm): 115 Testé le 11 mars 2009																												
RÉSULTATS:	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="5">Résultats individuels</th> <th>Moy.</th> <th>E.-T.</th> <th>CV %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Résistance à la traction (psi):</td> <td>5360</td> <td>5489</td> <td>5490</td> <td>5499</td> <td>5446</td> <td><b>5 457</b></td> <td>58</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>Résistance à la traction (MPa):</td> <td>37.0</td> <td>37.8</td> <td>37.9</td> <td>37.9</td> <td>37.6</td> <td><b>37.6</b></td> <td>0.4</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>			Résultats individuels					Moy.	E.-T.	CV %	Résistance à la traction (psi):	5360	5489	5490	5499	5446	<b>5 457</b>	58	1.1	Résistance à la traction (MPa):	37.0	37.8	37.9	37.9	37.6	<b>37.6</b>	0.4	1.0
	Résultats individuels					Moy.	E.-T.	CV %																					
Résistance à la traction (psi):	5360	5489	5490	5499	5446	<b>5 457</b>	58	1.1																					
Résistance à la traction (MPa):	37.0	37.8	37.9	37.9	37.6	<b>37.6</b>	0.4	1.0																					
EXIGENCES:	Résistance à la traction: Minimum 3000 psi (21 MPa)																												
REMARQUES:	Les spécimens ont été usinés.																												

Préparé par:

*Catherine Groleau Rivard*  
 Catherine Groleau Rivard,  
 Technicien(ne)

Approuvé par:

*Eric Blond*  
 Eric Blond, ing., M.Sc.A.  
 Vice-président

Date: 24 mars 2009

**\*\*Pour toute information concernant ce rapport, veuillez contacter Eric Blond.\*\***  
 Les rapports sont identifiés par un code alphanumérique, le dernier caractère fait référence au numéro de révision, celui-ci est émis en ordre croissant. Les échantillons de ce rapport sont conservés pendant une période de 30 jours à partir de la date du rapport, sauf si d'autres instructions sont transmises à cet effet. Les frais pour tout service après les essais sont de 125 \$ de l'heure et pour toute expertise en Cour, de 195 \$ de l'heure. Les résultats ci-haut mentionnés ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai. Ce rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du Groupe CTT.

**RAPPORT D'ANALYSES**  
No. d'accréditation du CCN: 40

M. Stéphane Joseph  
ACURO

Date: 24 mars 2009  
Rapport: S937-002-33933B

<b>IDENTIFICATION:</b>	Résine polymérique: IC202-LS17								
	Réception: 4 mars 2009								
<b>NORME:</b>	"Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube"					ASTM F1216-07B			
<b>ESSAI:</b>	"Flexural Properties of Unreinforced Plastics and Electrical Insulating Materials"					ASTM D790 - 07			
<b>CONDITIONS D'ESSAI:</b>	Échantillon(s) conditionné(s) ( $23 \pm 2^\circ\text{C}$ , $50 \pm 5\%$ H.R.);								
	Nombre de spécimens d'essai testés "Flatwise" par produit: 5								
	Procédure: B								
	Rapport de distance entre les appuis vs épaisseur: 16:1								
	Vitesse d'essai (mm/min): 1.74								
	Testé le 11 mars 2009								
<b>RÉSULTATS:</b>		Résultats individuels				<b>Moy.</b>	<b>E.-T.</b>	<b>CV %</b>	
Épaisseur des spécimens (mm):	4.04	4.13	4.00	3.55	3.61				
Largeur des spécimens (mm):	12.73	12.73	12.91	12.85	12.79				
Distance entre les appuis (mm):	64.6	66.1	64.0	56.8	57.7				
Résistance à la flexion (psi):	8474	8381	8234	8454	8094	<b>8 327</b>	161	<b>1.9</b>	
Résistance à la flexion (MPa):	58.4	57.8	56.8	58.3	55.8	<b>57.4</b>	1.1	<b>1.9</b>	
Module de flexion (psi):	280570	267010	280560	277060	259800	<b>273 000</b>	9 234	<b>3.4</b>	
Module de flexion (MPa):	1935	1841	1934	1910	1791	<b>1 882</b>	64	<b>3.4</b>	
<b>EXIGENCES:</b>	Résistance à la flexion: Minimum 4500 psi (31 MPa)								
	Module de flexion: Minimum 250000 psi (1724 MPa)								
<b>REMARQUES:</b>	Les spécimens ont été usinés.								

Préparé par:

*Catherine Groleau Rivard*  
Catherine Groleau Rivard,  
Technicien(ne)

Approuvé par:

*Eric Blond*  
Eric Blond, ing., M.Sc.A.  
Vice-président

Date: 24 mars 2009

**\*\*Pour toute information concernant ce rapport, veuillez contacter Eric Blond.\*\***

Les rapports sont identifiés par un code alphanumérique, le dernier caractère fait référence au numéro de révision, celui-ci est émis en ordre croissant. Les échantillons de ce rapport sont conservés pendant une période de 30 jours à partir de la date du rapport, sauf si d'autres instructions sont transmises à cet effet. Les frais pour tout service après les essais sont de 125 \$ de l'heure et pour toute expertise en Cour, de 195 \$ de l'heure. Les résultats ci-haut mentionnés ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai. Ce rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du Groupe CTT.

## ANNEXE X – FICHE DE CALCUL D'ÉPAISSEUR ASTM F1216



May 28, 2010

- Client:** Acuro
- Scope:** Determination of internal liner thickness in accordance with ASTM F1216 for 150mm buried pressure pipe application.
- Basis:** Using physical properties of IC202-LS17, the thickness of the lining was determined for the fully deteriorated 150mm piping operating at 70 psi internal pressure and under the load conditions listed below. Several parameters such as soil modulus, soil density, live load were not available and typical values were utilized in the calculation.

Existing Pipe Parameters/Conditions		Calculated Data	
Deterioration Condition :	FULLY	$E_s$ Flexural Modulus ( long term ):	218,400 psi
Pipe Service:	PRESSURE	Flexural Strength ( long term ):	6,662 psi
Inside Pipe Diameter:	150 mm	$E_{LT}$ Tensile Modulus ( long term ):	212,720 psi
Depth to Invert:	2.0 m	Tensile Strength ( long term ):	4,366 psi
Internal Pressure:	70.00 psi	Minimum Diameter ( Host Pipe):	5.82 inches
Water Table Below Grade:	>2 m	Maximum Diameter ( Host Pipe):	6.18 inches
q Ovality:	3.00 %	C Ovality Reduction Factor:	0.76
Soil Density:	120.00 lb/ft <sup>3</sup>	$H_w$ Water Height (above top of pipe):	0.0 feet
$E_s$ Soil Modulus:	1500 psi	$R_w$ Water Bouyancy Factor:	1.0
Live Load:	0	$B'$ Coefficient of Elastic Support:	0.270
Other Load:	0	$S_p$ Soil Pressure (Above Pipe):	5.05 psi
Vacuum Condition:	0	$W_p$ Water Pressure (Above Pipe):	0.00 psi
Maximum Hole Size:	0.5 inches	Live Load Pressure:	0.00 psi
<b>Coating Parameters</b>		Other Load Pressure:	0.00 psi
Flexural Modulus (short term):	273,000 psi	$V_p$ Vacuum Pressure:	0 psi
Flexural Strength (short term):	8,327 psi	$q_e$ Actual External Pressure on Liner:	5.05 psi
Tensile Modulus (short term):	265,900 psi	$P$ Ground Water Pressure ( $W_p + V_p$ ):	0.00 psi
Tensile Strength (short term):	5,457 psi		
Long-Term Retention:	80 %		
$N$ Safety Factor:	2		
$K$ Enhancement factor:	7		
$\nu$ Poisson's Ratio:	0.3		

\*CIPP Parameters: The short term Flexural Modulus and Flexural Strength and the short term Tensile Modulus and Tensile Strength were provided by Acuro and are values established by a third part testing facility. The mean values provided for each property were used in determining the CIPP thickness.

**Thickness Results:**

All conditions referenced in ASTM F1216 regarding fully deteriorated pressure pipe for below grade applications were evaluated and the greatest thickness was recorded to fully support the calculated loads.

Pipe Diameter	Liner Thickness	
	(mm)	(in)
150	2.4	.09



**ANNEXE XI – RÉSULTATS DU BURST TEST****2010****Spray & Burst Test - IC 202**

---

June 11, 2010

**Spray & Burst Testing Results for IC 202 Polyurea**

The spray testing used the Superior Lining Spray Rig which uses the EMC<sup>2</sup>, Inc. Model 1250 Polyurea metering system. The system was set up to run a 6" diameter PVC pipe, 10' long and a 12" diameter PVC pipe, 10' long. These pipes were lined with a mold release and then sprayed with the IC 202 Polyurea at approximately 175° F. Flow rates, pull rates, etc. are listed with the detailed information for each sample.

To test the burst pressure, each 10' pipe was cut into sections 2x the diameter of the pipe. (E.G. – 6" diameter pipe was cut into 12" sections and the 12" diameter pipe was cut into 24" sections) The sprayed Polyurea was then separated from the PVC pipe so the inner liner could be tested as a standalone section. Each section was placed between sealed end caps with tie rods holding the assembly together. The assembly was placed in an upright position and filled completely with water. The assembly was then connected to a Graco 10:1 pump and the pressure was raised slowly, 10 psi at a time until failure. The information was then recorded before setting up for the next test. One sample of each size was tested 7 days after the pipe was sprayed and then 2 or 3 additional samples were tested 30 days later under the same conditions. Video files of each of the tests are available upon request. Results are listed below.

Results verified by:



---

William A. Dupree  
Professional Engineer  
License #MF 113

2010

## Spray &amp; Burst Test - IC 202

## 6" Diameter Samples

Sample #1	
Pipe Size:	6" PVC Pipe – 10' long
Tip Size:	#8 Spraying Systems Tip
Nominal Flow Rate:	1.1 gallons/minute
Pull Speed:	21 feet/minute
Estimated coating per pass:	.050"
Number of passes:	4
Measured minimum coating thickness:	.140"
Measured average coating thickness:	.190"
Length of 6" diameter pipe tested:	12"
Cure time before test:	7days
Nominal burst pressure when tested:	200 psi



Sample #1	
Pipe Size:	6" PVC Pipe – 10' long
Tip Size:	#8 Spraying Systems Tip
Nominal Flow Rate:	1.1 gallons/minute
Pull Speed:	21 feet/minute
Estimated coating per pass:	.050"
Number of passes:	4
Measured minimum coating thickness:	.140"
Measured average coating thickness:	.190"
Length of 6" diameter pipe tested:	12"
Cure time before test:	30 days
Nominal burst pressure when tested:	225 psi



Sample #2	
Pipe Size:	6" PVC Pipe – 10' long
Tip Size:	#8 Spraying Systems Tip
Nominal Flow Rate:	1.1 gallons/minute
Pull Speed:	21 feet/minute
Estimated coating per pass:	.050"
Number of passes:	4
Measured minimum coating thickness:	.165"
Measured average coating thickness:	.240"
Length of 6" diameter pipe tested:	12"
Cure time before test:	30 days
Nominal burst pressure when tested:	200 psi



2010

## Spray &amp; Burst Test - IC 202

## 12" Diameter Samples

Sample #1		
Pipe Size:	12" PVC Pipe – 10' long	
Tip Size:	#20 Spraying Systems Tip	
Nominal Flow Rate:	1.4 gallons/minute	
Pull Speed:	17 feet/minute	
Estimated coating per pass:	.045"	
Number of passes:	6	
Measured minimum coating thickness:	0.265"	
Measured average coating thickness:	.280"	
Length of 12" diameter pipe tested:	24"	
Cure time before test:	7 days	
Nominal burst pressure when tested:	275	

Sample #1		
Pipe Size:	12" PVC Pipe – 10' long	
Tip Size:	#20 Spraying Systems Tip	
Nominal Flow Rate:	1.4 gallons/minute	
Pull Speed:	17 feet/minute	
Estimated coating per pass:	.045"	
Number of passes:	6	
Measured minimum coating thickness:	0.250"	
Measured average coating thickness:	.280"	
Length of 6" diameter pipe tested:	24"	
Cure time before test:	30 days	
Nominal burst pressure when tested:	200psi	

Sample #2		
Pipe Size:	12" PVC Pipe – 10' long	
Tip Size:	#20 Spraying Systems Tip	
Nominal Flow Rate:	1.4 gallons/minute	
Pull Speed:	17 feet/minute	
Estimated coating per pass:	.045"	
Number of passes:	6	
Measured minimum coating thickness:	0.255"	
Measured average coating thickness:	.275"	
Length of 12" diameter pipe tested:	24"	
Cure time before test:	30 days	
Nominal burst pressure when tested:	175psi	



**ANNEXE XII – DVDs D’INSPECTIONS TÉLÉVISÉES**