



Prise de décisions et
planification des
investissements



Eau potable



Eaux pluviales et
eaux usées



Chaussées et trottoirs



Protocoles
environnementaux



Transport en
commun

InfraGuide

Innovations et règles de l'art

Eau potable

Guide national pour des infrastructures
municipales durables

www.infraguide.ca



Eau potable



Choix de techniques de réhabilitation ou de remplacement de tronçons de réseau de distribution d'eau

Le présent document est le troisième de la série des règles de l'art en matière de distribution de l'eau potable à la population. Pour connaître les titres des autres règles de l'art de cette série ou d'autres séries, prière de visiter www.infraguide.ca.

Guide national pour
des infrastructures
municipales durables



NRC - CNRC



Fédération
canadienne des
municipalités

Canada

Choix de techniques de réhabilitation ou de remplacement de tronçons de réseau de distribution d'eau

Version no 1.0

Date de publication : Mars 2003

© Tous droits réservés Guide national pour des infrastructures municipales durables 2003

ISBN 1-897094-17-5

Le contenu de la présente publication est diffusé de bonne foi et constitue une ligne directrice générale portant uniquement sur les sujets abordés ici. L'éditeur, les auteur(e)s et les organisations dont ceux-ci relèvent ne font aucune représentation et n'avancent aucune garantie, explicite ou implicite, quant à l'exhaustivité ou à l'exactitude du contenu de cet ouvrage. Cette information est fournie à la condition que les personnes qui la consultent tirent leurs propres conclusions sur la mesure dans laquelle elle convient à leurs fins; de plus, il est entendu que l'information ci-présentée ne peut aucunement remplacer les conseils ou services techniques ou professionnels d'un(e) spécialiste dans le domaine. En aucune circonstance l'éditeur et les auteur(e)s, ainsi que les organisations dont ils relèvent, ne sauraient être tenus responsables de dommages de quelque sorte résultant de l'utilisation ou de l'application du contenu de la présente publication.

INTRODUCTION

InfraGuide – Innovations et règles de l'art

Pourquoi le Canada a besoin d'InfraGuide

Les municipalités canadiennes dépensent de 12 à 15 milliards de dollars chaque année dans le domaine des infrastructures, mais cela semble ne jamais suffire. Les infrastructures actuelles sont vieillissantes et la demande pour un plus grand nombre de routes de meilleure qualité, et pour de meilleurs réseaux d'eau et d'égout continue d'augmenter, en réaction à la fois aux normes plus rigoureuses en matière de sécurité, de santé et de protection de l'environnement, et à la croissance de la population. La solution consiste à modifier la façon dont nous planifions, concevons et gérons les infrastructures. Ce n'est qu'en agissant ainsi que les municipalités pourront satisfaire les nouvelles demandes dans un cadre responsable sur le plan fiscal et durable sur le plan de l'environnement, tout en préservant la qualité de vie.

C'est ce que le Guide national pour des infrastructures municipales durables : Innovations et règles de l'art (InfraGuide) cherche à accomplir.

En 2001, par l'entremise du programme Infrastructures Canada (IC) et du Conseil national de recherches Canada (CNRC), le gouvernement fédéral a uni ses efforts à ceux de la Fédération canadienne des municipalités (FCM) pour créer le Guide national pour des infrastructures municipales durables (InfraGuide). InfraGuide est à la fois un nouveau réseau national de personnes et une collection de plus en plus importante de règles de l'art publiées à l'intention des décideurs et du personnel technique œuvrant dans les secteurs public et privé. En s'appuyant sur l'expérience et la recherche canadiennes, les rapports font état des règles de l'art qui contribuent à la prise de décisions et de mesures assurant la durabilité des infrastructures municipales dans six domaines clés : 1) la voirie municipale, 2) l'eau potable, 3) les eaux pluviales et les eaux usées, 4) la prise de décisions et

la planification des investissements, 5) les protocoles environnementaux et 6) le transport en commun. On peut se procurer une version électronique en ligne ou un exemplaire sur papier des règles de l'art.

Un réseau d'excellence de connaissances

La création d'InfraGuide est rendue possible grâce à une somme de 12,5 millions de dollars

d'Infrastructures Canada, des contributions de produits et de services de diverses parties prenantes de l'industrie, de ressources techniques, de l'effort

commun des praticiens municipaux, de chercheurs et d'autres experts, et d'une foule de bénévoles du pays tout entier. En regroupant et en combinant les meilleures expériences et les meilleures connaissances des Canadiens, InfraGuide aide les municipalités à obtenir le rendement maximal de chaque dollar investi dans les infrastructures — tout en étant attentives aux répercussions sociales et environnementales de leurs décisions.

Des comités techniques et des groupes de travail formés de bénévoles — avec l'aide de sociétés d'experts-conseils et d'autres parties prenantes — sont chargés des travaux de recherche et de la publication des règles de l'art. Il s'agit d'un système de partage des connaissances, de la responsabilité et des avantages. Nous vous incitons à faire partie du réseau d'excellence d'InfraGuide. Que vous soyez un exploitant de station municipale, un planificateur ou un conseiller municipal, votre contribution est essentielle à la qualité de nos travaux.

Joignez-vous à nous

Communiquez avec InfraGuide sans frais, au numéro **1 866 330-3350**, ou visitez notre site Web, à l'adresse **www.infraguide.ca**, pour trouver de plus amples renseignements. Nous attendons avec impatience le plaisir de travailler avec vous.

Introduction

InfraGuide – Innovations
et règles de l'art

Les grands thèmes des règles de l'art d'InfraGuide



Eau potable

Le dicton " Loin des yeux, loin du cœur " s'applique bien aux réseaux de distribution d'eau qui ont été négligés dans de nombreuses municipalités. La règle de l'art en matière d'eau potable propose divers moyens d'améliorer les capacités des municipalités ou des services publics de gérer la distribution d'eau potable de façon à assurer la santé et la sécurité publique de manière durable tout en offrant le meilleur rapport qualité-prix. Les pratiques et techniques de pointe liées aux enjeux prioritaires clés éclaireront les municipalités et les services publics dans les domaines de la prise de décision et des meilleures techniques opérationnelles et d'ingénierie. Des questions telles que la reddition de compte dans le domaine de l'eau, la réduction des pertes en eau et la consommation d'eau, la détérioration et l'inspection des réseaux de distribution, la planification du renouveau, les technologies de remise en état des réseaux d'eau potable et la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution y sont abordées.



Prise de décisions et planification des investissements

Les représentants élus et les échelons supérieurs de l'administration municipale ont besoin d'un cadre qui leur permet de faire connaître la valeur de la planification et de l'entretien des infrastructures tout en trouvant un équilibre entre les facteurs sociaux, environnementaux et économiques. La règle de l'art en matière de prise de décision et de planification des investissements convertit des notions complexes et techniques en principes non techniques et recommandations pour la prise de décision, et facilite l'obtention d'un financement soutenu adéquate pendant le cycle de vie de l'infrastructure. Elle aborde, entre autres, les protocoles servant à cerner les coûts-avantages associés aux niveaux de service désirés, les analyses comparatives stratégiques et les indicateurs ou points de référence dans le domaine de la politique d'investissement et des décisions stratégiques.



Protocoles environnementaux

Les protocoles environnementaux se concentrent sur le rapport qu'exercent entre eux les systèmes naturels et leurs effets sur la qualité de vie humaine, en ce qui a trait à la livraison des infrastructures municipales. Les systèmes et éléments environnementaux comprennent la terre (y compris la flore), l'eau, l'air (dont le bruit et la lumière) et les sols. Parmi la gamme de questions abordées, mentionnons : la façon d'intégrer les considérations environnementales dans l'établissement des niveaux de service désirés pour les infrastructures municipales et la définition des conditions environnementales locales, des défis qui se posent et des perspectives offertes au niveau des infrastructures municipales.



Eaux pluviales et eaux usées

Le vieillissement des infrastructures souterraines, l'appauvrissement des ressources financières, les lois plus rigoureuses visant les effluents, la sensibilisation accrue de la population aux incidences environnementales associées aux eaux usées et aux eaux pluviales contaminées sont tous des défis auxquels les municipalités sont confrontées. La règle de l'art en matière des eaux pluviales et des eaux usées traite des infrastructures linéaires enfouies, du traitement en aval et des questions liées à la gestion. Elle aborde, entre autres, les moyens de : contrôler et réduire l'écoulement et l'infiltration; obtenir des ensembles de données pertinentes et uniformes; inspecter les systèmes de collecte et en évaluer l'état et la performance, en plus de traiter de l'optimisation de l'usine de traitement et de la gestion des biosolides.



Transport en commun

L'urbanisation impose des contraintes sur des infrastructures vieillissantes en voie de dégradation et suscite des préoccupations face à la détérioration de la qualité de l'air et de l'eau. Les réseaux de transport en commun contribuent à réduire les embouteillages et à améliorer la sécurité routière. La règle de l'art en matière du transport en commun fait ressortir la nécessité d'améliorer l'offre, d'influencer la demande et de procéder à des améliorations opérationnelles ayant des incidences minimales sur l'environnement, tout en répondant aux besoins sociaux et commerciaux.



Chaussées et trottoirs

La gestion rentable des chaussées municipales passe par une judicieuse prise de décision et un entretien préventif. La règle de l'art en matière de routes et trottoirs municipaux porte sur deux volets prioritaires : la planification préliminaire et la prise de décision visant à recenser et gérer les chaussées en tant que composantes du système d'infrastructures, et une approche de prévention pour retarder la détérioration des chaussées existantes. Au nombre des sujets traités, mentionnons l'entretien préventif, en temps opportun, des voies municipales; la construction et la remise en état des boîtiers des installations, et l'amélioration progressive des techniques de réparation des chaussées en asphalte et en béton.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	vii
Résumé	ix
1. Généralités	1
1.1 Introduction.....	1
1.2 Cadre.....	1
1.2.1 Liens avec les règles de l'art actuellement en vigueur dans l'industrie de l'eau relativement à la réhabilitation ou au remplacement de conduites.....	1
1.2.2 Techniques nouvelles ou naissantes	2
1.3 Glossaire	2
2. Justification.....	7
3. Compréhension du réseau de distribution d'eau.....	9
3.1 Pratiques d'exploitation et d'entretien	9
3.1.1 Caractéristiques de l'eau.....	9
3.1.2 Pression d'eau.....	10
3.1.3 Manipulation des données	10
3.2 Exigences réglementaires.....	11
3.3 Reconnaissance en profondeur	11
3.4 Questions financières.....	12
3.5 Questions communautaires	12
4. Choix des techniques appropriées.....	13
4.1 Considérations	13
4.1.1 Montant du contrat	13
4.1.2 Disponibilité locale.....	14
4.1.3 Matériau de la conduite d'eau	14
4.1.4 Densité des branchements d'eau.....	14
4.2 Choix de la technique de réhabilitation ou de remplacement	15
4.2.1 Nouvelle conduite.....	19
4.2.2 Tubage	20
4.2.3 Tubage ajusté — Réduction du diamètre	22
4.2.4 Tubage ajusté — Pliage en usine ou au chantier	23
4.2.5 Chemisage	24
4.2.6 Éclatement de la conduite.....	28
4.2.7 Forage horizontal.....	30
4.2.8 Microtunnelage.....	32
4.2.9 Garnitures intérieures d'étanchéité de joints	32
4.2.10 Revêtements intérieurs projetés — Mortier de ciment	33
4.2.11 Revêtements intérieurs projetés — Résine époxyde	35

5. Cas d'utilisation et limitations.....	39
5.1 Fréquence.....	39
5.2 Risques.....	39
5.3 Résultats prévus	39
Annexe A : Études de cas	41
Bibliographie	45

TABLEAU

Tableau 4-1 : Limitations des techniques.....	37
---	----

FIGURES

Figure 4-1 : Schéma de principe du choix de la technique de réhabilitation ou de remplacement.	17
Figure 4-2 : Installation de tubage.....	21
Figure 4-3 : Tubage ajusté.	23
Figure 4-4 : Remplissage d'eau froide de la colonne d'insertion de la gaine (méthode de l'inversion).	25
Figure 4-5 : Gaine en feutre (méthode de l'insertion par tirage)	26
Figure 4-6 : Procédé d'éclatement de la conduite.....	27
Figure 4-7 : Forage horizontal.	31

REMERCIEMENTS

Nous apprécions énormément le dévouement des personnes qui ont donné leur temps et partagé leur expertise dans l'intérêt du *Guide national pour des infrastructures municipales durables*, et nous les remercions.

La présente règle de l'art a été créée par des groupes intéressés des municipalités canadiennes et des spécialistes du Canada tout entier. Elle est fondée sur de l'information tirée de la revue des pratiques municipales et d'une analyse documentaire approfondie. Les membres du Comité technique de l'eau potable du Guide national, dont on trouvera les noms ci-après, ont fourni des conseils et une orientation en rapport avec la rédaction du document. Ils ont été aidés par les employés de la Direction du guide et ceux de Delcan Corporation.

Carl Yates, président Halifax Regional Water Commission (Nouvelle-Écosse)

Fred Busch	Maire, District de Sicamous (Colombie-Britannique)
Sukhi Cheema	Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest
Normand DeAgostinis	Ductile Iron Pipe Research Association, Anjou (Québec)
Tim Dennis	Ville de Toronto (Ontario)
Gordon Lefort	IPEX Inc., Langley (Colombie-Britannique)
André Proulx	Delcan Corporation, Ottawa (Ontario)
Diane Sacher	Ville de Winnipeg (Manitoba)
Piero Salvo	WSA Trenchless Consultants Inc., Ottawa (Ontario)
Ernie Ting	Ville de Markham (Ontario)
Normand Levac	Conseiller technique, CNRC
Michael Tobalt	Conseiller technique, CNRC

De plus, le Comité aimerait remercier les personnes qui suivent pour leur participation aux groupes de travail et aux révisions par les pairs.

James Hannam	Halifax Regional Water Commission (Nouvelle-Écosse)
Ensor Nicholson	Ville de Moncton (Nouveau-Brunswick)
Jean Paquin	Sanexen Services Environnementaux inc., Longueuil (Québec)
Marek Pawlowski	UMA Engineering Ltd., Burnaby (Colombie-Britannique)
Piero Salvo	WSA Trenchless Consultants Inc., Ottawa (Ontario)
Kamran Sarrami	Ville de Toronto (Ontario)
Mike Willmets	Ville d'Ottawa (Ontario)

Cette règle de l'art n'aurait pu voir le jour sans le leadership et les conseils du comité directeur du projet et du comité directeur technique du *Guide national pour des infrastructures municipales durables* dont les membres sont comme suit :

Comité directeur du projet :

Mike Badham, Président	Conseiller, Régina (Saskatchewan)
Stuart Briese	Portage la Prairie (Manitoba)
Bill Crowther	Ville de Toronto (Ontario)
Jim D'Orazio	Greater Toronto Sewer and Watermain Contractors Association (Ontario)
Derm Flynn	Maire, Appleton (Terre-Neuve)
David General	Cambridge Bay (Nunavut)
Ralph Haas	Université de Waterloo (Ontario)
Barb Harris	Whitehorse (Yukon)
Robert Hilton	Bureau de l'infrastructure, Ottawa (Ontario)
Dwayne Kalynchuk	Ville de St. Albert (Alberta)
Joan Lougheed	Conseillère, Burlington (Ontario)
René Morency	Liaison avec les intervenants Régie des installations olympiques, Montréal (Québec)
Saeed Mirza	Université McGill, Montréal (Québec)
Lee Nauss	Conseiller, Lunenburg (Nouvelle-Écosse)
Ric Robertshaw	Région d'Halton (Ontario)
Dave Rudberg	Ville de Vancouver (Colombie-Britannique)
Van Simonson	Ville de Saskatoon (Saskatchewan)
Basile Stewart	Maire, Summerside, (Île-du-Prince-Édouard)
Serge Thériault	Environnement et Gouvernements locaux (Nouveau-Brunswick)
Alec Waters	Alberta Transportation, Edmonton (Alberta)
Wally Wells	Dillon Consulting Ltd., Toronto (Ontario)

Comité technique directeur :

Don Brynildsen	Ville de Vancouver (Colombie-Britannique)
Al Cepas	Ville d'Edmonton (Alberta)
Andrew Cowan	Ville de Winnipeg (Manitoba)
Tim Dennis	Ville de Toronto (Ontario)
Kulvinder Dhillon	Province de la Nouvelle-Écosse, Halifax (Nouvelle-Écosse)
Wayne Green	Ville de Toronto (Ontario)
John Hodgson	Ville d'Edmonton (Alberta)
Bob Lorimer	Lorimer & Associates, Whitehorse (Yukon)
Betty Matthews-Malone	Ville de Hamilton (Ontario)
Umendra Mital	Ville de Surrey (Colombie-Britannique)
Anne-Marie Parent	Conseillère, Montréal (Québec)
Piero Salvo	WSA Trenchless Consultants Inc., Ottawa (Ontario)
Mike Sheflin	Ancien APA de la municipalité régionale d'Ottawa-Carleton (Ontario)
Konrad Siu	Ville d'Edmonton (Alberta)
Carl Yates	Halifax Regional Water Commission (Nouvelle-Écosse)

RÉSUMÉ

La présente règle de l'art porte surtout sur le choix des techniques qu'on peut utiliser pour remplacer ou réhabiliter les conduites d'aqueduc et les accessoires connexes. L'exploitation, l'entretien et la gestion des réseaux de distribution d'eau peuvent être complexes, et la réhabilitation ou le remplacement de conduites dans le but de répondre aux besoins de la collectivité est une réalité de tous les jours partout au Canada.

Comme les infrastructures de distribution d'eau sont en grande partie enfouies, il est difficile d'exécuter en priorité des travaux d'entretien tout en exploitant de façon continue un réseau fiable qui répond aux besoins des clients et de la collectivité. La présente règle de l'art propose aux municipalités une façon de choisir la technique appropriée de réhabilitation ou de remplacement d'une conduite d'aqueduc en fonction de facteurs sociaux, économiques et environnementaux, et des règles de l'art en vigueur dans l'industrie.

Dans la présente règle de l'art, on suppose que la municipalité a déjà déterminé qu'il y avait lieu de réparer un tronçon bien défini de conduite d'aqueduc. La décision doit alors s'appuyer sur un plan de priorisation qui tient compte des meilleurs intérêts de la collectivité dans son ensemble. La compréhension de l'exploitation globale du réseau de distribution d'eau est essentielle à cet égard et la municipalité doit posséder le plus d'information possible sur ses infrastructures pour être en mesure d'accorder la bonne priorité aux décisions qu'elle prend. Cela inclut :

- Le fait de s'assurer que les activités d'exploitation et d'entretien sont adéquates.
- La collecte, le stockage et l'analyse de toutes les données recueillies sur les infrastructures de distribution d'eau, y compris les problèmes de qualité de l'eau, qui permettront aux gestionnaires de prendre des décisions éclairées en rapport avec l'exploitation, l'entretien, la réhabilitation ou le remplacement des réseaux.
- La compréhension du type et de la condition du sol adjacent aux conduites d'aqueduc, de la nappe phréatique, de même que de tout autre élément d'infrastructures enfoui ou en surface qui pourrait avoir une incidence sur le réseau.
- La prise en compte de toutes les préoccupations de la collectivité, notamment les contraintes financières, le coût du cycle de vie du matériel, les questions sociales, les questions relatives à l'environnement local et la coordination des autres travaux exécutés sur des infrastructures en surface ou enfouies.

Parmi les points dont il faut tenir compte avant de choisir la technique de réhabilitation ou de remplacement appropriée, on retrouve :

- Les questions relatives aux travaux, telles que la sécurité, l'exploitabilité, le coût et l'efficacité.
- L'importance du contrat, puisque, lorsque le montant est peu élevé, il se peut qu'on doive éliminer certaines solutions technologiques à cause du coût de mobilisation du matériel et du personnel spécialisés.
- Le risque lié au fait d'aller de l'avant avec le projet ou de ne pas y donner suite, en insistant sur les questions relatives à l'environnement et à la possibilité d'exécuter les travaux, et sur tout ce qui risque d'avoir un effet défavorable sur l'objectif du projet.
- La disponibilité locale des diverses techniques, puisque certaines d'entre elles ne sont pas encore accessibles dans certaines parties du Canada.
- La profondeur de la conduite d'eau, qui risque de limiter le nombre des techniques qu'il sera possible d'utiliser pour sa réhabilitation ou son remplacement (au nord du 60^e parallèle ou dans le cas des réseaux posés dans le pergélisol); et
- La densité des branchements, qui peut faire augmenter substantiellement le coût global des travaux liés à certaines des techniques les plus récentes quand il faut excaver pour reconnecter chaque branchement.

La présente règle de l'art propose à la municipalité un schéma de principe que celle-ci doit suivre pour déterminer quelles sont les techniques de réhabilitation ou de remplacement de conduites d'eau qu'elle pourra utiliser en fonction de la situation qui lui est propre. L'utilisation du schéma suppose que la municipalité a déjà décidé qu'il y avait lieu d'exécuter des travaux de réparation. Le schéma contient la définition des problèmes, aborde les causes possibles de chacun d'entre eux et offre deux choix (le remplacement complet ou la réhabilitation structurale, ou encore, la réhabilitation non structurale ou semi-structurale). Le document traite également des techniques qu'il est actuellement possible d'utiliser.

En suivant toutes les étapes mentionnées dans la présente règle de l'art, la municipalité s'assurera d'avoir tenu compte de toutes les questions économiques, sociales, environnementales et locales au cours du processus décisionnel, et de l'avoir fait dans les meilleurs intérêts de la collectivité.

1. GÉNÉRALITÉS

1.1 INTRODUCTION

La rédaction de la présente règle de l'art a été entreprise à la suite d'une étude de la priorisation et du choix de techniques de construction et de réhabilitation de réseaux linéaires de distribution d'eau potable, étude menée dans le cadre de la préparation du Guide national. On peut visualiser le résumé de l'étude, appelée Étude SWW-1 (PW), sur le site Web du Guide national, à l'adresse www.infraguide.ca. Les données collectées ont mené les auteurs de l'étude à recommander l'élaboration d'une règle de l'art relative à la façon de choisir les techniques appropriées à utiliser pour la réhabilitation ou le remplacement de tronçons et d'accessoires d'un réseau de distribution d'eau qui doivent être réparés.

1.2 CADRE

La présente règle de l'art propose aux municipalités une ligne directrice concernant le choix des techniques qu'elles peuvent utiliser pour réhabiliter ou remplacer des tronçons de leur réseau de distribution d'eau, en fonction des pratiques actuellement en vigueur ainsi que des conditions et des problèmes locaux. En choisissant les techniques appropriées, les municipalités pourront alors améliorer leurs immobilisations, en plus de prendre en matière d'exploitation et d'entretien des décisions qui seront dans le meilleur intérêt de la collectivité qu'elles desservent et des clients de leur réseau.

Il convient de noter que la protection cathodique des conduites d'aqueduc et de leurs accessoires est exclue de la présente règle de l'art, parce que ce type de protection ne comporte aucun élément réhabilitant. On considère plutôt qu'il s'agit d'une technique d'entretien qui retarde la corrosion dans les sols agressifs et prolonge ainsi la vie utile des conduites.

Bien que les branchements d'eau soient mentionnés ici, il convient de noter que leur réhabilitation est exclue de la présente règle de l'art. Fait à remarquer, la réhabilitation ou le remplacement des branchements peut avoir une incidence sur le choix de la technique appropriée de réhabilitation ou de remplacement de conduites d'eau.

1.2.1 LIENS AVEC LES RÈGLES DE L'ART ACTUELLEMENT EN VIGUEUR DANS L'INDUSTRIE DE L'EAU RELATIVEMENT À LA RÉHABILITATION OU AU REMPLACEMENT DE CONDUITES D'EAU

Les municipalités, les entreprises de service public de distribution d'eau, les consultants, les entrepreneurs, les particuliers et les autres organisations qui s'efforcent sans cesse d'utiliser les meilleures pratiques en matière de réhabilitation ou de remplacement de conduites d'aqueduc sont représentés par deux organisations importantes. Il est recommandé que les municipalités qui participent à des travaux de recherche ou qui participent à l'élaboration de

stratégies de réhabilitation ou de remplacement de conduites d'aqueduc participent aux activités de l'American Water Works Association (AWWA) et de la North American Society for Trenchless Technologies (NASTT). Leurs connaissances et leur expertise pourront ainsi être diffusées par ces organisations au profit des municipalités et des fournisseurs d'eau potable du monde entier. On peut surveiller les activités des organisations susmentionnées ou contacter celles-ci par l'entremise de leur site Web respectif, aux adresses <www.awwa.org> et <www.nastt.org>.

Il convient de noter qu'il existe de nombreuses autres organisations œuvrant dans le domaine de la réhabilitation des infrastructures, notamment la Water Environment Federation (WEF), l'American Society of Civil Engineers (ASCE), le Water Resource center (WRC) et le Drinking Water Inspectorate du Royaume-Uni, de même que le monde universitaire. Toutes ces organisations ont un rôle à jouer dans les initiatives visant à améliorer le domaine du remplacement ou de la réhabilitation de conduites d'eau. Un rapport de recherche publié en juin 2002 par l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches (rapport n° 101) et intitulé « Construction and Rehabilitation Costs for Buried Pipe with a Focus on Trenchless Technologies » met en évidence les coûts récents (de 1993 à 2000) des techniques sans tranchée.

Le Comité technique sur l'eau potable du Guide national continuera à surveiller les activités de ces organisations et celles d'autres organismes, et verra à mettre à jour ou à modifier la présente règle de l'art au besoin.

1.2.2 TECHNIQUES NOUVELLES OU NAISSANTES

En se servant de la présente règle de l'art, l'utilisateur doit à tout prix être conscient du fait que de nouvelles techniques et de nouveaux matériaux font leur apparition à chaque année. Les techniques existantes évoluent continuellement et sont sans cesse améliorées. On trouvera par conséquent dans la présente règle de l'art la définition des techniques éprouvées qui étaient accessibles au moment de la rédaction du document.

1.3 GLOSSAIRE

Il est de l'intention des auteurs d'utiliser les termes standards qui sont reconnus internationalement, ce qui permettra aux municipalités de communiquer entre elles dans des termes qui ont déjà été définis. Les définitions qui suivent sont une gracieuseté de la NASTT (North American Society for Trenchless Technologies); on peut en trouver une version plus détaillée sur le site Web de la Société, à l'adresse <http://www.nastt.org/glossary/j.html>.

Ajusté — Description d'un système de gainage dans lequel le nouveau tuyau est en contact étroit avec la conduite défectueuse; le diamètre de la gaine est alors le diamètre normal ou minimal de la conduite. Il peut y avoir un espace annulaire

aux endroits où le diamètre de la conduite défectueuse est supérieur à ce diamètre.

Cathodique — Procédé qui permet de protéger une canalisation métallique contre la corrosion en utilisant un courant électrique.

Chemisage — Technique de réhabilitation qui prévoit l'insertion dans une conduite existante d'un tuyau souple qu'on a imprégné de résine; on laisse ensuite mûrir la résine jusqu'à l'obtention d'un fini dur et le tuyau prend alors habituellement la forme de la conduite existante.

Éclatement de la conduite — Méthode de remplacement. Technique servant à briser la conduite existante par rupture fragile; on utilise alors une force appliquée mécaniquement depuis l'intérieur de la conduite, après quoi les restes sont enfoncés dans le sol encaissant. Au même moment, une nouvelle conduite, de diamètre égal ou supérieur à celui de l'ancienne, est tirée derrière l'éclateur. Celui-ci peut être un outil de moulage par choc, qui exerce une poussée avant dérivée pour obtenir l'effet d'éclatement radial souhaité, ou un appareil hydraulique inséré dans la conduite et expansé de manière à exercer une force radiale directe sur la conduite. On utilise généralement une conduite en PVC ou en PEHD. La technique est également connue sous le nom de « fissuration de la conduite » ou de « fendage de la conduite ».

Électrofusion — Jonction de pièces au moyen de l'énergie électrique.

Forage — 1) Détachement ou déplacement de déblais par une tarière ou un train de tiges dans le but de produire un trou appelé forage. 2) Procédé de forage dans la terre utilisé pour poser des conduits ou des pipelines. 3) Obtention d'échantillons de sol à des fins d'évaluation ou d'essai.

Forage horizontal — Installation orientable servant à poser des conduites, des conduits ou des câbles suivant un arc très faible à l'aide d'un appareil de forage commandé depuis la surface du sol. Le terme s'applique ordinairement aux franchissements de grande envergure dans le cadre desquels on creuse d'abord un forage-guide rempli de liquide, à l'aide d'un moteur commandé par liquide et monté à l'extrémité d'un raccord coudé; on élargit ensuite le forage à l'aide d'un tube de surforage et d'un alésoir en retour jusqu'à ce qu'il ait le diamètre requis pour l'insertion de la conduite à mettre en place. C'est le positionnement du raccord coudé qui permet d'obtenir la déviation requise durant le percement du forage-guide. Pour suivre le train de tiges, on utilise un outil d'arpentage fond-de-trou.

Fusion d'aboutement — Méthode utilisée pour joindre des tuyaux en polyéthylène, suivant laquelle on chauffe et on met rapidement en contact sous pression deux extrémités de tuyaux de manière à former une liaison homogène.

Inspection par télévision en circuit fermé — Mode d'inspection qui prévoit l'utilisation d'une caméra de télévision en circuit fermé et des mécanismes appropriés de transport et d'éclairage pour visualiser la surface intérieure des conduites revêtues de résine époxyde.

Microtunnelage — Méthode sans tranchée utilisée pour poser des canalisations. Durant les travaux, le microtunnelage utilise la totalité des fonctions suivantes : 1) Commande à distance — Le microtunnelier est dirigé à partir d'un panneau de commande qui se trouve normalement en surface. L'appareil pose la conduite en même temps qu'il excave et enlève les déblais. Il n'est pas nécessaire que des personnes entrent dans la conduite dans le cas d'une utilisation courante du système. 2) Guidage — Le système de guidage consiste habituellement en un rayon laser projeté sur une cible placée dans le microtunnelier et qui permet la pose de canalisations aux tolérances requises d'alignement et de niveau. 3) Fonçage horizontal de la conduite — Procédé qui consiste à construire une canalisation en poussant consécutivement des tuyaux et le microtunnelier à travers le sol à l'aide d'un vérin. 4) Support constant — Une pression égale à celle exercée par la nappe phréatique et la terre s'exerce en permanence sur la face de l'excavation.

Polyéthylène — Matière thermoplastique pratiquement inerte, ductile et durable, composée de polymères d'éthylène. Il s'agit normalement d'un matériau solide, translucide et résistant. Dans le cas des résines qui entrent dans la fabrication de tuyaux, on prescrit habituellement des copolymères d'éthylène-hexène avec noir de carbone pour garantir la résistance des produits aux intempéries.

Protection cathodique — Protection d'une canalisation à l'aide de cathodes (et d'anodes) spéciales qui empêchent les courants électriques vagabonds de l'endommager par corrosion.

PVC — Chlorure de polyvinyle; forme de tuyau thermoplastique.

Revêtement intérieur projeté — Technique qui consiste à appliquer un revêtement intérieur en mortier de ciment ou en résine en faisant tourner une tête de projection qu'on tire dans la conduite existante à l'aide d'un treuil.

Techniques sans tranchée — Techniques utilisées pour la pose, le remplacement, la réhabilitation, la rénovation, la réparation ou l'inspection de canalisations de réseaux techniques urbains, ou la localisation et la détection de fuites dans ce genre d'ouvrages, avec un minimum de creusement depuis la surface du sol.

Tubage — 1) Terme général servant à décrire les méthodes utilisées pour poser dans une conduite une gaine continue ou faite de tuyaux séparés. 2) Insertion d'une nouvelle conduite qu'on tire ou qu'on pousse dans la conduite existante, suivie de l'injection d'un coulis dans l'espace annulaire. Le tuyau utilisé dans ce

cas peut être continu ou consister en un train de tuyaux séparés. Dans le dernier cas, on parle aussi de « plaques de recouvrement ».

Tunnelage — Méthode d'exécution de travaux qui consiste à creuser une ouverture sous terre sans perturber continuellement la surface du sol et de diamètre assez grand pour qu'on puisse la visiter et y ériger un système de support du sol à l'emplacement d'une excavation.

2. JUSTIFICATION

L'exploitation, l'entretien et la gestion d'un réseau d'eau potable peuvent être complexes. Comme les infrastructures de distribution d'eau potable sont en grande partie enfouies (c.-à-d. dérobées aux regards), il est difficile d'exécuter en priorité des travaux d'entretien tout en exploitant de façon continue un réseau fiable qui répond aux besoins des clients et de la collectivité. Le réseau de distribution représente de 50 à 80 p. 100 des dépenses liées à l'exploitation d'un système global de production et de distribution d'eau potable. Il faut donc l'exploiter, l'entretenir et le gérer de la façon la plus efficiente possible, tout en offrant de l'eau potable de qualité grâce à un réseau de distribution fiable.

Au cours de l'hiver 2001-2002, on a procédé à l'étude de la priorisation et du choix des techniques de mise en place ou de réhabilitation de réseaux linéaires d'eau potable dans le but de voir comment et pourquoi les municipalités du Canada tout entier remplaçaient ou réhabilitaient les conduites d'aqueduc. L'étude a permis de constater qu'une règle de l'art concernant le choix des techniques appropriées à utiliser pour la réhabilitation ou le remplacement de tronçons d'un réseau de distribution d'eau sur lequel il y a lieu d'effectuer certaines réparations serait avantageuse pour bon nombre de municipalités partout au pays. L'information en question permettrait aux municipalités de prendre de meilleures décisions au sujet des priorités relatives aux investissements de capitaux, des activités d'exploitation et d'entretien ainsi que des questions de sécurité ou de fiabilité des réseaux de distribution.

Il convient de noter que, dans la présente règle de l'art, on suppose que la municipalité a déjà déterminé qu'elle devait réparer un certain tronçon du réseau de distribution d'eau. La municipalité doit donc maintenant décider de la meilleure méthode à utiliser pour réhabiliter ou remplacer le tronçon en question et les accessoires connexes qui doivent être réparés.

3. COMPRÉHENSION DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION D'EAU

Le but ultime de toute municipalité consiste à offrir à ses clients un approvisionnement fiable et sans danger en eau potable de qualité, en quantité suffisante, tout en respectant les exigences de pression des clients et en répondant à leurs besoins de service. Cela doit se faire durant les périodes de demande quotidienne maximale (avec provision pour les situations d'urgence de lutte contre l'incendie). Le réseau de distribution d'eau n'est qu'un des éléments constitutifs du système global de production et de distribution d'eau, et il peut avoir des répercussions importantes sur les clients qu'il dessert. Parmi les autres éléments constitutifs essentiels des infrastructures, on retrouve les installations d'approvisionnement en eau (stations de purification ou puits de production), les réservoirs, les réserves et les postes de pompage. Parmi les autres répercussions importantes sur les consommateurs d'eau, on retrouve l'exploitation du réseau de distribution, les activités d'entretien connexes (prévues ou d'urgence) et le niveau de service à la clientèle. Comme la présente règle de l'art porte surtout sur le réseau de distribution d'eau ainsi que sur la réhabilitation ou le remplacement nécessaire d'un tronçon de conduite, les autres questions qui touchent le document ne sont que brièvement traitées dans les sections qui suivent.

3.1 PRATIQUES D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN

Un niveau approprié d'exploitation et d'entretien peut prolonger la vie des infrastructures et réduire ou retarder le besoin de réhabiliter ou de remplacer les conduites d'aqueduc et les éléments constitutifs connexes. Parmi les activités opérationnelles importantes qui ont une incidence sur les conduites, on retrouve la qualité de l'approvisionnement en eau du réseau de distribution, le contrôle permanent de la qualité de l'eau dans tout le réseau, la gestion de la pression d'eau partout dans le réseau, la manipulation de données (collecte, stockage et gestion) et l'exploitation des accessoires, tels que les robinets, les bouches d'incendie et les arrêts de distribution. La protection cathodique est une des techniques d'entretien qui a démontré une capacité de prolonger la vie utile des conduites d'eau en fonte posées dans les sols agressifs. Pour obtenir des renseignements sur la protection cathodique, on peut s'adresser à l'AWWA, à l'IRC du CNRC ou à la National Association of Corrosion Engineers (NACE).

3.1.1 CARACTÉRISTIQUES DE L'EAU

La chimie de l'eau transportée dans le réseau de distribution peut avoir un impact sur la corrosion interne des conduites non revêtues. En ayant une bonne compréhension de cette chimie et de ses répercussions sur le réseau de distribution, la municipalité pourra modifier les procédés de traitement qu'elle utilise et réduire ou éliminer les problèmes de corrosion interne. Il faut aborder au début du processus de sélection les conséquences possibles d'une exposition à de l'eau potable douce ou agressive pour le matériau du revêtement interne et s'assurer que cette exposition n'aura à long terme aucun effet défavorable sur le

revêtement ou la qualité de l'eau. L'analyse des résultats (chlore résiduaire, turbidité, qualité bactériologique, couleur et pH) du contrôle quotidien de la qualité de l'eau au moyen d'une base de données peut être un bon indicateur de l'état de l'intérieur des conduites.

La composition du matériau dont est fait l'intérieur des conduites et qui est continuellement en contact avec l'eau potable peut elle aussi avoir une incidence directe sur la qualité de l'eau. Un bon programme de contrôle de la qualité de l'eau dans le réseau de distribution pourra donc fournir l'information dont on a besoin pour vérifier si les matériaux qu'on retrouve à l'intérieur des conduites ont une incidence sur la qualité globale de l'eau. La municipalité obtiendra ainsi des renseignements précieux qu'elle pourra utiliser pour prioriser la réhabilitation ou le remplacement de conduites d'aqueduc en fonction expressément de paramètres de qualité de l'eau. Il faut également tenir compte de nombreuses autres préoccupations, notamment les questions hydrauliques (pression et débit), l'intégrité structurale des infrastructures d'eau, les restrictions financières, la conformité aux spécifications existantes et les questions relatives à la collectivité locale.

3.1.2 PRESSION D'EAU

La gestion de la pression d'eau dans un réseau de distribution peut avoir une incidence majeure sur la vie utile des conduites. Les sautes de pression (coups de bélier) doivent être évitées ou maîtrisées dans la mesure du possible. Parmi les bonnes procédures d'exploitation à utiliser, mentionnons la mise en marche ou l'arrêt d'une pompe de la façon appropriée, la vitesse d'ouverture ou de fermeture des robinets et le mode d'ouverture ou de fermeture d'une bouche d'incendie durant l'entretien ou à l'occasion de toute autre utilisation.

L'utilisation de vannes à soupape, de soupapes de surpression, de vannes de mise à l'air libre et de cheminées d'équilibre dans un réseau de distribution d'eau contribue elle aussi à préserver l'intégrité du réseau. La pression a également d'importantes répercussions sur les pertes d'eau dans un réseau de distribution.

3.1.3 MANIPULATION DES DONNÉES

La collecte, le stockage et la gestion de données opérationnelles ou d'entretien peuvent donner un bon aperçu des problèmes qui touchent un réseau de distribution d'eau. Il est donc important de déterminer le type de données opérationnelles à collecter ainsi que la meilleure façon de procéder à la collecte et de gérer l'information. Le fait que les activités opérationnelles ou d'entretien (ou le défaut de ce genre d'activités) puissent avoir une incidence particulière sur la vitesse de détérioration des infrastructures d'eau revêt une importance particulière. L'élimination ou la réduction au minimum de la détérioration grâce à de meilleures procédures opérationnelles ou activités d'entretien réduit ou retarde le besoin de réhabiliter ou de remplacer des tronçons du réseau de distribution (c.-à-d. prolonge la durée de vie utile des conduites). Parmi les données d'exploitation et d'entretien qui ont des répercussions indirectes sur la détérioration des conduites d'aqueduc, mentionnons :

- Les lectures de pression tout au long de la journée dans le réseau de distribution (plus il y a de sautes de pression, plus la probabilité de problèmes structuraux dans les conduites est élevée et plus les pertes d'eau sont élevées);
- L'entretien des conduites (nombre de ruptures ou de réparations de conduites à chaque année; programmes de chasse, de décolmatage ou de raclage de conduites);
- L'utilisation ou l'entretien des bouches d'incendie (vérification du débit d'incendie, remplissage de camions-citernes);
- L'entretien des robinets (robinets mitoyens entre deux zones de pression différentes, réducteurs de pression dans le réseau de distribution, mode d'ouverture ou de fermeture des robinets, état opérationnel des robinets, emplacement des robinets);
- Les programmes de détection de fuites;
- L'utilisation des réservoirs (répercussions sur les pressions et les sautes de pression); et
- Les données sur les conduites d'aqueduc (longueur, diamètre, âge, emplacement et profondeur), les robinets (type, diamètre, âge, emplacement, détails de la chambre ou du boîtier) et les bouches d'incendie (type, débit).

3.2 EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES

La municipalité doit à tout prix bien connaître toutes les exigences réglementaires fédérales, provinciales, territoriales, municipales ou autres susceptibles d'avoir une incidence sur le processus et le coût du choix d'une technique de réhabilitation ou de remplacement. S'ils étaient assez importants, les impacts de la réglementation pourraient modifier l'issue financière des travaux.

3.3 RECONNAISSANCE EN PROFONDEUR

Dans le cas de tous les types de travaux exécutés sur des infrastructures enfouies, il est d'une importance cruciale de comprendre le type et la condition du sol, et tout conflit d'infrastructures possible. Selon les conditions de sol et le niveau de la nappe phréatique, les choix en matière de réhabilitation, de remplacement ou de réparation d'un tronçon de conduite d'aqueduc risquent d'être limités. Il est donc normal de mener une étude géotechnique dans le but de confirmer les conditions de sol et tout conflit possible d'infrastructures avant de concevoir des choix en matière de réhabilitation ou de remplacement d'un tronçon de conduite. Il est conseillé de faire effectuer ce genre d'étude par du personnel ou des organisations spécialisées dans le domaine.

3.4 QUESTIONS FINANCIÈRES

Les questions financières joueront toujours un rôle dans la réhabilitation ou le remplacement d'une conduite d'eau. Il est suggéré de recourir à une approche structurée, notamment à un processus de priorisation servant à déterminer celui des tronçons de conduite qui doit être réhabilité ou remplacé en premier. Tout plan de réhabilitation ou de remplacement d'infrastructures doit être priorisé en fonction du meilleur rapport qualité-prix global pour la collectivité. Dans bon nombre de cas, il se peut qu'on doive recourir à un modèle de priorisation et d'ordonnement pour élaborer différentes options financières qui tiendront compte des disponibilités budgétaires et des contraintes en matière de ressources.

3.5 QUESTIONS COMMUNAUTAIRES

De nombreuses préoccupations d'ordre communautaire entrent en jeu lorsqu'il s'agit de déterminer le tronçon de conduite d'aqueduc à réhabiliter ou à remplacer. Parmi les préoccupations en question, mentionnons la croissance de la collectivité, les questions liées à l'environnement, les questions liées à l'aménagement urbain ou rural, la santé et la sécurité, les autres questions de coordination des infrastructures (conduites d'aqueduc et routes, principalement) et la criticité du service de distribution d'eau (l'alimentation en eau d'un hôpital, par exemple).

4. CHOIX DES TECHNIQUES APPROPRIÉES

4.1 CONSIDÉRATIONS

La présente règle de l'art offre certains conseils relativement au choix de techniques de réhabilitation ou de remplacement de tronçons de réseau de distribution d'eau. Bien qu'on aborde dans le document les principales questions liées au choix d'une technique appropriée, on ne peut couvrir toutes les situations possibles. Par conséquent, il est fortement recommandé que la municipalité qui ne possède aucune expertise à l'interne embauche ou engage un spécialiste du domaine, qui la guidera dans les étapes de la réhabilitation ou du remplacement du tronçon des infrastructures de distribution d'eau qu'il y a lieu de réparer. Le spécialiste pourra alors offrir l'expertise suivante :

- Information à jour sur les progrès des diverses techniques qu'on trouve dans le marché;
- Aperçu des problèmes relatifs à la collectivité locale dont on doit tenir compte tout au long du processus de sélection; et
- Mécanismes adéquats d'assurance et de contrôle de la qualité qui permettent de s'assurer du respect des exigences contractuelles.

Bon nombre de municipalités ne sont pas à l'aise lorsqu'il s'agit de faire l'essai de techniques nouvelles qui n'ont pas fait leurs preuves dans leur collectivité. Les infrastructures et les conditions sont à bien des égards propres à chaque municipalité, et les craintes que celle-ci entretient face aux possibilités d'application d'une nouvelle technique risquent de la décourager à l'idée de remplacer ou de réhabiliter un tronçon de conduite d'aqueduc en procédant autrement que par creusement d'une tranchée à ciel ouvert. Dans le cas où une recherche approfondie au sujet des diverses techniques de remplacement ne la satisfait pas, nous recommandons à la municipalité de procéder à un essai pilote au cours duquel elle pourra aborder les problèmes liés aux travaux, la santé et la sécurité, et les préoccupations possibles d'ordre environnemental ou autre.

Parmi les autres éléments critiques dont on doit tenir compte avant de choisir la technique de réhabilitation ou de remplacement appropriée, on retrouve le montant du contrat, la disponibilité locale des diverses techniques, les répercussions possibles du matériau des conduites d'eau qu'on prévoit utiliser (problèmes possibles de dilatation ou de contraction) et la densité des branchements à la conduite qu'on envisage de réparer.

4.1.1 MONTANT DU CONTRAT

Le montant du contrat peut empêcher l'utilisation de certaines techniques, puisque le déplacement de matériel et de personnel spécialisés sur de longues distances en vue de l'exécution de travaux mineurs risque de ne pas être

économique. Dans le cas de certaines techniques spécialisées, la mobilisation et la démobilitation sont coûteuses. Lorsque les travaux sont plus importants, les choix en matière de techniques sont plus nombreux. La coordination de travaux semblables avec les municipalités environnantes peut être l'une des façons de rendre certaines techniques plus économiques.

4.1.2 DISPONIBILITÉ LOCALE

La disponibilité locale est elle aussi cruciale, puisque certaines des technologies plus récentes risquent d'être très peu présentes dans certaines régions du Canada. La disponibilité doit être prise en compte dans l'évaluation du choix, ce qui permet à la municipalité de restreindre plus rapidement les choix dont elle dispose. Ce facteur est directement lié au montant du contrat, puisque des travaux importants risquent d'attirer des entreprises d'autres régions du Canada ou des États-Unis. De même, une solution de rechange pourrait consister à faire œuvrer un spécialiste de l'extérieur avec un entrepreneur local à l'exécution de un ou de deux premiers projets, ce qui permettrait de transférer la technologie et d'en favoriser la disponibilité localement à l'avenir.

4.1.3 MATÉRIAU DE LA CONDUITE D'EAU

Le choix du matériau de la conduite d'eau risque d'avoir une incidence sur la technique de réhabilitation ou de remplacement. On trouve dans le marché divers matériaux à l'intention des nouveaux tuyaux et des nouvelles techniques de réhabilitation. La dilatation et la contraction (c.-à-d. le fluage) sont un facteur dont il faut à tout prix tenir compte au moment de choisir et de concevoir la conduite d'eau.

4.1.4 DENSITÉ DES BRANCHEMENTS D'EAU

La quantité et, ce qui est plus important, la densité des branchements d'eau raccordés à la conduite d'aqueduc qui doit être réparée jouent un rôle important dans le choix des techniques de rechange. Cet énoncé suppose que, même lorsqu'on utilise une technique sans tranchée pour réhabiliter ou remplacer une conduite, on excave pour remplacer les branchements d'eau (c.-à-d. que la technique utilisée dans ce cas n'est pas sans tranchée). En principe, quand il y a plus de 20 branchements d'eau par 100 m de longueur de conduite à réparer (c.-à-d. deux branchements à intervalles de 10 m ou moins), le remplacement en tranchée à ciel ouvert est alors probablement la solution la plus économique.

La ligne directrice repose uniquement sur les travaux eux-mêmes et n'inclut pas les autres préoccupations communautaires. Il peut être dans les meilleurs intérêts de la collectivité de recourir à une technique de réhabilitation ou de remplacement différente dont le coût sera plus élevé que celui de la méthode en tranchée à ciel ouvert. Lorsqu'on tient compte des autres questions, telles que la circulation, les répercussions sur les clients commerciaux ou industriels, la qualité de l'eau ainsi que les préoccupations en matière d'environnement et de sécurité, il se peut que le coût joue un rôle moins important dans le processus

décisionnel final. C'est pourquoi il est essentiel que les municipalités aient recours à un processus bien conçu de choix de techniques de réhabilitation ou de remplacement.

Il convient également de noter que, dans le cas où la technique ne requiert aucune intervention externe, la densité des branchements d'eau devient un facteur moins important.

4.2 CHOIX DE LA TECHNIQUE DE RÉHABILITATION OU DE REMPLACEMENT

Le schéma de principe de la figure 4-1 donne les grandes lignes du processus qu'une municipalité doit suivre pour déterminer les techniques qu'elle peut utiliser dans une situation donnée. Le schéma définit d'abord le ou les problèmes qui sont à l'origine du besoin de réhabiliter ou de remplacer un tronçon du réseau de distribution d'eau. Il aborde ensuite les problèmes de réseau possibles, les causes possibles du problème, deux choix disponibles et les diverses techniques de réhabilitation ou de remplacement.

Le ou les problèmes, les problèmes qui sont à l'origine du besoin, les problèmes de réseau et leurs causes ont déjà été traités ou sont suffisamment explicites. Les choix qui s'offrent à la municipalité portent surtout sur deux techniques possibles : le remplacement ou la réhabilitation structurale, ou la réhabilitation non structurale ou semi-structurale. À la page 4 de la deuxième édition du *Manual of Water Supply Practices (M28) Rehabilitation of Water Mains*, de l'AWWA, on identifie les classes de techniques de revêtement comme suit : CLASS I (non structurale), CLASS II/III (semi-structurale) et CLASS IV (structurale). On considère que le remplacement est une technique structurale. Ici encore, il convient de noter que, bien que la protection cathodique soit une technique d'atténuation de la corrosion et de prolongation de la durée de vie utile des conduites dans les sols corrosifs, on considère qu'il s'agit d'une technique d'entretien et non d'une technique de réhabilitation. Elle n'est donc pas incluse dans le schéma de principe.

Chaque technique peut répondre à des besoins précis en fonction de l'intégrité structurale du tronçon de conduite d'aqueduc à réparer. Les techniques sont bien traitées dans divers rapports et manuels. Le rapport intitulé *New Pipes for Old: A Study of Recent Advances in the Sewer Pipe Materials and Technology* (2000) de la Water Environment Research Foundation et la deuxième édition (2001) du *Manual of Water Supply Practices M 28* intitulé *Rehabilitation of Water Mains* de l'AWWA ont été les deux principales sources documentaires utilisées pour la description des techniques. Les ressources de la NASTT ont joué un rôle dans la rédaction du présent rapport. Comme la technologie évolue rapidement, il est recommandé d'avoir cette évolution à l'esprit lorsqu'on consulte les ouvrages de référence. Grâce à leur expérience et à leurs connaissances, les membres du

groupe de travail sur les règles de l'art ont eux aussi fourni de l'information de soutien sur les techniques.

Choix des techniques appropriées de réhabilitation ou de remplacement d'une conduite d'aqueduc

Le 2 octobre 2002

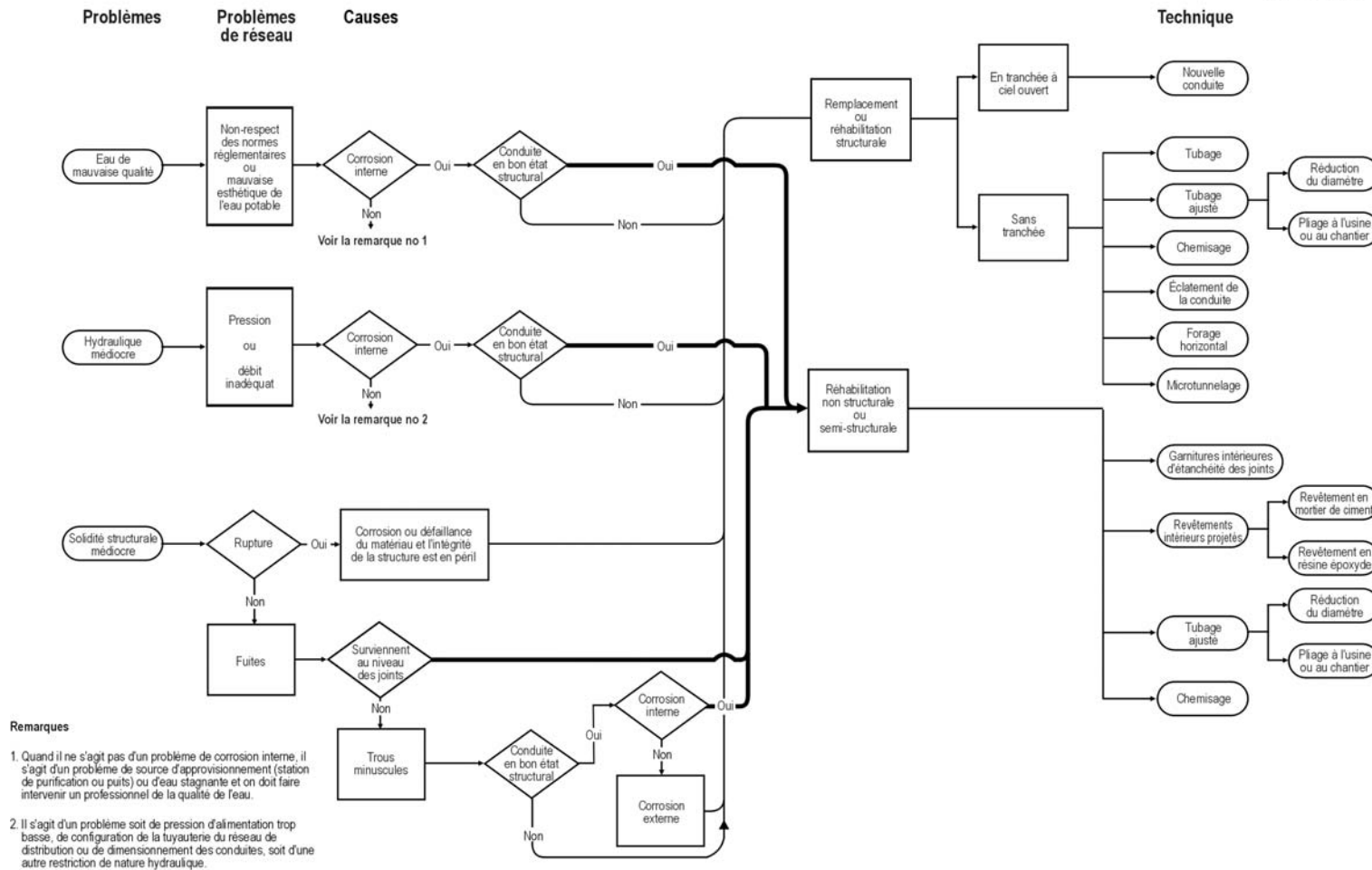


Figure 4-1 : Schéma de principe du choix de la technique de réhabilitation ou de remplacement.

4.2.1 NOUVELLE CONDUITE

La pose de nouvelles conduites d'aqueduc par creusement de tranchées continues est souvent appelée la méthode en tranchée à ciel ouvert. La technique est bien documentée et la plupart des municipalités possèdent de bons devis régissant la conception et l'exécution de projets de ce type. Ce n'est qu'après avoir examiné toutes les techniques possibles et jugé que la méthode en tranchée à ciel ouvert était la meilleure qu'on procède à la pose de la nouvelle conduite.

Avantages

- On pose une nouvelle conduite d'aqueduc, avec de nouveaux accessoires.
- On modernise le réseau de conduites d'aqueduc de manière à le rendre conforme aux spécifications et aux normes en vigueur.
- On peut fixer l'alignement de la conduite d'aqueduc de manière à répondre aux besoins de la zone locale.
- On peut moderniser les conduites de branchements d'eau pour ce qui est du matériau et du diamètre, et les enfouir plus profondément de manière à respecter les normes en vigueur.
- On peut dimensionner les conduites d'aqueduc de manière à respecter les exigences actuelles et futures de débit quotidien maximal et de débit d'incendie.
- On peut réhabiliter ou remplacer d'autres infrastructures en même temps, ce qui permet de coordonner les travaux et de partager les coûts.

Inconvénients

- Le coût de la méthode en tranchée à ciel ouvert peut être substantiel en comparaison de celui des techniques les plus récentes.
- La durée des travaux peut être substantiellement plus longue que dans le cas de la plupart des techniques sans tranchée en raison de l'ampleur de la perturbation des autres infrastructures et de la circulation, de même que de l'importance des travaux de remise en état requis après la pose de la conduite d'aqueduc.
- Les préoccupations en matière de sécurité sont plus nombreuses à cause des problèmes de circulation dans les emprises de route, du nombre des excavations requises et de la grosseur du matériel nécessaire à l'exécution des travaux.
- Les autres infrastructures de surface ou enfouies peuvent être fortement perturbées, ce qui risque d'entraîner des déplacements coûteux.

- Les coûts sociaux et environnementaux des travaux relatifs aux grands projets en tranchée à ciel ouvert peuvent être substantiels.

4.2.2 TUBAGE

Le tubage consiste à insérer une gaine faite d'un matériau qui peut varier directement dans la conduite d'aqueduc. On pousse ou on tire alors des éléments de tuyau séparés, soit continus, soit à joints, à travers la conduite existante. Le tubage permet de créer une nouvelle conduite sous pression, intégrale, à l'intérieur de l'ancienne sans qu'il soit nécessaire de procéder à une excavation complète. Après le tubage, on reconnecte le tronçon à la conduite existante, à chacune de ses extrémités.

Le tuyau en polyéthylène à haute densité (PEHD) est le principal matériau utilisé pour le tubage. D'autres matériaux sont également disponibles et ils sont mentionnés dans le tableau 4-1. Les tuyaux en PEHD sont réunis par fusion (procédé thermique), en surface et de façon à former diverses longueurs, puis insérés dans la conduite d'accueil à partir de puits d'entrée. Malgré le fait que les avantages liés au remplissage de l'espace annulaire avec du mortier aient toujours fait l'objet de débats au sein de l'industrie, l'IRC du CNRC a récemment publié des Solutions constructives (n° 57) qui traitent de la question. Il serait avantageux de consulter la publication, qu'on trouve sur le site Web de l'IRC.

Il est également possible d'utiliser des éléments de tuyau séparés à joints pour le tubage, sauf que la méthode est utilisée surtout dans les égouts pluviaux ou sanitaires. Les éléments sont alors réunis par des dispositifs sans collier, tels qu'un filetage à l'extrémité des tuyaux ou des joints à verrouillage à ressort. Cela signifie qu'on peut insérer des éléments plus courts par le puits d'entrée et que l'espace de travail requis en surface sur le chantier est moindre.

Le tubage réduit substantiellement la surface de section transversale de la conduite. La réduction du frottement dans le nouveau tuyau par rapport à celui qui existait dans la conduite avant l'opération devrait toutefois compenser de façon significative la réduction du diamètre interne. Il faut à tout prix tenir soigneusement compte des exigences hydrauliques avant de privilégier le tubage comme technique à utiliser.

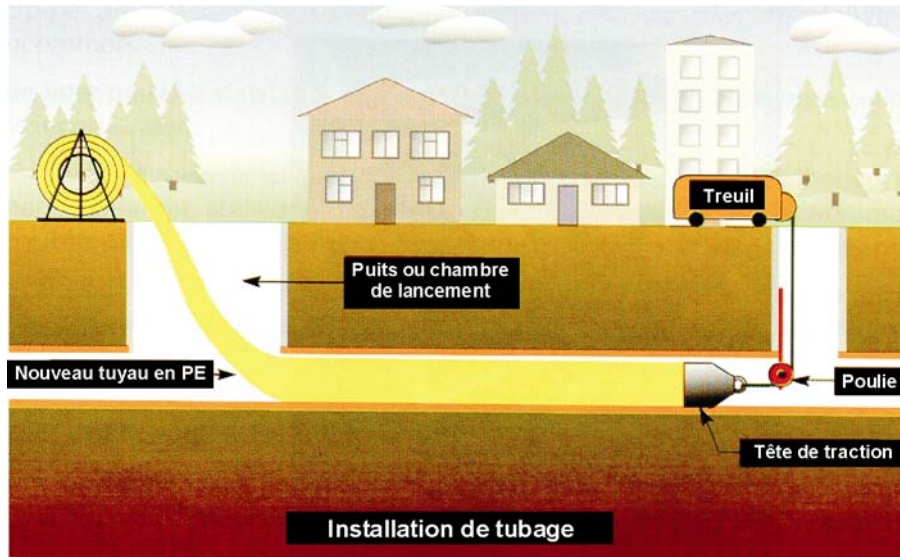


Figure 4–2 : Installation de tubage.
(avec la permission de Hastak, Makarand et de Gokhale, Sanjiv)

Avantages

- On peut utiliser le tubage dans la plupart des types de conduite.
- L'intégrité structurale du système est indépendante et ne dépend pas de l'intégrité de la conduite d'accueil.
- L'opération est rapide et ne perturbe que peu les autres réseaux techniques urbains (lorsqu'il y a injection de coulis, elle est généralement plus lente que les autres techniques de réhabilitation).
- Il s'agit d'une technique efficace à envisager lorsqu'il y a de longs parcours et peu de branchements.
- Le tubage permet habituellement d'obtenir un meilleur coefficient de frottement, ce qui améliore le rendement hydraulique de la conduite en comparaison avec celui de la conduite d'accueil avant la réhabilitation.

Inconvénients

- Le tuyau est habituellement dimensionné de manière à ce que le diamètre extérieur soit d'au moins 10 p. 100 inférieur au diamètre intérieur de la conduite d'accueil pour que l'insertion puisse se faire en douceur. Alliée à l'épaisseur de la paroi du tuyau, la réduction entraîne une perte de capacité en section transversale.
- Lorsqu'on utilise de courts éléments de tuyau, leur assemblage est alors plus coûteux.

- Quand l'injection de coulis dans l'espace annulaire est mal exécutée, il risque d'y avoir flambage du tuyau.
- Il se peut qu'on doive excaver souvent quand il y a beaucoup de branchements et de conduites secondaires à reconnecter.
- Il n'est habituellement pas facile de faire passer le tuyau dans les raccords coudés. Dans la plupart des cas, il faut dégager par excavation tous les raccords où il y a changement de direction et il faut donc absolument prendre en compte la géométrie de la conduite avant tubage avant de choisir la technique.

4.2.3 TUBAGE AJUSTÉ — RÉDUCTION DU DIAMÈTRE

Le tubage ajusté prévoit l'insertion dans la conduite d'accueil d'un tuyau thermoplastique qu'on a déformé temporairement pour obtenir le jeu nécessaire à son insertion. Le tuyau reprend par la suite sa forme et son diamètre initiaux, s'ajustant ainsi à la conduite d'accueil. Son diamètre extérieur est égal ou légèrement supérieur au diamètre intérieur de la conduite d'accueil. On fait passer le tuyau à travers soit un jeu de matrices statiques (c'est ce qu'on appelle le matriçage), soit un ensemble de cylindre presseurs, ce qui en réduit le diamètre et permet de l'insérer dans la conduite à l'aide d'un treuil qu'on a préalablement inséré dans cette dernière. Le tuyau reprend ensuite ses dimensions initiales dès le relâchement de la tension exercée par le treuil. On peut aider ou accélérer le procédé d'inversion en se servant de la pression de l'eau à l'intérieur de la conduite.

Avantages

- Le tubage ajusté par réduction du diamètre peut être utilisé dans la plupart des types de conduite.
- La méthode est rapide et ne perturbe que peu les autres réseaux techniques urbains.
- La technique est utile lorsqu'il y a de longs parcours et peu de branchements.
- La méthode permet habituellement d'améliorer le coefficient de frottement, ce qui augmente le rendement hydraulique de la conduite.
- La perte de diamètre de conduite est minimale et aucune injection de coulis n'est requise, en comparaison avec la technique de tubage traditionnelle.
- On peut choisir le tuyau de manière à obtenir une intégrité entièrement structurale ou une intégrité semi-structurale, selon l'état et le diamètre de la conduite d'accueil.

Inconvénients

- L'énergie requise pour réduire le diamètre du tuyau augmente de façon dramatique avec le diamètre et l'épaisseur de la paroi.
- La mise en place risque d'être difficile lorsque le tuyau est déformé ou encore, qu'il présente des irrégularités dimensionnelles ou des joints déplacés.
- Les tuyaux fabriqués en vue d'être insérés dans une conduite exigent habituellement des matrices d'extrusion spéciales en raison du fait que leur diamètre n'est pas standard.
- Il faut un espace adéquat sur les lieux pour permettre le soudage par extrusion des extrémités des éléments de tuyau avant la réduction du diamètre et durant l'insertion.
- Comme dans le cas du tubage standard, il faut à tout prix prendre en compte la géométrie de la conduite d'accueil avant de choisir la technique de réduction du diamètre, puisque le tuyau ne passe pas facilement dans les raccords coudés lorsqu'il est tiré par le treuil.

4.2.4 TUBAGE AJUSTÉ — PLIAGE EN USINE OU AU CHANTIER

Selon le matériau utilisé, la technique prévoit que la gaine soit chauffée et pliée à l'usine du fabricant, puis enroulée sur un touret et transportée sur les lieux de la pose, ou soit pliée au chantier (ordinairement dans le cas d'une gaine en PEHD) et non enroulée. La gaine pliée est alors tirée dans la conduite d'accueil à l'aide d'un treuil et arrondie à l'aide d'une combinaison de chaleur (ordinairement produite par de la vapeur) et de pression et, parfois, d'un dispositif propulsé à travers la conduite.

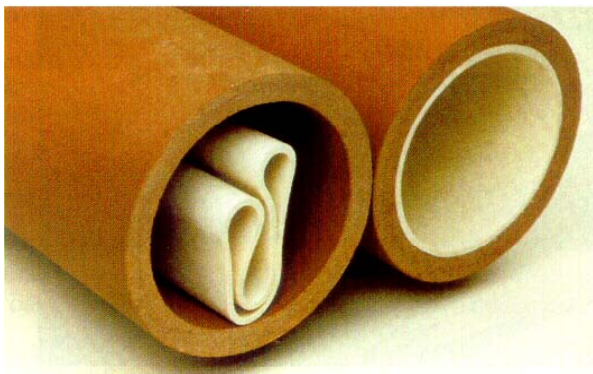


Figure 4-3 : Tubage ajusté (gaine en PVC pliée, pour rénovation de conduites d'eau, montrant la pose ajustée une fois la gaine inversée)
(avec la permission de Hastak, Makarand et de Gokhale, Sanjiv)

Avantages

- On peut utiliser le tubage ajusté avec pliage au chantier dans la plupart des types de conduite.
- La méthode est rapide et ne perturbe que peu les autres réseaux techniques urbains.
- Il s'agit d'une technique efficace à envisager lorsqu'il y a de longs parcours et peu de branchements.
- La méthode améliore habituellement le coefficient de frottement, ce qui augmente le rendement hydraulique de la conduite en comparaison avec celui de la conduite d'accueil avant la réhabilitation.
- La perte de diamètre de conduite est minimale et aucune injection de coulis n'est requise, en comparaison avec les techniques de tubage traditionnelles.
- On peut choisir une gaine qui permettra d'obtenir une intégrité soit entièrement structurale, soit semi-structurale, selon l'état et le diamètre de la conduite d'accueil.
- On peut utiliser la gaine dans des conduites d'accueil comportant des coudes dont l'angle peut atteindre 45°; il peut toutefois y avoir alors un peu d'ovalisation ou de striage interne, ou les deux à la fois.
- La technique du pliage au chantier est moins sensible aux variations de diamètre ou aux conduites qui présentent des irrégularités dimensionnelles, en comparaison avec la technique de réduction du diamètre.

Inconvénients

- L'industrie n'est toujours pas certaine de l'efficacité du procédé de pliage et d'arrondissement, ni de ses effets sur la capacité à long terme de la gaine de résister à la pression.
- Il est parfois impossible d'exécuter tout le procédé d'inversion.
- Il est possible que la gaine se déplace par rapport à la conduite d'accueil à cause du type de matériau utilisé et de la possibilité de contraintes inhérentes à la gaine. (Il est possible de prévenir le phénomène au moyen d'une conception appropriée.)

4.2.5 CHEMISAGE

Dans le cas du chemisage, une gaine en tissu est imprégnée de résine thermodurcissable avant d'être insérée dans la conduite d'accueil. On fait ensuite durcir la résine dans la conduite d'accueil de manière à créer une conduite rigide à l'intérieur de la conduite d'accueil. La combinaison du matériau dont est fait le

tissu, avec ou sans fibres, et de la résine peut être conçue de manière à produire une nouvelle conduite entièrement structurale, semi-structurale ou non structurale. Les résines utilisées dans les conduites d'eau potable doivent absolument être approuvées par la National Sanitation Foundation (NSF) et les autorités sanitaires locales.

Le produit utilisé pour fabriquer le tissu peut être adapté en usine de manière à convenir au diamètre de la conduite d'accueil. La gaine peut franchir les coudes de 90° de la conduite d'accueil.

Les systèmes de chemisage sont classés en trois groupes principaux : les tuyaux tissés, les gaines en feutre et les membranes. Il est possible d'insérer la chemise par tirage dans la conduite d'accueil et de lui faire prendre la forme requise avant le durcissement en se servant de la pression de l'eau (figure 4-5) ou de la poser par inversion, procédé selon lequel la chemise est inversée dans la conduite d'accueil par la pression de l'eau (figure 4-4).

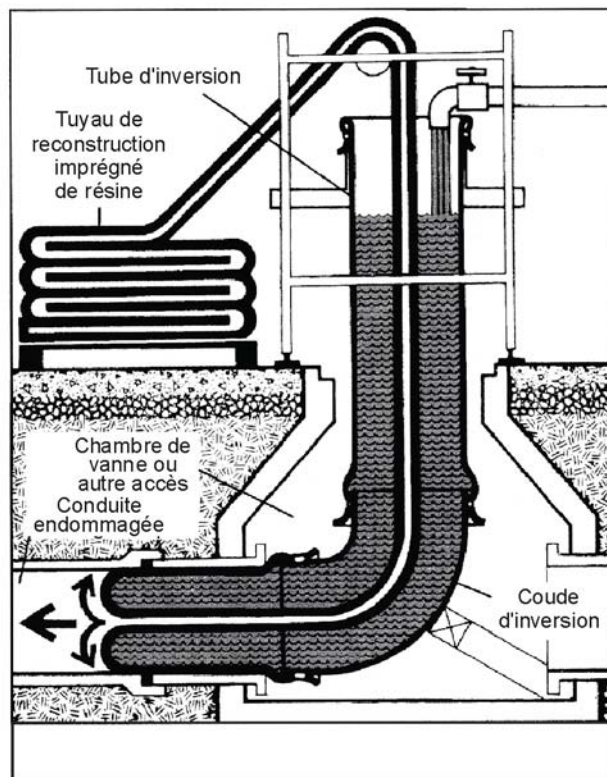
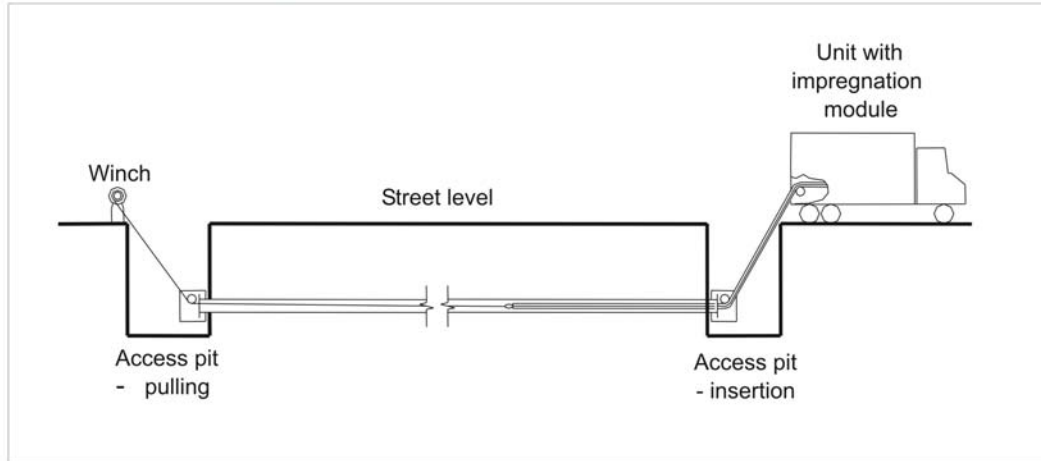
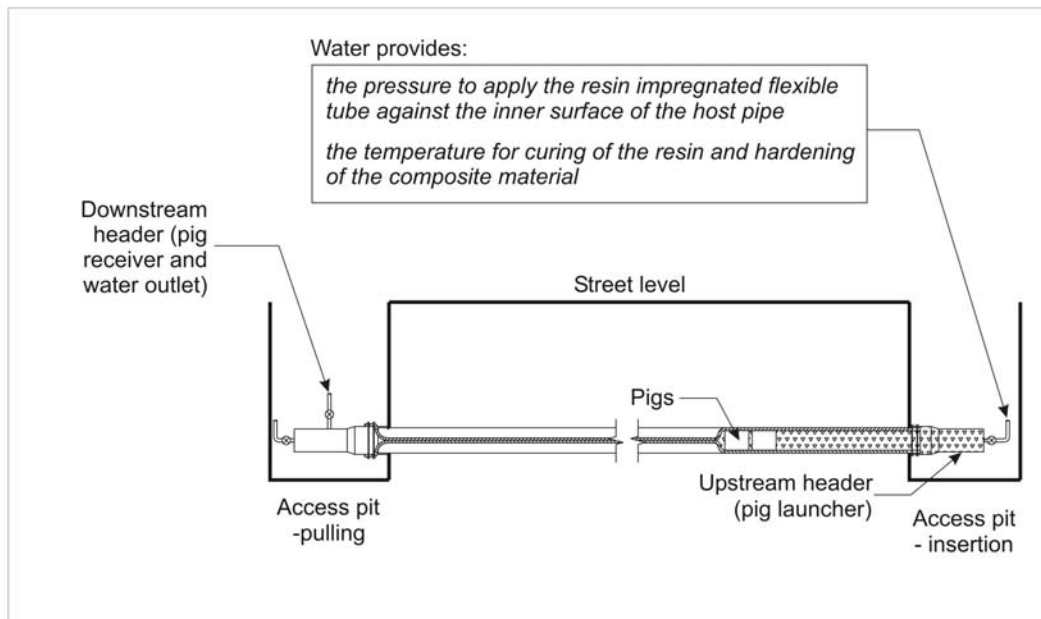


Figure 4-4 : Remplissage d'eau froide de la colonne d'insertion de la gaine (méthode de l'inversion).

Insertion of a CIPP liner in a watermain



Forming and curing of CIPP liner



Source : Sanexen Environmental Services inc.

Figure 4–5: Gaine en feutre (méthode de l'insertion par tirage)

Il existe trois principaux systèmes de chemisage :

Tuyau tissé — Ce système est utilisé dans les conduites d'eau dont l'intégrité structurale s'est affaiblie avec le temps à cause de ruptures, de corrosion externe, de fuites dues à des joints défectueux, de trous minuscules ou de corrosion interne. Les chemises de ce type permettent d'obtenir une intégrité soit structurale, soit semi-structurale, selon l'état de la conduite d'accueil. La chemise est normalement imprégnée au chantier, puis insérée dans la conduite d'accueil et formée de manière à adhérer à la paroi de cette dernière. Les branchements sont généralement ouverts de l'intérieur de la conduite après le durcissement de la chemise. La qualité du nettoyage de la conduite d'accueil avant l'insertion de la chemise est importante.

Gaine en feutre. — Gaine faite de feutre en polyester non tissé et dont l'une des faces est recouverte d'une couche d'élastomère. La gaine peut inclure des fibres renforcées qui lui procurent une intégrité entièrement structurale ou semi-structurale. La résine utilisée joue elle aussi un rôle important dans l'intégrité structurale de la nouvelle gaine. Celle-ci est normalement imprégnée de résine à l'usine, puis transportée sur les lieux, où elle est posée. Le transport vers le chantier se fait souvent par camion réfrigéré pour empêcher que la résine ne durcisse prématurément. Dans le cas des gaines de grand diamètre, la résine est parfois appliquée au chantier.

Membrane. — Il s'agit ici de l'insertion dans la conduite d'accueil d'une membrane élastomère enduite de résine. La membrane est très mince et a été conçue à l'origine pour être utilisée dans la réhabilitation de conduites de gaz basse pression (moins de 70 kPa, ou de 10 lb/po²). Ce type de gaine convient à la réhabilitation des conduites d'aqueduc non structurales et sert surtout à les protéger contre la corrosion interne; elle peut également recouvrir les très petits trous et les ouvertures de joints.

Il convient de noter que, dans certains cas, les branchements d'eau peuvent être remis en état depuis l'intérieur de la conduite au moyen d'un dispositif robotisé, selon le type de gaine utilisé.

Avantages

- La pose est relativement rapide et requiert un minimum d'excavation.
- On peut accéder à la conduite à partir d'un regard existant.
- On peut utiliser le système dans des conduites de diamètre varié et il est possible de faire passer la gaine dans les coudes.
- Il est possible de rétablir les branchements d'eau au moyen d'un organe de coupe robotisé, ce qui réduit l'excavation nécessaire.

- L'amélioration du coefficient de frottement intérieur augmente les possibilités hydrauliques de la conduite, même malgré la légère perte de surface de coupe transversale.
- On peut utiliser la gaine pour obtenir une conduite structurale, semi-structurale ou non structurale.

Inconvénients

- Plus le diamètre est important, plus la pose est difficile.
- Avant le nettoyage et la préparation, il faut inspecter minutieusement la conduite d'accueil et déterminer l'emplacement des accessoires.
- La gaine est souple et doit être supportée par le matériau encaissant jusqu'à ce que le mûrissement ait eu lieu.
- Il est possible que le découpage au niveau des branchements d'eau soit à l'occasion insuffisant ou excessif.
- Il est possible que le poids de la chemise cause une ovalisation ou une déformation partielle durant la pose (problème habituellement associé au procédé d'inversion).

4.2.6 ÉCLATEMENT DE LA CONDUITE

L'éclatement de la conduite est une technologie sans tranchée qui permet de remplacer une conduite d'aqueduc en brisant et en déplaçant la conduite existante, et en posant une conduite de remplacement dans le vide ainsi créé. Le système prévoit l'utilisation d'un appareil de rupture hydraulique ou statique qui fend et brise la conduite existante en morceaux, et comprime les débris dans le sol encaissant à mesure qu'il avance dans la canalisation. La nouvelle conduite est tirée ou poussée en même temps que la tête d'éclatement de manière à combler le vide (voir la figure 4—7).

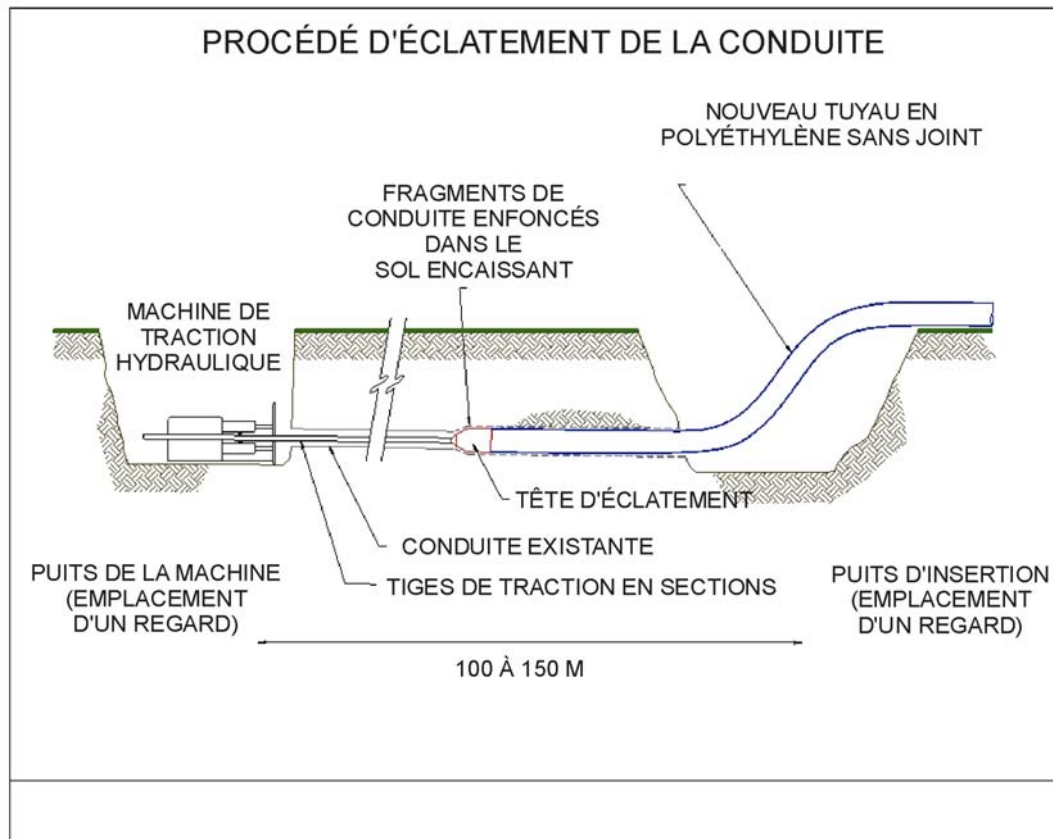


Figure 4-6 : Procédé d'éclatement d'une conduite.

Il est possible d'augmenter d'environ 30 % le diamètre de la conduite existante, mais cela dépend des conditions de sol, de la proximité d'autres ouvrages et de l'épaisseur de la couverture de la conduite. Il faut absolument maintenir l'effort de traction exercée sur l'appareil de rupture à une valeur inférieure à la résistance à la traction de la conduite de remplacement pour éviter que celle-ci ne soit soumise à des contraintes excessives. Il faut absolument poser la conduite de remplacement en une seule longueur continue. Pour cette raison, on utilise dans la plupart des cas des tuyaux en polyéthylène joints en about par fusion.

Les branchements d'eau, les robinets, les bouches d'incendie et les autres accessoires raccordés à la conduite d'aqueduc à réhabiliter doivent être dégagés par excavation avant le début de l'éclatement de la canalisation. De même, il faut excaver et dégager tous les tuyaux et les ouvrages souterrains qui se trouvent à moins de un mètre de la conduite qui doit être réhabilitée, pour empêcher qu'ils soient endommagés par les efforts transmis à travers le sol durant le procédé d'éclatement de la canalisation. Il est également important de savoir si la conduite existante comporte des colliers de réparation et de connaître l'emplacement de ces colliers pour que le matériel utilisé pour faire éclater la conduite puisse en tenir compte.

Avantages

- Il n'est pas nécessaire de nettoyer la conduite existante.
- Il est possible d'insérer un tuyau de grand diamètre. De concert avec l'amélioration du coefficient de frottement interne, cela peut augmenter substantiellement les possibilités hydrauliques de la nouvelle conduite.
- Le procédé permet la réhabilitation structurale complète de la conduite.
- C'est lorsqu'il y a de longs parcours et peu de branchements qu'on obtient les meilleurs résultats.
- On peut utiliser une conduite continue (PEHD) ou des tuyaux séparés qu'on assemble, tels que des tuyaux en PVC ou en fonte ductile (FD).

Inconvénients

- Il faut normalement creuser des puits pour permettre le remplacement de tronçons de conduite.
- Il faut absolument excaver et dégager tous les accessoires d'aqueduc avant l'éclatement et les rebrancher à la nouvelle conduite par la suite.
- Il faut peut-être excaver et dégager tous les ouvrages souterrains qui se trouvent à moins de un mètre de la conduite d'aqueduc existante pour éviter qu'ils soient endommagés par la force transmise par la technique d'éclatement et le déplacement connexe du sol.
- Il peut y avoir gonflement ou affaissement de la chaussée.
- La formation possible de rayures sur la paroi extérieure de la nouvelle conduite risque d'avoir une incidence sur le matériau de la conduite.
- Le contrôle de la qualité du support assuré par le remblayage latéral et de l'assise de la conduite est limité.

4.2.7 FORAGE HORIZONTAL

La mise en place d'un forage horizontal, souvent appelé « forage dirigé horizontal », comporte plusieurs étapes. On creuse d'abord un trou de sonde à l'aide d'un appareil de forage de dimension appropriée. Le trou de sonde est orienté de manière à créer un premier trou, dans l'alignement et au niveau requis. On fait ensuite passer dans le trou une succession de trépan aléseurs de manière à l'agrandir jusqu'à ce qu'il ait le diamètre souhaité. Au cours de la dernière étape de l'alésage, la conduite de service est tirée dans le trou de sonde.

On emploie la méthode surtout lorsqu'il n'est pas question de procéder en tranchée à ciel ouvert (p. ex. à un passage à niveau) et qu'on souhaite donner un

nouvel alignement à l'aqueduc. La plupart des conduites de distribution d'eau posées à l'aide de cette méthode sont faites de tuyaux en polyéthylène soudés de façon continue, bien qu'on ait également utilisé des tuyaux en acier, en fonte ductile ou en PVC. Comme le tuyau en PEHD se dilate et se contracte, il faut, à l'étape de la conception, examiner la possibilité d'utiliser des mécanismes de retenue.

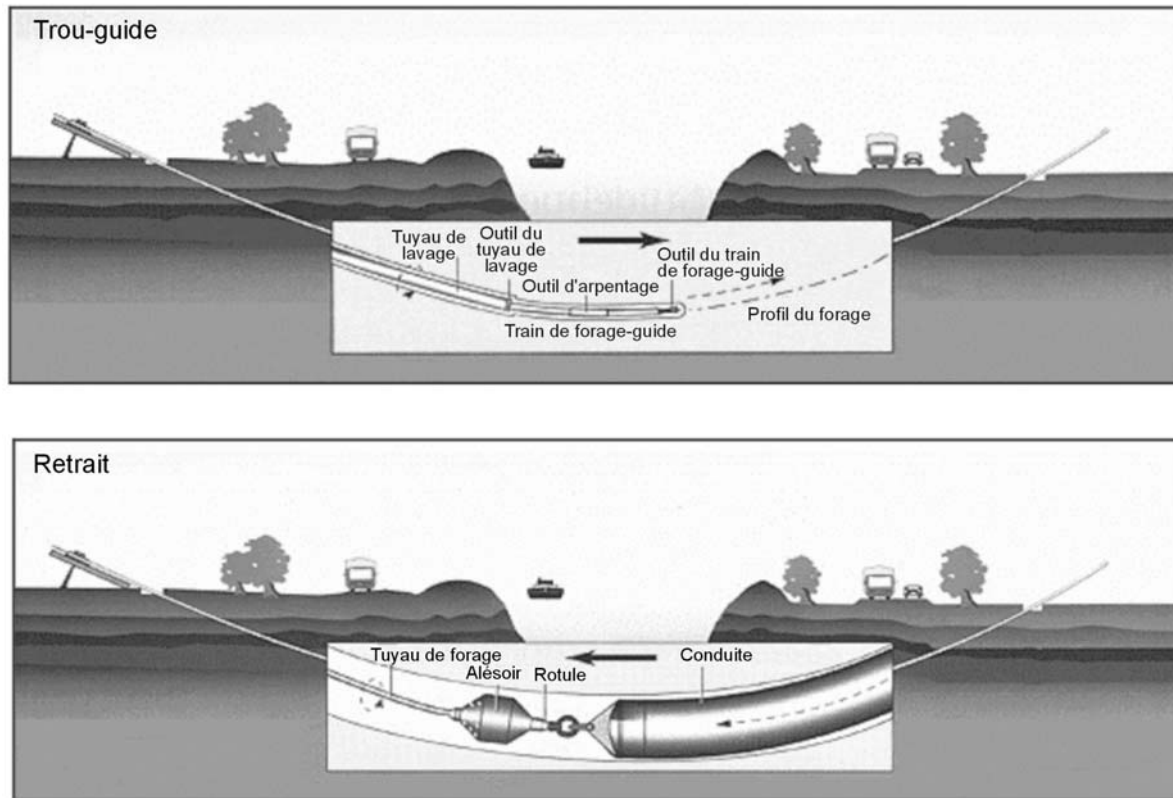


Figure 4-7 : Forage horizontal.
(avec la permission de Hastak, Makarand et de Gokhale, Sanjiv)

Avantages

- Les ouvrages de surface, tels que les voies de circulation importantes, les voies ferrées, les rivières, les immeubles et les arbres, sont moins perturbés.
- La perturbation des infrastructures enfouies est moindre en comparaison avec celle que cause la méthode en tranchée à ciel ouvert.
- La méthode permet de donner un nouvel alignement à l'aqueduc.
- Les coûts de remise en état liés à la méthode sont habituellement inférieurs à ceux liés à la méthode en tranchée à ciel ouvert.

Inconvénients

- Il faut normalement une aire de travail plus grande que celle requise dans le cas des autres techniques sans tranchée, pour recevoir le matériel de forage et les tuyaux.
- Il peut être difficile de parvenir à donner à la conduite exactement l'alignement désiré, bien que la méthode soit tout de même assez précise.
- La longueur de la conduite qu'il est possible de poser est limitée par le diamètre de cette dernière (plus le diamètre est grand, plus la portée est courte).
- Il faut normalement que les conditions de sol soient uniformes pour qu'on obtienne un bon rendement.
- Le contrôle de la qualité du support assuré par le remblayage latéral et de l'assise de la conduite est limité.

4.2.8 MICROTUNNELAGE

Bien que le microtunnelage serve normalement à poser des conduites très profondes, habituellement de nouvelles conduites, la méthode a également servi à réacheminer des conduites d'aqueduc existantes.

Le microtunnelage diffère du tunnelage complet en ce qu'il utilise une machine de forage commandée à distance, de concert avec la technique de fonçage horizontal de conduites pour la pose de canalisations. On doit faire appel à des experts du domaine chaque fois qu'on souhaite utiliser la technique. Comme dans le cas des techniques de forage horizontal et d'éclatement de la conduite, le contrôle de la qualité du support assuré par le remblayage latéral et de l'assise de la conduite est limité.

4.2.9 GARNITURES INTÉRIEURES D'ÉTANCHÉITÉ DE JOINTS

Les garnitures intérieures d'étanchéité de joints rendent étanche à l'eau la surface intérieure des joints de tuyaux de béton qui fuient. La souplesse de la garniture permet de rendre tout le joint entre deux tuyaux aussi étanche qu'une bouteille, tandis que sa faible section et ses bords en pente permettent à l'eau de s'écouler sans créer de turbulence. Les garnitures internes d'étanchéité de joints sont en caoutchouc synthétique éthylène-propylène-diène (EPDM). La technique exige que l'équipe de travail puisse pénétrer dans la conduite de distribution pour procéder à la pose des garnitures. C'est la raison pour laquelle les conduites dont le diamètre est de 600 mm ou plus sont tout indiquées pour l'utilisation de la technique.

Pour que le comportement des garnitures internes d'étanchéité de joints soit conforme aux prescriptions, la préparation interne de la conduite est importante. Il faut absolument retirer tous les débris et la poussière du joint, et préparer la

zone de part et d'autre de celui-ci pour lui permettre de recevoir la lèvre de la garniture.

Une fois le nettoyage terminé, on utilise généralement du ciment Portland pour remplir entièrement l'espace de joint jusqu'au niveau de la surface interne de la conduite. Avant de poser la garniture, il faut absolument nettoyer la zone avec une brosse sèche et l'enduire d'un savon lubrifiant compatible avec le type de garniture utilisé. Le savon lubrifiant ne fait qu'aider à la pose de la garniture. Celle-ci est ensuite mise en place et recouvre l'espace de joints. On pose ensuite des bandes de retenue en acier inoxydable dans les rainures de la garniture. Un appareil d'expansion hydraulique sert à appliquer la bonne pression sur les bandes, ce qui maintient la garniture en place. On procède généralement à un essai de pression avant d'accepter la conduite.

Avantages

- La technique est propre aux problèmes de joints de tuyaux.
- L'espace de travail requis en surface est minimal.
- Il s'agit d'une solution économique.

Inconvénients

- La technique ne peut être utilisée que dans les conduites dont le diamètre est assez grand pour qu'on puisse y entrer (c.-à-d. 600 mm ou plus).
- La technique ne permet pas de régler les autres défaillances possibles de la conduite.

4.2.10 REVÊTEMENTS INTÉRIEURS PROJETÉS — MORTIER DE CIMENT

Dans le cas d'un revêtement intérieur en mortier de ciment, le mortier est appliqué sur la paroi de la conduite par la tête rotative d'une machine. Lorsque la paroi d'une conduite en fonte grise est recouverte de mortier, l'oxydation de la paroi cesse parce que le mortier de ciment est poreux; l'eau contenue dans la conduite peut donc le traverser et entrer en contact avec la fonte de la paroi. Il n'y a alors aucune détérioration de la paroi de la conduite, parce que, en traversant le mortier de ciment, l'eau devient alcaline et il y a alors formation d'un inhibiteur chimique d'oxydation.

La pose d'un revêtement intérieur en mortier de ciment dans une conduite d'aqueduc ne fait pas que réduire la détérioration interne de la conduite; en plus, elle élimine ou réduit le besoin de chasser les sédiments de la conduite parce qu'on craint que celle-ci contienne de l'eau rouge. On pose habituellement un revêtement intérieur en mortier de ciment dans des conduites d'aqueduc qu'on considère solides sur le plan structural. Il est également possible d'utiliser un mortier de ciment semi-structural en posant une première couche de mortier, puis en posant un treillis métallique sur toute la longueur de la conduite qu'on est en

train de réhabiliter. On applique ensuite une seconde couche de mortier de ciment. La technique exige que les travailleurs puissent pénétrer dans la conduite pour y poser le treillis métallique et elle n'est donc indiquée que dans le cas des conduites dont le diamètre est de 600 mm ou plus. Il faut également à tout prix dégager les canalisations de branchement d'eau avant la pose du treillis métallique.

La pose du mortier de ciment exige que la conduite soit parfaitement nettoyée et asséchée. La conduite doit être exempte de toute eau stagnante, qui se retrouve ordinairement aux points bas. Il faut à tout prix enlever et remettre en place par la suite tous les robinets de la conduite ou en retirer le capuchon et enlever le mortier de ciment qui se trouve à l'intérieur du robinet, quand la conduite est trop petite pour qu'une personne puisse y entrer et enlever celui-ci manuellement des robinets. Dans la plupart des cas le matériel utilisé pour la pose d'un revêtement intérieur en mortier de ciment peut franchir les coudes dont l'angle est peu prononcé (de moins de 22,5°) et, selon le diamètre de la conduite dans laquelle on pose le revêtement, ceux dont il est plus prononcé (jusqu'à 45°). Le mortier est habituellement pompé au moyen de tuyaux flexibles jusqu'à la machine à revêtir, au fur et à mesure de la pose du revêtement.

Après l'application du mortier de ciment, il faut absolument dégager les canalisations de branchement d'eau dont le diamètre est de 50 mm ou moins en soufflant de l'air comprimé ou en faisant couler de l'eau dans chaque canalisation. Il est essentiel de bien dégager les canalisations de branchement pour éviter qu'elles ne se bouchent ou ne s'obstruent partiellement. Lorsqu'on utilise les techniques appropriées, la pose d'un revêtement intérieur en mortier de ciment ne bouche généralement pas les canalisations de branchement de plus de 50 mm de diamètre. Pour permettre la prise du mortier, soit qu'on ferme les extrémités du tronçon de conduite de façon étanche et qu'on laisse le mortier durcir pendant 12 à 24 heures, soit qu'on introduise de l'eau sans pression dans la conduite 24 heures après avoir fini de poser le revêtement. Dans les conduites d'aqueduc dans lesquelles le débit est faible, le pH risque d'augmenter pendant une courte période en raison de l'alcalinité élevée du ciment nouvellement posé et de l'agressivité de l'eau dans la conduite.

L'AWWA a élaboré une norme régissant la pose d'un revêtement intérieur en mortier de ciment dans les conduites dont le diamètre est de 100 mm et plus. Il est recommandé que toute pose de mortier de ciment dans une conduite d'aqueduc soit conforme à la norme C602 de l'AWWA.

Avantages

- La quantité d'excavation requise est minimale.
- En comparaison avec la plupart des autres techniques de réhabilitation (à l'exception de la gaine en résine époxyde), la réduction du diamètre de la conduite n'est pas importante.

- La méthode peut être utilisée dans des conduites de diamètre varié et la machine peut franchir les coudes de la conduite.
- Il n'est pas nécessaire de dégager les branchements d'eau par creusement pour les remettre en service.
- L'amélioration du coefficient de frottement augmente les possibilités hydrauliques de la conduite.
- On peut utiliser la méthode pour obtenir un revêtement intérieur semi-structural ou non structural.
- La méthode permet de réduire l'entretien annuel (chasse) et les plaintes des clients, parce qu'il y a moins d'eau rouge.

Inconvénients

- Il faut que la conduite soit parfaitement propre et exempte de toute eau, ce qui signifie que tous les robinets et les branchements doivent absolument être étanches.
- Il faut absolument enlever les robinets à papillon et ceux dont le diamètre est différent de celui de la conduite.
- Il faut qu'on puisse avoir accès aux résidences des clients et aux entreprises pour isoler chaque canalisation de branchement d'eau et injecter soit de l'eau, soit de l'air comprimé pour nettoyer les branchements après la pose du revêtement intérieur.
- La technique peut avoir une incidence temporaire sur la valeur du pH de l'eau.

4.2.11 REVÊTEMENTS INTÉRIEURS PROJETÉS — RÉSINE ÉPOXYDE

La pose d'un revêtement intérieur en résine époxyde dans une conduite d'aqueduc est ordinairement une méthode de réhabilitation non structurale. De nouvelles méthodes semi-structurales sont en cours d'élaboration. La méthode de préparation de la conduite est semblable à celle utilisée dans le cas du revêtement intérieur en mortier de ciment, en ce sens qu'il faut que la conduite soit parfaitement propre, entièrement exempte de débris et d'eau. La résine époxyde est un isolant diélectrique qui arrête la circulation des ions négatifs de la surface en fonte vers l'électrolyte (l'eau). Par conséquent, si la présence de vides dans le revêtement empêche la résine d'assurer l'isolation électrique, il peut y avoir de la corrosion. Le revêtement en résine époxyde procure contre la corrosion cette barrière diélectrique, qui est différente du processus de passivation associé au revêtement en mortier de ciment. Il ne doit y avoir aucun trou minuscule dans la conduite d'accueil ou autre fuite possible dans la paroi de la conduite. Il faut donc à tout prix que les branchements et les accessoires soient parfaitement

étanches pour empêcher l'eau de pénétrer dans la conduite dans laquelle on est en train de poser le revêtement intérieur. Le procédé de pose d'un revêtement intérieur en résine époxyde nécessite l'application d'une très mince couche (1 mm) de résine et de durcisseur sur la paroi de la conduite. Il est essentiel d'utiliser le bon mélange de résine et de durcisseur, à la température appropriée, pour obtenir un revêtement uniforme et durable. C'est la raison pour laquelle on utilise dans ce cas de la machinerie informatisée équipée de dispositifs chauffants. On tire le matériel de pose à travers la conduite à l'aide d'un treuil, à une vitesse uniforme pour s'assurer d'appliquer le bon mélange et d'obtenir un revêtement de l'épaisseur appropriée.

Après la pose du revêtement intérieur, on ferme les extrémités de la conduite et on permet à la résine de durcir à la température ambiante (qui doit à tout prix être supérieure à 3 °C). Il n'est pas nécessaire de souffler de l'air ou de chasser de l'eau dans les branchements raccordés à la conduite dans laquelle on vient de poser un revêtement intérieur, comme c'est le cas lorsque le revêtement est en mortier de ciment. Une fois le durcissement achevé (normalement au bout de 16 heures), on doit inspecter la conduite visuellement ou à l'aide d'une caméra de télévision en circuit fermé. On procède ensuite à la chasse et à la désinfection de la conduite avant de la remettre en service.

Il est recommandé de lire le Manual and Code of Practice (troisième édition) (2002) du Water Research center (WRc) avant d'utiliser la technique.

Avantages

- L'excavation requise est minimale.
- Il n'y a que très peu (2 mm) de perte de diamètre de conduite, puisque l'épaisseur totale de résine époxyde n'est que de 1 mm.
- La méthode peut être utilisée dans des conduites de diamètre varié et la machine peut franchir les coudes.
- Il n'est pas nécessaire de dégager les branchements d'eau par creusement pour les remettre en service.
- L'amélioration du coefficient de frottement augmente les possibilités hydrauliques de la conduite.
- La méthode permet de réduire l'entretien annuel (chasse) et les plaintes des clients, parce qu'il y a moins d'eau rouge.

Inconvénients

- Il faut que la conduite soit parfaitement propre et sèche, ce qui signifie que tous les robinets et les branchements doivent absolument être étanches à l'eau.

- Il faut absolument enlever les robinets à papillon et ceux dont le diamètre n'est pas égal à celui de la conduite quand ils ne sont pas remplacés dans le cadre de la réhabilitation.
- Il faut peut-être entrer dans les résidences et les bâtiments industriels ou commerciaux pour isoler les canalisations de branchement d'eau avant le début de la pose du revêtement intérieur.

Tableau 4-1 : Limitations des techniques.

Technique ⁽¹⁾	Plage de diamètres (mm)	Portée de pose maximale (m)	Réhabilitation possible			Matériaux du revêtement intérieur ⁽²⁾
			Entièrement structurale	Semi-structurale	Non structurale	
Tubage						
- Continu	De 100 à 1600	300	X			PE, PVC, PP, PE/EPDM
- Tronçons séparés	De 300 à 4000	1700	X			PE, PVC, PP, PRV, FD
Tubage ajusté						
- Réduction du diamètre	De 100 à 1000	100	X	X		PE, PP
- Pliage au chantier	De 100 à 600	600	X	X		PE, PVC, PRF
Chemisage						
- Feutre	De 100 à 2750	1000	X	X		Fibre polyester non tissée
- Tuyau tissé	De 100 à 1016	1000	X	X	X	Fibre polyester tissée
- Membrane	De 100 à 2750	1000			X	Membrane élastomère (remarque que tout ce qui précède inclut l'imprégnation de résine)
Éclatement de la conduite	De 50 à 1200	150	X			PE
Forage horizontal	De 100 à 1200	600	X			PE, PVC, FD, acier
Microtunnelage	300 ou plus	200	X			Béton, FD, PE, PVC
Garnitures intérieures d'étanchéité de joints	400 ou plus	Aucune limite	X			EPDM (structural uniquement à l'endroit du joint)
Revêtement intérieur en mortier de ciment	De 100 à 4500	500			X	Mortier de ciment
Revêtement intérieur en résine époxyde	De 100 à 4500	500			X	Résine époxyde, polyuréte

Remarques

- (1) Le nouveau tuyau n'est pas mentionné dans le tableau, mais on peut considérer qu'il ne présente aucune limitation en rapport avec les rubriques indiquées.
- (2) PE = Polyéthylène; PVC = chlorure de polyvinyle; PP = Polypropylène; PE/EPDM = Polyéthylène/Monomère d'éthylène-propylène-diène; FD = Fonte ductile.

5. CAS D'UTILISATION ET LIMITATIONS

5.1 FRÉQUENCE

On doit utiliser la présente règle de l'art selon les besoins chaque fois qu'il faut remplacer ou réhabiliter une conduite d'aqueduc.

5.2 RISQUES

La municipalité qui n'utilise pas la présente règle de l'art indique qu'elle a décidé de ne rien changer à la manière dont elle évalue les façons possibles de remplacer ou de réhabiliter des conduites d'égout. Quand la municipalité se tient au courant des techniques de réhabilitation ou de remplacement de conduites d'aqueduc par l'entremise d'organisations comme le WEF et la NASTT, et qu'elle utilise les règles de l'art élaborées par ces organisations, le risque est probablement faible. Cependant, la municipalité qui n'est pas au courant de l'existence de ces organisations ou de leurs règles de l'art court un certain risque en raison du fait que la façon dont elle exploite, entretient, remplace ou réhabilite les infrastructures de distribution d'eau n'est pas la plus efficiente, la plus efficace et la plus respectueuse de l'environnement. Dans ce cas, la municipalité ne profite sans doute pas pleinement des techniques les plus récentes et consacre fort probablement des sommes plus importantes au remplacement ou à la réhabilitation de son réseau de distribution d'eau.

5.3 RÉSULTATS PRÉVUS

La municipalité qui met en pratique l'approche suggérée dans la présente règle de l'art doit s'attendre à devoir posséder les connaissances requises pour prendre des décisions judicieuses au sujet du remplacement ou de la réhabilitation d'un réseau de distribution d'eau. Elle en retire alors certains avantages pour ses clients et l'environnement, tout en étant toujours financièrement responsable, du fait qu'elle adopte alors la solution qui répond le mieux aux besoins de la collectivité.

ANNEXE A : ÉTUDES DE CAS

Les trois modèles d'étude de cas suivent les étapes mentionnées dans le schéma de principe (figure 4-1) relativement au choix des techniques appropriées de réhabilitation ou de remplacement de tronçons de conduites d'aqueduc qui doivent être réparés. L'intention consiste ici à indiquer à la municipalité la façon dont une autre collectivité s'y est prise pour faire un choix.

Étude de cas n° 1

Problème de base

Rétablir l'intégrité structurale d'une conduite d'aqueduc en fonte (300 mm) âgée de 70 ans et posée sous une voie ferrée, le tout sans perturber la voie ferrée et en réduisant le moins possible le débit et la pression chez les clients.

Causes

La conduite a défailli en raison de son âge, du fait qu'elle se trouve sous une voie ferrée et de la corrosion.

Résultats

On a envisagé trois possibilités (réparation, abandon et renouvellement). On a privilégié le tubage (il était impossible d'abandonner la conduite). Les travaux ont été exécutés à un coût raisonnable, avec un minimum de perturbation des clients ainsi qu'une rétroaction positive des médias et du milieu des affaires local. En fait, la compagnie de chemin de fer (le CN) a considéré que le projet était novateur. En outre, il y a eu transfert de technologie d'un spécialiste à des entrepreneurs locaux et à des équipes de la municipalité, et on envisagera à l'avenir d'utiliser la technique.

Étude de cas n° 2

Problème de base

Rétablir l'intégrité structurale de 140 km de conduites de distribution d'eau en fonte de 150 ou de 200 mm de diamètre, sans revêtement intérieur; les conduites dataient des années 1950 et 60, on se plaignait de la présence de rouille dans l'eau et la fréquence des ruptures de conduites était élevée. Il n'était pas économiquement réalisable d'envisager le recours à une seule méthode de réhabilitation ou de remplacement des conduites et la pose d'un revêtement intérieur non structural en résine époxyde n'était pas réalisable elle non plus en raison du nombre élevé de ruptures. La capacité hydraulique des conduites était adéquate.

Parmi les problèmes causés par la réduction de l'intégrité structurale des conduites, on retrouvait la perturbation du service, la médiocrité de l'esthétique de l'eau, les nombreuses tranchées dans les routes, l'augmentation des coûts d'entretien, les coûts liés aux pertes d'eau, les dommages causés aux assises des conduites, les infiltrations d'eau dans les égouts et l'affouillement des égouts.

Causes

La défaillance de la fonte non revêtue était due à la corrosion, tant interne qu'externe. Le soulèvement dû au gel, les mauvaises techniques de pose, les sols agressifs et de récents travaux routiers ajoutaient au chargement des conduites.

Résultats

La municipalité a examiné la possibilité de procéder soit en tranchée à ciel ouvert, soit par chemisage, selon les circonstances.

On a eu recours à la méthode en tranchée à ciel ouvert dans les vieux secteurs où les égouts devaient eux aussi être réhabilités et enfouis plus profondément pour être conformes aux normes en vigueur. On a choisi de réhabiliter simultanément les conduites d'égout et les conduites de distribution d'eau.

On a eu recours au chemisage dans les secteurs où il n'était pas nécessaire de remplacer tous les égouts et où on pouvait effectuer des réparations ponctuelles à l'aide de techniques sans tranchée. En raison de la densité élevée des branchements résidentiels et de l'ampleur des travaux de rebranchement requis, les autres techniques sans tranchée, telles que le tubage, l'éclatement de la conduite ou le forage dirigé, n'étaient pas attrayantes.

L'approche multitechnique a été rentable et a permis de minimiser la perturbation des clients et de la circulation.

Étude de cas n° 3*Problème de base*

Une partie du réseau d'une entreprise de service public de production et de distribution d'eau de taille moyenne est faite de conduites en fonte de 150 ou de 200 mm de diamètre posées entre 1935 et 1945. Ces dernières années, les résidents ont fait les frais de fréquents épisodes d'eau rouge. En outre, la pression diminue à certains moments de la journée. Il semble y avoir peu de ruptures de conduite et les débits des bouches d'incendie sont faibles.

Causes

Il y a de la corrosion interne dans les conduites, mais très peu de corrosion externe, ce qui fait que les conduites sont dans un bon état structural.

Résultats

Le schéma de principe décisionnel (figure 4-1) a servi au choix de la meilleure technique à utiliser pour réhabiliter ou remplacer les conduites.

L'entreprise est parvenue à mieux quantifier le problème en utilisant sa base de données existante sur les plaintes des clients et en complétant le tout par une analyse plus poussée des débits, et des essais non destructifs effectués sur certaines conduites. La documentation plus approfondie du problème a permis à l'entreprise de respecter le schéma de principe décisionnel en commençant par la voie de la mauvaise qualité de l'eau.

Le schéma a mené la direction à la case de la réhabilitation non structurale ou semi-structurale. Parmi les quatre techniques mentionnées dans la voie, le schéma de principe décisionnel a révélé que celle qui convenait le mieux était la pose d'un revêtement intérieur (non structural) projeté en résine époxyde.

BIBLIOGRAPHIE

AWWA (American Water Works Association), 2001. "Rehabilitation of Water Mains." *The Manual of Water Supply Practices (M28)*. Second edition.

AWWA (American Water Works Association), 2000. *AWWA Standard for Cement-Mortar Lining of Water Pipelines in Place – 4 in. (100 mm) and Larger*. ANSI/AWWA C602-00.

Kleiner, Y. and B. Rajani, "Modelling the deterioration of water mains and planning their renewal,": Infra 2002 International Conference on Urban Infrastructure (Montréal, Quebec, 2002-11-25), pp. 1-13, November 2002, (NRCC-46119), <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/nrc46119/>

Kleiner Y. and B. Rajani, "Quantifying the effectiveness of cathodic protection in water mains" NACE International Seminar, Northern Area, Montréal Section, Quebec City, QC, August 2002 (NRCC-45721), <http://www.nrc.ca/irc/fulltext/nrcc45721/>

WERF (Water Environment Research Foundation), 2000. *Report: New Pipes for Old: A Study of Recent Advances in Sewer Pipe Materials and Technology*.

Zhao, J.Q. and L. Daigle, 2001. "Structural Performance of Sliplining Water Main." *Canadian Journal of Civil Engineering*. 28(6): 969-978.

Zhao, J.Q., 2003. *Slipline Rehabilitation of Water Mains with High Density Polyethylene Pipe*. Construction Technology Update No. 57, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, p. 4.