

Eaux pluviales et eaux usées



Choix de techniques de réhabilitation ou de remplacement de conduites d'égout

Le présent document est le premier de la série des règles de l'art qui traite des infrastructures linéaires enfouies, du traitement en aval et des questions liées à la gestion. 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 conduites d'égout

Publication n° 1.0

Date de publication: Mars 2003

© 2003 Fédération canadienne des municipalités et le Conseil national de recherches du Canada

ISBN 1-897094-25-6

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 : la voirie municipale, l'eau potable, les eaux pluviales et les eaux usées, la prise de décisions et

la planification des investissements, les protocoles environnementaux et 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



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. Des événements tels que la contamination de l'eau à Walkerton et à North Battleford, ainsi que la récente classification, en vertu de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE), de l'ammoniac, du sel de voirie et des composés organiques chlorés comme substances toxiques, ont eu pour effet de relever la barre pour les municipalités. 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.



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.



Eau potable

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. 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 renouvellement, 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.



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 de 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

Introduction.....	iii
Remerciements	ix
Résumé.....	xi
1. Généralités	1
1.1 Introduction.....	1
1.2 Portée et cadre.....	1
1.3 Glossaire	2
2. Justification.....	5
2.1 Compréhension des systèmes de collecte d'eaux pluviales et d'eaux usées	6
2.2 Pratiques d'exploitation et d'entretien	6
2.2.1 Manipulation des données.....	6
2.3 Reconnaissance en profondeur	7
2.4 Questions financières.....	7
2.5 Questions communautaires	8
3. Choix des techniques appropriées.....	9
3.1 Questions générales à considérer avant de choisir une technique de réhabilitation ou de remplacement.....	9
3.1.1 Questions relatives aux travaux	10
3.1.2 Montant du contrat.....	11
3.1.3 Évaluation des risques	11
3.1.4 Disponibilité locale.....	11
3.1.5 Profondeur de l'égout	12
3.1.6 Densité des branchements.....	12
3.1.7 État de la surface et autres facteurs.....	12
3.2 Choix de la technique de réhabilitation ou de remplacement	13
3.2.1 Travaux en tranchée à ciel ouvert	14
3.2.2 Tubage	15
3.2.3 Tubage par réduction du diamètre	17
3.2.4 Tubage par pliage et formage	18
3.2.5 Chemisage.....	20
3.2.6 Éclatement de la conduite	23
3.2.7 Forage horizontal	25
3.2.8 Garnitures intérieures d'étanchéité de joints.....	27
3.2.9 Revêtements intérieurs en panneaux ou en tronçons	28
3.2.10 Injection de coulis chimique	29
3.2.11 Tunnelage complet et microtunnelage	29
3.2.12 Forage à la tarière	29
3.2.13 Destruction de la conduite	30
3.3 Renseignements complémentaires au sujet des techniques sans tranchée.....	32

4. Cas d'utilisation et limitations.....	35
Annexe A : Procédure simplifiée d'évaluation des méthodes de pose sans tranchée (nouvel alignement ou remplacement dans le même alignement)	37
Bibliographie	63

TABLEAUX

Tableau 3-1: Limitations des techniques.....	31
--	----

FIGURES

Figure 3-1 : Détermination des techniques disponibles pour une situation donnée.....	14
Figure 3-2 : Installation de tubage.....	16
Figure 3-3 : Tubage ajusté.....	19
Figure 3-4 : Insertion d'une gaine en feutre dans la conduite	21
Figure 3-5 : Remplissage d'eau froide de la colonne d'insertion de la gaine	21
Figure 3-6 : Chauffage de l'eau une fois la gaine en place, ce qui fait adhérer la résine à la paroi de la conduite	21
Figure 3-7 : Procédé d'éclatement d'une conduite	24
Figure 3-8 : Forage horizontal.....	26

REMERCIEMENTS

Nous reconnaissons le dévouement des personnes qui ont donné de leur temps et partagé leur expertise dans l'intérêt du *Guide national pour des infrastructures municipales durables (InfraGuide)*, et nous leur en sommes très reconnaissants.

La présente règle de l'art a été créée par des intervenants de municipalités canadiennes et des spécialistes du Canada tout entier. Elle est fondée sur des renseignements tirés de l'étude des pratiques municipales et d'une analyse documentaire approfondie. Les membres du comité technique des eaux pluviales et des eaux usées d'InfraGuide, dont on trouvera les noms ci-après, ont fourni des conseils et une certaine orientation. Ils ont été aidés par les employés de la Direction d'InfraGuide et par ceux de Delcan Corporation.

John Hodgson, président Ville d'Edmonton (Alberta)

André Aubin	Ville de Montréal (Québec)
Richard Bonin	Ville de Québec (Québec)
David Calam	Ville de Régina (Saskatchewan)
Kulvinder Dhillon	Province de la Nouvelle-Écosse, Halifax (Nouvelle-Écosse)
Tom Field	DELCAN Corporation, Vancouver (Colombie-Britannique)
Wayne Green	Ville de Toronto (Ontario)
Peter Seto	National Water Research Institute, Environnement Canada, Burlington (Ontario)
Timothy A. Toole	Ville de Midland (Ontario)
Bilgin Buberoglu	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.

Erez Allouche	University of Western Ontario, London (Ontario)
Ken Chua	Ville d'Edmonton (Alberta)
Pierre Desjardins	Les produits NC Ltée, Laval (Québec)
Kulvinder Dhillon	Province de la Nouvelle-Écosse, Halifax (Nouvelle-Écosse)
Sam Morra	Ontario Sewer and Watermain Construction Association, Mississauga (Ontario)
Steven Murphy	CBCL Limited, Halifax (Nouvelle-Écosse)
William Sims	Ville de Nanaimo (Colombie-Britannique)
Bruce Tait	Ville de Moncton (Nouveau-Brunswick)
Paul Smeltzer	Ontario Concrete Pipe Association, Burlington (Ontario)
Darryl Bonhower	Key Surveys Engineering, Moncton (Nouveau-Brunswick)
Jim MacFarland	Capital Region District, Victoria (Colombie-Britannique)
Dave Krywiak	Stantec, Edmonton (Alberta)
Dana Soong	Ville de Coquitlam (Colombie-Britannique)

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 (InfraGuide)* 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-et-Labrador)
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 Fredericton (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)

Membre fondateur :

Association Canadienne des Travaux Publics (ACTP)

RÉSUMÉ

L'exploitation, l'entretien et la gestion des systèmes de collecte d'eaux pluviales et d'eaux usées peuvent être complexes. Comme les infrastructures d'égout 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 nécessité de réhabiliter ou de remplacer des égouts existants dans le but de répondre aux besoins de la collectivité est une activité courante dans le Canada tout entier. Pour répondre à cette nécessité, on a, dans l'élaboration de la présente règle de l'art, mis l'accent sur la sélection de techniques qui s'offre aux municipalités pour le remplacement ou la réhabilitation d'égouts pluviaux, unitaires ou sanitaires. Celles-ci se voient proposer une façon de choisir la technique appropriée de réhabilitation ou de remplacement d'une conduite d'égout en fonction des facteurs sociaux, économiques et environnementaux qui leur sont propres ainsi que 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'un tronçon d'égout devait faire l'objet de travaux de réparation. La décision doit alors s'appuyer sur un plan de priorisation qui tient compte des meilleurs intérêts de la collectivité dans son ensemble. La municipalité doit prévoir les ressources financières adéquates qui permettront d'exécuter des programmes aussi bien réactifs (réparations d'urgence ou remplacements) que proactifs (réhabilitations prévues). La compréhension de l'exploitation globale des systèmes de collecte d'eaux pluviales et d'eaux usées est essentielle à cet égard et la municipalité doit posséder le plus d'information possible sur ses infrastructures pour être en mesure d'accorder une priorité adéquate aux décisions qu'elle prend. Parmi les activités liées à la gestion judicieuse des activités et des réseaux, mentionnons :

- 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 conditions des infrastructures d'égout (structurales, de service, hydrauliques), pour permettre 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 et de l'assise adjacent à l'égout, 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.

Ces activités fourniront aux gestionnaires les capacités qui leur permettront de décider s'il y a lieu de réparer un tronçon du réseau d'égout. Une fois la décision prise, il faut tenir compte des points énumérés ci-après avant de choisir la technique de réhabilitation ou de remplacement appropriée.

- Questions relatives aux travaux, notamment la sécurité, l'exploitabilité, le dérangement causé à l'unité de voisinage, le coût et l'efficacité.
- L'importance du marché, puisque les marchés dont le montant est peu élevé risquent d'entraîner l'élimination de certaines solutions technologiques à cause du coût de mobilisation du matériel et du personnel spécialisés.
- Les conséquences des risques et les choix en matière d'atténuation liés au projet, 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 régions du Canada.
- La profondeur de l'égout risque de limiter le nombre des techniques qu'il sera possible d'utiliser pour sa réhabilitation ou son remplacement.
- La densité des branchements peut faire augmenter substantiellement le coût global des travaux liés à certaines des techniques les plus récentes quand il faut excaver pour reconnecter les branchements d'égout.
- Les conditions propres à la chaussée (volumes de circulation, état de la surface et réparation nécessaire) peuvent être favorables ou défavorables à l'exécution de travaux en tranchée à ciel ouvert.

Après avoir examiné toutes ces questions, on pourra trouver dans la présente règle de l'art le schéma de principe dont la municipalité pourra s'inspirer pour déterminer quelles sont les techniques de réhabilitation ou de remplacement de conduites d'égout qu'elle pourra utiliser en fonction de la situation qui lui est propre. Le schéma contient la définition des problèmes, aborde les causes possibles de chacun d'entre eux, offre deux choix (le remplacement complet ou la réhabilitation structurale, ou encore, la réhabilitation non structurale ou semi-structurale) et mentionne toutes les techniques auxquelles on peut recourir pour corriger la situation. Le document traite des techniques mentionnées ci-après, en précisant les avantages et les inconvénients de chacune d'entre elles :

- Travaux en tranchée à ciel ouvert (c.-à-d. pose d'un nouvel égout en tranchée).
- Tubage
- Tubage par réduction du diamètre
- Tubage par pliage et formage
- Chemisage
- Éclatement de la conduite
- Forage horizontal
- Garnitures intérieures d'étanchéité de joints
- Revêtements intérieurs, en panneaux ou en tronçons
- Injection d'un coulis chimique
- Tunnelage complet ou microtunnelage
- Forage à la tarière
- Destruction de la conduite

En suivant toutes les étapes mentionnées dans la présente règle de l'art relativement au choix d'une technique appropriée de remplacement ou de réhabilitation de conduite d'égout, la municipalité pourra être certaine d'avoir tenu compte de toutes les questions économiques, sociales, environnementales et locales dans le processus décisionnel, toutes les décisions prises étant alors dans le meilleur intérêt de la collectivité.

1. GÉNÉRALITÉS

1.1 INTRODUCTION

La rédaction de la présente règle de l'art a été amorcée à la suite d'une étude de la priorisation et du choix de techniques de construction et de réhabilitation de systèmes linéaires de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées, étude menée dans le cadre de la préparation du Guide national. On peut visualiser le résumé de l'étude, appelée Étude SWW1, 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 d'un système de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées, tronçons qui nécessitent des travaux de réparation.

1.2 PORTÉE ET CADRE

L'objectif de la présente règle de l'art consiste à proposer aux municipalités une façon de choisir les meilleures techniques à utiliser pour réhabiliter ou remplacer des tronçons de systèmes de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées, en fonction des pratiques actuelles ainsi que des conditions et problèmes locaux. On retrouve dans le document les termes standard reconnus à l'échelle aussi bien nationale qu'internationale, ce qui permettra aux municipalités de communiquer entre elles dans des termes qui ont déjà été définis. En choisissant les techniques appropriées à utiliser pour la réhabilitation ou le remplacement de tronçons de systèmes de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées, 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 des collectivités qu'elles desservent.

Les municipalités, les entreprises de service public d'égout pluvial ou d'égout sanitaire, les consultants, les entrepreneurs, les particuliers et les autres organisations qui s'efforcent sans cesse d'utiliser les meilleures pratiques en ce qui a trait à la réhabilitation ou au remplacement de conduites d'égout sont représentés par deux organisations importantes. Il est recommandé que les municipalités qui participent à la recherche ou à l'élaboration de stratégies de réhabilitation ou de remplacement de conduites d'égout consultent la Water Environment Federation (WEF) 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 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.wef.org et www.nastt.org. Il convient également de noter qu'il existe de nombreuses autres organisations œuvrant dans le domaine de la réhabilitation des infrastructures, notamment le CERIU au Québec, dont l'adresse Internet est www.ceriu.qc.ca, l'American Water Works Association (AWWA) et l'American Society of Civil Engineers (ASCE). Il se fait également dans les universités de plus en plus de

travaux de recherche dont le but consiste à faire évoluer les techniques de gestion de réseaux ou d'actif. 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'égout.

1.3 GLOSSAIRE

On trouvera ci-après un glossaire comportant des termes utilisés dans la présente règle de l'art. Les définitions ont été fournies gracieusement par la NASTT et on peut les trouver à l'adresse <http://www.nastt.org/glossary/j.html>, de même que de nombreux autres termes propres aux techniques sans tranchée.

Arrondissage — Procédé préparatoire qui prévoit l'insertion d'un dispositif d'expansion dans une conduite déformée, dans le but de lui redonner une section circulaire. Cela se fait habituellement avant l'insertion d'une doublure ou d'un collier de soutien permanent.

Chemisage par pliage et formage — Méthode de réhabilitation de conduites selon laquelle on plie une doublure pour en réduire les dimensions avant de l'insérer dans la conduite et de lui redonner sa forme initiale par l'application de pression ou de chaleur, ou des deux à la fois.

Corrosion interne — Corrosion qui survient à l'intérieur d'une conduite à cause des interactions physiques, chimiques ou biologiques entre la conduite et l'eau ou les eaux usées qui y circulent.

Électrofusion — Mode d'assemblage de produits en polyéthylène qui utilise l'énergie électrique.

Étanchéisation d'un joint — Méthode qui prévoit l'insertion dans une conduite d'une garniture gonflable qui recouvre un joint qui fuit; on injecte ensuite de la résine ou un coulis chimique jusqu'à ce que le joint soit étanche, après quoi on enlève la garniture.

Forage — Détachement ou déplacement de déblais par une tarière ou un train de tiges dans le but de produire un trou appelé forage. Procédé de forage dans la terre utilisé pour poser des conduits ou des pipelines.

Fracturation — Terme de forage qui fait référence aux procédés utilisés pour élargir ou ouvrir les pores d'une substance modifiant ou brisant sa formation.

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.

Imperméable — Impénétrable, entièrement résistant à l'entrée des liquides.

Injection de coulis — Remplissage de l'espace annulaire entre la conduite d'accueil et la conduite de transport. Le matériau injecté peut être cimentaire ou chimique, ou un autre mélange.

In situ — Décrit les travaux exécutés au chantier, sur les lieux mêmes. On entend par exemple par béton in situ le béton coulé en place, par opposition au béton préfabriqué.

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 de tuyaux et d'ouvrages d'égout.

Puits de forage — Excavation dans la terre, de longueur et de largeur déterminées, servant à placer la machine dans le bon alignement et au bon niveau.

Réparation ponctuelle — Réparation exécutée sur une conduite, surtout une conduite d'égout sanitaire, et dont l'étendue est inférieure à la longueur de la conduite entre deux points d'accès.

Résine époxyde — Résine formée par la réaction de biphénol et d'épychlorhydrine.

Retreinte — Réduction du diamètre d'un tuyau en polyéthylène, qu'on obtient en faisant passer celui-ci à travers une ou plusieurs matrices. La matrice peut être chauffée au besoin.

Revêtement intérieur appliqué par projection — Technique selon laquelle on applique un revêtement de mortier de ciment ou de résine en faisant tourner une tête de projection qu'on fait passer à travers la conduite existante à l'aide d'un treuil.

Tarière — Machine utilisée pour forer dans la terre horizontalement au moyen d'une tête de coupe et d'une tarière ou d'un autre dispositif fonctionnellement semblable. La machine peut être soit sur berceau, soit sur chenilles.

Technique sans tranchée — Technique utilisée pour poser, remplacer, réhabiliter, rénover, réparer, inspecter, localiser ou détecter les fuites des conduites de réseaux techniques urbains en excavant le moins possible à partir de la surface du sol.

2. JUSTIFICATION

Les villes ont construit un vaste réseau de routes, de ponts, d'aéroports et d'infrastructures souterraines qui soutient la croissance de la population urbaine et des entreprises. Une grande partie de ces infrastructures, qui constituent un actif d'une valeur estimative de 1,6 billion de dollars, est sur le point d'atteindre la fin de sa durée de vie utile. Dans le cadre d'une initiative récente de l'Institut canadien des ingénieurs, du Conseil canadien des ingénieurs et de l'Association canadienne des travaux publics, en collaboration avec le Conseil national de recherches Canada, on a estimé que plus de 79 pour cent de la vie utile du réseau d'infrastructures civiles du pays étaient écoulés. Les sommes gaspillées dans les divers réseaux rendent les villes canadiennes moins concurrentielles (ICE, 2002). Les réseaux de collecte d'eaux pluviales et d'eaux usées sont une partie importante de ce portrait des infrastructures.

L'exploitation, l'entretien et la gestion des systèmes de collecte d'eaux pluviales et d'eaux usées peuvent être complexes. Comme les infrastructures d'égout 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. Les systèmes de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées peuvent représenter jusqu'à 80 p. 100 des dépenses relatives à l'ensemble des infrastructures d'égout pluvial et d'égout sanitaire; il faut donc les exploiter, les entretenir et les gérer de la façon la plus efficiente possible, tout en offrant un service fiable dont les impacts sur l'environnement sont minimes.

Les responsables du Guide national pour des infrastructures municipales durables ont mené une étude au cours de l'hiver 2001–2002 dans le but d'examiner les pratiques en vigueur à travers le Canada en matière de réhabilitation et de remplacement. L'étude a permis de constater que bon nombre de municipalités partout au Canada profiteraient d'une règle de l'art relative aux choix des techniques appropriées à utiliser pour la réhabilitation ou le remplacement de tronçons de systèmes de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées. L'information en question permettrait aux municipalités de prendre de meilleures décisions en rapport avec les priorités relatives aux investissements de capitaux, aux activités d'exploitation et d'entretien, aux questions de sécurité ou de fiabilité des réseaux d'égout et aux niveaux de service à la clientèle.

Il convient de noter que, dans la présente règle de l'art, on suppose que la municipalité a déjà déterminé qu'il y avait lieu d'exécuter des travaux de réparations sur un tronçon du réseau d'égout. La municipalité doit donc maintenant décider de la meilleure méthode à utiliser pour réhabiliter ou remplacer le tronçon d'égout pluvial ou d'égout sanitaire et les accessoires connexes.

2.1 COMPRÉHENSION DES SYSTÈMES DE COLLECTE D'EAUX PLUVIALES OU D'EAUX USÉES

Le but ultime de toute municipalité consiste à offrir à ses clients des réseaux d'égout pluvial et d'égout sanitaire qui respectent toutes les exigences de capacité d'acheminement ou de capacité structurale et favorisent une bonne intendance de l'environnement. Les systèmes de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées sont deux des éléments constitutifs du système global qui permettent d'offrir ces services. Dans les municipalités ou les quartiers plus anciens, il se peut que les deux fonctions soient assurées par un seul égout unitaire. Parmi les autres éléments constitutifs essentiels des infrastructures, on retrouve les installations d'épuration des eaux usées (stations d'épuration, lagunes, etc.), les étangs de retenue d'eaux pluviales, les installations de stockage d'eaux usées et les postes de pompage. L'exploitation des réseaux d'égout, les activités d'entretien connexes (prévues ou d'urgence) et le niveau de service ont tous une incidence sur les clients. La présente règle de l'art porte surtout sur les réseaux linéaires de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées et les réseaux unitaires, et sur la réhabilitation ou le remplacement nécessaire d'un tronçon d'égout.

2.2 PRATIQUES D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN

Les niveaux appropriés d'activités d'exploitation et d'entretien peuvent prolonger la vie des infrastructures et réduire ou retarder le besoin de réhabiliter ou de remplacer les égouts. Ces activités incluent l'enlèvement des racines par un moyen mécanique ou chimique, la chasse d'eau et l'inspection. Il est toutefois important de noter que, nonobstant l'importance de bonnes pratiques de fonctionnement et d'entretien, les responsables des réseaux doivent absolument être conscients du fait que les coûts de fonctionnement et d'entretien sont récurrents ou augmentent, ou les deux à la fois. Il se peut alors qu'on doive améliorer les réseaux de façon plus permanente en procédant à divers travaux de réhabilitation ou de remplacement.

Parmi les principales activités opérationnelles qui touchent les égouts, on retrouve la manipulation des données (p. ex. la collecte, le stockage et la gestion) et l'exploitation des accessoires de réseaux (p. ex. les postes de pompage, les tunnels de stockage, les débordements et les activités d'entretien générales). Ces données peuvent jouer un rôle utile dans l'élaboration du programme de réhabilitation et des techniques utilisées (p. ex. les niveaux d'entretien élevés, l'historique des inondations, etc.)

2.2.1 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 les systèmes de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées. Dans une autre règle de l'art du Guide national, *Règles de l'art pour les données relatives au service public*, on trouve des conseils sur la manière de déterminer le type de données opérationnelles à

collecter, la meilleure façon de procéder à la collecte et les moyens appropriés à utiliser pour gérer l'information. Cette règle de l'art contient elle aussi des conseils sur la façon d'obtenir des ensembles de données cohérents à des fins de comparaison. Le fait que les activités opérationnelles ou d'entretien puissent atténuer la détérioration de la capacité hydraulique ou de l'intégrité structurale des infrastructures d'égout revêt une importance particulière. De bonnes procédures opérationnelles et un entretien approprié peuvent minimiser la détérioration des égouts et réduire ou retarder le besoin de réhabiliter ou de remplacer des tronçons du réseau (c.-à-d. prolonger la vie des égouts). Des activités d'exploitation et d'entretien appropriées peuvent également améliorer la capacité hydraulique des réseaux. Parmi les données d'exploitation et d'entretien qui ont des répercussions indirectes sur la capacité hydraulique ou la détérioration des égouts, mentionnons :

- Le nettoyage des égouts (longueur des égouts nettoyés et inspectés);
- L'entretien des robinets, et des vannes (aux installations d'emménagement, aux bassins de trop-plein, etc.);
- Les programmes de détection de l'eau de captage et des infiltrations;
- Les données d'infrastructures (longueur, diamètre, matériau, âge, forme, état, emplacement, pente et profondeur des conduites d'égout);
- Les données sur les vannes (conduites de refoulement, etc.);
- Les données financières relatives aux coûts de fonctionnement, d'entretien et de réhabilitation; et
- Le type de rejet (pluvial, sanitaire, unitaire).

2.3 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, les choix en matière de réhabilitation, de remplacement ou de réparation d'un tronçon d'égout risquent d'être limités. Il est donc normal de mener une étude géotechnique pour 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 réseau d'égout. Il est conseillé de faire effectuer ce genre d'étude par du personnel ou des organisations spécialisées dans le domaine.

2.4 QUESTIONS FINANCIÈRES

Les questions financières joueront toujours un rôle dans la décision concernant la réhabilitation ou le remplacement d'un égout. En plus de fournir les ressources

financières nécessaires à la réparation des égouts défectueux (réactive), la municipalité doit investir les sommes nécessaires à l'inspection des conduites et à leur réhabilitation visant à préserver leur intégrité physique (proactive). Il est donc suggéré de recourir à une approche structurée, notamment à un processus de priorisation servant à déterminer celui des tronçons d'égout qui doit être réhabilité ou remplacé en premier, en fonction du meilleur rapport qualité-prix global pour la collectivité. Ce rapport prend en compte de nombreux aspects, notamment le coût du cycle de vie du matériel, les questions économiques locales, les questions d'affaires et les préoccupations relatives à l'environnement. 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 ressource.

2.5 QUESTIONS COMMUNAUTAIRES

De nombreuses préoccupations d'ordre communautaire entrent en jeu lorsqu'il s'agit de déterminer le tronçon d'égout à réhabilitier ou à remplacer et la façon de le faire. Parmi les préoccupations, 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'eau et routes, principalement) et la criticité du service d'égout (c.-à-d. les rejets industriels et les répercussions possibles sur l'environnement).

3. CHOIX DES TECHNIQUES APPROPRIÉES

3.1 QUESTIONS GÉNÉRALES À CONSIDÉRER AVANT DE CHOISIR UNE TECHNIQUE DE RÉHABILITATION OU DE REMPACEMENT

Il arrive souvent que la municipalité ne connaisse pas les besoins de réhabilitation ou de remplacement de conduites d'égout, puisqu'il s'agit d'infrastructures souterraines. Il faut un programme d'inspection périodique, habituellement au moyen de la télévision en circuit fermé, pour demeurer conscient de l'état matériel des égouts. Les problèmes liés au fonctionnement (p. ex. les refoulements d'égout, l'inondation de sous-sols, les débordements et les plaintes d'odeur) indiquent souvent qu'il y a lieu de procéder à des travaux de réhabilitation dans le réseau. La municipalité peut choisir un certain équilibre entre la réhabilitation réactive (en réagissant aux écrasements de conduites qui causent des refoulements ou la défaillance de la surface de la chaussée) et la réhabilitation proactive (en investissant dans des travaux de réhabilitation moins coûteux lorsque l'inspection interne montre des signes avant-coureurs de dommages matériels importants, mais que la conduite n'a pas encore flanché). Il est rentable de choisir de préserver l'état physique des égouts à l'avance, puisque le coût des réparations de nature réactive est égal à plusieurs fois celui d'une réhabilitation proactive. Dans le cadre de l'examen des techniques de réhabilitation ou de remplacement de conduites d'égout, la municipalité doit également tenir compte de certains facteurs dont il n'est pas question dans la présente règle de l'art, tels que :

- La nature exclusive de certaines techniques, qui risquent d'avoir une incidence sur la passation de marchés ou l'entretien à long terme;
- L'information à jour sur les progrès relatifs aux diverses techniques qu'on trouve dans le marché;
- Le niveau de service, la croissance et les besoins de capacité;
- L'aperçu des questions communautaires locales dont on doit tenir compte;
- L'incertitude quant à la durée de vie prévue des méthodes de réhabilitation;
et
- De bons mécanismes d'assurance et de contrôle de la qualité qui garantissent le respect des exigences contractuelles.

La municipalité peut choisir d'embaucher un spécialiste pour effectuer ce travail ou de créer sa propre expertise à l'interne.

Parmi les autres éléments critiques dont on doit tenir compte avant de choisir une technique de réhabilitation ou de remplacement appropriée, on retrouve les répercussions sociales (besoin d'exécuter les travaux durant l'heure de pointe ou de nuit, coûts de la fermeture de routes, temps de l'année, poussière et bruit), le montant du contrat, la disponibilité locale des diverses techniques, les conditions en surface, densité des branchements d'égout et la profondeur des conduites et des branchements sur lesquels on envisage d'exécuter des travaux de réparation.

3.1.1 QUESTIONS RELATIVES AUX TRAVAUX

Il faut procéder à un examen avant de lancer un projet et vérifier les questions liées aux travaux, dans le meilleur intérêt de la sécurité, de l'efficacité, de l'exploitabilité et du coût. En d'autres termes, les travaux proposés sont-ils possibles? Il est essentiel d'examiner les connaissances et l'expérience du personnel affecté aux travaux, en particulier lorsqu'on utilise une technique sans tranchée. L'étendue de l'examen dépend normalement de la complexité du projet et doit absolument être propre aux besoins des utilisateurs et à ceux du réseau.

Bien que la nature du projet et les ententes contractuelles puissent varier selon la municipalité, chaque projet comporte un certain nombre d'ingrédients essentiels. Pour garantir la réussite de l'examen des travaux, on peut exécuter les étapes suivantes :

- Faire connaître clairement l'engagement de la haute direction et obtenir le même engagement de tous les participants au projet.
- Encourager le travail d'équipe, la créativité, les idées nouvelles et les approches nouvelles.
- Confier la direction de l'examen à une personne qui possède des aptitudes au leadership, une formation en communication et une connaissance du fonctionnement de l'organisation.
- Commencer l'examen le plus tôt possible pour s'assurer que toutes les idées sont incorporées dans la conception du projet.
- Mettre l'accent sur l'intégration totale du projet et non sur l'optimisation de chacune des parties.
- Établir une procédure relative aux travaux pour inclusion dans les plans d'exécution du projet.
- Évaluer l'évolution des travaux et les résultats obtenus.

Le directeur du projet doit créer une équipe d'évaluation des travaux formée d'employés mêlés au projet (p. ex. le directeur du projet, le surintendant des travaux, l'ingénieur d'études, le planificateur, l'estimateur et un représentant de

l'exploitation, du matériel ou d'un corps de métier). L'équipe est dirigée par le directeur du projet et tente d'en arriver à des conclusions par consensus.

C'est lorsque les gens ayant la connaissance et l'expérience des travaux participent au projet avec conviction dès le départ que la municipalité profite au maximum des travaux. L'intégration efficace et au moment opportun de la contribution des participants aux travaux et de celle des personnes mêlées aux opérations sur le terrain durant la planification et la conception réduira énormément le risque qu'on doive apporter des modifications coûteuses au projet par la suite.

3.1.2 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 contrats mineurs risque de ne pas être économique. Dans le cas de certaines techniques spécialisées, la mobilisation et la démobilisation initiales peuvent être coûteuses. Lorsque le contrat est plus important, on dispose d'un plus grand nombre de choix en matière de techniques. La coordination de types semblables d'activités de construction avec les municipalités environnantes peut être l'une des façons de rendre certaines techniques plus économiques.

3.1.3 ÉVALUATION DES RISQUES

Une bonne compréhension des risques liés au projet, notamment des problèmes relatifs à l'environnement et des risques liés aux techniques de construction pertinentes, est essentielle à la réussite du projet. Le risque lié au projet, c'est la chance que certains événements aient un effet défavorable sur les objectifs recherchés. Il est caractérisé par la probabilité des événements et la nature de ce qui est en jeu. Pour être considéré comme un risque, l'événement et son aboutissement doivent absolument être liés à un certain degré d'incertitude. En pratique, il est pratiquement impossible d'éviter tous les risques.

Le procédé d'évaluation des risques nécessite l'identification, la quantification, l'évaluation, l'élaboration et la maîtrise d'une réaction, et la documentation subséquente. Les buts de l'évaluation consistent à définir les incertitudes et à atténuer les risques. La reconnaissance des risques et l'élaboration de stratégies appropriées de gestion des risques permettent d'aller de l'avant avec le projet tout en assumant un niveau raisonnable de risque. Il existe des techniques qui servent à modifier différents genres de risques (voir Wideman, 1992).

3.1.4 DISPONIBILITÉ LOCALE

La disponibilité locale est elle aussi un facteur essentiel, puisque certaines des techniques des plus récentes sont très peu présentes dans certaines régions du Canada. Il s'agit d'un élément dont la municipalité doit tenir compte dès le début

de l'évaluation des choix, car celle-ci peut alors restreindre rapidement le nombre d'options disponibles.

3.1.5 PROFONDEUR DE L'ÉGOUT

La profondeur de l'égout joue un rôle important dans la détermination des techniques de réhabilitation ou de remplacement qu'il est possible d'utiliser. Les techniques de pose sans tranchée sont souvent les moins coûteuses dans le cas des égouts en milieu urbain, qui sont enfouis à de plus grandes profondeurs. La profondeur à laquelle il devient intéressant de recourir aux méthodes de pose sans tranchée varie selon les conditions locales et celles du projet. Elle peut varier de quatre à huit mètres. Parmi les facteurs dont on doit tenir compte, on retrouve le type de sol, la profondeur de la nappe phréatique, les conflits possibles entre services publics, les conditions à la surface de la route et le volume de circulation. Les facteurs qui entraînent la diminution de la profondeur sont les sols de mauvaise qualité, les profils prononcés de chaussée et les volumes de circulation élevés. Parmi les facteurs qui favorisent l'augmentation de la profondeur, on retrouve les sols de bonne qualité, les chaussées qui doivent être améliorées et le faible volume de circulation.

3.1.6 DENSITÉ DES BRANCHEMENTS

Le nombre de branchements d'égout pluvial ou sanitaire raccordés à l'égout qui doit être réparé peut jouer un rôle important dans la détermination des techniques de correction qu'il est possible d'utiliser. Cet énoncé suppose que, même lorsqu'on utilise une technique sans tranchée pour réhabiliter ou remplacer une conduite d'égout, le remplacement des branchements se fait à l'aide d'une méthode qui requiert des travaux d'excavation (c.-à-d. qu'on n'utilise pas de technique sans tranchée). Normalement, quand le nombre de branchements d'égout ou de conduites secondaires par longueur d'égout en cours de réhabilitation est élevé, la solution la plus économique consiste à procéder au remplacement en tranchée à ciel ouvert. Il peut toutefois être dans les meilleurs intérêts de la collectivité d'utiliser une technique de réhabilitation ou de remplacement différente qui coûtera plus cher que la méthode en tranchée à ciel ouvert. Lorsqu'on tient compte d'autres questions, telles que les préoccupations en matière de circulation, les répercussions sur les clients commerciaux ou industriels, les préoccupations d'ordre environnemental et les questions de sécurité, le coût peut être moins important. C'est la raison pour laquelle il est essentiel que les municipalités aient recours à un bon procédé de choix de méthodes de réhabilitation ou de remplacement.

3.1.7 ÉTAT DE LA SURFACE ET AUTRES FACTEURS

L'état de la surface du sol peut influencer sur le choix de la méthode de réhabilitation. De nombreuses collectivités ont une politique interdisant le creusage de tranchées dans les nouveaux revêtements (l'utilisation des méthodes de pose en tranchée à ciel ouvert sont alors interdites pendant plusieurs années après la mise en place du revêtement). Ce genre de mesure favorise le recours

aux méthodes de pose sans tranchée. Les volumes de circulation élevés favorisent eux aussi l'utilisation de ces méthodes. Par ailleurs, les espaces découverts, les chaussées en mauvais état, les besoins de capacité relatifs à la conduite en cause et le besoin de réhabilitation des services publics adjacents ont tendance à favoriser l'exécution des travaux en tranchée à ciel ouvert et le remplacement de la conduite. Il faut à tout prix tenir compte aussi de la proximité des autres infrastructures enfouies de services publics au moment de choisir la méthode de réhabilitation.

3.2 CHOIX DE LA TECHNIQUE DE RÉHABILITATION OU DE REMPLACEMENT

Le schéma de principe de la figure 3-1 donne les grandes lignes du procédé qu'une municipalité doit suivre pour déterminer les techniques qu'il est possible d'utiliser dans une situation donnée. Le schéma définit d'abord le ou les problèmes qui sont à la source du besoin de réhabiliter ou de remplacer un tronçon du réseau d'égout. 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 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. Aussi bien les méthodes de pose sans tranchée que celles de pose en tranchée à ciel ouvert constituent une alternative en certains points du schéma.

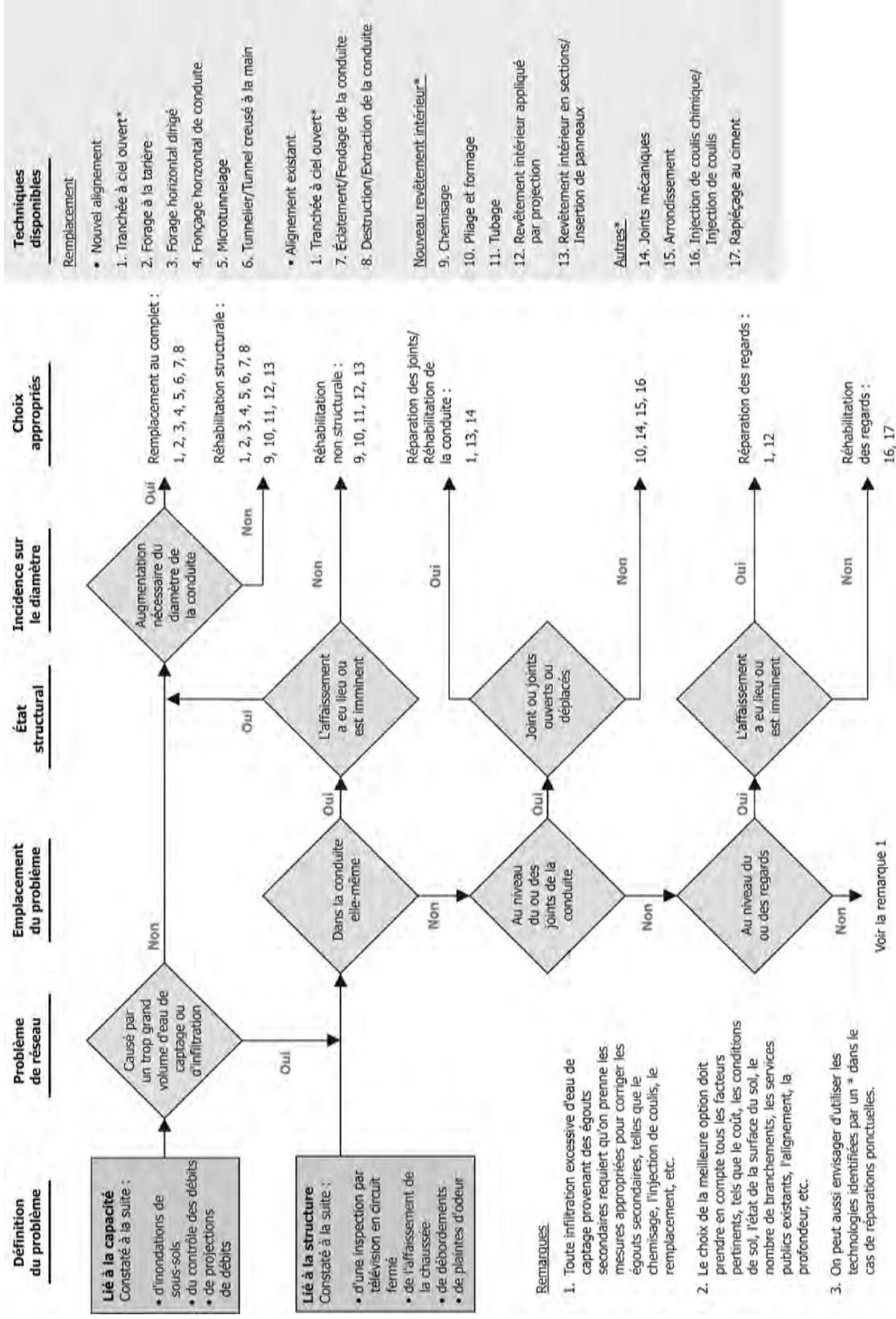


Figure 3-1 : Détermination des techniques disponibles pour une situation donnée.

Chaque technique peut répondre à des besoins précis en fonction de l'intégrité structurale du tronçon d'égout qui doit être réparé. 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* intitulée *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. 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.

3.2.1 TRAVAUX EN TRANCHÉE À CIEL OUVERT

La pose de nouvelles conduites d'égout par creusement de tranchées est souvent appelée la méthode en tranchée à ciel ouvert. La technique est bien documentée et la plupart des municipalités possèdent de bons devis de conception et de construction régissant l'exécution de ce type de projet. On doit procéder à la pose de la nouvelle conduite après avoir examiné toutes les techniques possibles et jugé que la méthode en tranchée à ciel ouvert était la meilleure.

Avantages

- On pose un nouvel égout, avec de nouveaux accessoires. On obtient ainsi une durée de vie utile plus longue que celle liée à la plupart des méthodes de pose sans tranchée.
- On peut fixer l'alignement de l'égout de manière à répondre aux besoins de la zone locale.
- On peut alors remplacer les branchements d'égout et les rendre conformes aux normes en vigueur.
- On peut modifier le dimensionnement ou le niveau de l'égout, ou les deux à la fois, pour satisfaire les exigences hydrauliques, actuelles ou futures.
- On peut réhabiliter ou remplacer d'autres infrastructures au même moment, ce qui permet de coordonner les travaux et de partager les coûts.
- On peut remplacer un égout unitaire par des égouts séparés.
- On peut alors déconnecter les branchements d'égout pluvial actuellement raccordés au réseau sanitaire.

Inconvénients

- Le coût de la méthode en tranchée à ciel ouvert peut être substantiel en comparaison de celui de certaines techniques plus récentes.
- Les travaux peuvent durer substantiellement plus longtemps que ceux liés à la plupart des techniques sans tranchée en raison de l'ampleur de la perturbation des autres infrastructures et de la circulation, et de l'importance des travaux de remise en état requis après la mise en place de l'égout.
- Les préoccupations en matière de sécurité sont plus nombreuses à cause des problèmes de circulation dans les emprises de routes, 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.
- Les coûts sociaux des travaux relatifs aux grands projets en tranchée à ciel ouvert peuvent être substantiels.

3.2.2 TUBAGE

Le tubage consiste à insérer un tuyau thermoplastique souple directement dans l'égout. On pousse ou on tire alors des éléments de tuyau séparés, soit continus, soit à joints, à travers la conduite existante. Le tubage crée une nouvelle conduite 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 l'égout existant, à chacune des ses extrémités.

Le tuyau en PVC ou en PEHD (polyéthylène à haute densité) est utilisé surtout dans le tubage de conduites d'égout. Dans le cas des tuyaux en PVC, les joints sont les joints à simple pression classiques avec cloche à faible section. Les tuyaux en polyéthylène sont réunis soit par fusion (procédé thermique), soit par électrofusion, en surface et de façon à former diverses longueurs, puis insérés dans la conduite d'accueil aux puits d'entrée.

Il est également possible d'utiliser des éléments de tuyau séparés à joints pour le tubage. Les éléments sont alors réunis par des dispositifs sans collier, tels que des filets de vis 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 qu'il faut moins d'espace de travail en surface sur le chantier.

Une fois le nouveau tuyau inséré dans la conduite d'accueil, il faut injecter du coulis pour remplir le vide entre la nouvelle conduite et l'ancienne. L'injection de coulis est une étape importante du procédé de tubage, car elle préserve l'intégrité structurale de la nouvelle conduite.

Le tubage réduit substantiellement la surface de section transversale de la canalisation. La réduction de la friction dans le nouveau tuyau en comparaison de la friction dans l'ancienne conduite avant l'opération devrait compenser de façon significative pour 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. Dans les conduites de refoulement, la perte de surface de section transversale pourrait être annulée par l'augmentation de la pression de service.

Il faut effectuer un essai de pliage sur la conduite existante pour s'assurer que la conduite d'accueil peut recevoir le tuyau. Grâce aux progrès de la technologie d'imagerie numérique par télévision en circuit fermé, les propriétaires voudront peut-être faire un relevé de l'ovalisation de la conduite par la même occasion.

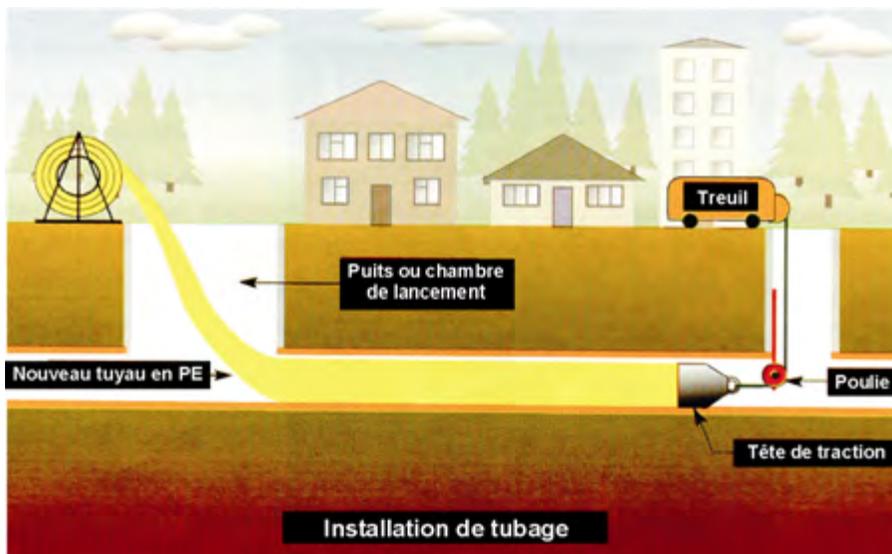


Figure 3-2 : Installation de tubage.

Avantages

- On peut utiliser le tubage dans la plupart des types de conduite.
- L'opération est rapide et ne perturbe que peu les autres réseaux techniques urbains.
- C'est lorsqu'il y a peu de connexions que le tubage donne les meilleurs résultats.
- Le tubage permet habituellement d'obtenir un meilleur coefficient de friction, ce qui améliore le rendement hydraulique.
- Selon les débits, il est possible de procéder au tubage de conduites en service, sans pompage de dérivation.

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.
- Le tubage requiert une grande surface permettant d'étendre et d'assembler les matériaux.
- 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 tube.
- Il se peut qu'on doive excaver souvent quand il y a beaucoup de branchements et d'égouts secondaires à reconnecter.
- Comme les gaines utilisées pour le tubage ne peuvent franchir les coudes, il faut à tout prix tenir compte de l'alignement de la conduite sans tubage avant de choisir cette technique.

3.2.3 TUBAGE PAR RÉDUCTION DU DIAMÈTRE

Le tubage ajusté prévoit l'insertion dans la conduite d'accueil d'un tuyau thermoplastique qu'on a temporairement déformé 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 un jeu de matrices (c'est ce qu'on appelle la retreinte) ou un ensemble de cylindres presseurs pour en réduire le diamètre et pouvoir l'insérer dans la conduite à l'aide d'un treuil. Le tuyau reprend ensuite ses dimensions initiales dès le relâchement de la tension exercée par le treuil et, dans la plupart des cas, avec l'aide de la pression interne.

Avantages

- Le tubage ajusté par réduction du diamètre peut être utilisé avec la plupart des types de conduite.
- La méthode est rapide et ne perturbe que peu les autres réseaux techniques urbains.
- C'est lorsqu'il y a de longs parcours et peu de branchements que la méthode donne les meilleurs résultats.

- La méthode permet habituellement d'améliorer le coefficient de friction, 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 de la conduite d'accueil.

Inconvénients

- L'énergie requise pour réduire le diamètre du tuyau augmente de façon dramatique avec le diamètre et l'augmentation de l'épaisseur de la paroi.
- La mise en place risque d'être difficile quand le tuyau est déformé ou qu'il présente des irrégularités dimensionnelles ou des joints déplacés.
- Les tuyaux fabriqués en vue d'être insérés dans les conduites d'égout exigent habituellement des matrices d'extrusion spéciales en raison du fait que leur diamètre n'est pas standard.
- Il faut relever le tracé de la conduite d'accueil, la nettoyer et la préparer.
- Il faut un espace adéquat sur les lieux pour permettre le soudage par extrusion des extrémités des tuyaux 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 coudes lorsqu'il est tiré par le treuil.

3.2.4 TUBAGE PAR PLIAGE ET FORMAGE

La technique prévoit que la gaine est chauffée et pliée à l'usine du fabricant, puis enroulée sur un touret et transportée sur les lieux de la pose. 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 et de pression et, parfois, d'un dispositif propulsé à travers la gaine. On privilégie l'utilisation de gaines en polyéthylène dans les conduites sous pression, tandis que les gaines en PVC sont utilisés principalement dans les égouts gravitaires.

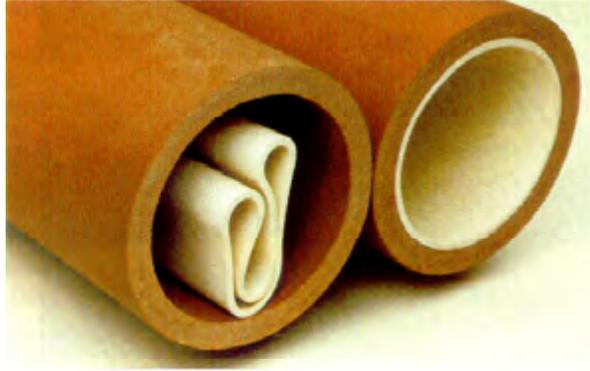


Figure 3-3 : Tubage ajusté (gaine en PVC pliée, pour rénovation de conduite d'égout, montrant la pose ajustée une fois la gaine inversée)

Avantages

- On peut utiliser le chemisage par pliage et formage dans la plupart des types de conduite.
- La méthode est rapide et ne perturbe que peu les autres réseaux techniques urbains.
- C'est quand il y a de longs parcours et peu de branchements que la méthode donne les meilleurs résultats.
- La méthode améliore habituellement le coefficient de friction, 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 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 de la conduite d'accueil.
- Le coupage et la remise en état des branchements d'égout peuvent se faire à distance avec du matériel robotique, ce qui réduit le nombre des excavations.
- On peut utiliser la gaine dans des conduites d'accueil comportant des coudes dont l'angle peut atteindre 45°; on peut alors tolérer un certain plissement.
- 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

- Le procédé de pliage et d'arrondissement de la gaine risque d'en modifier la capacité à long terme de résister à la pression.
- Il est parfois impossible d'exécuter tout le procédé d'inversion.
- La gaine peut bouger par rapport à la conduite d'accueil en raison de contraintes internes possibles (dues à la dilatation ou à la contraction thermique, par exemple).
- On ne peut utiliser la gaine lorsque les coudes ont plus de 45°.
- Il faut relever le tracé de la conduite d'accueil, la nettoyer et la préparer.
- Dans le cas des utilisations entièrement structurales, il faut à tout prix contrôler avec soin le procédé de pliage et d'arrondissement de la gaine une fois celle-ci en place pour éviter les problèmes à long terme.
- Il se peut qu'on doive procéder à une injection préalable de coulis dans les zones endommagées ou aux endroits où il y a des vides.

3.2.5 CHEMISAGE

Dans le cas du chemisage, on parle souvent de pose d'un nouveau revêtement intérieur in situ. Une gaine en tissu est imprégnée de résine polyester ou époxyde thermodurcissable ou qui durcit à la température ambiante, avant d'être insérée dans la conduite d'accueil. On fait ensuite durcir la résine de manière à produire une conduite rigide à l'intérieur de la conduite d'accueil. La combinaison du matériau dont est fait le tissu, avec ou sans fibre, et de la résine peut être conçue de manière à produire une nouvelle conduite entièrement structurale, semi-structurale ou non structurale.

Le produit utilisé pour fabriquer le tissu peut être adapté en usine de manière à convenir au diamètre de la conduite d'accueil. Il est également possible de fabriquer au besoin une gaine de section autre que circulaire. La gaine peut également franchir les coudes de 90° de la conduite d'accueil.

Les systèmes de chemisage sont classés en trois groupes principaux : les gaines en feutre, les tuyaux tissés et les membranes. On peut utiliser les types séparément ou les combiner. Dans les trois cas, la pose se fait habituellement par inversion, méthode selon laquelle la gaine est introduite dans la conduite d'accueil et retournée par pression d'eau ou d'air. On peut également poser certaines gaines en les tirant dans la conduite d'accueil au moyen d'un treuil et en les gonflant.

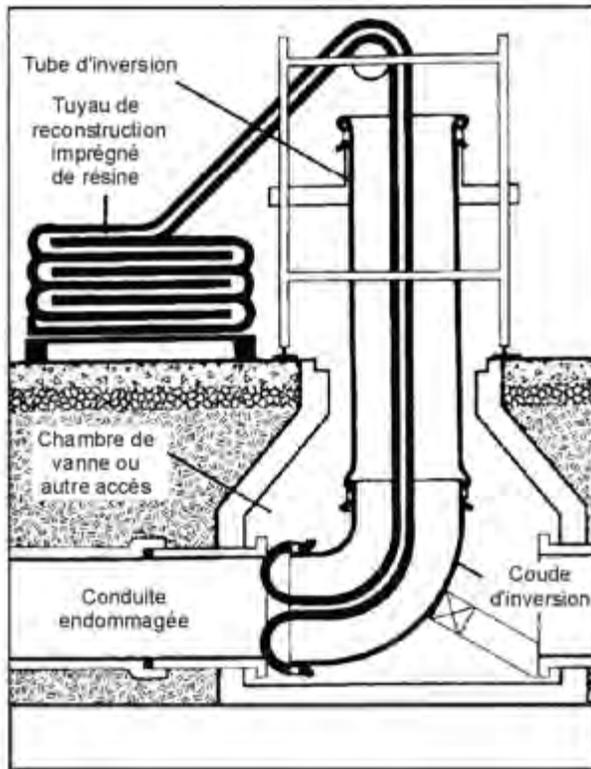


Figure 3-4 : Insertion d'une gaine en feutre dans la conduite.

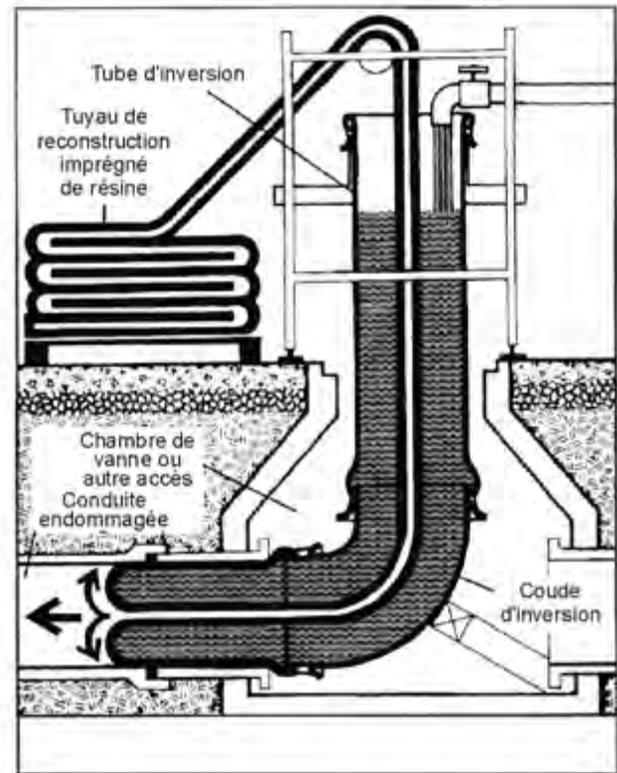


Figure 3-5 : Remplissage d'eau froide de la colonne d'insertion de la gaine.

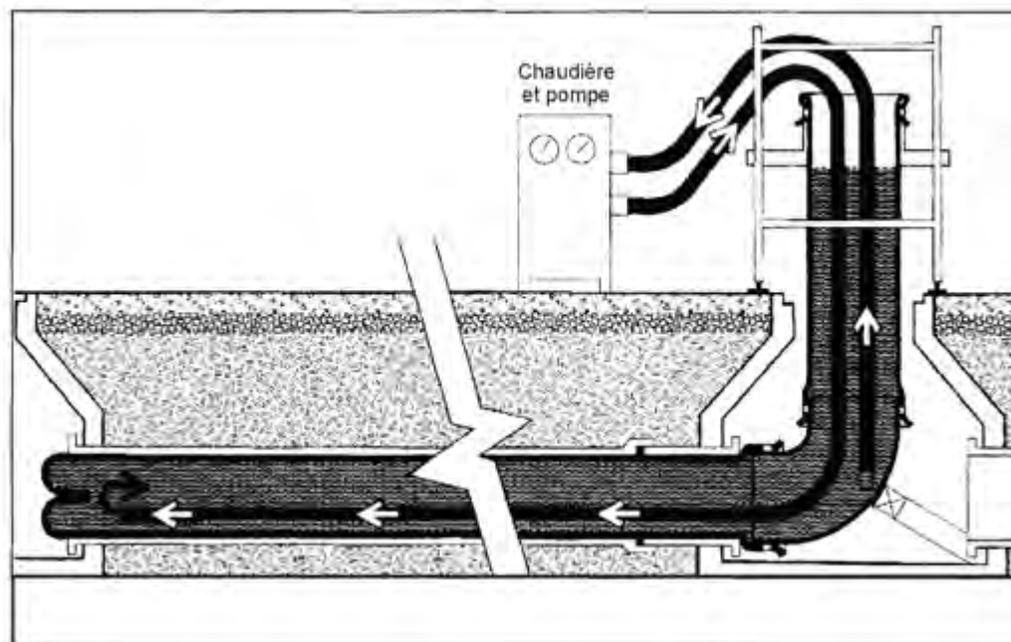


Figure 3-6 : Chauffage de l'eau une fois la gaine en place, ce qui fait adhérer la résine à la paroi de la conduite.

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 en feutre 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 la résine de durcir prématurément. Dans le cas des gaines de grand diamètre, la résine est parfois appliquée au chantier.

Tuyau tissé. — Ce type de gaine offre normalement un système semi-structural à l'intérieur de la conduite d'accueil. C'est le type qu'on utilise dans les conduites de refoulement qui présentent de la corrosion interne et des fuites minuscules, des fuites dues à des joints défectueux et de la corrosion externe localisée. La gaine est très mince et la réussite de l'installation dépend de la qualité de la liaison adhésive avec la paroi de la conduite d'accueil. La qualité du nettoyage de cette dernière, qui a lieu avant l'insertion de la gaine, est donc d'une importance primordiale.

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'égout non structurales et sert surtout à offrir une protection contre la corrosion interne; elle peut également recouvrir les très petits trous et les ouvertures de joints.

Avantages

- La pose est relativement rapide et requiert un minimum d'excavation.
- On peut normalement accéder à l'égout à partir d'un regard existant.
- La méthode offre un choix de résines adaptées à chaque utilisation.
- Le système peut se poser dans des conduites de très grande longueur et de diamètre varié, et il peut franchir les coudes.
- Il est possible de rétablir les branchements d'égout au moyen d'un organe de coupe robotisé, ce qui réduit l'excavation nécessaire.
- La chemise s'ajuste très étroitement à la conduite d'accueil, en plus de résister à la dilatation et à la contraction thermique.
- L'amélioration du coefficient de friction intérieur augmente les possibilités hydrauliques de la conduite.

- On peut utiliser la gaine pour obtenir une conduite structurale, semi-structurale ou non structurale.
- Le chemisage est disponible partout.

Inconvénients

- La conduite d'accueil demande un relevé, une préparation et un nettoyage exhaustifs.
- Il est plus difficile de poser les chemises dont le diamètre est inférieur à 100 mm ou supérieur à 600 mm.
- Il peut y avoir flambage partiel ou ovalisation de la chemise durant la pose.
- Dans le cas des utilisations entièrement structurale, il faut contrôler avec soin la préparation et la pose de la chemise pour éviter les problèmes à long terme.
- Il se peut qu'on doive préalablement injecter du coulis dans les zones endommagées ou aux endroits où il y a des vides.

3.2.6 ÉCLATEMENT DE LA CONDUITE

L'éclatement de la conduite est une technologie sans tranchée qui permet de remplacer un égout 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 immédiatement.

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 l'égout. 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 de créer des contraintes excessives dans cette dernière. Il faut absolument poser la conduite de remplacement en une seule longueur continue; on utilise par conséquent des tuyaux en polyéthylène joints en about par fusion dans la plupart des cas.

Les branchements d'égout et les autres accessoires raccordés à l'égout qui doit être réhabilité 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 l'égout qui doit être réhabilité par éclatement, pour prévenir les dommages causés par les efforts transmis à travers le sol durant le procédé d'éclatement de la canalisation.

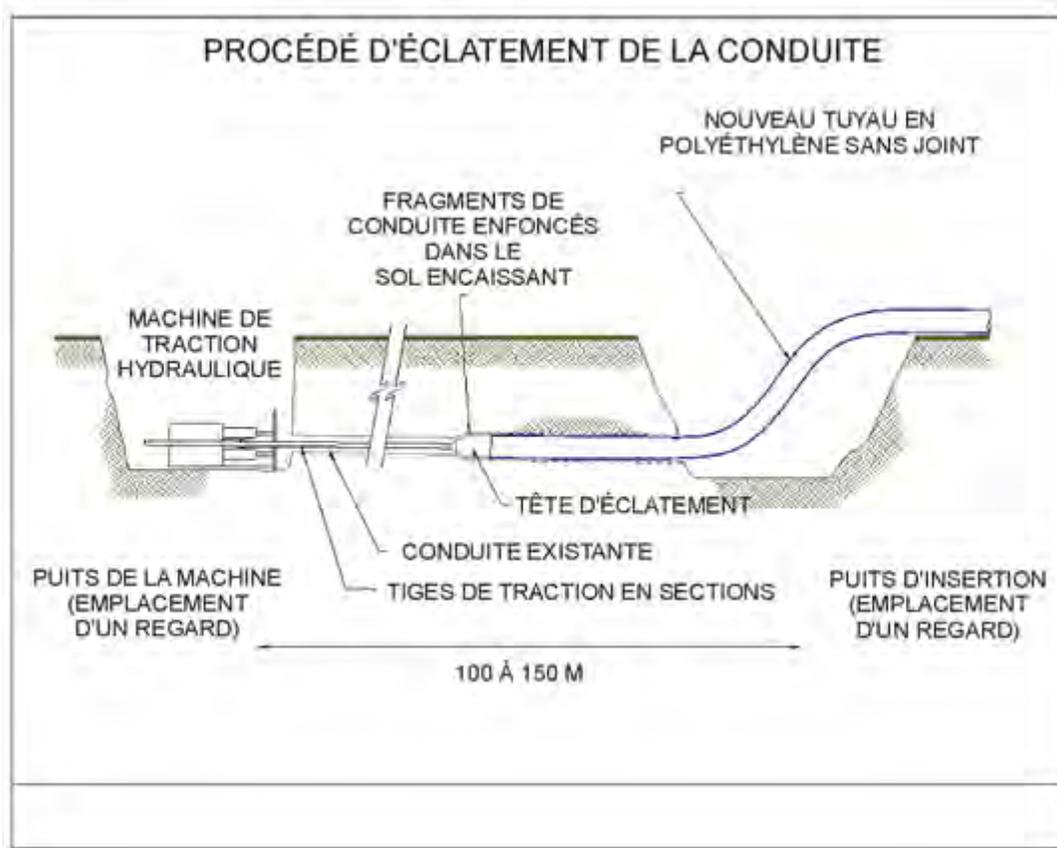


Figure 3-7 : Procédé d'éclatement d'une conduite.

Avantages

- Il n'est pas nécessaire de nettoyer la conduite existante.
- Il est possible d'insérer du tuyau de grand diamètre. De concert avec l'amélioration du coefficient de friction interne, cela peut augmenter substantiellement les possibilités hydrauliques du nouvel égout.
- Le procédé permet la réhabilitation structurale complète.
- 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 ceux 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'égout avant l'éclatement et les rebrancher au nouvel égout par la suite.
- Il faut absolument excaver et dégager tous les ouvrages souterrains qui se trouvent à moins de un mètre de l'égout existant pour éviter les dommages que pourrait causer la force transmise par la technique d'éclatement et le déplacement connexe du sol.
- Tout obstacle rigide présent dans l'assise de la conduite d'accueil fera dévier la nouvelle conduite. La méthode n'est pas recommandée lorsque la pente est cruciale.
- Il peut y avoir soulèvement de la surface du sol quand l'épaisseur de la couverture est insuffisante.

3.2.7 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 pilote à l'aide d'un appareil de forage de grosseur 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 agrandir le trou jusqu'à ce que celui-ci 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'égout. La plupart des conduites de refoulement d'égout 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. Il est également possible d'utiliser la technique pour poser un égout gravitaire.

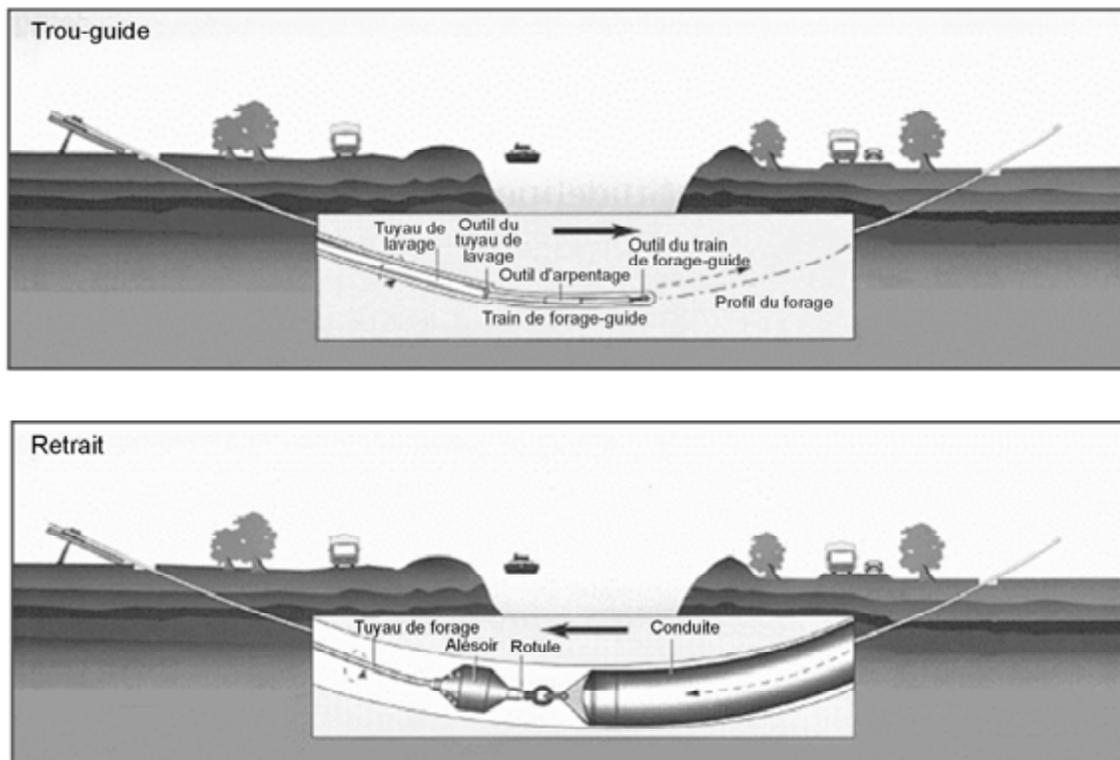


Figure 3-8 : Forage horizontal

Avantages

- Les ouvrages de surface, telles 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 la méthode en tranchée à ciel ouvert.
- La méthode permet de donner un nouvel alignement à l'égout.
- 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 peut être difficile de parvenir à donner à la conduite exactement l'alignement désiré, bien que celui-ci soit tout de même assez précis.
- Les couches de galets ou de gravier risquent de causer certains problèmes durant le forage du trou de sonde et les étapes de retrait.
- Dans le cas de projets importants, on utilise de grandes quantités de boue de forage, ce qui crée le risque possible d'une fracturation et d'activités

coûteuses de gestion de boues liquides (c.-à-d. le recyclage, la contention et l'élimination).

- Le forage horizontal requiert des conditions de sol uniformes et bonnes (argile ferme ou tills cohésifs non pierreux, par exemple) pour donner de bons résultats.

3.2.8 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 technique est utilisée surtout dans les conduites sous pression, telles que les conduites de refoulement ou les conduites d'eau. 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 EPDM (éthylène-propylène-diène). La technique exige qu'on puisse accéder à l'égout pour effectuer les travaux et la technologie est par conséquent tout indiquée pour les conduites de diamètre approprié.

Pour que le comportement des garnitures internes d'étanchéité de joints soit conforme aux prescriptions, la préparation interne de la conduite est vraiment importante. La préparation complète de la conduite convient à l'environnement de travail des ouvriers. Il faut absolument retirer tous les débris et la poussière des joints. Il faut également préparer complètement la zone de part et d'autre de chaque joint pour lui permettre de recevoir la lèvre de la garniture.

Une fois le nettoyage terminé, on utilise du ciment Portland pour remplir entièrement l'espace de joints jusqu'au niveau de la surface interne de l'égout. 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 placée en position 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.

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.

- La technique ne permet pas de régler les autres défaillances possibles de la conduite.
- Il faut procéder à un pompage de dérivation.

3.2.9 REVÊTEMENTS INTÉRIEURS, EN PANNEAUX OU EN TRONÇONS

Les revêtements intérieurs, en panneaux ou en tronçons, ne sont utilisés que lorsque qu'on peut entrer dans l'égout. On peut utiliser divers matériaux, mais les principaux produits conçus pour ce type de cas d'utilisation sont le PRV (plastique renforcé à la fibre de verre), le BRV (béton renforcé à la fibre de verre) et le ferro-ciment. Lorsqu'on utilise des panneaux, ceux-ci sont ajustés à la conduite, avec cales d'espacement fixes, puis maintenus en place par une injection de coulis. Les panneaux sont relativement légers et conçus pour être introduits dans la conduite par les regards.

On peut revêtir l'intérieur des égouts de grand diamètre à l'aide de tronçons plutôt que de panneaux. Ceux-ci sont transportés dans la conduite et assemblés sur place. Les tronçons doivent eux aussi être maintenus en place par une injection de coulis.

Avantages

- On peut utiliser ces technologies à des fins structurales ou non structurales.
- Le revêtement intérieur peut être conçu de manière à correspondre au diamètre initial de la conduite d'accueil, ce qui permet de réduire la perte de capacité.
- Le revêtement peut être posé à la pente requise, puisqu'il est possible de fixer chaque tuyau dans la conduite d'accueil au moyen de cales d'espacement.
- L'infiltration est réduite.
- La perturbation en surface est minimale, puisqu'on peut accéder à la conduite par les regards existants.

Inconvénients

- Il faut procéder à un pompage de dérivation.
- Il s'agit d'une technologie à haute intensité de main-d'œuvre.
- Il y a perte de diamètre de la coupe transversale dans la conduite existante à cause de la pose des panneaux ou des tronçons et de l'espace requis pour l'injection de coulis.

3.2.10 INJECTION DE COULIS CHIMIQUE

L'injection d'un coulis chimique est une technique qu'on utilise surtout pour effectuer des travaux ponctuels d'étanchéisation de joints ou de réparation de fissures non structurales. Le procédé permet d'arrêter l'infiltration et l'exfiltration d'eau. Le coulis chimique crée en substance une masse externe, souple et imperméable dans le sol encaissant l'emplacement de la réparation ponctuelle.

L'injection d'un coulis chimique est utilisée surtout pour réparer les fissures dans les tuyaux, au niveau des joints qui fuient et dans les regards d'égout. Un des principaux avantages de l'injection de coulis tient au fait que des tronçons de l'égout peuvent demeurer en service durant la réhabilitation.

Avantages

- Il s'agit d'une méthode rentable qui permet d'arrêter les infiltrations d'eau en remplissant les vides et en obturant les fissures dans le sol fracturé.
- La méthode permet de prévenir tout dommage structural par la suite.
- L'injection de coulis chimique est efficace lorsqu'elle est utilisée avec d'autres techniques.

Inconvénients

- L'utilisation de la méthode est limitée à cause de la possibilité d'effets néfastes.
- Il y a risque de pollution de l'eau souterraine (le choix du type de coulis est une considération importante).
- La méthode ne permet aucune réparation de nature structurale.

3.2.11 TUNNELAGE COMPLET ET MICROTUNNELAGE

Le tunnelage complet et le microtunnelage sont des techniques normalement utilisées pour la pose de conduites à de très grandes profondeurs. Bien qu'elles servent surtout à poser de nouvelles conduites, il est également possible de les utiliser pour réacheminer des égouts existants. On doit retenir les services d'experts dans le domaine lorsqu'on souhaite utiliser ce genre de technique.

Le tunnelage complet est une méthode de construction qui consiste à creuser une ouverture sous terre sans perturber continuellement la surface du sol; l'ouverture ainsi creusée a un diamètre assez important pour permettre aux personnes d'y accéder et d'ériger un système de support du sol à l'endroit où l'excavation a lieu.

Le microtunnelage diffère du tunnelage complet en ce que le procédé utilise une machine de forage contrôlée à distance conjointement avec la technique de fonçage horizontal de tuyaux pour poser la conduite directement.

Avantages

- Le degré de précision est élevé en raison du guidage par laser de la pose.
- Comme aucun humain n'entre dans la conduite, les considérations en matière de sécurité s'en trouvent réduites (microtunnelage).
- Le support du tunnel est continu. Le microtunnelage convient aux conditions de sol instable.
- On peut utiliser la méthode pour la pose d'égouts à grande profondeur.

Inconvénients

- Le tunnelage requiert une épaisseur de couverture minimale.
- Il faut un tunnel d'évacuation pour que l'enlèvement des débris soit efficace (tunnelage complet).
- La technique est coûteuse lorsque la distance est courte.
- La technique requiert beaucoup de renseignements d'ordre géotechnique.
- Il y a risque d'affaissement du sol.
- Le matériel doit être confié à des opérateurs chevronnés.

3.2.12 FORAGE À LA TARIÈRE

Le forage à la tarière est le procédé qui consiste à utiliser un vérin pour pousser un tubage à travers la terre entre deux puits déjà creusés, tout en retirant les déblais de l'intérieur du tubage au moyen d'une tarière à palettes rotative. Le tubage supporte le sol encaissant à mesure que les déblais sont systématiquement retirés. En règle générale, il n'est pas facile de diriger le forage à la tarière. Il existe deux genres d'installation de forage à la tarière : l'installation à chenilles et l'installation à berceau. La première consiste en un système de chenilles, une machine, un tube de forage, une tête de coupe et des tarières. Le forage est cyclique, puisqu'on ajoute des tronçons de tuyaux et des éléments de tarière après la pose d'une longueur prescrite. La poussée provient de béliers hydrauliques situés à l'arrière de la machine de forage. Une des extrémités est fixées à l'extrémité de la machine de forage, tandis que l'autre est fixée à des pattes raccordées au système de chenilles. Il n'y a aucune rotation du tubage lorsque celui-ci est poussé à travers le sol par les béliers hydrauliques. On utilise de la lubrification pour réduire le frottement du derme et aider au découpage et au transport du sol. Une autre mesure utilisée couramment pour réduire la friction

du derme prévoit une surexcavation de l'ordre de 25 à 50 mm. Le diamètre des tuyaux varie de 200 à 1200 mm et la longueur totale de pose se limite généralement à 100 m.

Dans le cas de l'installation de forage par tarière à berceau, la machine de forage et tout le système de tubage et de tarière est maintenu en suspension par un engin de chantier (flèche latérale, excavatrice ou grue) pendant le forage. Aucun ouvrage de poussée n'est nécessaire; il faut toutefois assembler tout le tubage à l'extérieur du puits de lancement avant le début du forage, l'ensemble tête de coupe et tarière étant alors placé à l'intérieur du tubage. Le système au complet est ensuite abaissé en position dans le puits de forage au moyen de grues. Après avoir établi l'alignement et le niveau du tubage, on exécute le forage de manière continue jusqu'à l'achèvement.

Avantages

- La technique est bien établie et accessible partout.
- Le dérangement en surface est minimale. Le forage convient aux traversées de routes et de voies ferrées.
- La tubulure en acier demeure dans le forage une fois l'opération terminée; elle peut servir de conduit ou de conduite d'accueil.

Inconvénients

- La possibilité de diriger le forage est limitée une fois la mise en place amorcée.
- La technique ne peut être utilisée dans le sable meuble et l'argile ou les sols organiques très mous.

3.2.13 DESTRUCTION DE LA CONDUITE

La destruction de la conduite est une technique fondée sur le microtunnelage, qui prévoit l'excavation d'une conduite défectueuse en même temps que le sol encaissant. Le microtunnelier doit habituellement avoir une certaine capacité de broyage pour que son rendement soit efficace. Les conduites de remplacement sont connectées à l'arrière du bouclier de tunnelage. On peut, dans un premier temps, remplir la conduite défectueuse de coulis pour améliorer le guidage du microtunnelier. On peut enlever les fragments de conduite soit par excavation pneumatique, soit en pompant de la boue.

Avantages

- La méthode permet le remplacement dans le même alignement et l'augmentation du diamètre d'égouts, tout en réduisant le risque de déranger les surfaces pavées ou les services publics adjacents.
- Aucun fragment de l'ancienne conduite n'est laissé dans le sol.

- La technique permet de réaligner les égouts écrasés.
- Certains systèmes permettent de pomper les eaux usées à travers le bouclier durant la pose, ce qui élimine le besoin d'une dérivation.
- Il est possible de diriger le forage dans une certaine mesure et de suivre l'alignement de la conduite existante.

Inconvénients

- La méthode n'est pas indiquée dans le cas du remplacement d'une conduite métallique ou thermoplastique.
- La technique peut être coûteuse en comparaison avec l'éclatement de la conduite.
- Les engins de chantier auxiliaires ont besoin d'un espace de travail hors sol.

Tableau 3-1 : Limitations des techniques.

Technique	Plage de diamètres (mm)	Portée de pose maximale (m)	Possibilité de réhabilitation			Types de matériau
			Entièrement structurale	Semi-structurale	Non structurale	
Tranchée à ciel ouvert	Tout diamètre	Illimitée	X			PE, PVC, béton, FD, acier
Tubage - Continu - Tronçons séparés	De 100 à 1600	300	X			PE, PVC, PP, PE/EPDM
	De 300 à 4000	1700	X			PE, PVC, PP, PRV
Pliage et formage - Réduction du diamètre - Pliage au chantier	De 100 à 1000	100 600	X X	X X	X X	PE, PP PE, PVC, FRP
	De 100 à 600					
Chemisage - Feutre - Tuyau tissé - Membrane	De 100 à 2750	1000	X	X		Fibre polyester non tissée
	De 100 à 2750	1000		X	X	Fibre polyester tissée
	De 100 à 2750	1000			X	Membrane élastomère
Éclatement de la conduite	De 50 à 1200	150	X			PE, PVC, FD, GV
Forage horizontal	De 100 à 1200	600	X			PE, PVC, FD, acier
Garnitures internes d'étanchéité des joints	De 400 ou plus	No limit	X			EPDM
Destruction de la conduite	300 ou plus	200	X			FD, PRV, PVC
Forage à la tarière	De 100 à 1800	100	X			FD, acier
Revêtement intérieur en panneaux ou en tronçons	1200 ou plus	Aucune limite	X	X		PRV, BRV, ferro-ciment
Tunnelage complet	900 ou plus	Aucune limite	X			Béton
Microtunnelage	300 ou plus	200	X			Béton, FD PE, PVC, acier
Injection d'un coulis chimique	Accès requis	Aucune limite			X	Acrylate, mousse d'uréthane, gel d'uréthane

Remarques : PE = Polyéthylène, PVC = chlorure de polyvinyle; PP = Polypropylène;

PE/EPDM = Polyéthylène/ter polymère d'éthylène – propylène diène, FD = fonte ductile, PRV = plastique renforcé de fibre de verre, BRV = béton renforcé de fibre de verre, GV = grès vitrifié

3.3 RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES AU SUJET DES TECHNIQUES SANS TRANCHÉE

La plupart des méthodes de réhabilitation ou de remplacement dont on dispose à l'heure actuelle sont décrites dans la présente règle de l'art. Lorsqu'une entreprise de service public de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées doit entreprendre un projet de réhabilitation ou de remplacement, la première démarche à faire consiste à définir tous les choix technologiques qui conviennent aux besoins. Cela doit être suivi de l'étude des coûts de chaque choix relatif au cas déterminé. La décision finale ne doit être prise qu'après qu'on ait bien examiné les coûts, les avantages et les risques liés à chacun des choix.

Les méthodes de réhabilitation ou de remplacement dont l'analyse illustrée dans la figure 3-1 indiquent qu'elles permettent de régler le problème en cause doivent ensuite faire l'objet d'une seconde évaluation technique fondée sur les paramètres propres au projet. On utilise pour ce faire les grilles d'évaluation contenues dans l'annexe A, qui inclut les tableaux suivants :

- **Tableaux A-1 à A-3** : Possibilités techniques des méthodes de construction sans tranchée dans le cas de la pose d'une nouvelle conduite (nouvel alignement).
- **Tableau A-4** : Représentation générique de la compatibilité de diverses méthodes de pose sans tranchée avec différentes conditions de sol.
- **Tableaux A-5 à A-8** : Possibilité technique des méthodes de pose sans tranchée dans le cas du remplacement d'une conduite dans le même alignement.

Les tableaux sont tirés de Allouche et Ariaratnam (2002), *State-of-the-Art Review of No-Dig Technologies for New Installations*, Travaux du congrès Pipeline 2002, avec la permission des auteurs.

Les tableaux offrent une approche simplifiée de l'évaluation des méthodes de construction sans tranchée dans le cas de la pose d'une nouvelle conduite (nouvel alignement) ou du remplacement d'une conduite existante dans le même alignement, dans des grilles distinctes.

Les systèmes d'aide à la décision (SAD) constituent eux aussi de l'information de soutien. Mentionnons à titre d'exemple le système (*AUTomatic Option evaluation for CONstruction Processes*, ou évaluation automatique des choix de méthodes de construction). La lecture d'un article technique intitulé « *A System for Evaluating Underground Pipeline Renewal Options* » et dont les auteurs sont Hastak et Sanjiv (2002) permettra d'obtenir de plus amples renseignements au sujet du système AUTOCOP.

4. CAS D'UTILISATION ET LIMITATIONS

La présente règle de l'art doit être utilisée selon les besoins chaque fois qu'il faut remplacer ou réhabiliter une conduite d'égout. Les municipalités doivent prévoir le soutien financier nécessaire à l'inspection continue et aux programmes proactifs de réhabilitation ou de remplacement. On recommande aux municipalités de se tenir au courant des techniques de réhabilitation ou de remplacement d'égouts par l'entremise d'organisations telles que la WEF et la NASTT. Elles auront ainsi de meilleures chances d'exploiter, d'entretenir, de remplacer ou de réhabiliter les infrastructures d'égout de la manière la plus efficiente, efficace et écologique.

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 d'égout. Elle en retire alors certains avantages pour ses clients et l'environnement, tout en étant toujours financièrement responsable, du fait qu'elle adopte la solution qui répond le mieux aux besoins de la collectivité.

ANNEXE A — PROCÉDURE SIMPLIFIÉE D'ÉVALUATION DES MÉTHODES DE POSE SANS TRANCHÉE (NOUVEL ALIGNEMENT OU REMPACEMENT DANS LE MÊME ALIGNEMENT)

On trouvera ci-joint deux guides qui donnent un aperçu des processus de pensée relatifs au choix des techniques de pose sans tranchée qu'il convient de faire dans le cas de la pose de nouvelles conduites et de la réhabilitation ou du remplacement de conduites existantes dans le même alignement. Il existe un nombre considérable de documents qui soutiennent les activités techniques. Les procédures mettent l'accent sur les contraintes technologiques (longueur, diamètre, matériaux), l'appropriation du sol et les considérations relatives à la nappe phréatique. Une fois qu'on a déterminé les techniques de pose sans tranchée qu'il est possible d'utiliser, on peut en évaluer la rentabilité en même temps que celle des méthodes de pose en tranchée à ciel ouvert lorsque certains facteurs (p. ex. l'état de la chaussée, les volumes de circulation, les besoins de réhabilitation des services publics adjacents, la durée de vie théorique) influencent l'analyse économique. Le praticien devra ensuite approfondir l'évaluation en fonction d'autres facteurs économiques, sociaux et environnementaux. Pour garantir l'intégrité technique de l'élaboration du projet, le praticien doit à tout prix avoir recours à l'expertise appropriée des secteurs techniques et de l'industrie de la construction, consulter les intervenants et être conscient des conditions locales.

GRILLE D'ÉVALUATION : MÉTHODES SANS TRANCHÉE DE REMPLACEMENT D'UNE CONDUITE DANS LE MÊME ALIGNEMENT

Étape 1 : Identifiez les techniques sans tranchée de remplacement d'une conduite dans le même alignement que vous souhaitez évaluer sur le plan technique, d'après les résultats de l'évaluation de la figure 3-1.

Étape 2 : Pour chacune des techniques retenues, répondez aux questions suivantes :

Méthode de construction	Méthode n° 1		Méthode n° 2		Méthode n° 3	
	O	N	O	N	O	N
1. La longueur maximale de pose (entre deux regards) est-elle inférieure ou égale à la valeur indiquée dans la deuxième colonne du tableau A-5?						
2. Le diamètre de la nouvelle conduite est-il inférieur ou égal à la valeur indiquée dans la troisième colonne du tableau A-5?						
3. La longueur maximale de pose (entre deux regards) est-elle supérieure ou égale à la valeur indiquée dans la deuxième colonne du tableau A-6?						
4. Le diamètre de la conduite actuelle est-il supérieur ou égal à la valeur indiquée dans la troisième colonne du tableau A-6?						
5. Le matériau de la conduite actuelle est-il considéré acceptable selon le tableau A-7?						
6. Le matériau de la conduite proposée est-il considéré acceptable selon le tableau A-8?						

Si la réponse à une des questions ci-dessus est NON, il se peut que la méthode envisagée ne convienne pas pour le projet proposé.

Étape 3 : Pour chacune des techniques retenues, répondez aux questions suivantes :

Méthode de construction	Méthode n° 1		Méthode n° 2		Méthode n° 3	
	O	N	O	N	O	N
1. Y a-t-il des affaissements ou des défauts d'alignement excessifs dans la conduite actuelle?						
2. Y a-t-il des tés ou des coudes de 45 degrés ou plus dans la conduite?						
3. Faut-il augmenter le diamètre de la conduite d'un facteur supérieur à 2?						

Si la réponse à une des questions ci-dessus est OUI, il se peut que la méthode envisagée ne convienne pas pour le projet proposé.

Remarques

1. Certains équipements servant à faire éclater la conduite sont incapables de faire éclater certains types de colliers ou de dispositifs de retenue posés dans le cadre de travaux de réparation.
2. La possibilité d'amorcer des changements de direction diminue de façon importante avec l'augmentation du diamètre de la conduite.

GRILLE D'ÉVALUATION — MÉTHODES DE POSE SANS TRANCHÉE DANS UN NOUVEL ALIGNEMENT

Renseignements généraux — Les valeurs utilisées à des fins de comparaison sont les paramètres de fonctionnement communs aux diverses techniques. Il serait possible d'obtenir un rendement supérieur à celui indiqué dans les tableaux, mais celui-ci pourrait alors être lié à des risques ou à des coûts plus élevés, ou exiger le recours à une expertise ou à du matériel spécialisé, ou aux deux à la fois.

Étape 1 : Identifiez les techniques de pose sans tranchée à évaluer sur le plan technique, d'après les résultats de l'évaluation de la figure 3-1.

Étape 2 : Pour chacune des techniques retenues, répondez aux questions suivantes :

Méthode de construction	Méthode n° 1		Méthode n° 2		Méthode n° 3	
	O	N	O	N	O	N
1. La longueur maximale de pose (entre deux regards) est-elle inférieure ou égale à la valeur indiquée dans la deuxième colonne du tableau A-1?						
2. Le diamètre de la conduite est-il inférieur ou égal à la valeur indiquée dans la troisième colonne du tableau A-1?						
3. La profondeur maximale est-elle inférieure ou égale à la valeur indiquée dans la quatrième colonne du tableau A-1?						
4. Le degré de précision de l'alignement prescrit dans la cinquième colonne du tableau A-1 est-il satisfaisant ?						
5. Le degré de précision du profil prescrit dans la sixième colonne du tableau A-1 est-il satisfaisant ?						

Si la réponse à une des questions ci-dessus est NON, il se peut que la méthode envisagée ne convienne pas pour le tronçon de conduite à l'étude.

Étape 3 : Pour chacune des techniques retenues, répondez aux questions suivantes :

Méthode de construction	Méthode n° 1		Méthode n° 2		Méthode n° 3	
	O	N	O	N	O	N
1. La longueur maximale de pose (entre deux regards) est-elle supérieure ou égale à la valeur indiquée dans la deuxième colonne du tableau A-2?						
2. Le diamètre de la conduite est-il supérieur ou égal à la valeur indiquée dans la troisième colonne du tableau A-2?						
3. L'épaisseur de la couverture est-elle supérieure ou égale à la valeur indiquée dans la quatrième colonne du tableau A-2?						
4. Le ou les matériaux à prescrire pour la conduite sont-ils considérés acceptables selon le tableau A-3?						

Si la réponse à une des questions ci-dessus est NON, il se peut que la méthode envisagée ne convienne pas pour le tronçon de conduite à l'étude.

Étape 4 : En vous appuyant sur les données géotechniques disponibles, répondez aux questions suivantes :

1. Quel **type de sol prédomine** le long de l'alignement proposé?

Sols cohésifs (argile)		Sols sans cohésion (sable ou limon)		Galets ou blocs	Gravier	Grès Substrat rocheux	Substrat rocheux
Mous (N<5)	Fermes (5<N<15)	Raides à durs (N>15)	Meubles N<10				

2. Quel est le **second type de sol prédominant** qu'on s'attend à rencontrer le long de l'alignement proposé?

Sols cohésifs (argile)		Sols sans cohésion (sable ou limon)		Galets ou blocs	Gravier	Grès Substrat rocheux	Substrat rocheux
Mous (N<5)	Fermes (5<N<15)	Raides à durs (N>15)	Meubles N<10				

Si le type de sol prédominant est considéré NON CONVENABLE d'après le tableau A-4 OU si le type de sol prédominant est considéré POSSIBLE et que le second type prédominant est considéré NON CONVENABLE, il se peut que la méthode envisagée ne convienne pas pour projet proposé.

Étape 5 : En vous appuyant sur les données géotechniques et hydrologiques disponibles, répondez aux questions suivantes :

1. La profondeur du radier de la conduite en son point le plus bas le long de l'alignement proposé est-elle égale ou supérieure à 3 m sous le niveau normal de la nappe phréatique pendant la durée prévue des travaux?

Si la réponse est OUI, les méthodes classées C-1 dans le tableau A-4 pourraient être jugées convenables pour le projet à l'étude.

2. La profondeur du radier de la conduite en son point le plus bas le long de l'alignement proposé est-elle égale ou inférieure à 3 m sous le niveau normal de la nappe phréatique pendant la durée prévue des travaux?

Si la réponse est OUI, les méthodes classées C-1 ou C-2 dans le tableau A-4 pourraient être jugées convenables pour le projet à l'étude.

3. La profondeur du radier de la conduite en son point le plus bas le long de l'alignement proposé est-elle égale ou inférieure à 1 m sous le niveau normal de la nappe phréatique pendant la durée prévue des travaux?

Si la réponse est OUI, les méthodes classées C-1, C-2 ou C-3 dans le tableau A-4 pourraient être jugées convenables pour le projet à l'étude.

NOUVELLE CONDUITE (NOUVEL ALIGNEMENT)

Tableau A-1 : Possibilités techniques des méthodes de pose sans tranchée (valeurs d'exploitation maximales).

Méthode (1)	Longueur (m) (2)	Diamètre (mm) (3)	Prof. (m) (4)	Précision ¹ (alignement) (5)	Précision (prof.) (6)
Forage dirigé (micro)	50	100	10	Moyenne	Moyenne
Forage dirigé (mini)	100	150	15	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée
Forage dirigé (midi)	350	400	30	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée
Forage dirigé (maxi)	1500	1200	75	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée
Forage à l'air, rotatif	1500	900	50	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée
Lançage	100	150	15	Faible à moyenne	Faible à moyenne
Forage à sec	100	250	15	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée
Forage à la tarière (type à chenilles)	100	1200	30	Moyenne	Moyenne
Forage à la tarière (type à berceau)	150	1500	30	Faible	Faible
Forage rotatif horizontal avec boue	100	200	30	Moyenne	Moyenne
Microtunnelage (à la tarière)	120	1800	30	Élevée	Élevée
Microtunnelage (avec boue)	250	2700	30	Élevée	Élevée
Fonçage horizontal de conduite	300	1060	30	Élevée	Élevée
Tunnelage pour réseaux techniques	Illimitée	3600	50	Élevée	Élevée
Taupe à percussion, non orientable	30	75	Nota ¹	Faible	Faible
Taupe à percussion, orientable	50	75	Nota ¹	Moyenne	Moyenne
Poussage de tiges (sans rotation)	50	100	Nota ¹	Faible	Faible
Poussage de tiges (grande distance)	125	200	4	Faible à moyenne	Faible à moyenne
Battage de conduite	60	1800	Nota ¹	Faible	Faible

¹ Désignation	Description
Faible	Aucune possibilité d'orientation après avoir quitté le puits de lancement.
Faible à moyenne	Possibilités d'orientation limitées après avoir quitté le puits de lancement.
Moyenne	Possibilités spécialisées de suivi et d'orientation après avoir quitté le puits de lancement.
Moyenne à élevée	Capable d'une déviation max. de ± 100 mm pour ce qui est de l'alignement et du niveau du forage-guide ou de la conduite.
Élevée	Capable d'une déviation max de ± 50 mm par rapport à l'alignement et au niveau du trou-guide ou de la conduite.

Nota¹ : Dépend de la profondeur économique/sécuritaire à laquelle il est possible de creuser le puits.

NOUVELLE CONDUITE (NOUVEL ALIGNEMENT)

Tableau A-2 : Possibilités techniques des méthodes de pose sans tranchée (valeurs d'exploitation minimales).

Méthode (1)	Longueur de pose (m) (2)	Dia. de la conduite (mm) (3)	Couverture minimale de sol recommandée (m) (4)
Forage dirigé (micro)	5	25	0,6
Forage dirigé (mini)	10	25	0,6 à 0,9
Forage dirigé (midi)	50	50	0,9
Forage dirigé (maxi)	100	100	2,5 m ou couv./dia. 5
Forage à l'air, rotatif	100	50	0,6 à 0,9
Lançage	10	25	0,6 à 0,9
Forage à sec	10	25	0,6 à 0,9
Forage à la tarière (type à chenilles)	12	200	1,5 m ou couv./dia. 3
Forage à la tarière (type à berceau)	12	200	1,5 m ou couv./dia. 3
Forage rotatif horizontal avec boue	12	25	1 m ou couv./dia. 3
Microtunnelage (à la tarière)	25	250	1,5 m ou couv./dia. 3
Microtunnelage (avec boue)	25	250	1,5 m ou couv./dia. 3
Fonçage horizontal de conduite	25	1060	1,5 m ou couv./dia. 3
Tunnelage pour réseaux techniques	10	1200	S.O.
Taupe à percussion, non orientable	12	25	1 m pour 100 mm de diamètre de l'outil
Taupe à percussion, orientable	12	25	1 m pour 100 mm de diamètre de l'outil
Impact Mole			
Poussage de tiges (sans rotation)	50	25	1 m pour 100 mm de diamètre de l'outil
Poussage de tiges (grande distance)	125	25	1 m pour 100 mm de diamètre de l'outil
Battage de conduite	12	100	S.O.

Tableau A-3 : Compatibilité des matériaux de conduite.

Méthode	PEHD	PVC	Acier	Grès	Béton	Tôle ondulée	Fibre de verre
Forage dirigé (micro)	1	1	1	0	0	0	0
Forage dirigé (mini)	1	1	1	0	0	0	0
Forage dirigé (midi)	1	1	1	0	0	0	0
Forage dirigé (maxi)	1	0	1	0	0	0	0
Forage à l'air, rotatif	1	0	1	0	0	0	0
Lançage	1	1	1	0	0	0	0
Forage à sec	1	0	1	0	0	0	0
Forage à la tarière (type à chenilles)	0	0	1	0	1	0	0
Forage à la tarière (type à berceau)	0	0	1	0	1	0	0
Forage rotatif horizontal avec boue	1	1	1	0	1	1	1
Microtunnelage (à la tarière)	0	1	1	1	1	0	1
Microtunnelage (avec boue)	0	1	1	1	1	0	1
Fonçage horizontal de conduite	0	0	1	0	1	0	1
Tunnelage pour réseaux techniques	1	0	0	0	1	0	0
Taupe à percussion, non orientable	1	1	1	1	0	0	0
Taupe à percussion, orientable	1	1	1	1	0	0	0
Poussage de tiges (sans rotation)	1	0	1	0	0	0	0
Poussage de tiges (grande distance)	1	0	1	0	0	0	0
Battage de conduite	0	0	1	0	0	0	0

Notation: 0 = Non convenable; 1 = Convenable

Tableau A-4 : Compatibilité avec diverses conditions de sol.

Type de sol (défini à l'aide du décompte de coups SPT; valeur N selon ASTM 1452) Technique	Sols cohésifs (argile)			Sols sans cohésion (sable ou limon)		Gravier	Galets† Blocs	Grès Substrat rocheux	Substrat rocheux (MPa)	Élevée Classification NP*	
	N<5 Mous	5<N<15	N>15 Raides à durs	N<10 Meubles	10<N<30 Moyenne						N>30 Denses
		5 Fermes									
Méthodes de forage dirigé horizontal											
FDH maxi/midi	✓	✓	✓		✓			✓	< 80	C1	
FDH mini/micro	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	C2	
Forage à l'air/pneumatique, rotatif	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	C3	
Lançage	✓	✓	✓	✓	P	P	✓	✓	✓	C2	
Forage à sec	✓	✓	✓	✓	P	✓	✓	✓	✓	C2	
Forage à la tarière (type à chenilles)		✓	✓	✓	✓	✓	< 0,3 D	✓	< 80	C2	
Forage à la tarière (type à berceau)		✓	✓	✓	✓	✓	< 0,3 D	✓	< 80	C2	
Méthode rotative horizontale, avec boue		✓	✓		✓	✓	< 0,3 D	✓	< 80	C1	
Méthodes de fonçage de conduites											
Microtunnelage (à la tarière)	✓	✓	✓	✓	P	✓	< 0,3 D	✓	< 200	C2	
Microtunnelage (avec boue)	✓	✓	✓		✓	✓	< 0,3 D	✓	< 200	C1	
Fonçage horizontal de conduite (excavation à la main)	✓	✓	✓	✓	✓	P	< 0,95 D	P	✓	C3	
Tunnelage - Tunnelier		✓	✓		✓	✓		✓	✓	C1	
Tunnelage – Excavation à la main	✓	✓	✓		✓	✓	< 0,95 D	✓	✓	C3	
Méthodes axées sur le déplacement de sol											
Taupa à percussion	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	C2	
Battage de conduite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	< 0,9 D	✓	✓	C2	
Poussage de tiges	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	C2	

Remplacement d'une conduite dans le même alignement											
Éclatement de la conduite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	C1
Fendage de la conduite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	C1
Destruction de la conduite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	C1
Alésage de la conduite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	C1
Extraction et remplacement de la conduite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	C1
Méthodes de creusement à ciel ouvert											
Charrue	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	C3
Tranchée	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	C3
Pelle rétrocaveuse	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	C3
Pelle à benne traînante	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	C3

✓ = Convenable; ✕ = Non convenable; = Possible; < 0,3 D = diamètre des blocs en fonction du diamètre du tubage†.

*Classification de la méthode en rapport avec des conditions de nappe phréatique élevée.

- C1 : convenable ou peut-être convenable dans le cas où le radier est à 3 m ou plus sous le niveau de la nappe phréatique.
- C2 : convenable ou peut-être convenable dans le cas où le radier est à au plus 3 m sous le niveau de la nappe phréatique.
- C3 : convenable ou peut-être convenable dans le cas où le radier est à au plus 1 m sous le niveau de la nappe phréatique.

REPLACEMENT D'UNE CONDUITE DANS LE MÊME ALIGNEMENT

Tableau A-5 : Grille des possibilités des méthodes (valeurs d'exploitation maximales).

Méthode (1)	Longueur de pose (m) (2)	Dia. de la nouvelle conduite (mm) (3)
Éclatement de la conduite	350	600
Fendage de la conduite	350	300
Destruction de la conduite (microtunnelage)	225	1200
Alésage de la conduite (FDH)	200	600

Table A-6 : Grille des possibilités des méthodes (valeurs d'exploitation minimales)

Méthode (1)	Longueur de pose (m) (2)	Dia. de la conduite actuelle (mm) (3)
Éclatement de la conduite	10	50
Fendage de la conduite	10	50
Destruction de la conduite (microtunnelage)	25	250
Alésage de la conduite (FDH)	15	150

Table A-7 : Grille des possibilités des méthodes — Matériau de la conduite actuelle.

Méthode	PEHD	PVC	Acier	Grès	Béton non armé	Béton armé	Fonte	Tôle ondulée
Éclatement de la conduite	0	1	1	1	1	1	1	1
Fendage de la conduite	1	1	1	0	0	0	0	1
Destruction de la conduite (microtunnelage)	1	1	0	1	1	1	1	1
Alésage de la conduite	0	1	0	1	1	0	1	0

Tableau A-8 : Grille des possibilités des méthodes — Matériau de la nouvelle conduite.

Méthode	PEHD	PVC	Acier	Grès	Béton	Tôle ondulée
Éclatement de la conduite	0	1	1	1	1	0
Fendage de la conduite	1	1	1	0	0	1
Destruction de la conduite (microtunnelage)	1	1	0	1	1	0
Alésage de la conduite (FDH)	1	1	0	0	0	0

Notation : 0 = Non convenable; 1 = Convenable.

BIBLIOGRAPHIE

Allouche, Erez et Samuel Ariaratnam, 2002. *State-of-the-Art Review of No-Dig Technologies for New Installations*. Travaux, congrès Pipeline 2002, du 4 au 7 août, ASCE, Reston, VA.

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

Bell, R.E. Jr. and Williams, G.G., 1997, " *Sewer Rehabilitation Developing Cost Effective Alternatives*", travaux du ASCE Construction Congress, Minneapolis, MN, USA, du 4 au 8 octobre 1997, pp. 331 à 337.

SCGC (Société canadienne de génie civil), 2002, *Le temps presse : L'infrastructure canadienne à la croisée des chemins* (<http://www.csce.ca/PDF/TRM%20Minister%20Brief.pdf>).

Hastak, Makarand et Gokhale Sanjiv, 2002. "A System for Evaluating Underground Pipeline Renewal Options." *Journal of Infrastructure Systems*. American Society of Civil Engineers, Reston, VA.

Stein, Dietrich, 2002, " *Rehabilitation and Maintenance of Drains and Sewers*" Ernst & Sohn, Berlin, Allemagne.

WEF (Water Environment Federation), " *Existing Sewer Evaluation & Rehabilitation*" WEF Manual of Practices FD-6, ASCE Manual and Report on Engineering Practices, No. 62, 1994, Alexandria, VA.

WERF (Water Environment Research Foundation), 2000, " *New Pipes for Old: a study of recent advances in sewer pipe materials and technology*", Water Environmental Research Foundation, Alexandria, VA

Wideman, M., 1992. *Risk Management, A Guide to Managing Project Risks and Opportunities*. PMBOK Handbook Series, Vol. 6, Project Management Institute, Upper Darby, PA.

Zhao, J., McDonald, S., Kleiner, Y., 2001, *Guid pour l'évaluation de l'état et la réhabilitation des égouts collecteurs*, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches Canada, Ottawa.

Zhao, Jack and Rajani, Balvant, 2002, *Construction and Rehabilitation Costs for Buried Pipe with a Focus on Trenchless Technology*, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches Canada, 2002.

