

EXAMEN ET ÉVALUATION D'UN RÉSEAU DE COLLECTE D'EAUX PLUVIALES OU D'EAUX USÉES

UNE RÈGLE DE L'ART DU GUIDE NATIONAL POUR DES
INFRASTRUCTURES MUNICIPALES DURABLES

National Guide
to Sustainable
Municipal
Infrastructure



Guide national pour
des infrastructures
municipales
durables

Canada

NRC · CNRC



Examen et évaluation d'un réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées
Publication n° 1.0

Date de publication : juillet 2004

© 2004 Fédération canadienne des municipalités et le Conseil national de recherches du Canada

ISBN 1-897094-73-6

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.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	v
Remerciements	vii
Résumé	xi
1. Généralités	1
1.1 Introduction	1
1.2 Objet et portée	1
1.3 Mode d'utilisation du document	2
1.4 Glossaire	3
2. Justification	7
2.1 Contexte	7
2.2 Avantages	7
2.3 Risques	8
3. Description du travail	9
3.1 Tâche 1– Inventaire	9
3.1.1 Collecte et stockage des données	9
3.1.2 Inventaire des données	10
3.2 Tâche 2 – Auscultation	12
3.2.1 Secteurs critiques	12
3.2.2 Examen préliminaire	12
3.2.3 Préparation d'un programme d'inspection	13
3.2.4 Inspection.....	14
3.2.5 Mise à jour des données	14
3.3 Tâche 3 – Évaluation de l'état	15
3.3.1 Intégrité structurale	16
3.3.2 Intégrité fonctionnelle	16
3.3.3 Conformité hydraulique	16
3.4 Tâche 4 – Évaluation du comportement.....	18
3.4.1 Critères de performance	18
3.4.2 Critère de comportement.....	21
3.5 Tâche 5 – Plan de réhabilitation ou de remplacement.....	22
3.5.1 Établissement des priorités.....	23
3.5.2 Choix de mesures correctives	23
3.5.3 Analyse de rentabilité	24
3.5.4 Plan d'action	24
3.5.5 Rapport sur les infrastructures	25
4. Cas d'utilisation et limitations	26
4.1 Cas d'utilisation	26
4.2 Limitations.....	27
5. Évaluation	28
Annexe A : Inventaire de données	29
Annexe B : Techniques d'inspection et d'examen	31
Annexe C : Défauts	39
Annexe D : Notations d'état	41
Bibliographie	45

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. Les municipalités doivent offrir ces services en partie pour satisfaire les normes plus rigoureuses en matière de sécurité, de santé et de protection de l'environnement, et en réaction 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 spécialistes 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.

REMERCIEMENTS

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

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 de l'information tirée de la revue des pratiques municipales et d'une analyse documentaire approfondie dirigée par le Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines (CERIU). Les membres du Comité du programme de gestion des biosolides d'InfraGuide, dont on trouvera les noms ci-après, ont fourni des conseils et une orientation en rapport avec la rédaction du document. Ils ont été aidés par les employés de la Direction du guide et ceux de CERIU et par Stantec Consulting Ltd.

John Hodgson, président	Ville de Edmonton (Alberta)
André Aubin	Ville de Montréal, Montréal (Québec)
Richard Bonin	Ville de Québec (Québec)
David Calam	Ville de Regina (Saskatchewan)
Kulvinder Dhillon	Province of Nova Scotia, Halifax (Nouvelle-Écosse)
Tom Field	Delcan Corporation Vancouver (Colombie-Britannique)
Wayne Green	Ville de Toronto (Ontario)
Salvatore Morra	Ontario Sewer and Watermain Construction Association, Mississauga (Ontario)
Peter Seto	National Water Research Institute, Environment Canada, Burlington (Ontario)
Timothy Toole	Ville de Midland (Ontario)
Bilgin Buberoglu	Conseiller technique, Conseil national de recherches Canada, Ottawa (Ontario)

De plus, le Comité aimerait exprimer une sincère appréciation aux personnes qui suivent pour leur participation aux groupes de travail.

Gerry Bauer	R.V. Anderson Associates Ltd, Ottawa (Ontario)
John Hodgson	Ville de Edmonton (Alberta)
Dave Krywiak	Stantec Consulting Limited, Edmonton (Alberta)
Pierre Lamarre	Ville de Laval (Québec)
Brendan O'Connell	Ville de St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador)
Marek Pawlowski	M.J. Pawlowski and Associates, Richmond (Colombie-Britannique)

De plus, le Comité aimerait remercier les personnes qui suivent pour leur participation aux révisions par les pairs

Ken Chua	Ville d'Edmonton (Alberta)
Chris Macey	UMA Group, Winnipeg (Manitoba)
Paul Aoûth	Delcan Corporation, Toronto (Ontario)
Christoph Moch	UMA Group, Victoria (Colombie-Britannique)
Gerry Taylor	Ville d'Ottawa (Ontario)
Todd S. Wyman	Ville de St. Albert (Alberta)

Cette règle de l'art n'aurait pu voir le jour sans le leadership et les directives du conseil de direction du projet, le Comité sur les infrastructures municipales et le Comité sur les relations dans le domaine des infrastructures d'InfraGuide dont les membres sont comme suit :

Conseil de direction :

Joe Augé	Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest)
Mike Badham	Ville de Regina (Saskatchewan)
Sherif Barakat	Conseil national de recherches Canada (Ontario)
Brock Carlton	Fédération des municipalités canadiennes (Ontario)
William G. Crowther	Ville de Toronto (Ontario)
Jim D'Orazio	Greater Toronto Sewer and Watermain Contractors Association, Toronto (Ontario)
Douglas P. Floyd	Delcan Corporation (Ontario)
Derm Flynn	Ville de Gander (Terre-Neuve-et-Labrador)
Ralph Haas	Université de Waterloo (Ontario)
John Hodgson	Ville d'Edmonton (Alberta)
Joan Loughheed	Ville de Burlington (Ontario)
Saeed Mirza	Université McGill, Montréal (Québec)
Umendra Mital	Ville de Surrey (Colombie-Britannique)
René Morency	Régie des installations olympiques, Montréal (Québec)
Lee Nauss	Conseiller, municipalité de Lunenburg, Bridgewater (Nouvelle-Écosse)
Vaughn Paul	Premières Nations (Alberta), Groupe consultatif de services techniques, Edmonton (Alberta)
Ric Robertshaw	Travaux publics, région de Peel, Brampton (Ontario)
Dave Rudberg	Ville de Vancouver (Colombie-Britannique)
Van Simonson	Ville de Saskatoon (Saskatchewan)
Basil Stewart, maire	Ville de Summerside (Île-du-Prince-Édouard)
Serge Thériault	Gouvernement du Nouveau-Brunswick Fredericton (Nouveau-Brunswick)
Tony Varriano	Infrastructures Canada, Ottawa (Ontario)
Alec Waters	Transport – Département des infrastructures (Alberta)

Wally Wells The Wells Infrastructure Group Inc.
Toronto (Ontario)

Comité sur les infrastructures municipales :

Al Cepas Ville d'Edmonton (Alberta)
Wayne Green Ville de Toronto (Ontario)
Mr. Haseen Khan Gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador
St-Jean (Terre-Neuve)
Ed S. Kovacs Ville de Cambridge (Ontario)
Saeed Mirza Université McGill, Montréal (Québec)
Umendra Mital Ville de Surrey (Colombie-Britannique)
Carl Yates Halifax Regional Water Commission
(Nouvelle-Écosse)

Comité sur les relations dans le domaine des infrastructures :

Geoff Greenough Ville de Moncton (Nouveau-Brunswick)
Barb Harris Ville de Whitehorse (Yukon)
Joan Loughheed, Conseillère, ville de Burlington (Ontario)
Osama Moselhi Université Concordia, Montréal (Québec)
Anne-Marie Parent Parent Latreille et Associés, Montréal (Québec)
Konrad Siu Ville d'Edmonton (Alberta)
Wally Wells The Wells Infrastructure Group Inc.
Toronto (Ontario)

Membre fondateur :

Association canadienne des travaux publics (ACTP)

RÉSUMÉ

Dans bon nombre de municipalités canadiennes, l'élaboration d'un programme d'entretien et de renouvellement d'un réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées se fait suivant une approche réactive, qui consiste à réagir à une interruption de service ou à des plaintes d'odeurs et, dans certains cas, à une défaillance de réseau encore plus dramatique qui entraîne l'effondrement de la chaussée, endommagement d'autres services publics et cause une inondation. La présente règle de l'art propose une approche systématique et proactive de l'examen et de l'évaluation d'un réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées; l'approche en question prévoit le recours à un programme d'entretien et de renouvellement pour régler les problèmes du réseau avant qu'ils ne deviennent des défaillances.

La méthodologie pertinente est présentée sous forme de cinq tâches distinctes mais interdépendantes, dont on trouvera la description ci-dessous :

TÂCHE 1 – INVENTAIRE

Il faut dresser l'inventaire détaillé des attributs du réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées. Les lignes directrices relatives à la tâche sont présentées dans la règle de l'art intitulée *Règles de l'art relatives aux données sur les services publics* (InfraGuide, 2003b). Les attributs doivent inclure l'information sur l'emplacement, les dimensions physiques, les zones connexes d'utilisation du sol, les conditions d'exploitation, et les données opérationnelles pertinentes. Il faut prévoir des procédures qui feront en sorte que l'inventaire sera continuellement mis à jour.

TÂCHE 2 – AUSCULTATION

L'accès à de l'information exacte, fiable et à jour sur les conditions d'exploitation du réseau constitue la clé de l'examen et de l'évaluation d'un réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées. Il faut élaborer un programme d'inspection qui sera fondé sur un examen préliminaire et permettra d'obtenir des détails sur les conditions matérielles du réseau et les conditions de son exploitation, en ciblant les secteurs critiques. Les inspections peuvent se faire au moyen de méthodes visuelles, géométriques, mécaniques ou géophysiques.

TÂCHE 3 – ÉVALUATION DE L'ÉTAT

Une fois les conclusions de l'auscultation en place, on peut évaluer chaque réseau en fonction de :

- son intégrité structurale (état physique),
- son intégrité fonctionnelle (condition opérationnelle), et de
- sa conformité hydraulique (capacité).

L'évaluation doit permettre d'obtenir une notation d'état normalisée, ce qui permettra de comparer quantitativement divers tronçons du réseau et de suivre la détérioration de chaque tronçon avec le temps. Il existe un certain nombre de manuels et de guides dans lesquels on propose des systèmes de notation de l'état d'un réseau d'égout. Ces systèmes peuvent être utilisés en l'état ou modifiés et adaptés de manière à convenir de façon plus précise à la situation et aux besoins de chaque municipalité.

TÂCHE 4 – ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

Après avoir effectué l'évaluation de l'état, on doit évaluer le comportement du réseau en comparant le comportement réel au comportement requis. Il est possible d'élaborer des critères de comportement en rapport avec le niveau de service, en prenant en compte des paramètres environnementaux et économiques ainsi que des paramètres de santé et de sécurité. L'évaluation du comportement permet de noter les égouts et de fixer les priorités relatives aux endroits où exécuter un plan de renouvellement; elle permet également de déterminer les techniques qu'il est possible d'utiliser dans chaque cas. On peut trouver des renseignements supplémentaires sur la tâche dans la règle de l'art intitulée *Choix de techniques de réhabilitation ou de remplacement de conduites d'égout* (InfraGuide, 2003c).

TÂCHE 5 – PLAN DE RÉHABILITATION OU DE REMPLACEMENT

Après avoir déterminé et priorisé d'après certaines conditions physiques, fonctionnelles et hydrauliques, les éléments du réseau qui doivent être renouvelés, on doit élaborer un plan de renouvellement (réhabilitation ou remplacement) à long terme. Le plan doit aborder les impacts socio-économiques, les risques d'inondation, les besoins de croissance, l'évolution de la réglementation et des politiques, de même que les exigences techniques se rapportant au renouvellement d'un tronçon du réseau. Il est possible d'intégrer les synergies avec les autres infrastructures linéaires (les routes et les conduites d'eau, par exemple) à ce stade (voir la règle de l'art intitulée *Coordination des travaux d'infrastructures*, InfraGuide, 2003d). En plus des travaux de réhabilitation ou de remplacement de canalisations d'égout, le plan recommandé peut inclure des programmes de surveillance et d'inspection continues, de même que des examens détaillés des infrastructures dans les secteurs critiques. Les autres décideurs doivent être informés des résultats au moyen de rapports périodiques faisant le point sur la valeur de l'actif, l'état du réseau, le coût des réparations d'urgence et les niveaux de réinvestissement dans des programmes de renouvellement proactifs.

1. GÉNÉRALITÉS

1.1 INTRODUCTION

Les infrastructures municipales constituent l'armature de l'entreprise municipale tout entière, du développement communautaire à la croissance économique. Pour soutenir la vie de la collectivité, il est essentiel de bien connaître les réseaux existants de façon à pouvoir les exploiter, les entretenir et les agrandir efficacement. Cela est particulièrement vrai de nos jours alors que les ressources, tant humaines que financières, sont limitées.

La première étape de la gestion des infrastructures municipales consiste à dresser un inventaire et à déterminer l'état actuel des infrastructures. Les gestionnaires municipaux et ceux des entreprises de service public obtiennent ainsi l'information dont ils ont besoin pour gérer, exploiter et entretenir les infrastructures de façon proactive. L'inventaire leur permet d'informer les autres décideurs de l'importance d'investir dans les réseaux. Il sert également de fondement à la détermination de l'ampleur de l'engagement financier requis pour élaborer un plan de réhabilitation ou de remplacement convenable. Le présent document donne un aperçu de la règle de l'art relative à l'examen et à l'évaluation d'un réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées.

En 2001, dans le cadre d'une enquête sur les pratiques courantes en usage dans plus de 150 municipalités canadiennes, on a exploré les méthodes utilisées pour inspecter, examiner et évaluer les réseaux de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées. L'enquête a révélé qu'il existait un écart relativement important entre les pratiques d'examen les plus évoluées en usage dans la gestion des eaux usées. Un pourcentage considérable des municipalités qui ont participé à l'enquête n'exercent aucune activité de diagnostic et 15 p. 100 des répondantes ne stockaient même pas les données sur leurs réseaux.

Les réseaux de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées revêtent une importance cruciale pour le soutien des objectifs environnementaux et économiques, et des objectifs de santé et de sécurité publiques de la collectivité. Ces réseaux représentent environ la moitié de l'investissement fait par la collectivité dans les infrastructures municipales. Malgré cette importance, leur nature robuste (les égouts bien construits ont une vie utile de plusieurs décennies), cachée (ils sont enfouis) et passive (ils fonctionnent avec peu ou pas d'interaction avec les clients) fait souvent qu'ils sont négligés. Il est essentiel de réinvestir systématiquement dans ces infrastructures pour en préserver la fonctionnalité et satisfaire des besoins qui évoluent à mesure que la collectivité croît et mûrit.

1.2 OBJET ET PORTÉE

La présente règle de l'art porte surtout sur les activités et les tâches de gestion des infrastructures dans le contexte des réseaux de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées. Les activités qui permettent d'intégrer ces travaux avec ceux qui ont rapport avec les autres infrastructures municipales (voirie et eau potable) sont incluses dans une règle de l'art intitulée *Approche intégrée de l'examen et de l'évaluation des réseaux municipaux de voirie, d'égout et d'eau potable* (InfraGuide, 2003a). La règle de l'art se présente sous la forme de l'approche en cinq étapes couramment utilisée en gestion des infrastructures : l'inventaire, l'examen, l'estimation de l'état, l'évaluation du comportement, et le plan de réhabilitation ou de remplacement.

1.3 MODE D'UTILISATION DU DOCUMENT

Dans la section 2, on mentionne le contexte relatif au besoin pour la présente règle de l'art, de même que certains des avantages et des risques liés à la mise en pratique de la règle. Dans la section 3, on développe le processus en cinq étapes présenté dans la règle intitulée *Approche intégrée de l'examen et de l'évaluation des réseaux municipaux de voirie, d'égout et d'eau potable* (InfraGuide, 2003a), en définissant les éléments propres à l'examen et à l'évaluation des réseaux de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées. Dans la section 4, on présente certains des cas d'utilisation et des limitations de la présente règle de l'art. Dans la section 5, on décrit les mesures qui peuvent servir à évaluer l'efficacité de la règle. On a également inclus quatre annexes qui offrent des recommandations et mentionnent certains documents de référence supplémentaires destinés à faciliter l'élaboration d'un plan de gestion des infrastructures de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées.

1.4 GLOSSAIRE

Auscultation — Toutes les activités liées à la collecte d'information sur le réseau ou un de ses éléments constitutants, soit prévues d'avance, soit exécutées selon les besoins (plaintes, observations, inspections).

Canalisation critique — Canalisation de réseau dont le risque de défaillance est le moins acceptable.

Conformité hydraulique – Capacité de la canalisation d'acheminer les débits existants ou prévus.

Eau parasite — Eau étrangère pénétrant dans un réseau de collecte d'eaux usées au niveau des regards, par les raccordements de drains agricoles ou de descentes pluviales, ou par les joints ou les fissures dans les conduites.

Évaluation — Procédé utilisé (après achèvement de l'examen) pour déterminer les mesures correctives nécessaires à l'amélioration de l'état ou de la performance d'un élément de réseau au meilleur rapport qualité-prix pour la collectivité.

Examen — Procédé utilisé pour décrire l'état ou le comportement d'un élément de réseau.

Gestionnaire municipal — Tout employé du secteur public ou privé travaillant au niveau technique ou administratif pour une municipalité ou une entreprise de service public, soit directement, soit à titre de consultant (également appelé « décideur »).

Grand collecteur — Collecteur principal ordinairement utilisé pour intercepter les égouts ordinaires ainsi que pour recevoir et transporter les eaux d'égout à quelques places centrales, telles qu'une station d'épuration ou un point d'évacuation sur la berge d'une rivière.

Inspection — Auscultation de courte durée ou à petite échelle.

Intégrité fonctionnelle — Aptitude de la canalisation à acheminer les débits sur une base opérationnelle. Les défauts sont habituellement corrigés dans le cadre d'activités opérationnelles ou d'entretien.

Intégrité structurale — Aptitude de la canalisation à maintenir sa section pendant le reste de sa vie utile. Les défauts sont habituellement corrigés au moyen d'une méthode de construction qui prévoit l'introduction de nouveaux matériaux.

Lien — Tronçon d'égout entre deux nœuds adjacents.

Lien stratégique — Tronçon d'égout dont la défaillance comporte des conséquences importantes, tel qu'un grand collecteur, un passage de cours d'eau ou un égout situé dans l'emprise d'une artère de circulation (également appelé « canalisation critique »).

Nœud — Regard ou endroit où se trouve la jonction de deux tronçons d'égout ou plus.

Regard — Élément d'un réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées qui permet d'accéder à une conduite enfouie (également appelé « ouvrage d'accès, trou d'accès ou cheminée de visite »).

Réhabilitation — Amélioration de l'état ou de la performance d'un élément d'actif en vue d'en prolonger la vie utile.

Remplacement — Remplacement d'un élément d'actif qui a atteint la fin de sa vie utile.

Renouvellement — Rétablissement ou amélioration de l'état ou de la capacité d'un élément d'actif par réhabilitation ou remplacement/reconstruction en vue de respecter les objectifs en matière d'intégrité structurale, d'intégrité fonctionnelle et de conformité hydraulique.

Secteur — Région, district, zone ou quartier se rapportant à tout attribut susceptible d'aider à déterminer les caractéristiques précises d'un réseau (conditions de sol, matériau des conduites, âge des conduites, mode de construction, etc.).

Secteur critique — Secteur dans lequel soit que les canalisations d'égout pluvial ou d'égout sanitaire sont d'importance stratégique, soit qu'elles présentent un taux de défaillance élevé.

2. JUSTIFICATION

2.1 CONTEXTE

La majorité des réseaux de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées sont constitués de canalisations qui collectent les eaux pluviales ou les eaux usées et les acheminent de leur point d'entrée à leur destination (exutoire d'eaux pluviales ou installation d'épuration d'eaux usées) par écoulement gravitaire. Il est possible d'exploiter un réseau gravitaire de collecte d'eaux usées bien conçu avec un minimum d'entretien, puisque, durant les périodes quotidiennes de débit de pointe, le courant d'eau est assez violent pour évacuer les dépôts de sédiments. Cela crée souvent une situation qui permet de dire « loin des yeux, loin du cœur ». Les réseaux gravitaires peuvent par conséquent fonctionner longtemps dans des circonstances qui sont loin d'être idéales avant que des problèmes se manifestent. Il se peut que les problèmes relatifs à l'état structural ou à la performance hydraulique ne soient pas évidents pendant quelque temps après avoir eu lieu et qu'ils se manifestent par des interruptions de service, l'effondrement de la chaussée ou une inondation.

Les mauvaises pratiques de mise en place et des difficultés de l'état du sol peuvent entraîner à la fois des problèmes d'état structural et des problèmes de capacité hydraulique. Parmi les premiers, on peut retrouver une canalisation fissurée, brisée ou écrasée, ce qui risque de mener à la défaillance de la chaussée ou à des problèmes d'inondation. Les problèmes hydrauliques peuvent être dus à une réduction de capacité causée par une perte de section, une inversion de la pente ou un affaissement de la canalisation. Cela peut être causé par l'écrasement partiel de la canalisation, l'intrusion de racines, l'accumulation de débris, l'affaissement de la canalisation, etc. L'eau parasitaire peut elle aussi avoir une incidence sur la capacité de la canalisation. Tout ce qui précède augmente les risques d'inondation.

2.2 AVANTAGES

Il faut examiner et évaluer les réseaux de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées pour être en mesure de les exploiter continuellement de manière efficace. Un examen et une évaluation proactifs peuvent servir à créer des programmes d'entretien et de renouvellement qui maximiseront la durée de vie utile des éléments du réseau.

Il est avantageux de bien comprendre les conditions d'exploitation d'un réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées. Cette connaissance permet :

- d'aider à protéger la santé publique;
- de réduire le risque d'inondation d'une propriété privée ou publique;
- de soutenir le développement économique;
- de faire preuve de diligence raisonnable;
- de faciliter les programmes de gestion de l'actif;

- de contribuer des données à l'analyse du risque;
- de tenir à jour l'inventaire de l'état du réseau;
- d'améliorer la planification des programmes d'entretien ou d'immobilisations;
- de contribuer aux normes de conception et aux devis de construction;
- de minimiser les risques d'une défaillance catastrophique;
- de maximiser la durée de vie prévue du réseau;
- de déterminer les besoins urgents de réparation ou de réhabilitation/remplacement;
- de faciliter la planification stratégique et la rentabilité des inspections;
- de maximiser la durée utile prévue du réseau en corrigeant les problèmes au moment où la mesure est la plus rentable.
- de faciliter la gestion des risques associés aux canalisations critiques.
- d'améliorer la planification de l'actif et la priorisation des canalisations non critiques; et

2.3 RISQUES

La liste qui suit résume certains des risques liés au fait de ne pas se conformer à la présente règle de l'art.

- Coûts environnementaux possibles liés aux débordements d'eaux usées ou aux inondations;
- Problèmes de responsabilité civile possibles;
- Il se peut qu'on doive exécuter plus souvent des réparations d'urgence, ce qui aura une incidence sur le budget d'exploitation.
- Certaines occasions d'offrir le niveau de service prévu tout en réduisant les dépenses d'immobilisations seront manquées.
- Les programmes de renouvellement risquent de manquer les tronçons qui ont le plus besoin de modernisation;
- Les programmes de renouvellement risquent d'être moins rentables, puisque le remplacement d'une canalisation en état de défaillance coûte beaucoup plus cher que la réhabilitation d'une canalisation fortement endommagée; et
- Les activités d'exploitation et d'entretien risquent de ne pas porter surtout sur les zones les plus critiques;

3. DESCRIPTION DU TRAVAIL

Pour maintenir un niveau de service acceptable, les municipalités doivent investir dans leur actif et le gérer sagement. Pour ce faire, elles doivent connaître :

- Ce qu'elles possèdent.
- L'emplacement des éléments d'actif.
- L'état des éléments en question.
- Les besoins.

Les activités d'inspection, d'examen et d'évaluation propres aux réseaux de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées sont décrites étape par étape dans les prochains articles. Les activités qui permettent d'intégrer ce travail avec celui relatif aux autres infrastructures municipales sont traitées dans une règle de l'art intitulée *Approche intégrée de l'examen et de l'évaluation des réseaux municipaux de voirie, d'égout et d'eau potable* (Guide national, 2003a).

L'exécution des diverses tâches permet d'obtenir une évaluation complète du ou des réseaux de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées. La description de toutes les activités requises qui sont mentionnées dans les tâches suppose qu'aucun travail n'a jamais été effectué. Selon les dossiers disponibles, le travail déjà effectué, les connaissances du personnel et les objectifs de l'évaluation en cours, ce ne sont pas tous les projets qui exigent l'exécution de la totalité des cinq étapes.

3.1 TÂCHE 1 – INVENTAIRE

La première tâche consiste à recueillir et à classer toute l'information disponible ainsi qu'à gérer et à stocker les données résultantes de manière qu'elles soient facilement accessibles et faciles à extraire.

3.1.1 COLLECTE ET STOCKAGE DES DONNÉES

L'exploitation rentable d'un réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées est tributaire d'une bonne compréhension des conditions d'exploitation propres à chaque réseau. Pour qu'il soit facile de comprendre ces conditions, il faut une connaissance approfondie du réseau. Pour acquérir cette connaissance, il faut donc dresser l'inventaire complet des attributs pertinents. L'inventaire peut être créé sous forme de base de données autonome ou conjointement avec un système d'information géographique (SIG) ou un système de dessin assisté par ordinateur (DAO). Il existe plusieurs systèmes qui peuvent aider à exécuter les activités en question (voir l'article 4.2).

La création, le chargement et la tenue à jour des bases de données d'inventaire relatives aux infrastructures municipales sont traités dans la règle de l'art intitulée *Règles de l'art relatives aux données sur les services publics* (InfraGuide, 2003a).

Parmi les sources de données d'inventaire, mentionnons :

- les plans d'inventaire de réseaux,
- les dessins conformes à l'exécution,
- les rapports existants,
- les rapports d'inspection,
- les rapports d'exploitation et d'entretien,
- les rapports de réhabilitation ou de remplacement,
- les registres de plaintes.

Les renseignements de toutes sortes (descriptifs, opérationnels, etc.) sont vitaux pour l'analyse. Ils informent l'utilisateur des détails des caractéristiques sous-jacentes du réseau et de ses éléments, des contraintes et des événements auxquels le réseau aura à faire face tout au long de son cycle de vie, et des besoins de service en constante évolution auxquels il devra impérativement réagir. Pour être utiles à long terme et faire en sorte que la planification des interventions soit efficiente et efficace, les données doivent être stockées de manière à être faciles à extraire et à pouvoir être mises à jour de façon continue.

3.1.2 INVENTAIRE DES DONNÉES

L'information qui doit être incluse dans l'inventaire des données peut être subdivisée comme suit :

- attributs du réseau (données physiques);
- données opérationnelles (y compris les données de pluviosité); et
- données sur l'utilisation du sol et l'environnement.

La liste des éléments de données qui doivent être inclus dans l'inventaire du réseau se trouve à l'annexe A.

Attributs du réseau (données physiques)

Il faut connaître les attributs physiques du réseau d'égout pour effectuer l'examen ou l'évaluation complet du réseau. Les données physiques constituent le fondement d'une sélection préliminaire qui permet de déterminer ce qui pourrait être requis dans le cadre des étapes subséquentes.

On peut généralement trouver les données physiques dans les archives du service de l'Ingénierie ou des Travaux publics, ou dans les archives municipales. Dans le cas d'une petite municipalité, il est possible d'obtenir certains détails du personnel responsable de l'entretien des infrastructures. Dans le cas où les données n'ont pas encore été compilées à l'aide d'un outil de gestion approprié, il est très important de recueillir l'information rapidement pour s'assurer qu'elle n'est ni perdue ni détruite.

Les données physiques relatives à chaque canalisation, telles que le radier, l'élévation au niveau des regards, le type de remblai, le niveau de la nappe phréatique, l'information topographique, l'emplacement et la capacité des postes de pompage, les accessoires existants et la direction de l'écoulement, fournissent toutes des renseignements utiles à l'examen et à l'évaluation des conditions structurales ou fonctionnelles présentes dans le réseau. Les renseignements tels que la classification de la route (au-dessus de l'égout), le volume de circulation, les conditions de sol, la profondeur d'enfouissement, le zonage et les répercussions socio-économiques prévues de toute perturbation du service sont des données utiles pour le repérage des secteurs critiques.

Données opérationnelles

Parmi les données opérationnelles, on retrouve l'état structural (physique), l'état fonctionnel (de fonctionnement) et la conformité hydraulique (capacité) de chaque tronçon de canalisation. Les données opérationnelles incluent les défauts détectés et les observations faites par les employés municipaux, les plaintes du public, les résultats des programmes de surveillance du débit et des programmes de contrôle de l'eau parasitaire, les niveaux de la nappe aquifère et les conditions des sols, les inspections d'état, le fonctionnement des postes de pompage, les dossiers de surcharge ou d'inondation et les précipitations enregistrées. Cette information relative à la structure, au fonctionnement et à la capacité complète les données ou les attributs de base des divers éléments du réseau.

Parmi les conditions structurales, on retrouve les réparations (nombre, type et emplacements) de canalisations et les autres défauts physiques observés dans la conduite. Les données sur l'état fonctionnel incluent les possibilités d'inondation ou de surcharge à cause de la présence de racines, de dépôts dans la canalisation, de branchements pénétrants ou des autres conditions présentes dans la canalisation et qui en modifient le fonctionnement. Il est également important d'inclure les données fonctionnelles, notamment les observations faites par les employés et les plaintes des utilisateurs, dans la base de données du réseau; il peut s'agir des débordements d'égout sanitaire, des surcharges et des plaintes d'odeur, qui sont souvent les premiers indices de problèmes existants ou à venir. Les données de capacité peuvent consister en des observations générales liées au dimensionnement du réseau. Les données opérationnelles de ce genre incluent les résultats des programmes de surveillance permanente ou périodique du débit, les observations concernant la hauteur des surcharges en cas d'orage, les résultats des recherches d'eau parasitaire et les enregistrements d'inondations.

Il est important d'enregistrer toute date à laquelle on a constaté une défektivité concernant la structure, le fonctionnement ou la capacité. Les interventions effectuées en réaction aux plaintes sont des sources supplémentaires d'information au sujet des conditions réelles de la canalisation visitée et elles doivent être incluses dans la base de données. Ces éléments de données sont nécessaires aux examens systématiques visant à repérer les secteurs critiques du réseau.

Données sur l'utilisation du sol et l'environnement

Il s'agit ici de détails à la fois quantitatifs et non techniques liés à des segments déterminés de canalisation, de même qu'à des réseaux de collecte ou à des parties de ces réseaux, qui constituent le fondement de la conception initiale. Cette information est également nécessaire lorsqu'on examine un réseau en vue de déterminer si l'égout respecte les objectifs prévus à l'origine ou si les critères de dimensionnement ont changé entre-temps. Ceux-ci incluent l'utilisation du sol, la zone desservie, la population contributive, etc.

Les données sur l'environnement sont elles aussi importantes lorsqu'on procède à l'examen d'un réseau de collecte. Bon nombre de ces facteurs sont nécessaires lorsqu'on crée un modèle informatique servant à évaluer la conformité hydraulique d'un réseau. Ils peuvent également être précieux lorsqu'on prépare un plan de renouvellement.

3.2 TÂCHE 2 – AUSCULTATION

La gestion des infrastructures doit inclure un programme d'inspection annuelle et une procédure d'inspection opportuniste dans le cas de tous les projets d'entretien ou de rénovation. Les collectivités qui possèdent de grands réseaux ont habituellement un programme permanent qui permet de procéder à l'inspection complète des réseaux au cours de plusieurs décennies (voir l'IRC, 2001). Un modèle intégré de programmation des inspections initiales et subséquentes a été mis au point par Baur et Herz (2002). Les étapes de la tâche décrivent l'élaboration d'un programme d'auscultation servant à collecter des données tirées des activités opérationnelles et des auscultations périodiques ou ponctuelles.

3.2.1 SECTEURS CRITIQUES

Chaque canalisation d'un réseau de collecte doit être inspectée périodiquement. L'intervalle entre les inspections peut être important dans le cas des canalisations en bon état ou non critiques. Les canalisations critiques et celles présentant des déficiences structurales ou hydrauliques connues doivent être inspectées plus souvent. La fréquence des inspections doit être déterminée par des spécialistes compétents et chevronnés. Il est possible de définir les canalisations critiques (ou les liens stratégiques) au moyen de critères tels que la classification de la route (au-dessus de l'égout), les conditions de sol, la profondeur d'enfouissement, les possibilités que les réparations soient très coûteuses et les répercussions socio-économiques. Parmi les canalisations critiques, on retrouve les grands collecteurs, les conduites de refoulement et les autres canalisations dont la défaillance pour quelque raison que ce soit aurait une incidence majeure sur le réseau et la collectivité. Un secteur peut également être considéré critique lorsque l'utilisation du sol est stratégiquement importante ou que les conditions qui prévalent permettent de prévoir un taux de défaillance élevé.

3.2.2 EXAMEN PRÉLIMINAIRE

Une fois que les secteurs critiques et les liens stratégiques ont été déterminés, que des données supplémentaires ont été collectées et que toute l'information a été compilée dans une base de données, l'étape suivante consiste à procéder à l'examen préliminaire du ou des réseaux. Au moment du premier examen préliminaire, on doit examiner à la fois la conformité structurale et la conformité fonctionnelle du réseau. L'examen préliminaire permet de définir l'information supplémentaire requise et les auscultations précises qu'on devra effectuer pour obtenir les renseignements manquants. La surveillance des débits, la détermination des sources d'eau parasitaire, les inspections ordinaires ou sur place au moyen d'un système de télévision en circuit fermé, etc., sont des exemples de programmes supplémentaires qui pourraient s'avérer nécessaires. (Voir l'Annexe B)

L'examen préliminaire aide le gestionnaire à déterminer la meilleure marche à suivre. L'évaluation du risque est la première activité qu'on doit exercer en tenant compte de divers aspects, tels que le coût, la sécurité et le comportement (p. ex., a-t-on besoin d'investir des ressources financières pour améliorer la connaissance du réseau afin de préparer un plan de gestion à long terme? Les coûts et les problèmes liés au fait de ne rien faire sont-ils plus importants que les coûts liés à une intervention?).

Les auscultations servant à obtenir des renseignements plus détaillés entrent dans deux catégories : les auscultations fonctionnelles et les auscultations structurales. Les premières consistent à examiner la possibilité de maintenir le comportement hydraulique ou environnemental du réseau, tandis que les secondes portent sur l'état physique du réseau.

La décision de procéder à une auscultation plus poussée repose sur des facteurs techniques, financiers et de risque. Les canalisations dont la pose est récente et qui ne présentent aucun signe de détérioration n'ont pas besoin d'être inspectées de façon aussi urgente que les vieilles canalisations qui se sont brisées plusieurs fois au cours des années. Les canalisations situées dans les secteurs critiques doivent faire l'objet d'une auscultation fonctionnelle à intervalles plus rapprochés que les canalisations similaires qui se trouvent dans des zones non critiques. Il se peut que les canalisations situées dans les secteurs critiques définis par les inondations, les ruptures, le matériau des tuyaux et les plaintes d'odeur doivent elles aussi être auscultées soigneusement à court terme.

À la fin de la présente étape, les gestionnaires municipaux doivent avoir un portrait détaillé des zones dans lesquelles une auscultation est la plus nécessaire et de ce qui doit être ausculté à ces endroits.

3.2.3 PRÉPARATION D'UN PROGRAMME D'INSPECTION

Une fois qu'on a déterminé la nature de l'information supplémentaire requise, on peut choisir la méthodologie qui permettra d'obtenir les données. Cela fait

habituellement référence directement à l'utilisation d'un type particulier de matériel ou de technologie, tel que les appareils de surveillance du débit, les inspections au moyen d'un système de télévision en circuit fermé, etc. L'étape vise la collecte de données plus précises sur l'état de certains secteurs du réseau. À cette fin, on peut utiliser des techniques de surveillance électroniques ou manuelles, ou des inspections effectuées de façon permanente ou selon les besoins.

Il existe un certain nombre de méthodes qui permettent de déterminer les conditions qui prévalent dans un tronçon de canalisation. On peut utiliser des méthodes visuelles, géométriques, mécaniques ou géophysiques pour effectuer les inspections, selon l'information à recueillir et les conditions qui prévalent dans la ou les canalisations à inspecter (Annexe B). Ce sont les données à collecter, la configuration du réseau, les conditions propres à l'emplacement et certains autres facteurs qui dictent la meilleure technologie à utiliser pour que les inspections soient efficaces. Dans certains cas, il peut être souhaitable d'utiliser plusieurs de ces méthodes pour obtenir les renseignements désirés. Le choix de la technique d'inspection peut aussi être déterminé par les méthodes qui sont disponibles localement. À ce jour, la majorité des inspections d'égout se font toujours à l'aide d'un système de télévision en circuit fermé. Les inspections doivent également avoir lieu au bon moment (saison, heure de la journée) pour qu'il soit possible de maximiser la valeur de l'information recueillie; on doit aussi respecter la réglementation locale et provinciale en matière de sécurité.

À ce moment-ci, après avoir déterminé les secteurs critiques et les techniques qui doivent servir à obtenir l'information nécessaire, il est possible de produire un calendrier qui permettra d'optimiser la mobilisation des ressources municipales et celles des entrepreneurs en tenant compte des besoins d'information et de l'urgence connexe.

En prolongeant le processus d'établissement d'un calendrier de manière à englober une période de plusieurs années, les gestionnaires municipaux peuvent produire un programme d'inspection complet et bien structuré. Le programme doit interagir avec les campagnes d'inspection régulière ou irrégulière de manière à cibler les tronçons appropriés du réseau au bon moment.

3.2.4 INSPECTION

Une fois qu'on a créé le programme d'auscultation et défini la ou les méthodes d'examen, il est temps d'effectuer l'inspection réelle. Selon certains facteurs, tels que le niveau d'expertise et de matériel requis, les inspections peuvent être effectuées par le personnel interne ou une firme spécialisée.

Pour que les résultats obtenus au moyen de ces inspections soient uniformes et comparables d'une organisation à une autre, il est recommandé que tous les exécutants ou les techniciens en cause reçoivent une formation appropriée en techniques et en sécurité. De nombreux groupes spécialisés offrent divers programmes de formation. En outre, il est facile de se procurer certains

documents servant à normaliser les observations faites durant les inspections par télévision en circuit fermé. Dans le cas des autres techniques ou technologies pour lesquelles il n'existe que peu ou pas de documents ou de groupes de référence, il est suggéré d'encourager l'élaboration d'un programme de formation spécialisée en bonne et due forme pour s'assurer que les services fournis par les firmes sont de grande qualité et facilitent la tâche des gestionnaires municipaux en ce qui a trait à la compréhension et à l'interprétation des données.

Après l'auscultation, il est important que les données collectées soient présentées dans des formats compatibles avec les outils de gestion existants de la municipalité ou de la firme pour laquelle les inspections ont été effectuées et que les données résultantes soient documentées et stockées convenablement dans un système de gestion.

3.2.5 MISE À JOUR DES DONNÉES

Lorsque les inspections sont terminées et que les constatations ont été préparées, il faut mettre l'inventaire des données à jour. Les données doivent être mises à jour automatiquement chaque fois qu'on recueille de nouveaux renseignements. Il est important d'entrer les constatations faites dans le cadre d'une inspection comme nouvelles entrées, y compris la date de l'inspection, et de ne pas écraser l'information précédente. Cela permet de suivre la détérioration au cours du temps, ce qui pourra mener au tracé de courbes de détérioration. Il est essentiel pour la réussite de la gestion à long terme des réseaux de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées de préserver la connaissance des observations, des activités d'entretien et des travaux de réhabilitation.

3.3 TÂCHE 3 – ÉVALUATION DE L'ÉTAT

L'évaluation de l'état d'un réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées doit porter surtout sur les trois points suivants :

- Intégrité structurale (état physique);
- Intégrité fonctionnelle (état de fonctionnement); et
- Conformité hydraulique (capacité).

Pour déterminer l'état d'une canalisation d'égout, il faut un jugement sûr et de l'expérience. Comme il est pratiquement impossible de prédire le moment précis auquel une canalisation défailira ou s'écrasera, il est possible de noter l'état du réseau en le catégorisant à l'aide de différents niveaux de détérioration (ou de risque) et d'obtenir une base relative à la réhabilitation ou une référence pour d'autres évaluations du comportement.

Il existe de nos jours un certain nombre de systèmes de notation de l'état d'un égout. Le Water Research Centre (WRC), la Water Environment Federation (WEF)/American Society of Civil Engineers (ASCE) et le Conseil national de recherches du Canada ont tous publié un manuel ou des lignes directrices en rapport avec l'examen et l'évaluation des réseaux d'égout (voir la section 4.2). On peut utiliser la version standard ou personnalisée et adapter les systèmes aux

besoins précis de chaque municipalité ou entreprise de service public. Parmi les manuels et les lignes directrices qu'on peut se procurer, mentionnons ce qui suit :

- Manual of Sewer Condition Classification, WRC; 2001.
- Guide pour l'évaluation de l'état et la réhabilitation des égouts collecteurs, IRC; 2001.
- Manuel de standardisation des observations-inspections télévisées de conduites d'égout, CERIU; 1997.
- Existing Sewer Evaluation & Rehabilitation, ASCE; 1994.
- Manhole Inspection & Rehabilitation, ASCE; 1997.

De nombreuses municipalités ont adapté ces lignes directrices à leurs besoins. Les villes d'Edmonton, de Lethbridge et de Nepean ont toutes mis au point un système de notation de l'état d'un égout.

3.3.1 INTÉGRITÉ STRUCTURALE

Les défauts structuraux sont notés soit au moyen d'observations (voir la tâche 1), soit au moyen d'auscultations plus poussées (voir la tâche 2). Ils exigent habituellement un certain type de réhabilitation, tandis que les défauts de fonctionnement exigent une forme quelconque d'entretien.

Les défauts structuraux types des différents types de canalisation, d'égout en brique et de regard sont mentionnés à l'annexe C. Dans la plupart des manuels mentionnés plus haut, tous ces défauts sont définis et codés, en même temps que le niveau correspondant de détérioration (légère, moyenne, importante ou légère, modérée, grave, etc.). Une fois la codification terminée, on attribue à chaque défaut un poids qui dépend de la gravité et du degré de risque pour l'intégrité structurale de la canalisation. Alliés à la notation des répercussions d'une défaillance, les poids sont convertis en une notation de l'état de la canalisation. Celle-ci aide les gestionnaires municipaux à prioriser les activités futures d'inspection, de réparation ou de réhabilitation.

Des tableaux tirés du guide de l'IRC du CNRC et indiquant les défauts structuraux accompagnés des codes et des poids correspondants dans le cas des canalisations et de regards sont inclus à l'annexe D. On peut trouver des tableaux semblables de notations structurales de regards et de notations de débits d'eau parasite dans le chapitre 5 du *Manhole Inspection and Rehabilitation* de l'ASCE; 1997.

3.3.2 INTÉGRITÉ FONCTIONNELLE

L'intégrité fonctionnelle est liée surtout à l'état de fonctionnement de la canalisation. La correction des défauts de fonctionnement requiert habituellement des travaux d'entretien sous une forme ou une autre. Ceux-ci sont habituellement moins coûteux que des travaux de réhabilitation. Bien que bon nombre des

défauts structuraux puissent avoir une incidence sur la fonctionnalité d'une canalisation, certains défauts non structuraux (c.-à-d. les blocages) ont des répercussions plus importantes sur le rendement hydraulique des canalisations. Les défauts de fonctionnement types sont eux aussi mentionnés dans l'annexe C.

3.3.3 CONFORMITÉ HYDRAULIQUE

On peut utiliser plusieurs méthodes pour évaluer l'état hydraulique d'un réseau d'égout pluvial ou d'égout sanitaire. On utilise couramment les deux méthodes suivantes :

- **Le facteur de charge théorique (FCT)** est le rapport entre le débit de pointe et la capacité de la canalisation. La mesure ne permet pas de prédire l'endroit où une inondation aura lieu, mais elle donne tout de même une première indication du sous-dimensionnement de certains tronçons d'égout. Quand on procède à une analyse détaillée, on doit utiliser les vrais débits de pointe modélisés.
- **La ligne piézométrique (LP)** ou le **profil hydraulique (PH)** sert à déterminer les endroits dans le réseau où les restrictions sont les plus importantes et où le niveau de l'eau en cas de surcharge risque d'atteindre le niveau des sous-sols ou celui du sol, ce qui indique un risque élevé d'inondation. La LP requiert l'utilisation d'un modèle hydraulique, de même que des études de surveillance du débit qui servent à étalonner et à vérifier le modèle.

Il est recommandé d'utiliser les deux mesures dans le cas d'une évaluation hydraulique, puisque les restrictions dans le réseau sont déterminées par le facteur de charge, tandis que la gravité des restrictions peut être déterminée à partir de la ligne piézométrique. En plus de cibler les secteurs problèmes, le modèle hydraulique permet de comprendre le comportement hydraulique du réseau et les facteurs qui contribuent aux défaillances hydrauliques. En outre, le modèle peut également être utilisé dans la tâche 4 (Évaluation du comportement) pour comparer le niveau de service existant aux critères de comportement prescrits dans les normes et les règlements. Plusieurs modèles sont disponibles dans le commerce. Il est recommandé à la municipalité de confier à des professionnels chevronnés le choix et l'application d'un modèle approprié à sa propre situation.

Création d'un modèle hydraulique

Un modèle hydraulique théorique bien construit permet à l'utilisateur d'obtenir le portrait exact de la réaction du réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées à diverses conceptions ou conditions de fonctionnement historiques. Celles-ci peuvent inclure les débits d'étiage et les débits de temps de pluie relatifs à des événements pluvio-hydrologiques, historiques ou synthétiques, choisis. Un modèle hydraulique permet à l'utilisateur :

- De comprendre les contraintes de fonctionnement du réseau;
- De déterminer le niveau de service existant;
- De comparer le niveau actuel au niveau requis de comportement du réseau; et
- D'évaluer les répercussions sur l'agrandissement du réseau de travaux proposés de modernisation, de réhabilitation ou de remplacement.

Parmi les renseignements sur le réseau dont on a besoin pour construire un modèle théorique, on retrouve ce qui suit :

- Diamètre des canalisations
- Longueur des canalisations
- Coefficient de rugosité des canalisations
- Élévation des radiers
- Élévation des bords de regard
- Caractéristiques du matériel (robinets, poste de pompage, etc.)
- Débits
- Données de pluviosité
- Connectivité
- Limites des bassins d'alimentation
- Pourcentages de surface imperméable et de surface perméable
- Type de sols
- Composants de l'eau parasite
- Pente du sol
- Taux de percolation

Étalonnage et vérification du modèle

Il est essentiel d'étalonner et de vérifier le modèle pour obtenir la certitude que les résultats de la simulation donneront une représentation fidèle de la réaction du réseau dans diverses conditions de fonctionnement. L'étalonnage nécessite l'utilisation de données contrôlées de pluviosité, de débit et de niveau d'eau provenant d'un orage historique ou plus pour établir les paramètres du modèle. Lorsque les résultats correspondent ou ressemblent aux données mesurées, on considère que le modèle est étalonné. La vérification nécessite l'utilisation de données provenant de plusieurs autres orages historiques pour prouver la validité des paramètres établis. Pour que l'étalonnage et la vérification soient adéquats, il faut mesurer le débit réel à des endroits clés dans le réseau; mesurer les volumes provenant de réseaux de déversoirs d'eaux pluviales (RDO) et des déversoirs d'égouts sanitaires, et disposer des données de pluviosité correspondantes. En outre, les données historiques telles que l'endroit des inondations, les laisses de hautes eaux dans les regards, etc., peuvent servir à corroborer plus à fond le processus d'étalonnage et de vérification.

Une fois étalonné et vérifié, le modèle peut servir à évaluer l'état hydraulique de tout le réseau ou à noter chacun des tronçons de canalisations. Le tableau de l'annexe D contient les notations d'état hydraulique relatives à diverses combinaisons de facteurs de charge théorique (FCT), de lignes piézométriques (LP) et de répercussions en amont.

3.4 TÂCHE 4 – ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

Une fois qu'on a établi l'état de tout le réseau ou de la partie à l'étude, on peut procéder à l'évaluation du comportement. Dans le cas d'un réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées, celle-ci a été divisée en deux parties générales qui sont traitées dans les articles qui suivent. Ces parties sont :

- La détermination des critères de comportement; et
- L'évaluation du comportement.

3.4.1 CRITÈRES DE COMPORTEMENT

La première étape de l'évaluation consiste à trouver les critères qui serviront à évaluer le comportement de chaque réseau. Après avoir déterminé les critères de mesure, on doit déterminer les niveaux de comportement satisfaisants.

Les lois ou les règlements des autorités municipales, provinciales ou fédérales et les normes de l'industrie définissent et limitent déjà certains critères, mais les administrations municipales peuvent toujours choisir d'être plus sévères ou ajouter des critères qui tiennent compte de leur propre situation. Il convient de noter que certains de ces critères peuvent être de nature socio-économique, environnementale ou financière plutôt que techniques. De plus, la définition de chaque critère et le niveau de performance requis peuvent changer selon que l'évaluation est effectuée au niveau d'un réseau ou au niveau d'un projet. Dans certains cas, il se peut que les critères ne s'appliquent qu'à un seul de ces niveaux. Tous les critères doivent quand même être choisis de manière à refléter des objectifs administratifs précis.

Comme on l'a dit plus haut, de nombreux facteurs peuvent entrer dans la définition du niveau de service acceptable minimal que doit offrir un réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées. Parmi ces facteurs, on retrouve les questions environnementales ainsi que les questions de santé et de sécurité, de même que les répercussions économiques et sociales.

On peut généralement regrouper les défaillances de réseau en deux catégories. Les inondations (de sous-sols ou en surface) ou les débordements d'égout sont le résultat d'une capacité hydraulique ou d'une intégrité fonctionnelle inadéquate. Les défaillances structurales mènent elles aussi habituellement à des refoulements d'égout dus à l'écrasement de la canalisation, ce qui cause une inondation et risque d'endommager d'autres services publics ou de causer l'affaissement de la chaussée. Les résultats peuvent alors inclure :

- Des menaces pour la santé et la sécurité du public;
- La pollution de l'environnement (sol, eau, érosion);

- L'interruption du service;
- La perturbation de la circulation et des répercussions sur le transport en commun et les services d'urgence;
- Des inconvénients pour le public;
- Des réclamations pour pertes d'affaires;
- Des dommages à des biens privés ou publics.

Bon nombre de ces conséquences sont subjectives et difficiles à quantifier. À ce titre, la façon la plus facile de les traiter consiste à les combiner pour en faire un « facteur d'impact » qui examine les conséquences d'une défaillance comme critère supplémentaire de priorisation.

La plupart des grandes municipalités possèdent des normes internes relativement au niveau de service que doivent offrir leur réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées. La plupart du temps, les petits centres suivent les lignes directrices et la réglementation provinciale au moment de concevoir leurs réseaux. Celles-ci doivent servir de base à la définition des critères relatifs à l'évaluation du comportement d'un réseau.

Liste des critères possibles

La documentation technique analysée suggère certains détails qu'on doit recueillir et utiliser pour comparer les exigences de comportement.

- Intégrité structurale
- Écrasement de la canalisation.
- Dommages aux services publics avoisinants.
- Données d'inspection par système de télévision en circuit fermé.
- Limites de déflexion (5 à 7,5 %, dans le cas des canalisations en PVC).
- Respect de la vitesse d'écoulement maximale de 3 m/s ou moins (les vitesses d'écoulement excessives peuvent mener à la détérioration prématurée du radier).
- Les fuites dans les canalisations d'égout doivent être limitées en ce qui a trait à la récurrence et le nombre de tronçons.
- On doit pouvoir accéder aux canalisations de façon appropriée et en toute sécurité pour exécuter les travaux d'entretien.

De même, l'analyse de la conformité hydraulique devrait prendre en compte :

- La fréquence des inondations à l'intérieur des limites assignées;
- Les débordements;
- Les plaintes au sujet des odeurs;
- Le manque d'obstacles (causés par les racines, les débris, les branchements pénétrants, etc.);

- Les vitesses d'écoulement minimal entre 0,6 et 0,75 m/s, dans le cas d'un égout sanitaire, et de 0,9 m/s, dans le cas d'un égout pluvial ou unitaire (pour éviter la formation de dépôts dans les canalisations et les risques correspondants de blocage menant à un débordement);
- Le réseau qui fonctionne sans obstacle (p. ex. un réseau d'égout sanitaire ou pluvial doit respecter les normes d'étanchéité et subir avec succès les essais normalisés); et
- Chaque réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées a pour objet principal de protéger la santé du public et l'environnement. Cet objectif doit être au premier plan lorsqu'on choisit les critères de comportement.

Au delà de ce que dictent les lois et les règlements, c'est à chaque organisation qu'il revient de choisir les critères appropriés. Il faut se rappeler que cette décision ne fait pas intervenir uniquement les aspects techniques. Elle doit aussi tenir compte des perspectives financières et sociales dans leur ensemble.

Autrement dit, on doit respecter, dans l'ordre, les principes :

- Des lois et des règlements;
- De la gestion du risque; et
- D'un confort et d'un niveau de service acceptables.

Dans le cas où on ne dispose d'aucun critère pertinent, il est possible d'établir le comportement actuel du réseau à l'aide des rapports d'incident relatifs au comportement des canalisations. Les données concernant les incidents passés ou toute information déterminée au sujet d'un tronçon (p. ex. des plaintes ou des problèmes d'entretien récurrents) permettent de comparer la situation réelle à des critères de comportement précis.

On doit attribuer à chaque critère choisi un mécanisme d'évaluation accompagné de valeurs de déclenchement qui doivent concorder avec l'étape précédente d'évaluation de l'état. Les valeurs de déclenchement servent à déterminer la marche que doit suivre l'organe de direction, telle que :

- Procéder à des travaux d'entretien dans le cas de toutes les canalisations dont la notation d'état de fonctionnement est de 4 ou 5;
- Réparer toutes les canalisations dont la notation d'état structural est de 5;
- Réparer les canalisations dont la notation d'état structural est de 4 quand il existe des synergies entre le remplacement d'une conduite d'eau et le renouvellement du revêtement routier.

Une valeur de déclenchement a pour objet principal de faire savoir aux gestionnaires quel est le bon moment de corriger un problème ou l'étendue d'un programme de réhabilitation.

3.4.2 ÉVALUATION DU COMPORTEMENT

Tous les critères de comportement ou ceux choisis ou élaborés pour faire face à des situations locales précises représentent le point de départ de la détermination du comportement prévu du réseau et doivent être entrés dans le plan de surveillance, de réhabilitation ou de remplacement décrit dans la tâche 5.

Après avoir choisi les critères et les mécanismes d'analyse, on peut effectuer l'évaluation du comportement. À ce moment-là, les gestionnaires municipaux sont au courant du comportement réel du réseau (niveau réseau), de même que d'une partie raisonnable, ou du total, du comportement des divers tronçons (niveau projet) pour ce qui est de l'évaluation de l'état en comparaison avec l'évaluation du comportement. Il est maintenant possible de préparer le plan d'action visant à prévenir ou à corriger les problèmes de comportement au niveau local.

L'application des critères de comportement permet d'obtenir l'évaluation du réseau tout entier ou de la partie qui est à l'étude. Cela permet de repérer les canalisations qui respectent toutes les exigences et, ce qui est plus important, celles dont ce n'est pas le cas. L'évaluation doit donner une indication des mesures à appliquer pour corriger une canalisation défectueuse. Il peut s'agir de réhabiliter ou de remplacer la canalisation lorsque les préoccupations sont d'ordre structural, d'augmenter le diamètre de la canalisation ou de poser un dispositif de délestage lorsqu'elles sont d'ordre hydraulique, ou d'une combinaison des deux dans bon nombre de cas. En examinant diverses combinaisons d'améliorations possibles, on peut élaborer un plan de renouvellement optimal.

Après avoir déterminé tous les besoins de renouvellement, on doit préparer une estimation des coûts sans restriction. L'estimation doit refléter le coût total des travaux qui permettront d'amener tous les égouts défectueux à un niveau acceptable et elle est un élément nécessaire de la préparation du plan de réhabilitation ou de remplacement prévu dans la tâche 5.

Une autre partie de la tâche d'évaluation du comportement consiste à prioriser les travaux correctifs qu'on a déterminés. Cela permet de déterminer les projets prioritaires en fonction de l'état structural ou hydraulique actuel des canalisations. Comme il peut y avoir plusieurs tronçons qui présentent la même notation, on peut alors utiliser le « facteur d'impact ». Comme on l'a dit précédemment, il s'agit ici d'une analyse subjective qui examine les conséquences d'une défaillance (hydraulique ou structurale) et accorde une priorité plus élevée aux tronçons dont la défaillance a des répercussions plus importantes.

3.5 TÂCHE 5 – PLAN DE RÉHABILITATION OU DE REMPLACEMENT

Après avoir déterminé les critères de comportement à la fois au niveau du réseau et au niveau des projets, les gestionnaires municipaux sont prêts à décider du moment et de l'importance des travaux correctifs à exécuter, et à élaborer un plan de réhabilitation ou de remplacement. Dans le cas de tout réseau autre qu'un réseau relativement neuf, il est fort probable que la plupart des municipalités ne disposent pas d'un budget suffisant pour exécuter tous les travaux correctifs nécessaires dans un court délai, ce qui nécessite l'élaboration d'un plan pluriannuel. (Remarque que, au cours des années ultérieures d'un plan à long terme, un égout aura probablement continué à se détériorer avant d'être renouvelé.) Un plan de réhabilitation ou de remplacement efficace doit entraîner ce qui suit :

- Réduction du nombre de plaintes (odeur, inondation);
- Réduction des interruptions de service imprévues (nombre de ruptures);
- Réduction des activités d'exploitation et d'entretien;
- Maintien ou amélioration de la conformité hydraulique;
- Réduction du coût des dommages causés par les inondations; et
- Réduction ou élimination des débordements d'égout unitaire.

3.5.1 FIXATION DES PRIORITÉS

La première étape de la tâche vise à fixer les priorités en fonction de certains facteurs moteurs et des divers aspects traités dans les phases précédentes (objectifs de la municipalité, lois et règlements, coûts, fonctionnalité, etc.). Pour faire ce travail, les gestionnaires peuvent utiliser un système d'aide à la décision. On trouve de nombreux types de système dans le commerce – certains d'entre eux ne traitent qu'un seul type de système, tandis que d'autres offrent différents modules permettant d'intégrer l'information provenant de plusieurs systèmes.

Pour chaque défektivité prioritaire, il est nécessaire de recommander l'intervention appropriée qui permettra de minimiser les impacts sur les facettes suivantes :

- Durabilité du réseau et protection de l'intégrité des ouvrages avoisinants;
- Facteurs économiques, notamment les coûts directs ou indirects; et
- Répercussions sur les utilisateurs et les résidents (surtout en ce qui a trait à la nuisance, au niveau de service ou à la perte d'accès).

Les mesures possibles sont traitées plus à fond dans la règle de l'art intitulée *Choix de techniques de réhabilitation ou de remplacement de conduites d'égout* (InfraGuide, 2003c).

La présente étape peut aussi nécessiter une intégration avec d'autres programmes d'infrastructures. Les aspects de l'intégration sont traités dans la règle de l'art intitulée *Approche intégrée de l'examen et de l'évaluation des réseaux*

municipaux de voirie, d'égout et d'eau potable et Coordination des travaux d'infrastructures (InfraGuide, 2003d). Quand il manque certains des renseignements requis ou que la priorisation est difficile ou impossible, les gestionnaires doivent demander des vérifications ou des inspections précises plus poussées qui permettront de collecter les données manquantes.

3.5.2 CHOIX DE MESURES CORRECTIVES

Au cours de la deuxième étape, les gestionnaires municipaux doivent examiner les divers choix de mesures correctives. Pour être en mesure de décider de la bonne marche à suivre ou de la bonne méthode de réhabilitation à utiliser, les gestionnaires doivent examiner divers facteurs, tels que la disponibilité, le coût, la pertinence, les impacts sociaux et les perturbations du service résultant de la technique ou de la méthode retenue. Il est important de noter que les choix effectués au cours de la présente étape risquent de modifier certaines des priorités déterminées à la première étape. Si par exemple la première étape a mené à la priorisation de huit tronçons de canalisation d'égout à réhabiliter par la pose d'un revêtement intérieur et que l'étape deux permet de repérer un autre tronçon moins prioritaire qui doit lui aussi être réhabilité de la même façon, il se peut qu'on décide pour des raisons de rentabilité d'améliorer tous les tronçons en même temps.

Lorsqu'on est confronté à la seule défaillance structurale d'un tronçon de canalisation déterminé, il existe diverses solutions de réhabilitation ou de remplacement. Il existe des solutions plus générales lorsqu'on fait face à une défaillance fonctionnelle qui se manifeste plus souvent par temps de pluie dans le réseau d'égout. Les pratiques exemplaires de gestion des eaux usées mentionnées ci-après peuvent contribuer à régler les problèmes de ces catégories.

- Emmagasinement ou rétention temporaire du ruissellement excédentaire;
- Détournement du débit vers les canalisations des rues adjacentes, qui peuvent présenter un surplus de capacité;
- Réparation de l'égout dans une zone desservie par un égout unitaire sous-dimensionné;
- Débranchement des descentes pluviales et réorientation vers des surfaces perméables;
- Débranchement des drains de fondation raccordés à l'égout sanitaire et évacuation du débit d'eau d'infiltration vers la surface perméable; et
- Régulation des ouvrages d'entrée et utilisation de la capacité naturelle des rues (réseau majeur) pour acheminer le débit durant les événements pluvio-hydrologiques de forte intensité, avec provisions adéquates permettant soit de stocker l'eau excédentaire avant qu'elle pénètre de nouveau dans le réseau mineur, soit de la déverser dans un cours d'eau naturel.

3.5.3 ANALYSE DE RENTABILITÉ

La troisième étape prévoit la détermination des solutions les plus rentables relativement à chaque problème ou besoin, ainsi que des choix disponibles en matière de réhabilitation. On peut déterminer les solutions rentables relatives à un seul ou à plusieurs tronçons de canalisation (projets) à la fois. Tel que le reflète l'exemple précédent, dans certains cas, les solutions rentables risquent de forcer le gestionnaire à modifier certaines des priorités fixées initialement. Autrement dit, il se peut qu'on doive répéter les trois premières étapes plusieurs fois pour déterminer la meilleure solution globale.

Au moment d'effectuer l'analyse de rentabilité, l'évaluateur doit être conscient qu'il sera peut être plus économique de continuer à exécuter des travaux d'entretien en rapport avec certains défauts plutôt qu'à des travaux de renouvellement. De plus, dans bon nombre de cas, la réhabilitation d'une canalisation au début du cycle de détérioration peut être moins coûteuse que celle exécutée lorsque le cycle de détérioration est presque terminé. Par exemple, la ville de Winnipeg a constaté que le coût de la réhabilitation prévue à la notation d'état de « 5 » étaient d'environ de trois fois supérieur à celui de la réhabilitation prévue relativement à la notation d'état de « 3 ».

3.5.4 PLAN D'ACTION

La quatrième étape mène à l'élaboration d'un plan d'action à court, à moyen et à long terme. Après avoir examiné la portée et les coûts des opérations à exécuter, d'une part, et les contraintes en matière de budget et de ressources, d'autre part, on recommande un plan de mesures correctives, accompagné d'un calendrier qui tient compte des risques liés au fait de ne faire absolument aucune intervention.

Le programme peut inclure :

Des activités de surveillance et d'inspection récurrentes. Ces activités jouent un rôle utile dans la planification des travaux futurs exécutés sur place (inspections par télévision en circuit fermé, nettoyage, pose d'un revêtement intérieur, réhabilitation ou remplacement) ou l'élaboration de pratiques d'entretien et d'exploitation.

Des zones ou des tronçons balisés. Durant les phases d'examen et d'évaluation, il se peut qu'on identifie ou qu'on « balise » certains domaines de préoccupations (points névralgiques) qui requièrent une inspection plus poussée à court terme. Les auscultations futures (selon ce que prévoit le programme) visent à compléter le niveau de connaissance au sujet des autres secteurs qui, dans le cadre d'un processus continu et itératif, passeront peut-être du statut de tronçon acceptable ou douteux à celui de tronçon critique.

Des tronçons qui doivent être remplacés ou réhabilités. Les recommandations à court terme présentées dans le plan doivent être mises en œuvre moins de deux ans après l'inspection. Plusieurs études et projets ont

démontré que plus un réseau est endommagé ou connaît des ruptures ou des défaillances de canalisations, plus il a tendance à se détériorer rapidement. Dans le cas d'une conduite dont la détérioration a augmenté de façon importante, il se peut qu'il soit plus difficile d'appliquer certaines techniques de réhabilitation.

3.5.5 RAPPORT SUR LES INFRASTRUCTURES

La cinquième et dernière étape prévoit la production d'un rapport sur les infrastructures. L'état des infrastructures urbaines et le « déficit relatif aux infrastructures » correspondant doivent être évalués, documentés et communiqués périodiquement aux organismes de réglementation, aux élus ou aux propriétaires d'entreprises de service public appropriés. À ce stade, il est important que le document contienne les constatations importantes faites à l'aide de la présente règle de l'art. L'information sur la valeur de l'actif, l'état des réseaux, les coûts de réparation d'urgence, les niveaux de réinvestissement relatifs aux besoins en matière de réhabilitation et de programmes à long terme permettent de produire un bon rapport sur l'état des réseaux d'égout pluvial ou d'égout sanitaire; elle doit également être coordonnée avec celle relative aux autres infrastructures municipales pour donner un portrait global à la municipalité (*Coordination des travaux d'infrastructures* [InfraGuide, 2003d]).

3.6 Besoins de recherche À ce jour, il n'y a eu que peu de recherche sur la détérioration des réseaux d'égout souterrains à écoulement gravitaire. La compréhension de la façon dont les égouts se détériorent à la longue est essentielle à l'élaboration de courbes de détérioration, ce qui aide à prévoir les besoins d'immobilisations et à maximiser la durée de vie utile d'un égout. On peut également ainsi mieux comprendre les coûts de la réhabilitation d'un égout au début de la courbe de détérioration en comparaison avec l'investissement plus coûteux que représente la réhabilitation ou le remplacement de l'égout plus tard sur la courbe.

L'élaboration des courbes de détérioration exige qu'on dispose d'un important volume de données sur tous les types et les diamètres d'égout, dans tous les genres d'environnement. Ces données doivent être collectées dans tout le pays de manière à donner la représentation la plus générale possible. Pour être vraiment représentative, cette compréhension doit être à l'échelle nationale.

4. CAS D'UTILISATION ET LIMITATIONS

4.1 CAS D'UTILISATION

La présente règle de l'art s'applique aux réseaux de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées du Canada tout entier. La mise en pratique du document exige qu'on possède au moins l'information essentielle (données et inventaire) au sujet du réseau. L'information doit être bien classée, comprise et évaluée. Il est important pour les organisations qui ne font que peu ou pas d'examen de commencer à mettre la présente règle de l'art en pratique le plus tôt possible et d'en suivre les étapes le plus étroitement possible dans la mesure permise par les ressources dont elles disposent.

- Les organisations qui procèdent à une forme quelconque d'examen et qui constatent qu'elles exécutent certaines des étapes décrites dans la présente règle de l'art doivent s'efforcer de poursuivre ces activités et de les réorganiser lentement de manière à les rendre conformes à celles décrites dans le document.
- Les organisations qui possèdent de petits réseaux relativement jeunes et sans problème sont incitées elles aussi à démarrer le processus. Elles pourront ainsi procéder à certains examens et exécuter divers travaux d'entretien ou de réhabilitation des infrastructures de façon plus rentable.
- Il est conseillé aux organisations dont les ressources financières et techniques sont plus restreintes, et dont l'aptitude à consacrer des ressources à la tâche est limitée de chercher à obtenir d'autres organisations le soutien qui leur permettra d'entreprendre les diverses étapes mentionnées dans la règle de l'art.

Voici certaines des répercussions possibles de la mise en pratique de la présente règle de l'art. Puisque les règles de l'art consistent en un processus continu :

- L'inspection, l'examen et l'évaluation des réseaux de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées risquent d'exiger des ressources supplémentaires;
- Les dépenses d'immobilisations pourraient être plus élevées à court terme si les programmes de renouvellement ont été sous-financés dans le passé; et
- Les dépenses d'immobilisations seront plus rentables, puisque les travaux de renouvellement proactifs sont substantiellement moins coûteux que les réparations d'urgence.

Comme la présente règle de l'art est un processus qui se prolonge dans le temps :

- Il est important de maintenir le bon niveau d'activités; cela fera en sorte que la dynamique et les résultats seront acceptables.
- Il faut mettre sur pied des systèmes de notation d'état et les utiliser régulièrement à long terme pour être en mesure de suivre l'état des réseaux.
- Comme les réseaux d'égout pluvial ou d'égout sanitaire subissent des modifications avec le temps, la présente règle de l'art devra elle aussi être modifiée et remaniée selon les besoins.

- Bon nombre des actions effectuées tout au long du processus (surtout la collecte et la mise à jour de données) doivent devenir une habitude pour les employés municipaux.

Les cycles d'auscultation ne sont pas fixés dans le temps et dépendent de l'état, de la taille, de l'âge, du type de matériau et d'environnement (type de sol, nappe phréatique, etc.) du réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées. Il se peut que les secteurs critiques ou les points névralgiques exigent une auscultation immédiate ou répétée. Le renouvellement proactif est presque toujours plus rentable et moins perturbant que les réparations d'urgence.

4.2 LIMITATIONS

La présente règle de l'art porte surtout sur les égouts collecteurs, pluviaux ou sanitaires, conçus et construits pour fonctionner en situation d'écoulement gravitaire. On pourrait prendre en compte les infrastructures connexes, telles que les postes de pompage, les conduites de refoulement, les ponceaux et les branchements latéraux, à l'aide du même processus général, mais il faudrait procéder à certains ajustements qui permettraient d'examiner les méthodes d'investigation et d'évaluation qui sont pertinentes.

L'expérience a démontré qu'un réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées ne se détériore pas de manière prévisible. L'examen et l'évaluation d'un (d'une partie d'un) réseau de collecte permettent d'obtenir une référence ponctuelle relative à la conformité structurale, fonctionnelle ou hydraulique du réseau. Ce n'est que si on met en œuvre un programme d'examen permanent et qu'on tient à jour l'inventaire des données sur le réseau, y compris les conditions aussi bien actuelles qu'historiques, que la présente règle de l'art permettra d'exploiter et d'entretenir le réseau de façon proactive, et proposera l'outil nécessaire à cette fin.

Il existe plusieurs systèmes qui sont accessibles dans le domaine public ou qui ont été élaborés par des organisations du secteur privé et dont on peut s'aider pour mettre la présente règle de l'art en pratique. La normalisation à l'échelle nationale de ces procédures et de ces outils comporte certains avantages en matière d'efficacité et de partage des connaissances. Elle comporte toutefois également certains inconvénients, car elle ne favorise pas toujours l'innovation ou l'utilisation du meilleur outil qui convient à une situation donnée.

Dans la présente règle de l'art, il y a trois domaines dans lesquels on retrouve cette question :

- Systèmes de données relatives à la gestion de l'actif – Il existe plusieurs systèmes du domaine public (le système de données d'information de la gestion et le système de gestion de l'information de l'entretien, par exemple) ou système du secteur privé (p. ex. Hansen).
- Systèmes d'évaluation de l'état – Plusieurs systèmes servant à quantifier l'évaluation de l'état ont été mentionnés dans la tâche 3. Une initiative relative à la normalisation de ces méthodes, dont l'utilisation est encouragée par la NAAPI (North American Association of Pipe Inspectors), est également en cours au Canada.

- Modèles hydrauliques – Plusieurs modèles sont présentement utilisés au Canada (p. ex. les modèles SWMM, MOUSE, WALRUS, et RUNSTEADY).

Infraguide a choisi de ne recommander aucun de ces systèmes. Il appuie toutefois la poursuite des discussions au sujet du pour et du contre de la normalisation pour les utilisateurs et les prestataires de services, dans la mesure où les systèmes s'appliquent aux règles de l'art.

5. ÉVALUATION

On trouvera dans les points énumérés ci-après la description de plusieurs mesures qui peuvent servir à évaluer l'efficacité des pratiques décrites à la section 3.

- Suivre les travaux d'entretien ou de réparation, tant prévus qu'imprévus, annuellement et confirmer que l'évaluation permet d'élaborer des plans de réhabilitation ou de remplacement efficaces. Le suivi doit montrer que les travaux de réhabilitation ou de remplacement prévus sont plus rentables que les interventions imprévues en cas d'urgence.
- Suivre tous les coûts annuels de travaux de réparation ou de réhabilitation/remplacement et les comparer à la valeur de l'actif d'infrastructures. Les taux de réinvestissement sont en train de devenir un repère pour les programmes de gestion des infrastructures.
- Suivre la détérioration des réseaux au cours du temps et la comparer à la durée de vie théorique prévue pour confirmer les avantages d'une approche proactive des activités d'entretien et de renouvellement.

En outre, on doit procéder à tous les cinq à dix ans à la revue des critères et des procédures d'examen et d'évaluation, et déterminer s'il y a lieu de les mettre à jour de manière qu'ils reflètent les progrès réalisés dans le domaine des techniques d'inspection et des techniques de renouvellement.

ANNEXE A : INVENTAIRE DES DONNÉES

On doit attribuer un identifiant exclusif à chaque élément (lien ou nœud) d'un réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées. Il sera ensuite facile d'extraire toutes les données se rapportant à l'élément, à des fins d'examen et d'évaluation. Cela permet également, dans le cas des bases de données informatisées, de produire des tableaux à but spécifié en rapport avec un ou plusieurs attributs du réseau.

Les données sur un réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées se divisent en trois catégories. Ce sont : les attributs du réseau ou les données matérielles associés avec chaque lien (tronçon d'égout) ou nœud (regard, jonction), les données opérationnelles et les données sur l'utilisation des sols ou l'environnement. On trouvera ci-après la liste des éléments de données qui doivent être inclus dans chaque catégorie.

ATTRIBUTS DU SYSTÈME (DONNÉES PHYSIQUES)

Essentiels

- Renvoi au dessin en plan et en coupe verticale
- Emplacement/Adresse (coordonnées amont et aval)
- Longueur
- Pente
- Diamètre de la canalisation
- Matériau de la canalisation
- Forme de la canalisation
- Âge de la canalisation (date de mise en place)
- Fonction (intercepteur, collecteur, ponceau, etc.)
- Radier de la canalisation au niveau des regards aval et amont
- Niveau du sol au niveau des regards amont et aval
- Type d'effluent (sanitaire, pluvial, unitaire)
- Fonctionnement (gravitaire, conduite de refoulement, à vide, en canal ouvert, émissaire)
- Accessoires :
 - Chambres de désaération
 - Puisards
 - Bassins de drainage
 - Vannes (clapets de non-retour, vannes à clapet oscillant, vannes registres)
 - Chambres d'inspection (nettoyage)
 - Égouts secondaires (branchements)
 - Regards (regards d'entretien)
 - Postes de pompage

- Réservoirs de retenue (étangs, réservoirs d’emménagement)
- Chambres de vanne

Utiles

- Type de remblai
- Niveau de la nappe phréatique
- Information topographique
- Capacité des postes de pompage
- Régulateurs, déversoirs, sens de l’écoulement
- Épaisseur du recouvrement

DONNÉES OPÉRATIONNELLES

- Inventaire des plaintes provenant des résidents et des employés municipaux
 - inondations (sous-sol, en surface, blocage, surcharge de l’égout, débordements par temps sec, débordements de l’égout sanitaire, etc.)
 - mauvaises odeurs
 - détérioration du réseau (attaque de H₂S, barreaux d’échelle manquants dans les regards, etc.)
- Inventaire des ruptures de canalisations
- Toutes les données se rapportant aux débits réels (résultats de la surveillance du débit), coefficients de Manning
- Données de pluviosité (orages historiques ou théoriques)
- Toute l’information se rapportant aux conditions ou aux exigences de conception initiales
- Dépôts dans la canalisation
- Information se rapportant aux travaux municipaux passés (résultats des recherches d’eau parasitaire, lectures de température d’écoulement, remplacement de canalisations, chasse à haute pression, nettoyage aux godets, coupe de racines, alésage des branchements pénétrants, inspections par télévision en circuit fermé, analyse de l’effluent de rinçage, résultats des essais à la fumée ou au colorant)

DONNÉES SUR L’UTILISATION DU SOL ET L’ENVIRONNEMENT

- Nature de l’effluent (agricole, résidentiel, commercial, industriel)
- Zones contaminées
- Données de planification du réseau :
 - population (aménagement présent ou futur)
 - zone desservie/Bassin d’alimentation
 - zonage (résidentiel, commercial, industriel, agricole)
 - réglementation spéciale concernant la construction dans les secteurs résidentiels, agricoles, industriels et commerciaux
 - autres facteurs critiques de prise de décisions (p. ex. la présence de services essentiels, d’hôpitaux, d’écoles)

- données démographiques
- caractéristiques de la surface hydrologique (hydrologie, type de sol, paramètre de l'écoulement de surface, taux de percolation, imperméabilité)

ANNEXE B :

TECHNIQUES D'INSPECTION ET D'EXAMEN

TECHNIQUES GÉOPHYSIQUES

Ces techniques prévoient le recours à du matériel perfectionné qui émet des courants électriques ou des ondes électromagnétiques qui, une fois recueillies et analysées, fournissent des renseignements sur les caractéristiques du sol de la zone dans laquelle les infrastructures sont enfouies (remblai et assise) ou relativement à l'emplacement de la canalisation elle-même et le sol environnant. On doit recourir à ces techniques lorsqu'on soupçonne que les conditions du sol entourant la canalisation endommagent son intégrité. Parmi ces techniques, on retrouve le sonar ou la caméra, la thermographie infrarouge et le géoradar.

Géoradar

Dans le cas de cette technique, un appareil de géoradar envoie de brèves impulsions de micro-ondes qui sont réfléchies aux interfaces entre les milieux aux propriétés différentes (c.-à-d. les défauts). Les impulsions renvoyées sont surveillées par un récepteur. Il est possible d'estimer l'emplacement des défauts à partir du temps de propagation aller-retour de l'impulsion (Makar 1999¹ et Hunaidi et coll. 2000², et Pla-Ruki et Eberhard 1995)³. Les systèmes de géoradar donnent habituellement un tracé de la magnitude du signal en fonction du moment de l'arrivée de l'écho (balayage type D). Un des inconvénients de ce type de balayage tient au fait qu'il est difficile à interpréter (Makar 1999¹). Une autre limitation de la technique tient au fait que celle-ci ne fonctionne pas efficacement dans le cas des canalisations enfouies dans un sol glaiseux (Hunaidi et Giamou 1998)⁴.

Systèmes sonars

Le sonar est une alternative pratique à la télévision en circuit fermé. On l'utilise dans le cas des égouts surchargés ou des conduites d'eau non drainées. Le surplus d'eau nuit habituellement aux techniques visuelles, mais, dans le cas du radar, il est un facteur positif. En fait, c'est un médium vital pour la méthode acoustique. Les résultats du sonar s'affichent sur un écran graphique à la surface du sol. Les

¹ Makar, J.M. "Diagnostic techniques for sewer systems," *Journal of Infrastructure Systems*, ASCE, 5, (2), June, pp. 69-78, June 01, 1999 (NRCC-42828) <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/nrcc42828/nrcc42828.pdf>

² Hunaidi, O. et al. "Detecting leaks in plastic pipes," *Journal of the American Water Works Association - 21st Century Treatment and Distribution*, 92, (2), pp. 82-94, February 01, 2000 (NRCC-42813) <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/nrcc42813.pdf>

³ Pla-Rucki, G. and Eberhard, M. (1995). "Imaging of Reinforced Concrete: State-of-The-Art Review." *Journal of Infrastructure Systems*, ASCE, 1 (2), 134-141.

⁴ Hunaidi, O. and Giamou, P. "Ground-penetrating radar for detection of leaks in buried plastic water distribution pipes," *Seventh International Conference on Ground Penetrating Radar (GPR'98)* (Lawrence, Kansas, 5/27/98), pp. 783-786, 1998 (NRCC-42068) <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/nrcc42068.pdf>

différents objets sont illustrés dans des couleurs différentes et ils sont faciles à identifier.

THERMOGRAPHIE INFRAROUGE

Avec cette technique, on utilise des caméras à infrarouges. Celles-ci mesurent le rayonnement infrarouge émis naturellement par un corps. Elles produisent des images thermiques en convertissant le rayonnement infrarouge émis par un corps en signaux électriques dont le traitement plus poussé permet de créer des cartes de la température des surfaces. La technique peut servir à détecter les fissures et les délaminages (Weil 1989⁵ et Hunaidi et coll. 2000⁶), mais les images sont difficiles à interpréter. Cela tient au fait que la température d'une surface dépend des conditions environnementales et de celles de la surface. L'humidité et la rugosité de la surface sont des paramètres dont on doit tenir compte lorsqu'on interprète les images produites par la thermographie infrarouge. Il est possible d'éviter ces limitations en utilisant la technique infrarouge en combinaison avec les techniques à micro-ondes, telles que le géoradar. Il a été suggéré que la technique pouvait être appliquée comme procédé de sélection préliminaire pour d'autres techniques (Hunaidi et coll. 2000⁶).

Techniques de balayage et d'évaluation d'égout

Le système de balayage et d'évaluation d'égout se compose de scanners optiques et d'un gyroscope. Les scanners fournissent des renseignements sur l'état structural de la canalisation (c.-à-d. les défauts de surface), tandis que le gyroscope fournit de l'information sur la forme de la canalisation (c.-à-d. la déformation). Il convient de noter que le système développe la circonférence des images obtenues par balayage et stocke toutes les images recueillies en format numérique. Le système est relativement lent en comparaison avec le système classique de télévision en circuit fermé (Wirahadikusumah et coll. 1998⁷, Gokhale et coll. 1998⁸ et 2000⁹).

TECHNIQUES VISUELLES

Les techniques visuelles servent à repérer les défauts ou les problèmes au moyen d'une visite sur place des infrastructures effectuée par des travailleurs d'entretien ou une firme spécialisée. Durant l'inspection, on peut prendre des mesures sélectives en se servant des dispositifs appropriés ou poser du matériel

⁵ Weil, G., 1998. "Detecting the Defects", *Civil Engineering*, ASCE, 59(9), 72-77.

⁶ Hunaidi, O., Chu, W., Wang, A. et Guan, W., 2000. "Leak Detection for Plastic Water Distribution Pipes", *Journal AWWA*, 92(2), 82-94.

⁷ Wirahadikusumah, R., et. al. "Assessment technologies for sewer system rehabilitation", *Automation in Construction*, vol. 7, pp. 259-270, 1998.

⁸ Gokhale, S., Abraham, D. et Iseley, T., 1998. "Intelligent Systems Evaluation Technologies—An Analysis of Three Promising Options". *Proceedings of the North American No Dig 98*, Nouveau Mexique, 254-256.

⁹ Gokhale, S., Hastak, M. et Huang, R., 2000. "Automated Assessment Technologies for Renewal of Underground Pipeline Infrastructure", *Proceedings of the 17th International Conference on Robotics and Automation in Construction*, Taipei, Taiwan, 433-438.

de surveillance qui permettra de faire des observations en mode continu. Lorsque les ouvrages ou les canalisations sont inaccessibles (diamètre inférieur à 900 mm), on peut utiliser d'autres types de matériel, tels que des caméras. Parmi les techniques, on retrouve l'inspection par télévision en circuit fermé, l'inspection visuelle, l'inspection au moyen d'une caméra munie d'un téléobjectif et l'inventaire des débordements d'égout.

Inspection visuelle

Dans le cas d'un réseau visitable, on peut procéder à une inspection visuelle en pénétrant dans les canalisations. Il faut absolument utiliser le bon équipement de sécurité, conjointement avec un code de pratique et la formation complète du personnel. On peut procéder à une simple inspection visuelle de la tuyauterie depuis la surface en soulevant le tampon des regards et en se servant d'un miroir qui réfléchit la lumière du soleil ou la lumière artificielle. Les inspections de ce genre ont une portée limitée, mais elles sont rapides et peu coûteuses, et on les utilise souvent pour inspecter les regards d'égout, de même que les puisards et leur raccordement. On peut également les utiliser dans le cadre des opérations pour s'assurer que les canalisations critiques du réseau fonctionnent correctement.

Télévision en circuit fermé (CCTV)

L'inspection par télévision en circuit fermé est à l'heure actuelle la méthode la plus répandue d'inspection des réseaux d'égout. La caméra est placée dans la canalisation et elle est soit tirée par un treuil, soit autopropulsée. L'image, qui peut être en couleur ou en noir et blanc, s'affiche sur un moniteur. Le matériel permet maintenant d'obtenir des images en format analogique (pour stockage sur bande magnétique) ou numérique (pour stockage dans un ordinateur).

L'utilisateur est en mesure de déterminer visuellement si un nettoyage est nécessaire, les endroits où des réparations sont requises et l'emplacement des branchements qu'il faudra reconnecter à l'égout après les réparations. La télévision en circuit fermé sert également à surveiller les travaux exécutés par des robots commandés à distance. Dans le cas d'un égout dans lequel le débit est élevé, il se peut qu'on doive procéder à l'inspection en dehors des périodes de pointe ou mettre en place un dispositif de dérivation du débit.

Grâce à certains développements récents, il existe maintenant des systèmes d'inspection de branchement. Il est possible de faire pénétrer ces systèmes dans un branchement à partir de la canalisation principale à l'aide d'une commande à distance.

Caméra stationnaire de télévision en circuit fermé (caméra munie d'un téléobjectif)

Les caméras stationnaires de télévision en circuit fermé sont montées au niveau d'un regard. Elles utilisent les possibilités des téléobjectifs pour rechercher les

défectuosités dans les canalisations (AquaData, 2001)¹⁰. Il y a cependant une limite à ce que ces caméras peuvent voir. Elles détectent les défauts qui se trouvent à proximité du regard, mais plus un défaut est loin, plus il est difficile à repérer et à évaluer. Les défauts qui se trouvent hors de la portée de la caméra lui échappent complètement. La technique a une certaine valeur lorsqu'elle est utilisée dans le cadre d'un processus de sélection servant à déterminer ceux des tronçons d'égout qui doivent être examinés soigneusement avec le système mobile de télévision par circuit fermé (Makar 1999)¹¹.

La décision d'utiliser un type donné de caméra (c.-à-d. mobile ou stationnaire) repose sur quatre principaux facteurs : le coût, l'emplacement du défaut par rapport à la caméra, le type de défaut et le type de canalisation (Makar 1999)¹². La recherche a démontré que les caméras stationnaires pouvaient être utilisées efficacement dans les canalisations en brique pour détecter les défauts structuraux, tels que les fissures, qui se trouvent à moins de 40 mètres de la caméra. Dans le cas des défauts structuraux situés au delà de cette distance, on a constaté que les caméras mobiles étaient plus efficaces. (Makar 1999)¹³. Bien qu'il n'y ait eu aucune documentation publiée sur l'efficacité des caméras stationnaires de télévision en circuit fermé en ce qui concerne la canalisation en béton et glaise, les auteurs croient que les résultats devraient ressembler à ceux des tuyaux en brique. En ce qui concerne les défauts non-structuraux, la décision de prendre une caméra mobile ou stationnaire se fait en fonction des facteurs économiques (Makar 1999)¹⁴.

TECHNIQUES MÉCANIQUES

Ces techniques servent à trouver la résistance structurale résiduelle d'une canalisation ou à déterminer l'état des éléments mécaniques des accessoires existants. La majorité de ces techniques nécessitent l'utilisation d'outils hydrauliques ou manuels (p. ex. un marteau) pour créer ou mesurer une pression qui s'exerce sur les parois de la canalisation, ou l'utilisation de matériel portatif qu'on peut insérer dans la canalisation pour collecter des données. Parmi les techniques, on retrouve les essais d'exfiltration, la détection de fuites et les mesures de débit.

¹⁰ Aqua Data (2001). Wastewater Collection System Diagnosis and Analysis using the Aqua Zoom Tele-objective Camera. Available online via <http://www.aquadata.com>.

¹¹ Makar, J.M. "Diagnostic techniques for sewer systems," *Journal of Infrastructure Systems*, ASCE, 5, (2), juin, pp. 69-78, juin 01, 1999 (NRCC-42828) <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/nrcc42828/nrcc42828.pdf>

¹² Ibid.

¹³ Ibid.

¹⁴ Ibid.

¹⁵ Ibid.

MICRODÉFLEXIONS

Cette méthode fournit des renseignements sur l'état général de la paroi d'une canalisation d'égout, plutôt que de repérer des défauts précis. Selon la technique, on soumet la canalisation à une pression qui cause une légère déformation de la paroi. Il convient de noter que la pression est appliquée depuis l'intérieur de la canalisation en cours d'inspection. La mesure de la déformation par rapport à la pression appliquée donne une indication de l'intégrité de la paroi de la canalisation (Makar 1999)¹⁵. La détermination de la charge qu'on peut appliquer en toute sécurité sans endommager la canalisation est une limitation importante de la technique. Il convient de noter que, bien que la technique ait été développée à l'origine pour l'inspection des canalisations en brique, on peut l'appliquer aux canalisations en argile ou en béton, mais non aux canalisations en plastique, telles que celles en PVC.

Fréquence naturelle des vibrations

Comme dans le cas des microdéflexions, cette méthode fournit elle aussi des renseignements sur l'état général de la paroi de la canalisation d'égout plutôt que de repérer des défauts précis. Comme le nom le laisse entendre, on fait vibrer la canalisation et on mesure la fréquence naturelle des vibrations. La fréquence naturelle mesurée (c.-à-d. la signature) est comparée à la signature standard d'un tronçon en bon état de la canalisation. Un écart par rapport à la signature standard suggère la présence possible d'un problème dans la paroi de la conduite ou l'état de l'assise (Rens et coll. 1997¹⁶, et Makar 1999¹⁷). Il convient de noter que, lorsqu'on utilise la méthode, on a habituellement de la difficulté à distinguer entre les défauts de la paroi et ceux de l'assise de la canalisation (Makar 1999)¹⁸.

Impact-écho et analyse spectrale des ondes de surface (SASW)

Ces techniques nécessitent l'utilisation d'une source de chocs contrôlés, telle qu'un poids en chute libre ou un gros marteau pneumatique, et un ou plusieurs géophones montés sur la paroi de la canalisation. Lorsque le poids heurte la paroi de la canalisation, il se produit des ondes de surface à basse fréquence. Les ondes sont alors détectées par les géophones, ce qui permet de déterminer la qualité de la paroi de la conduite (Makar, 1999¹⁹). La principale différence entre la méthode impact-écho et la méthode SASW tient au fait que la technique SASW permet de recueillir de plus amples renseignements au sujet du sol environnant. Il convient de noter que les deux techniques fournissent de l'information sur l'état structural général de la canalisation d'égout plutôt que de repérer des défauts précis. Il convient également de noter que ces techniques exigent un nettoyage soigné des

¹⁶ Rens, K. and Greimann, L. (1997). "Ultrasound Approach for Nondestructive Testing of Civil Infrastructure." *Journal of Performance of Constructed Facilities*, ASCE, 11(3), 97-104.

¹⁷ Makar, J.M. "Diagnostic techniques for sewer systems," *Journal of Infrastructure Systems*, ASCE, 5, (2), juin, pp. 69-78, juin 01, 1999 (NRCC-42828) <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/nrcc42828/nrcc42828.pdf>

¹⁸ Ibid

¹⁹ Ibid

canalisations avant leur utilisation et qu'on ne peut les utiliser que dans le cas des canalisations de grand diamètre qu'on peut visiter facilement. En outre, la méthode de l'impact-écho ne permet pas d'en arriver à un diagnostic concluant au sujet des défauts qu'il peut y avoir dans la paroi ou l'assise de la canalisation. Il est par contre possible de faire ce genre de diagnostic avec la méthode SASW (Makar 1999¹⁹).

Détection de fuites

La détection de fuites est une partie très importante de l'inspection d'une canalisation. La possibilité de repérer et de réparer des fuites sans devoir excaver permet de gagner du temps précieux et de faire des économies. Les méthodes utilisées sont les suivantes :

- 1) Surveillance de contrôle du débit;
- 2) Essais à la fumée ou au gaz;
- 3) Détecteurs de fuites soniques.

Déversoirs de surveillance du débit

On peut utiliser un déversoir dans une canalisation dont le diamètre va de 200 à 1500 mm et à pratiquement n'importe quel niveau d'eau. Les déversoirs servent à surveiller les débits depuis pas mal de temps. Les méthodes classiques de collecte et d'analyse de données sont coûteuses et voraces en temps. La mise au point de nouvelles techniques a toutefois produit des méthodes de surveillance du débit plus efficaces et moins coûteuses.

Le système peut servir à surveiller des réseaux complets ou des tronçons de réseau, selon les besoins. Il peut servir à mesurer le débit pendant un certain nombre d'heures, de jours ou même de mois. Le déversoir constitue la partie principale du système. Il est conçu et étalonné de manière à permettre la mesure du débit à l'aide du niveau d'eau amont.

Selon le réseau, on peut placer un capteur et un enregistreur de données dans le regard et enregistrer le niveau de l'eau à intervalles déterminés d'avance. L'information provenant de l'enregistreur de données peut alors servir à déterminer les débits. Les écarts dans les débits entre deux points permettent ensuite de déterminer l'emplacement des fuites.

ESSAIS À LA FUMÉE OU AU GAZ

Les essais à la fumée servent à déterminer la présence de canalisations brisées, de branchements peu étanches, de branchements illégaux et de jonctions fautives entre différents réseaux. On déclenche un étui fumigène dans le réseau d'égout. La fumée s'échappe alors de la conduite en passant par les défauts et monte à la surface du sol. Ces appareils non toxiques et qui ne tachent pas permettent de déterminer rapidement la présence de défektivité dans les canalisations.

Un procédé qui utilise l'hélium comme gaz de dépistage donne lui aussi d'excellents résultats pour ce qui est de la détection de fuites. Le réseau est asséché et pressurisé avec de l'hélium. Comme l'hélium est plus léger que l'air, il traverse facilement le sol et remonte à la surface. On utilise alors un instrument extrêmement sensible à l'hélium pour localiser l'infiltration.

TECHNIQUES GÉOMÉTRIQUES

Ces techniques servent à déterminer les changements de diamètre ou de profil dans certains tronçons du réseau. Certaines techniques prévoient le recours à des instruments qui, une fois insérés le long de la paroi intérieure d'une canalisation, peuvent détecter les variations de forme. D'autres techniques qui prévoient l'utilisation du radar ou du laser permettent de vérifier les déflexions ou les réductions de la section de la canalisation. Parmi ces techniques, on retrouve les profils photographiques laser ou optiques et les balayages radar.

Ligne de lumière

Il s'agit essentiellement d'un accessoire qu'on fixe à la caméra de télévision en circuit fermé et qui aide à détecter les déformations dans les canalisations d'égout. Le système projette une ligne de lumière sur la circonférence de la canalisation pour en évaluer la forme (Makar, 1999).²⁰ Il convient de noter qu'on a constaté que cette technique était supérieure à celle qui prévoit l'utilisation de caméras de télévision en circuit fermé classiques pour ce qui est de détecter les déformation (Makar, 1999).²¹

Lecteurs laser

Le système projette des faisceaux laser sur la circonférence de l'égout en cours d'examen. On évalue la façon dont les faisceaux sont réfléchis par la surface de la canalisation pour déterminer la géométrie de cette dernière et vérifier la présence de défauts. Ce sont les surfaces lisses qui réfléchissent la plus grande quantité de lumière laser, tandis que la quantité réfléchi par les zones fissurées est moindre (Makar 1999²²).

²⁰ Makar, J.M. "Diagnostic techniques for sewer systems," *Journal of Infrastructure Systems*, ASCE, 5, (2), juin, pp. 69-78, juin 01, 1999 (NRCC-42828) <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/nrcc42828/nrcc42828.pdf>

²¹ Ibid.

²² Ibid.

ANNEXE C : DÉFAUTS

STRUCTURAUX

On trouvera ci-après, pour les différents types de canalisations, les principaux défauts structuraux tirés du guide de l'IRC du CNRC.

Type de défaut	Pertinent à		
	Canalisation rigide	Canalisation en plastique	Canalisation métallique
Fracture	X	X	X
Fissure	X	X	
Déformation	X	X	X
Écrasement	X	X	X
Rupture	X	X	X
Déplacement des joints	X	X	X
Ouverture des joints			
Dompage de surface			
Flambage localisé		X	X
Corrosion			X
Effritement	X		
Usure	X	X	X
Affaissement	X	X	X

On trouvera ci-après, dans le cas des égouts en brique, les défauts structuraux tirés du manuel du WRC, 2001.

- Mortier manquant
- Briques déplacées
- Briques manquantes
- Radier abaissé (affaissement)

On trouvera ci-après, dans le cas regards, les principaux défauts structuraux tirés du guide du CNRC.

- Fractures – plan vertical
- Fractures – plan horizontal
- Zones brisées
- Fissure – plan vertical
- Fissure – plan horizontal
- Déformation
- Écrasement
- Dompage de surface

- Cadre endommagé
- Tampon endommagé
- Affaissement de la surface du sol

DÉFAUTS DE FONCTIONNEMENT

On trouvera ci-après les défauts de fonctionnement tirés du manuel du WRC.

- Racines
- Infiltration
- Dépôts
- Débris
- Obstacle
- Niveau d'eau
- Branchements pénétrants

ANNEXE D : NOTATIONS D'ÉTAT

On trouvera ci-après des exemples de défauts et de systèmes de notation d'état élaborés par l'IRC (2001) et la ville d'Edmonton (1996).

Tableau D-1 : Défauts structuraux, codes et poids relatifs aux conduites.

Type de défaut	Code	Unité de mesure	Poids
Fracture – plan vertical (FV)			
- léger (< 3 fractures)	FVL	mètre	5
- modéré (3 à 5 fractures)	FVM	mètre	15
- grave (> 5 fractures)	FS	mètre	20
Fracture – plan horizontal (FH)			
- léger (< 10 mm de large)	FHL	mètre	5
- modéré (10 à 25 mm)	FHM	mètre	15
- grave (> 25 mm)	FHS	mètre	20
Zone brisée (B) (un trou > 100 mm de diamètre ou une zone de 100 mm x 100 mm ou l'équivalent)	B	unité	20
Fissure – plan vertical (CV)			
- léger (aucune fuite)	CVL	mètre	3
- modéré (fuite)	CVM	mètre	8
- grave (fissures multiples, fuites)	CS	mètre	12
Fissure – plan horizontal (CH)			
- léger (aucune fuite)	CHL	mètre	3
- modéré (fuite)	CHM	mètre	8
- grave (fissures multiples, fuites)	CHS	mètre	12
Déformation (D)			
- léger (< 7 % du dia.)	DL	unité	8
- modéré (7 % à 25 %)	DM	unité	12
- grave (> 25 %)	DS	unité	18
Écrasement (X)	X	unité	20
Domage de surface (H)			
- léger (perte d'épaisseur de paroi < 5 mm, décollement du revêtement intérieur)	HL	unité	3
- modéré (perte d'épaisseur de paroi de 5 à 10 mm, armature ou granulat apparent)	HM	unité	12
- grave (perte d'épaisseur de paroi > 10 mm, corrosion de l'armature)	HS	unité	18
Domage au cadre (AD)			
- léger (légère corrosion, ancrages rouillés)	ADL		4
- modéré (forte corrosion, jeu dans les ancrages)	ADM		12
- grave (brisé ou déplacé)	ADS		18

(Source : IRC, 2001).

Domage au tampon (CD)			
- léger (légère corrosion, mauvais ajustement)	CDL		8
- modéré (forte corrosion, fissuré)	CDM	unité	16
- grave (brisé)	CDS	unité	20
Affaissement de la surface du sol (GS)			
- léger (fissuration mineure de la surface de la chaussée)	GSL		5
- modéré (importante fissuration de la chaussée, gros cahots)	GSM		10
- grave (revêtement effrité, trous)	GSS		18

Tableau D-2 : Défauts structuraux, codes et poids des canalisations.

Types de défaut	Code	Unité de mesure	Poids
Fracture longitudinale (FL)			
- léger (< 10 mm de large)	FLL	mètre	5
- modéré (de 10 à 25 mm de large ou de 2 à 4 fractures)	FLM	mètre	10
- grave (> 25 mm de large, 5 fractures ou plus)	FLS	mètre	15
Fracture circonférentielle (FC)			
- léger (< 10 mm de large)	FCL	mètre	5
- modéré (de 10 à 25 mm, ou de 2 à 4 fractures)	FCM	mètre	10
- grave (> 25 mm de large, 5 fracture ou plus)	FCS	mètre	15
Fracture diagonale (D)			
- léger (< 10 mm de large)	FDL	mètre	5
- modéré (de 10 à 25 mm ou de 2 à 4 fractures)	FDM	mètre	10
- grave (> 25 mm de large, 5 fractures ou plus)	FDS	mètre	15
Fractures multiples (FM)	FM	mètre	20
Fissure longitudinale (CL)			
- léger (jusqu'à 3 fissures, aucune fuite)	CLL	mètre	3
- modéré (> 3 fissures, fuite)	CLM	mètre	5
Fissure circonférentielle (CC)			
- léger (jusqu'à 3 fissures, aucune fuite)	CCL	mètre	3
- modéré (> 3 fissures, fuite)	CCM	mètre	5
Fissure diagonale (CD)			
- léger (jusqu'à 3 fissures, aucune fuite)	CDL	mètre	3
- modéré (> 3 fissures, fuite)	CDM	mètre	5
Fissure grave (CS)			
- grave (multiples fissures, fuite)	CS	mètre	10
Déformation (D)			
- léger (modification du diamètre < 5 %)	DL	mètre	5
- modéré (modification de 5 à 10 % du	DM	mètre	10

Types de défaut	Code	Unité de mesure	Poids
- diamètre grave (modification > de 11 à 25 % du diamètre)	DS	mètre	15
Écrasement (X) Le tronçon de canalisation a perdu son intégrité ou la déformation a réduit le diamètre de plus de 25 %.	X	unité	20
Canalisation brisée (B) (> 100 mm de diamètre ou zone > 100 mm x 100 mm ou l'équivalent)	B	unité	15
Déplacement d'un joint (JD)			
- léger (< ¼ de l'épaisseur de la paroi de la canalisation)	JDL	unité	3
- modéré (¼ à ½ de l'épaisseur de la paroi de la canalisation)	JDM	unité	10
- grave (> ½ de l'épaisseur de la paroi de la canalisation)	JDS	unité	15
Ouverture d'un joint (JO)			
- léger (< 10 mm, garniture en place)	JOL	unité	3
- modéré (de 10 à 50 mm, garniture enlevée, fuite)	JOM	unité	10
- grave (> 50 mm, sol visible, fuite)	JOS	unité	15
Dommage de surface (H)			
- léger (perte d'épaisseur de paroi < 5 mm, léger effritement ou usure, piqûres sur conduite métallique)	HL	mètre	3
- modéré (perte d'épaisseur de paroi de 5 à 10 mm, armature ou granulat apparent, corrosion répandue dans une conduite métallique)	HM	mètre	10
- grave (perte d'épaisseur de paroi > 10 mm, armature corrodée, conduite métallique percée par la corrosion)	HS	mètre	15
Affaissement (S)			
- léger (< 50 mm)	SL	mètre	4
- modéré (de 50 à 100 mm)	SM	mètre	10
- grave (> 100 mm)	SS	mètre	15

(Source : IRC, 2001).

On établit la note totale, la note moyenne ou la note de pointe de chaque tronçon entre deux regards de visite. Le tableau D-3 illustre la note de pointe des notations d'état relatives aux défauts structuraux, 0 étant l'état le moins grave et 5, le plus grave.

Tableau D-3 : Note de pointe des notations d'état relatives aux défauts structuraux

Plage de notes de pointe	Notation de l'état structural
0	0
1 à 4	1
5 à 9	2
10 à 14	3
15 à 19	4
20	5

(Source : IRC, 2001).

Notations d'état hydraulique

Le tableau qui suit contient les notations d'état hydraulique de diverses combinaisons de facteurs de charge théoriques (FCT), de facteurs de profil (FP) et de répercussions en amont.

Tableau D-4 : État hydraulique de diverses combinaisons de facteurs de charge

FCT	Répercussions en amont	Notation d'état hydraulique
Moins de 1	Aucune répercussion sur le FP en amont	1
1 à 2,5	Le FP en amont se situe généralement entre 1 et 2. Le lien de canalisation contribue au FP.	2
1 à 2,5	Le FP en amont se situe généralement entre 2 et 3. Le lien de canalisation contribue au FP.	3
2,5 ou plus	Le FP en amont se situe généralement entre 3 et 4. Le lien de canalisation contribue au FP. Il existe un risque d'inondation de sous-sol.	4
2,5 ou plus	Le FP en amont se situe généralement entre 4 et 5. Le lien de canalisation contribue à un FP sérieux. Il existe un risque d'inondation de sous-sol.	5

(Source : Ville d'Edmonton, 1996).

BIBLIOGRAPHIE

Aqua Data, 2001. *Diagnostic du réseau d'égout avec la caméra Aqua Zoom*. Pincourt (Québec). Disponible sur Internet au <http://www.aquadata.com>.

American Society of Civil Engineers (ASCE), 1994. *Existing Sewer Evaluation & Rehabilitation, Engineering Practice No. 62*. États-Unis.

_____, 1997. *Manhole Inspection & Rehabilitation, Engineering Practice No. 92*. États-Unis.

Baur, R. et Herz, R., 2002, *Selective inspection planning with aging forecast for sewer type*, Water Science and Technology, Vol 46, No. 6-7, London, UK.

Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines (CERIU), 1997. *Manual de standardization des observations – inspections télévisées de canalisations d'égout*. Montréal (Québec).

Edmonton (ville), 1996. *Standard Sewer Condition Rating System Report*. Institut de recherche en construction – Conseil national de recherches du Canada. Edmonton (Alberta).

Hunaidi, O. et al. "Detecting leaks in plastic pipes," *Journal of the American Water Works Association – 21st Century Treatment and Distribution*, 92, (2), pp. 82-94, 1er février, 2000 (NRCC-42813), Ottawa (Ontario). <<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/nrcc42813.pdf>>

IRC (Institut de Recherche en Construction), 2001. *Guide pour l'évaluation de l'état et la réhabilitation des égouts collecteurs*. Ottawa (Ontario).

Makar, J.M., 1999. "Diagnostic techniques for sewer systems," *Journal of Infrastructure Systems*, ASCE, 5, (2), juin, pp. 69-78, 1er juin 1999 (NRCC-42828), Ottawa (Ontario). <<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/nrcc42828/nrcc42828.pdf>>

Moselhi, O., Shehab-Eldeen, T., *Inspection of underground sewer and water systems*, Montréal : Concordia University, 2002, 36 p.

NAAPI (North American Association of Pipeline Inspectors), 2003. *NAPPI Manual of Sewer Condition Classification*, CATT/NAPPI, département de Génie civil, Université de Waterloo, Waterloo (Ontario).

National Association of Sewer Service Companies (NASSCO), 1996. *Manual of practices : Wastewater Collection Systems*, Maitland, FL, 2^e édition, 225 p., août.

Guide national pour des infrastructures municipales durables (InfraGuide), 2003a. *Approche intégrée de l'examen et de l'évaluation des réseaux municipaux de voirie, d'égout et d'eau potable*, Ottawa (Ontario).

_____, InfraGuide, 2003b. *Règles de l'art relatives aux données sur les services publics*, Ottawa (Ontario).

_____, InfraGuide, 2003c. *Choix de techniques de réhabilitation ou de remplacement de conduites d'égout*, Ottawa (Ontario).

_____, InfraGuide, 2003d. *Façon d'obtenir des ensembles de données cohérents pour fin de comparaison* (en cours d'élaboration), Ottawa (Ontario).

Stein, D., 2001. *Rehabilitation and Maintenance of Drains and Sewers*, Ernst & Sohn, Berlin.

Pla-Rucki, G. et Eberhard, M., 1995. "Imaging of Reinforced Concrete: State-of-The-Art Review." *Journal of Infrastructure Systems*, ASCE, 1 (2), 134-141.

TTBC (Trenchless Technology British Columbia). « Maintenance & Repair », *Trenchless Technology – A Canadian Prospective Guide*, février. Site Web : <http://www.trenchless-technology.org/repair.html> (dernière visite au site : avril 2004).

Weil, G., 1998. "Detecting the Defects", *Civil Engineering*, ASCE, 59(9), 72-77.

Wirahadikusumah, R., et. al., 1998. "Assessment technologies for sewer system rehabilitation", *Automation in Construction*, vol. 7, pp. 259–270.

WRc (Water Research Centre), 1993. *Manual of Sewer Condition Classification*, UK.
