

MANUEL

Réseaux d'égouts : Pathologies, diagnostics et interventions pour les conduites gravitaires

2^e édition



INFRASTRUCTURES
SOUTERRAINES

Avec la participation financière de :

Québec 

MISSION DU CERIU

Mettre en œuvre toute action de transfert de connaissance et de recherche appliquée pouvant favoriser le développement du savoir-faire, des techniques, des normes et des politiques supportant la gestion durable et économique des infrastructures et la compétitivité des entreprises qui travaillent dans le secteur.



ISBN 978-2-9821305-9-3 (PDF)

publié précédemment par le ministère des Affaires municipales, des Régions
et de l'Occupation du territoire, ISBN 978-2-550-64156-8



La reproduction de ce document par quelque procédé que ce soit et sa traduction,
même partielles, sont interdites. Tous droits réservés © CERIU, 2023.

À PROPOS

LE CERIU

Fondé en 1994, le Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines (CERIU) est un organisme sans but lucratif **né du besoin de réhabiliter les infrastructures municipales de façon performante et à des coûts acceptables.**

Grâce à l'expertise variée de ses **185 membres organisationnels** regroupant municipalités, entreprises, ministères, laboratoires et institutions d'enseignement et à son approche unique axée sur le partenariat et la concertation, le CERIU est le seul organisme à offrir une perspective intégrée en regard des enjeux reliés aux infrastructures urbaines.

Véritable centre d'innovation, le CERIU vise à changer les mentalités et les habitudes afin de promouvoir de nouvelles manières de faire plus efficaces et plus économiques ainsi qu'à développer des outils adaptés aux besoins des municipalités et des entreprises de services publics.

—

LE CONSEIL PERMANENT INFRASTRUCTURES SOUTERRAINES DU CERIU (CP-ISO)

Le Conseil permanent Infrastructures souterraines œuvre à appuyer et soutenir le développement de l'expertise et des meilleures pratiques en matière de développement durable des infrastructures municipales souterraines par des activités de normalisation, de diffusion, de formation, de recherche, de veille et de transfert technologique.



REMERCIEMENTS

La mise à jour de ce manuel est réalisée grâce à la participation financière du ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH).

La réalisation de ce document, pilotée par le CERIU en collaboration avec ses partenaires de son conseil permanent Infrastructures souterraines, n'aurait pu être possible sans le dévouement et les précieuses contributions des membres du comité de travail. Nous les remercions pour leur disponibilité et leur enthousiasme tout au long du projet.

L'ÉQUIPE DE RÉDACTION INITIALE (2012)

Recherche et rédaction initiale

- Benoit Grondin, ing.
- Marie -Élaine Desbiens, ing.

Révision linguistique

- Sonia Pitre

L'ÉQUIPE DE RÉVISION (2023)

Recherche et rédaction

- Piero Salvo, ing. M. Ing. (GAME Consultants)

Révision linguistique

- Louise Lavoie (GAME Consultants)

Coordination

- Celia Abbas, ing, M. Ing, chargée de projets au CERIU

MEMBRE DU COMITÉ DE TRAVAIL (RÉVISION 2023)

NOM ET TITRE	FONCTION	ORGANISATION
Salamatou Amadou Modieli, ing., M. ing, PMP (*)	Coordonnatrice de projets et responsable des programmes PAC-MACP-LACP	CERIU
Soudabeh Azarnia, ing.	Chargée de projet Direction des programmes d'infrastructures d'eau - Montréal	MAMH
Claude Couillard, ing.	Ambassadeur	CERIU
Driss Ellassraoui, ing. MBA	Chef de division Division planification et gestion des actifs	Ville de Laval
Sandra Gelly, ing.	Chargée de projet	Tetrattech
Marc-Didier Joseph, ing, M. Ing (*)	Directeur de projets – Portrait des infrastructures en eau des municipalités du Québec	CERIU
Amélie Legros, ing.	Vice-présidente	Soleno Service Inc.
Mélina Lessard, ing.	Direction de l'hydraulique Direction générale des structures	MTMD
Lila Touahria, ing.	Chef d'équipe - Réhabilitation aqueduc et égout	Ville de Montréal
Caroline, Verreault, ing. M. Sc.	Coordonnatrice PIEMQ et projets spéciaux Direction de la gestion stratégique de l'eau	MAMH

(*) Consultation

LES MODIFICATIONS APPORTÉES AU MANUEL

Lors de la révision du manuel, la première étape était de faire une mise à jour du document, de valider l'utilisation des technologies d'auscultation présentées et la pertinence d'avoir des exemples d'analyses de problématiques avec la codification.

Il a été convenu que les exemples présentés dans la version 2012 du document ne feraient pas partie de la version 2023. Il est important de noter que les prix offerts par les entrepreneurs varient selon le volume d'inspection à faire, la complexité de la signalisation et la région des travaux et ne seront pas traités dans ce document.

Une technologie d'auscultation présentée en 2012, l'essai de verrinage ne fait plus partie de la version 2023 parce qu'elle a seulement été utilisée comme projet pilote et qu'il n'y a pas eu de projet concret par la suite au Québec.

CONTEXTE D'UTILISATION DU MANUEL

Les gestionnaires et intervenants techniques intéressés par la gestion des réseaux d'égouts pendant leur cycle de vie pourront trouver, à travers ce manuel, des informations leur permettant de comprendre les liens existants entre les défauts que l'on retrouve dans les conduites d'égout, leurs conséquences éventuelles et les mesures à prendre pour les corriger. Le présent document vise donc à fournir les informations nécessaires pour que les utilisateurs puissent :

- Être en mesure d'identifier et d'évaluer les principaux défauts relevés ;
- Reconnaître les symptômes, les causes et les conséquences des défauts constatés ;
- Comprendre les facteurs influençant le taux de dégradation de l'état des conduites ;
- Être en mesure de poser un diagnostic de l'état d'une conduite d'égout ;
- Identifier les techniques d'intervention disponibles dans les réseaux d'égouts, selon le stade de détérioration ;
- Comprendre le système de pointage rapide du PACP et la cote maximale ;
- Recommander la meilleure intervention selon la nature, la gravité et l'étendue des défauts.

SECTION 1

Décrit les défauts et dégradations des conduites d'égouts ;

SECTION 2

Énumère pour chaque déficience, les symptômes permettant de détecter les causes possibles, les mesures correctrices générales ;

SECTION 3

Décrit les principaux facteurs influençant la vitesse de dégradation de l'état des conduites ;

SECTION 4 ET 5

Décrivent les outils d'auscultation et les techniques d'intervention à privilégier à différentes périodes du cycle de vie de la conduite ;

SECTION 6

Présente et discute la détermination des types d'intervention.

TABLE DES MATIÈRES

À PROPOS	I
REMERCIEMENTS	II
LES MODIFICATIONS APPORTÉES AU MANUEL	IV
CONTEXTE D'UTILISATION DU MANUEL	V
TABLE DES MATIÈRES	VI
LISTE DES FIGURES	VIII
LISTE DES TABLEAUX	IX
LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES	XI
INTRODUCTION	1
HISTORIQUE	2
1_ DÉFAUTS ET DÉGRADATION DES CONDUITES D'ÉGOUT	3
1.1_ PROBLÉMATIQUES FONCTIONNELLES	3
1.2_ PROBLÉMATIQUE STRUCTURALE	17
2_ FACTEURS INFLUENÇANT LE TAUX DE DÉGRADATION DE L'ÉTAT DES CONDUITES	34
2.1_ ACTIVITÉS HUMAINES EN SURFACE OU SUR DES INFRASTRUCTURES À PROXIMITÉ	34
2.2_ CHANGEMENT D'AFFECTATION DU SOL	34
2.3_ NATURE DES EFFLUENTS	35
2.4_ TYPES DE SOL	35
2.5_ IMPORTANCE DU DÉFAUT	37
2.6_ SURCHARGE HYDRAULIQUE	38
2.7_ FORMATION DE VIDES	39
3_ DIAGNOSTICS	41
3.1_ TYPES DE DIAGNOSTICS	41
3.2_ OUTILS ET TECHNIQUES D'AUSCULTATION	43
4_ ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES CONDUITES	51
4.1_ LE NIVEAU D'ÉTAT MAXIMAL	51
4.2_ LE POINTAGE RAPIDE	51
4.3_ LE POINTAGE DE SECTION ET POINTAGE GLOBAL	52
4.4_ L'INDICE D'ÉTAT DE LA CONDUITE	52

5_ FAMILLES D'INTERVENTIONS SELON LE CYCLE DE VIE	53
5.1_ ENTRETIEN PRÉVENTIF	54
5.2_ ENTRETIEN RÉPARATIF	56
5.3_ RÉHABILITATION STRUCTURALE	57
6_ DÉTERMINATION DES INTERVENTIONS	64
6.1_ PREMIÈRE ÉTAPE : VALIDER LE RAPPORT DE L'INSPECTION TÉLÉVISÉE ET IDENTIFIER LES DÉFAUTS	64
6.2_ DEUXIÈME ÉTAPE : DÉFINIR LES INTERVENTIONS REQUISES POUR CORRIGER CHACUN DES DÉFAUTS OBSERVÉS	64
6.3_ TROISIÈME ÉTAPE : DÉFINIR LA SOLUTION D'INTERVENTION POUR CORRIGER L'ENSEMBLE DES DÉFAUTS RENCONTRÉS	66
6.4_ QUATRIÈME ÉTAPE : DÉTERMINER LA SOLUTION LA PLUS ÉCONOMIQUE EN CONSIDÉRANT LES AUTRES INFRASTRUCTURES PRÉSENTES	67
7_ CONCLUSION	68
RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE	69



LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Exemple d'une conduite montrant des signes de mise-en-charge (dépôts graisseux de 10 h à 11 h et de 1 h à 2 h)	5
Figure 2 - Inondation d'une autoroute en raison d'un manque de capacité de l'égout	6
Figure 3 - Exemple d'une infiltration à travers un joint non étanche	7
Figure 4 - Possibilités d'exfiltration et infiltration dans les réseaux d'égouts	9
Figure 5 - Mécanisme d'érosion du sol cohésif lors de l'infiltration/exfiltration	10
Figure 6 - Mécanisme d'érosion du sol non cohésif lors de l'infiltration/exfiltration	10
Figure 7 - Exemple d'obstruction	11
Figure 8 - Croisement d'égout	12
Figure 9 - Blocage provoqué par la présence de racines	13
Figure 10 - Exemple d'un bas fond	15
Figure 11 - Illustration du déplacement d'une caméra de télévision dans un bas-fond	15
Figure 12 - Illustration du mécanisme de création d'un bas-fond	16
Figure 13 - Modèle théorique de la dégradation d'une conduite	18
Figure 14 - Exemple d'une fissure circulaire	20
Figure 15 - Fissures longitudinales à 10 h, 2 h	21
Figure 16 - Schéma d'une fissure longitudinal	21
Figure 17 - Fissure longitudinale dans la région du joint de la conduite résultant d'une force radiale trop forte	22
Figure 18 - Fissure longitudinale dans la région du joint de la conduite résultant d'une déviation positionnelle	22
Figure 19 - Exemple de fissures multiples de 11 h à 13 h	23
Figure 20 - Fissures multiples tirant leur origine d'un point	23
Figure 21 - Exemple de trou dans la conduite avec sol visible	25
Figure 22 - Exemple d'une conduite déformée	26
Figure 23 - Schéma des différents types de déformation d'une conduite circulaire	26
Figure 24 - Illustration des trois étapes de la perte de support latéral pour une conduite en brique	30
Figure 25 - Chute du radier	31
Figure 26 - Perte de briques à la couronne	32
Figure 27 - Exemple d'abrasion du radier d'une conduite	35
Figure 28 - Exemple de corrosion par une attaque au H ₂ S	35
Figure 29 - Illustration d'un vide important dans le cas d'une conduite en brique	39
Figure 30 - Illustration de la création du vide par la fluctuation du niveau d'eau dans la conduite	40
Figure 31 - Appareil permettant la localisation de conduites	43
Figure 32 - Illustration de l'utilisation d'une antenne pour procéder à l'auscultation à l'aide d'un radar	44
Figure 33 - Inclinomètre et image type d'un visionnement	45
Figure 34 - Exemple d'un profilomètre au laser	45
Figure 35 - Gabarit	46

Figure 36 - Caméra à téléobjectif	48
Figure 37 - Caméra d'inspection à l'intérieur d'une conduite	48
Figure 38 - Exemple d'une caméra télescopique	49
Figure 39 - Image type d'inspection	49
Figure 40 - Sonar seul	49
Figure 41 - Illustration du cycle de vie d'une infrastructure	53
Figure 42 - Représentation des quatre phases du cycle de vie d'un actif et des types d'interventions recommandées	54
Figure 43 - Exemples d'outils pour aléser les obstructions dans une conduite	56
Figure 44 - Illustrations de la technique de chemisage	58
Figure 45 - Exemple de tubage segmenté	59
Figure 46 - Exemple de tubage déformé	59
Figure 47 - Exemple de tubage ajusté	60
Figure 48 - Exemple d'insertion conventionnelle	60
Figure 49 - Exemple de chemisage ponctuel	61
Figure 50 - Exemples de manchons internes	61
Figure 51 - Éclatement de conduite	62
Figure 52 - Microtunnelier	63

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Sommaire des étapes de problématiques fonctionnelles	4
Tableau 2 - Sommaire des étapes de problématiques structurales	19
Tableau 3 - Risque de lessivage vs types de sol	36
Tableau 4 - Risque de migration de particules de sol vs l'importance du défaut	37
Tableau 5 - Risque de lessivage vs les conditions hydrauliques	38

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

BNQ	Bureau de normalisation du Québec
CCTV	Caméra tractée (<i>Closed-circuit television</i>)
CERIU	Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines
MACP®	Programme de certification visant l'évaluation de l'état des regards (<i>Manhole Assessment and Certification Program</i>)
MAMH	Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation
MAMOT	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire
NASSCO	<i>National Association of Sewer Service Companies</i>
PACP®	Programme de certification visant l'évaluation de l'état des conduites (<i>Pipeline Assessment and Certification Program</i>)
PE	Tuyaux en polyéthylène
PP	Tuyaux en polypropylène
PRV	Tuyaux en polymère renforcé de verre
PVC	Tuyaux en polychlorure de vinyle
TO	Caméra à téléobjectif – appelée aussi Zoom
TTOG	Tuyau en tôle ondulée galvanisé
WRc	<i>Water Research Centre</i>

—

INTRODUCTION

—

INTRODUCTION

La première version de ce manuel, publiée en 2012, a permis de bien faciliter l'identification des défauts des conduites d'égouts et de pouvoir juger de leur sévérité, aussi de connaître les symptômes et les causes de ces défauts et être en mesure d'anticiper leurs conséquences.

Ce manuel représente une mise à jour à la suite de l'évolution des techniques d'auscultation et de réhabilitation concernant les réseaux d'égouts.

Comme partout en Amérique du Nord, les villes du Québec ont des réseaux souterrains (eau potable et égouts) qui nécessitent des travaux de réhabilitation et des remplacements sur une base continue afin d'assurer leur pérennité. À l'origine, le Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH) a décidé de prendre l'initiative de jouer le rôle de catalyseur dans la création de formations et de manuels d'accompagnement pour développer la connaissance dans ce domaine et en faire la promotion.

Depuis plus de vingt ans, différentes organisations sonnent l'alarme quant à l'état avancé de détérioration de nos infrastructures urbaines. Celles-ci exigent des réparations coûteuses se chiffrant en milliards de dollars. Chacun connaît l'importance des infrastructures urbaines pour toutes les activités humaines. Cependant, leur détérioration est telle qu'elle risque de mettre en péril la santé économique du Québec et du Canada. Les gestionnaires et les décideurs ont besoin de méthodes efficaces pour évaluer l'état des infrastructures et de technologies innovatrices pour assurer leur réfection on de manière économique et durable.

En 2005, pour s'assurer que les interventions sur les réseaux aient fait l'objet d'une analyse structurée, le gouvernement du Québec, par l'intermédiaire du MAMH, a décidé de promouvoir la réalisation de plans d'intervention auprès des villes et municipalités, en produisant et diffusant un guide d'élaboration des plans d'intervention des conduites d'eau potable et d'égout. À partir de ce moment, les municipalités du Québec ont commencé à se doter d'outils permettant d'avoir une meilleure connaissance de leurs conduites et de prioriser celles nécessitant des interventions. Suite à la révision de ce guide en 2013, afin d'ajouter l'égout pluvial et les chaussées, les villes et les municipalités ont poursuivi des activités visant à améliorer la connaissance de leurs réseaux par le biais de la réalisation de nouveaux plans d'intervention. De plus, également grâce à la participation financière de MAMH, le Portrait des infrastructures en eau des municipalités du Québec (PIEMQ) a permis de documenter et de dresser un bilan plus juste de la situation globale en ce qui concerne notamment les réseaux d'eau des municipalités québécoises. La pérennité de ces actifs fait maintenant partie des priorités de l'ensemble des acteurs municipaux.

HISTORIQUE

La canalisation des eaux usées existe depuis plusieurs millénaires. Ce n'est qu'au milieu du XIXe siècle que les autorités des villes canadiennes ont pris conscience de la nécessité de canaliser et d'évacuer les eaux usées afin d'éliminer les risques pour la santé publique. Les premières conduites mises en terre étaient fabriquées de bois et, au fur et à mesure de l'évolution des techniques et des connaissances, le grès, la brique, la pierre et le béton ont fait leur apparition. Plusieurs de ces conduites sillonnent encore le sous-sol de nos villes les plus anciennes.

Au fil du temps, d'autres matériaux sont apparus : le béton armé, l'amiante-ciment, l'acier, le PVC, le PE (polyéthylène) plus récemment, le PRV et le PP (polypropylène). Certains matériaux sont considérés rigides à savoir le béton, béton armé, fonte ductile, acier, l'amiante ciment et fonte grise, et flexibles à savoir le PVC, le PRV, le PP, le TTOG et le PE.

Le comportement de la plupart de ces matériaux est connu. Le modèle de détérioration développé par le *Water Research Center* (WRC) peut être appliqué pour comprendre et anticiper les dégradations que l'on retrouve dans les matériaux rigides. Par contre pour les matériaux flexibles, relativement plus récents, ils exigeront un suivi mettant en relation les défauts observés et leur mode de détérioration dans le temps afin de vérifier si les détériorations de ces matériaux répondent au modèle du WRC.

Pour faciliter l'identification des défauts et pour juger de leur sévérité ainsi que des risques pour la pérennité de la conduite, il est important d'en connaître les symptômes et les causes de ces défauts et de pouvoir anticiper leurs conséquences. D'autre part, plusieurs facteurs additionnels (autant externes qu'internes) à la conduite elle-même peuvent influencer le taux auquel ces défauts pourraient s'aggraver.

On peut se demander s'il existe des causes autres que l'âge pour expliquer l'état de détérioration de certaines conduites d'égout. En effet, pourquoi deux conduites du même âge et de fabrication semblable présentent-elles des états structuraux différents ? Cette section propose des réponses à cette question :

- L'installation d'une conduite peut avoir été déficiente à cause de mauvaises pratiques de construction ou de l'utilisation de méthodes inadéquates, compte tenu de l'environnement dans lequel la conduite a été installée ;
- La conduite peut avoir été endommagée lors de travaux sur une infrastructure adjacente ;
- Les critères de conception peuvent être périmés à la suite des modifications au niveau de la demande de service ou à l'environnement physique dans lequel la conduite est enfouie.

Toutes ces raisons qui expliquent l'état de certaines conduites ne nous informent cependant pas sur les conséquences de leur dégradation future. Pour comprendre l'évolution de la dégradation à partir d'un défaut initial, il est utile de connaître entre autres la nature du sol environnant la conduite, les régimes hydrauliques internes et externes à la conduite et l'environnement physique de la conduite, responsable des charges auxquelles la conduite est soumise.

Toutes ces informations sont à la base du modèle de détérioration développé par le WRc que nous avons adopté dans ce document. Ce modèle identifie trois stades d'évolution des défauts : défaut initial, l'aggravation de ce défaut et la défaillance totale (structurale ou hydraulique) de la conduite. Les paragraphes qui suivent répertorient, de façon succincte, les défauts fonctionnels, leurs symptômes, leurs causes, leurs conséquences et les orientations générales quant aux types d'interventions à faire pour les corriger.

1.1_ PROBLÉMATIQUES FONCTIONNELLES

Cette section regroupe plusieurs défauts fonctionnels parmi les plus courantes. Il est important de leur porter toute l'attention nécessaire, car elles peuvent entraîner des conséquences néfastes pour les usagers. Cinq types de défauts fonctionnels seront présentés : capacité hydraulique insuffisante, infiltration/exfiltration, obstructions, racines et bas-fonds. Une déficience supplémentaire provenant des caractéristiques de construction, soit les déviations horizontales ou verticales, est ajoutée, car les conséquences touchent la fonctionnalité de la conduite.

Le [tableau 1](#) présente un sommaire des problématiques fonctionnelles, les symptômes, les causes possibles, les conséquences et les mesures correctrices.

Tableau 1: Sommaire des étapes de problématiques fonctionnelles

PROBLÉMATIQUE FONCTIONNELLE	SYMPTÔMES	CAUSES POSSIBLES	CONSÉQUENCES	MESURES CORRECTRICES
Capacité hydraulique insuffisante	Mise en charge des conduites	Mauvais entretien, mauvaises conceptions	Refoulements ou déversement, risque de lessivage du sol, aggraver certains défauts structuraux existants	Entretien périodique, réhabilitation hydraulique
Infiltration / Exfiltration	Incrustation, défauts aux joints, des bas-fonds, l'érosion du radier	Nappe phréatique élevée, mauvaise installation de la conduite, déficience de garniture	Contamination de la nappe, lessivage du sol, l'effondrement	Réhabilitation sans-tranchée ou excavation dans le cas de bas-fonds.
Obstructions	Augmentation du niveau d'eau, accumulation de débris	Mauvaises pratiques de construction, mauvais entretiens	Accumulation de dépôts, restriction du débit, refoulements	Nettoyage pour enlever les obstructions
Racines	Pénètre dans la conduite à partir de joints défectueux, des raccordements ou de défauts structuraux	Endroit où l'égout n'est pas étanche La présence d'arbres au-dessus de la conduite	Réduction de la capacité hydraulique, risques de blocage, dommage à la paroi causée par le nettoyage excessif	Alésage des racines, produits inhibiteurs de racine (si permis), réhabilitation sans-tranchée
Bas-fonds	Accumulation d'eau dans la conduite	Joint défectueux, Perte de support de la conduite au joint, mauvaise connexion du joint	Accumulation d'eau et de dépôts	Excavation ponctuelle pour réparer le bas-fond.

1.1.1_ CAPACITÉ HYDRAULIQUE INSUFFISANTE

Une capacité hydraulique insuffisante signifie que la conduite ne permet pas d'évacuer les eaux usées recueillies.

Symptômes

On peut détecter une capacité hydraulique insuffisante par l'observation de la mise en charge de conduites conçues pour s'écouler de façon gravitaire ([voir la figure 1](#)). Finalement, ces situations s'aggraveront et des refoulements d'égouts se produiront.

Un autre indice de capacité hydraulique insuffisante est la présence de traces d'eau ou de résidu (ex. graisse) à la couronne de la conduite. Dans le cas de la graisse, elle est plus légère que l'eau et se dépose sur la paroi de la conduite au niveau de l'écoulement. Ce n'est que lorsque la conduite coule à plein débit que la graisse peut se déposer au niveau de la couronne. Finalement, un manque de capacité hydraulique pourra se manifester par des refoulements de l'égout ou des odeurs dégagées par l'égout. La consultation des plaintes de refoulements pourra indiquer une réduction de la capacité hydraulique à des endroits spécifiques.



Figure 1: Exemple d'une conduite montrant des signes de mise-en-charge (dépôts graisseux de 10 h à 11 h et de 1 h à 2 h) (Ville de Montréal)

Causes possibles

Plusieurs situations peuvent expliquer une insuffisance de capacité hydraulique. D'abord, cela peut être causé par un mauvais entretien, une mauvaise conception ou encore des changements d'affectation du sol (urbanisme et zonage) durant la vie utile de la conduite, entraînant une augmentation des débits d'eaux usées à véhiculer par la conduite ou le réseau.

Ensuite, des défauts liés à l'étanchéité du réseau peuvent faire en sorte d'augmenter les débits d'infiltration dans la conduite. Finalement, différents types d'obstructions (accumulation de débris ou effondrement de conduite) peuvent occasionner des refoulements ponctuels dans une conduite d'égout et faire croire à une insuffisance hydraulique de la conduite.

Conséquences

Les conséquences d'une insuffisance de la capacité hydraulique sont d'abord des risques pour la santé publique et pour l'environnement lors de refoulements ou de déversements par trop-pleins. De plus, une capacité hydraulique insuffisante, même si elle ne se matérialise pas par des refoulements, crée des cycles de surcharge dans la conduite, ce qui augmente les risques de lessivage du sol enrobant la conduite lorsqu'il y a présence de défauts structuraux (fissures, fractures, joints ouverts/décalés, etc.) et les risques d'accélérer la dégradation de défauts structuraux. Finalement, lors de refoulements d'égouts dans les résidences ou les commerces, la ville s'expose à des poursuites en justice, ce qui peut engendrer des conséquences financières importantes.



Figure 2: Inondation d'une autoroute en raison d'un manque de capacité de l'égout

Mesures correctrices

Selon la cause du problème, différentes actions peuvent être entreprises pour corriger la situation. À titre d'exemple, citons les actions suivantes :

- Des mesures liées à l'entretien (programme périodique de nettoyage) ;
- Des mesures liées à la réhabilitation hydraulique (séparation des réseaux d'égouts, élimination de l'infiltration et du captage) ;
- Des mesures liées à la conception du réseau lui-même (augmentation du diamètre de la conduite, développement de solutions alternatives de drainage pluvial telles que le contrôle des eaux en surface).

1.1.2_ INFILTRATION/EXFILTRATION

Comme cité précédemment, l'infiltration et les eaux de captage peuvent causer une surcharge hydraulique dans les réseaux d'égouts. L'infiltration et les eaux de captage peuvent aussi être la source des dommages structuraux causés aux éléments constituant le réseau d'égouts (par migration des particules de sol provenant de l'enrobage ou de l'assise de la conduite). Ces problèmes ont tendance à croître avec le temps et le fait de reporter une intervention peut entraîner de sérieux problèmes tels que l'effondrement de certains tuyaux. Les vides créés dans le sol par la migration des particules peuvent eux aussi causer des dommages aux infrastructures avoisinantes (eau potable, routes, utilités publiques). L'infiltration n'est pas nécessairement visible lors des inspections par temps sec ou en période de nappe basse. Il faut aussi noter qu'une absence d'infiltration n'indique pas nécessairement que l'égout n'a aucun défaut.

La présence de joints non étanches, (voir la figure 3) où la présence des défauts structuraux peuvent entraîner de l'exfiltration de l'eau qui circule dans la conduite vers l'extérieur de celle-ci. Dans le cas des conduites gravitaires, l'exfiltration peut se produire, soit lorsque la partie endommagée se trouve dans la section mouillée de la conduite (radier) et au-dessus du niveau de la nappe phréatique, ou encore lorsqu'il y a surcharge dans la conduite et que la pression interne est supérieure à la pression externe.



Figure 3 : Exemple d'une infiltration à travers un joint non étanche

Symptômes

Les infiltrations sont visibles lorsque le niveau de la nappe phréatique se situe au-dessus du niveau de la conduite et que la nappe phréatique pénètre dans la conduite par les joints ou les défauts non étanches. Les infiltrations sont accompagnées ou non de dommages visibles. Par exemple, défauts aux joints ou encore défauts sur la conduite elle-même, aux raccordements ou aux regards. Outre la présence d'eau qui pénètre dans la conduite, on peut noter des accumulations de dépôts calcaires aux joints ou aux endroits où une déficience structurale est identifiée.

Parmi les causes de l'exfiltration: des bas-fonds localisés, l'érosion du radier dans le cas des conduites préfabriquées, ou l'affaissement du radier dans le cas des conduites en brique.

Causes possibles

L'infiltration peut être causée par un haut niveau de la nappe phréatique ou par une fuite de conduite d'eau située à proximité, combinée à la présence de joints ou de raccordements non étanches, des matériaux avec défauts du manufacturier ou par la présence de défauts structuraux.

Jointes ou raccordements non étanches

Les différentes situations menant à la perte d'étanchéité aux joints ou raccordements sont les suivantes :

- Une garniture manquante ou mal installée ;
- Une mauvaise préparation du joint (saleté ou lubrifiant inappropriés) ;
- Un matériel ou un produit d'étanchéité utilisé à la mauvaise température ;
- Un emboîtement non centré des conduites, causé par un mauvais appareillage ou une méthode inadéquate d'installation ;
- Une mauvaise fusion des joints dans le cas des conduites en polyéthylène ;
- Un manque de flexibilité dans la connexion entre la conduite et la structure (regard) ;
- Un raccordement ajouté sans sellette ou un percement avec un mauvais outil (défoncé au marteau et cimenté) ;
- Des méthodes inappropriées de nettoyage des conduites (trop agressives) ;
- La séparation des agrégats du béton composant la conduite ;
- Une mauvaise compaction du sol encaissant ;
- Des fissures de retrait excédant les tolérances ;
- Une mauvaise adhérence entre le béton et l'armature (tuyau en béton armé (TBA)) ;
- Des conduites endommagées lors de l'entreposage, du transport ou de l'installation.

La figure 4 illustre les conditions favorisant les phénomènes d'infiltration / exfiltration dans les conduites gravitaires, sous pression et sous vide.

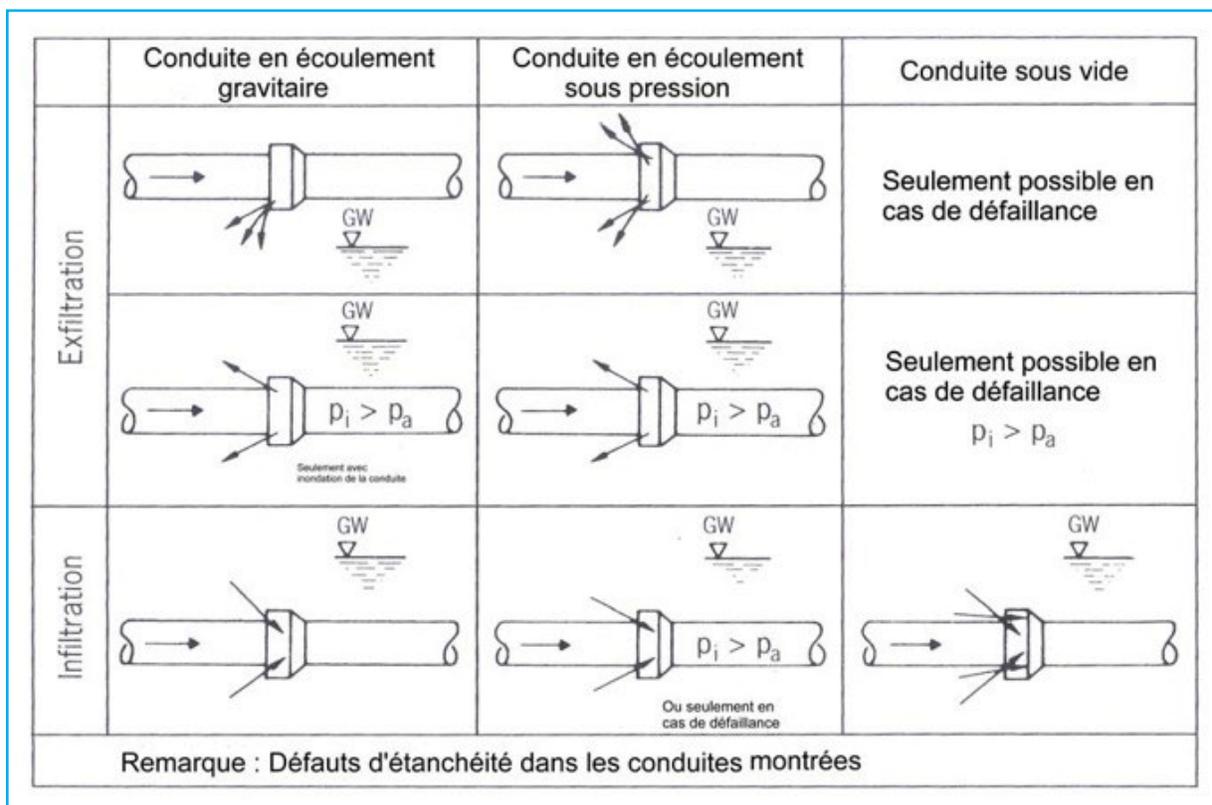


Figure 4 : Possibilités d'exfiltration et infiltration dans les réseaux d'égouts¹

P_a : pression externe à la conduite (nappe phréatique)

P_i : pression interne dans la conduite

Conséquences de l'infiltration / exfiltration

Les conséquences de l'infiltration/exfiltration sont des dommages physiques aux infrastructures (conduites, routes), des risques pour l'environnement (contamination de la nappe) et des risques pour la santé humaine (contamination de la nappe phréatique, source d'eau potable).

Les phénomènes d'infiltration/exfiltration se matérialisent par la circulation de l'eau, de l'extérieur vers l'intérieur ou de l'intérieur vers l'extérieur de la conduite, entraînant des risques de lessivage du sol environnant la conduite (assise et enrobage) et, au final, l'effondrement des sections de conduite où les vides se produisent. Les figures 5 et 6 illustrent le phénomène du lessivage des particules de sol attribuable à l'infiltration / exfiltration.

¹ Tiré et traduit de *The Rehabilitation and Maintenance of Drains and Sewers*, Stein, 2001.

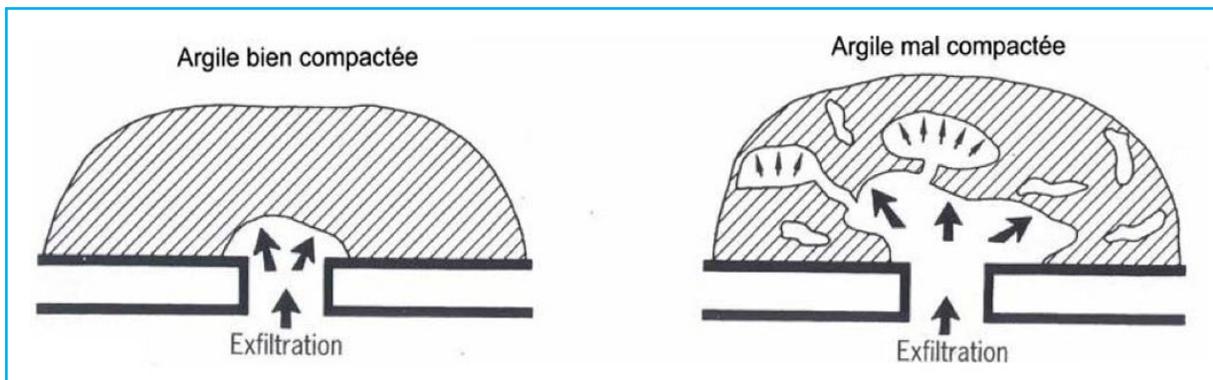


Figure 5 : Mécanisme d'érosion du sol cohésif lors de l'infiltration/exfiltration²

Les conséquences peuvent être perceptibles à plusieurs niveaux et dans plusieurs activités reliées à la collecte et au traitement des eaux usées. Une liste non exhaustive est fournie ci-après :

- Augmentation de la quantité d'eau à traiter et des matières en suspension à éliminer, cela se traduisant par des augmentations des coûts de traitement et des pertes d'efficacité ;
- Demande d'entretien plus importante à cause des dépôts ;
- Augmentation de la charge hydraulique pour tout le réseau ;
- Abaissement de la nappe phréatique avec des risques de dommages aux structures et à la végétation ;
- Lessivage de l'assise et de l'enrobage de la conduite, risquant de créer des défauts (bas-fonds, défauts, effondrements, etc.) ;
- Création de vides autour de la conduite ;
- Risque de pénétration de racines.

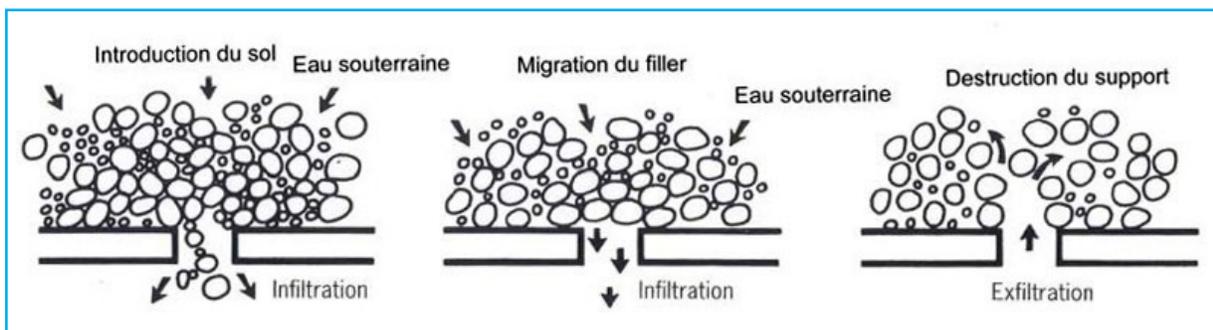


Figure 6 : Mécanisme d'érosion du sol non cohésif lors de l'infiltration / exfiltration³

² Tiré et traduit de *The Rehabilitation and Maintenance of Drains and Sewers*, Stein, 2001.

³ Tiré et traduit de *The Rehabilitation and Maintenance of Drains and Sewers*, Stein, 2001.

Mesures correctrices

Les interventions recommandées doivent avoir pour but d'éliminer la circulation de l'eau de l'intérieur vers l'extérieur et vice versa. On retrouve parmi les mesures correctrices l'élimination de l'infiltration par colmatage aux joints et aux défauts mineurs ainsi que la réparation ponctuelle, par méthodes sans-tranchée ou par excavation, des défauts plus importantes. Tous les joints doivent être testés (par essai d'étanchéité) et, au besoin, colmatés, que l'on ait constaté ou non de l'infiltration, car cela permet d'éviter que les eaux d'infiltration ne migrent à proximité des joints colmatés.

1.1.3_ OBSTRUCTIONS

Les obstructions (voir la figure 7) sont des objets ou des matériaux présents dans la conduite et qui limitent la circulation de l'eau en diminuant l'espace disponible; les structures comme les réducteurs ne sont pas considérées comme des obstructions. Les obstructions sont, par exemple, des dépôts durs (dépôts de longue date durcis), des objets intrusifs, des incrustations (calcaire) ou encore des objets véhiculés par les eaux (dépôts ou objets). À noter que ce document utilise le terme obstruction différemment du PACP.



Figure 7: Exemple d'obstruction

Symptômes

La présence d'obstructions peut être identifiée par l'augmentation du niveau d'eau, sans qu'il y ait une modification de l'alignement horizontal de la conduite ou signalement de plaintes de refoulements ou d'odeurs.

Causes possibles

Les causes de ces défauts sont notamment des pentes trop faibles (à la conception), de pratiques non conformes de construction (pas de nettoyage avant la mise en service, oubli d'objets dans la conduite, etc.), un mauvais entretien, une mauvaise installation d'une garniture d'étanchéité, des pièces de conduite qui se sont détachées ou encore le résultat de l'infiltration. Ils peuvent aussi être dus à l'intervention d'un tiers ou à l'installation d'une infrastructure dont le profil croise celui de l'égout.

Conséquences

Lorsque les dépôts ne sont pas enlevés régulièrement, ils se fixeront et durciront sur place, selon leur nature et avec le temps. Les dépôts proviennent en général des eaux usées industrielles et commerciales, de l'eau de surface et de l'eau d'infiltration.

Les objets intrusifs peuvent être des poteaux, des tiges d'ancrage qui passent à travers une conduite, des lances d'injection ou de forage, des branchements pénétrants ou des conduites qui traversent (eau potable, gaz). Ils créent une restriction de la section et peuvent engendrer l'accumulation de débris et, éventuellement, de refoulements.

Mesures correctrices

Pour éviter que des dépôts s'accumulent et deviennent des obstructions, il est recommandé de procéder au nettoyage périodique des réseaux d'égouts. Certaines sections de conduites pourront nécessiter une fréquence de nettoyage plus grande. Certains types d'obstructions peuvent être retirés par alésage, tandis que d'autres devront être retirés par excavation ponctuelle ou par reconstruction complète.

1.1.3.1_ Obstructions – croisement d'égout

Les obstructions – croisement d'égout (voir la figure 8) sont généralement des conduites de réseau technique urbain, soit de gaz, de télécommunications ou d'autres conduites qui traversent l'égout existant et qui limitent la circulation de l'eau en diminuant l'espace disponible.

Symptômes

L'accumulation de débris autour de l'obstruction créée par une tierce partie peut engendrer l'abandon du nettoyage et de l'inspection CCTV.



Figure 8 : Croisement d'égout
(crédit-photo : Énergir)

Causes possibles

Ces défauts sont généralement causés par des tierces parties lors de l'installation de nouvelles conduites avec des méthodes de forage dirigé (un mauvais alignement de la conduite, la présence d'une conduite existante imprévue ou mal localisée avant les travaux de forage). Ils peuvent aussi être dus à l'installation d'une infrastructure dont le profil croise celui de l'égout. Dans les situations où la déviation d'une conduite d'eau potable ou d'utilité publique requiert une intervention importante, la conduite est parfois installée délibérément à travers un égout existant.

Conséquences

Les objets intrusifs qui passent à travers une conduite peuvent avoir deux effets néfastes pour celle-ci.

Premièrement, le bris d'une conduite de gaz pénétrante, lors des opérations de nettoyage de l'égout par exemple, peut engendrer une situation catastrophique. Dans le cas des conduites de télécommunications, l'accrochage de celles-ci peut entraîner des interruptions de service aux clients desservis. Dans le cas d'une conduite d'eau potable, il y a risque de bris et inondation. Dans le cas d'une conduite d'égout, il y a risque de contamination.

Deuxièmement, ils créent une restriction de la section et peuvent engendrer l'accumulation de débris et, éventuellement, de refoulements.

Mesures correctrices

Dans le cas d'une conduite de gaz, celle-ci doit être enlevée immédiatement en suivant le protocole établi dans chaque région par le fournisseur du service. Dans le cas d'autres conduites pénétrantes, leur retrait se fait par excavation ponctuelle. Dans le cas d'autres types d'obstruction, certaines peuvent être retirées par alésage, tandis que d'autres devront être retirées par excavation ponctuelle ou par reconstruction complète.

1.1.4_ RACINES

Lorsqu'un égout est situé au-dessus de la nappe phréatique, il y a un risque que les racines des arbres à proximité soient attirées par l'eau que l'égout véhicule. Les racines peuvent même pénétrer par des défauts dans la paroi, même des défauts très fins (voir la figure 9). Il est peu probable qu'un égout qui a un petit défaut structural soit à l'abri de la pénétration des racines.

Symptômes

Des filaments observés émergeant de joints, de raccords ou de défauts structuraux mineurs sont des racines. Les amas fibreux ou des cordons qui se retrouvent dans les conduites d'égout sont aussi des racines. Habituellement, elles se retrouvent à l'endroit de défauts qui rendent aussi la conduite non étanche.

Souvent, ces problématiques sont identifiées à la suite de réception de plaintes de refoulements ou d'odeurs.

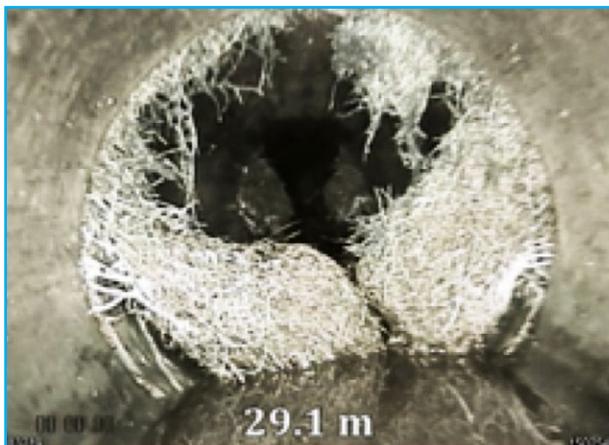


Figure 9 : Blocage provoqué par la présence de racines (source : Ville de Montréal)

Causes possibles

Tout endroit de l'égout qui n'est pas étanche (joint, raccordement, déficience) favorise l'intrusion de racines lorsque la nappe phréatique se situe au-dessous du radier de la conduite.

La présence de certaines espèces d'arbres au-dessus des conduites augmente le risque d'intrusion.

Conséquences

En soi, les racines ne sont pas un problème grave, mais leur présence excessive peut aggraver les défauts existants ou causer des blocages et des surcharges qui accélèrent la détérioration de l'égout.

Les conséquences de la présence de racines sont :

- Une réduction de la capacité hydraulique ;
- Des risques de blocage ;
- Une augmentation des efforts d'entretien et de nettoyage ;
- La décomposition anaérobie des dépôts se retrouvant à travers les racines peut être une source de gaz et d'odeurs nuisibles et entraîner la corrosion des conduites de ciment (H₂S) ;
- Dommage à l'égout qui est soumis de manière répétitive à des méthodes de nettoyage agressives ou l'effort de racines de plus gros diamètres (racines cordon) à travers des défauts existants.

Mesures correctrices

On peut utiliser la technique d'alésage pour retirer les racines. On peut également utiliser le colmatage avec un produit inhibiteur de racines (si permis) pour étanchéiser les joints et les défauts, et les détruire. Ces produits inhibiteurs de racines (par exemple, le sulfate de cuivre) sont non dommageables pour l'environnement et permettent un contrôle des racines sur une période d'environ cinq ans.

Tel que mentionné précédemment, les méthodes pour enlever les racines peuvent aussi causer des dommages structuraux, il est donc important d'en évaluer les effets avant de les mettre en œuvre.

1.1.5_ BAS-FONDS

Les bas-fonds sont une caractéristique de construction définie comme étant une accumulation d'eau qui ne peut pas s'évacuer gravitairement par elle-même.

Symptômes

Les bas-fonds sont détectables soit visuellement lors d'une inspection télévisée conventionnelle ou d'une inspection par sonar ou lorsqu'ils provoquent des refoulements d'égouts. Lorsque le niveau d'eau augmente soudainement et ponctuellement dans la conduite, il est fort probable que ce soit un bas fond.

Causes possibles

Parmi les causes possibles, on retrouve des défauts aux joints (joints ouverts, joints en angle, joints décalés). Les défauts visibles peuvent être des fissures, fractures, bris, joints ouverts, joints en angle, joints décalés, changement de l'alignement et de l'infiltration. Le cycle infiltration/exfiltration entraîne le lessivage des particules de sol encaissant la conduite. On note une perte de support: la conduite se déplace, les joints s'ouvrent davantage et il y a encore plus de lessivage.

Les bas-fonds peuvent aussi être causés par une mauvaise installation ou un tassement différentiel du sol.

Les figures 11 et 12 illustrent le mécanisme de création d'un bas fond.

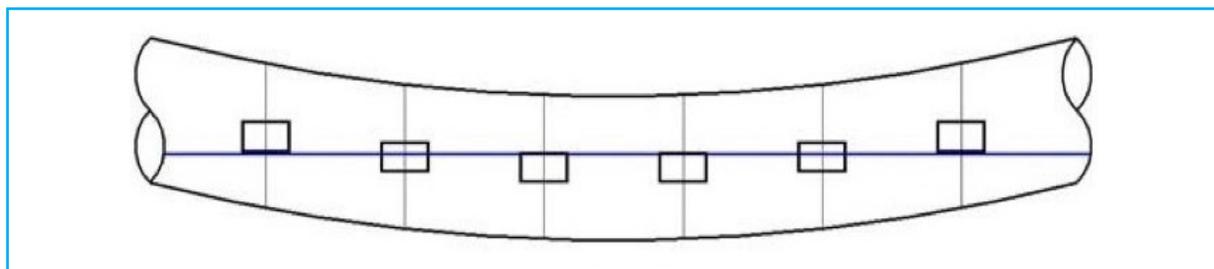


Figure 11: Illustration du déplacement d'une caméra de télévision dans un bas-fond



Figure 10: Exemple d'un bas-fond
(source: Ville de Montréal)

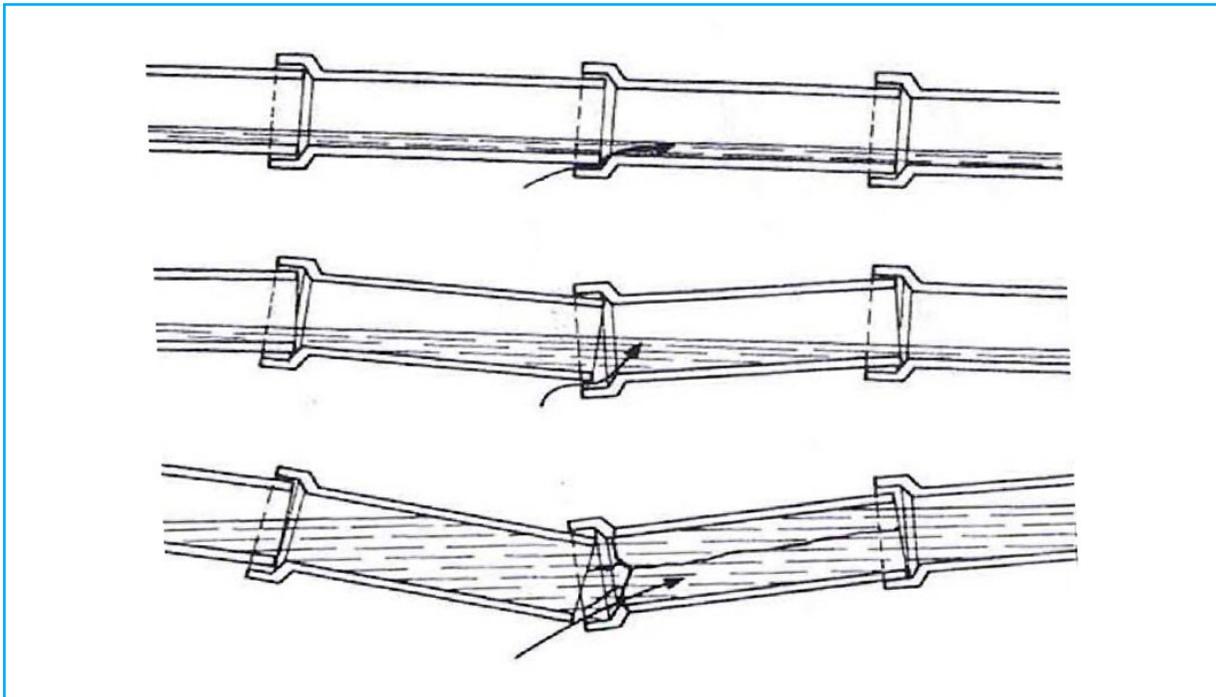


Figure 12: Illustration du mécanisme de création d'un bas-fond

Conséquences

En fin de processus, on note une plus grande perte de support de la conduite et un déplacement majeur de son alignement. Par ailleurs, un bas-fond peut engendrer une accumulation de dépôts, une diminution de la capacité hydraulique, occasionner des plaintes d'odeurs ou de refoulements et accroître les besoins en entretien.

Mesures correctrices

Après avoir vérifié que le bas-fond cause des problèmes fonctionnels, une réparation ponctuelle par excavation peut être planifiée. Cependant, lorsque certaines conditions sont réunies, il est envisageable de repousser la réparation par excavation. Par exemple, lorsque l'importance et l'étendue du bas-fond sont limitées et que des travaux à des infrastructures adjacentes sont prévus à court terme, il pourrait être plus rentable de les coordonner.

Ayant en main ces informations, le gestionnaire évaluera la possibilité de procéder à la correction de cette déficience.

1.2_ PROBLÉMATIQUE STRUCTURALE

Avant de discuter des défauts structuraux, nous présenterons différents phénomènes qui permettront de mieux comprendre les mécanismes mis en œuvre dans la détérioration structurale des conduites d'égouts. Ces mécanismes sont souvent spécifiques aux matériaux des conduites.

Différentes études ont permis, pour certains types d'infrastructures, de développer des courbes et des taux de détérioration des matériaux dans le temps. Concernant les conduites d'égouts, les courbes de dégradation ne permettent pas aussi bien de prédire l'état futur d'une conduite. À cet égard, les experts du WRc ont bien résumé l'approche la plus appropriée pour l'analyse des conduites d'égouts :

Le suivi à long terme de conduites d'égout a été fait et peut fournir des guides de détérioration à long terme. Mais, le concept de taux de détérioration d'un égout n'est pas réaliste. La détérioration est plus influencée par des événements fortuits qui se produisent durant la vie d'un égout. Le concept de risque ou de probabilité d'un effondrement est plus approprié⁴.

L'établissement du niveau de détérioration d'une conduite d'égout demande du jugement, car la compréhension des raisons qui causent l'effondrement des égouts est imparfaite. Les informations disponibles pour établir leur condition sont limitées. De plus, il est très difficile de prédire le moment où un effondrement de conduite se produira, car il y a plusieurs éléments à considérer comme la localisation de la conduite, les charges externes, le régime hydraulique, le comportement des matériaux avec lesquels elle est fabriquée, etc.

En considérant les éléments ci-dessus, il est possible de présumer qu'une conduite a atteint un degré de détérioration et que son effondrement est probable. Cependant, il n'est pas possible de prédire l'événement qui causera son effondrement, car celui-ci n'est pas nécessairement en lien direct avec la cause de la détérioration.

Le début du processus de l'éventuel effondrement d'un égout provient habituellement d'un défaut mineur qui se produit très tôt dans son cycle de vie et qui s'aggrave au fil du temps, et ce, sur une période indéterminée. Il est donc important d'identifier les défauts, de connaître leur importance relative et de considérer les facteurs et les conditions qui entraînent et accélèrent leur détérioration.

⁴ Tiré et traduit de *Sewerage Rehabilitation Manual (SRH)*, Water Research Centre, 1986 — Traduction libre.

Le modèle de détérioration structurale développé par le WRc comporte trois étapes distinctes (voir la figure 13) :

- La première étape est la formation d'un défaut initial durant ou après la construction de la conduite d'égout ;
- La deuxième étape est la détérioration de l'état de la conduite (taux de détérioration variable selon les facteurs internes ou externes à la conduite) à partir de ce défaut ;
- La troisième étape est l'effondrement final de la structure affaiblie.

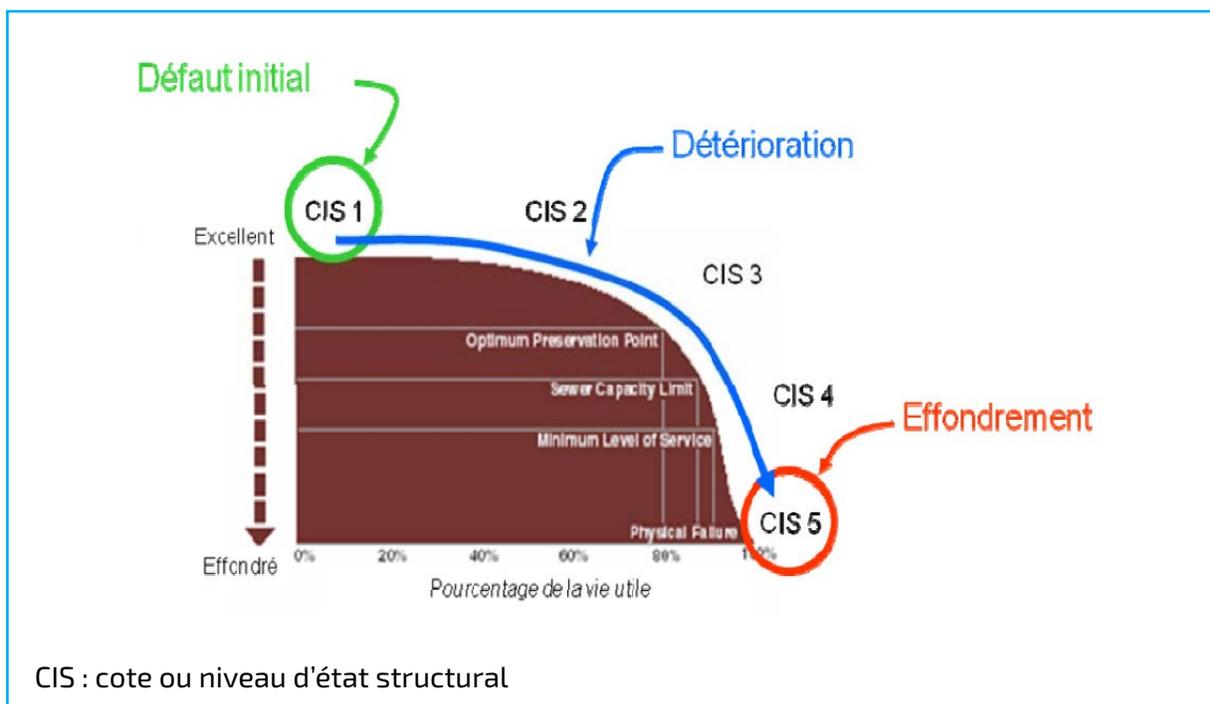


Figure 13 : Modèle théorique de la dégradation d'une conduite

Les défauts structuraux discutés dans les paragraphes qui suivent sont :

- Les fissures/fractures ;
- Les bris ;
- Les trous ;
- Les déformations ;
- Les dommages à la surface ;
- La perte de support latéral ;
- Les briques manquantes ;
- L'affaissement de radier ;
- Les raccordements défectueux.

Il est à noter que la définition de défaut structural de ce guide diffère de celui du PACP.

Le [tableau 2](#) présente un sommaire des problématiques structurales, les symptômes, les causes possibles, les conséquences et les mesures correctrices :

Tableau 2 : Sommaire des étapes de problématiques structurales

PROBLÉMATIQUES STRUCTURALES	SYMPTÔMES	CAUSES POSSIBLES	CONSÉQUENCES	MESURES CORRECTRICES
Fissures / fractures	Des fissures en surface et fractures sont des fissures visiblement ouvertes	Charges en flexion, des charges de poinçonnement	Infiltrations, risque de lessivage du sol	Colmatage, réparation ponctuelle
Bris	Une partie de la conduite fissurée ou fracturée est déplacée de sa position d'origine	Contraintes exercées sur les fissures et fractures, mauvais raccordements de branchements	Perte d'étanchéité, lessivage de sol	Réhabilitation ponctuelle, excavation ponctuelle
Trous	Absence de paroi de la conduite, laissant apparaître le sol ou un vide	Aggravation d'un bris. L'infiltration peut causer un lessivage de sol et déplacement / chute de morceau	Risque d'effondrement, obstruction causée par des morceaux, infiltration par les trous.	Réhabilitation ponctuelle ou excavation ponctuelle
Déformations	Modification de la forme ou de l'aire originale de la conduite	Mauvaise installation (assise, enrobage, compactage)	Réduction de la capacité hydraulique, risque de fissuration	Si la déformation est supérieure à 10 %, une excavation ponctuelle est requise
Déviations en raison des joints décalés / ouverts / en angle	Modification à l'alignement de la conduite, des pentes inverses	Manque d'étanchéité, infiltration/ exfiltration, défauts de fabrication	Peuvent occasionner des bris, des pentes inverses	Réhabilitation ponctuelle ou excavation ponctuelle.
Dommages à la surface	Usure de la surface, des éclats de matériau	Effet abrasif des matériaux dans l'effluent, effet corrosif de l'effluent	Augmentation de rugosité, diminution de la paroi	Réhabilitation par gainage, ajout de produits neutralisants à l'effluent
Perte de support latéral / affaissement de radier / briques manquantes	Manque de mortier, fractures visibles, infiltrations	L'érosion du mortier, l'infiltration / exfiltration, perte de support latéral.	Perte de support latéral, pertes de briques, trous	Réhabilitation par gainage
Raccordements défectueux	Fissures, fractures, trous, infiltration à proximité des raccordements	Mauvaise compaction, ouverture faite à la masse, étanchéisation avec du béton, etc.	Risque de lessivage du sol environnant, infiltration, exfiltration	Alésage et colmatage, réhabilitation par gainage des raccordements

Les paragraphes qui suivent répertorient, de façon succincte, les défauts structuraux, leurs symptômes, leurs causes, leurs conséquences et les orientations générales quant aux types d'interventions à faire pour les corriger.

1.2.1_ FISSURES / FRACTURES

Les fissures et les fractures se produisent principalement dans les conduites rigides ou à la suite d'une déformation excessive des conduites flexibles. Les fissures / fractures sont classées en quatre types : circulaires, longitudinales, multiples et spirales. Les fissures / fractures sont précurseurs de dommages importants.

Les fissures et les fractures circulaires, longitudinales et multiples seront présentées de façon distincte.

1.2.1.1_ Fissures / fractures circulaires

Généralement, les fissures et les fractures circulaires sont observées dans l'axe circonférentiel de la conduite et sont localisées au centre de la section de conduite, aux joints ou à la connexion au regard.

Symptômes

Les fissures sont des lignes visibles sur la surface de la conduite, autres que les fissures de retrait qui peuvent être présentes dans les conduites de béton. Les fractures sont des fissures visiblement « ouvertes » (voir la figure 14).

Causes possibles

Les causes possibles sont les charges en flexion qui excèdent la capacité de la conduite, des charges de poinçonnement (roches dans l'assise), une conduite appuyée sur la cloche, une connexion rigide avec une structure (regard), un résultat de la perte d'étanchéité ou l'influence de la température. On parle aussi de support inégal à la suite d'une mauvaise assise ou d'un manque au niveau du remblayage.

Conséquences

Les fissures circulaires ne sont pas des défauts graves, mais elles peuvent créer de l'infiltration et occasionner la détérioration de la conduite. Les fractures circulaires sont une aggravation des fissures et doivent être traitées, car le risque de lessivage est augmenté.



Figure 14: Exemple d'une fissure circulaire (source: Ville de Montréal)

Mesures correctrices

Les interventions correctrices possibles sont, la réhabilitation ponctuelle à l'aide de manchons ou par chemisage et la réparation ponctuelle par excavation. Si les défauts sont nombreux, une intervention sur toute la section de la conduite peut être requise.

1.2.1.2_ Fissures / fractures longitudinales

Les fissures / fractures longitudinales (voir la figure 15) sont les fissures qui se produisent dans l'axe de la conduite (Longitudinalement). Dans les égouts en brique, les fissures longitudinales sont difficiles à identifier, à moins que le mortier ne soit en très bonne condition. Habituellement, ce sont les fractures importantes qui sont facilement identifiables, car elles sont plus larges que la largeur normale entre deux briques. Elles sont aussi associées à la formation d'une charnière à partir de laquelle se déplacent les deux demi sections de la couronne.

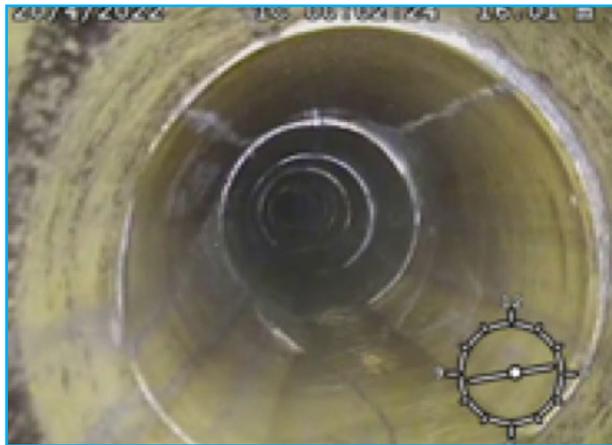


Figure 15: Fissures longitudinales à 10 h à 2 h

Symptômes

Les fissures longitudinales sont (voir les figures 16, 17 et 18) des lignes visibles sur la surface de la conduite et les fractures sont des fissures ouvertes dans l'axe longitudinal de la conduite. En général, les fissures et les fractures localisées à 6 h sont situées sous le niveau d'eau et sont plus difficiles à observer. Les figures ci-après illustrent les positions possibles des fissures / fractures longitudinales.

Des traces d'infiltration ou d'incrustation peuvent aussi permettre de détecter la présence de fissures

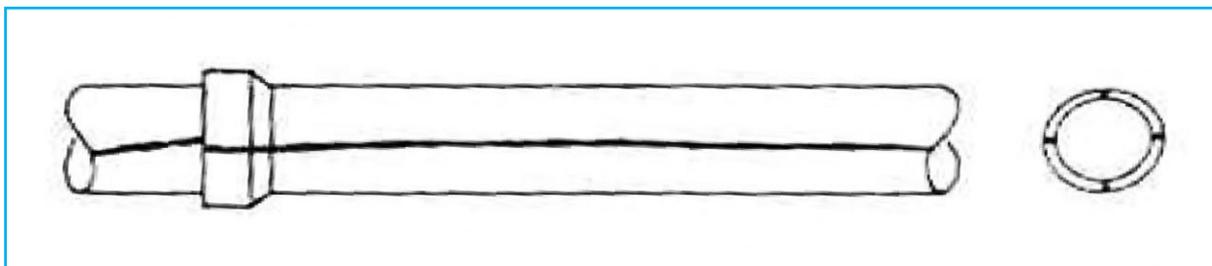


Figure 16: Schéma d'une fissure longitudinal⁵

⁵ Tiré et traduit de *The Rehabilitation and Maintenance of Drains and Sewers*, Stein, 2001.

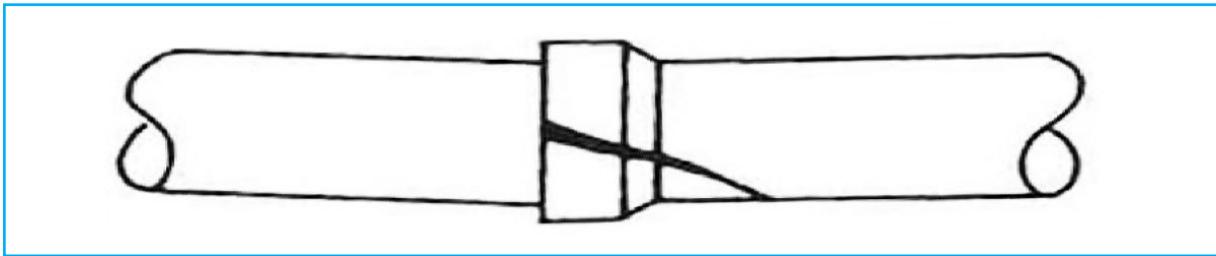


Figure 17: Fissure longitudinale dans la région du joint de la conduite résultant d'une force radiale trop forte⁶

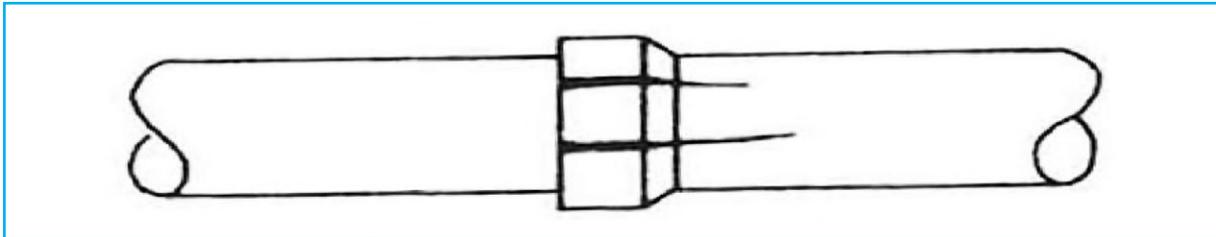


Figure 18: Fissure longitudinale dans la région du joint de la conduite résultant d'une déviation positionnelle⁷

Causes possibles

Les causes possibles sont :

- Des charges verticales supérieures aux charges de conception ;
- Les effets de l'usure ;
- Des joints mal emboîtés ;
- Des dommages durant le transport ;
- L'entreposage ;
- Le remblayage ou la compaction ;
- La température (soleil qui plombe sur la conduite (PVC) durant l'entreposage ou la construction).

Conséquences

Les fissures longitudinales sont des sources de perte de stabilité qui, une fois devenues des fractures, pourraient conduire à un effondrement de la conduite. Plusieurs facteurs influent sur les dommages causés par les fissures :

- La forme de la fissure ;
- La profondeur ;
- La largeur ;
- La nature du matériau de la conduite ;
- La position de la fissure ;
- La position de la conduite (par rapport à la nappe phréatique par exemple) ;
- La condition de l'assise et de l'enrobage.

⁶ Loc. cit.

⁷ Loc. cit.

Sous des conditions exceptionnelles (petites fissures, pas de nappe, bonne assise, conditions d'opération constantes), une conduite avec une fissure longitudinale peut être relativement stable. Mais, dans les conditions habituelles (une ou plusieurs contraintes défavorables), le processus de détérioration sera accentué par la circulation de l'eau, causant le lessivage du sol qui enrobe la conduite. Au bout du processus, la perte de support permettra à la conduite de bouger sur les côtés et la couronne s'affaissera. S'il s'agit d'une conduite de béton armé, la déformation sera arrêtée par l'armature et l'effondrement se produira sous l'effet de la corrosion.

Mesures correctrices

Les interventions correctrices possibles sont une réhabilitation ponctuelle par gainage ou à l'aide d'un manchon, ou encore une réparation ponctuelle par excavation. Selon l'envergure des défauts, il peut être nécessaire de réhabiliter ou de remplacer la section entière.

En choisissant une intervention ponctuelle, il faut cependant être prudent, car ce type de défaut aura généralement tendance à se déplacer au-delà de l'intervention effectuée.

1.2.1.3_ Fissures / fractures multiples

Contrairement aux fissures longitudinales et circulaires qui se propagent sur un chemin unique, les fissures/fractures multiples se propagent dans toutes les directions (voir la figure 19).

Symptômes

Ces fissures / fractures se produisent lorsqu'il y a simultanément des charges verticales et un support inégal à la conduite, à partir de charges ponctuelles (ex.: roches dans le remblai) ou encore de la coïncidence de la fissuration avec des chemins de faiblesse dans la conduite.



Figure 19: Exemple de fissures multiples de 11h à 13h

Les fractures sont plus graves que les fissures, mais le degré de migration du sol dans la conduite dépend du type de sol encaissant, du niveau de la nappe et du régime hydraulique dans l'égout. La figure 20 illustre un cas typique de fractures multiples.

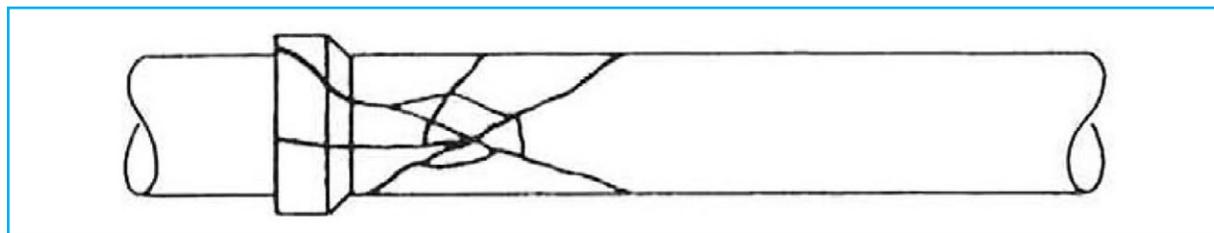


Figure 20: Fissures multiples tirant leur origine d'un point⁸

⁸ Tiré et traduit de *The Rehabilitation and Maintenance of Drains and Sewers*, Stein, 2001.

Causes possibles

Les causes possibles sont des charges ponctuelles, une conduite appuyée sur la cloche, une roche dans l'enrobage, une mauvaise méthode de raccordement ou la pénétration extrême de racines.

Conséquences

Les conséquences prévisibles liées à ce type de fracture sont un bris ou un effondrement qui peuvent entraîner des refoulements ou des effondrements de chaussée, ou encore des dommages à d'autres infrastructures.

Mesures correctrices

Si les pièces sont demeurées en place, une intervention par chemisage ponctuel est normalement recommandée. Sinon, une intervention par excavation ponctuelle doit être réalisée.

1.2.2_ BRIS

Une conduite est brisée quand une partie de conduite fracturée s'est déplacée de sa position originale. Cela représente habituellement le prochain stade de détérioration d'une conduite fracturée et est un défaut sévère.

Symptômes

Il est possible d'observer un morceau de conduite déplacé de sa position originale.

Causes possibles

Parmi les causes possibles, notons une conduite avec des fractures multiples et des morceaux désolidarisés de la conduite, une perte d'étanchéité, de l'usure mécanique, la corrosion de l'armature ou l'aggravation des fractures.

Des changements dans le régime hydraulique de la conduite (mise en charge), des vibrations, des charges ponctuelles, mauvaises méthodes de raccordement des branchements lors de travaux à proximité ou des variations du niveau de la nappe phréatique peuvent aussi provoquer le déplacement des pièces de la conduite.

Conséquences

Les conséquences peuvent être similaires à celles des fissures / fractures multiples, car il y a possibilité de lessivage de sol enrobant la conduite et de création de vides. Les morceaux de conduite déplacés peuvent éventuellement tomber. Ultimement, le risque d'effondrement augmente.

Mesures correctrices

Les interventions possibles sont des réparations ponctuelles avec ou sans tranchée.

Pour les interventions sans tranchée, il faudra cependant s'assurer qu'il n'y a aucune arête ou pointe qui pourrait poinçonner la gaine ou le ballon utilisé pour l'intervention.

1.2.3_ TROUS

Selon le PACP, un trou est défini comme étant un manque d'une partie du matériau de la conduite (voir la figure 21).

Symptômes

Il y a absence de la paroi de la conduite, laissant normalement apparaître le sol ou un vide.

Lorsqu'il est situé au joint, ce défaut laissera paraître la partie femelle du joint.

Causes

Le trou est une aggravation du bris. L'infiltration peut être une cause d'aggravation du bris menant à la création d'un trou. La réalisation de travaux à proximité d'une conduite déjà affaiblie par des fractures ou des bris peut causer la chute de morceaux de conduite, créant ainsi un trou.

Conséquences

La présence d'un trou augmente sérieusement le risque d'effondrement de la section de conduite ou une obstruction causée par les morceaux de conduites.

L'infiltration des matériaux granulaires ou du sol va créer un vide et l'affaissement de la chaussée.

Mesures correctrices

Dans la plupart des cas, une réparation ponctuelle par excavation sera requise. Toutefois, on pourra effectuer une intervention sans tranchée si on a la certitude qu'aucun vide n'existe dans le sol à l'arrière de la paroi.



Figure 21 : Exemple de trou dans la conduite avec sol visible (source: Ville de Blainville)

1.2.4_ DÉFORMATIONS

Une déformation de conduite se produit de manière différente selon le type de conduite: rigide, flexible ou en brique (voir un exemple de déformation à la figure 22). Dans le cas d'une conduite rigide, c'est lorsque la conduite est fissurée et que le sol sur les côtés n'offre plus de support. Dans le cas d'une conduite flexible, une ou plusieurs saillies arrondies sont présentes sur la conduite. La probabilité d'un effondrement final est élevée lorsque la déformation est supérieure à 10%. Cette étape finale peut arriver rapidement en réponse à une influence extérieure (surcharge en surface, surcharge hydraulique, excavation à proximité).



Figure 22 : Exemple d'une conduite déformée

Symptômes

Les déformations de conduites s'observent par la modification de la forme originale de la conduite (voir figure 23). Dans le cas des conduites en brique ovoïdes, il peut être plus difficile d'observer une déformation, car la forme originale de ces conduites peut varier. En effet, les conduites en brique n'ont peut être pas été construites selon une forme régulière ou ont pu subir des déformations initiales à la suite du remblayage. L'importance de la déformation peut aussi être difficile à évaluer lors du visionnement de l'inspection télévisée à cause de la distorsion de l'image. Il est donc possible d'avoir recours à un outil mécanique tel un gabarit ou à un outil de mesure géométrique tel un profilomètre laser afin de mesurer la déformation avec plus de précision.

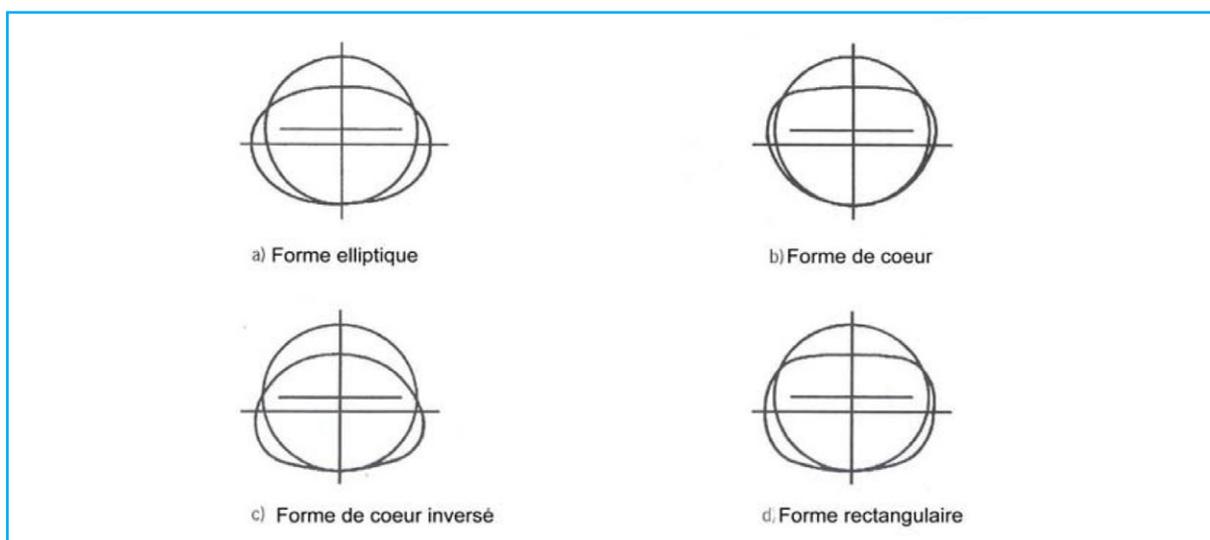


Figure 23 : Schéma des différents types de déformation d'une conduite circulaire ⁹

Causes possibles

On retrouve deux situations pouvant expliquer les déformations de conduites :

- 1) À la mise en place : mauvais calculs des charges statiques, conduite défectueuse, pose de conduite inappropriée, mauvaise estimation des charges et des conditions de support, mauvaise assise ou enrobage, mauvaise compaction, effet de la température ;
- 2) À la suite de fuites ou d'infiltrations, d'usure mécanique ou de corrosion.

Conséquences

Les conséquences de la déformation sont nombreuses :

- Réduction de la capacité hydraulique ;
- Blocage ;
- Augmentation des besoins en entretien ;
- Danger de fissuration ou de renflement pour les très grandes déformations ;
- Infiltration / exfiltration ;
- Fracture ;
- Bris ;
- Effondrements.

Chaque déformation par rapport à la forme originale représente une perte d'efficacité de la conduite. Dans le cas où il y a un renflement, la fonctionnalité de la conduite peut être mise en cause.

Les déformations attribuables à la présence de roches dans l'assise ou dans l'enrobage, par exemple, peuvent mener à la création de trous ou de fractures et avoir de graves conséquences (effondrement de conduite).

Mesures correctrices

On devra, dans la majorité des cas, procéder à une excavation pour corriger la situation. Toutefois, lorsque la déformation dans une conduite circulaire est inférieure ou égale à 10 %, on pourra procéder à une intervention par chemisage. Dans ce cas, les paramètres de conception devront tenir compte de cette déformation.

1.2.5_ DÉVIATIONS EN RAISON DES JOINTS DÉCALÉS / OUVERTS / EN ANGLE

Dans le cadre de cet ouvrage, nous regroupons sous le terme «déviation» tous les changements de direction de la conduite sur les plans verticaux ou horizontaux qui sont une conséquence de défauts structuraux à la section de conduite, tels que des joints décalés, en angle ou ouverts. Il est aussi possible que les déviations angulaires aux joints aient été faites intentionnellement lors de la construction afin de permettre de faibles changements de direction.

Symptômes

Des joints en angle, décalés, ouverts ou des coudes sont des déviations de la conduite. Des bris aux embouts de sections de conduites, des pentes inverses ou encore des fractures et des bris peuvent être des indicateurs de déviations ponctuelles de sections de conduites.

Causes possibles

Les causes possibles sont :

- Une mauvaise planification ou exécution des travaux ;
- Un manque d'étanchéité ;
- Des changements dans les charges appliquées ;
- Le résultat de l'infiltration/exfiltration ;
- Des tassements et des tassements différentiels entre la conduite et les regards (une charge de trafic sur le regard, des charges variables sur la surface, une mauvaise estimation du niveau de la nappe) ;
- Défaut de fabrication des bouts mâles et femelles.

Conséquences

Les conséquences des déviations dépendent du type de conduite (flexible ou rigide), du système sol/conduite et du type de joint.

Les déviations occasionnent une augmentation des besoins en entretien, des difficultés, voire l'impossibilité, d'ausculter et d'inspecter ces conduites. De plus, elles peuvent occasionner des bris de tuyaux, des pentes inverses et une perte de fonctionnalité.

Mesures correctrices

Selon l'ampleur de la déficience, il serait possible d'effectuer une intervention ponctuelle par excavation ou sans tranchée. Si la déviation horizontale ou verticale laisse entrevoir le sol, provoque des problématiques d'entretien ou une réduction du diamètre supérieure à 10 %, une intervention par excavation sera alors la seule avenue possible.



1.2.6_ DOMMAGES À LA SURFACE

Les dommages à la surface sont des altérations du revêtement intérieur de la conduite. Ces défauts peuvent être une usure de la surface, l'apparition d'un éclat de la paroi ou encore la désagrégation du matériau de la conduite.

Symptômes

Il sera possible d'observer que la surface intérieure de la conduite est usée. Par ailleurs, des éclats de matériau peuvent être apparus.

Causes

L'usure peut être causée par l'effet abrasif de matières solides présentes dans les effluents, ou encore lorsque la pente de la conduite engendre des vitesses importantes de l'effluent. Une autre cause peut être l'effet corrosif de l'effluent lui-même ou la présence de gaz corrosifs comme le H₂S.

Dans le cas des éclats, ceux-ci peuvent être causés par le gonflement de l'armature corrodée.

D'autres formes d'usure peuvent être causées par des outils de nettoyage ou de raclage, ou encore être la conséquence de mauvaises manipulations lors du transport, de l'entreposage ou de la mise en place.

Conséquences

Les défauts de surface causent une augmentation de la rugosité et une éventuelle diminution de l'épaisseur de la paroi. Dans le cas de l'usure causée par des gaz ou des liquides corrosifs, il se développe une perte d'intégrité structurale grave pouvant entraîner l'effondrement de la conduite.

De plus, les usures au radier peuvent entraîner la disparition de celui-ci et causer de l'exfiltration, ce qui peut amener des risques pour l'environnement (contamination de la nappe phréatique).

Mesures correctrices

Pour contrer les effets agressifs de l'effluent, il est possible d'ajouter des produits neutralisants. Les autres interventions possibles sont des modifications aux conditions d'écoulement ou la réhabilitation sans tranchée de la section endommagée. Il est important de rappeler que les règlements municipaux régissent la nature des produits qui peuvent être déversés dans les réseaux d'égouts et que la présence d'effluents agressifs est inhabituelle.

1.2.7_ PERTE DE SUPPORT LATÉRAL / AFFAISSEMENT DE RADIER (BAS-FOND) / BRIQUES MANQUANTES (CONDUITES EN BRIQUE UNIQUEMENT)

1.2.7.1_ Perte de support latéral

La perte de support latéral est une conséquence d'un défaut mineur initial tel un joint de mortier faible ou une perte de mortier au joint.

Symptômes

Les défauts visibles sont du mortier manquant, une fracture visible et de l'infiltration si la couronne de la conduite est située au niveau de la nappe phréatique. Lorsqu'il y a perte de support effective, une déformation de la conduite en forme de cœur est visible.

Causes possibles

L'érosion du mortier, l'infiltration d'eau souterraine ou des cycles d'infiltration/exfiltration attribuables au régime hydraulique dans la conduite d'égout font partie des causes de la perte de support latéral. Les zones de sol ramolli, formées de chaque côté des parois de la conduite, permettent à l'égout de bouger latéralement, causant l'affaissement de la couronne.

La figure 24 illustre le mécanisme de perte de support latéral.

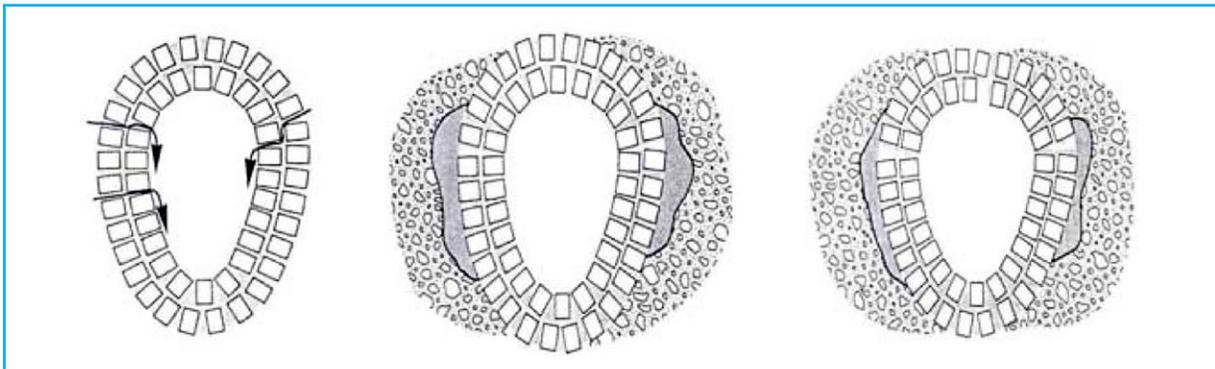


Figure 24 : Illustration des trois étapes de la perte de support latéral pour une conduite en brique ¹⁰

Conséquences

Selon le niveau de relaxation du sol entourant la paroi, cette dernière se déplacera jusqu'à se déformer en forme de cœur. Rendu à ce stade de déformation, il y a un risque important d'effondrement.

Mesures correctrices

Il est possible de procéder à des réparations ponctuelles par excavation. Selon l'étendue de la déformation, une réhabilitation ou une reconstruction pourrait être nécessaire. Dans le cas d'une intervention sans excavation, des actions supplémentaires pourraient être requises pour redonner à la conduite sa forme originale avant de procéder à la réparation de la structure.

1.2.7.2_ Affaissement du radier

Cette déféctuosité consiste en un déplacement vers le bas d'une partie de radier. Il y a exfiltration ou infiltration selon les niveaux respectifs de la nappe phréatique et de l'effluent. Cette infiltration/exfiltration n'est pas nécessairement visible.

Symptômes

Il y a perte de mortier de part et d'autre du radier (4 h et 7 h) et des fissures / fractures sont visibles. Il peut arriver que le sol ou des vides soient visibles. Lorsqu'on arrive à la dernière phase d'aggravation de ce défaut, il peut y avoir une déformation des parois latérales de la conduite.

Causes possibles

La détérioration du mortier dans la portion de conduite où circule l'effluent permet à l'eau de s'infiltrer. Avec la circulation de l'eau, il y a une érosion encore plus importante du mortier. Le taux d'infiltration augmente et il y a lessivage des particules fines de l'assise. Ensuite, des vides se forment autour du radier. Puis, une fissure longitudinale se forme près du niveau d'eau.

La figure 25 illustre le mécanisme.

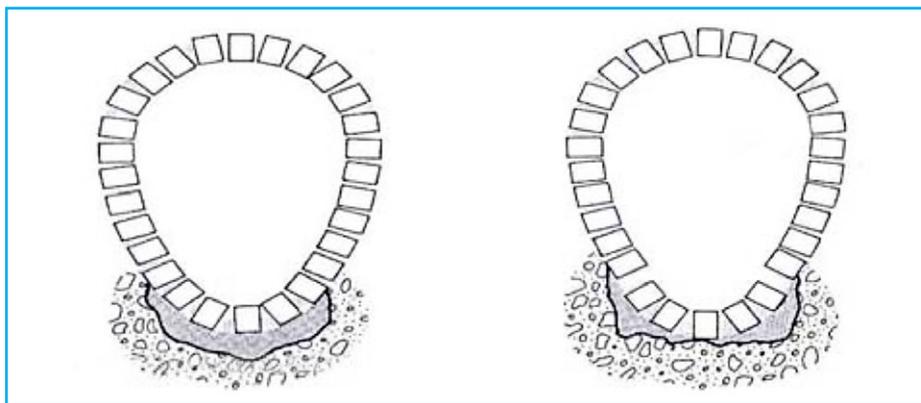


Figure 25: Chute du radier ¹¹

Conséquences

Il y a perte de support sous l'égout et chute du radier dans les vides créés par le lessivage des particules de sol. L'égout perd son intégrité structurale et les côtés peuvent tomber si le mortier ou la friction ne les retiennent pas.

Mesures correctrices

Selon la gravité du défaut, une réhabilitation est possible. Sinon, il faudra procéder à la reconstruction complète de la section de conduite.

¹¹ Tiré et traduit de *Sewerage Rehabilitation Manual (SRH)*, Water Research Centre, 1986.

1.2.7.3_ Chute de briques à la couronne

La perte de mortier peut entraîner le déplacement des briques et éventuellement leur chute. Il est cependant difficile de déterminer la sévérité de la perte de mortier, car, avec certaines méthodes de construction, le mortier peut sembler manquer sur la surface de la paroi, mais il sera tout de même en bon état dans les joints. La figure 26 illustre les étapes qui mènent à la chute des briques à la couronne.

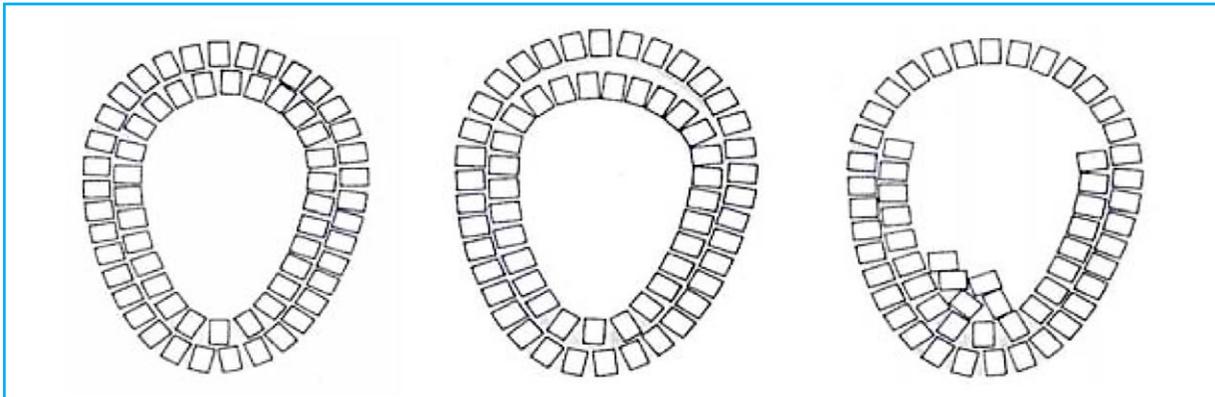


Figure 26 : Perte de briques à la couronne ¹²

Symptômes

Il est possible d'observer une perte de mortier entre les briques, le rapprochement des briques formant l'anneau intérieur et la séparation des briques de la couronne intérieure de celles de l'anneau extérieur. Ultimement, les défauts visibles sont des briques manquantes à la couronne et des briques se retrouvant dans le radier.

Causes possibles

Le mortier s'érode ou est attaqué chimiquement et le défaut visible est une perte de mortier. La perte de mortier entre les briques permet à ces dernières de se rapprocher, fermant l'anneau intérieur et permettant à la couronne intérieure de se séparer du deuxième rang de briques. Les défauts visibles sont une perte de mortier totale et une déformation de la couronne.

Conséquences

La perte de mortier peut permettre l'exfiltration/infiltration et le lessivage des particules dans l'égout. Il y a perte de résistance en compression du rang de briques intérieur. Ceci a pour résultat une perte de support et, ultimement, la déformation et l'effondrement.

Mesures correctrices

Les interventions possibles sont des réparations ponctuelles avec ou sans excavation. Selon l'étendue des défauts, il peut être nécessaire de réhabiliter ou de remplacer la section complète.

1.2.8_ RACCORDEMENTS DÉFECTUEUX

Les raccordements aux conduites peuvent avoir été faits à l'aide de pièces préfabriquées, à l'aide d'une sellette ou encore à la masse. Cette dernière méthode pour effectuer un raccordement est la principale source de défauts rencontrés sur les raccordements, ainsi qu'à la conduite principale au niveau de ces derniers.

Symptômes

Les principales observations pour les raccordements défectueux sont les fissures, les fractures et les trous se trouvant à proximité des raccordements.

Causes

La principale cause des défauts est une méthode de construction inadéquate. Par ailleurs, un manque d'étanchéité à la connexion du raccordement et de la conduite principale entraîne le lessivage du sol et un déplacement de l'une ou l'autre de ces portions de conduites. Ce déplacement crée des tensions dans les sections de conduites qui peuvent se fissurer.

Une mauvaise compaction sous la conduite de raccordement peut entraîner des tassements différentiels, causant aussi la fissuration de sections de conduite.

Conséquences

Un dommage à la conduite principale peut être une conséquence de la mise en place d'un raccordement. Ce dommage induit un risque de détérioration future de la conduite et du raccordement. L'infiltration, le lessivage du sol environnant, le tassement différentiel et l'effondrement localisé sont aussi des conséquences possibles d'un raccordement mal exécuté.

Un raccordement mal exécuté peut-être la cause d'une surcharge, du lessivage du sol encaissant, d'un blocage ou d'une diminution de la capacité hydraulique.

Dans le cas d'un raccordement pénétrant et selon l'ampleur de cette obstruction, la diminution de l'aire d'écoulement pourra provoquer des refoulements, occasionner des blocages ou empêcher l'inspection télévisée complète d'une section.

Mesures correctrices

Les interventions à effectuer dépendent de la nature des défauts. Dans le cas des raccordements pénétrants, il est possible de les aléser. Le colmatage permet de corriger les raccordements qui ne sont pas étanches. Dans le cas de défauts structuraux, la réhabilitation sans excavation ou le remplacement avec excavation sont des avenues possibles.

2.0 FACTEURS INFLUENÇANT LE TAUX DE DÉGRADATION DE L'ÉTAT DES CONDUITES

Le présent chapitre permettra au lecteur de se familiariser avec les facteurs influençant le taux de dégradation de l'état d'une conduite. Sachant que les défauts discutés dans cet ouvrage pourront se manifester par des symptômes fonctionnels ou structuraux, les gestionnaires auront avantage à connaître les causes à l'origine de cette détérioration pour poser un bon diagnostic et intervenir de façon judicieuse afin de prolonger la durée de vie de l'infrastructure.

Ce chapitre discute donc de l'entretien, de la nature des matériaux constituant la conduite, des méthodes de construction, de la durée ou du nombre de cycles de stress appliqués au système sol/conduite, ou encore des influences externes sur la stabilité de la conduite, comme des fuites d'eau potable ou des excavations à proximité.

2.1_ ACTIVITÉS HUMAINES EN SURFACE OU SUR DES INFRASTRUCTURES À PROXIMITÉ

Lors de la reconstruction d'une chaussée, les vibrations attribuables à la circulation de la machinerie et aux activités de compactage peuvent augmenter les charges vives sur les conduites. De même, lors de ces interventions, le détournement du trafic, sur des tronçons de rues qui ne seraient pas conçus pour supporter la charge supplémentaire qui y serait appliquée, pourrait favoriser une accélération du processus de détérioration de l'égout.

D'autre part, lors des interventions en tranchée sur la conduite ou à proximité de celle-ci, il y a perturbation du sol et risque subséquent de tassement différentiel.

Enfin, le passage des autobus sur des rues non conçues à l'origine pour supporter leur poids est un autre exemple de circonstances qui augmentent le risque de détérioration de l'égout.

2.2_ CHANGEMENT D'AFFECTATION DU SOL

Lorsqu'un changement d'affectation du sol est planifié, une étude d'impact doit être envisagée afin d'en valider les incidences sur la pérennité de l'égout.

En effet, si un secteur résidentiel passe de faible à forte densité ou passe d'une vocation résidentielle à une vocation commerciale, on pourra noter une augmentation des charges vives au-dessus de la conduite (circulation, charge de trafic, circuits d'autobus, etc.) et des charges hydrauliques ainsi qu'un changement dans les caractéristiques de l'effluent.

Lors d'un élargissement de la chaussée, il pourrait y avoir augmentation des charges verticales au-dessus de la conduite, dans le cas où cette dernière ne se trouvait pas sous la chaussée à l'origine.

Enfin, si les conditions de remblai au-dessus de la conduite doivent être modifiées, il pourrait y avoir augmentation des charges verticales au-dessus de la conduite.

2.3_ NATURE DES EFFLUENTS

Les égouts domestiques contiennent des composants qui peuvent attaquer chimiquement les conduites (H_2S , H_2SO_4 , ions chlorure et sulfates) (voir la figure 28). Les attaques « internes » de la paroi par les acides peuvent être causées par la présence de sulfure d'hydrogène (H_2S) dans les égouts qui, une fois sous forme gazeuse, peut être transformé en acide sulfurique (H_2SO_4) en se déposant sur la paroi de la conduite qui n'est pas submergée. Ces attaques chimiques peuvent aussi être causées par la présence d'acides dans l'effluent lui-même, bien que la réglementation prohibe ce type de produits dans les égouts. Dans le cas d'un déversement d'acide dans l'égout, c'est le radier qui en serait affecté (la partie de la conduite en contact direct avec l'effluent).

Les égouts unitaires transportent, en plus de la matière organique, des particules plus grosses comme les sables fins à grossiers et de petites pierres pouvant causer de l'abrasion (voir la figure 27). Les conduites de PVC et de grès présentent une bonne résistance aux agents chimiques et résistent mieux à l'abrasion que celles en béton.



Figure 27 : Exemple d'abrasion du radier d'une conduite

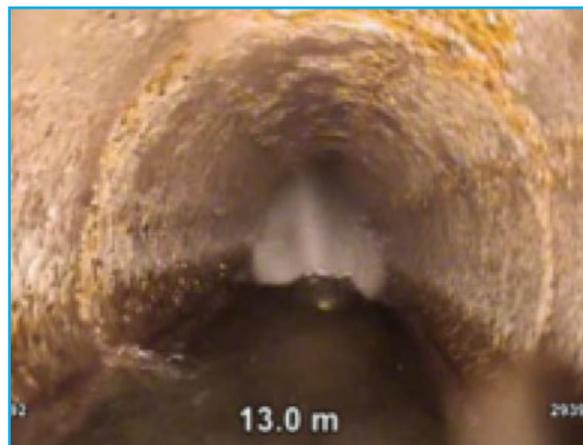


Figure 28 : Exemple de corrosion par une attaque au H_2S

2.4_ TYPES DE SOL

La composition du sol peut exercer une influence sur l'état de la surface extérieure de la conduite. Par exemple, dans le cas des conduites de béton, lorsque la nappe phréatique se situe au-dessus du radier de la conduite, les sulfates contenus dans certains types de sols peuvent attaquer le béton jusqu'à le réduire à un état friable et mou. La réaction des sulfates avec certains constituants crée un produit expansif qui peut détruire le béton. La conduite perd alors sa capacité à supporter les charges et une défaillance peut se produire. Les conduites d'amiante-ciment sont aussi sujettes à ce type de détérioration. Ce processus chimique se reconnaît par la présence de petits trous (*piqûres*) sur la paroi extérieure de la conduite. Les problèmes de sulfate se retrouvent dans les régions du nord de l'Amérique, là où il y a des sols alcalins.

Les chlorures utilisés en hiver migrent de la surface à travers la structure de la chaussée et peuvent agir sur la propriété de passivation du béton. Cette dernière est réduite et cela entraîne la corrosion de l'acier d'armature en présence d'oxygène. Ce phénomène se retrouve rarement dans les conduites d'égout, compte tenu de leur profondeur.

La nature du sol est un élément très important pour comprendre et évaluer la gravité de l'état structural d'une conduite, car la « stabilité » d'une conduite détériorée ou fissurée dépend du support fourni par le sol environnant. Les conduites rigides (par exemple: béton et grès) ont une capacité structurale propre qui leur permet de résister aux charges verticales, sans compter sur le support latéral du sol lorsque leur résistance structurale n'est pas affectée. Ce n'est pas le cas des conduites en brique et des conduites flexibles.

Lorsque les sols d'enrobage d'une conduite sont raides et/ou compacts, ils peuvent contribuer à minimiser les efforts auxquels la conduite est soumise et en limiter la déformation dans le cas des conduites flexibles. Cependant, si le sol enrobant de la conduite est lâche, sa capacité à fournir un support et à empêcher la déformation de la conduite est faible.

2.4.1_ SOLS NON COHÉSIFS (SILT, SABLE ET GRAVIER)

Lorsqu'il y a infiltration (sans surcharge hydraulique) dans les sols silteux et sableux, il y a un risque élevé de lessivage en présence de défauts sévères. Seuls les sols bien gradués (sable et gravier grossiers) auront une sensibilité très faible au lessivage dans ce dernier cas. En présence de défauts mineurs, les sols bien gradués seront résistants au lessivage. Cependant, tous les sols silteux et/ou sableux sans gravier seront sensibles au lessivage, même en présence de défauts mineurs.

Lorsqu'il y a surcharge hydraulique, tous les sols non cohésifs seront très susceptibles au lessivage à travers des défauts, même mineurs. [Le tableau 3](#) présente le risque de lessivage associé au type de sol enrobant la conduite.

Tableau 3 : Risque de lessivage vs types de sol

TYPES DE SOL		RISQUE DE LESSIVAGE
<ul style="list-style-type: none"> • Silts, sables fins silteux, sables fins • Sables moyens à grossiers 		<p>Élevé</p> <p>↓</p> <p>Faible</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Argiles faible plasticité • Graviers fins à moyens 		
<ul style="list-style-type: none"> • Graviers sableux bien gradués • Argiles de plasticité moyenne à haute 		
<ul style="list-style-type: none"> • Toutes les argiles si construction en tunnel 		

2.4.2_ SOLS COHÉSIFS (ARGILES)

Lorsqu'il y a infiltration et que le sol de remblai est une argile, il y a un risque de migration des particules à travers des défauts sévères et importants, qu'il y ait surcharge ou non.

Dans le cas où l'argile contient des particules grossières (comme cela peut être le cas de plusieurs tills glaciaires), le risque de migration de particules provenant du sol enrobant la conduite est plus élevé. Les argiles non remaniées, même si leur plasticité est faible, seront moins à risque pour le lessivage. Ainsi, les égouts construits en tunnel dans l'argile sont très peu susceptibles de subir le lessivage de particules puisque le sol environnant est « vierge ».

2.5_ IMPORTANCE DU DÉFAUT

La gravité des défauts que l'on retrouve sur les conduites influence la formation et la progression de la formation des vides autour des conduites. Si l'assise est composée de matériaux granulaires, par exemple, et qu'il y a des défauts sévères au niveau du radier, l'assise peut devenir le canal préférentiel d'écoulement de l'effluent.

2.5.1_ DÉFAUTS SÉVÈRES

Des défauts sévères tels que des trous, des briques manquantes ou des branchements défectueux constituent un risque important de migration des particules de sol à l'intérieur de la conduite, peu importe la nature du sol. Dans le cas des sols granulaires (silts, sables et graviers), la migration des particules peut être très importante. Dans le cas des argiles de faible plasticité, la migration des particules peut être notable. Même les argiles de haute plasticité ne pourraient empêcher la migration des particules de sol à travers des défauts importants.

2.5.2_ DÉFAUTS MINEURS

Des défauts moins importants tels que des fissures ou des joints décalés ou légèrement ouverts présentent des risques moins élevés de migration de particules de sol enrobant. Cependant, le régime hydraulique extérieur et/ou intérieur peut être un facteur aggravant. Comme déjà discuté, c'est la circulation de l'eau à travers un défaut qui cause le lessivage ; ainsi, lorsque le défaut est mineur, la présence d'infiltration / exfiltration entraîne une aggravation de la situation (voir les figures 5 et 6).

Le [tableau 4](#) illustre l'effet de l'importance des défauts sur le lessivage des particules.

Tableau 4 : Risque de migration de particules de sol vs l'importance du défaut (Source: WRc)

IMPORTANCE DU DÉFAUT	NIVEAU DE RISQUE
Sévère > 10 mm	Élevé ↓ Faible
Important = 5 à 10 mm	
Moyen = 2 à 5 mm	
Mineur = 0 à 2 mm	

2.6_ SURCHARGE HYDRAULIQUE

La variation du débit de l'effluent dans l'égout se traduit par des variations du niveau d'eau à l'intérieur de la conduite. Ces variations causent des cycles d'infiltration / exfiltration d'eau à travers les défauts et ont le même effet qu'une pompe. Les particules de sol sont « aspirées », augmentant de ce fait le taux de lessivage dans la plupart des types de sols. L'enrobage d'une conduite subissant ces cycles de surcharge sera affecté sur l'ensemble de son pourtour, incluant son assise.

Le **tableau 5** présente les niveaux de risque de lessivage du sol associés aux conditions hydrauliques. La fréquence des surcharges (effet de pompe cité plus haut) a plus de conséquences néfastes que l'amplitude de ces surcharges.

Les cycles de surcharges hydrauliques ont un effet de pompe plus important sur les particules de sol entourant la conduite lorsque la nappe phréatique se situe au-dessus de la couronne de la conduite.

Les surcharges hydrauliques créent une pression interne excessive à laquelle le système sol/conduite ne peut résister s'il y a eu lessivage et création de zones lâches autour de la conduite. Il y a alors risque d'éclatement de la conduite, suivi de son effondrement. Plus les surcharges hydrauliques sont fréquentes, plus les risques sont élevés.

Tableau 5 : Risque de lessivage vs les conditions hydrauliques
(Source: WRc)

CONDITIONS HYDRAULIQUES	RISQUE DE LESSIVAGE DU SOL ENROBANT
Nappe phréatique <ul style="list-style-type: none">• Au-dessus de la conduite• Près de la conduite• Sous le radier de la conduite	Élevé ↓ Faible
Surcharges hydrauliques <ul style="list-style-type: none">• Fréquentes — haute amplitude• Fréquentes — faible amplitude• Occasionnelles — haute amplitude• Occasionnelles — faible amplitude• Inexistantes	Élevé ↓ Faible

2.7_ FORMATION DE VIDES

Lorsqu'il y a un trou dans une conduite, que ce soient des sections de briques manquantes ou un morceau de tuyau préfabriqué qui ait disparu, il n'y a plus de « retenue » ou de support pour le sol encaissant. Ce sol peut alors se déplacer et pénétrer dans la conduite. Il y a création d'un vide autour de la conduite. Ce vide entraîne un relâchement du sol et éventuellement le lessivage, s'il y a circulation d'eau. Dans le cas des égouts situés à proximité des conduites d'eau potable, les fuites d'eau potable peuvent être la source de la création de vides importants.

La figure 29 illustre, de façon éloquente, le phénomène de la création d'un vide dans une conduite. Cette conduite en brique, montrant des défauts (fractures longitudinales et briques manquantes avec vide visible), a créé bien des soucis lors de la nouvelle inspection télévisée effectuée dans le but d'effectuer des travaux de réhabilitation par chemisage. Les premières déficiences notées s'étaient aggravées au point de devenir une énorme caverne de 1,5m de large et de 7,5m de long sur une période d'environ cinq ans (5). La présence de ce vide majeur induisait un risque très élevé d'effondrement de la chaussée.



Figure 29 : Illustration d'un vide important dans le cas d'une conduite en brique

Les vides peuvent demeurer stables dans certaines conditions. Mais lorsqu'un vide est situé dans un sol cohésif et au-dessus du niveau de la nappe phréatique, une surcharge hydraulique peut causer un relâchement progressif du sol, entraînant une perte de sol qui, à son tour, augmentera le volume du vide. Lorsque le vide est sous le niveau de la nappe, il agit comme chemin de drainage: l'eau circulant amollit le sol et l'érode, causant ainsi une augmentation du vide.

Dans les deux cas (vide au-dessus ou au-dessous du niveau de la nappe), le sol peut s'effondrer dans le vide créé et migrer dans la conduite par un défaut, laissant une zone de sol lâche autour de la section de conduite.

Les trois (3) schémas de la figure 30 illustrent ce processus.

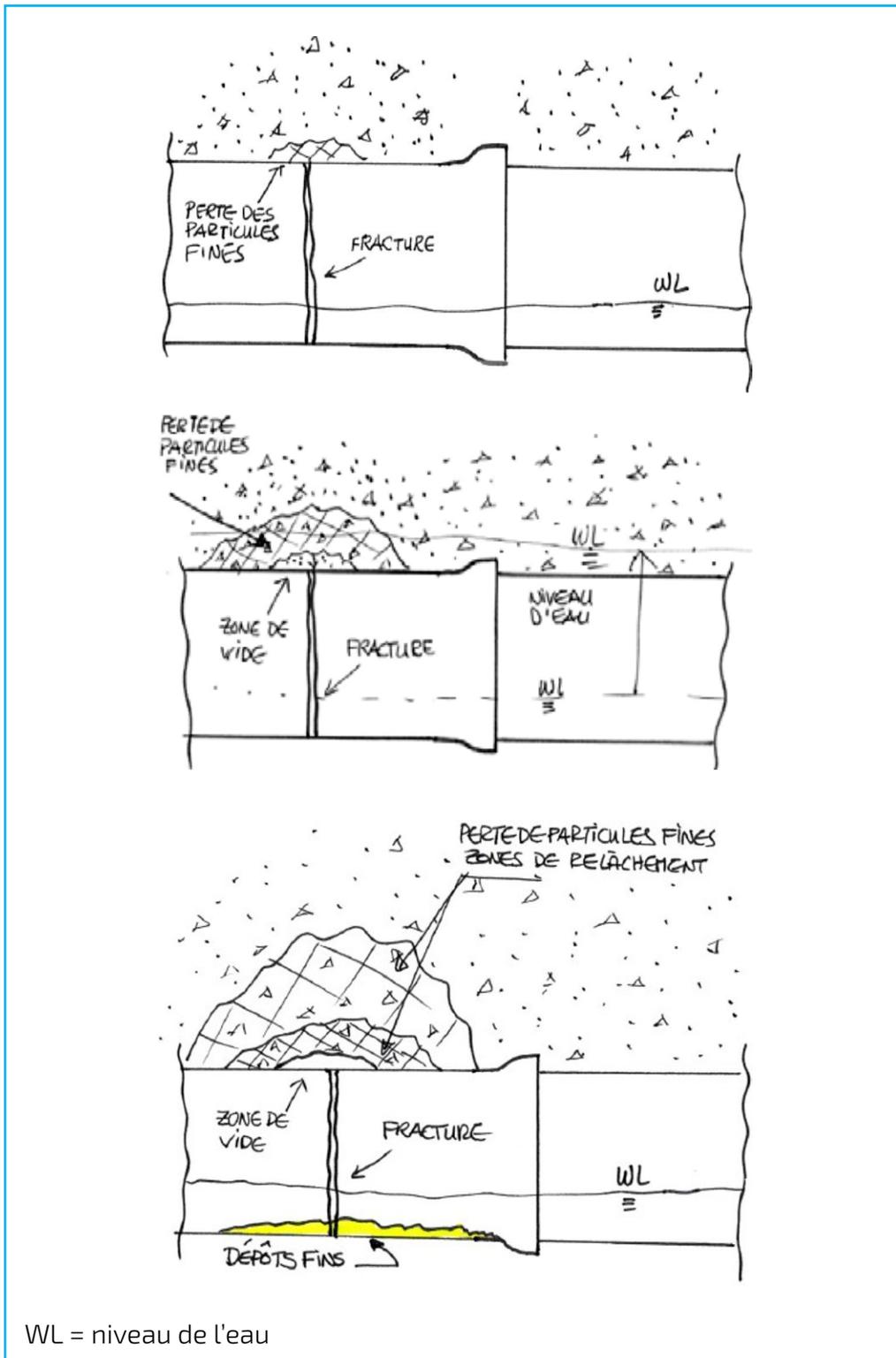


Figure 30: Illustration de la création du vide par la fluctuation du niveau d'eau dans la conduite

Finalement, tout vide ou toute zone de relâchement autour de la conduite aggrave son état structural et accélère le processus d'effondrement.

Pourquoi évaluer, diagnostiquer et planifier les interventions sur les réseaux ?

La réponse comporte trois éléments principaux: d'abord, pour optimiser les investissements étant donné que les ressources sont limitées et que les besoins sont très grands; ensuite, pour éviter des bris et des effondrements catastrophiques ainsi que les coûts et inconvénients qui y sont associés; et finalement, dans une perspective plus politique, pour éviter la mauvaise publicité et la perte de confiance des usagers envers les gestionnaires et les infrastructures.

L'expérience actuelle nous fournit des exemples démontrant que l'argent investi dans la connaissance de l'état des réseaux d'égouts permet de mieux cibler les interventions requises et de les prioriser. Ce chapitre présente les outils d'auscultation les plus couramment utilisés au Québec pour poser un diagnostic sur l'état structural des conduites d'égout et un diagnostic fonctionnel préliminaire.

3.1_ TYPES DE DIAGNOSTICS**3.1.1_ DIAGNOSTIC FONCTIONNEL**

Un diagnostic fonctionnel préliminaire peut être posé à partir de l'inspection télévisée. L'observation de plusieurs défauts présents dans la section de conduite, tels que de l'infiltration et des obstructions, permet d'associer une cause à des problèmes ponctuels de capacité hydraulique insuffisante.

Cependant, dans le cas où les causes de refoulement ne sont pas attribuables à des défauts physiques (dépôts, bas-fonds, obstructions, etc.), le recours à des modèles hydrauliques peut être nécessaire pour analyser le réseau d'égouts. Une liste importante de données est requise pour utiliser les modèles d'analyse hydraulique:

- Diamètre;
- Longueur;
- Pente ou gradient hydraulique;
- Niveau du radier et du couvert en surface;
- Coefficient de rugosité;
- Nombre de regards intermédiaires;
- Débit par temps sec (sanitaire);
- Région de drainage complète (cas des égouts unitaires);
- Pourcentage de surfaces imperméables;
- Structures de captage des eaux pluviales;
- Futurs développements prévus au plan d'urbanisme qui seront raccordés au réseau.

L'utilisation de ces modèles fournit des résultats identifiant les conduites en surcharge et les secteurs de refoulements ainsi que leur localisation. Ces modèles peuvent aussi prédire les quantités d'eaux usées déversées, en cas de débordement, au milieu récepteur par les trop-pleins si les égouts sont unitaires.

Le volet fonctionnel ne sera pas davantage développé dans le cadre de ce manuel.

3.1.2_ DIAGNOSTIC STRUCTURAL

Une étude des défauts structuraux observés dans la conduite, combinée à la connaissance de la nature du sol encaissant, permet de comprendre les interactions sol/conduite. Cette connaissance de l'état de l'enrobage et du remblai directement en contact avec les éléments du réseau est essentielle pour comprendre les mécanismes de dégradation structurale et identifier les solutions de réhabilitation.

Les défauts constatés sur les réseaux sont souvent causés par des actions du sol environnant pouvant conduire à des déplacements et à des efforts de flexion ou de compression. Les principaux mécanismes pouvant intervenir sont les glissements de terrain, les affaissements et les effondrements, l'entraînement hydrodynamique des matériaux fins, les tassements et le gonflement ou le retrait des argiles raides.

Il est donc utile de tenter de déceler les situations suivantes découlant de l'action des mécanismes précités, en ayant recours à des programmes d'auscultation ciblée: la détection des vides, les zones d'affaissement et les zones décomprimées, l'évaluation du niveau de la nappe phréatique et de ses variations.

Bien que ces données soient difficiles à recueillir puisque peu d'outils sont disponibles, «on doit traiter chaque contact avec les réseaux comme une occasion de saisir des données utiles»¹³.

¹³ InfraGuide, Innovation et règles de l'art, Eaux pluviales et eaux usées – Indicateurs et points de référence, décembre 2002.

¹⁴ Les fiches techniques d'auscultation, CERIU, ceriu.qc.ca

3.2_ OUTILS ET TECHNIQUES D'AUSCULTATION

Les outils d'auscultation sont regroupés en quatre catégories¹⁴ qui tiennent compte de leur principe de fonctionnement: géophysique, géométrique, mécanique et visuelle. Ces différentes techniques peuvent être mises en œuvre à partir de la surface ou à partir de l'intérieur de la conduite.

Ces techniques d'auscultation permettent de recueillir des données qualitatives ou quantitatives qui servent à évaluer l'état de la conduite ou à apprécier les propriétés du sol qui auront des répercussions sur la durée de vie des matériaux. Certaines des informations recueillies pourront aussi fournir des indices sur les conditions du sol d'enrobage et l'éventuelle présence de vides.

Les techniques présentées dans les paragraphes qui suivent sont les techniques les plus utilisées au Québec. Le CERIU a publié des fiches descriptives qui peuvent être consultées et téléchargées sur le site du CERIU (ceriu.qc.ca).

3.2.1_ Méthodes géophysiques

Les techniques géophysiques permettent de détecter les anomalies contenues dans le sol autour des conduites.

3.2.1.1_ Outils de localisation de la conduite

La localisation des conduites peut être une tâche très ardue si aucune information n'est disponible sur l'emplacement des conduites. Lors de la réalisation de travaux, les risques d'endommager les conduites à proximité sont grands et les coûts associés à une réparation éventuelle sont souvent élevés.

L'utilisation d'un appareil émettant un champ magnétique ([voir la figure 31](#)) permet de localiser et de suivre le tracé emprunté par la conduite, peu importe le matériau de fabrication et le diamètre de celle-ci. Pour une conduite fabriquée d'un matériau non conducteur, il est préférable d'insérer une sonde ou un fil traceur à l'intérieur. Il est possible de localiser des conduites jusqu'à une profondeur de quinze mètres.



Figure 31: Appareil permettant la localisation de conduites

3.2.1.2_ GÉORADAR

Le radar ou géoradar est une technique non destructive, dont le principe de fonctionnement est l'émission d'impulsions électromagnétiques à haute fréquence, dirigées vers la surface du sol par une antenne émettrice (voir la figure 32). Simultanément, une antenne réceptrice capte les réflexions provenant des diverses interfaces dans le sol, incluant la ou les conduites qui s'y trouvent. Les signaux radar ainsi reçus sont enregistrés. La signature électromagnétique typique de chaque sol et/ou objet permet d'en préciser la nature et ainsi de localiser la conduite.

La profondeur de lecture peut atteindre 30 mètres dans les sols où la conductivité est très élevée. Par conséquent, la performance de cette technique dépend du sol étudié. La profondeur de mesure peut être limitée à moins d'un mètre dans les sols argileux.

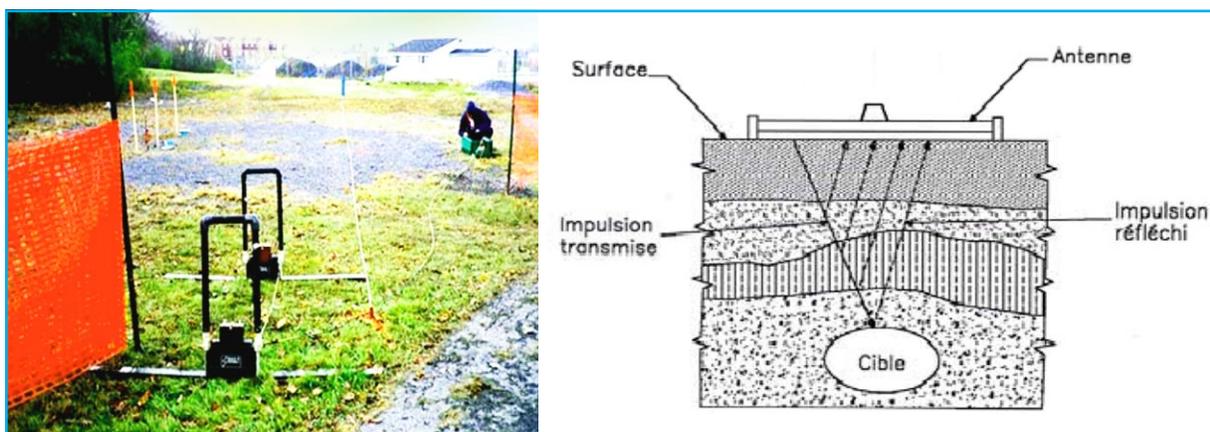


Figure 32 : Illustration de l'utilisation d'une antenne pour procéder à l'auscultation à l'aide d'un radar

Les mesures avec le géoradar sont relativement faciles à effectuer. L'antenne peut être déplacée à la main ou par un véhicule.

3.2.2_ MÉTHODES GÉOMÉTRIQUES

Les techniques géométriques permettent de mesurer les paramètres physiques d'une conduite, dont la déformation et les profils linéaires et longitudinaux.

3.2.2.1_ INCLINOMÈTRE

Jumelé à l'inspection télévisée, l'inclinomètre (voir la figure 33) permet de tracer le profil longitudinal de la conduite et de définir la pente de cette dernière. Il peut être utilisé dans les conduites de 150 mm de diamètre et plus.

Le profil est généré par des mesures en continu ou point par point entre deux regards, grâce à un capteur d'inclinaison fixé sur la caméra.



Figure 33 : Inclinomètre et image type d'un visionnement

L'intérêt de cet outil réside dans le fait qu'il permet de définir les variations de pentes le long de la conduite, entre le radier amont et le radier aval. Ces informations aident à comprendre certaines problématiques d'écoulement.

3.2.2.2_ CAPTEUR D'ORIENTATION

Pour bien planifier les interventions sur les réseaux d'égouts, il est nécessaire de connaître l'emplacement exact des conduites enfouies dans l'emprise publique. Lorsque cette information est manquante, il est possible d'utiliser le capteur d'orientation pour définir le parcours de la conduite et d'être ainsi en mesure de faire une vue en plan représentant son parcours.

3.2.2.3_ PROFILOMÈTRE AU LASER

Cette technologie permet notamment d'identifier et d'analyser les déformations d'une conduite, de localiser et de mesurer les défauts de relief sur la paroi interne de la conduite, avant et après la réhabilitation. Le profilomètre au laser est une combinaison du laser et de la caméra de télévision conventionnelle. Le profilomètre au laser consiste en une série d'instruments de mesure et d'analyse installés sur un chariot pouvant circuler dans une conduite (voir la figure 34). Il fait partie des instruments reconnus par la plus récente version de la norme du Bureau de normalisation du Québec (BNQ 1809-300) pour mesurer l'ovalisation des conduites flexibles. Les conduites de 100 à 2400 mm peuvent être auscultées à l'aide du profilomètre. Une analyse de l'état général de la conduite est ensuite effectuée et les segments problématiques peuvent être ciblés, incluant tout changement de diamètre ou phénomène d'ovalisation.

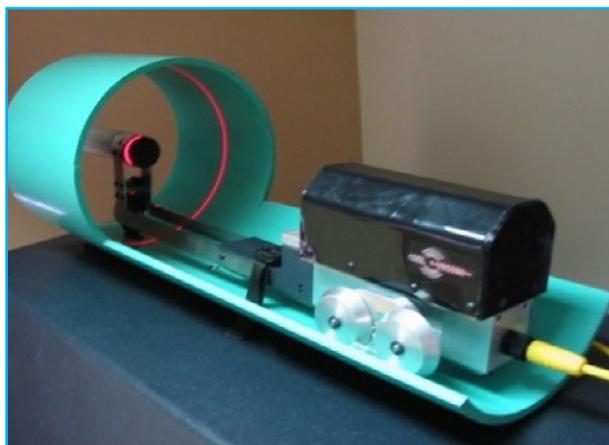


Figure 34 : Exemple d'un profilomètre au laser (source: CoolVision)

3.2.2.4_ GABARIT

Le gabarit, ex. présenté à la figure 35, est un appareil permettant de confirmer que la déformation de la conduite ne dépasse pas le seuil pour lequel il est calibré. Il s'agit d'un appareil reconnu par la plus récente version de la norme du Bureau de normalisation du Québec (BNQ 1809-300) pour vérifier l'ovalisation dans les conduites.

Cet outil est généralement utilisé lors de la réception provisoire et de la réception définitive de travaux d'installation de nouvelles conduites.

Cet appareil permet d'obtenir un verdict «go — no go» par rapport à un pourcentage maximal de déformation. Par conséquent, cet appareil ne permet pas une mesure de la déformation.

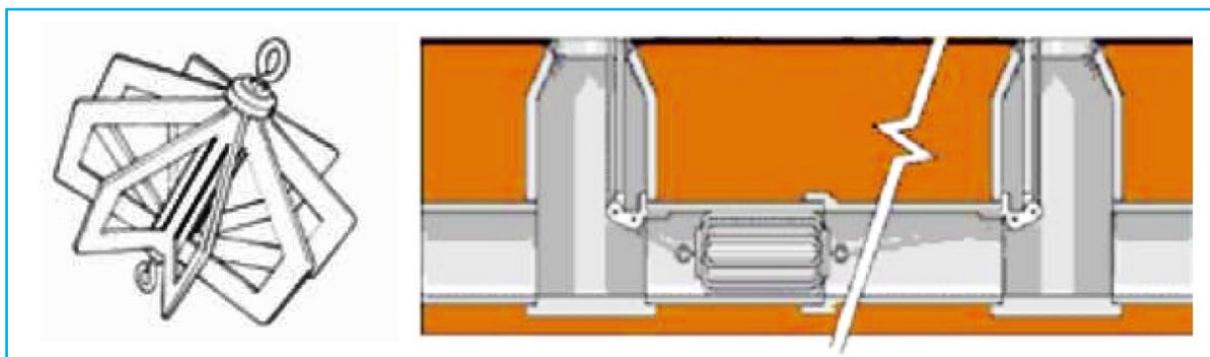


Figure 35: Gabarit

3.2.3_ MÉTHODES MÉCANIQUES

Les méthodes mécaniques permettent des investigations non destructives pour l'évaluation d'un ouvrage à l'aide d'appareillages divers.

3.2.3.1_ Recherche des eaux d'infiltration et de captage (I/C)

Les campagnes de réduction des eaux d'infiltration (I) et de captage (C) comportent de nombreux bénéfices, tant au point de vue hydraulique (élimination des eaux parasites) que structural, par l'élimination de la circulation de l'eau à travers des défauts structuraux (fissures, fractures, joints non étanches, etc.).

Les interventions qui visent à étanchéiser les conduites (colmatage, gainage ou autre) limitent les risques de migration du sol et de lessivage de l'enrobage de la conduite et arrêtent les processus de détérioration. Il y a donc stabilisation de l'état de l'égout.

Plusieurs activités permettent de localiser les sections de conduites où l'infiltration est présente et différents accessoires permettent de quantifier ces débits d'infiltration.

Les mesures de débit permettent d'identifier les tronçons où l'infiltration est suffisante pour envisager des mesures correctrices appropriées. Elles sont aussi utiles pour déceler des fuites d'eau potable qui pourraient contribuer à l'augmentation des débits d'eaux parasites.

3.2.3.2_ Calcul de l'infiltration à partir du débit de nuit

En comparant le débit de nuit évalué théoriquement au débit de nuit réel mesuré, on obtient un aperçu du volume des eaux d'infiltration et de captage, selon que l'on procède à ces évaluations respectivement par temps sec ou en période de pluie.

3.2.3.3_ Évaluation du débit de nuit pour un tronçon donné

Il est possible de quantifier l'infiltration présente sur un tronçon à un moment donné en isolant ce tronçon du reste du réseau à l'aide de bouchons temporaires (ballons pneumatiques) installés dans le regard amont. Le débit est ensuite mesuré dans le regard aval.

3.2.3.4_ Accessoires utilisés pour les mesures de débit

- Le déversoir temporaire est installé dans un regard et un appareil à ultrasons transmet à un enregistreur la variation du niveau d'eau en amont du déversoir. Une conversion est ensuite effectuée à l'aide de la courbe de tarage du déversoir pour déduire le débit;
- Un micromoulinet permet d'obtenir une ou des lectures de vitesse ; le débit peut être déduit par la méthode aire-vitesse ;
- Une sonde électronique est un appareil du type combiné (à ultrasons et piézométrique) qui permet l'acquisition rapide et fiable de données (débits et profondeurs) ;
- Un traceur (lithium) de concentration connue est injecté à débit constant en amont d'un tronçon. Par le principe de conservation de la masse, le débit additionnel d'infiltration sur le tronçon peut être déterminé en analysant la concentration d'un échantillon d'eau recueillie en aval.

3.2.3.5_ Méthodes visuelles

L'inspection télévisée fait partie des méthodes d'auscultation visuelle. L'auscultation visuelle se fait à l'aide d'une caméra vidéo téléguidée pour les conduites non visitables (diamètres de 1 200 mm et moins), portée à l'épaule ou tout récemment par drone téléguidé pour les conduites visitables (1 200 mm et plus). Il existe différents types de caméras pour l'inspection télévisée, associées ou non à d'autres outils :

- La caméra à téléobjectif ;
- La caméra de télévision conventionnelle ;
- La caméra télescopique ;
- Le sonar combiné à une caméra d'inspection conventionnelle.

Pour plus d'information sur les inspections visuelles, Le guide sur l'inspection télévisée (CERIU, 2018) contient des informations supplémentaires sur ce sujet.

3.2.3.6_ Inspection par caméra à téléobjectif

L'inspection réalisée à l'aide de la caméra à téléobjectif (voir la figure 36) est une caméra placée au bout d'un mat qui est descendue dans un regard au niveau de la conduite à inspecter. La caméra téléobjectif permettra d'apprécier l'état structural et fonctionnel des sections de conduites d'égout, sans introduction humaine dans les regards et sans dérivation des débits. Le guide sur l'inspection télévisée (CERIU, 2018) contient des informations supplémentaires sur ce sujet.



Figure 36: Caméra à téléobjectif
(crédit-photo: Aqua-Data)

3.2.3.7_ Inspection par caméra de télévision conventionnelle (CCTV)

Cette méthodologie d'inspection consiste à insérer dans la conduite une caméra vidéo fixée sur un tracteur, des roues, des flotteurs, des patins, un drone ou manuellement et opérée de la surface (voir la figure 37). Ce type d'inspection permet de vérifier, de façon détaillée, l'état de la conduite, ce qui comprend les défauts structuraux et fonctionnels de même que les caractéristiques de construction et les problématiques d'étanchéité.



Figure 37: Caméra d'inspection
à l'intérieur d'une conduite

Cette méthode d'inspection peut être employée dans les conduites d'égout de 200 mm de diamètre et plus. Le guide sur l'inspection télévisée (CERIU, 2018) contient des informations supplémentaires sur ce sujet.

3.2.3.8_ Inspection par caméra télescopique (branchements)

L'inspection par caméra télescopique telle que présentée à la figure 38, est une évolution de la technologie d'inspection par caméra de télévision conventionnelle. Cette méthode d'inspection est utilisée pour inspecter les branchements par l'intérieur de la conduite principale. La plupart des conduites peuvent être auscultées avec cette technique.



Figure 38: Exemple d'une caméra télescopique

Le nombre de mètres inspectés dépend de plusieurs facteurs: l'état du raccordement, sa position, les coudes ou autres accessoires, les racines et la caméra elle-même.

3.2.3.9_ Sonar combiné à une caméra de télévision conventionnelle

L'utilisation de cette méthode combinée permet l'inspection des conduites de grand diamètre coulant partiellement pleines, dans lesquelles un débit d'eaux usées est présent et permanent. Le sonar, tel que présenté à la figure 40, dont le principe de fonctionnement consiste en l'émission d'ondes sous le niveau de la surface de l'eau, permet de localiser et de schématiser les défauts géométriques sous le niveau de l'eau, tandis que la caméra d'inspection télévisée conventionnelle permet le visionnement et l'analyse détaillée de la portion visible de la conduite, tel que présenté à la figure 39.

Dans le cas du sonar, une onde acoustique est émise par l'appareil (placé à la surface de l'eau) et est réfléchi par le solide ou les dépôts rencontrés sur la paroi interne de la conduite. Lorsqu'un défaut est présent sur la paroi et qu'il n'y a pas de dépôt dans la conduite, l'onde n'est pas réfléchi et le signal traverse la paroi de la conduite jusqu'au sol. Le sonar combiné à la caméra d'inspection télévisée permet l'inspection des conduites d'un diamètre variant de 525 à 2500 mm.

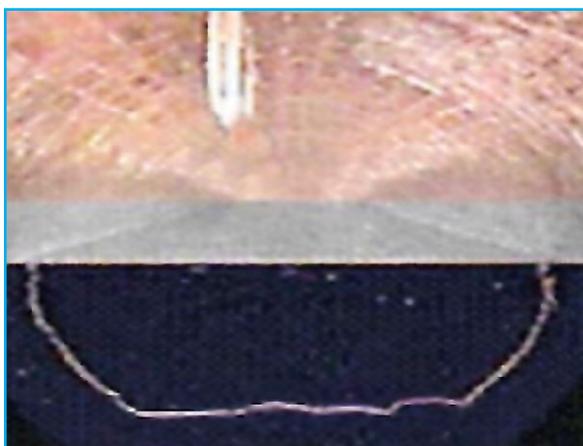


Figure 39: Image type d'inspection



Figure 40: Sonar seul

Les technologies disponibles au Québec pour l'auscultation des conduites d'égout sont les caméras de télévision, disponibles en différents formats et applications, et celles-ci s'avèrent les plus utilisées pour l'auscultation des conduites d'égout. Les technologies plus sophistiquées permettant de déceler des vides ou encore de déterminer la capacité structurale résiduelle des conduites peuvent être utilisées pour les conduites dont les dimensions sont importantes et pour lesquelles les conséquences d'un effondrement seraient catastrophiques. Le prochain chapitre traitera des technologies de réhabilitation ou de remplacement les plus utilisées au Québec. Ces différentes solutions d'intervention seront regroupées selon les phases du cycle de vie d'une conduite.

Quatre systèmes d'évaluation de l'état des conduites pour interpréter les données recueillies lors de l'inspection télévisée, selon les standards du protocole PACP, seront discutés dans ce chapitre :

- Le niveau d'état maximal;
- Le pointage rapide;
- Les pointages de section et global de la conduite;
- L'indice d'état de la conduite.

Ce sont des outils de base permettant d'examiner rapidement les conduites et de les trier selon les défauts significatifs qu'elles contiennent.

Les systèmes d'évaluation des défauts structuraux sont calculés en utilisant uniquement les niveaux d'état des défauts structuraux, tandis que le pointage rapide des défauts fonctionnels est calculé en utilisant uniquement les niveaux d'état des défauts d'opération et d'entretien (O&E). Certaines exceptions sont possibles et peuvent être retrouvées dans le tableau à la fin de l'[Annexe C](#) du PACP.

Il est important de noter qu'à la base, les systèmes d'évaluation du PACP sont attribués à chaque inspection télévisée. Selon les logiciels fournis par les fournisseurs, il pourrait être possible de joindre plusieurs inspections (une inspection initiale et une reprise en sens inverse par exemple) pour créer un pointage pour une section de conduite entre deux regards.

4.1_ LE NIVEAU D'ÉTAT MAXIMAL

Le niveau d'état maximal proposé par le PACP, aussi connu sous le nom de cote maximale, de chaque section de conduite fournit une information de première ligne permettant de départager rapidement les conduites qui nécessitent un suivi par auscultation de celles qui méritent une attention particulière et rapide.

Le niveau d'état maximal est le niveau, de 1 à 5, le plus élevé parmi les niveaux d'état attribués aux différents défauts rencontrés le long de la section de conduite évaluée. Les niveaux d'état peuvent être soit structural ou d'opération et d'entretien. Il représente la probabilité qu'un défaut cause une défaillance.

4.2_ LE POINTAGE RAPIDE

Le pointage rapide proposé par le PACP est aussi un moyen simple et rapide pour effectuer une priorisation des sections de conduites.

Le pointage rapide permet, à partir d'un code à quatre caractères, d'informer le gestionnaire sur la gravité des défauts rencontrés dans la conduite et sur l'occurrence de ces défauts. Le pointage rapide du PACP permet aussi de fournir un cliché du nombre et de la sévérité maximale des défauts se trouvant à l'intérieur d'une section de conduite.

4.3_ LE POINTAGE DE SECTION ET POINTAGE GLOBAL

Le pointage de section du PACP est une série de 5 pointages séparés attribués à une section de conduite multipliant le nombre de défauts par leur niveau d'état respectif, tandis que le pointage global est la somme des pointages de sections. Plus ces pointages sont élevés, plus la conduite, de manière générale, est en mauvais état.

4.4_ L'INDICE D'ÉTAT DE LA CONDUITE

L'indice d'état de la conduite du PACP est un indicateur de la sévérité globale des défauts dans la conduite. Elle est calculée individuellement pour les défauts structuraux et pour les défauts O&M en divisant le pointage global par le nombre de défauts structuraux et O&M.

Le système de pointage du PACP, utilisé pour établir les quatre systèmes d'évaluation de l'état mentionnés dans cette section, comporte certaines limitations. Il est utile de faire quelques commentaires concernant ce système pour en faire bon usage.

- A) Le système d'évaluation du PACP ne permet pas d'additionner les défauts qui pourraient se retrouver au même chaînage. Par conséquent, si à un chaînage donné plusieurs défauts de différents niveaux sont présents, le niveau d'état maximal à ce point sera celui du défaut ayant le pointage le plus élevé.
- B) Certains défauts ont un niveau d'état considéré faible, dont notamment les joints ouverts et les joints décalés, qui peuvent avoir des conséquences graves sur le comportement du système sol / conduite sensible au lessivage des particules d'enrobage. Le pointage structural associé au joint ouvert n'est pas variable en fonction des matériaux et des diamètres. En effet, si l'on considère une conduite de PVC, de grès ou de ciment-amiante par exemple, le joint pourrait demeurer étanche même si l'ouverture correspond à plus de 1,5 fois l'épaisseur de la paroi, ce qui est considéré comme un joint ouvert important. Cette déficience est loin de représenter une réelle problématique.
- C) Les raccordements pénétrants sont notés dans les rapports en fonction de la dimension de leur intrusion en mm, alors que le pointage tient compte du pourcentage d'obstruction de cette dernière.
- D) Le niveau d'état structural associé à l'armature visible est considéré élevé, et ce, peu importe l'ampleur de la déficience. Ainsi, que l'armature soit visible en raison d'un perçage mal exécuté ou d'une attaque par le sulfure d'hydrogène (H₂S) qui expose l'armature sur toute la circonférence de la conduite et sur toute sa longueur, le défaut est considéré élevé.
- E) Le niveau d'état des bas-fonds est établi à partir du point le profond en pourcentage du bas fond, mais ne tient pas compte du niveau d'eau existant avant et après cette déficience.

Les bonnes pratiques de gestion durable des infrastructures suggèrent que les activités d'entretien, de maintien et de réhabilitation requises à chaque période du cycle de vie de l'infrastructure soient mises en œuvre au moment opportun. Cette approche de gestion implique aussi que les interventions soient réalisées de façon proactive et préventive.

Dans le cas des conduites d'égouts, la durée de vie probable, pour la plupart des matériaux en usage dans le passé et présentement, est de 100 ans (voir la figure 41). Les conduites en brique, présentes dans les sous-sols des plus anciennes villes du Canada et de l'Amérique du Nord, ont, quant à elles, une durée de vie probable de plus de 150 ans.

La mise en place des pratiques de gestion durable permet que la durée de vie anticipée soit atteinte, voire dépassée, pour autant que les critères de conception soient toujours satisfaits (le débit par exemple).

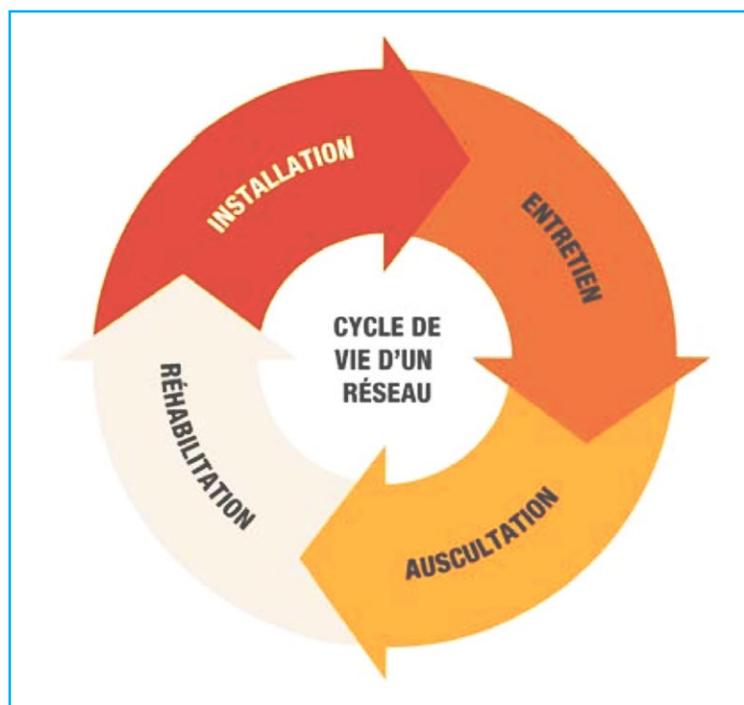


Figure 41: Illustration du cycle de vie d'une infrastructure

La mise en place des pratiques de gestion durable permet que la durée de vie anticipée soit atteinte, voire dépassée, pour autant que les critères de conception soient toujours satisfaits (le débit par exemple).

L'expérience acquise lors de la réalisation de nombreux plans d'intervention a permis de constater que plusieurs conduites doivent être remplacées prématurément parce qu'aucun entretien majeur n'a été effectué au moment où il était requis (colmatage de fissures, reprise de joints de mortier, etc.).

Le graphique, présenté à la figure 42, illustre les quatre périodes du cycle de vie et les familles d'interventions suggérées pour en assurer l'intégrité et la pérennité.

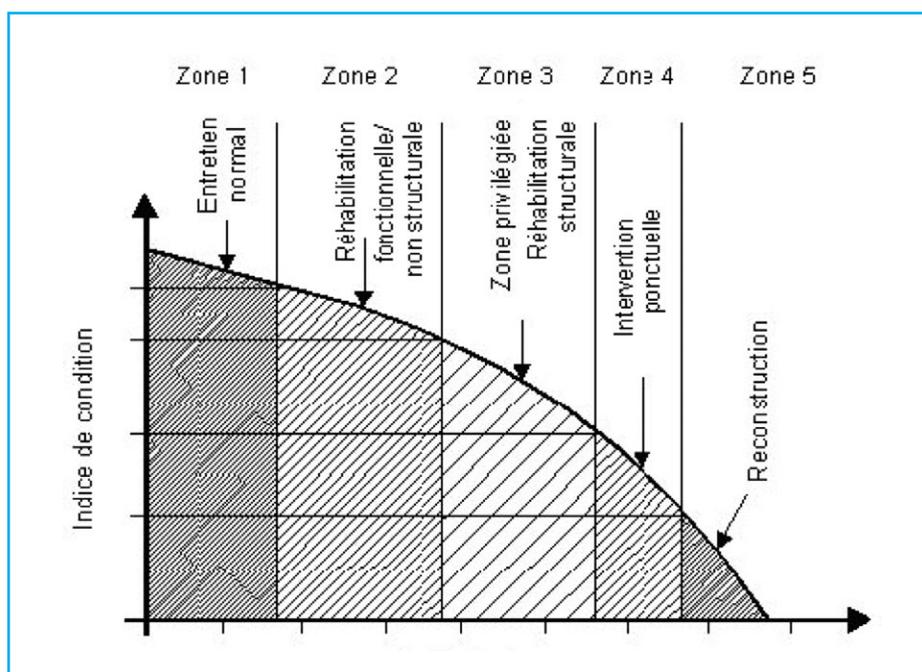


Figure 42 : Représentation des quatre phases du cycle de vie d'un actif et des types d'interventions recommandées

On retrouvera, dans les paragraphes qui suivent, différentes interventions possibles regroupées par phases du cycle de vie des conduites d'égouts.

5.1_ ENTRETIEN PRÉVENTIF

5.1.1_ NETTOYAGE HYDRAULIQUE

Le nettoyage périodique des réseaux d'égouts permet d'assurer leur bon fonctionnement et de détecter des anomalies. En effet, la présence de sable ou de gravier peut constituer un indice de défauts structuraux (bris, joints ouverts ou décalés, etc.). Plusieurs méthodes de nettoyage sont disponibles et chacune nécessite des précautions particulières selon l'état du réseau.

Les méthodes de nettoyage hydraulique exigent des mesures de précaution afin que la pression d'eau n'endommage pas la conduite fragilisée ni ne soit à l'origine d'inondations de biens publics ou privés desservis par les conduites.

Nettoyage par jets d'eau à haute pression :

Cette méthode de nettoyage dirige un jet d'eau haute vitesse en direction de la paroi de la canalisation, à divers angles, pour déloger les corps étrangers de la canalisation. Cette technique peut être assez efficace pour éliminer l'accumulation de graisse ou de débris. Le matériel de nettoyage à haute pression comprend un réservoir d'alimentation en eau, une pompe à haute pression, un moteur auxiliaire, une lance, un touret commandé par un moteur avec réglage de vitesse et commande de direction, des tuyères interchangeables et l'outillage accessoire. Ce matériel de base est monté sur un camion ou sur une remorque. Les lances doivent normalement être en mesure d'effectuer une action de récurage de 15 à 45 degrés, avec deux ou plusieurs tuyères à grande vitesse. Des pressions de 6,9 à 69 MPa (1000 à 10 000 psi) et plus peuvent être générées par ce système.

Racloirs métalliques

Ce dispositif de curage est constitué d'un châssis en acier de la forme d'un piston, autour duquel les lames en acier trempé sont disposées à différents angles. Ce dispositif est poussé en avant dans la canalisation sous l'effet de la pression d'eau à des vitesses de 0,5 à 3 m par seconde (2 à 10 pi par seconde), ce qui déclenche une action de raclage ou de brossage contre la paroi de la canalisation. Ce dispositif est généralement utilisé pour retirer des dépôts durcis. Il peut être déconseillé de l'utiliser dans des conduites fragiles ou fissurées.

5.1.2_ NETTOYAGE MÉCANIQUE

Nettoyage des tuyaux par cannes. Le matériel de nettoyage par cannes comprend un moteur et un organe de commande, des cannes d'acier continues ou en sections, puis un ensemble d'ustensiles de nettoyage, de retenue et de guidage. Le matériel motorisé assure le couple qui entraîne la canne au fur et à mesure qu'elle s'engage dans la canalisation en faisant tourner le dispositif de nettoyage prévu sur l'extrémité d'attaque. Cette méthode de nettoyage s'avère efficace pour désagréger les dépôts de graisse, couper les racines, déloger les débris et éliminer les obturations. Les cannes motorisées sont assez efficaces dans les canalisations allant jusqu'à 300 mm de diamètre.

5.1.3_ NETTOYAGE PAR RACLAGE

Le nettoyage par raclage est semblable au nettoyage par racloirs métalliques décrit auparavant, mais cette méthode ne fait pas appel à la pression d'eau. Un système de treuil et de câble d'acier permet de tirer un outil à griffes en acier plus une série de rouleaux en caoutchouc dans la canalisation. Une série de lames et de brosses est fixée sur le dispositif de raclage. L'appareil de nettoyage est hissé au moyen d'un treuil le long de la canalisation, dans une direction puis dans l'autre, jusqu'à ce que la paroi de la canalisation soit propre. Ce dispositif est d'une conception souple, ce qui lui permet de négocier des courbes allant jusqu'à 45 degrés. Ce type de dispositif est surtout utilisé pour nettoyer des conduites métalliques.

5.1.4_ VÉRIFICATION DE LA DÉFORMATION

Le recours au profilomètre (ou au gabarit), à cette étape du cycle de vie, permet de quantifier et de comparer dans le temps la déformation d'une section de conduite. La quantification de la déformation est utile comme déclencheur d'une intervention de réhabilitation afin d'éviter de perdre cette fenêtre d'opportunité. Rappelons qu'une déformation de 10% constitue une limite théorique pour la réhabilitation par chemisage de conduites circulaires selon la méthode de calcul de l'ASTM F1216.

5.2_ ENTRETIEN RÉPARATIF

5.2.1_ COLMATAGE PAR INJECTION

Le colmatage par injection est utilisé pour sceller des fissures et autres défauts causant des infiltrations dans les conduites gravitaires d'égout. Cette technique peut même permettre de remplir les cavités dans le sol entourant la conduite dans le cas où celui-ci aurait pu être lessivé lors d'infiltrations. Un manchon d'injection permet de gonfler un ballon afin d'isoler la section de la conduite à réhabiliter, d'injecter un coulis chimique et de maintenir une pression prédéterminée (pour fin d'essai d'étanchéité ou de colmatage). Des conduites de 100 à 3 600 mm ainsi que des branchements de 90 à 225 mm peuvent être réhabilités par colmatage.

5.2.2_ ALÉSAGE DES OBSTRUCTIONS

L'alésage est une opération visant à éliminer les obstructions dans une conduite, telles des racines, de la graisse, des dépôts calcaires, des joints d'étanchéité pénétrants et les branchements pénétrants qui nuisent à l'écoulement et augmentent les risques de refoulement. Ces obstructions peuvent aussi empêcher le passage de la caméra ou risquer d'endommager la gaine lors d'une réhabilitation sans tranchée. Lors de l'alésage, les outils spécialisés sont fixés à l'extrémité du boyau de l'unité de nettoyage et sont activés par la pression d'eau. [La figure 43](#) illustre différents types d'outils.



Figure 43 : Exemples d'outils pour aléser les obstructions dans une conduite

5.2.3_ RÉPARATION DU MORTIER DES CONDUITES EN BRIQUE

Cette réparation non structurale sert à réduire les infiltrations et les exfiltrations dans les collecteurs en brique ou en maçonnerie. Elle consiste à évider les joints de mortier, nettoyer la zone à réparer et retirer le mortier désagrégé; il faut ensuite remplir les joints de mortier frais à la main ou au moyen d'outils pneumatiques.

5.2.4_ AUSCULTATION

5.2.4.1_ Inspection télévisée

Les différents types d'inspections télévisées ont été décrits précédemment. L'inspection télévisée est l'outil d'auscultation le plus utilisé pour améliorer la connaissance de l'état des réseaux et pour en faire le suivi. Les inspections télévisées sont réalisées pour différentes raisons: identifier la cause d'un problème d'entretien récurrent (tels débris, infiltration, etc.), connaître l'état structural d'une conduite lorsque des travaux sont prévus à proximité sur la chaussée, ou encore prioriser les interventions dans le temps.

La priorisation des interventions peut être structurée dans le cadre d'une stratégie d'auscultation basée sur le risque d'effondrement, l'importance hiérarchique de la conduite et les répercussions de sa déficience. Cette stratégie aura comme objectifs:

- De connaître l'état du réseau sur un horizon de moyen à long terme, selon l'ampleur du réseau;
- De suivre l'évolution de l'état du réseau en vue d'en assurer la pérennité;
- D'optimiser les investissements.

5.3_ RÉHABILITATION STRUCTURALE

Les technologies sans tranchée sont des technologies qui n'utilisent pas ou qui limitent les excavations. Ces techniques utilisent des méthodes de construction, des matériaux et de l'équipement qui sont peu encombrants afin de restreindre les répercussions sociales et environnementales qui découlent des travaux sur les infrastructures souterraines.

Les techniques de réhabilitation structurale qui seront mises et disponibles prochainement sur le site du CERIU, sont celles qui permettent de restaurer une conduite dont la structure est défaillante. Elles consistent à solidifier une section ou l'ensemble de la conduite en lui redonnant sa résistance initiale. Dans certains cas, la technique de réhabilitation sert également à améliorer la capacité hydraulique en plus de la capacité structurale. Les prochains paragraphes présentent les principales techniques utilisées au Québec.

5.3.1_ CHEMISAGE

Le principe de la technique de chemisage, présenté à la figure 44, consiste à insérer une gaine composée de fibres de verre ou de polyester non tissé et imprégnée de résine dans la conduite. Deux méthodes sont utilisées pour insérer la gaine dans la conduite :

- **Introduction de la gaine par inversion** à partir d'un puits d'accès. L'eau ou l'air est utilisé afin de déployer la gaine et de la chauffer pour déclencher le mûrissement de la résine.

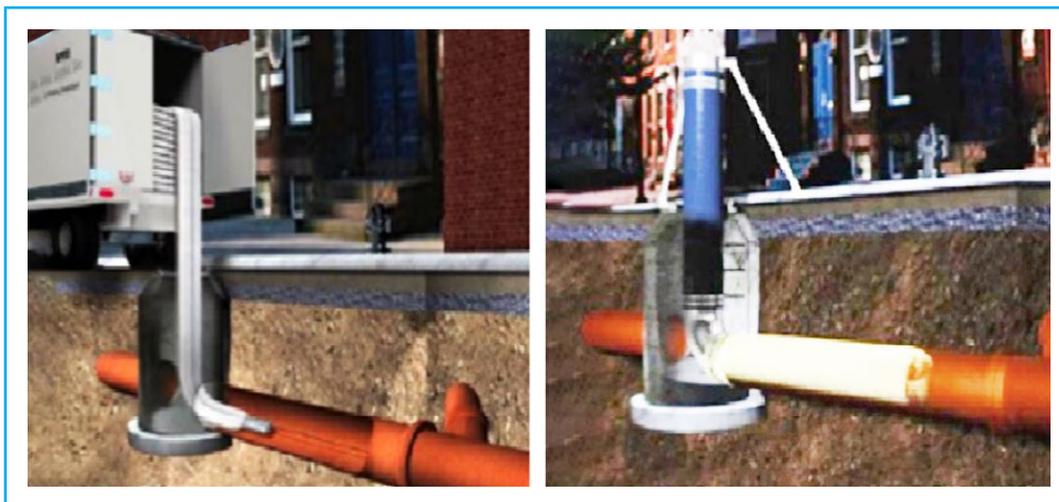


Figure 44 : Illustrations de la technique de chemisage

- **Insertion de la gaine par tirage** : Après avoir été imprégnée de résine, la gaine, dont les extrémités sont scellées, est simplement tirée à l'aide d'un treuil à l'intérieur de la conduite, entre les deux puits d'accès. Lorsque la gaine est bien positionnée, une pression est appliquée à l'intérieur de la gaine afin de la déployer et de la plaquer sur la surface interne de la conduite d'accueil. La gaine peut alors mûrir par température ambiante, eau chaude, vapeur ou rayons ultraviolets.

Avant d'effectuer le chemisage d'une conduite d'égout, il est nécessaire d'effectuer son nettoyage. Il est indispensable qu'une inspection minutieuse de la conduite soit faite avant le chemisage, afin de localiser l'emplacement exact des branchements pour permettre leur réouverture à la suite de la réhabilitation.

5.3.2_ TUBAGE

La technique de réhabilitation par tubage consiste à insérer un tuyau flexible ou rigide à l'intérieur de la conduite à réhabiliter. Le tubage est utilisé pour améliorer les capacités hydrauliques et structurales. Il permet aussi de corriger les anomalies présentes dans les conduites telles que l'infiltration, les fissures, les racines, etc. Le tubage peut être effectué selon quatre procédés :

- **Le tubage (insertion) segmenté**, présenté à la figure 45, permet d'insérer une nouvelle conduite en courts segments à l'intérieur de celle à réhabiliter. La nouvelle conduite est insérée par des puits d'accès qui sont habituellement les regards ou de puits d'accès excavés, en courts segments qui sont tirés à l'aide d'un treuil ou poussés par des appareils spéciaux. Des tuyaux d'un diamètre de 20 mm et plus peuvent être insérés. Les sections de tuyaux sont généralement munies de joints à emboîtement ou à rainure. Il est parfois nécessaire d'injecter un coulis dans l'espace annulaire.

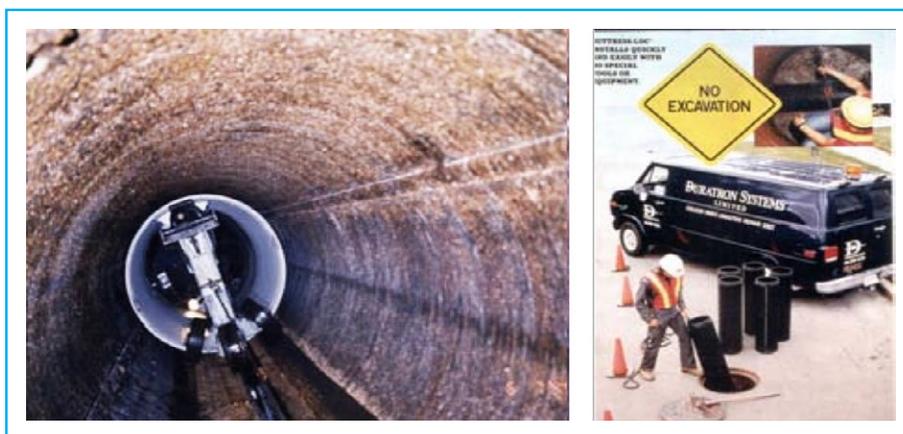


Figure 45: Exemple de tubage segmenté

- **Le tubage par tuyaux déformés** utilise un tuyau déformé en usine ou sur le site, habituellement en forme de 'C' ou 'U'. Au chantier, son installation consiste à attacher une extrémité du tuyau à un câble, puis à le tirer à l'aide d'un treuil dans la conduite d'accueil. Lorsque l'insertion du tuyau est terminée, celui-ci reprend sa forme à l'aide d'une combinaison de pression ou avec de l'eau pour lui redonner sa forme originale (circulaire). Il est parfois nécessaire d'injecter un coulis dans l'espace annulaire. La figure 46 illustre un tubage déformé.

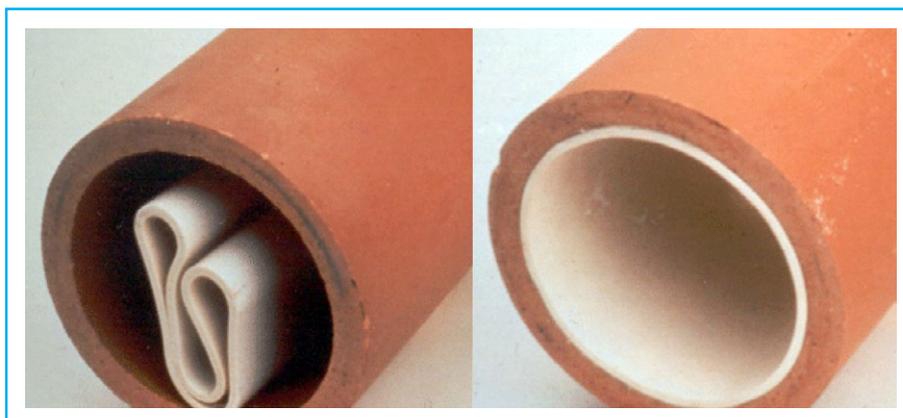


Figure 46: Exemple de tubage déformé

- **Le tubage ajusté**, tel que présenté à la figure 47, consiste à insérer un nouveau tuyau en polyéthylène de haute densité (PEHD) ou de moyenne densité (PEMD), dont le diamètre extérieur est légèrement plus grand que le diamètre intérieur de la conduite d'accueil. Cette façon de faire permet d'obtenir un contact très étroit entre les deux conduites. Le tuyau est comprimé avant son insertion afin de réduire son diamètre de 7 à 11%. Le tuyau est inséré au fur et à mesure qu'il est réduit. Une fois l'insertion terminée, la tension dans le tuyau est relâchée afin que celui-ci retrouve son diamètre d'origine. Des conduites d'un diamètre variant de 100 à 1100 mm peuvent être réhabilitées avec cette technique.



Figure 47: Exemple de tubage ajusté¹⁵

- **L'insertion conventionnelle** (tubage conventionnel) avec espace annulaire consiste à insérer une nouvelle conduite de plus petit diamètre dans la conduite à réhabiliter. La nouvelle conduite est introduite, soit par tirage à l'aide d'un treuil ou soit poussée à l'aide d'appareils spéciaux. Généralement, la conduite insérée est en polyéthylène et les joints sont fusionnés.

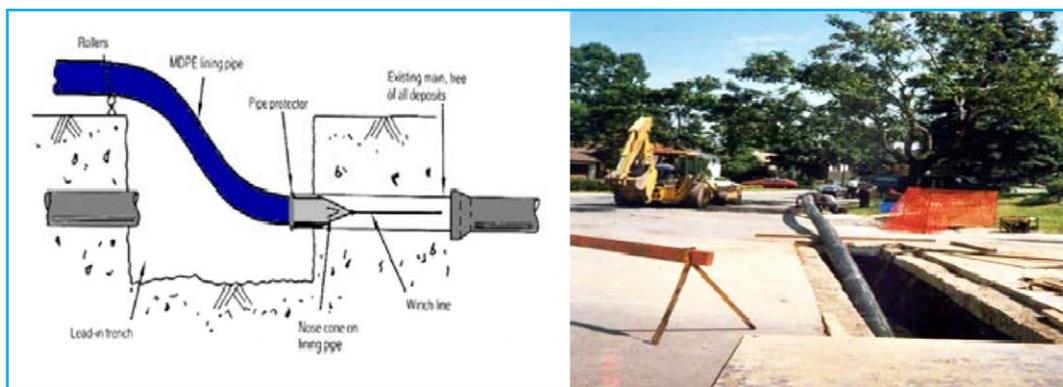


Figure 48: Exemple d'insertion conventionnelle

L'insertion conventionnelle (voir la figure 48) nécessite généralement l'injection d'un coulis dans l'espace annulaire entre les deux conduites.¹⁶

¹⁵ Figure tirée de pwtrenchless.com

¹⁶ Tiré et traduit du Water Research Centre, 1986.

5.3.3_ INTERVENTIONS PONCTUELLES

Il est possible de faire la réhabilitation d'une partie d'une section de conduite. Plusieurs techniques peuvent être envisagées lorsqu'une conduite présente des défauts structuraux ou hydrauliques ponctuels. Les techniques suivantes sont disponibles et utilisées pour des interventions localisées.

- **Le chemisage ponctuel**, tel qu'illustré à la figure 49, est utilisé pour faire une réhabilitation de quelques mètres seulement, sur des conduites de 75 mm et plus. La section de gaine est installée sur un ballon gonflable. Celui-ci est localisé à l'endroit où la réhabilitation est nécessaire et l'expansion du ballon comprime la gaine sur la paroi. Après une période de mûrissement, le ballon est dégonflé et retiré de la conduite.
- **L'utilisation de manchons internes**, tel qu'illustré à la figure 50, permet de réaliser des réparations structurales et ou fonctionnelles localisées. Ces manchons peuvent être mis en place dans des conduites non visitables à l'aide d'une caméra de télévision jumelée à un ballon autour duquel le manchon est fixé. Le ballon se gonfle et fixe le manchon à la conduite. Dans le cas des conduites semi-visitables et visitables, des manchons peuvent aussi être installés. Une garniture de caoutchouc est d'abord appliquée au joint ou à la fissure, puis un manchon d'acier est ensuite fixé à l'aide d'un dispositif de serrage.



Figure 49: Exemple de chemisage ponctuel



Figure 50: Exemples de manchons internes

5.3.4_ RECONSTRUCTION SANS TRANCHÉE ET NOUVELLES INSTALLATIONS

Plusieurs techniques sans tranchée existent pour faire l'installation de nouvelles conduites. Pour plus de détail sur les différentes techniques de nouvelles installations, se référer au manuel: *État des connaissances - Techniques sans tranchée et dangers associés pour les infrastructures routières - Nouvelles Installations* (MTQ,2022). Un exemple de technique de reconstruction et de nouvelle installation est présenté ci-dessous.

Dans tous les cas, la connaissance des conditions environnantes à la conduite est essentielle pour bien choisir la technique à utiliser. En plus d'une étude approfondie du sol, il faut localiser toutes les conduites et infrastructures souterraines se trouvant dans la zone des travaux.

• Éclatement de conduite - Reconstruction

La technique d'éclatement, tel qu'illustré à la figure 51, est considérée à la fois comme étant une nouvelle installation et comme une réhabilitation. Pour fins de ce manuel, nous l'interprétons comme étant une réhabilitation. Cette technique permet le remplacement de la conduite en entier en insérant une nouvelle conduite du même diamètre ou d'un diamètre supérieur à celui de la conduite existante. L'éclatement de l'ancienne conduite se fait en passant un outil éclateur à l'intérieur de la conduite. Les fragments de la conduite sont repoussés dans le sol encaissant. Une nouvelle conduite en polyéthylène haute densité (PEHD) est par la suite installée.

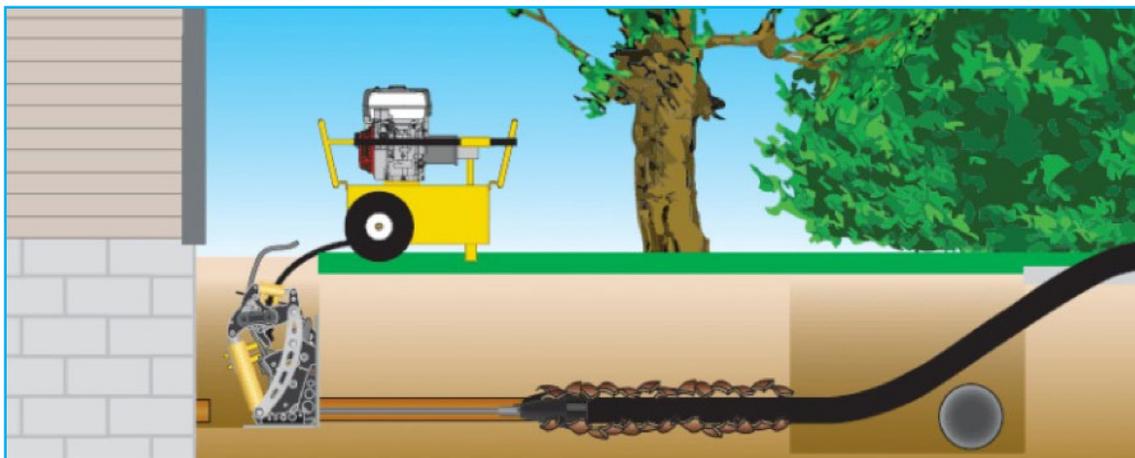


Figure 51: Éclatement de conduite¹⁷

¹⁷ Image tirée du site abbottsplumbing.com

- **Microtunnelier – Nouvelle installation**

Le microtunnelier, tel qu'illustré à la [figure 52](#), est une méthode sans tranchée permettant l'installation d'une nouvelle conduite. Le microtunnelier fore un tunnel en appliquant une pression sur le sol, tout en jumelant une rotation de la tête de coupe. La conduite est introduite simultanément et poussée tout le long du forage. Il existe deux types d'évacuation des déblais, soit avec l'usage d'une vis sans fin, soit en utilisant un système de boue liquide. L'usage de la bentonite permet de réduire les contraintes de friction induites par l'avancement des conduites enfoncées. Il est essentiel de bien connaître le sol dans lequel une conduite sera installée. Des conduites de 200 mm de diamètre et plus en acier, en béton armé ou en béton polymère peuvent être installées à l'aide d'un microtunnelier.



Figure 52: Microtunnelier¹⁸

¹⁸ Images tirées du site kerrconstruction.com

6.0 DÉTERMINATION DES INTERVENTIONS

Après avoir établi une liste des conduites demandant une analyse plus approfondie, plusieurs étapes doivent être réalisées pour recommander les interventions à effectuer. La méthodologie proposée comprend les quatre étapes suivantes :

- 1) Identifier l'ensemble des défauts présents à partir du visionnement de l'inspection télévisée de la section de conduite.
- 2) Identifier les interventions spécifiques requises pour corriger chacun des défauts, considérés individuellement.
- 3) Définir la solution la plus économique en considérant l'ensemble des interventions identifiées précédemment.
- 4) Choisir la solution intégrée la plus économique en considérant les autres infrastructures présentes (conduite d'eau potable, chaussée, etc.).

6.1_ PREMIÈRE ÉTAPE : VALIDER LE RAPPORT DE L'INSPECTION TÉLÉVISÉE ET IDENTIFIER LES DÉFAUTS

Lorsque les anomalies et défauts ou le niveau d'état révèlent que la pérennité de la conduite est menacée, une analyse plus approfondie est requise et cette dernière doit débiter par le visionnement de la vidéo d'inspection de la conduite.

Le visionnement de la vidéo d'inspection vise d'abord à confirmer que toutes les anomalies ont correctement été identifiées et notées dans le rapport, selon les règles du PACP. Il permet aussi de valider la qualité de la bande vidéo, d'identifier tous les raccordements et de confirmer que la section de la conduite a été inspectée sur toute sa longueur. Enfin, pour éviter une mauvaise localisation des interventions, il faudra confirmer que les regards amont et aval ont été correctement identifiés et que l'écoulement s'effectue conformément aux données indiquées dans le rapport d'inspection. Le guide sur l'inspection télévisée (CERIU, 2018) contient des informations supplémentaires sur ce sujet.

6.2_ DEUXIÈME ÉTAPE : DÉFINIR LES INTERVENTIONS REQUISES POUR CORRIGER CHACUN DES DÉFAUTS OBSERVÉS

Après avoir validé le rapport d'inspection télévisée de la section de conduite et recueilli les informations nécessaires à l'analyse, un second visionnement devra être effectué dans le but de déterminer les interventions requises pour corriger chacun des défauts rencontrés. Le guide de rédaction des plans d'intervention contient des informations supplémentaires à ce sujet (CERIU, 2013).

6.2.1_ DÉFAUTS STRUCTURAUX

Le type d'intervention sera déterminé en fonction de la gravité de la déficience analysée. On réfère ici au modèle de dégradation présenté à la section 2.2 *Problématique structurale*.

Ainsi, lorsque le défaut est au premier stade de détérioration, un colmatage par injection est généralement approprié. Il permettra d'assurer l'étanchéité de la conduite, d'éviter sa détérioration ultérieure et de stabiliser le sol encaissant.

La réhabilitation structurale ou le remplacement s'avérera probablement une alternative plus appropriée pour corriger un défaut qui est au second ou au troisième stade de détérioration.

À titre indicatif, les défauts ou conditions suivantes nécessitent des excavations ponctuelles ou complètes, dépendant de leur étendue et de leur occurrence dans la section :

- Déformation > 10 %;
- Joint décalé > 10 % du diamètre (PACP);
- Objet saillant qui ne peut être alésé;
- Changement du diamètre > 10 % du diamètre;
- Trou ou vide moyen ou important.

Dans le cas où des interventions par excavation sont requises, il faut protéger les raccordements et les regards à proximité, ainsi que valider leur état au préalable.

6.2.2_ DÉFAUTS FONCTIONNELS

Pour ce qui est des défauts fonctionnels, il faudra déterminer si un nettoyage de la conduite est requis, s'il est nécessaire d'aléser les défauts pouvant obstruer l'écoulement ou nuire à une éventuelle réhabilitation, ou encore s'il faut procéder à une excavation pour corriger le profil de la conduite qui serait déficient.

La présence de bas-fonds, dans la plupart des cas, limite les travaux de réhabilitation. Un bas-fond important provoquant des refoulements de l'égout incommodant la population riveraine devra faire l'objet d'une excavation pour permettre la correction du profil.

6.3_ TROISIÈME ÉTAPE : DÉFINIR LA SOLUTION D'INTERVENTION POUR CORRIGER L'ENSEMBLE DES DÉFAUTS RENCONTRÉS

Après avoir identifié les interventions requises pour corriger chacun des défauts rencontrés, la prochaine étape consiste à déterminer la solution la plus économique pour corriger l'ensemble des anomalies. Pour ce faire, une estimation des coûts totaux des options possibles doit être réalisée. Les coûts totaux comprennent les coûts directs et les coûts socio-économiques. Les options possibles sont les suivantes :

- Intervenir de façon ponctuelle, selon les interventions identifiées à l'étape précédente ;
- Réhabiliter toute la section (une variante consiste à réaliser un remplacement local et une réhabilitation complète) ;
- Remplacer toute la section.

Les informations suivantes sont nécessaires pour l'analyse économique des options :

- La longueur de la section ;
- Le diamètre ;
- Le nombre total de joints (pour évaluer les travaux de colmatage) ;
- Le nombre de raccordements ;
- Le nombre et la longueur des interventions de chemisage ;
- Le nombre et la longueur des interventions par excavation ;
- Le nombre d'interventions d'alésage nécessaires.

Les plaintes et les interventions d'entretien existantes doivent aussi être considérées pour optimiser les interventions à venir. Ainsi, si le tronçon à l'étude fait l'objet de plaintes récurrentes de refoulement ou si le nettoyage de la section doit être effectué sur une base régulière, il est possible que le remplacement de la section soit requis. Le diamètre ou la pente pourront être augmentés pour répondre aux besoins fonctionnels, c'est-à-dire de capacité hydraulique.

6.4_ QUATRIÈME ÉTAPE : DÉTERMINER LA SOLUTION LA PLUS ÉCONOMIQUE EN CONSIDÉRANT LES AUTRES INFRASTRUCTURES PRÉSENTES

Ayant en main les choix d'interventions optimums pour la section d'égout, il faut maintenant considérer l'état des autres infrastructures présentes. Advenant le cas où des interventions seraient nécessaires pour maintenir ces infrastructures en bon état, il faudra alors réévaluer la rentabilité des interventions proposées à la troisième étape conjointement avec les interventions planifiées aux infrastructures adjacentes.

Il n'existe aucune règle permettant de créer un algorithme décisionnel universel. Les conditions inhérentes à chaque site d'intervention et les interventions requises sur les infrastructures adjacentes doivent être analysées pour définir la solution intégrée la plus économique.

À titre d'exemple, la réhabilitation structurale complète de l'égout sur un tronçon, où la conduite d'eau potable et la structure de chaussée doivent être reconstruites, pourrait devenir une solution intégrée moins économique que son remplacement. Cependant, si cette même conduite se trouvait à plus de quatre mètres de la conduite d'eau potable, sa réhabilitation demeurerait sans doute la solution intégrée la plus économique.

7.0 CONCLUSION

La révision de ce manuel consiste à intégrer les technologies disponibles pour l'auscultation et l'approche pour identifier, répertorier les défauts et entreprendre des réparations avec les outils sans-tranchée.

Nonobstant l'introduction des méthodes d'auscultation et techniques de réhabilitation, il est fortement recommandé de se référer à d'autres outils et cours de formations offerts par le CERIU.

Les techniques d'intervention sont variées et leur mise en œuvre judicieuse permet d'optimiser le coût d'intervention et de prolonger la durée de vie des infrastructures.

Le choix de ces techniques est influencé par les conditions de dégradation liées aux environnements internes et externes de la conduite. La méthode d'analyse proposée dans ce manuel requiert une bonne connaissance des modes de dégradation des conduites et des répercussions des défauts sur le taux de dégradation.

Pour rendre possible une planification efficace et une gestion optimale des réseaux d'égouts, chaque intervenant doit saisir toutes les opportunités de cueillir des données essentielles à la compréhension des mécanismes de dégradation des conduites, tout en s'assurant de la qualité de ces données. Un des outils permettant aux municipalités d'avoir une meilleure connaissance de ses conduites est le **Guide d'élaboration d'un plan d'intervention pour le renouvellement des conduites d'eau potable, d'égouts et des chaussées**. Plus le gestionnaire détiendra de données pertinentes et de qualité, mieux il comprendra les mécanismes de dégradation associés aux défauts rencontrés dans les conduites et plus les choix d'interventions seront faciles à faire. Cette connaissance le mènera à une prise de décisions techniques et financières plus efficaces et plus rentables pour les citoyens.



RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

- ASTM F1216-22, *Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube*, août 2022.
- CERIU/NASSCO, Programme du PACP, *Certification visant l'évaluation de l'état des conduites*, Version 7.0.4, CERIU, 2022.
- *Techniques sans tranchée et dangers associés pour les infrastructures routières – Nouvelles installations*, ministère des Transports, août 2022.
- *Guide d'inspection télévisée des réseaux d'égouts*.
- CAN / BNQ 3682-320 *Atténuation des risques de captage et d'infiltration dans les nouveaux réseaux d'égout sanitaire*.
- *Guide d'élaboration d'un plan d'intervention pour le renouvellement des conduites d'eau potable, d'égouts et des chaussées*, publié par le ministère des Affaires municipales et Occupation du territoire (MAMOT) en novembre 2013.
- BNQ 1809-300 *Cahier des charges normalisé : Travaux de construction – conduites d'eau potable et d'égout – Clauses techniques générales*.
- BNQ-1809-400 *Travaux de réhabilitation sans-tranchée – conduites d'eau potable et d'égout*.
- BNQ 3680-125 *Inspection télévisée des conduits et regards d'égouts*.
- *Condition Assessment and Rehabilitation of Large Sewer*, Mc Donald, S.E., Zhao, J. Q., NRCC- 44696, Waterloo, 2001.
- GNIMD, *Prévention ou réduction de l'infiltration et de l'eau de captage dans les réseaux collecteurs d'eaux usées*, mars 2003.
- GNIMD, *Contrôle à la source des eaux usées*, mars 2003.
- GNIMD, *Choix de techniques de réhabilitation ou de remplacement de conduites d'égout*, mars 2003.
- GNIMD, *Examen et évaluation d'un réseau de collecte d'eaux pluviales ou d'eaux usées*, août 2004.
- *Guide d'évaluation et de réhabilitation des égouts collecteurs*, Zhao, Jack Q., McDonald, Shelley E., Kleiner, Yehuda, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches Canada, 2001, 90 pages.

- *Manual of Practices, Wasterwater Collection Systems*. NASSCO, 1996, Second Edition.
- *Recommandations pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement*, AGHTM, N° hors série, 93e année, 1998, Coordonnateur Jean-Michel Bergue.
- *Rehabilitation and Maintenance of Drains and Sewers*, Dietrich Stein, Ernst and Sohn, 2001.
- *Sewer Physical Condition Classification Manual, The city of Edmonton Transportation Drainage Engineering Section*, 1996.
- *Standard Sewer Condition Rating System Report, The city of Edmonton Transportation Drainage Engineering Section*, 1996.
- *Underground Infrastructure Research, Municipal, Industrial and Environmental Applications*, Edited by Mark Knight and Neil Thompson, Department of Civil Engineering, University of Waterloo, On, Canada.
- *Sewerage Rehabilitation Manual*, WRC, 1989.



La reproduction de ce document par quelque procédé que ce soit et sa traduction, même partielles, sont interdites sans l'autorisation du CERIU.

Tous droits réservés.
© CERIU, septembre 2023



Centre d'expertise
et de recherche
en infrastructures
urbaines

999, Boul. de Maisonneuve Ouest, bur. 1620
Montréal (Québec) H3A 3L4
Canada

514 848-9885

info@ceriu.qc.ca
www.ceriu.qc.ca