

MANUEL



# Réseaux d'eau potable: Pathologies, diagnostics et interventions



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: 978-2-925413-02-8

La reproduction de ce document par quelque procédé que ce soit et sa traduction, même partielles, sont interdites.

Tous droits réservés © CERIU, 2024.

# 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 rédaction 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.

Le CERIU tient à remercier chaleureusement les membres du comité de travail pour leur dévouement et leur précieuse contribution.

### L'ÉQUIPE DE RÉDACTION

- Supervision par le **Conseil permanent infrastructures souterraines (CP-ISO)**
- Coordination par **Celia Abbas**, ing. M. Ing. Chargée de projets, CERIU
- Recherche et rédaction: **Piero Salvo**, ing. M. Ing. Consultants Sans-tranchée GAME

## MEMBRES DU COMITÉ DE TRAVAIL

NOM ET TITRE	FONCTION	ORGANISATION
<b>Driss Ellassraoui</b> , ing. MBA	Chef de division Division planification et gestion des actifs	Ville de Laval
<b>Marc Didier Joseph</b> , ing., M. Ing ( Consultation )	Directeur de projets	CERIU
<b>Salamatou Modieli A</b> , ing., M. Ing, PMP ( Consultation )	Coordonnatrice de projets	CERIU
<b>Christine Ouimet</b> , ing.	Directrice Service du génie et de l'environnement	Ville de Vaudreuil-Dorion
<b>Amal Rahali</b> , ing., M. Ing.	Chargée de projets Direction des programmes d'Infrastructures d'eau de Montréal (DPIEM)	MAMH
<b>Piero Salvo</b> , ing., M. Ing	Président	Consultants Sans-tranchée GAME
<b>Lila Touahria</b> , ing.	Chef d'équipe Réhabilitation aqueduc et égouts	Ville de Montréal
<b>Caroline Verreault</b> , ing., M. Sc.	Coordonnatrice PIEMQ et projets spéciaux Direction de la gestion stratégique de l'eau	MAMH

## CONTEXTE D'UTILISATION DU MANUEL

Les gestionnaires et intervenants techniques intéressés par la gestion des réseaux d'eau potable 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'eau potable, leurs conséquences éventuelles et les mesures à prendre pour les corriger.

Le présent document vise à fournir les informations nécessaires pour que les utilisateurs puissent :

- Être en mesure d'identifier et d'évaluer les types de dégradations ;
- Reconnaître les symptômes, les causes et les conséquences des dégradations ;
- Comprendre les facteurs qui influencent le taux de dégradation et de l'état des conduites ;
- Être en mesure de poser un diagnostic de l'état d'une conduite d'eau potable ;
- Identifier les techniques d'intervention disponibles pour les réseaux d'eau potable selon le stade de détérioration de la conduite ;
- Comprendre les impacts associés aux interventions (isolation de conduite, ajouts d'accessoires, etc.) pour l'auscultation et la réparation des réseaux d'eau potable ;
- Recommander la meilleure intervention selon la nature, la gravité et l'étendue des défauts.

**Section 1 :** décrit les déficiences et les dégradations des conduites d'eau potable (hydrauliques et structurales) ;

**Section 2 :** décrit et énumère les facteurs influençant le taux de dégradation de l'état des conduites, les symptômes permettant de détecter les causes possibles et les mesures correctrices générales ;

**Section 3 :** détaille les outils d'auscultation ;

**Section 4 :** traite l'évaluation de l'état des conduites ;

**Section 5 :** présente et discute la détermination des types d'intervention ;

**Section 6 :** expose et analyse les interventions non structurales ;

**Section 7 :** met en valeur et examine les interventions structurales.

# TABLE DES MATIÈRES

À PROPOS	II
REMERCIEMENTS	III
MEMBRES DU COMITÉ DE TRAVAIL	IV
CONTEXTE D'UTILISATION DU MANUEL	V
TABLE DES MATIÈRES	VI
LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES	VIII
LISTE DES FIGURES	IX
LISTE DES TABLEAUX	X
INTRODUCTION	1
HISTORIQUE	2
<b>1.0_ DÉFICIENCES ET DÉGRADATION DES CONDUITES D'EAU POTABLE</b>	<b>3</b>
1.1_ PROBLÉMATIQUE HYDRAULIQUE	5
1.2_ PROBLÉMATIQUE STRUCTURALE	13
<b>2.0_ FACTEURS INFLUENÇANT LE TAUX DE DÉGRADATION DE L'ÉTAT DES CONDUITES</b>	<b>21</b>
2.1_ QUALITÉ DE L'EAU	22
2.2_ TYPE DE SOL	22
2.3_ PÉRIODES DE GEL ET DÉGEL	23
2.4_ QUALITÉ DE L'INSTALLATION OU DE RÉPARATION DES BRIS	23
2.5_ CONDITION D'OPÉRATION DU RÉSEAU	25
2.6_ TRAVAUX À PROXIMITÉ	26
<b>3.0_ DIAGNOSTICS – OUTILS ET TECHNIQUES D'AUSCULTATION</b>	<b>27</b>
3.1_ TECHNIQUES NON INTRUSIVES	30
3.2_ TECHNIQUES INTRUSIVES	32
<b>4.0_ ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES CONDUITES</b>	<b>43</b>
4.1_ ÉVALUATION DANS LE CAS D'UNE AUSCULTATION PAR CAMÉRA AUTOTRACTÉE	44
4.2_ ÉVALUATION DANS LE CAS D'UNE AUSCULTATION PAR LA TECHNOLOGIE EM	44



<b>5.0_ DÉTERMINATION DES INTERVENTIONS</b>	<b>46</b>
5.1_ PREMIÈRE ÉTAPE : VALIDER LES DONNÉES HYDRAULIQUES ET VISUELLES	46
5.2_ DEUXIÈME ÉTAPE : DÉFINIR LES INTERVENTIONS REQUISES POUR INTERVENTIONS STRUCTURALES ET NON STRUCTURALES	46
<b>6.0_ INTERVENTIONS NON STRUCTURALES</b>	<b>48</b>
6.1_ NETTOYAGE	48
6.2_ PROJECTION (MORTIER, ÉPOXY, POLYURÉTHANE)	51
<b>7.0_ INTERVENTIONS STRUCTURALES</b>	<b>52</b>
7.1_ GAINAGE STRUCTURAL	52
7.2_ TUBAGE	53
7.3_ ÉCLATEMENT DE CONDUITE	55
7.4_ INTERVENTIONS PONCTUELLES	56
<b>8.0_ CONCLUSION</b>	<b>57</b>
<b>9.0_ RÉFÉRENCE ET BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>58</b>

## ABRÉVIATIONS ET SIGLES UTILISÉS

---

<b>AWWA</b>	<i>American Water Works Association</i>
<b>BNQ</b>	Bureau de normalisation du Québec
<b>CCTV</b>	Caméra tractée en circuit fermé ( <i>closed-circuit television</i> )
<b>CERIU</b>	Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines
<b>MAMH</b>	Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation
<b>MAMOT</b>	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire
<b>NSF</b>	National Sanitation Foundation
<b>PE</b>	Matière en polyéthylène
<b>PIEMQ</b>	Portrait des infrastructures en eau des municipalités du Québec
<b>PVC</b>	Matière plastique (chlorure de polyvinyle)
<b>WRC</b>	<i>Water Research Centre</i> (Centre de recherche sur l'eau)

---

## LISTE DES FIGURES

1.1.	Faible débit dans une conduite d'incendie	5
1.2.	Obstruction de la conduite avec tubercules	6
1.3.	Obstruction de la conduite avec du plomb	6
1.4.	Faible débit (Consultants GAME)	7
1.5.	Éclatement d'une conduite d'eau potable	9
1.6.	Rinçage Borne d'incendie (Consultants GAME)	11
1.7.	Eau colorée (Consultants GAME)	11
1.8.	Conduite de béton acier câbles précontraints (Forterra)	19
1.9.	Bris majeur d'une conduite d'eau potable (CTV News)	20
2.1.	Paramètres qui contribuent à l'affaiblissement des conduites d'eau. Image tirée de Blindu, 2004; adaptée de O'Day et al., 1989	21
2.2.	Corrosion de conduite métallique	23
3.1.	Détection de fuites acoustique	30
3.2.	Matériel d'inspection et détection de fuites (Consultants GAME)	33
3.3.	Inspection et détection de fuites sans interrompre le service – équipements (Consultants GAME)	33
3.4.	Inspection et détection de fuites sans interrompre le service – vue de l'intérieur (Consultants GAME)	33
3.5.	Inspection autotractée pour grand diamètre – équipements (Consultants GAME)	35
3.6.	Inspection autotractée pour grand diamètre – vue de l'Intérieur (Consultants GAME)	35
3.7.	Inspection et détection de fuites sous-pression (Consultants GAME)	37
3.8.	Équipements d'inspection et détection de fuites (Consultants GAME)	37
3.9.	Détection de fuites à la nage libre – équipement (Xylem)	38
3.10.	Détection de fuites à la nage libre – processus (Xylem)	38
3.11.	Équipement avec câble pour mesurer l'épaisseur résiduelle de la conduite (PICA)	38
3.12.	Installation de l'équipement (PICA)	38
3.13.	Procédure d'installation du câble précontraint (Xylem)	42
3.14.	Équipement pour localiser les bris de câbles précontraints à la nage libre (Xylem)	42
4.1.	Tableau extrait du Guide du plan d'intervention selon l'indicateur EP-5	43

6.1.	Nettoyage à jet d'eau à haute pression (Consultants GAME)	48
6.2.	Torpilles (Girard Polly-Pig)	49
6.3.	Équipement de nettoyage par racleurs (J&F Tools)	49
6.4.	Procédé de nettoyage par Eau - Air Pulsé (Herli)	50
6.5.	Projection avec mortier de ciment	51
6.6.	Projection avec époxy	51
7.1.	Insertion par inversion (Consultants GAME)	52
7.2.	L'équipement de l'insertion par projection (Consultants GAME)	52
7.3.	Insertion de la gaine par tirage - Extrémité de la gaine (Consultants GAME)	53
7.4.	Installation du tuyau déformé	53
7.5.	Tubage déformé (Consultants GAME)	53
7.6.	Avant installation	54
7.7.	Après installation	54
7.8.	Insertion de conduite en PEHD conventionnelle schématique	54
7.9.	Installation de conduite en PEHD conventionnelle	54
7.10.	Raccordement d'une conduite en PEHD insérée (Robinson Consultants)	55
7.11.	Schéma d'éclatement d'une conduite	55
7.12.	Éclatement d'une conduite (TT Technologies)	55
7.13.	Bris de conduite d'eau potable (Getty Images)	56
7.14.	Bris de conduite d'eau potable (Getty Images)	56

## LISTE DES TABLEAUX

i.1.	Matériaux de conduite d'eau potable les plus répandus	2
1.1.	Sommaire des problématiques fonctionnelles, symptômes, causes, conséquences et mesures correctrices	4
1.2.	Indique les valeurs théoriques du coefficient Hazen-Williams pour différents matériaux	6
1.3.	Les anomalies structurales les plus rencontrées dans un réseau d'eau potable	14
3.1.	Classification des investigations selon l'étendue et la précision du diagnostic (Adaptée de la norme AWWA M77, 2019, page 20)	28

## INTRODUCTION

Ce manuel a été inspiré du *Manuel sur les réseaux d'égouts – Pathologies, diagnostics et interventions*. Il permettra de faciliter l'identification des défauts et des dégradations du niveau de service dans le réseau d'eau potable, de pouvoir juger de leur sévérité et de connaître les symptômes et les causes de ces défauts pour être en mesure d'anticiper leurs conséquences.

Ce manuel présente les plus récentes techniques d'auscultation et de réhabilitation concernant les réseaux d'eau potable.

Comme partout en Amérique du Nord, les villes du Québec ont des réseaux souterrains (eau potable et égouts) qui nécessitent des réparations 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 les connaissances dans ce domaine et en faire la promotion.

L'expression « loin des yeux, loin du cœur » s'applique très bien aux réseaux de distribution d'eau sous pression. Leur situation devient souvent apparente lorsqu'il y a un bris de conduite. Dans le passé, les réseaux de distribution d'eau potable ont été négligés dans de nombreuses municipalités. À partir de l'automne 2002, la province de Québec s'est dotée d'une Politique nationale de l'eau qui instaura une nouvelle vision de la gouvernance de l'eau. L'orientation 4 de la Politique nationale de l'eau est titrée *Poursuivre l'assainissement de l'eau et améliorer la gestion des services d'eau : la récupération des usages*. Cette orientation de la Politique nationale de l'eau obligea les municipalités à mettre en place des mécanismes visant à assurer la pérennité des infrastructures municipales et à améliorer la gestion des services d'eau.

En 2005, pour s'assurer que les interventions sur les réseaux ont 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 (PI) auprès des villes et municipalités en produisant et en diffusant un Guide d'élaboration d'un plan d'intervention pour le renouvellement des conduites d'eau potable et d'égouts. À la suite de 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 PI. En 2015, le CERIU a émis un devis type pour l'élaboration d'un PI pour le renouvellement des conduites d'eau potable, d'égouts et des chaussées. De plus, grâce à la participation financière du 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 de l'eau potable existe depuis plusieurs millénaires avec des exemples qui datent des civilisations de l'Égypte en Mésopotamie. La canalisation a été développée et améliorée au fil des années à travers le monde et notamment en Europe. Un des premiers réseaux d'eau potable au Québec remonte à 1801 dans la Ville de Montréal avec un système gravitaire qui transportait l'eau à partir de la montagne à quelques clients du Vieux-Montréal (Baillargeon, S.).

Les premières conduites utilisées pour la canalisation de l'eau potable étaient des tuyaux en terre cuite. Au fil des ans, des tuyaux en bois sont apparus. La croissance de la population et l'augmentation de la demande pour l'eau potable ont obligé les municipalités à se doter de systèmes de distribution pour répondre aux demandes des consommateurs. Une des premières conduites utilisées pour canaliser l'eau potable au Québec était en fonte grise pour la distribution et en plomb pour l'alimentation de résidences (Baillargeon, S.).

Au fil du temps, plusieurs autres matériaux ont été utilisés. La majorité des conduites d'eau potable des municipalités du Québec sont principalement en CPV (37%), en fonte ductile (30%) et en fonte grise (20%) avec des diamètres généralement de moins de 450 mm pour les conduites de distribution et de plus de 450 mm pour les conduites principales. On rencontre aussi des conduites en plomb, acier, ciment-amiante, béton précontraint, acier galvanisé et polyéthylène. La majorité des municipalités détient un registre des types et diamètre de conduites dans leur réseau, comme mentionné dans le [tableau ci-dessous](#).

**Tableau i.1:** Matériaux de conduite d'eau potable les plus répandus

MATÉRIAUX	GAMME DE DIAMÈTRES	PÉRIODE DE POSE	NORME AWWA	MANUEL DE L'AWWA
Fonte coulée en fosse	75 à 1500 mm	1850 à 1940	C100	
Fonte centrifugée	75 à 1500 mm	1930 à 1960	C100	
Fonte ductile	75 à 1600 mm	Depuis les années 1960	C151	M41
Acier	≥ 150 mm	Depuis 1850	C200	M11
Chlorure de polyvinyle (CPV)	100 à 1200 mm	Depuis les années 1970	C900/905	M23
Polyéthylène haute densité (PEHD)	100 à 1575 mm	Depuis les années 1980	C906	
Amiante-ciment	100 à 1050 mm	1930 à 1980	C400	
Béton cylindre d'acier (BCA)	250 à 3660 mm	Depuis les années 1940	C300 / 301 / 302 / 303	M9

Extrait du Guide national pour les Détériorations et inspection des réseaux de distribution d'eau<sup>1</sup>

Il est important de connaître le matériau de la conduite pour mieux comprendre les déficiences et dégradations qui peuvent s'y trouver. Pour faciliter l'identification des défauts et pour juger de leur sévérité, il est important de connaître les symptômes et les causes de ces défauts et de pouvoir anticiper leurs conséquences.

<sup>1</sup> [Guide de bonnes pratiques d'exploitation des installations de distribution d'eau potable. Guide à l'intention des municipalités](#), 2023, [PDF]



## 1.0 DÉFICIENCES ET DÉGRADATIONS DES CONDUITES D'EAU POTABLE

Les mécanismes physiques menant à une déficience ou à une dégradation d'une conduite d'eau potable sont complexes et parfois mal interprétés. Ceux-ci incluent trois aspects distincts: (a) propriétés structurales, type de matériau, interaction entre le sol et la conduite et la qualité de l'installation; (b) charges internes liées à la pression d'opération et les charges externes (poids du sol, charges véhiculaires et autres); (c) détérioration des matériaux causée par l'environnement des réactions chimiques, biologiques et électrochimiques (Rajani, 2001) (*Urban Water 3*).

On trouvera dans cette section les déficiences et la dégradation des conduites d'eau potable, et ce pour différents matériaux et différents types de sols.

Cette section regroupe les défauts fonctionnels les plus rencontrés dans le réseau d'eau potable et qui peuvent avoir un impact important sur le service rendu aux usagers. Certaines déficiences peuvent être une cause ou une conséquence d'une déficience structurale. Ces types de défauts sont : capacité hydraulique insuffisante, pression insuffisante, pression excessive et qualité de l'eau.

Le **tableau suivant** présente les problématiques fonctionnelles, les symptômes, les causes possibles, les conséquences et les mesures correctrices.

**Tableau 1.1:** Sommaire des problématiques fonctionnelles, symptômes, causes, conséquences et mesures correctrices

<b>PROBLÉMATIQUE FONCTIONNELLE</b>	<b>SYMPTÔMES</b>	<b>CAUSES POSSIBLES</b>	<b>CONSÉQUENCES</b>	<b>MESURES CORRECTRICES</b>
<b>DÉBIT INSUFFISANT</b>	Plaintes des usagers, débits insuffisants lors des tests ou lors de l'inspection complète des BI, perte de charge importante	Mauvais entretien, corrosion, mauvaise conception, extension urbaine, fuite importante non détectée	Débits de consommations insuffisants lors des périodes de pointes, protection incendie insuffisante	Nettoyage pour enlever les obstructions, alésage des tubercules, réhabilitation hydraulique
<b>BAISSE DE PRESSION</b>	Plaintes des usagers, baisse de pression lors des tests ou lors de l'inspection des BI, perte de charge importante lors des tests	Présence de tubercules ou incrustation dans la conduite, bris majeurs, surconsommation, débits soustraits pour combattre le feu	Pression insuffisante pour acheminer l'eau chez les usagers, risque de contamination suite à l'infiltration d'eau non traitée, rupture de service, avis d'ébullition	Nettoyage pour enlever les obstructions, alésage des tubercules, réhabilitation hydraulique, ajout de surpresseur
<b>PRESSIION EXCESSIVE</b>	Plaintes des usagers, augmentation de bris	Augmentation de la pression pour faire face aux pertes de charge, dénivelée topographique importante, coup de bélier	Bruits ou bris de la plomberie, arrêt de service pour la réparation des bris, perte d'eau, fragilisation des conduites	Régulation de la pression, réhabilitation des conduites fragiles, nettoyage des conduites, mise en place des procédures pour l'opération du réseau
<b>QUALITÉ DE L'EAU</b>	Plaintes de citoyens à cause d'eau colorée ou malodorante	Temps de séjour important, présence de biofilms, corrosion, intrusion de contaminants lors de la réparation des bris, ou lors d'une baisse excessive de pression	Problème sanitaire, perte de confiance des consommateurs, corrosion par piqûre, bris	Investigation, nettoyage, alésage des tubercules et réhabilitation des conduites, installation de purge, etc.



## 1.1\_ PROBLÉMATIQUE HYDRAULIQUE

Cette section regroupe plusieurs déficiences fonctionnelles des réseaux d'eau potable qui sont les plus faciles à détecter. Certaines déficiences peuvent être une cause ou une conséquence d'une déficience structurale. Pour les réseaux d'eau potable, il y a trois (3) indicateurs majeurs dans l'identification d'un problème fonctionnel : le débit de l'eau, la pression et la qualité de l'eau.

### 1.1.1\_ DÉBIT INSUFFISANT

Le débit est considéré comme insuffisant lorsqu'il ne peut satisfaire la demande des consommateurs ou bien le débit requis pour les besoins d'incendies.

Une capacité insuffisante peut être détectée de plusieurs manières, entre autres les plaintes des citoyens dont le débit au robinet est insuffisant, réduction rapide du débit à la sortie d'une borne d'incendie comme illustré à la [figure 1.1](#) (manipulation lors des tests de débit pression, inspection complète des BI, test NFPA, etc.). Comme elle peut être aussi identifiée à la suite de simulations hydrauliques grâce à un modèle numérique calibré.



**Figure 1.1:** Faible débit dans une conduite d'incendie

#### Symptômes

On peut vérifier le coefficient de rugosité Hazen-Williams pour quantifier la capacité hydraulique d'une conduite de distribution ([voir Tableau 1.2](#)). Le manuel M32 de la *American Water Works Association* (AWWA) (AWWA, 1989) explique la marche à suivre dans ce cas. On peut aussi utiliser la modélisation mathématique pour cerner la diminution potentielle de la capacité hydraulique en raison d'une tuberculisation ou d'un encroûtement. Il est possible d'évaluer la capacité hydraulique d'une conduite de distribution par rapport à la valeur prévue en comparant les résultats obtenus aux valeurs théoriques.

**Tableau 1.2:** Indique les valeurs théoriques du coefficient Hazen-Williams pour différents matériaux

MATÉRIAU (À L'INSTALLATION)	COEFFICIENT HAZEN-WILLIAMS « C »	MATÉRIAU (À L'INSTALLATION)	COEFFICIENT HAZEN-WILLIAMS « C »
Fonte grise (sans revêtement)	130	Fonte grise (10 ans)	107 – 113
Fonte grise (40 ans)	64 – 83	Fonte grise avec revêtement de ciment	130 – 140
Fonte ductile	140	Fonte ductile avec revêtement de ciment	120
Acier	130 – 140		

On peut également mesurer les débits de la conduite à partir des bornes d'incendie existantes. Ces mesures peuvent fournir des informations importantes autant pour le débit que pour la pression de la conduite.

### Causes possibles

Plusieurs situations peuvent expliquer une insuffisance de capacité hydraulique. Comme une mauvaise conception, l'extension urbaine ou le changement d'affectation du sol (urbanisme et zonage). La baisse de débit pourrait aussi être une conséquence d'une fuite non détectée dans le réseau ou un grand consommateur non identifié.

La capacité hydraulique pourrait aussi être réduite à la suite du vieillissement des matériaux et augmentation de la rugosité, ou bien à la suite de la tuberculisation ou d'un encroûtement dans les conduites métalliques comme illustré aux [figures 1.2 et 1.3](#).



**Figure 1.2:** Obstruction de la conduite avec tubercules



**Figure 1.3:** Obstruction de la conduite avec du plomb

## Conséquences

Une réduction du débit fait en sorte que les résidents auront moins d'eau disponible pour répondre à leurs besoins quotidiens, surtout lors des périodes de pointe. Également une possibilité que le débit disponible aux bornes d'incendie soit insuffisant pour combattre le feu, ce qui peut entraîner des conséquences humaines, matérielles et financières.

## Mesures correctrices

Selon la cause du problème, différentes actions peuvent être entreprises pour corriger la situation :

- Le rinçage unidirectionnel pour essayer de réduire et éliminer les tubercules libres. Possiblement que ce nettoyage serait insuffisant dans certaines situations pour déloger les tubercules.
- Un nettoyage mécanique de la conduite, soit avec des torpilles (avec différents niveaux de rigidité) ou avec un jet d'eau. Dans le cas du nettoyage mécanique avec un jet d'eau, il faut considérer que l'accès à la conduite ne pourra se faire sans interrompre le service aux résidents. Étant donné que le réseau est sous-pression, l'accès à la conduite requiert une isolation du réseau à nettoyer et/ou un accès physique à la conduite. Les procédures du nettoyage et du revêtement sont élaborées à la [section 7.1](#) de ce manuel.
- Réhabilitation hydraulique des conduites par chemisage ou revêtement pour améliorer le coefficient de rugosité, ou remplacement par des diamètres plus grands.

### 1.1.2\_ BAISSÉ DE PRESSION

La pression dans un réseau d'eau potable permet d'une part la fourniture de débits en quantité suffisante et d'autre part, d'éviter l'intrusion d'eau ou de tout autre obstacle provenant du sol ou des branchements.

Une baisse de pression dans le réseau d'eau potable est un autre indicateur signalant une problématique fonctionnelle dans le réseau. Elle peut également résulter de problématiques structurales, telles que des fuites au niveau des joints ou des ruptures.

#### Symptômes

Le manque de pression peut être identifié de plusieurs manières telles que les plaintes des citoyens à la suite de faibles débits ou de manques d'eau aux étages supérieurs par exemple, comme illustré à [figure 1.4](#). La baisse de pression pourra aussi être identifiée suite aux inspections par des mesures de pression aux bornes d'incendie.



**Figure 1.4 :** Faible débit  
(Consultants GAME)

L'opérateur du réseau pourra faire une comparaison annuelle des pressions mesurées sur le terrain, à l'occasion du programme d'inspection des bornes incendies. De plus, a comparaison des résultats mesurés avec les résultats de modélisation hydraulique à l'aide d'un modèle numérique calibré permettrait d'identifier les causes possibles des chutes de pression.

## Causes possibles

La baisse de pression peut avoir plusieurs causes telles que les pertes de charges excessives dans les conduites en raison de la présence de tubercules ou autre incrustation, une augmentation de la rugosité consécutive au vieillissement des conduites ou à leur érosion. Dans certains cas, une fuite importante, ou une surconsommation par une industrie par exemple peut siphonner le réseau et induire une baisse de pression consécutive.

Parfois, l'opération du réseau peut aussi causer une réduction intentionnelle de la pression. En effet, dans certaines circonstances, des vannes peuvent demeurer fermées après une intervention sur le réseau, être partiellement ouvertes en raison d'une défaillance mécanique ou être obstruées, empêchant ainsi leur ouverture complète. Une inspection conforme aux bonnes pratiques du parc de vannes permettrait de remédier à de telles situations.

Dans certains cas, la baisse de pression pourra être consécutive à un combat d'incendie. En effet, lors de tels épisodes, les quantités d'eau soustraites du réseau pourraient être importantes pour combattre les feux. Cette utilisation d'eau génère des baisses de pression importantes dans certains secteurs topographiquement élevés ou desservis par des conduites présentant des taux élevés de tubercules.

Des événements transitoires lors des coups de bélier peuvent aussi à leur tour produire des baisses de pression importante dans le réseau et engendrer l'intrusion d'eau non traitée par aspiration. Le Guide de bonnes pratiques d'exploitation des installations de distribution d'eau potable (MELCCFP, 2023) contient des informations supplémentaires sur le sujet.

## Conséquences

Une réduction de pression fait en sorte que les résidents aient moins d'eau disponible pour répondre à leurs besoins quotidiens. Il y a également une possibilité que cela réduise la capacité de protection incendie.

Les conséquences peuvent aussi toucher la santé publique si la baisse de pression occasionne l'infiltration d'eau du sol environnant ou l'intrusion de corps étrangers. Ceci peut conduire à un arrêt de service avec des avis d'ébullition ou de non-consommation de l'eau du robinet.



## Mesures correctrices

Il est toujours nécessaire d'analyser la cause de la baisse de pression pour identifier la mesure pertinente pour y pallier. Dans certains cas, la baisse de pression peut être expliquée à la suite d'une requête auprès de différents intervenants pour vérifier s'il y a eu des interventions sur le réseau pour combattre le feu, une réparation de bris, etc. Ou bien si des vannes sont toujours fermées ou partiellement ouvertes à la suite de manipulations du réseau.

D'autres actions peuvent être entreprises si la baisse de pression est engendrée par l'état des conduites telles que :

- Le rinçage unidirectionnel pour essayer de réduire et éliminer les tubercules libres. Possiblement que ce nettoyage serait insuffisant dans certaines situations pour déloger les tubercules ;
- Un nettoyage mécanique de la conduite, soit avec des torpilles (avec différents niveaux de rigidité) ou avec un jet d'eau. Les procédures de nettoyage et de revêtement sont élaborées à la [section 7.1](#) ;
- Réhabilitation des conduites par chemisage ou revêtement pour améliorer le coefficient de rugosité, ou remplacement par des diamètres plus grands ;
- Ajout de surpresseur.

### 1.1.3\_ PRESSION EXCESSIVE

Plusieurs études depuis le début des années 90, ont montré l'impact de la pression excessive sur la longévité (augmentation des bris) et le rendement (augmentation des fuites d'eau) des réseaux d'alimentation en eau potable.

#### Symptômes

Plusieurs informations peuvent nous indiquer qu'il y a un impact de la pression excessive sur le service offert. Tout d'abord l'augmentation de bris dans un secteur présentant surtout des conduites vulnérables comme des conduites en fonte fragilisées par la corrosion.

Un bris de conduite par éclatement ([voir la figure 1.5](#)) ou à la suite d'une fracture longitudinale est un indicateur d'une défaillance provoquée par une pression excessive. D'ailleurs, il est recommandé, lors de la réparation d'un bris, de documenter le mode de défaillance ce qui va faciliter l'identification des causes possibles et diriger les investigations en vue de trouver les solutions qui s'y appliquent ainsi que les mesures pour prévenir d'autres bris de même nature.



**Figure 1.5:** Rupture / Éclatement d'une conduite d'eau potable

Dans certains cas, une pression excessive pourrait provoquer des bruits stridents et vibrations au niveau de la plomberie des habitations sans régulateurs de pression.

### Causes possibles

Une pression excessive dans le réseau peut avoir plusieurs origines tout d'abord le relief du terrain. En effet, dans le cas des villes et municipalités présentant des pentes importantes, en contre bas du réservoir (ou du point d'alimentation d'un secteur), les pressions statiques sont élevées et plus la dénivelée est prononcée, plus la pression statique serait importante.

Dans certains cas, les opérateurs augmentent la pression intentionnellement pour faire face aux pertes de charge dans le réseau, consécutives au vieillissement des conduites ou à l'augmentation de la consommation.

Une surpression pourrait aussi être engendrée dans le réseau à la suite d'un coup de bélier, provoqué par un arrêt subit des pompes, ou une manipulation non conforme des vannes de réseau (fermeture ou ouverture rapide).

### Conséquences

Les conséquences des pressions excessives sont nombreuses. L'augmentation des bris surtout dans les matériaux fragilisés comme des conduites métalliques présentant de la corrosion, des conduites en béton précontraint présentant des câbles brisés ou des conduites en plastique comportant des fissures. L'impact des bris pourrait être variable dépendamment du diamètre des conduites et les caractéristiques du secteur comme la présence de cuvettes ou des habitations avec des entrées charretières :

- Volumes d'eau perdus ;
- Temps de réparation et de rupture du service ;
- Circulation ;
- Inondation des habitations ;
- Impact sur les infrastructures avoisinantes ;
- Coûts des travaux.

## Mesures correctrices

Plusieurs mesures correctrices peuvent être mises en avant pour pallier les pressions excessives. Néanmoins des investigations sont requises pour identifier la cause, s'agit-il d'un coup de bélier, d'une manipulation non conforme des vannes, etc.

Les mesures correctives utilisées généralement sont:

- Sectorisation du réseau et mises en place de réducteur de pression
- Réhabilitation des conduites fragiles
- Établissement de procédures d'opération des vannes
- Installation des dispositifs antibélier

Certaines mesures coûteuses, comme la sectorisation du réseau, requièrent des analyses approfondies pour justifier leur pertinence sur le point économique, l'évaluation de la faisabilité, en tenant compte des caractéristiques du réseau d'eau potable et de la topographie.

### 1.1.4\_ QUALITÉ DE L'EAU

Les déficiences relatives à la qualité de l'eau du réseau de distribution d'eau potable se manifestent par la couleur de l'eau (rouge/jaune), son odeur et son goût.

#### Symptômes

Les plaintes de citoyens associés à une eau de robinet de coloration jaune / rouge ([voir la figure 1.6](#)) sont un indicateur de la qualité de l'eau. Cette coloration pourrait aussi être constatée lors de l'extraction d'eau au niveau des bornes d'incendie, pour des tests, du rinçage ou toute autre raison d'opération du réseau ([voir la figure 1.7](#)).



**Figure 1.6 :** Rinçage Borne d'incendie  
(Consultants GAME)



**Figure 1.7 :** Eau colorée  
(Consultants GAME)

Ces dépôts sont souvent visibles dans un verre d'eau et la coloration varie selon la concentration de tubercules dans la conduite. Cette eau est considérée comme étant turbide.

Dans certains cas, les plaintes pourraient être associées à une eau de robinet malodorante, ou présentant un goût douteux.

Des analyses sont requises, par le biais de modélisation et d'échantillonnage, pour valider la qualité de l'eau, si la plainte est d'origine esthétique, s'il y a un impact sur la santé et la sécurité des citoyens et identifier les causes possibles en vue d'y remédier.

## Causes possibles

La qualité de l'eau dans le réseau d'eau potable pourrait être altérée de différentes façons. Tout d'abord la présence de tubercule de corrosion dans les conduites métalliques non protégées, ces tubercules sont délogés pour plusieurs raisons comme le rinçage du réseau, l'augmentation des vitesses après la réhabilitation des conduites avoisinantes, changement du sens d'écoulement, etc., et se retrouvent par la suite dans l'eau de robinet des usagers.

La présence de biofilms sur la paroi des conduites sous certaines conditions est susceptible de libérer des molécules malodorantes. De plus, ils peuvent altérer l'intégrité des conduites métalliques par le mécanisme de la biocorrosion (piqûres de corrosion), plus de détails sur ces phénomènes sont présentés à la [section 1.2.1](#).

La dégradation de la qualité de l'eau pourrait aussi être enregistrée dans les réseaux qui présentent de long temps de séjour de l'eau, comme les conduites non bouclées (les culs de sacs), les extrémités d'une sectorisation ou dans les conduites surdimensionnées.

## Conséquences

Quoi qu'il en soit, les tubercules ne sont pas considérés comme étant dangereux pour la santé, mais leur présence fait en sorte que les utilisateurs se méfient de la qualité de l'eau qu'ils consomment.

Parmi les conséquences, il peut y avoir une baisse de confiance des usagers envers la qualité de l'eau distribuée ce qui peut entacher l'image de la municipalité.

Les répercussions peuvent également impacter la santé publique, car la qualité de l'eau peut être compromise par l'infiltration d'eau provenant du sol environnant ou par l'introduction de corps étrangers. Cela pourrait entraîner la suspension des services d'eau, accompagnée d'avis de faire bouillir l'eau ou de ne pas consommer l'eau du robinet.





## Mesures correctrices

Il est toujours nécessaire d'analyser les plaintes associées à la qualité de l'eau en vue d'identifier un problème esthétique de l'eau ou un problème sanitaire qui requiert d'autres types d'investigation et de mesures à l'immédiat tels que l'arrêt du service avec des avis d'ébullition ou de non-consommation de l'eau.

En général, les mesures à réaliser sur le réseau de distribution en vue d'améliorer la qualité de l'eau et en particulier ce qui a trait à sa couleur, son odeur et son goût sont:

- Le rinçage unidirectionnel pour essayer de réduire et éliminer les tubercules qui sont libres. Possiblement que ce nettoyage serait insuffisant dans certaines situations pour déloger les tubercules;
- Un nettoyage mécanique de la conduite, soit avec des torpilles (avec différents niveaux de rigidité) ou avec un jet d'eau. Les procédures de nettoyage et de revêtement sont élaborées à la [section 7.1](#);
- Réhabilitation des conduites par chemisage, revêtement ou remplacement;
- Installation des purges aux bouts morts du réseau (conduites non bouclées ou extrémité des sectorisations).

## 1.2\_ PROBLÉMATIQUE STRUCTURALE

Le mode de défaillance du réseau d'eau potable dépend de plusieurs facteurs, entre autres le type de matériaux, l'agressivité de l'eau, l'environnement autour de la conduite, la qualité des travaux, et les habitudes d'opération et d'exploitation du réseau.

Le [tableau suivant](#) présente les anomalies structurales les plus rencontrées dans les réseaux d'eau potable classées par type de matériau des conduites.

**Tableau 1.3 :** Les anomalies structurales les plus rencontrées dans un réseau d'eau potable

DÉFAILLANCE		MATÉRIAUX	QUELQUES EXEMPLES
ANOMALIES	CAUSE		
<b>FISSURE / FRACTURE CIRCULAIRE</b>	Gel, Argile gonflable, Contraction thermique	Fonte; Fonte ductile; Acier; Amiante-ciment, PVC/PE; Béton précontraint	
<b>FISSURE / FRACTURE LONGITUDINALE</b>	Pression interne de l'eau; Surcharge externe (charge morte et charge vive); Gel	Fonte; Fonte ductile; Acier; Amiante-ciment, PVC/PE; Béton précontraint	
<b>CISAILLEMENT À L'EMBOÏEMENT</b>	Enfoncement excessif	Fonte; Fonte ductile; Acier; Amiante-ciment, PVC/PE; Béton précontraint	
<b>FISSURE / FRACTURE SPIRALE</b>	Combinaison de contraintes de flexion et de la pression interne de l'eau	Fonte; Fonte ductile; Acier; Amiante-ciment; PVC/PE; Béton précontraint	
<b>RUPTURE / ÉCLATEMENT</b>	Pression interne de l'eau; Corrosion des fils de précontrainte	Fonte; Fonte ductile; Acier; Amiante-ciment, PVC/PE; Béton précontraint	
<b>TROU</b>	Corrosion par piqure; Imperfection du matériau	Fonte; Fonte ductile; Acier; Béton précontraint	
<b>PERTE D'ÉPAISSEUR</b>	Corrosion interne/externe; Sol corrosif/Eau agressive	Fonte; Fonte ductile; Acier; Amiante-ciment; Béton précontraint	
<b>BRIS DE CÂBLE DE PRÉCONTRAINTES</b>	Corrosion des câbles, pression excessive	Béton précontraint	
<b>DÉFORMATION</b>	Surcharge externe (charge morte et charge vive)	Fonte; Fonte ductile; Acier; Amiante-ciment, PVC/PE; Béton précontraint	

Adapté du guide de Détérioration et inspection des réseaux de distribution d'eau (FCM, 2003)<sup>2</sup>

## 1.2.1\_ CORROSION – INTERNE

Dans le cas de ce manuel, cette section traite plutôt des réactions chimiques entre l'eau potable et une conduite en fonte (grise et ductile) ou en acier. La réaction entre l'eau potable et une conduite de PVC, ciment amiante, béton précontraint et polyéthylène n'est pas un facteur déterminant dans la dégradation de cette dernière.

La corrosion interne se manifeste principalement dans les conduites en fonte grise et en fonte ductile installée avant 1976. En effet ces conduites n'étaient pas pourvues de revêtement pour protéger la surface intérieure de celles-ci. Notons que la protection intérieure des conduites en fonte ductile par un revêtement en ciment est devenue obligatoire depuis 1976 (norme BNQ 3625-085). Elle peut aussi affecter les conduites en béton précontraint.

La corrosion interne est souvent due au temps de contact entre la conduite existante et l'eau dans la conduite.

### Symptômes

Les symptômes de corrosion interne peuvent être déduits en réponse à l'analyse des plaintes des usagers. En effet, les plaintes relatives à la couleur d'eau, la turbidité, l'odeur et le goût de l'eau sont des indicateurs de la corrosion des conduites surtout s'il s'agit de conduites en fonte grise ou en fonte ductile non protégée.

Un autre indicateur de la présence de corrosion interne est l'augmentation des bris dans un secteur donné, ou dans une famille de matériaux. En effet, la corrosion peut conduire à la perte d'épaisseur des conduites métalliques ou des cylindres des conduites en béton précontraint, et donc leur fragilisation.

### Causes possibles

La corrosion interne se produit lorsque certaines caractéristiques chimiques, biologiques ou physiques de l'eau sont rencontrées. Il existe plusieurs types de corrosion interne, parmi lesquels :

- La corrosivité de l'eau: aptitude de l'eau à dissoudre des éléments métalliques
- La corrosion électrochimique: engendre la création de tubercules de corrosion en raison de l'augmentation du temps de contact de l'eau avec la conduite (faible consommation, faible vitesse, etc.)
- La corrosion biologique: cette corrosion, provoquée par la présence de certaines bactéries ou autres microorganismes, se manifeste par des piqûres de corrosion

Le Guide technique pour prolonger l'intégrité des conduites en fonte (CERIU, 2023), présente en détail des informations pertinentes sur les différentes formes de corrosion interne.

## Conséquences

La corrosion interne pourra entraîner les conséquences suivantes :

- Réduction de la durée de vie utile du réseau ;
- Augmentation des bris et des arrêts de rupture de service ;
- Dégâts matériels (inondation, déviation de la circulation) ;
- Augmentation des fuites d'eau ;
- Diminution de la pression ;
- Dégradation de la qualité de l'eau.

## Mesures correctrices

Les mesures correctrices pour les défauts structuraux sont :

- Remplacement du tronçon identifié comme étant défectueux ;
- Réhabilitation (chemisage, revêtement, etc.) ;
- Ajout d'additifs à la sortie de l'usine.

Le Guide technique pour prolonger l'intégrité des conduites en fonte (CERIU, 2023), contient plus d'informations sur les différentes mesures correctrices pour les conduites métalliques.

### 1.2.2\_ CORROSION – EXTERNE

Selon une étude de Agbenowosi et Rajani et al., 2000, un des principaux processus contribuant à la dégradation et à la rupture des conduites d'eau potable est la corrosion externe.

#### Symptômes

Le principal symptôme est l'augmentation de bris dans un secteur donné ou chez une famille de matériaux. Également l'analyse de la conduite brisée pourrait nous indiquer s'il s'agit d'une corrosion externe (si le problème risque d'affecter toutes les conduites du secteur) ou un problème ponctuel.

#### Causes possibles

La corrosion externe peut être causée par une variété de mécanismes, qui affectent principalement les conduites en fonte et les conduites en béton précontraint et peut entraîner une défaillance prématurée de celles-ci, engendrant ainsi des fuites et des bris au niveau de la conduite, des joints ou des raccordements.

Les principaux facteurs de corrosion externe sont :

- **La corrosivité du sol** : un sol est qualifié de corrosif lorsque sa résistivité est faible ou lorsque son pH est inférieur à 4 ou supérieur à 8,5. Ce sont des conditions facilitant la mobilité des ions et la dissolution du métal ;
- **La corrosion galvanique** : elle résulte d'un contact entre deux métaux différents dans un milieu conducteur (sol humide par exemple). Dans ce cas, le métal le moins noble (la fonte par exemple) joue le rôle d'anode, va s'oxyder et se dissoudre en faveur du métal le plus noble (le cuivre par exemple) qui joue le rôle de cathode. Ce phénomène est observé au point de raccordement d'une entrée de service en cuivre sur une conduite en fonte, ou bien au niveau des accessoires en acier oxydable (vannes, etc.) ;
- **La corrosion par piqûres** : elle est rencontrée lorsque le matériau des conduites présente des hétérogénéités anodiques générant ainsi des cellules de corrosion, favorisant la dissolution du métal jusqu'au percement éventuel de la paroi. Des cavités de corrosion peuvent aussi être produites dans les sols avec des concentrations élevées de chlorure et de sulfates ;
- **La corrosion biologique** : certaines bactéries peuvent corroder les conduites métalliques. Ce phénomène est rencontré dans les milieux anaérobiques, tel qu'un sol contenant des sulfates et ayant un degré d'aération très faible, ce qui favorise la présence et la croissance de ces bactéries réductrices de sulfates ;
- Présences d'hydrocarbures ou solvants ;
- Courant électrolytique (courants vagabonds) ;
- Migration du sel routier dans le sol.

Le Guide technique pour prolonger l'intégrité des conduites en fonte (CERIU, 2023) contient plus d'informations sur la corrosion externe des conduites.

## Conséquences

Les conséquences d'une corrosion sont comme suit :

- Réduire la durée de vie utile du réseau ;
- Augmentation des bris et des arrêts de rupture de service ;
- Dégâts matériels (inondation, déviation de la circulation) ;
- Augmentation des volumes d'eau perdus.

## Mesures correctrices

Les mesures correctrices pour les défauts structuraux sont :

- Remplacement du tronçon identifié comme étant en défaut ;
- Réhabilitation avec une gaine structurale ;
- Installation d'anodes pour ralentir la dégradation des conduites (cette alternative n'est pas une mesure correctrice, mais plutôt une mesure préventive).

### 1.2.3\_ FUITES

Les fuites peuvent se manifester de différentes façons, la plus sévère est le bris avec émergence de l'eau à la surface sous l'effet de la pression. Il est évident qu'une fuite sur une conduite de petit diamètre n'aura pas le même impact qu'une fuite sur une conduite de grand diamètre.

Dans la [section 3](#), différentes méthodes de détection de fuites sont présentées.

#### Symptômes

Dans certains cas, les fuites se manifestent par le jaillissement de l'eau à la surface, sous pression ou parfois sous forme d'un faible écoulement. Aussi, les usagers peuvent rapporter un bruit au droit d'un branchement d'eau ou proche d'un accessoire du réseau d'eau potable (vannes, etc.).

Dans d'autres cas, les fuites sont inapparentes mais elles se manifestent par, une baisse de pression dans le réseau, une augmentation non justifiée de la consommation d'eau ou une augmentation de la consommation d'énergie. En pareilles situations, il est nécessaire de maintenir une surveillance constante, que ce soit par écoute continue ou par balayage du réseau, afin de repérer la zone où il y a des fuites d'eau.

#### Causes possibles

Les fuites peuvent se produire en raison d'une rupture de conduite ([voir Tableau 1.3](#)), au niveau des joints (compression ou dislocation des conduites), en cas de réparation défectueuse ou en raison d'un raccordement mal ajusté.

#### Conséquences

Les conséquences des fuites sont nombreuses :

- Perte d'eau traitée ;
- Lessivage des particules de sol et risque de pertes des appuis ;
- Impact aux infrastructures voisines (égout, réseau RTU, etc.).

#### Mesures correctrices

Les mesures correctrices consistent à analyser le rendement du réseau et mettre en place un programme de dépistage des fuites, et identifier les causes des fuites (corrosion interne / externe, surpression, vieillissement du réseau, etc.) en vue d'identifier des interventions durables. Ces interventions pourraient être :

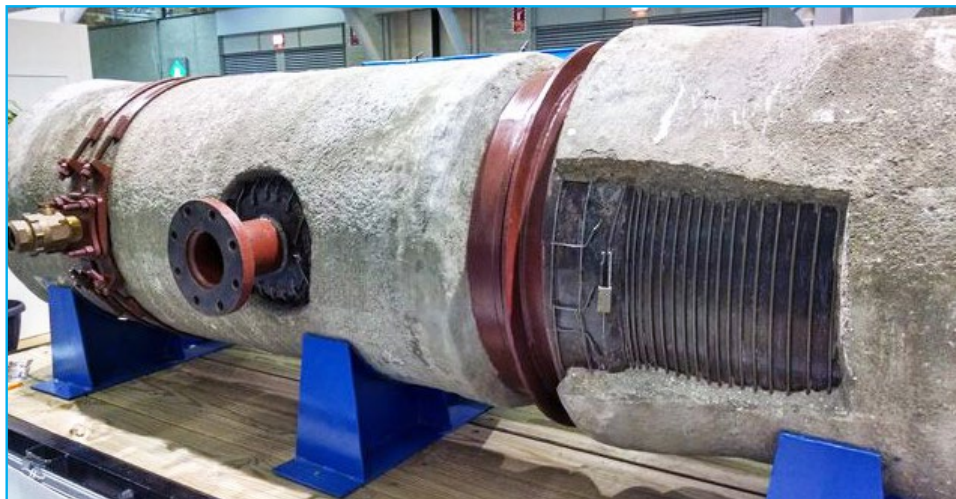
- Réparation ponctuelle des fuites ;
- Chemisage ou revêtement des conduites ;
- Installation des mesures de protection contre la corrosion ;
- Etc.

## 1.2.4\_ BRIS DES CÂBLES PRÉCONTRAINTS

Cette défaillance concerne uniquement les conduites en béton précontraint (PCCP). Ces conduites sont utilisées principalement pour le transport de l'eau (les conduites principales sont des diamètres de 400 mm et plus) et les conséquences des bris peuvent être catastrophiques.

La [figure 1.8](#), démontre la composition de la conduite en PCCP. La majorité des conduites fabriquées au Québec respectent la norme AWWA C-301 ou AWWA C-303.

Considérant les enjeux importants lors d'une interruption d'une conduite en béton précontraint, l'évaluation de celle-ci devient importante. Plusieurs firmes ont développé des outils et techniques spécifiques à ce type de tuyau. Ces outils seront présentés dans la [section 3](#).



**Figure 1.8 :** Conduite de béton acier câbles précontraints (Forterra)

### Symptômes

Le seul moyen pour connaître l'état des câbles et le nombre de câbles brisés est de procéder à des diagnostics poussés tels que les auscultations acoustiques ou électromagnétiques.

### Causes possibles

Le bris de câble peut avoir plusieurs origines, telles qu'un défaut de fabrication à l'origine, l'effet de la corrosion externe, ou bien une pression excessive (coup de bélier, etc.).

## Conséquences

Comme il s'agit de conduites principales, les conséquences peuvent être catastrophiques dépendamment de la redondance du réseau d'eau potable et les caractéristiques morphologiques du secteur (cuvettes, entrées charretières, etc.) :

- Affaiblissement de l'intégrité structurale des conduites ;
- Nombre d'usagers importants privés d'eau en cas de rupture ;
- Délais de réparation et remise en service pouvant être longs et nécessiter des avis d'ébullition ;
- Dégâts matériels (inondation, déviation de la circulation), [voir la figure 1.9](#) ;
- Augmentation des volumes d'eau perdus.



**Figure 1.9:** Bris majeur d'une conduite d'eau potable (CTV News)<sup>3</sup>

## Mesures correctrices

Les mesures correctrices pour ces défauts structuraux sont :

- Remplacement du tronçon identifié comme défectueux ;
- Réhabilitation avec une gaine structurale.

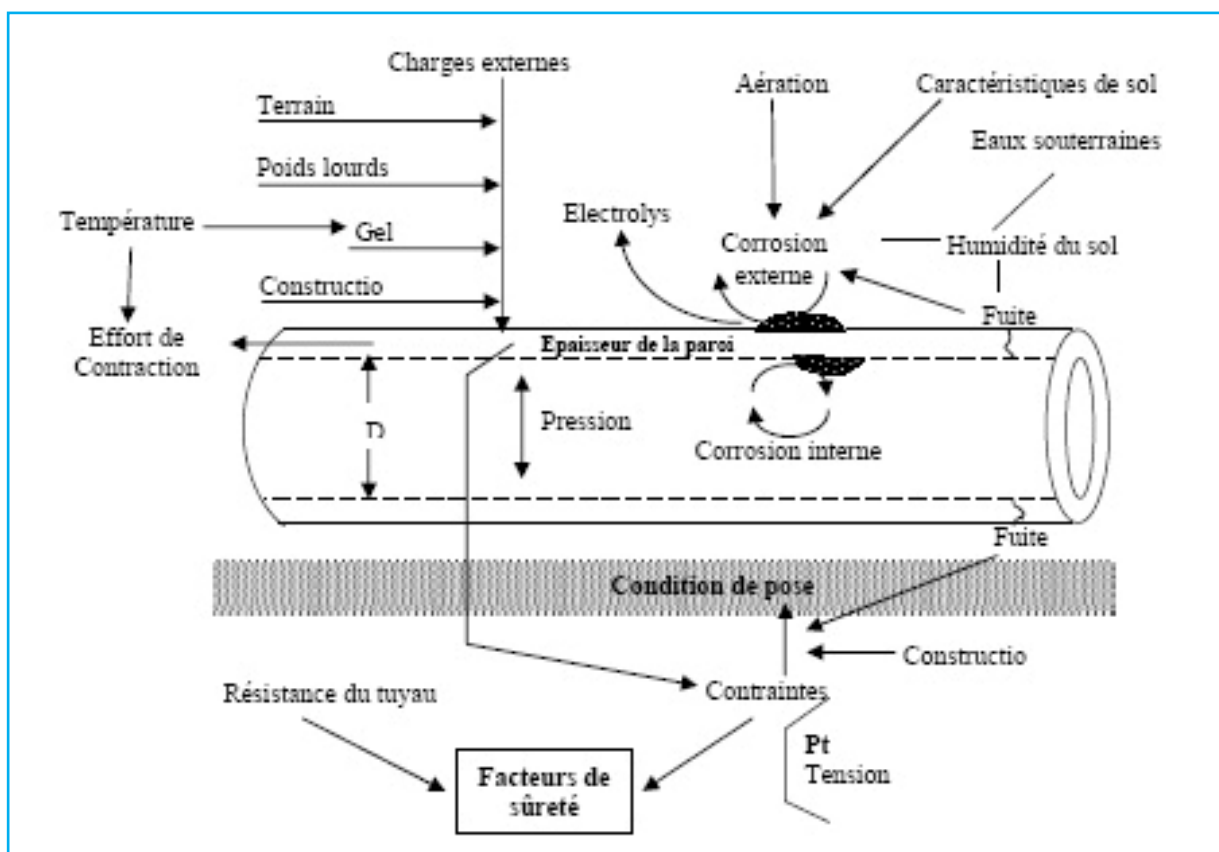


## 2.0 FACTEURS INFLUENÇANT LE TAUX DE DÉGRADATION DE L'ÉTAT DES CONDUITES

La présente section dévoile les facteurs influençant le taux de dégradation de l'état d'une conduite d'eau potable ( voir la figure 2.1). En effet, la connaissance des causes à l'origine des déficiences constatées et l'identification des facteurs qui pourraient influencer le taux de détérioration des conduites d'eau potable permettraient aux gestionnaires de poser un bon diagnostic et d'intervenir de façon judicieuse et optimale afin de prolonger la durée de vie de ces conduites.

Les facteurs peuvent avoir plusieurs origines, certains sont endogènes et en relation avec les caractéristiques de l'eau transportée, le changement des conditions d'opérations (pression et/ou la vitesse), et d'autres sont exogènes tels que la composition du sol, la qualité des travaux et des réparations, ou des travaux à proximité des conduites en service.

Un facteur ou une combinaison de ces facteurs agit plus sur certains matériaux que d'autres. À titre d'exemple, le sol corrosif a un impact sur les conduites métalliques et les conduites en béton armé alors qu'il ne présente pas de risque pour les conduites en PVC, PE ou PRV.



**Figure 2.1 :** Paramètres qui contribuent à l'affaiblissement des conduites d'eau. Image tirée de Blindu, 2004 ; adaptée de O'Day et al., 1989

## 2.1\_ QUALITÉ DE L'EAU

Le changement de certaines caractéristiques de l'eau (changement de source de l'eau, des produits ajoutés à l'usine de traitement, etc. pourrait la rendre corrosive et ainsi attaquer la surface interne des conduites métalliques non protégées, les rendant plus fragiles et plus aptes à briser.

Les conduites métalliques pourraient être fragilisées par la corrosion biologique provoquée par la présence de microorganismes ou de certaines bactéries ayant des capacités chimiques de réduction de fer. On assiste dans ces cas à des piqûres de corrosion pouvant donner lieu à des fuites. La corrosion microbologique serait responsable d'environ 20% des problèmes de corrosion (Little, et al., 2020).

Le Guide technique pour prolonger l'intégrité des conduites en fonte (CERIU, 2023), contient des informations supplémentaires sur les différentes formes de la corrosion interne.

La corrosion interne des conduites métalliques non protégées mène à la fragilisation de celles-ci (réduction de l'épaisseur des conduites. De plus, elle peut altérer la qualité de l'eau et dans certains cas réduire la capacité hydraulique des conduites par la formation de tubercules.

## 2.2\_ TYPE DE SOL

La composition du sol au-dessus et autour de la conduite joue un rôle important dans la durabilité des conduites enfouies. La connaissance de sa nature permet de mieux comprendre la dégradation des conduites et de bien cibler l'intervention requise pour ralentir leur vieillissement prématuré.

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. La présence de sulfates dans un sol ayant un degré d'aération très faible favorise la présence et la croissance de bactéries réductrices de sulfates qui corrodent les conduites métalliques (corrosion biologique). 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.

La composition du sol peut le rendre corrosif ce qui est le cas lorsque sa résistivité est faible ou lorsque son pH est faible (inférieur à 4) ou bien très élevé (supérieur à 8,5). Il s'agit de conditions facilitant la mobilité des ions et la dissolution du métal, accélérant ainsi la corrosion externe des conduites métalliques.

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. Ils peuvent aussi accélérer la corrosion des conduites métalliques non protégées, comme démontré dans la [figure 2.2](#).

Le Guide technique pour prolonger l'intégrité des conduites en fonte (CERIU, 2023), contient plus d'informations sur la corrosion externe des conduites.



**Figure 2.2:** Corrosion de conduite métallique

### 2.3\_ PÉRIODES DE GEL ET DÉGEL

Le gel impacte principalement les conduites peu profondes. Il s'agit des conduites dont l'installation n'a pas respecté la profondeur minimale et/ou la distance horizontale minimale par rapport aux chambres, regards, etc., pour éviter le gel de l'eau, et qui n'ont pas bénéficié de mesures de protection. Ces conduites subissent souvent des efforts de compression interne (pression de l'eau glacée) et externe (sol gelé) importants lors des épisodes de froid extrême. Ces efforts peuvent conduire à des bris et fuites, surtout pour les conduites présentant des anomalies structurales, tels que la réduction de l'épaisseur en raison de la corrosion (fonte, béton armé), d'un bris de câble (béton précontraint) ou de fissures (l'ensemble des matériaux).

Le dégel peut également impacter l'état des conduites. En effet, à la suite du dégel, on peut assister à des mouvements du sol et à des tassements différentiels qui peuvent affecter principalement les joints en plomb des conduites en fonte, ou engendrer chez les conduites déjà affaiblies des bris sous l'effet de l'effort de cisaillement.

### 2.4\_ QUALITÉ DE L'INSTALLATION OU DE RÉPARATION DES BRIS

Nonobstant les facteurs du sol environnant et la réaction chimique à l'intérieur de la conduite, la qualité d'installation des conduites d'eau potable et les accessoires (vannes, borne d'incendie, entrée de service, etc.) peuvent influencer la durabilité des conduites et conduire à l'apparition prématurée des bris et fuites. L'analyse des conditions d'installations pourrait expliquer entre autres la dégradation rapide des conduites installées à certaines époques, ou bien dans certains secteurs où les règles de l'art n'étaient pas ou peu suivies, ou bien la supervision des travaux n'était pas rigoureuse par manque de main-d'œuvre spécialisée du donneur d'ouvrages.

Plusieurs éléments peuvent être considérés sous ce libellé tels que la qualité du remblai, de l'assise, le matériau de la conduite, l'ajout des branchements de service, les matériaux et procédures utilisés lors de la réparation des bris et fuites, etc.

Le sol entourant les conduites fournit un support à celles-ci. Lorsqu'il est compacté, il contribue à minimiser les efforts auxquels la conduite est soumise et à en limiter la déformation dans le cas des conduites flexibles. Dans le cas où le sol environnant est lâche, la conduite n'est pas à l'abri de déplacements, de désemboitement ou de la déformation, surtout pour les conduites flexibles.

L'assise joue aussi un rôle capital dans la stabilité des conduites. En effet, quand elle est mal exécutée, elle peut conduire à des tassements différentiels et causer le désemboitement des conduites et / ou leur fracture.

Certaines conduites en fonte présentent des hétérogénéités anodiques générant ainsi des cellules de corrosion, favorisant la dissolution du métal jusqu'au percement éventuel de la paroi. Des cavités de corrosion peuvent aussi être produites dans les sols avec des concentrations élevées de chlorure et de sulfate.

Les interventions sur le réseau d'eau potable, que ce soit aux fins de réparation de fuites ou de bris ou d'ajout de branchement, peuvent affecter la durabilité des conduites si elles ne suivent pas de procédures bien établies et n'utilisent pas des matériaux convenables, que ce soit pour la réparation ou pour le remblaiement des fouilles. En effet, des remblais mal exécutés peuvent affecter la conduite réparée nécessitant d'intervenir une autre fois au même endroit ou à proximité. L'utilisation de matériaux nobles (cuivre, acier, etc.) sans protection pour la réparation de la conduite en fonte dans un sol humide ou corrosif peut accélérer la corrosion de la conduite (corrosion galvanique).

Ci-dessous quelques exemples de cas de mauvaise installation :

- Une mauvaise compaction autour de la conduite peut causer des déplacements ou la séparation de la conduite ;
- L'utilisation de boulons non galvanisés pour l'installation des vannes ou manchons de raccords. Dans le cas de présence d'un sol corrosif, les boulons pourront se désagréger avant la conduite d'eau potable et causer des bris ou des fuites ;
- Une mauvaise installation de dispositifs de protection cathodique autour de la conduite (enveloppe de polyéthylène) ou sur la conduite (anodes). Si les dispositifs sont mal installés, le sol corrosif continuera de dégrader la conduite d'eau potable.

Le *Guide technique pour prolonger l'intégrité des conduites en fonte* (CERIU, 2023), contient plus d'informations sur la corrosion externe des conduites.

## 2.5\_ CONDITION D'OPÉRATION DU RÉSEAU

L'exploitation et l'entretien du réseau d'eau potable jouent un rôle important dans la pérennité des conduites et leurs accessoires.

Les coups de bélier et les transitoires de pression se produisent toutes les fois où la vitesse diminue trop rapidement à la suite de la rencontre de l'eau avec un obstacle (ex. : vanne ou colonne d'eau). Ces phénomènes engendrent des hausses de pression subites à l'amont et une onde de basse pression pouvant atteindre momentanément des pressions négatives à l'aval<sup>4</sup>.

Lors de la manipulation des vannes et des bornes d'incendie, si les vitesses de fermeture et d'ouverture ne respectent pas les protocoles, une surpression ou une dépression sera créée pouvant conduire à :

- Des bris des conduites en fonte déjà affaiblies par des pertes d'épaisseur ;
- Des câbles brisés pour les conduites en béton armé ou béton précontraint ;
- Des fissures dans les conduites en plastique, etc.

Une augmentation des bris est souvent constatée dans les secteurs qui connaissent des pressions statiques élevées durant les périodes creuses de consommation (généralement lors de la nuit). Ces bris sont constatés chez les conduites les plus vieilles, principalement les conduites en fonte grise, qui sont déjà affaiblies par la corrosion interne ou externe. Après des analyses de faisabilité et des analyses technico-économiques, les municipalités ont recours à la réduction de pression dans ces secteurs (sectorisation, installation des réducteurs de pression, etc.) pour ralentir le vieillissement de ce parc de conduites.

L'augmentation de bris pourrait aussi être due aux améliorations des conditions hydrauliques d'un secteur par des travaux de remplacement et / ou gainage des conduites, ce qui a pour conséquence l'augmentation de la vitesse d'écoulement, le changement du sens de circulation et l'augmentation des pressions.

Ce sont plusieurs améliorations qui viennent impacter l'état des conduites vieillissantes qui sont encore sur place. Il s'agit donc des éléments à considérer lors de l'analyse de l'augmentation subite des bris dans des conduites en particulier, ou dans un secteur du réseau d'eau potable.

<sup>4</sup> [Guide de bonnes pratiques d'exploitation des installations de distribution d'eau potable](#), 2023, [PDF]

## 2.6\_ TRAVAUX À PROXIMITÉ

Les travaux à proximité des conduites d'eau potable peuvent corrompre l'intégrité structurale de celles-ci ou être la genèse de certaines anomalies comme les fissures ou le déboitement des joints en plomb. Par exemple, lors de la reconstruction d'une chaussée, ou de l'installation d'une conduite d'égout parallèlement à une conduite d'eau potable, les vibrations générées par la machinerie et les activités de compactage peuvent induire des charges supplémentaires sur les conduites. Cela pourrait accélérer le processus de détérioration, surtout dans le cas de conduites déjà affaiblies par des anomalies structurales telles que la corrosion ou des câbles brisés, ou celles constituées de fonte grise.

D'un autre côté, les travaux à proximité peuvent perturber le sol entourant les conduites existantes, entraînant éventuellement des tassements différentiels. Enfin, le passage d'autobus sur des rues initialement non conçues pour supporter leur poids constitue un autre exemple de circonstance pouvant accroître le risque de détérioration des conduites d'eau potable.

## 3.0 DIAGNOSTICS — OUTILS ET TECHNIQUES D'AUSCULTATION

Le diagnostic des conduites souterraines n'est jamais facile, et celui des conduites d'eau potable est encore plus difficile. Cette difficulté vient du fait que la conduite est sous pression: l'accès à la conduite requiert souvent des interruptions au service et le risque de contamination de l'eau est toujours un facteur à considérer lors de l'insertion d'équipements et la chloration avant de remettre la conduite en service. Les interruptions au service peuvent engendrer des diminutions du niveau de service, surtout pour la protection incendie (Manuel AWWA M77).

Il y a plusieurs méthodes d'investigation et de diagnostic disponibles qui peuvent donner différents niveaux de détails et d'informations. Ces dernières peuvent être déduites à la suite de la collecte des données disponibles et leurs analyses (plaintes, bris, caractéristiques descriptives du réseau, etc.), des mesures précises (corrosivité du sol, résistivité, etc.) ou bien des investigations plus approfondies du réseau en ayant recours à des auscultations qui donnent des mesures très précises tout au long de la conduite. Le degré de précision dépendra de l'objectif de l'auscultation.

De plus, la connaissance de la défaillance du matériau et les causes possibles permettraient aux opérateurs de cerner les informations complémentaires à collecter en vue d'identifier si un diagnostic approfondi est requis ou s'il s'agit d'une défaillance très localisée qui ne concerne que la conduite brisée.

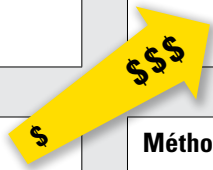
Par ailleurs, et avant de choisir une technique d'auscultation il est nécessaire de vérifier qu'elle est pertinente pour le diamètre et le matériau des conduites à ausculter. Il est essentiel que les livrables et les résultats répondent aux objectifs de l'auscultation.

Il est tout aussi crucial de confirmer que la méthode d'inspection a déjà démontré son efficacité à travers des validations menées dans d'autres municipalités, ou auprès de tierces parties (laboratoire privé par exemple). Un contrôle qualité des résultats pourrait nécessiter des excavations pour les valider.

Cette section introduira les différents outils et techniques d'auscultation utilisés à travers le monde et disponibles au Québec. Ces outils sont résumés selon la portée et la précision du diagnostic dans le [Tableau 3.1](#).

**Tableau 3.1:** Classification des investigations selon l'étendue et la précision du diagnostic  
(Adaptée de la norme AWWA M77, 2019, page 20)

<b>DEGRÉ DE L'INVESTIGATION</b>	<b>DÉFAUTS SPÉCIFIQUES</b>	<p><b>Évaluation externe directe :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flux magnétique</li> <li>• Ultrason</li> <li>• Électromagnétique</li> <li>• Examen visuel</li> <li>• Analyse d'échantillons</li> <li>• Mesures de potentiel électrique</li> </ul>	<p><b>Méthodes intrusives :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auscultation électromagnétique</li> <li>• Auscultation par ultrason</li> <li>• Détection de fuites par méthodes intrusives</li> <li>• Inspection par caméra télévisée</li> </ul>
	<b>DÉFAUTS SPÉCIFIQUES</b>	<p><b>Analyses statistiques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Taux de bris et historiques de bris</li> <li>• Age</li> <li>• Diamètre</li> <li>• Matériau et classe de résistance</li> <li>• Propriétés du sol : la corrosion, etc.</li> <li>• Propriétés de l'eau : la corrosivité, etc.</li> <li>• Pression de l'Eau ou d'autres données</li> </ul>	<p><b>Méthodes non intrusives :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auscultation acoustique</li> <li>• Détection acoustique des fuites</li> <li>• Mesures de pression</li> <li>• Mesures de coefficient Hazen-Williams</li> <li>• Autres techniques de détection de fuite</li> </ul>
		<b>CONDITIONS DÉDUITES PAR ANALYSE D'ÉCHANTILLONS</b>	<b>CONDITIONS MESURÉES DIRECTEMENT</b>
<b>ÉTENDUE D'INVESTIGATION</b>			





Dans le manuel AWWA M77, une évaluation progressive est proposée pour identifier l'auscultation requise dépendamment de l'étendue du problème, de l'objectif du diagnostic, de la complexité de la méthode à utiliser et le coût requis pour l'auscultation. Les étapes de cette évaluation sont comme suit:

- Une évaluation de risque basée sur la hiérarchie et l'importance de chaque tronçon;
- Étude informatique des dessins (*desktop Study*), des rapports de sol, l'historique de bris/réparations, conditions hydrauliques du réseau;
- Visite des lieux visés et établissements d'un plan d'inspection (accessibilité à la conduite, trafic véhiculaire, autres utilités, etc.);
- Évaluation des autres actifs (vannes, bornes d'incendie, etc.), incluant les études et mesures de la corrosivité de sol;
- Détection de fuites (externe et interne);
- Évaluation directe à basse résolution:
  - Prise de mesures de la rigidité des conduites avec une écoute *Acoustic-velocity*;
  - Détection des anomalies de stress avec des analyses des champs électromagnétiques.
- Vérifications externes par excavation aux endroits où des fuites, des anomalies ou des corrosions sont identifiées, incluant:
  - Des outils d'auscultation à haute résolution (ultrason externe, champs magnétiques, champs magnétiques éloignés ou broadband électromagnétique);
  - Extraction des sols pour faire un sondage complet en laboratoire;
  - Mesure électrique pour déterminer la corrosion, les défauts sur le revêtement et les accouplements bimétalliques;
  - Sablage des conduites extraites et mesure de la paroi résiduelle;
  - Examen visuel et captage photographique.
- Vérifications internes par visualisation robotique (inspection CCTV, incluant d'autres méthodes d'auscultation interne);
- Auscultation interne à haute définition et sûre des longueurs importantes (*magnetic flux leakage* ou *remote field electromagnetic*).

## 3.1\_ TECHNIQUES NON INTRUSIVES

### 3.1.1\_ ÉCOUTE ACOUSTIQUE PONCTUELLE (VANNES, BORNES D'INCENDIE)

La détection de fuites ponctuelles est utilisée par plusieurs municipalités à travers le Québec avec des programmes annuels. Le but de ces programmes est de déterminer s'il y a des fuites dans le réseau visé.

Il est important de noter que les méthodes d'écoute ponctuelle sont généralement beaucoup plus efficaces sur des conduites métalliques que sur des conduites en plastique. La raison de cette différence d'efficacité est que les conduites en plastique ont tendance à atténuer le son généré par une fuite.

Les fuites font du bruit, et souvent, ce bruit peut être entendu à l'aide de l'oreille humaine sans avoir besoin d'amplifier ou de filtrer le signal. Il existe des outils disponibles pour rendre cela plus facile pour les techniciens sur le terrain, voir la figure 3.1. Ces outils peuvent être utilisés par un technicien pour effectuer un « sondage » sur divers raccords et accessoires. Le technicien écoute le raccord et peut jauger l'intensité sonore du signal de manière auditive. Le son entendu peut être noté entre 0 et 10, et être enregistré sur une carte ou dans un appareil GPS portable.

Pour avoir une meilleure efficacité, il est recommandé d'avoir des distances d'écoutes maximales de 150 m entre deux points pour des conduites jusqu'à 400 mm. Cette technique est assez rapide et efficace.



**Figure 3.1:** Détection de fuites acoustique

### 3.1.2\_ ÉCOUTE ACOUSTIQUE CONTINUE

Le principe de base de l'écoute acoustique en continu est le même que l'écoute acoustique ponctuelle : une fuite fait du bruit. La différence entre les deux techniques est que dans l'écoute continue, le suivi se fait sur une plus longue période et permet d'analyser les fréquences et intensités des bruits (fuites).

La méthode d'écoute acoustique en continu consiste à installer un minimum de deux détecteurs acoustiques synchronisés avec le temps, ils utilisent un processeur d'ordinateur pour analyser les signaux de façon automatique. En comparant les sons reçus aux deux stations de capteurs, les appareils peuvent calculer l'emplacement des fuites entre les capteurs avec une précision d'environ 1,5 m ou moins.



En installant plusieurs capteurs dans un secteur, l'efficacité des données augmente en raison de la synchronisation des capteurs entre eux-mêmes et du temps auquel le bruit est enregistré à chaque capteur. En comparant le temps, le positionnement du signal sur la conduite peut être calculé. Le temps du trajet du signal dépend de la distance, du type de matériau et du diamètre de la conduite entre la fuite et le capteur. Il est donc important de connaître toutes ces données et d'insérer la bonne information dans le logiciel avant de commencer la corrélation des fuites.

Ces équipements d'écoute acoustique en continu sont disponibles en différents formats avec différentes façons de captage et de transmission des données. Certains utilisent un format de communication radio analogue ou électronique. Certains ont un traitement informatique intégré à un endroit précis, d'autres utilisent des logiciels installés sur des ordinateurs portables. Il y a des systèmes qui utilisent différents types de capteurs choisis selon le type et le diamètre de la conduite.

Cette méthode d'écoute en continu détecte les fréquences acoustiques au-delà de ce que l'oreille humaine peut entendre. Cela dit, ils peuvent identifier les fuites que les écoutes acoustiques ponctuelles ne peuvent pas détecter. Une fois qu'une fuite potentielle est identifiée, avant d'envoyer des équipes de réparation de fuites, une écoute ponctuelle de la zone ciblée sera utilisée pour valider l'emplacement.

La corrélation du bruit (fuite) dépend beaucoup moins de l'opinion de l'opérateur. Cela rend l'efficacité des corrélateurs supérieure pour localiser les petites fuites sur tous les matériaux de tuyaux, en particulier les matériaux de tuyaux qui transmettent mal le son, tels le PVC, le béton, le polyéthylène (PE) ou des conduites principales à plus grand diamètre.

Les équipements d'écoute acoustique en continu peuvent, de façon générale, trouver des fuites de moins de 1,5 m sur la plupart des conduites d'eau potable, permettant ainsi d'excaver plus précisément pour réparer une fuite détectée. Cette méthode est souvent utilisée à la suite d'une écoute ponctuelle pour localiser de manière plus précise une fuite identifiée comme potentielle dans la première étape. Elle est également utilisée sur des conduites de transmission.

Pour une meilleure efficacité, il est recommandé d'avoir des distances d'écoutes entre 100 à 500 m entre deux points pour des conduites jusqu'à 600 mm.

### 3.1.3\_ ÉPAISSEUR RÉSIDUELLE - ACOUSTIQUE

Une méthode d'auscultation non intrusive permettant de mesurer des informations sur l'épaisseur résiduelle moyenne d'une conduite se fait avec des équipements qui évaluent la vitesse acoustique dans une conduite existante. Cette technique est applicable en grande majorité sur des conduites en fonte (grise et ductile) et de moindres mesures sur les conduites en amiante.

Cette technique évalue la perte moyenne de l'épaisseur de la paroi de la conduite d'eau potable sur la longueur mesurée. La conduite auscultée pourrait être dégradée sur toute sa longueur ou il pourrait s'agir d'une dégradation importante à un ou deux endroits précis sur la longueur mesurée. Cette méthode est souvent considérée comme une technique de dépistage pour permettre à la municipalité de prendre une décision de faire un diagnostic plus approfondi ou de faire une réhabilitation de cette conduite.

Dans le cas de cette technologie, il est important d'avoir toutes les informations pertinentes sur la conduite ( module de rigidité, diamètre, réparations ou manchons, etc. ) afin d'améliorer la précision des mesures. Pour cette méthode, la distance maximale entre deux points est entre 100 à 150 m.

Le *Guide technique pour prolonger l'intégrité des conduites en fonte* – CERIU, septembre 2023, contient plus d'informations sur les méthodes non intrusives.

## 3.2\_ TECHNIQUES INTRUSIVES

### 3.2.1\_ INSPECTION VISUELLE

Contrairement aux conduites d'égouts accessibles par les regards, le réseau d'eau potable est sous pression et donc l'accès à la conduite pour faire une inspection visuelle de l'intérieur est plus difficile ( voir annexe, fiche technique n°3 du *Guide technique pour prolonger l'intégrité des conduites en fonte* – CERIU, septembre 2023 ).

Il est important de connaître l'état interne d'une conduite d'eau potable pour aider à projeter la durée de vie utile et permettre d'établir une stratégie de renouvellement ou de réhabilitation. L'état du revêtement existant, surtout pour les conduites maîtresses, ainsi que le niveau de tubercules à l'intérieur de la conduite, pour les petits diamètres, sont des indicateurs pouvant aider les municipalités à prendre des décisions plus précises pour l'amélioration du réseau.

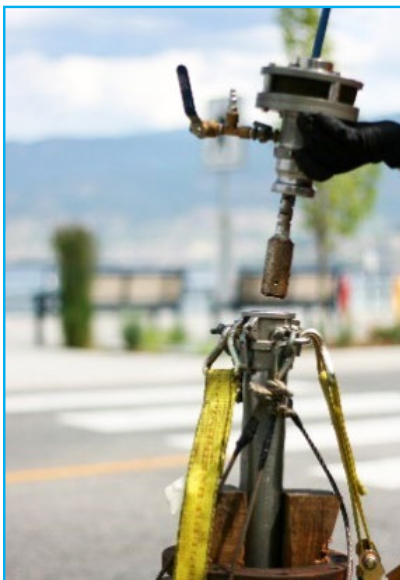


### a. Petit diamètre (jusqu'à 300 mm)

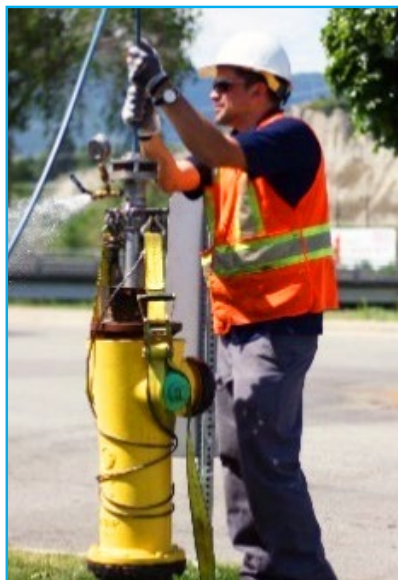
Pour les conduites de petit diamètre (jusqu'à 300 mm), il existe des technologies qui permettent d'inspecter la conduite avec une caméra dédiée à l'eau potable. Ces technologies, utilisées régulièrement, au Québec depuis 2012.

Cette technologie permet de faire une inspection, une détection de fuites et la localisation de la conduite dans la même opération, et ce, sans interrompre le service de l'eau aux résidents, [voir la figure 3.4](#).

L'équipement est muni d'une caméra, d'un hydrophone et d'un localisateur. La tête de la caméra a un diamètre d'environ 38 mm et le câble d'inspection, une longueur d'environ 100 m. L'équipement est inséré par une borne d'incendie tel qu'illustré aux [figures 3.2 et 3.3](#), et peut naviguer de chaque côté du té de la borne d'incendie. Les distances d'inspection sont limitées par le niveau de tubercules et la configuration de la conduite (coudes, etc.).



**Figure 3.2:** Matériel d'inspection et détection de fuites (Consultants GAME)



**Figure 3.3:** Inspection et détection de fuites sans interrompre le service – équipements (Consultants GAME)



**Figure 3.4:** Inspection et détection de fuites sans interrompre le service – vue de l'intérieur (Consultants GAME)

### ***Procédure pour accéder à la conduite et l'inspecter sans interrompre le service :***

- Fermeture de la vanne d'isolement de la borne d'incendie (BI);
- Retrait de la tige et du siège de la BI;
- Installation du tube de lancement pour remplacer le siège de la BI;
- Réouverture de la vanne d'isolement de la BI;
- Insertion de la caméra et inspection  
(la conduite de branchement de la BI et chaque côté du té de branchement);
- Une fois l'inspection terminée et la caméra retirée du tube de lancement, fermeture de la vanne d'isolement de la BI;
- Retrait du tube de lancement;
- Remise de la tige et le siège de la BI;
- Réouverture de la vanne d'isolement.

### ***Informations lors des inspections :***

- Niveau de tubercules;
- État de la conduite;
- État du revêtement;
- Vannes de construction ou vannes cachées;
- Changement de matériau;
- Changement de direction;
- État des joints (décalés, etc.);
- Détection de fuites;
- Direction du débit.

### ***Limites et contraintes :***

- Distance limitée par le type de conduite  
(PVC, fonte ductile, fonte grise, gaine structurale);
- Distance limitée par le niveau de tubercules;
- Distance limitée par la présence de coudes dans la conduite.



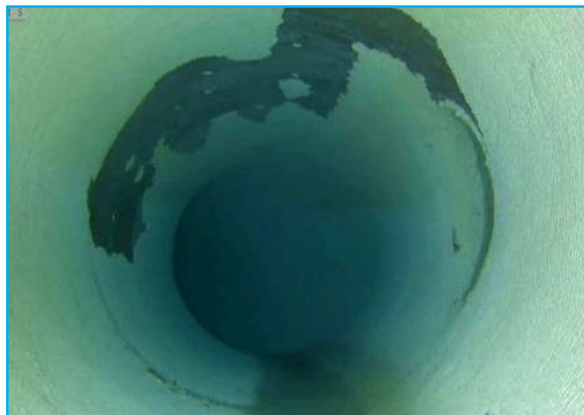
## b. Grands diamètres (plus grand que 300 mm)

Pour les inspections intrusives des conduites à grand diamètre, l'accès à la conduite devient un élément important pour décider d'effectuer des travaux ou non, [voir la figure 3.6](#).

Il existe des caméras autottractées avec des longueurs de câble allant jusqu'à 1,2 km consacrés à l'eau potable, tel qu'illustré à la [figure 3.5](#).



**Figure 3.5:** Inspection autottractée pour grand diamètre – équipements (Consultants GAME)



**Figure 3.6:** Inspection autottractée pour grand diamètre – vue de l'Intérieur (Consultants GAME)

### ***Procédure pour accéder à la conduite et l'inspecter avec la caméra autottractée :***

- Fermeture des vannes aux extrémités du tronçon à inspecter afin d'isoler le tronçon ;
- Accès à la conduite par une ouverture de 400 mm ou plus ;
- Possibilité de deux points d'accès (un pour insertion et l'autre pour extraction de l'équipement) ;
- Temps de vidange de la conduite pour donner accès au tronçon visé par les inspections ;
- Temps de fermeture du tronçon visé ;
- Remplir la conduite une fois les travaux sont terminés ;
- Chloration et remise en service.

Il existe également des équipements munis d'une caméra, d'un hydrophone et d'un localisateur qui peuvent être déployés dans une conduite de grand diamètre sans interrompre le service. Dans ces cas, la vitesse de l'eau doit être à un minimum de 0,5 m/s afin de permettre à l'équipement d'être tiré avec le débit de l'eau.

### **Procédure pour accéder à la conduite et l'inspecter avec l'équipement sous pression :**

- Installation d'une vanne à bille (50 mm et plus) perpendiculaire à la conduite existante ;
- Installation d'un tube de lancement ;
- Ouverture de la vanne à bille ;
- Insertion de l'équipement, muni d'un parachute pour faire avancer l'outil ;
- Inspection de la conduite ;
- Retrait de la caméra et du câble ;
- Fermeture de la vanne à bille.

### **Informations lors des inspections :**

- Niveau de dépôts en surface ( biofilm., etc. ) ;
- État de la conduite ;
- État du revêtement ;
- Vannes de construction ou vannes cachées ;
- Changement de matériau ;
- Changement de direction ;
- État des joints ( décalés, etc. ).

### **Limites et contraintes :**

- Distance limitée par la vitesse de l'eau dans la conduite ;
- Distance limitée par le changement d'élévation de la conduite ;
- Distance limitée par le nombre de coudes présents dans la conduite ;
- Avancement limité par la présence de vannes papillon ;
- La qualité de l'image n'est pas de haute définition ;
- La caméra n'a pas la capacité de tourner vers des anomalies ou de magnifier les images d'inspection.





### 3.2.2\_ DÉTECTION DE FUITES

Pour la détection de fuites par méthodes intrusives, il existe deux options, une avec câble tel qu'illustrée aux [figure 3.7](#) et [figure 3.8](#) et l'autre à la nage libre. Elles sont disponibles au sein des municipalités québécoises et canadiennes.



**Figure 3.7:** Inspection et détection de fuites sous pression (Consultants GAME)



**Figure 3.8:** Équipements d'inspection et détection de fuites (Consultants GAME)

Pour l'option de détection de fuites avec câble pour le petit et grand diamètre, ces technologies ont été présentées dans la section précédente.

Il est important de noter que dans le cas des technologies avec câble sous pression, la détection de fuites se fait en même temps que l'inspection télévisée de la conduite.

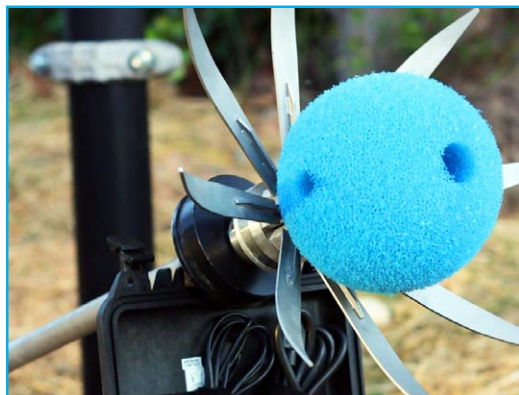
Dans le cas de l'équipement multicapteur à la nage libre, il y aura des étapes de préparation afin d'insérer l'appareil dans la conduite d'eau potable. La [figure 3.9](#) illustre l'appareil inséré dans la conduite et la [figure 3.10](#) démontre le schéma du processus de la nage libre.

**Procédure pour accéder à la conduite avec l'équipement à la nage libre sous pression :**

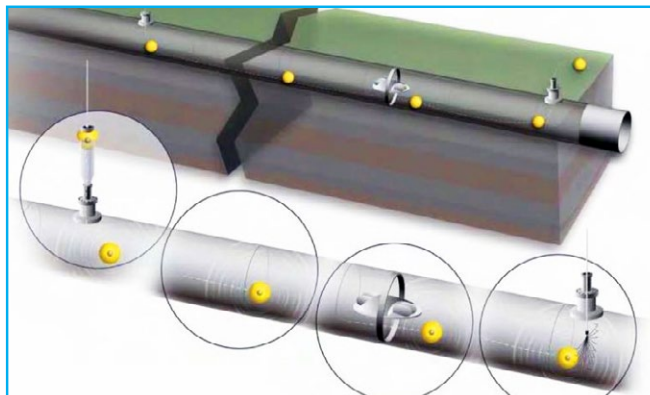
- Installation d'une vanne à bille (50 mm et plus) perpendiculaire à la conduite existante pour le déploiement ;
- Installation d'une vanne à bille (50 mm et plus) perpendiculaire à la conduite pour le captage ;
- Installation d'un tube de lancement ;
- Ouverture de la vanne à bille ;
- Insertion de l'équipement muni d'un parachute pour faire avancer l'outil ;
- Retrait de l'équipement de détection de fuite ;
- Fermeture de la vanne à bille.

### Limites et contraintes :

- Distance limitée par la vitesse de l'eau dans la conduite ;
- Distance limitée par le changement d'élévation de la conduite ;
- Distance limitée par le nombre de coudes présents dans la conduite ;
- Fermer ou réduire le débit des conduites branchées sur la conduite (tronçon) visée par la détection de fuite afin d'éviter que l'équipement se dirige vers celles-ci.



**Figure 3.9 :** Détection de fuites à la nage libre – équipement (Xylem)



**Figure 3.10 :** Détection de fuites à la nage libre – processus (Xylem)

### 3.2.3\_ ÉPAISSEUR RÉSIDUELLE - ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Depuis des décennies, des équipements électromagnétiques (EM) sont utilisés sur des conduites métalliques pour mesurer l'épaisseur résiduelle des conduites d'eau potable.

La méthode EM peut être utilisée dans des conduites de petit et grand diamètre. Dans le cas du petit diamètre (jusqu'à 300 mm), la conduite doit être isolée et dépressurisée avant de commencer l'auscultation des tronçons, [voir les figures 3.11 et 3.12](#). Pour les conduites de grands diamètres, la planification et l'exécution des travaux requièrent une planification plus approfondie avec les travaux publics pour isoler et donner accès à la conduite.



**Figure 3.11 :** Équipement avec câble pour mesurer l'épaisseur résiduelle de la conduite (PICA)



**Figure 3.12 :** Installation de l'équipement (PICA)

**Procédure pour accéder à la conduite et l'inspecter avec équipement câblé :**

- Isoler la conduite existante;
- Vidanger la conduite pour accéder à cette dernière;
- Enlever les pièces dans les chambres (vannes, tés, pièces d'accouplement) pour donner accès à l'équipement;
- Retirer l'équipement;
- Remettre les pièces dans les chambres;
- Remplir avec de l'eau et chloration de la conduite.

**Informations lors des inspections :**

- Zone de perte d'épaisseur de paroi de la conduite;
- Inspection CCTV.

**Limites et contraintes**

- Une analyse complète du profil de la conduite et de tous les accessoires dans les chambres est requise. (Il existe des cas où les vannes dans les chambres sont plus petites que le diamètre de la conduite existante. Par exemple : une conduite ayant un diamètre de 500 mm avec des vannes dans les chambres à 400 mm);
- La distance peut être limitée par le nombre de coudes présents dans la conduite.

**3.2.4\_ BRIS DE CÂBLES PRÉCONTRAINS**

La technologie électromagnétique (EM) pour la détection des bris de câbles précontraints a été développée et brevetée au milieu des années 1990. Les premiers outils étaient munis de câble et les inspections se faisaient dans des conduites visitables. Afin d'effectuer l'inspection, la conduite devait être isolée et vidangée pour permettre l'accès à la conduite. Le guide technique pour prolonger l'intégrité des conduites en fonte (CERIU,2023) contient plus d'informations sur la technologie.

Au fil des ans, la technologie (EM) a évolué et les améliorations ont permis de développer des équipements plus performants avec câble ainsi qu'un équipement pouvant être introduit dans la conduite en béton acier sans interrompre le service.

Le principe des inspections EM est de déterminer une signature électromagnétique pour chaque tuyau dans le but d'identifier les anomalies produites dans les zones munies de câbles précontraints brisés. Certaines caractéristiques associées avec l'anomalie (longueur, magnitude, etc.) sont évaluées pour donner une estimation du nombre de bris de câbles précontraints dans chaque tronçon.

## Plateforme de déploiement

La plateforme de déploiement réfère à la méthode d'insertion de l'outil dans la conduite. Il y a deux plateformes utilisées, soit avec câble ou à la nage libre. Le choix d'équipement se base sur le diamètre de la conduite et surtout sur l'accès à la conduite. La possibilité d'isoler et de vider la conduite pour effectuer des inspections avec le but de trouver des bris dans les câbles précontraints devient très importante dans le choix de plateforme à utiliser.

### a. Plateforme avec câble

Dans le cas d'une plateforme robotique avec un câble, l'inspection EM peut être effectuée en isolant et en dépressurant un tronçon et en planifiant la localisation du point d'accès à un point haut pour limiter la vidange de la conduite. Si cette approche n'est pas réalisable, le tronçon à inspecter devra être complètement vidé d'eau pour permettre à l'équipement de naviguer dans la conduite. Le temps d'inspection varie et dépend de l'orientation de la conduite, de la friction causée par l'avancement du câble, de la présence de coudes et de la présence de vannes papillon.

#### **Procédure pour accéder à la conduite et l'inspecter avec l'équipement câblé :**

- Isolation de la conduite existante ;
- Vidange de la conduite pour accéder à cette dernière ;
- Enlèvement des pièces dans les chambres (vannes, tés, pièces d'accouplement) pour donner accès à l'équipement ;
- Retrait de l'équipement ;
- Remise des pièces dans les chambres ;
- Remplissage de l'eau et chloration de la conduite.

#### **Informations lors des inspections :**

- Zone de bris des câbles précontraints ;
- Inspection CCTV.

#### **Limites et contraintes**

- Une analyse complète du profil de la conduite et les accessoires dans les chambres. (Il y existe des cas où les vannes dans les chambres sont plus petites que le diamètre de la conduite existante. Par exemple : une conduite ayant un diamètre de 500 mm avec des vannes dans les chambres à 400 mm) ;
- La distance peut être limitée par le nombre de coudes présents dans la conduite.



## b. Outil à la nage libre

Une plateforme robotique à la nage libre a été développée et permet d'effectuer des inspections électromagnétiques (EM) pour déterminer le bris de câbles précontraints dans des conduites en béton acier sans interrompre le service. Cette plateforme utilise le débit d'eau dans la conduite pour la propulsion de l'équipement. L'équipement tel qu'illustré à la [figure 3.14](#) peut passer à travers des vannes papillon et naviguer de coudes et de dénivellations dans la conduite et peut traverser des obstacles, y compris certains types de vannes papillon.

### **Procédure pour accéder à la conduite et l'inspecter avec l'équipement sous pression et à la nage libre, voir la figure 3.13:**

- Installation d'une vanne sous pression d'au moins 150 mm, perpendiculaire à la conduite en béton acier précontraint à l'entrée de l'équipement et au point de captage de l'équipement (2 vannes)
- Installation d'un tube de lancement et d'un tube de captage;
- Ouverture de la vanne;
- Inspection de la conduite;
- Retrait de l'équipement;
- Retrait des tubes de lancement et captage;
- Fermeture des vannes et du câble;
- Fermeture de la vanne à bille.

### **Informations lors des inspections**

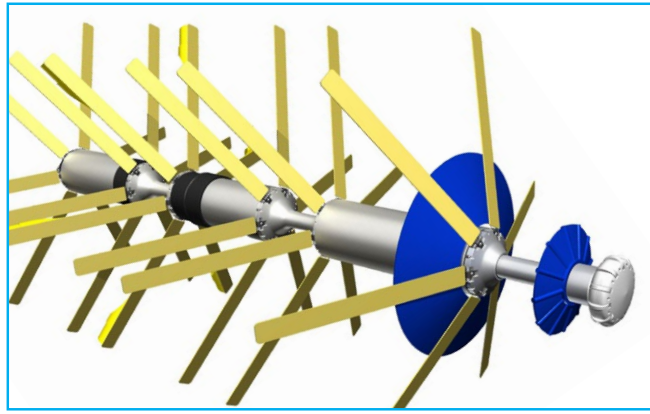
- Zone de bris des câbles précontraints.

### **Limites et contraintes**

- Une analyse complète du débit dans le réseau doit être effectuée pour s'assurer que l'équipement sera en mesure de voyager la distance prévue;
- Bien connaître le profil de la conduite et s'assurer de contrôler les branchements situés sur la conduite (ex. : coudes, dénivellations, vannes, etc.);
- Distance limitée par le nombre de coudes présents dans la conduite;
- Aucune image CCTV.



**Figure 3.13 :** Procédure d'installation du câble précontraint (Xylem)



**Figure 3.14 :** Équipement pour localiser les bris de câbles précontraints à la nage libre (Xylem)

## 4.0 ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES CONDUITES

L'évaluation de l'état des conduites permet de déterminer la situation de la conduite selon son cycle de vie, le risque de défaillance ou de rupture du service. Cela a pour objectif de prioriser l'intervention et de la cibler adéquatement conciliant les différents enjeux pouvant être d'ordre financier, social, environnemental ou autre.

L'évaluation varie d'une méthode d'auscultation à une autre. Dans certains cas, ces évaluations sont factuelles et encadrées par des protocoles bien établis comme le cas des inspections télévisuelles, ou bien encadrées par le guide d'élaboration d'un plan d'intervention pour le renouvellement des conduites d'eau potable, d'égouts et de chaussées, tels que les indicateurs de taux de bris et de fuite ou les indicateurs de pertes d'épaisseur (voir la figure 4.1).

STATUT	COTE	PERTE D'ÉPAISSEUR RELATIVE DE LA PAROI
Excellent	1	0
Bon	2	> 0 à 10 %
Moyen	3	> 10 à 40 %
Mauvais	4	> 40 à 70 %
Très mauvais	5	> 70 %

Figure 4.1: Tableau extrait du Guide du plan d'intervention selon l'indicateur EP-5

Pour d'autres types d'auscultations, l'évaluation de l'état des conduites nécessite des analyses plus poussées pour déterminer un barème de classification et de qualification du risque, comme l'auscultation par la technologie électromagnétique (EM).

Dans cette section, nous aborderons quelques systèmes d'évaluation selon la technique d'auscultation utilisée, et il revient aux donneurs d'ouvrages de s'assurer que les résultats attendus répondent à leur besoin et leur permettent d'évaluer le risque d'intervention, la priorisation et surtout l'horizon d'intervention avant de choisir une technologie d'auscultation.

## 4.1\_ ÉVALUATION DANS LE CAS D'UNE AUSCULTATION PAR CAMÉRA AUTOTRACTÉE

La version 8 du protocole PACP, en plus des réseaux d'égouts gravitaires, encadre aussi les inspections TV des conduites sous pression sanitaires et des conduites d'eau potable.

Le niveau d'état est de 1 à 5, ce dernier est le niveau le plus élevé parmi ceux attribués aux différents défauts rencontrés le long de la section de la conduite. Le niveau d'état peut être structural, opérationnel, ou d'entretien. Il représente la probabilité qu'un défaut cause une défaillance.

En plus du niveau d'état maximal, il y a trois (3) autres systèmes d'évaluation pour qualifier l'état de la conduite inspectée selon le protocole PACP :

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

Le [Manuel Réseaux d'égouts – Pathologies, diagnostics et interventions pour les conduites gravitaires](#), 2<sup>e</sup> édition (CERIU 2023), contient plus d'informations sur ces systèmes d'évaluation.

## 4.2\_ ÉVALUATION DANS LE CAS D'UNE AUSCULTATION PAR LA TECHNOLOGIE EM

Comme expliqué dans la [section 3](#), la technologie d'auscultation électromagnétique (EM) permet entre autres de déterminer le nombre de fils brisés dans le cas des conduites en béton précontraint.

Il n'existe pas pour le moment une évaluation reconnue permettant de classifier les segments avec fils brisés selon le risque de défaillance (exemple des classes de 1 à 5) pour aider les gestionnaires à planifier les interventions à court et à moyen terme.

Le manuel M77 de l'AWWA, présente quelques méthodes utilisées par des gestionnaires des réseaux d'eau en vue de prendre des décisions d'intervention telles que :

- Évaluation de la limite de rupture des fils de précontraint : il s'agit de déterminer le nombre maximal de bris acceptable au-delà duquel il faut procéder à la réparation / remplacement de la conduite ;
- Évaluation de la défaillance basée sur les courbes de risques : il s'agit d'élaborer une gestion de risque basée sur l'élaboration des courbes de comportement des conduites auscultées ;
- Estimation de la limite de service : cette méthode utilise des équations de conception présentées dans la norme C304 de AWWA publiée en 2014 en vue de déterminer la courbe de décroissance de la résistance de la conduite en fonction du nombre de câbles brisés.





Ces méthodes requièrent une connaissance précise des spécifications des conduites à analyser (diamètre, nombre de fils d'enroulement, espacement des fils, épaisseur du cylindre d'acier, épaisseur du béton extérieur et intérieur, etc.), les pressions d'opérations, la profondeur de la conduite et le type de remblai. Elles exigent aussi des analyses poussées (méthode des éléments finis, etc.) pour élaborer les courbes de comportement de conduites en vue d'élaborer des niveaux de risques de défaillances, des limites de service, etc.

## 5.0 DÉTERMINATION DES INTERVENTIONS

Cette section traitera les différentes étapes pour évaluer et valider les données disponibles et celles mandatées par les donneurs d'ouvrage afin de bien définir et déterminer les choix des différentes interventions disponibles. Les techniques d'intervention structurales et non structurales seront présentées en détail dans les **sections 6 et 7** de ce manuel.

### 5.1\_ PREMIÈRE ÉTAPE : VALIDER LES DONNÉES HYDRAULIQUES ET VISUELLES

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 débuter par les informations disponibles sur le réseau ( rapports hydrauliques des bornes d'incendie, rapports des détections de fuites, liste des plaintes de baisse de pression ou goût et couleur de l'eau, visionnement des inspections CCTV des conduites d'eau potable, etc. ).

L'analyse des rapports aidera les décideurs à déterminer les zones les plus affectées par les anomalies et défauts et à prioriser les mesures correctrices à prendre.

Le Guide d'élaboration d'un plan d'intervention pour le renouvellement des conduites d'eau potable, d'égouts et de chaussées ( CERIU, novembre 2013 ) contient des informations supplémentaires sur ce sujet.

### 5.2\_ DEUXIÈME ÉTAPE : DÉFINIR LES ACTIONS REQUISES POUR LES INTERVENTIONS STRUCTURALES ET NON STRUCTURALES

Après avoir validé les données et recommandations générées par les outils d'auscultation présentés à la **section 3**, d'autres essais jugés pertinents et plus approfondis pourront être effectués pour confirmer la condition des tronçons identifiés comme étant problématiques. Ces essais supplémentaires donneront au décideur plus d'informations qui seront intégrées dans le tableau du plan d'intervention selon le Guide d'élaboration d'un plan d'intervention pour le renouvellement des conduites d'eau potable, d'égouts et de chaussées ( CERIU, novembre 2013 ).

#### 5.2.1\_ DÉFAUTS STRUCTURAUX

Le type d'intervention sera déterminé en fonction de la gravité et de l'importance de la déficience analysée. Pour les conduites d'eau potable, un protocole d'évaluation a été introduit dans le PACP version 8. Les décideurs doivent se fier à l'expérience des travaux publics et les exigences établies par le MAMH pour le développement d'un plan d'intervention.

Dans le cas où les besoins du réseau ont été identifiés comme étant non structuraux (pression, couleur et goût de l'eau), un nettoyage de la conduite pourrait être suffisant. Pourtant, étant donné que le service aux citoyens doit déjà être interrompu pour le nettoyage, il serait préférable d'ajouter la réhabilitation par projection non structurale afin de créer une barrière entre la conduite existante et l'eau.

Dans le cas où les besoins du réseau ont été identifiés comme étant structuraux (taux de bris, fuites, perte d'épaisseur, bris de câbles précontraints, etc.), une réhabilitation structurale ou le remplacement s'avérerait une alternative plus appropriée pour corriger ces défauts.

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

## 6.0 INTERVENTIONS NON STRUCTURALES

Cette section présentera les différentes interventions non structurales disponibles pour les donneurs d'ouvrage pour, soit un nettoyage ou une réhabilitation des conduites d'eau potable donc la capacité structurale de ces conduites n'est pas en doute. Certaines interventions, notamment les techniques de nettoyage, sont souvent utilisées dans la préparation des conduites d'eau potable avant l'utilisation des techniques structurales présentées dans la [section 7](#).

### 6.1\_ NETTOYAGE

Le nettoyage des réseaux d'eau potable n'est pas un procédé utilisé couramment comme dans les réseaux d'égouts parce qu'un nettoyage dans les réseaux d'eau potable nécessite une interruption du service.

Le nettoyage des conduites d'eau potable se fait soit par l'introduction de torpilles pour essayer de déloger et enlever des tubercules dans la conduite, ou avant les travaux de projection ou de gainage structural. Plusieurs méthodes de nettoyage sont disponibles: **torpilles, air comprimé, particules rocheuses, glace, racleurs et jet d'eau à haute pression**. La majorité des entrepreneurs en réhabilitation des réseaux d'eau potable utilise le nettoyage par **jets d'eau à haute pression**.

Les méthodes de nettoyage hydraulique exigent des mesures de précaution afin que la pression d'eau n'endommage pas la conduite fragilisée.

#### 6.1.1\_ NETTOYAGE PAR JETS D'EAU À HAUTE PRESSION

Cette méthode de nettoyage illustrée à la [figure 6.1](#), consiste en un jet d'eau haute vitesse en direction de la paroi de la canalisation, à divers angles, pour déloger les tubercules qui se trouvent dans la conduite. 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.



**Figure 6.1:** Nettoyage à jet d'eau à haute pression (Consultants GAME)

## 6.1.2\_ NETTOYAGE PAR TORPILLES

Cette méthode de nettoyage utilise des torpilles ([voir la figure 6.2](#)) en mousse qui varient en composition, en densité et en résistance à l'abrasion. Le but des torpilles est de déloger les tubercules présents dans la conduite d'eau potable et de les transporter vers une ouverture dans la conduite ou vers une borne d'incendie utilisée comme point de sortie.

Tout dépendant du niveau de tubercules, plusieurs reprises de nettoyage pourront être requises. Avec cette méthode, il serait important de s'assurer que la torpille ne reste pas coincée dans la conduite. Dans le cas où la torpille resterait coincée, une excavation pourra être requise pour la récupérer.



Figure 6.2: Torpilles (Girard Polly-Pig)

## 6.1.3\_ NETTOYAGE PAR RACLEURS

Ce dispositif de nettoyage illustré à la [figure 6.3](#) est constitué d'un châssis en acier ayant 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. Il est généralement utilisé pour retirer des dépôts durcis. Il peut être déconseillé de l'utiliser dans des conduites fragiles ou fissurées.



Figure 6.3: Équipement de nettoyage par racleurs (J&F Tools)

## 6.1.4\_ NETTOYAGE PAR AIR COMPRIMÉ

Le rinçage avec injection d'air est une technique qui consiste à faire circuler des bulles d'air par impulsions successives à des intervalles réguliers dans un tronçon isolé à partir d'une borne d'incendie. Les impulsions d'air et les intervalles sont déterminés selon le diamètre et la longueur des conduites à traiter. Les turbulences créées par l'injection d'air et le mélange avec l'eau dans la conduite d'eau potable délogent les tubercules non adhérents. Les tubercules délogés avec l'eau et l'air sont expulsés par la borne d'incendie en aval du point d'insertion. Le procédé est démontré dans la [figure 6.4](#).

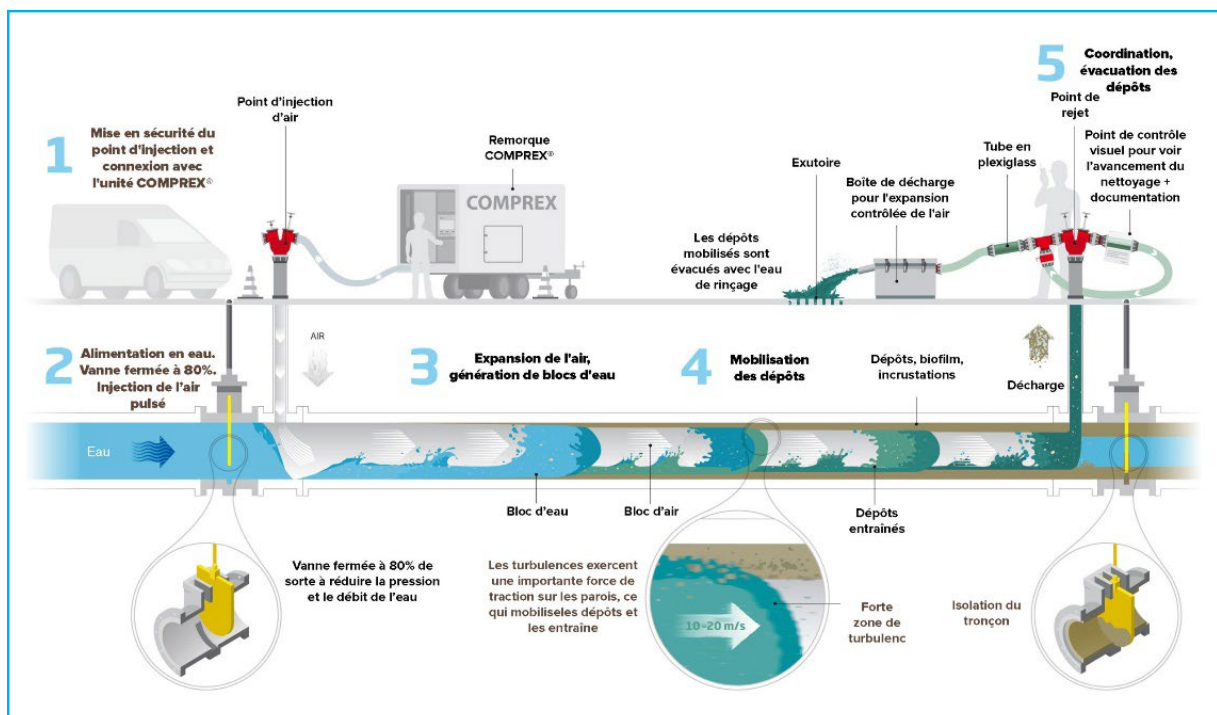


Figure 6.4 : Procédé de nettoyage par Eau - Air Pulsé (Herli)<sup>5</sup>

Cette technique est utilisée pour essayer d'enlever, d'une part, les dépôts de la couche supérieure des tubercules, composée d'un matériau friable et facile à éliminer et, d'autre part, essayer de déloger les parties durcies des tubercules pour améliorer les coefficients de friction de la conduite. Le *Guide technique pour prolonger l'intégrité des conduites en fonte* (CERIU, septembre 2023), contient plus d'informations sur le nettoyage par air comprimé.

## 6.2\_ PROJECTION (MORTIER, ÉPOXY, POLYURÉTHANE)

Les techniques de réhabilitation de projection sont généralement utilisées pour des conduites en fonte (grise ou ductile) et des conduites en acier. La technique de projection permet d'appliquer un ciment de mortier, de l'époxy et du polyuréthane. Ces techniques sont reconnues comme étant une option non structurales. Les produits appliqués (mortier, époxy et polyuréthane) agissent comme des barrières entre la paroi de la conduite et l'eau potable.

Il est important de procéder à un nettoyage mécanique et un assèchement de la conduite hôte afin d'éliminer tout débris (tubercules) et eau stagnante dans celle-ci. La présence de débris ou eau stagnante dans la conduite hôte durant l'application causera une mauvaise adhérence du produit de projection avec la conduite.

Il est recommandé de se référer à la norme BNQ 1809-400 / 2013 – partie 2 et à la norme C222-18 pour les membranes non structurales.

L'application des produits de projection se fait avec des pistolets à air centrifuge et les épaisseurs minimales des revêtements de projection sont les suivantes :

- Mortier de ciment : entre 4 et 8 mm ([voir la figure 6.5](#));
- Époxy : minimum de 1 mm ([voir la figure 6.6](#));
- Polyuréthane : minimum de 1 mm.

La finition des revêtements en résine et en polyuréthane est beaucoup plus lisse que la finition du mortier de ciment. Pour l'application avec du mortier de ciment, la finition peut être en pelure d'orange ou lisse.



**Figure 6.5:** Projection avec mortier de ciment



**Figure 6.6:** Projection avec époxy

Il est important de noter que la projection du mortier de ciment ne s'applique qu'aux conduites en fonte (grise et ductile) et en acier parce que le mortier n'adhère pas aux conduites en plastique.

## 7.0 INTERVENTIONS STRUCTURALES

Les technologies sans tranchées sont des technologies qui n'utilisent pas ou qui limitent les excavations. Ces techniques adoptent des méthodes de construction, des matériaux et de l'équipement peu encombrants afin de restreindre les répercussions sociales et environnementales qui découlent des travaux sur les infrastructures souterraines. Les techniques de réhabilitation structurales sont celles qui permettent de réhabiliter 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. Dans certains cas, la conception d'une gaine en feutre ou en fibre de verre peut être faite avec des caractéristiques non structurales. Ces cas s'appliquent uniquement quand la conduite hôte est elle-même en bon état structural et que la réhabilitation non structurale vise à créer une barrière permanente entre l'eau et la conduite hôte. Dans certains cas, où la capacité structurale de la conduite hôte est considérée comme suffisante, une gaine non structurale peut être utilisée.

Une autre méthode structurale utilisée pour des interventions ponctuelles est le remplacement en tranchée.

### 7.1\_ GAINAGE STRUCTURAL

Le principe de la technique de chemisage 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** telle qu'illustrée aux **figures 7.1 et 7.2** à partir d'un puits d'accès. L'eau ou l'air est utilisée afin de déployer la gaine et de la chauffer pour déclencher le mûrissement de la résine.

**Figure 7.1:**  
Insertion par inversion  
(Consultants GAME)



**Figure 7.2:**  
L'équipement de l'insertion par projection  
(Consultants GAME)



**Insertion de la gaine par tirage:** après avoir été imprégnée de résine, la gaine, dont les extrémités sont scellées telles qu'illustrées à la [figure 7.3](#), 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'eau potable, 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.



**Figure 7.3:** Insertion de la gaine par tirage (Ville de Montréal)

## 7.2\_ 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, utilisé pour améliorer les capacités hydrauliques et structurales, permet aussi de corriger les anomalies présentes dans les conduites telles que l'infiltration, les fissures, les racines, etc. Il peut être effectué selon trois procédés éprouvés :

1. **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) ([voir les figures 7.4 et 7.5](#)). Il est parfois nécessaire d'injecter un coulis dans l'espace annulaire.



**Figure 7.4:** Installation du tuyau déformé



**Figure 7.5:** Tubage déformé (Consultants GAME)

2. **Le tubage ajusté** 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 procéder permet d'obtenir un contact très étroit entre les deux conduites (**voir les figures 7.6 et 7.7**). 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 7.6: Avant installation



Figure 7.7: Après installation

3. **L'insertion conventionnelle (tubage conventionnel)** avec un espace annulaire consistant 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 tels qu'illustrés dans les **figures 7.8 et 7.9**. Dans la **figure 7.10**, nous pouvons remarquer une connexion d'une conduite en polyéthylène avec des raccords en fonte et avec des accouplements électrofusion.

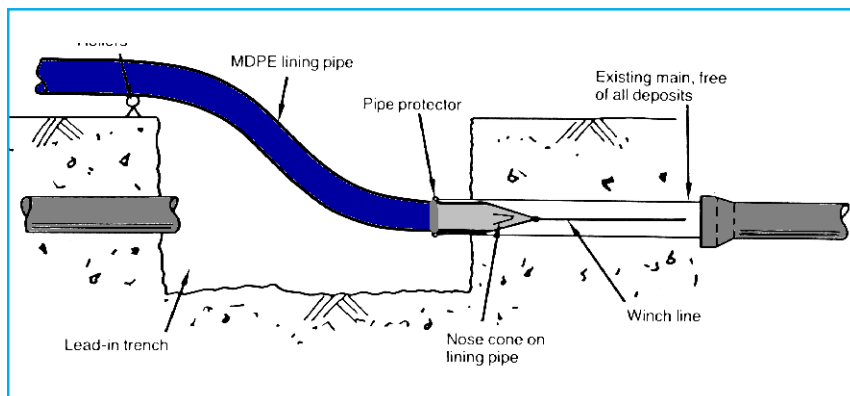
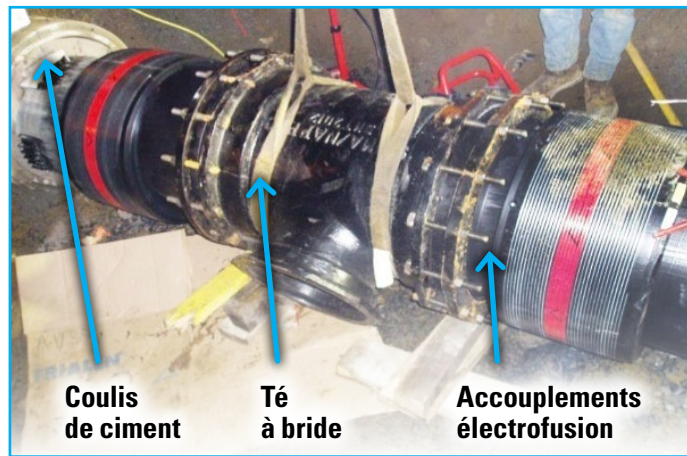


Figure 7.8: Insertion de conduite en PEHD conventionnelle schématique



Figure 7.9: Installation de conduite en PEHD conventionnelle

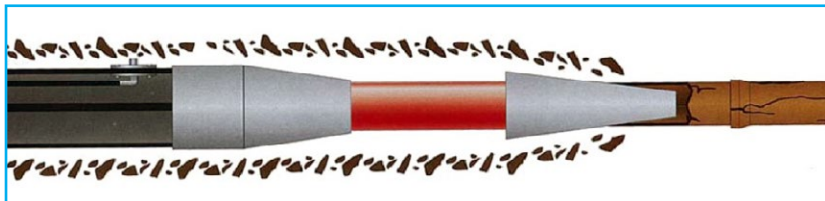
**Figure 7.10:**  
Raccordement  
d'une conduite  
en PEHD insérée  
(Robinson Consultants)



### 7.3\_ ÉCLATEMENT DE CONDUITE

La technique d'éclatement est souvent considérée comme une nouvelle installation et souvent comme une réhabilitation. Pour ce manuel, nous l'interprétons comme étant une technique de réhabilitation et non une technique de nouvelle installation. 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, voir les [figures 7.11 et 7.12](#).

**Figure 7.11:**  
Schéma d'éclatement  
d'une conduite



**Figure 7.12:**  
Éclatement d'une conduite  
(TT Technologies)

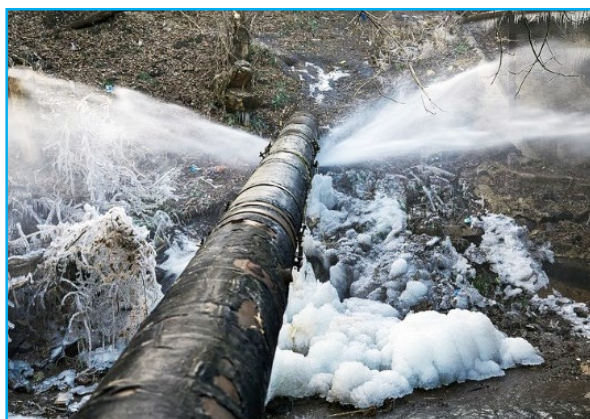


## 7.4\_ INTERVENTIONS PONCTUELLES

Ces interventions sont utilisées pour régler une problématique ponctuelle d'une manière réactive comme un bris tel qu'illustré aux **figures 7.13 et 7.14**, ou bien d'une manière proactive pour remplacer un segment de conduite non brisé encore, mais dont la défaillance est éminente (exemple de segment de conduite en béton en précontraint avec plusieurs câbles brisés).

Dans cette catégorie, on retrouve entre autres : le remplacement d'une vanne ou une borne d'incendie non fonctionnelle, la réparation d'une entrée de service non fonctionnelle et la présence de l'eau potable en surface qui requiert une intervention immédiate.

Des interventions ponctuelles sont plutôt des excavations pour remplacer une anomalie qui se manifeste au hasard ou qui s'est manifestée au préalable, mais non considérée comme urgente.



**Figure 7.13** : Bris de conduite d'eau potable  
(Getty Images)



**Figure 7.14** : Bris de conduite d'eau potable  
(Getty Images)

## 8.0 CONCLUSION

Ce manuel présente les technologies d'auscultation disponibles ainsi que les méthodes permettant l'identification, la catégorisation des défauts, et la réalisation de réparations sans avoir à réaliser des tranchées. Nonobstant l'introduction des méthodes d'auscultation et des techniques de réhabilitation, il est fortement recommandé de se référer à d'autres outils et cours de formation 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 à l'environnement interne et externe 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 déficiences sur le taux de dégradation.

Pour rendre possibles une planification efficace et une gestion optimale des réseaux d'eau potable, chaque intervenant doit saisir toutes les opportunités de recueillir 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'égout 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.

## 9.0 RÉFÉRENCE ET BIBLIOGRAPHIE

- *American Water Works Association (AWWA), M77 Condition Assessment of Water Mains.*
- *Comprehensive review of structural deterioration of water mains: physically based models*, Rajani et Kleiner, 2001.
- *Condition Assessment of Ferrous Water Transmission and Distribution Systems, State of Technology Review Report*, James Thomson et Lili Wang, 2009.
- *Condition Assessment of Underground Pipes*, avril 2015.
- [Détérioration et inspection des réseaux de distribution d'eau](#). [ PDF ]
- *Détérioration et inspection des réseaux de distribution d'eau version no 1.0*, InfraGuide, septembre 2002.
- *Guide d'élaboration d'un plan d'intervention pour le renouvellement des conduites d'eau potable, d'égouts et de chaussées*, CERIU, novembre 2013.
- [Guide d'élaboration d'un plan d'intervention pour le renouvellement des conduites d'eau potable, d'égouts et de chaussées](#). [ PDF ]
- [Guide de bonnes pratiques d'exploitation des installations de distribution d'eau potable](#) (MELCCFP, 2023), [ PDF ]
- [Guide technique pour prolonger l'intégrité des conduites en fonte](#), CERIU, septembre 2023. [ En ligne ]
- [L'eau potable pour tous, une conquête récente, le Centre d'information sur l'eau](#) (CIEAU). [ En ligne ]
- *La prise de décisions et la planification des investissements version 1.0*, InfraGuide, mars 2004.
- *Modélisation de la corrosion des conduites d'eau potable en fonte de la Ville de Québec*, Rapport de recherche n° R-1314, Sophie Duchesne, et al, 2012.
- *Pipe-soil interaction analysis for jointed watermains. Canadian Geotechnical Journal*, 33 (3), 393-404, Rajani, B., Zhan, C., & Kuraoka, S., 1996
- [Traitement de canal](#), Baillargeon, S. [ En ligne ]
- [Transport et gestion de l'eau dans l'histoire](#), BnF Passerelles. [ En ligne ]



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

ISBN : 978-2-925413-02-8

Tous droits réservés.  
© CERIU, mars 2024



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](mailto:info@ceriu.qc.ca)

[www.ceriu.qc.ca](http://www.ceriu.qc.ca)