

Conduite d'aqueduc en fonte: Comment rattraper des décennies de sous-financement

Stratégies d'optimisation pour la longévité des conduites d'aqueduc en fonte

Table des matières

Introduction	<u>03</u>
Par où commencer... ..	<u>04</u>
L'inventaire.....	<u>05</u>
Évaluation globale	
Intégrité structurelle des conduites en fonte	<u>06</u>
Capacité hydraulique	<u>08</u>
Qualité de l'eau	<u>10</u>
Cause principale	<u>12</u>
Corrosion externe des conduites : causes et impacts	<u>13</u>
Corrosion interne des conduites : causes et impacts	<u>15</u>
Passons maintenant aux solutions en explorant les pratiques adoptées à travers le monde	<u>17</u>
Une adoption croissante pour le contrôle pour la corrosion externe	<u>18</u>
La corrosion interne des conduites en fonte : un défi maîtrisable	<u>19</u>
Nettoyage des conduites : une innovation qui révolutionne l'entretien des réseaux !	<u>21</u>
Maximiser la durabilité des conduites d'aqueduc : Une approche intégrée et rentable	<u>22</u>
Plan d'action pragmatique pour les municipalités : vers une gestion intégrée des infrastructures	<u>26</u>
Conclusion	<u>28</u>
Les partenaires	<u>29</u>

Introduction

Le réseau de distribution d'eau potable du Québec, essentiel à l'approvisionnement des citoyens, aux services municipaux et à la protection incendie, s'étend sur plus de 44 000 km. Trois matériaux dominent la composition des conduites : le CPV (38 %), la fonte ductile (32 %) et la fonte grise (20 %). Une portion significative de ces infrastructures, notamment les conduites en fonte installées avant 1976, montre aujourd'hui des signes marqués de vieillissement, en grande partie à cause de la corrosion.

Selon les durées de vie théoriques, près de 16 000 km de conduites devront être remplacés au cours des 30 prochaines années. Pour y parvenir, le rythme de renouvellement actuel devrait être triplé — un objectif ambitieux dans un contexte où les investissements sont bien en deçà des besoins réels.

Estimée à environ 35 milliards de dollars, la mise à niveau du réseau représente un défi financier colossal pour les municipalités, déjà confrontées à un sous-financement chronique en infrastructures d'eau. Ce livre blanc vise à exposer les enjeux liés à la gestion du réseau d'aqueduc, tout en proposant des approches durables permettant de prolonger la durée de vie des conduites existantes et de maximiser les investissements, au-delà du seul remplacement systématique.





Par où commencer...

« Contrairement à certaines perceptions, les gestionnaires québécois disposent d'une connaissance approfondie de l'état de leurs réseaux, souvent plus avancée que celle de leurs homologues nord-américains. Le Québec se distingue par une réglementation exigeante, obligeant les municipalités à élaborer et à mettre à jour régulièrement leurs plans d'intervention en infrastructures.

De plus, l'adoption généralisée de pratiques telles que le rinçage unidirectionnel, la détection des fuites et l'inspection bisannuelle des poteaux d'incendie témoigne d'une gestion rigoureuse, qui dépasse les standards nord-américains.

Grâce aux données collectées sur les trois piliers fondamentaux d'un réseau – **l'infrastructure physique** (conduites, poteaux d'incendie, vannes, etc.), **la qualité de l'eau distribuée** et **les capacités hydrauliques** de chaque secteur municipal – il est possible d'établir une évaluation globale de l'état du réseau et d'orienter les actions afin de préserver l'intégrité du réseau. »*

L'inventaire

L'inventaire des infrastructures en eau du Québec repose sur le rapport annuel du CERIU, **Portrait des infrastructures en eau des municipalités du Québec (PIEMQ)**. Cette base de données constitue un outil clé pour l'élaboration d'un plan d'action à l'échelle provinciale.

Depuis plusieurs années, le CERIU collecte des informations stratégiques sur l'état des infrastructures auprès des 875 municipalités répertoriées, offrant ainsi une vue d'ensemble essentielle pour orienter les décisions.

Voici un aperçu des principaux constats issus de cet inventaire.

Réseau total

44,446 km

Fonte grise

8,889 km

Fonte ductile

14,222 km

Fonte ductile installé en 1975 ou avant*

7,111 km**

Fonte ductile installé en 1976 ou après*

7,111 km**

Durée de vie utile restante de 10 ans

7,000 km***

Durée de vie utile restante de 20 à 30 ans

9,000 km

Renouvellement/
remplacement actuel

252 km/an

Conduites à risque très élevée (3 %)

1192 km

Conduites à risque élevée (7 %)

2606 km

Investissement pour 10 %
des conduites

5,4B \$

Coût approximatif
pour remplacer un km

1,250M \$

*Canada Pipe, l'année marquant la transition des manufacturiers vers l'application d'un revêtement de ciment protecteur contre la corrosion interne

** Estimation de l'auteur

*** Fonte ductile sans revêtement à une durée de vie utile de 60 ans selon le tableau des durées de vie des matériaux CERIU-MAMH.



Évaluation globale

Intégrité structurelle des conduites en fonte

Parmi les nombreux éléments d'un réseau de distribution – poteaux d'incendie, vannes, pompes – les conduites de distribution, et en particulier celles en fonte, occupent une place centrale.

Utilisées depuis des siècles, les conduites en fonte font partie intégrante de notre histoire. La première installation documentée remonte à 1455 en Allemagne, et l'une des plus anciennes conduites encore en service alimente les fontaines du Château de Versailles depuis 1664, soit plus de 360 ans de fonctionnement.

Est-il possible d'optimiser la durabilité et l'intégrité structurelle de nos conduites en fonte ?

La réponse est oui. Pour cela, il est essentiel d'adopter une approche d'évaluation différente. En Amérique du Nord, l'intégrité des conduites est généralement mesurée en fonction du nombre de bris annuels.

Au Québec, on recense environ **9 000 bris** par an, dont **6 000 directement sur les conduites**, le reste touchant les entrées de service et autres éléments. Cela équivaut à **13,5 ruptures par 100 km**. Si l'on considère qu'une rupture affecte en moyenne **10 cm de conduite**, cela représente seulement **1,35 mètre endommagé sur 100 000 mètres**. Avec un **taux d'efficacité de 99,999865 %**, la grande majorité des conduites en fonte continuent d'assurer une distribution fiable de l'eau potable.

Dans ce contexte, peut-on réellement considérer nos conduites en fonte comme désuètes ?



« Qu'en est-il des bris ? »

Réparer une fuite sur une conduite d'un diamètre compris entre 100 mm et 250 mm coûte environ 10 000 \$ par intervention de 4 à 8 heures dans la plupart des municipalités. Étant donné qu'un kilomètre de remplacement revient à 1,25 M\$, on pourrait en théorie réparer jusqu'à 125 bris avant d'atteindre ce coût...

Mais si atteindre un tel nombre de bris est irréaliste, alors pourquoi ne pas utiliser cette marge budgétaire pour investir dès maintenant.

**99,999865 %
de la longueur de
vos conduites en fonte
ont distribuer l'eau
à vos citoyens
sans bris**



Longueur de
conduites avec
cette déficience
sur 100 km
1,35 mètres

*... la fonte, « un matériau durable, pas jetable »
et recyclable à l'infini.*

— France Environnement.



Évaluation globale

Capacité hydraulique

Jusqu'au milieu des années 1960, la majorité des conduites installées au Québec étaient en fonte grise. Parmi les **9 000 km** de conduites encore en service aujourd'hui, une caractéristique commune ressort : l'absence de revêtement interne en ciment pour protéger contre la corrosion. À l'époque, une simple couche de bitume était appliquée par les manufacturiers, offrant une protection limitée.

Cette situation est similaire pour les conduites en fonte ductile fabriquées en **1975 ou avant**, où l'absence de revêtement interne a favorisé le développement de corrosion. Ce n'est qu'à partir de **1976** que l'application systématique d'un revêtement cimentaire a permis d'éliminer ce problème. Ainsi, les conduites installées après cette date ne présentent généralement **aucune limitation de capacité hydraulique**.

En revanche, pour les conduites en fonte grise et ductile **installées avant 1975**, la corrosion interne a progressivement entraîné la formation de tubercules, réduisant significativement la capacité hydraulique. Les causes de cette corrosion sont principalement dû à des phénomènes physique, chimique et biologique.

Nous estimons qu'environ **16 000 km** de conduites présentent une déficience hydraulique allant de **modérée à sévère**.

Conséquences des tubercules dans les conduites

L'accumulation de dépôts à l'intérieur des conduites entraîne plusieurs problématiques majeures :

- **Corrosion accélérée** des parois internes
- **Augmentation du nombre de bris**
- **Réduction du débit incendie**, compromettant la sécurité publique
- **Frein au développement urbain**, limitant l'expansion des réseaux
- **Hausse des coûts de pompage**, en raison de la perte d'efficacité hydraulique
- **Maintien des pressions statiques élevées**, augmentant les risques de bris
- **Élévation des pressions statiques**, risquant d'endommager les infrastructures
- **Altération de la qualité de l'eau**, avec une coloration indésirable
- **Augmentation de l'utilisation de désinfectants**, impactant le traitement de l'eau

Face à ces enjeux, des stratégies adaptées doivent être mises en place pour assurer la **pérennité et l'efficacité du réseau de distribution**.

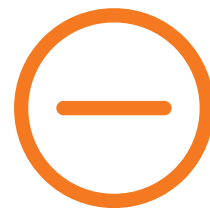


Longueur de conduites en fonte avec cette déficience modérée à sévère sur 100 km
60 kilomètres

La plupart des conduites en fonte installées avant 1975 ont potentiellement subi une diminution de 30 % ou plus de leur capacité hydraulique

Ce phénomène se produit généralement dans les réseaux de distribution d'eau domestique où des conduites en fonte sont utilisées pour l'approvisionnement en eau. Les tubercules rendent les conduites rugueuses à l'intérieur, ce qui augmente les coûts de pompage et la pression dans le système de distribution, tout en diminuant l'efficacité des pompes. Dans les cas graves, il peut causer des bris aux conduites

— Texte traduit de Corrosionpedia



Évaluation globale

Qualité de l'eau

Assurer la distribution d'une eau potable de qualité est un enjeu majeur pour les gestionnaires municipaux. Bien que l'eau traitée respecte les normes sanitaires à sa sortie de l'usine, son passage à travers les conduites peut en altérer les caractéristiques.

Les causes de cette détérioration sont les mêmes que celles favorisant la formation de tubercules dans les conduites :

- **Causes chimiques :** Absence de revêtement protecteur, variation du pH, présence de THM et autres.
- **Causes physiques :** Stagnation de l'eau, variations de température et autres.
- **Causes biologiques :** Développement de bactéries ferreuses et de micro-organismes et autres.



Photo de conduite de distribution d'eau potable dans certaines municipalités du Québec



Photo de conduite de distribution d'eau potable dans certaines municipalités du Québec

La corrosion des conduites entraîne la libération de fer, un élément qui favorise la prolifération des microorganismes. Pour limiter ce phénomène, un dosage précis des désinfectants est essentiel afin d'éliminer les biofilms et les bactéries dissimulées sous les dépôts internes.



Photos de conduites de distribution d'eau potable dans certaines municipalités du Québec

En parallèle, les gestionnaires doivent également répondre aux préoccupations des citoyens quant à la couleur, l'odeur et la potabilité de l'eau, tout en mettant en œuvre des stratégies adaptées pour assurer une distribution fiable et sécuritaire.



Longueur de conduites en fonte avec cette déficience sur 100 km
60 kilomètres

Un dosage de
1,27 mg/L de chlore libre est nécessaire pour contrôler 1 mg/L de Fe(fer)

Les réseaux de distribution constituent un environnement complexe et dynamique, parfois désigné comme un « réacteur », où se produisent de nombreuses interactions et réactions physiques, chimiques et biologiques auxquelles participent des microorganismes, des nutriments et des particules.

— Santé Canada

Cause principale

L'analyse des anomalies liées à la dégradation des trois composantes du réseau – infrastructure, qualité de l'eau et capacité hydraulique – met en évidence un facteur prédominant responsable de la majorité des dysfonctionnements : la **corrosion**, qu'elle soit interne ou externe. Elle constitue la principale cause des dégradations observées sur les réseaux en fonte.

La maîtrise de ce phénomène représente un enjeu stratégique. En limitant la corrosion, il devient possible d'optimiser la durée de vie des infrastructures, de garantir leur intégrité structurelle et d'assurer un service fiable et pérenne aux usagers.

Nous vous proposons d'explorer en détail les causes de la corrosion et d'identifier les leviers d'action permettant d'en réduire les impacts.



La corrosion, et non l'âge, est à blâmer pour la plupart des ruptures de conduites d'eau

Water World

— Jim Lary ingénieur en corrosion certifié NACE et vice-président chez Corpro

Corrosion externe des conduites en fonte : causes et impacts

De nombreuses études, thèses et ouvrages spécialisés à travers le monde abordent le sujet de la corrosion des métaux. Dans ce document, nous nous concentrons sur les éléments les plus pertinents, en identifiant les anomalies les plus fréquentes et les méthodes de correction adaptées.

La corrosion externe des conduites en fonte résulte principalement de trois facteurs :

- **Les caractéristiques du sol**
- **La corrosion galvanique**
- **Les courants vagabonds**

Les caractéristiques des sols et leur impact sur la corrosion

Les sols présentent des propriétés variables, influençant leur capacité à corroder les conduites métalliques. Des facteurs comme la résistivité, l'aération, le pH, l'activité microbienne et la qualité des remblais jouent un rôle clé dans la dégradation des infrastructures sur le long terme.

Chaque région possède des particularités qui rendent difficile l'identification d'un type unique

de corrosion. Toutefois, un facteur commun se démarque : l'acidité des sols, accentuée par l'utilisation de **chlorure de calcium** pour le déglacage des routes, un phénomène largement observé dans les municipalités.

La corrosion galvanique : un phénomène électrochimique

Les métaux ont des potentiels électrochimiques distincts. Lorsqu'ils sont en contact, le métal le plus réactif se sacrifie pour protéger celui qui est plus noble.

Par exemple, une entrée de service en laiton (potentiel de -0,370 V) couplée à une conduite en fonte (-0,500 V) entraîne une corrosion de la fonte, celle-ci cédant ses électrons au laiton. Ce processus affaiblit progressivement l'intégrité du réseau.



Photo Matergenics

Généralités : les aspects de la corrosion galvanique

La plupart des métaux se corrodent lorsqu'ils sont humides. Lorsque deux (différents) métaux humides sont en contact, l'un des deux se corrode plus rapidement que si les métaux étaient séparés. Cette augmentation de la vitesse de corrosion s'appelle la corrosion galvanique.

— Gouvernement Canada

Les courants vagabonds : une menace insidieuse

Les courants vagabonds proviennent d'infrastructures électriques telles que :

- Les chemins de fer
- Les lignes électriques à haute tension
- Les systèmes de protection cathodique (notamment dans les réseaux de gaz)

Ces courants parasites circulent à travers les conduites en fonte, accélérant leur corrosion. À titre d'exemple, **un courant vagabond de seulement un ampère peut dissoudre jusqu'à 9 kg de fonte par an**, entraînant une détérioration rapide des infrastructures.



Photo Webcorr

Corrosion interne des conduites en fonte : causes et impacts

L'analyse des infrastructures révèle que la **corrosion interne** des conduites en fonte est **plus uniforme sur l'ensemble du réseau** que la corrosion externe, entraînant une dégradation prématurée du réseau (voir photos). Deux facteurs majeurs en sont responsables :

- La nature corrosive de l'eau
- L'accumulation de tubercules à l'intérieur des conduites

L'impact de l'eau corrosive

L'eau, par nature, possède un pouvoir corrosif qui affecte les métaux. Un simple test illustre ce phénomène : en laissant un clou immergé dans un verre d'eau pendant une semaine, on observe une coloration orangée de l'eau et la formation de rouille sur le clou. Ce processus démontre l'impact direct de l'eau sur la détérioration des métaux, y compris les conduites en fonte.

Pour limiter ces effets, l'**Agence de Protection de l'Environnement (EPA)** aux États-Unis impose aux villes s'approvisionnant en eau de surface de traiter cette dernière avec des **inhibiteurs de corrosion**, conformément aux normes du **Lead and Copper Rule**. Cette réglementation vise à réduire la dissolution du plomb et du cuivre dans l'eau potable et à minimiser les impacts de la corrosion sur les infrastructures.



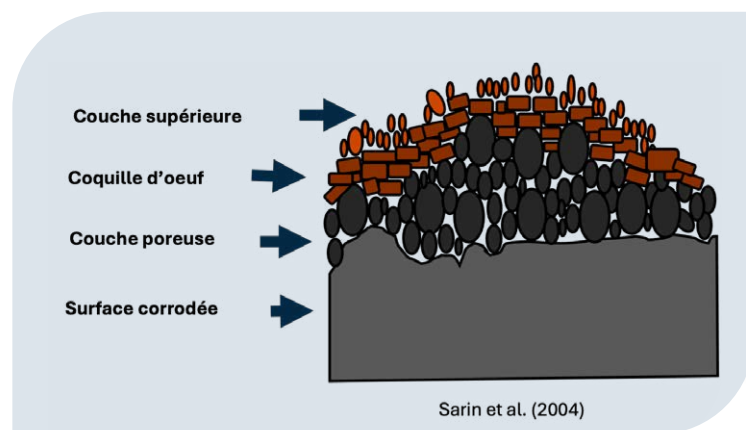
Aucune corrosion
externe seulement
à l'interne

Les tubercules : une menace silencieuse

L'accumulation de tubercules à l'intérieur des conduites engendre plusieurs problématiques :

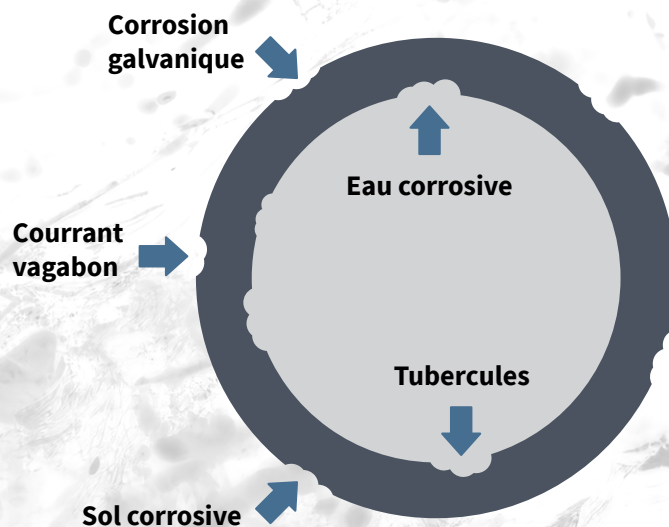
- **Prolifération bactérienne** et développement de biofilms nuisibles
- **Altération de la qualité et de la couleur de l'eau**
- **Augmentation des coûts énergétiques** due à une perte d'efficacité hydraulique
- **Réduction des débits**, compromettant l'alimentation en eau pour la lutte contre les incendies et le développement urbain

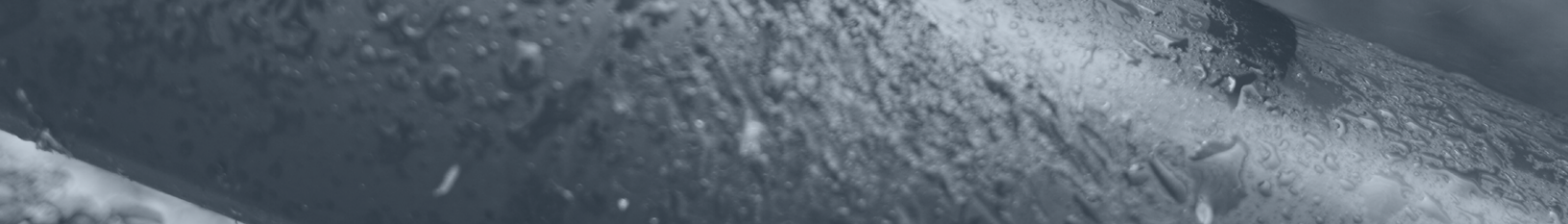
De plus, les tubercules contiennent des cavités poreuses qui emprisonnent l'eau, provoquant une **acidification locale** et une **baisse du pH**. Ce processus accélère la corrosion interne des conduites, fragilise la structure de la fonte et réduit leur durabilité à long terme.



En résumé

Les principaux facteurs responsables de la détérioration des conduites en fonte sont les anomalies suivantes :





Passons maintenant aux solutions en explorant les pratiques adoptées à travers le monde

Après avoir identifié les principaux facteurs de détérioration des conduites en fonte, il est essentiel d'examiner **les meilleures pratiques pour lutter contre la corrosion interne et externe**. À l'échelle mondiale, plusieurs techniques se sont imposées pour limiter les effets néfastes de la corrosion et prolonger la durée de vie des infrastructures.

La corrosion externe : une problématique maîtrisée dans d'autres secteurs

La protection cathodique : une technologie de référence

Si l'on observe les secteurs technologiques utilisant des infrastructures similaires aux réseaux d'aqueduc – c'est-à-dire des conduites métalliques souterraines transportant des liquides sous pression –, **l'industrie pétrolière et gazière** apparaît comme un modèle de référence. Quelles stratégies ces industries ont-elles adoptées pour lutter contre la corrosion externe de leurs pipelines ?

La solution la plus répandue est **la protection cathodique**, une technique qui permet de prévenir

la corrosion en contrôlant les réactions électrochimiques au sein des matériaux.

Bien que son principe ait été découvert dès **1824 à Londres**, où il était utilisé pour préserver les coques de navires, c'est dans les années **1930** que la protection cathodique a commencé à être appliquée aux pipelines transportant du pétrole et du gaz en Amérique du Nord. À l'origine, elle reposait sur l'emploi **d'anodes sacrificielles**, qui libéraient des électrons pour protéger les conduites.

Depuis **les années 1990**, une solution plus efficace et plus économique s'est imposée : **la protection cathodique par courant imposé**. Cette technologie, aujourd'hui largement utilisée pour la préservation des infrastructures en fonte, permet un contrôle plus précis et une protection optimisée des conduites souterraines.

Une adoption croissante pour le contrôle pour la corrosion externe

Au Québec, plusieurs municipalités, telles que **Bécancour, Matane, Repentigny et Rivière-du-Loup**, ont déjà adopté la protection cathodique pour protéger leurs réseaux d'aqueduc. Grâce à cette approche, elles ont pu **réduire les fuites, minimiser les coûts de maintenance et prolonger la durée de vie de leurs infrastructures**.

Selon les spécificités des réseaux et des sols, deux méthodes de protection cathodique peuvent être mises en œuvre :

- **L'utilisation d'anodes sacrificielles**, qui protègent les conduites en se dégradant à leur place.

- **Le courant imposé**, qui offre un contrôle actif et durable de la corrosion.

Ces solutions permettent de lutter efficacement contre plusieurs phénomènes corrosifs, notamment :

- **Les courants vagabonds**
- **La nature agressive du sol**
- **La corrosion galvanique**

L'intégration de la protection cathodique dans la gestion des réseaux d'aqueduc représente donc **une avancée majeure pour assurer la durabilité des infrastructures et optimiser leur performance**.



Plan de protection cathodique par courant imposé par Techno Protection

La corrosion interne des conduites en fonte: un défi maîtrisable

L'analyse de la corrosion interne des conduites en fonte met en évidence deux anomalies majeures:

- **L'agressivité de l'eau**, qui accélère la détérioration des parois internes.
- **L'accumulation de tubercules**, des dépôts d'oxyde de fer qui favorisent la corrosion et altèrent les performances hydrauliques.

Une approche éprouvée aux États-Unis

Pour mieux comprendre comment gérer la corrosion de l'eau, il est utile d'examiner les pratiques en vigueur dans des pays aux infrastructures similaires. Aux **États-Unis**, l'**Environmental Protection Agency (EPA)** a mis en place, dès 1991, la *Lead and Copper Rule*, une réglementation qui touche **67 000 réseaux d'aqueduc** et une population de 300 millions de personnes.

Son objectif: **réduire la dissolution des métaux lourds** (plomb et cuivre) en imposant l'ajout **d'inhibiteurs de corrosion** dans les réseaux alimentés par des eaux de surface (lacs, rivières, etc.).

Des villes comme **Chicago, Boston, Washington et Philadelphie** appliquent déjà cette approche, protégeant ainsi leurs infrastructures tout en améliorant la qualité de l'eau distribuée à leurs habitants.

Une solution efficace: le mélange orthophosphate-zinc

Selon les experts en traitement de l'eau, l'**association d'orthophosphate et de zinc** est l'une des méthodes les plus efficaces pour limiter la corrosion interne. Ce mélange forme une couche protectrice sur les parois des conduites, réduisant la dissolution des métaux et prolongeant la durée de vie des infrastructures.



Plusieurs auteurs ont signalé que l'orthophosphate réduisait les concentrations de fer (Benjamin et coll., 1996; Lytle et Snoeyink, 2002; Sarin et coll., 2003), les taux de corrosion du fer (Benjamin et coll., 1996; Cordonnier, 1997) et la fréquence des épisodes d'eau rouge (Shull, 1980; Cordonnier, 1997). Les inhibiteurs à base de phosphate, en particulier l'orthophosphate, peuvent également réduire les populations de bactéries hétérotrophes évaluées par numération sur plaque ainsi que le nombre de coliformes dans les réseaux de distribution en fonte en réduisant la corrosion.
— Document de conseils sur le contrôle de la corrosion dans les réseaux de distributions d'eau potable, Gouvernement du Canada

L'application au Québec

Au Québec, environ **15% de la population** bénéficie déjà de cette technologie. Des villes comme **Victoriaville, Trois-Rivières, Saint-Jean-sur-Richelieu et Bois-des-Filion**, ainsi qu'une trentaine d'autres municipalités, ont intégré **les inhibiteurs de corrosion** à leur traitement d'eau afin de **limiter la corrosion, améliorer la qualité de l'eau potable et préserver leurs réseaux d'aqueduc**.

Un investissement rentable et performant

L'utilisation des inhibiteurs de corrosion présente **de nombreux avantages** :

- **Diminution de la corrosivité de l'eau**, réduisant l'usure des conduites.
- **Prévention des problèmes de coloration** liés à la dissolution des métaux.
- **Optimisation de l'efficacité des traitements désinfectants**, améliorant ainsi la qualité de l'eau distribuée.

Cette solution, **peu coûteuse mais extrêmement efficace**, permet aux municipalités d'assurer **une meilleure pérennité des infrastructures**, tout en garantissant une eau potable de haute qualité à leurs citoyens.



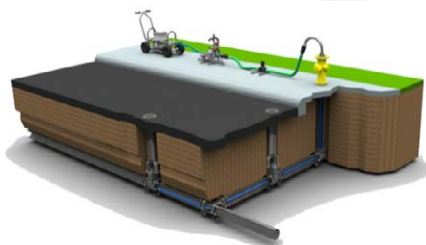
Nettoyage des conduites: une innovation qui révolutionne l'entretien des réseaux!

Les gestionnaires de réseaux disposent désormais d'une solution novatrice pour l'entretien des conduites d'eau. Développée principalement au Québec, cette technique révolutionnaire permet d'éliminer les tubercules sans excavation. Grâce aux poteaux d'incendie comme points d'accès, elle utilise des buses et des boyaux spéciaux capables d'atteindre jusqu'à 150 mètres de chaque côté du poteau d'incendie, garantissant ainsi un nettoyage efficace de presque tout le réseau sans travaux invasifs.

Fonctionnant à basse pression hydraulique, cette méthode élimine plus de 95 % des nodules fixés aux parois internes des conduites. Elle représente la solution la plus économique et performante pour :

- **Améliorer les débits disponibles** et rendre conformes les débits incendies.
- **Éliminer la coloration** de l'eau causée par l'accumulation des nodules.
- **Optimiser la qualité de l'eau**, en rendant le travail des désinfectants plus efficace.
- **Réduire les coûts de pompage**, grâce à une baisse des pressions statiques tout en maintenant le même volume d'eau dans les différents secteurs de la ville.
- **Diminuer la corrosion interne** en éliminant les tubercules responsables de sa formation.

Une avancée majeure pour la gestion et la pérennité des infrastructures d'eau potable !



Avant



Après

Tableau comparatif des débits et des pressions dynamiques après nettoyage

Poteaux d'incendie	Débit à 20PSI en l/m Avant	Débit à 20PSI en l/m Après	Pression dynamique PSI Avant	Pression dynamique PSI Après
PI-01	3475	3802	30	41
PI-02	3407	4644	30	43
PI-03	2036	4377	20	42
PI-04	1743	4092	18	43
PI-05	1685	5445	15	51
PI-06	1464	2928	12	29

Maximiser la durabilité des conduites d'aqueduc: Une approche intégrée et rentable

Comprendre l'état des infrastructures et les causes de leur dégradation

Depuis plusieurs décennies, le sous-financement des infrastructures d'eau potable a entraîné une détérioration progressive des conduites d'aqueduc en fonte. Ce manque d'investissement a amplifié les problématiques liées à la **corrosion interne et externe**, causant une réduction des débits, une dégradation de la qualité de l'eau et une augmentation des risques de colmatage.

Toutefois, il est important de noter que **l'état structurel des conduites en fonte demeure excellent**. Les données démontrent une **fiabilité structurelle de 99 %**, indiquant que la grande majorité des conduites en place peuvent être restaurées et optimisées sans nécessiter de remplacement.

Un enjeu financier : les limites des techniques de réhabilitation sans tranchée

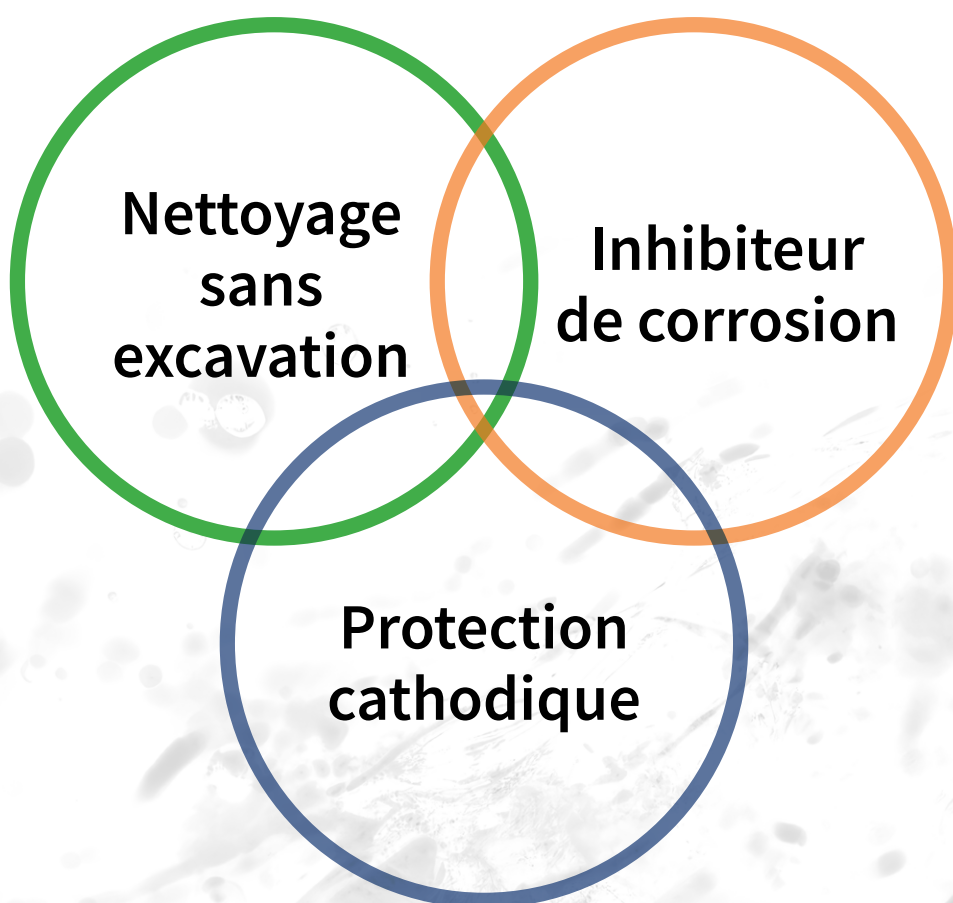
Actuellement, certaines solutions de réhabilitation sans tranchée existent, comme le **chemisage (CIPP)**, **l'éclatement de conduite (bursting)** et la **réhabilitation par projection**. Bien que ces techniques soient efficaces dans des conditions spécifiques, elles demeurent extrêmement coûteuses sur une grande échelle et ne sont pas nécessaires pour la majorité des conduites en fonte.

Plutôt que d'investir massivement dans ces technologies onéreuses, il est possible d'optimiser le réseau existant grâce à une approche plus **économique, durable et adaptée à la réalité des municipalités**.

Trois techniques complémentaires pour éliminer la corrosion et restaurer la performance du réseau

Face à ces enjeux, une approche intégrée basée sur trois solutions permet de prolonger la durée de vie des infrastructures existantes et de corriger efficacement les effets de la corrosion :

1. **La protection cathodique** : Protège les conduites contre la corrosion externe en neutralisant les attaques électrochimiques du sol, les courants vagabonds et la corrosion galvanique.
2. **Les inhibiteurs de corrosion** : Réduisent la corrosion interne et empêchent la formation de dépôts nuisibles et en contrôlant la corrosivité de l'eau.
3. **Le nettoyage des conduites sans excavation** : Élimine efficacement les tubercules et les dépôts accumulés, restaurant ainsi la capacité hydraulique sans nécessiter de travaux invasifs.



Que se passe-t-il en combinant ces trois techniques ?

L'application simultanée du nettoyage sans excavation, des inhibiteurs de corrosion et de la protection cathodique permet d'adopter une stratégie à la fois préventive et corrective, offrant une alternative plus économique et durable que les réhabilitations sans tranchée.

Principaux avantages de cette approche intégrée

- **Optimisation des débits et conformité aux normes incendie :**
rétablissement de la pleine capacité hydraulique et amélioration des débits disponibles.
- **Préservation et prolongation de la durée de vie des conduites :**
réduction drastique de la corrosion interne et externe, permettant à la fonte de rester structurellement intacte pendant plusieurs décennies.
- **Rétablissement durable de la qualité de l'eau :** élimination des tubercules, suppression de l'eau colorée et amélioration de l'efficacité des désinfectants.
- **Réduction majeure des coûts d'entretien et d'exploitation :** diminution des bris, fuites et interventions d'urgence.
- **Rattrapage du sous-financement :** amélioration immédiate du réseau à coûts maîtrisés, sans attendre de budgets massifs pour un remplacement complet.
- **Impact positif sur l'ensemble du réseau :** adressage direct des causes de la dégradation, et non seulement de ses conséquences.

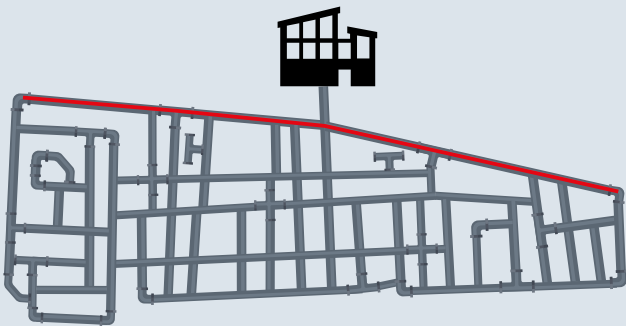
Un exemple concret

Au lieu de remplacer **2 000 m** de conduites pour **2,5 M\$**, ce budget pourrait optimiser **14 000 m** de réseau. Cette stratégie permet de :

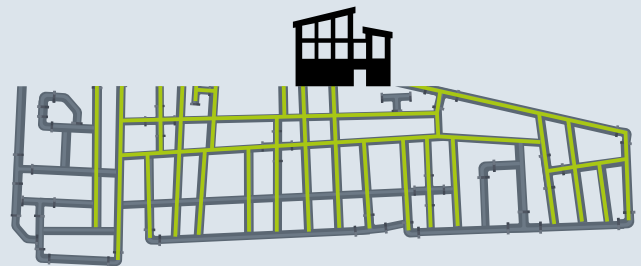
- Stopper la corrosion interne et externe
- Éliminer l'eau colorée et les dépôts
- Restaurer les débits incendie
- Préserver l'intégrité structurelle
- Réduire les pertes de charge et améliorer les coefficients Hazen-Williams
- Minimiser la dissolution du plomb et du cuivre
- Réduire les coûts de pompage et l'empreinte environnementale
- Assurer jusqu'à 50 ans de protection externe grâce à la protection cathodique

Pourquoi se limiter à 2 000 mètres quand vous pouvez en optimiser 14 000 ?

**Remplacer 2,000 mètres
coûte 2,500,000 \$**



**Optimiser 14,000 mètres
coûte 2,500,000 \$**



Plan d'action pragmatique pour les municipalités : vers une gestion intégrée des infrastructures

Afin de réussir la transition vers une approche intégrée de la gestion des infrastructures, les municipalités peuvent suivre un plan en **quatre étapes clés** :

1. Identification des conduites critiques

Objectif : Repérer les conduites les plus vulnérables à la corrosion afin de cibler les interventions prioritaires.

Actions :

- **Localiser les conduites en fonte grise et en fonte ductile installées avant 1975** à l'aide des plans d'archives, SIG (systèmes d'information géographique), et relevés de terrain.
- **Évaluer leur état** à l'aide de données d'inspection (fuites, bris, historiques d'entretien).

2. Optimisation chimique de l'eau avec inhibiteurs de corrosion

Objectif : Adapter le traitement de l'eau pour réduire son agressivité et prolonger la durée de vie des conduites.

Actions :

- **Caractériser la qualité de l'eau** distribuée dans les zones à risque (pH, alcalinité, dureté, température, etc.).
- **Déterminer l'indice de Langelier** pour évaluer si l'eau est corrosive, incrustante ou équilibrée.
- **Formuler un inhibiteur de corrosion personnalisé**, selon la composition de l'eau et les matériaux du réseau. Collaborer avec un laboratoire ou fournisseur spécialisé.

3. Planification du nettoyage des conduites

Objectif : Éliminer les dépôts, biofilms et sédiments accumulés afin de restaurer les performances du réseau.

Actions :

- **Élaborer un plan de nettoyage structuré**, semblable à un **cahier de route pour le rinçage unidirectionnel**, qui indique :
 - Séquence de nettoyage
 - Points de départ et d'arrivée
 - Débit cible
 - Durée des opérations
- **Identifier les équipements requis sur le terrain :**
 - **Poteaux d'incendie** pour l'accès des buses et boyaux
 - **Vannes du réseau de distribution** pour isoler les tronçons à nettoyer
 - **Entrées de service :** pour empêcher l'infiltration de dépôts dans la plomberie des résidents

4. Planification de la protection cathodique

Objectif : Protéger les conduites métalliques contre la corrosion par courant imposé.

Actions :

- **Concevoir un plan de protection cathodique** incluant la portée du système, les matériaux à utiliser et la durée de vie prévue.
- **Vérifier la continuité électrochimique** des conduites métalliques, car une discontinuité compromettrait l'efficacité du système.
- **Identifier les emplacements optimaux pour les redresseurs de courant** (zones accessibles, sécurisées, proches des conduites à protéger).

Conclusion

Une solution pragmatique pour un réseau durable

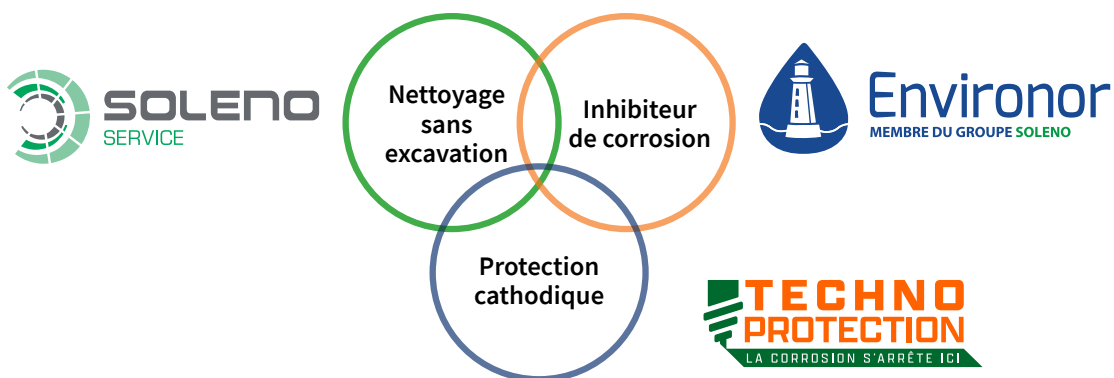
Face à l'ampleur du sous-financement, au vieillissement accéléré des conduites en fonte, et aux exigences réglementaires croissantes, les gestionnaires de réseaux doivent repenser leurs stratégies. Ce livre blanc propose une approche structurée, éprouvée et économiquement viable fondée sur la combinaison de trois techniques complémentaires.

En misant sur le nettoyage sans excavation, les inhibiteurs de corrosion et la protection cathodique, il est possible de restaurer la capacité hydraulique, de prolonger la durée de vie des conduites et de protéger la qualité de l'eau — sans recourir à des travaux coûteux et invasifs. Pour le même budget qu'un seul kilomètre de remplacement, jusqu'à **sept kilomètres** de réseau peuvent être optimisés.

Et surtout, en stoppant la corrosion **interne et externe, c'est comme si l'on arrêta le temps** : la fonte cesse de s'affaiblir, la dégradation structurelle est maîtrisée, et le réseau retrouve sa stabilité pour les décennies à venir.

Une stratégie moderne, durable et prête à être déployée.

Les partenaires



Ce livre blanc s'appuie sur un ensemble de sources spécialisées et reconnues, dont :

Fiche technique :

Clow Canada – Fiche technique : tuyaux en fonte ductile, consultée en 2023

Site web :

DIPRA – Ductile Iron Pipe Research Association, consulté en mars 2025

PVCPIPE Association – Site web officiel, section "Technical Resources", consulté en mars 2025

France Environnement – Site Web officiel, consulté en mars 2025

Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation – Site web officiel, consulté en mars 2025

NPJ Clear Water – Site web officiel, consulté en mars 2025

Webcorr – The Corrosion Clinic, Site web officiel, consulté en avril 2025

Guide ou rapport téléchargeable :

CERIU – Guide technique pour prolonger l'intégrité des conduites en fonte, 2022

CERIU – Portrait des infrastructures en eau des municipalités du Québec (PIEMQ), édition 2023

Matergenics – Corrosion assessment and mitigation for ductile iron pipes, rapport technique, 2021

ResearchGate – Étude : "Corrosion behavior of cast iron in chlorinated water systems", Dr. X et al., 20

Réseau Environnement – L'économie d'eau potable dans les municipalités – Volume 1 Mars 2024

Santé Canada – Recommandation pour la qualité d'eau au Canada, juin 2019

www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/rapports-publications/qualite-eau

Communication personnelle ou documentation interne :

Soleno Service - Environor - Techno Protection - Aqua Data



Daniel Madore œuvre dans le domaine des aqueducs depuis 1986. Cofondateur d'Aqua Data et co-auteur du guide du CERIU sur les conduites en fonte, il a conseillé de nombreuses municipalités en Amérique du Nord. Spécialiste des techniques sans tranchée, il a développé une approche intégrée en combinant nettoyage, protection cathodique et inhibiteurs de corrosion pour prolonger la vie utile des réseaux en fonte.



Daniel Madore
CONSULTANT

T. 450.374.2520



dmadore@dmcexpert.com



dmcexpert.com