

Réseaux de distribution d'eau potable

Conception, auscultation et réhabilitation.

Professeur : Saad Bennis, ing., Ph.D.

Saad Bennis©

DÉFINITION DU VOCABLE: INFRASTRUCTURES

Ce terme réfère à toutes ces installations qui fournissent les services publics essentiels de transport, d'utilité (eau potable, eaux usées, énergie) télécommunications, collecte et disposition de déchets, sports, loisirs et habitation.

Les infrastructures comprennent:

CGT 2005

Le système de distribution d'eau

Le système d'égout sanitaire

Le système d'égout pluvial

La collecte des déchets solides

Les installations de transport

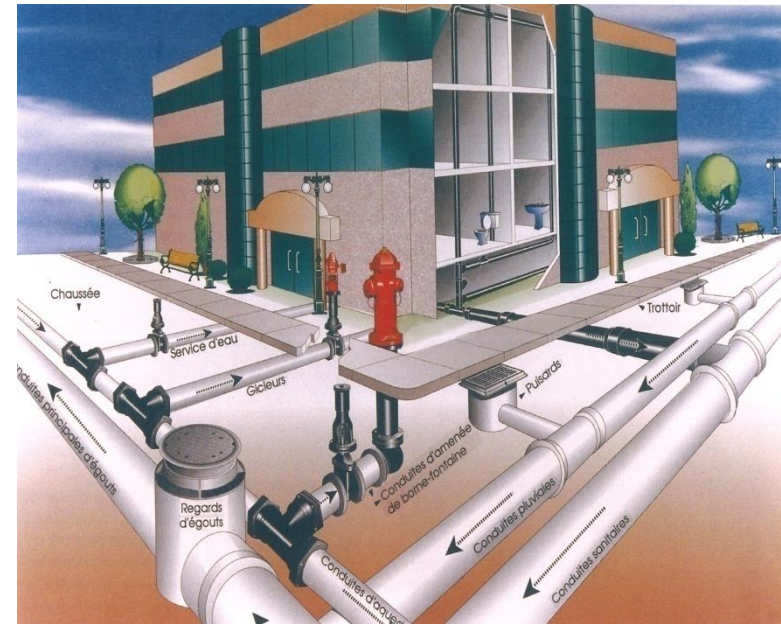
La production et la distribution
d'énergie

Les édifices publics

Les parcs et terrains de jeu

Les réseaux de communication

Les réseaux de cablo-distribution



Objectifs du cours

- Rappeler les méthodes de conception des aqueducs.
- Évaluer la performance hydraulique d'un réseau et connaître les moyens pour remédier au manque de pression ou de capacité.
- Identifier les sources affectant la qualité de l'eau et connaître les moyens pour y remédier.

Objectifs du cours

- Maîtriser les différentes méthodes et outils d'auscultation pour relever les défauts structuraux des conduites.
- Mener un programme complet de détection et de localisation des fuites.
- Appréhender le phénomène de la corrosion et connaître les différents moyens pour le freiner.
- Choisir les méthodes de réhabilitation structurale et hydraulique les plus appropriées.

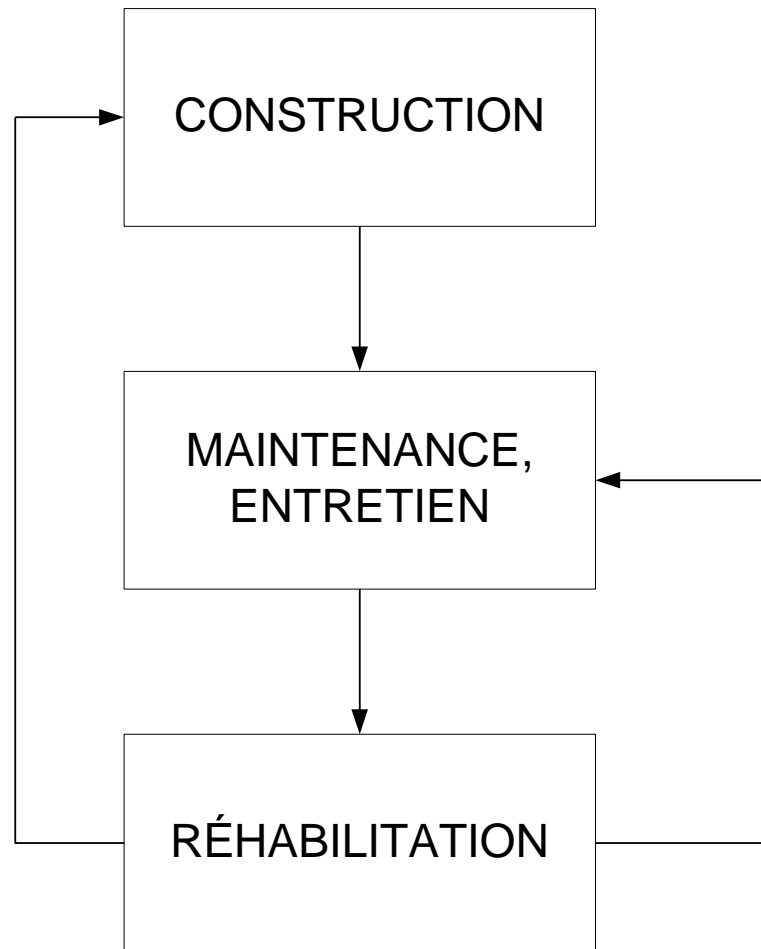
Matière du cours

- **Chapitre 1:** Introduction générale
- **Chapitre 2 :** Rappels sur les écoulements en charge
- **Chapitre 3:** Rappels sur la conception des aqueducs
- **Chapitre 4:** Diagnostic et réhabilitation hydraulique
- **Chapitre 5:** Contrôle des pertes dans les réseaux
- **Chapitre 6:** Corrosion et protection cathodique
- **Chapitre 7 :** Auscultation des conduites d'aqueduc
- **Chapitre 8:** Réhabilitation structurale des aqueducs

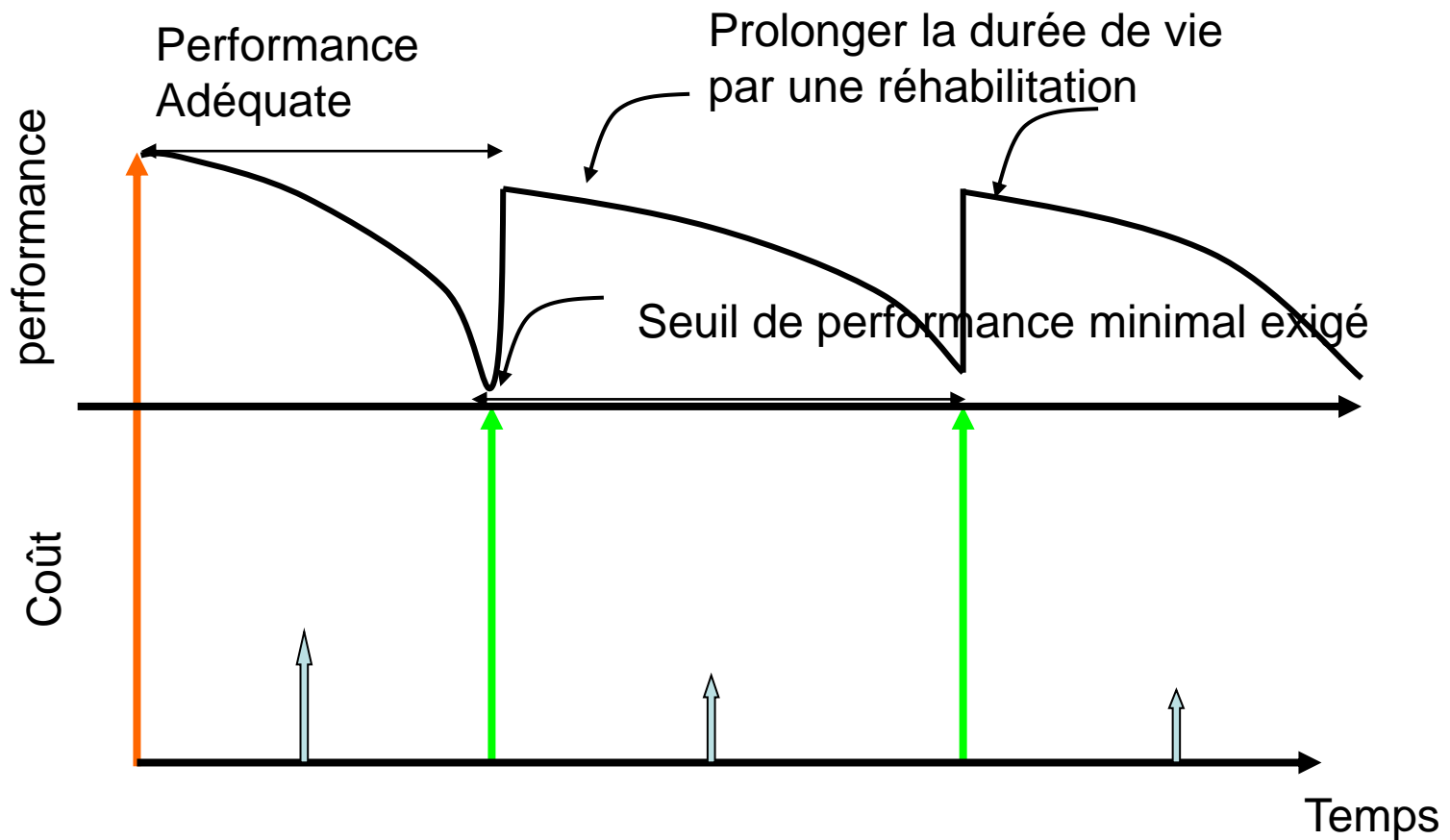
Chapitre 1 :Introduction

- Objectifs du cours
- Cycle de vie d'une infrastructure
- Inventaire des composantes
- Analyse du risque
- Coûts de la réhabilitation
- Conclusions

Cycle de vie d'une infrastructure



Évolution de la performance d'une infrastructure



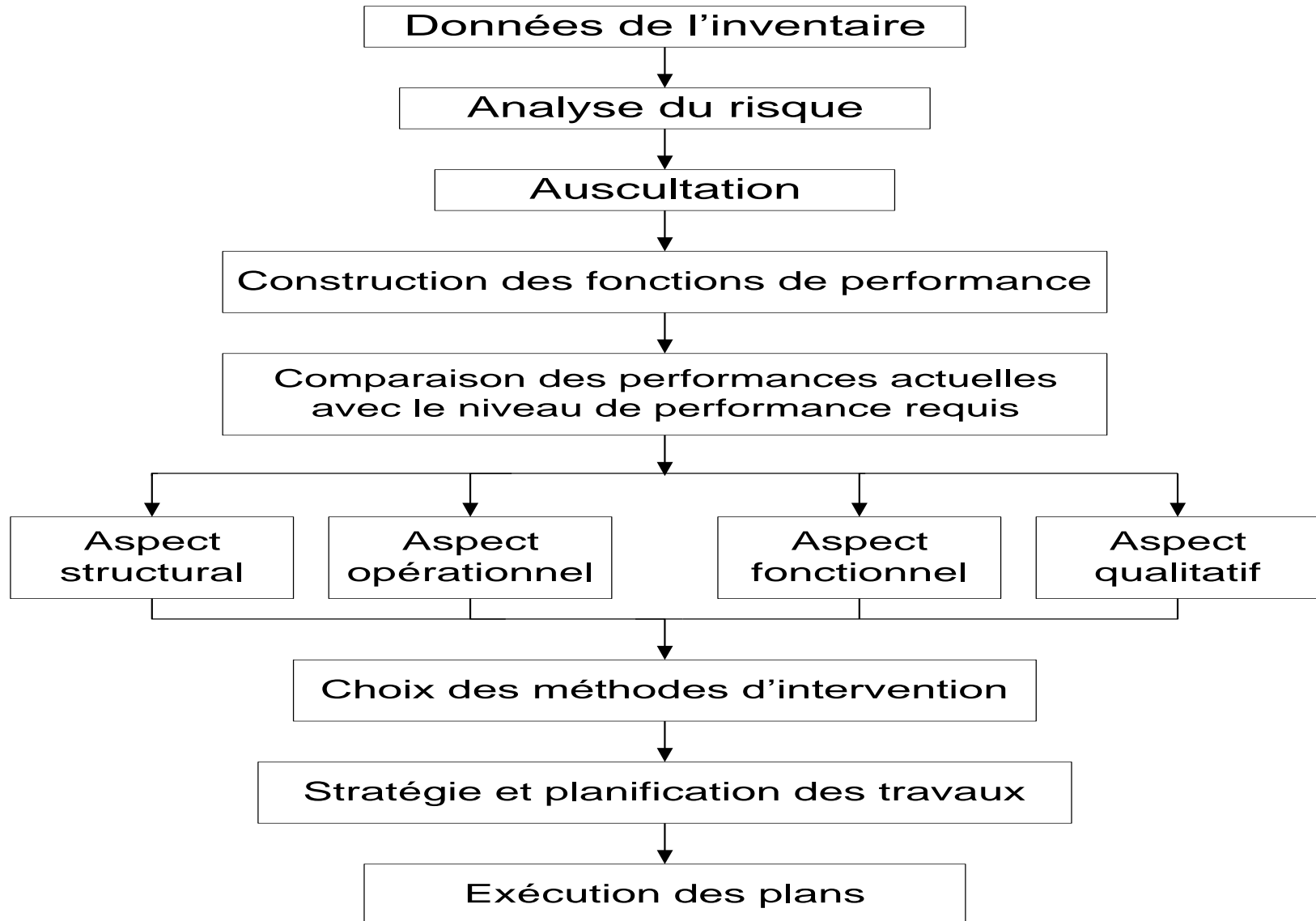
Gestion saine des infrastructures

- Qu'est-ce qu'on a et où cela se trouve t-il? **inventaire**
- Qu'elle est sa condition? **auscultation**
- Doit-on intervenir sur tel ou tel infra? **analyse de risque**
- Que doit-on faire? **priorisation**
- Quand doit-on le faire? **échancier**
- Combien ça va coûter? **plan financier**
- Comment va-t-on le financer? **plan d'affaire**
- Comment ce système peut-il être mis en place de façon durable? **Processus qualité**

Méthodologie générale d'intervention

- Inventaire
- Stratégie d'auscultation
- Auscultation
- Évaluation des performances
- Comparer les performances actuelles avec le niveau de service requis
- Établir le plan d'intervention (cinq ans)
- Choix des méthodes d'intervention
- Exécution des plans

Méthodologie de réhabilitation d'un réseau d'aqueduc



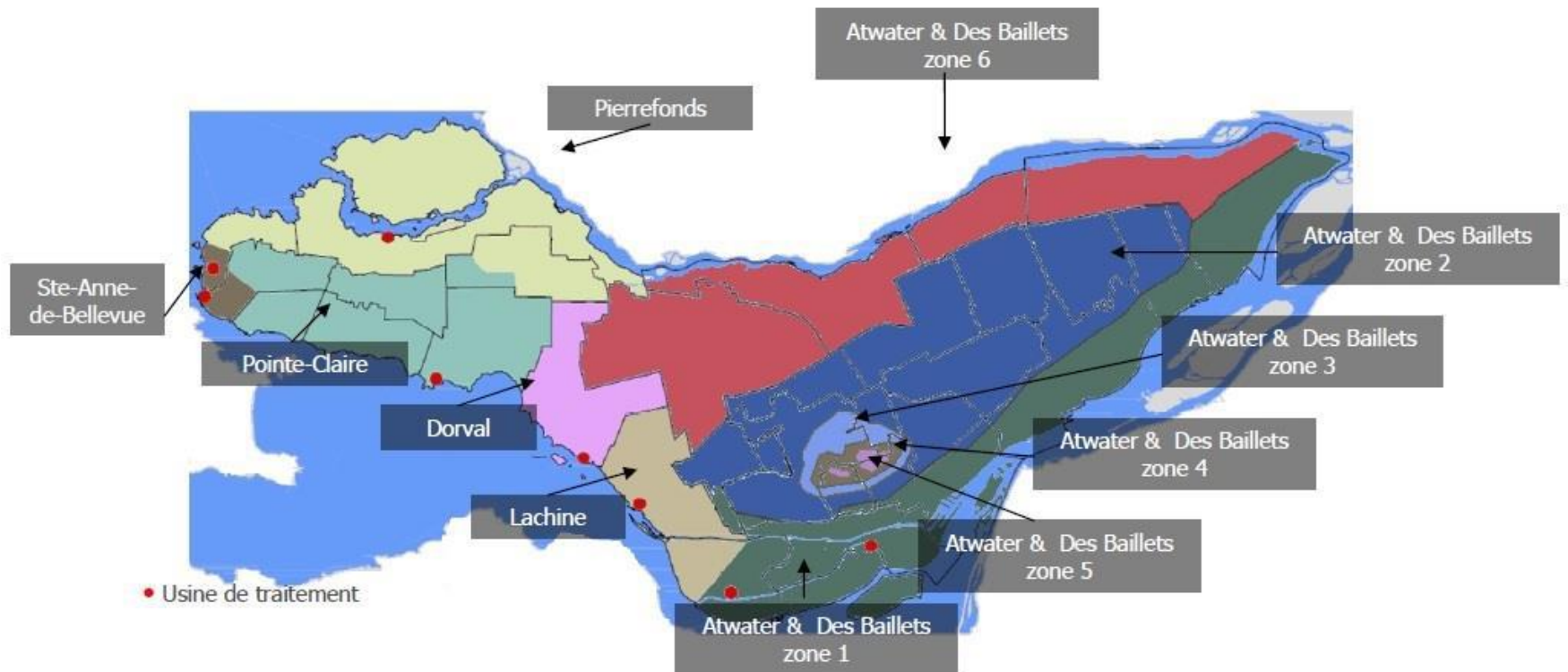
Composantes de l'inventaire d'un réseau d'aqueduc

- Les consommations
- Les sources d'approvisionnement
- Les usines de filtration
- Les stations de pompages
- Les réservoirs
- Les conduites d'amenée et de distribution
- Les vannes
- Les bouches d'incendie
- Les compteurs
- Les instruments de contrôle

Exemple du système de production et de distribution d'eau potable à Montréal

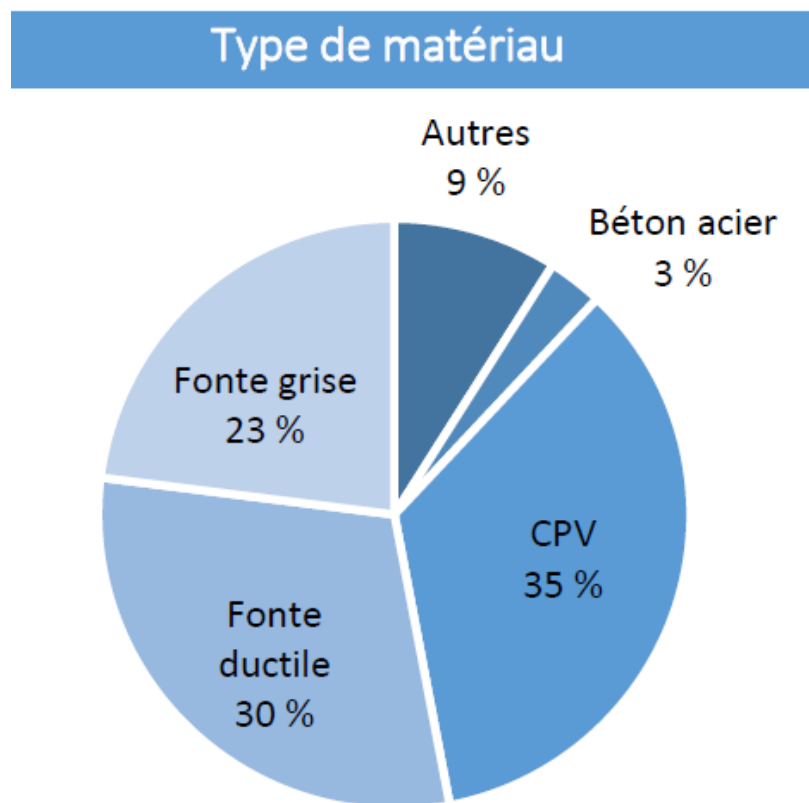
| | |
|--------------------------------------|----------------|
| Usines de production d'eau potable : | 7 usines |
| Conduites primaires : | 681 km |
| Conduites secondaires : | 4 557 km |
| TOTAL : | 5 238 km |
| | |
| Bornes-fontaines : | 29 200 unités |
| Vannes : | 41 900 unités |
| Compteurs d'eau : | 105 610 unités |
| Réservoirs en réseau : | 11 unités |
| Postes de chloration : | 8 unités |
| Postes de surpression : | 9 unités |
| Réducteurs de pression : | 40 unités |

Sources d'alimentation du territoire de la Ville de Montréal



Matériau des conduites d'aqueduc au Québec

(CERIU, 2019)

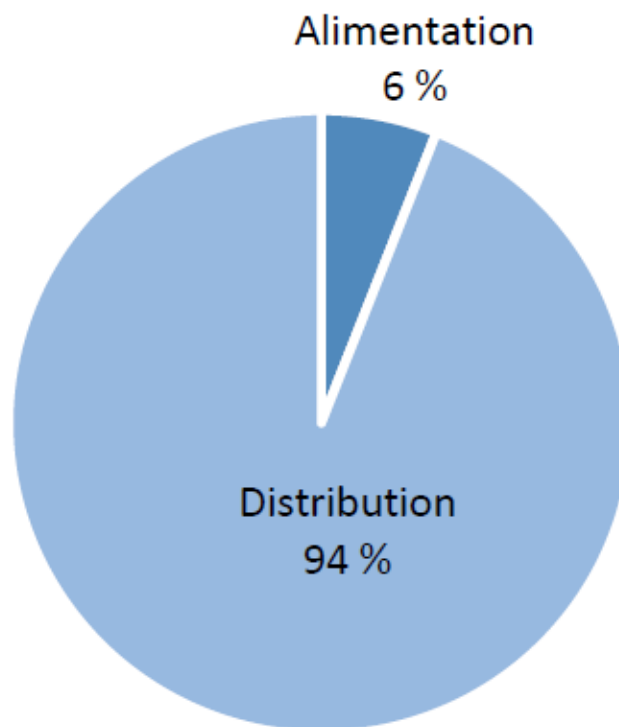


35 % des conduites sont en CPV

Types de conduites d'aqueduc au Québec

(CERIU, 2019)

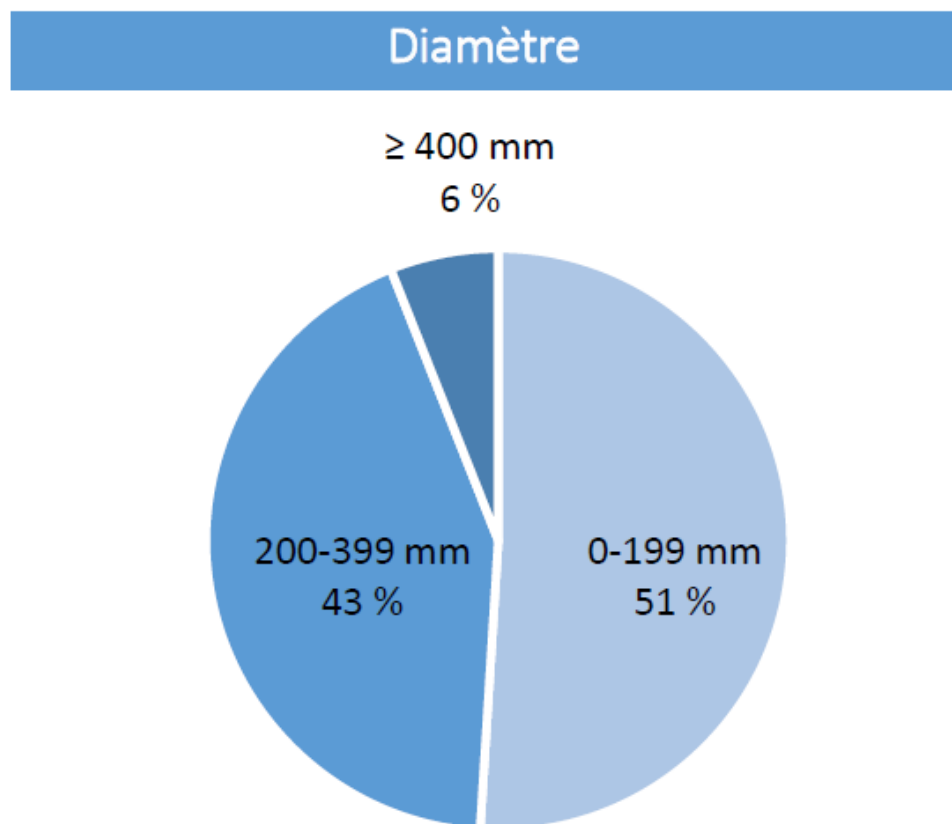
Type de conduite



94 % de conduites de distribution

Diamètre des conduites d'eau potable au Québec

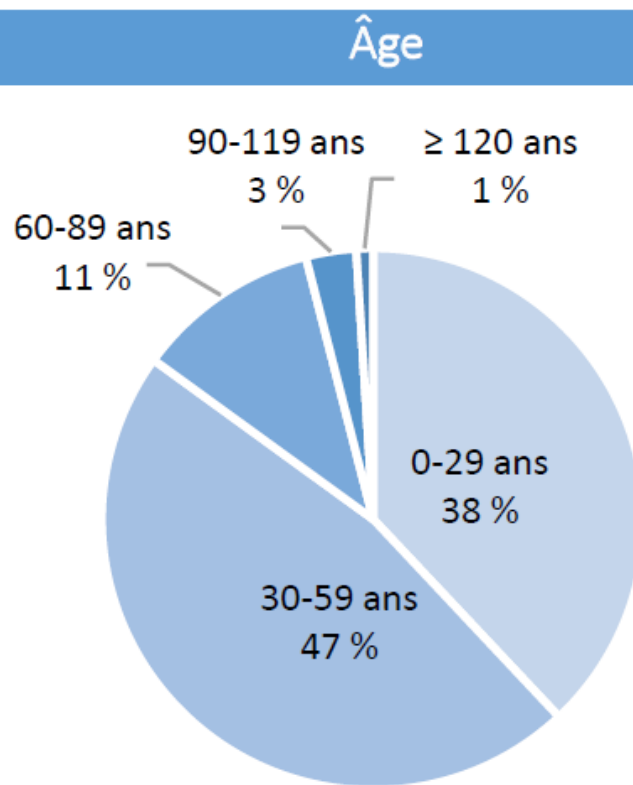
(CERIU, 2019)



94 % de conduites avec un diamètre < 400 mm

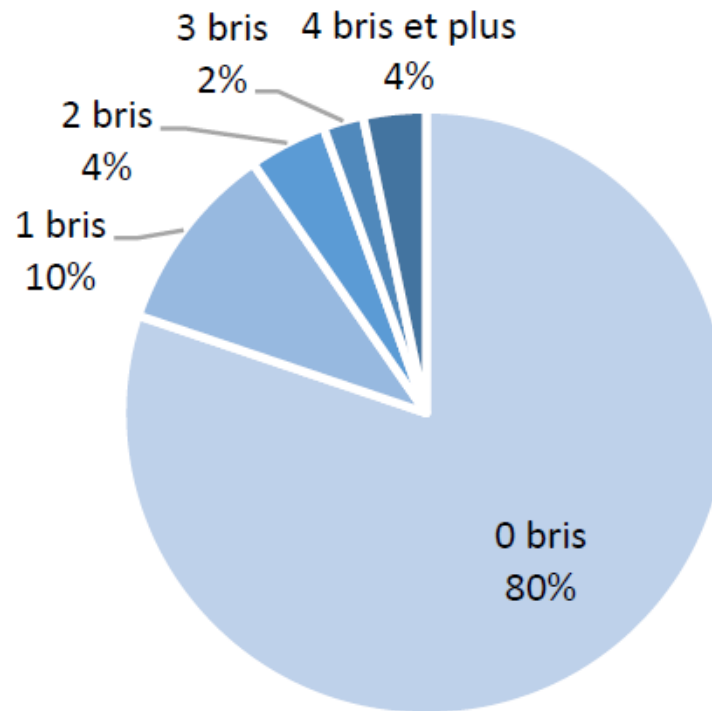
Âge des conduites d'aqueduc au Québec

(CERIU, 2019)



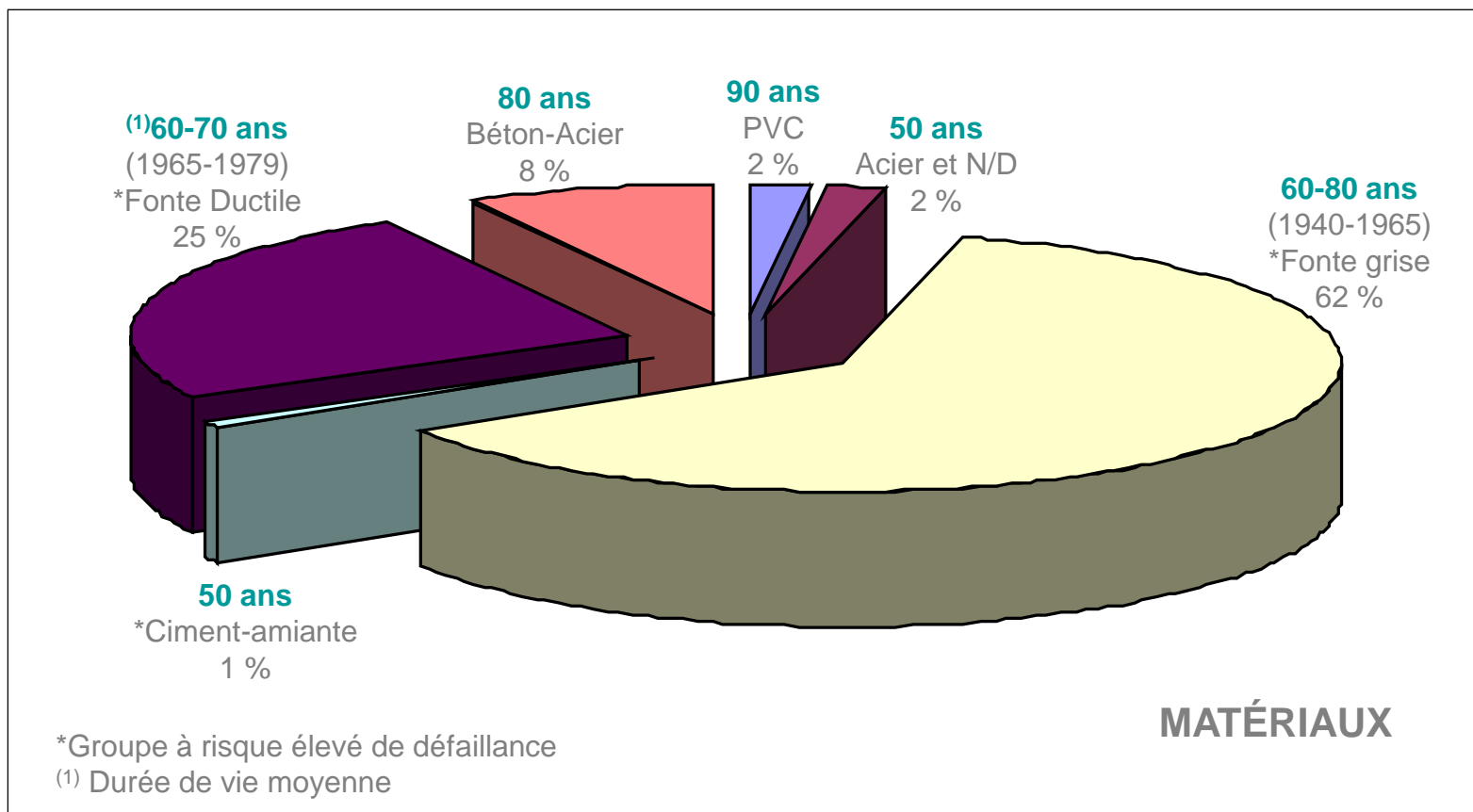
Âge moyen de 39 ans

Nombre de bris enregistrés au Québec (CERIU, 2019)

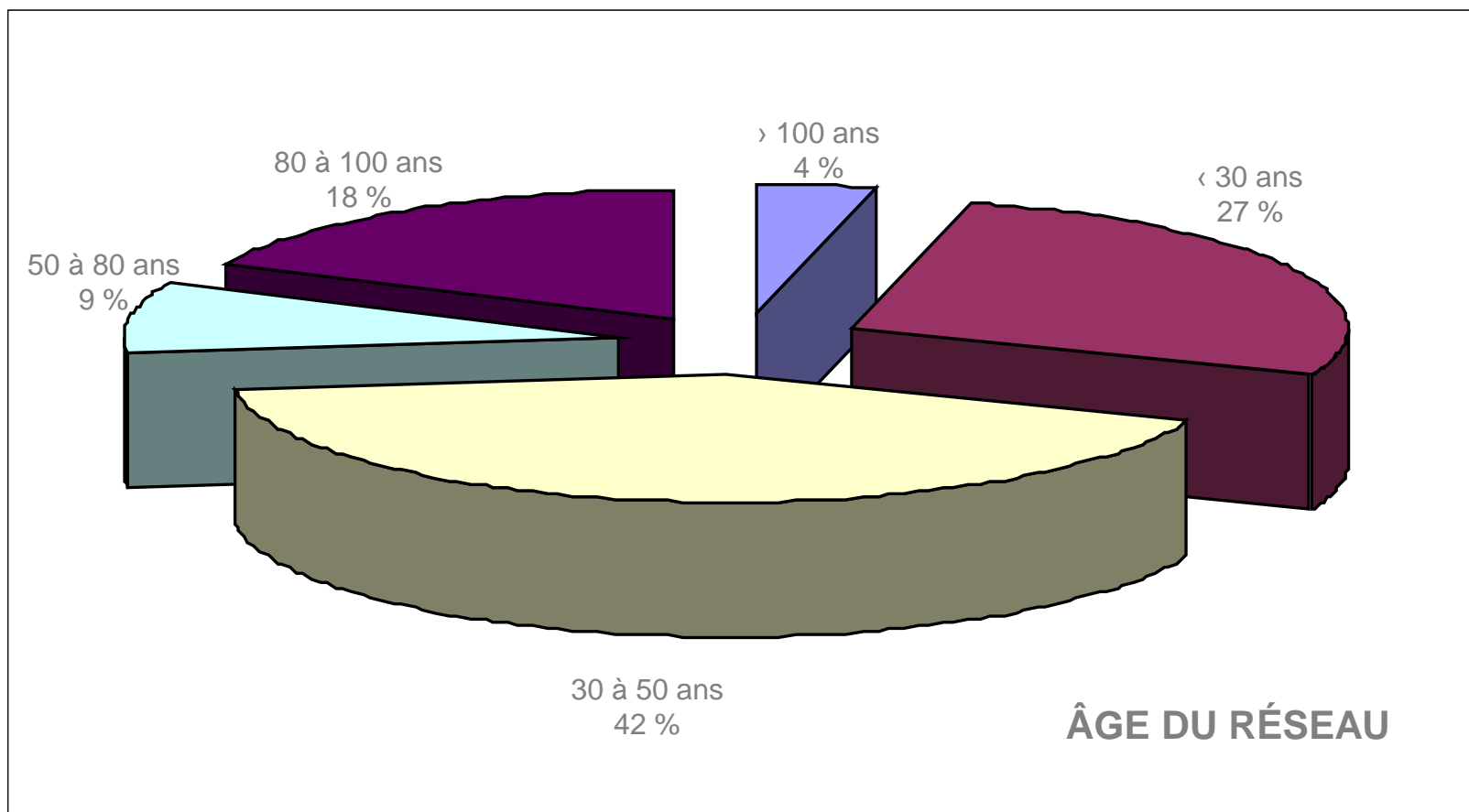


Aucun bris enregistré sur 80 % de la longueur du réseau

Matériau du réseau d'aqueduc à Montréal (CGT 2005)



Âge du réseau d'aqueduc à Montréal (CGT 2005)



Matériaux de conduites les plus répandues au Canada

| Matériau de tuyauterie | Gamme de diamètres | Période de pose | Norme CSA | Norme AWWA | Manuel de l'AWWA |
|-----------------------------------|---------------------------|------------------------|------------------|----------------------|-------------------------|
| Fonte coulée en fosse | 75 à 1 500 mm | 1850 à 1940 | - | C100 ¹ | - |
| Fonte centrifugée | 75 à 1 500 mm | 1930 à 1960 | - | C100 ¹ | - |
| Fonte ductile | 75 à 1 600 mm | Depuis les années 60 | - | C151 | M41 |
| Acier | > 150 mm | Depuis 1850 | Z245.1 | C200 | M11 |
| Chlorure de polyvinyle (CPV) | 100 à 1 200 mm | Depuis les années 70 | B137.3 | C900/905 | M23 |
| Polyéthylène haute densité (PEHD) | 100 à 1 575 mm | Depuis les années 80 | B137.1 | C906 | - |
| Amiante-ciment (AC) | 100 à 1 050 mm | 1930 à 1980 | - | C400 | - |
| Tuyau sous pression en béton | 250 à 3 660 mm | Depuis les années 40 | - | C300/301/ 302/303 | M9 |

¹ Le tuyau en fonte conforme à la norme britannique est aussi souvent utilisé au Canada.

Composition des tuyaux des réseaux d'eau au Canada

| Matériaux | Pourcentage |
|----------------|-------------|
| Fonte grise | 52,0 |
| Fonte ductile | 21,5 |
| Béton | 3,3 |
| Acier | 1,6 |
| PVC | 11,1 |
| Ciment-amiante | 10,4 |

Tirée de : Évaluation de l'état des infrastructures municipales.

Âge des tuyaux au Canada

| Âge (années) | Pourcentage |
|--------------|-------------|
| 0-10 | 14,4 |
| 11-30 | 32,5 |
| 30-50 | 25,2 |
| 50-75 | 14,0 |
| > 75 | 12,2 |
| inconnu | 1,7 |

Tirée de : Évaluation de l'état des infrastructures municipales.

Indice d'état par type d'INFRA

(CERIU, 2019)

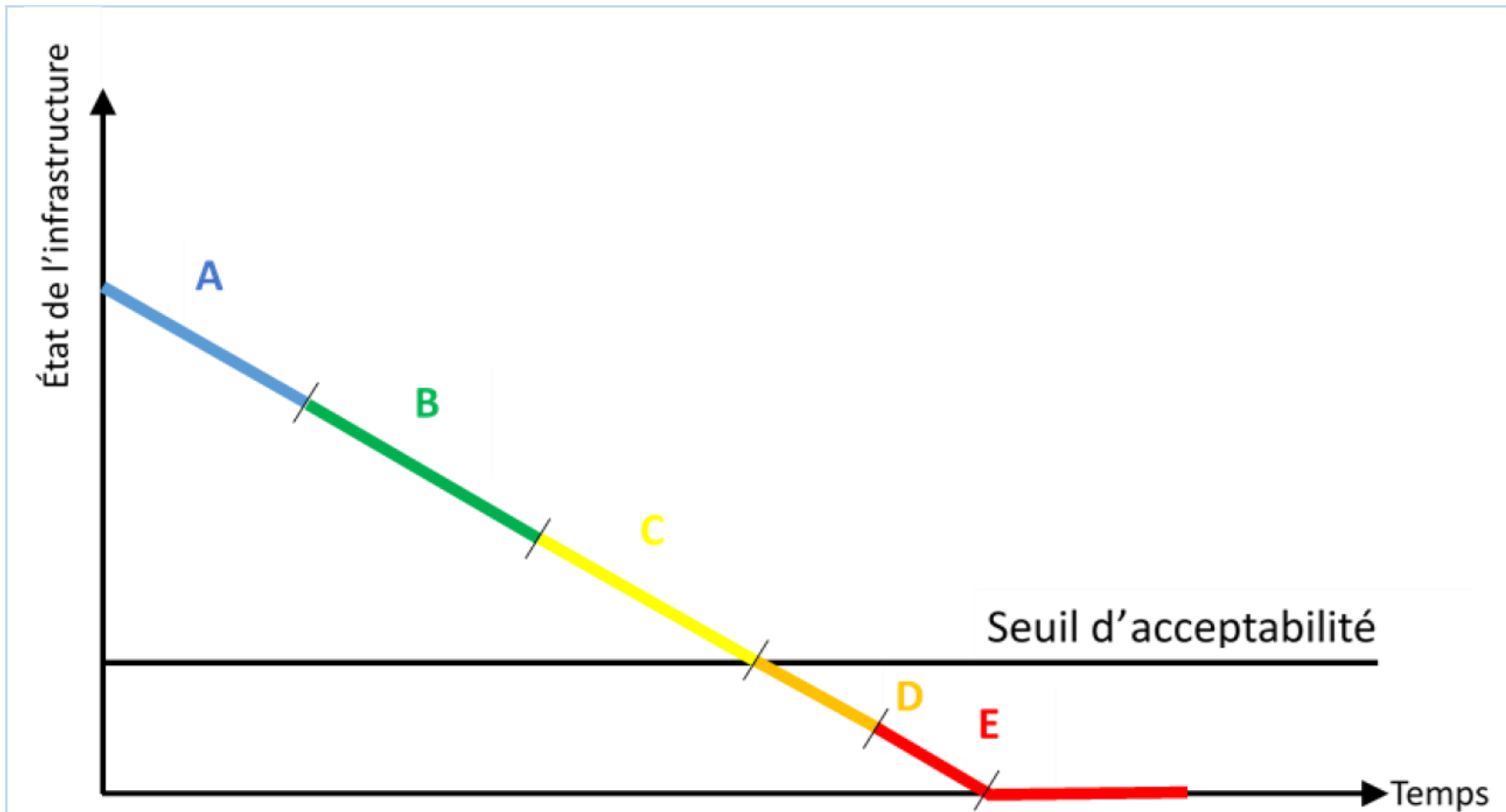
| Indice | Cote | Réseau d'eau potable ¹⁰ | | | Réseaux d'eaux usées et pluviales | Chaussées au-dessus des réseaux | Immobilisations ponctuelles | |
|--------|--------|------------------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | | Taux réseau (bris/km/an) | Niveau segment | | Cote PACP structurale | PCI | % DVR | Risque de défaillance |
| | | | Nombre de bris | Durée de vie écoulée (%) | | | | |
| A | 80-100 | 0,0-0,1 | 0-1 | 0-20 | 1 | 80-100 | 80-100 | Très faible |
| B | 60-80 | 0,1-0,2 | 1-2 | 20-50 | 2 | 60-80 | 60-80 | Faible |
| C | 40-60 | 0,2-0,3 | 2-3 | 50-90 | 3 | 40-60 | 40-60 | Modéré |
| D | 20-40 | 0,3-0,4 | 3-4 | 90 et plus | 4 | 20-40 | 20-40 | Élevé |
| E | 0-20 | 0,4 et + | 4 et + | Sans objet | 5 | 0-20 | 0-20 | Très élevé |

Échelle d'évaluation de l'état des actifs

(CERIU, 2019)

| Indice | État | Intervalle | Description ⁶ |
|--------|--------------|--------------|--|
| A | Très bon | 80 % - 100 % | État adapté pour l'avenir Actifs habituellement récents ou remis à neuf |
| B | Bon | 60 % - 80 % | État adéquat pour le moment Actifs dont l'état est satisfaisant. Présentent un risque faible de défaillance lié à l'âge ou à l'état |
| C | Acceptable | 40 % - 60 % | Suivi nécessaire Actifs qui montrent des signes de détérioration. Présentent un risque modéré de défaillance lié à l'âge ou à l'état |
| D | Mauvais | 20 % - 40 % | Risque accru de nuire au service Actifs dont l'état est proche de la fin de la durée de vie utile. Présentent un risque élevé de défaillance lié à l'âge ou à l'état |
| E | Très mauvais | 0 % - 20 % | État inadapté pour un usage soutenu Actifs dont l'état est proche ou a dépassé la fin de la durée de vie utile. Présentent un risque très élevé de défaillance lié à l'âge ou à l'état |

Évolution de l'indice d'état d'une infrastructure (CERIU, 2019)



Coût de remplacement des actifs du Québec

(CERIU, 2019)

| Infrastructures | Cote moyenne (%) | Valeur de remplacement des actifs | | |
|--|------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| | 2019 | Total des actifs | Actifs en C | Actifs en D/E |
| Réseau d'eau potable | 68 % (B) | 40,5 milliards \$ | 13,7 milliards \$ | 4,7 milliards \$ |
| Réseau d'eaux usées | 77 % (B) | 48,3 milliards \$ | 4,1 milliards \$ | 5,1 milliards \$ |
| Réseau d'eaux pluviales | 82 % (A) | 23,3 milliards \$ | 0,7 milliard \$ | 0,9 milliard \$ |
| Chaussées au-dessus des réseaux | 46 % (C) | 43,4 milliards \$ | 8,4 milliards \$ | 18,0 milliards \$ |
| Immobilisations ponctuelles en eau potable | 51 % (C) | 11,5 milliards \$ | 2,0 milliards \$ | 3,4 milliards \$ |
| Immobilisations ponctuelles en eaux usées/ pluviales | 52 % (C) | 12,6 milliards \$ | 4,3 milliards \$ | 2,9 milliards \$ |
| Total | - | 179,6 milliards \$ | 33,2 milliards \$ | 35,0 milliards \$ |

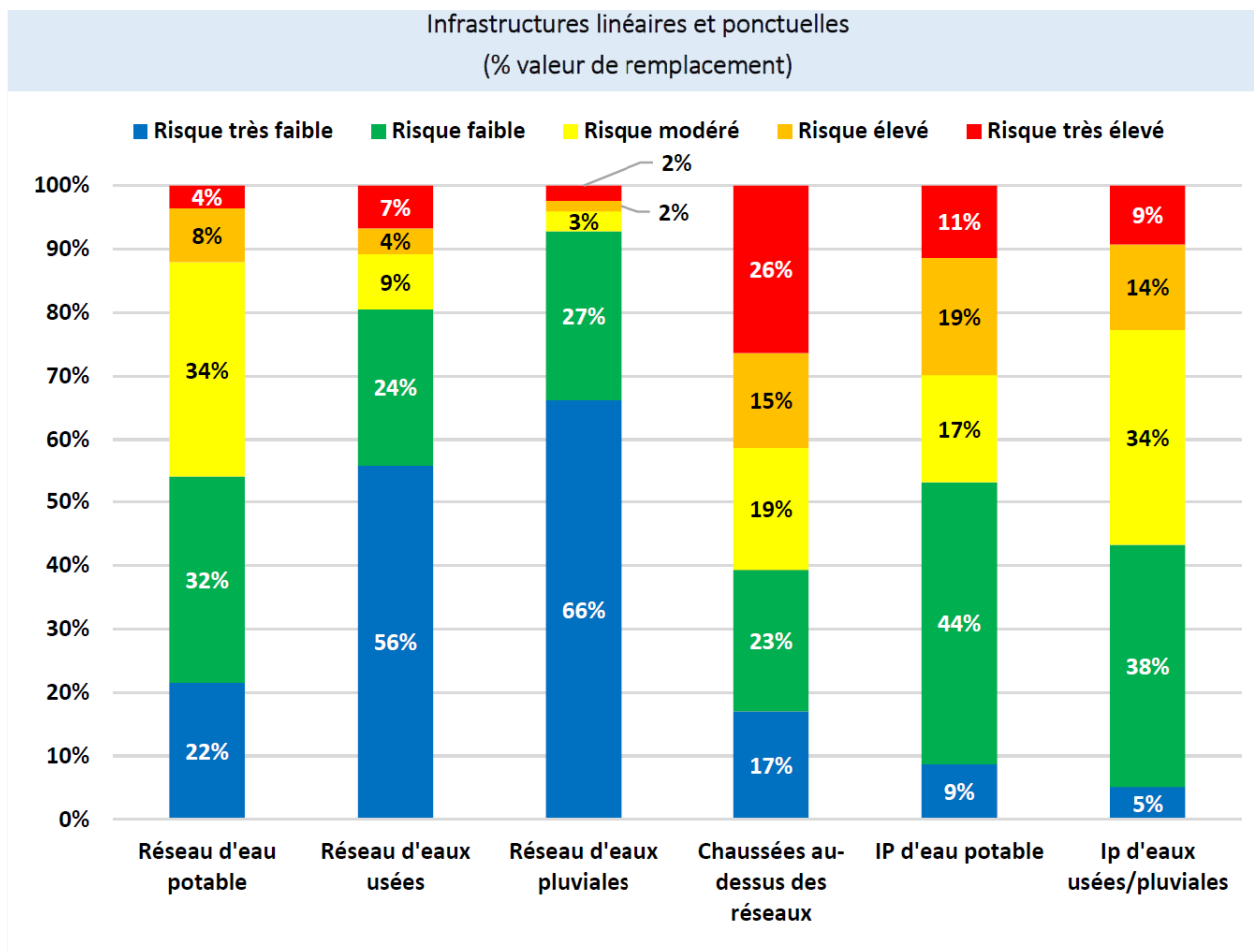
E: Risque de défaillance très élevé

C: Risque de défaillance modéré

D: Risque de défaillance élevé

État des infrastructures linéaires et ponctuelles

(en % de la valeur de remplacement)



RÉSISTANCE DES CONDUITES EN FONTE SELON L'ÉPOQUE EN PS

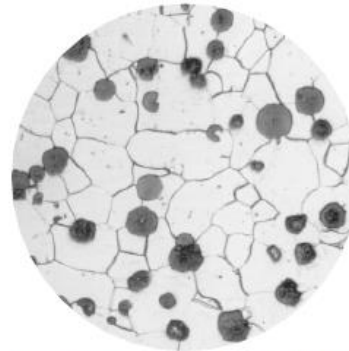
| CLASSE | ANNEE D'UTILISATION | RÉSISTANCE À L'ÉCLATEMENT | MODULE DE RUPTURE | RÉSISTANCE À LA TRACTION |
|-----------------------|------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Coulée horizontale | avant 1850 | ? | ? | ? |
| Coulée centrifuge | 1930-1950 | 18 000 | 40 000 | 35 000 |
| | 1950-1960 | 21 000 | 45 000 | 35 000 |
| Fonte ductile | depuis 1960 | 42 000 | 72 000 | 60 000 |

Propriétés mécaniques de la fonte ductile

American Ductile Iron Pipe



Photomicrograph showing graphite form in gray iron.



Photomicrograph showing graphite form in ductile iron.

AMERICAN Ductile Iron-Grade 60-42-10

Minimum Physical Properties

AWWA C151

These properties are verified by tensile samples taken from the wall of the pipe.

| | |
|------------------------|------------|
| Tensile Strength | 60,000 psi |
| Yield Strength | 42,000 psi |
| Elongation | 10 percent |

Données opérationnelles préliminaires (aqueduc)

- Débits de consommation
- Historique des Bris: Archives de la municipalité
- Historiques des problèmes hydrauliques: plaintes
- Historique des problèmes de qualité de l'eau: plaintes
- Coûts de pompage et de traitement

Historique des réparations

- Adresse
- Date d'intervention (heure, jour,mois,année)
- Type de bris(circulaire, longitudinal,...)
- Diamètre de la conduite
- Matériau
- Profondeur de la conduite
- Date de construction initiale
- Type de sol

Synthèse des données d'exploitation

- Tendances et patrons des bris
- Taux de bris selon les matériaux
- Taux de bris selon les sols
- Taux de bris selon les diamètres

Éléments du risque

- Différents risques associés à l'inaction:
 - Détérioration du service
 - Détérioration du patrimoine
 - Augmentation des coûts d'entretien et de réhabilitation
 - Impacts financiers et légaux
 - Impacts sociaux et politiques

Analyse de risque

- Niveau de tolérance du risque chez le public et les responsables
- Coûts associés à chaque niveau de service potentiel: Analyse coût-bénéfice
- Moyens financiers et disposition à payer des citoyens

Coûts en jeu

- Coûts directs
- Coûts indirects
- Coûts sociaux