

# 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

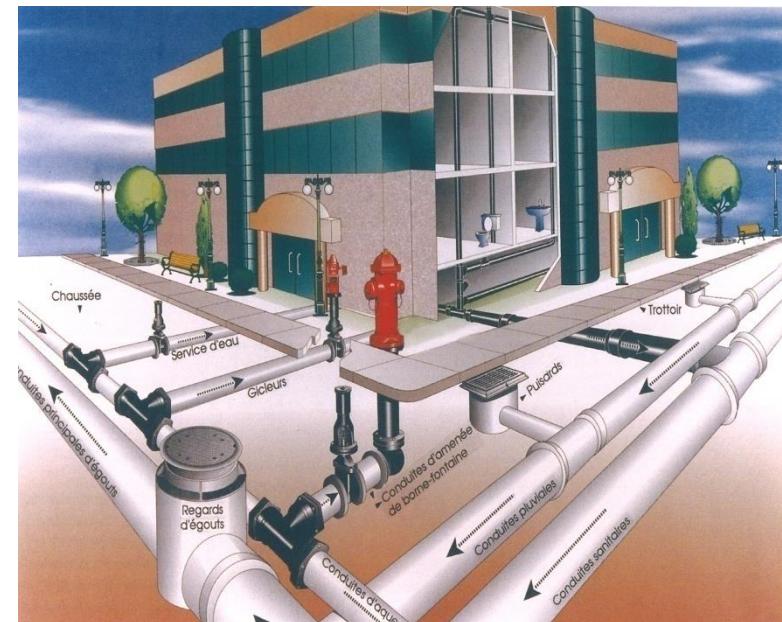
La production et la distribution  
d 'énergie

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.

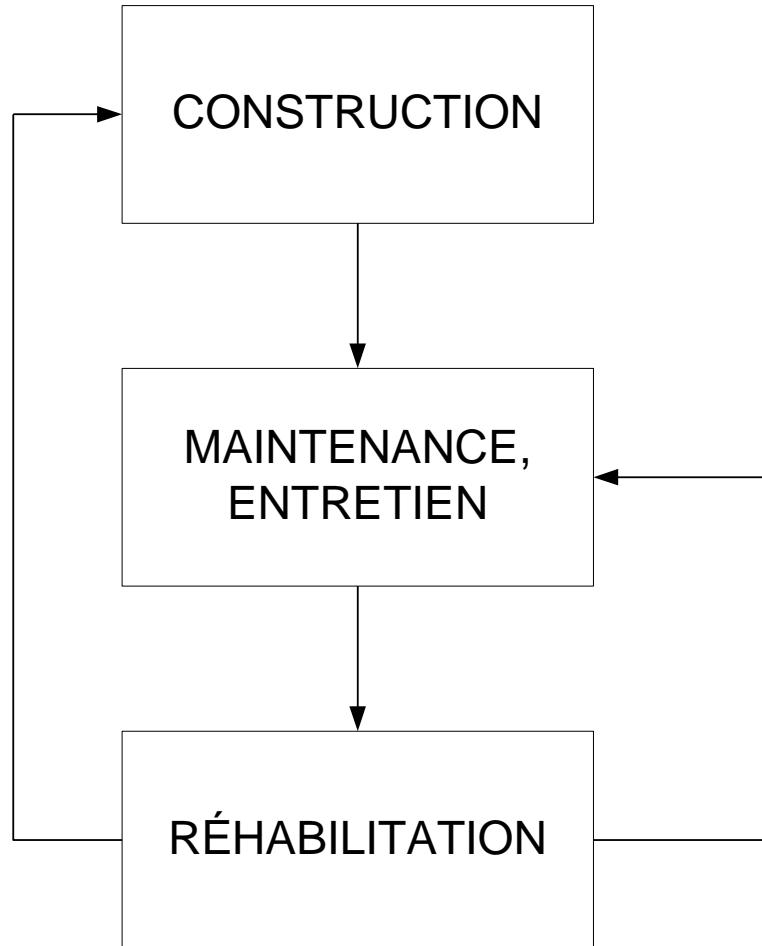
# Matière du cours

- **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

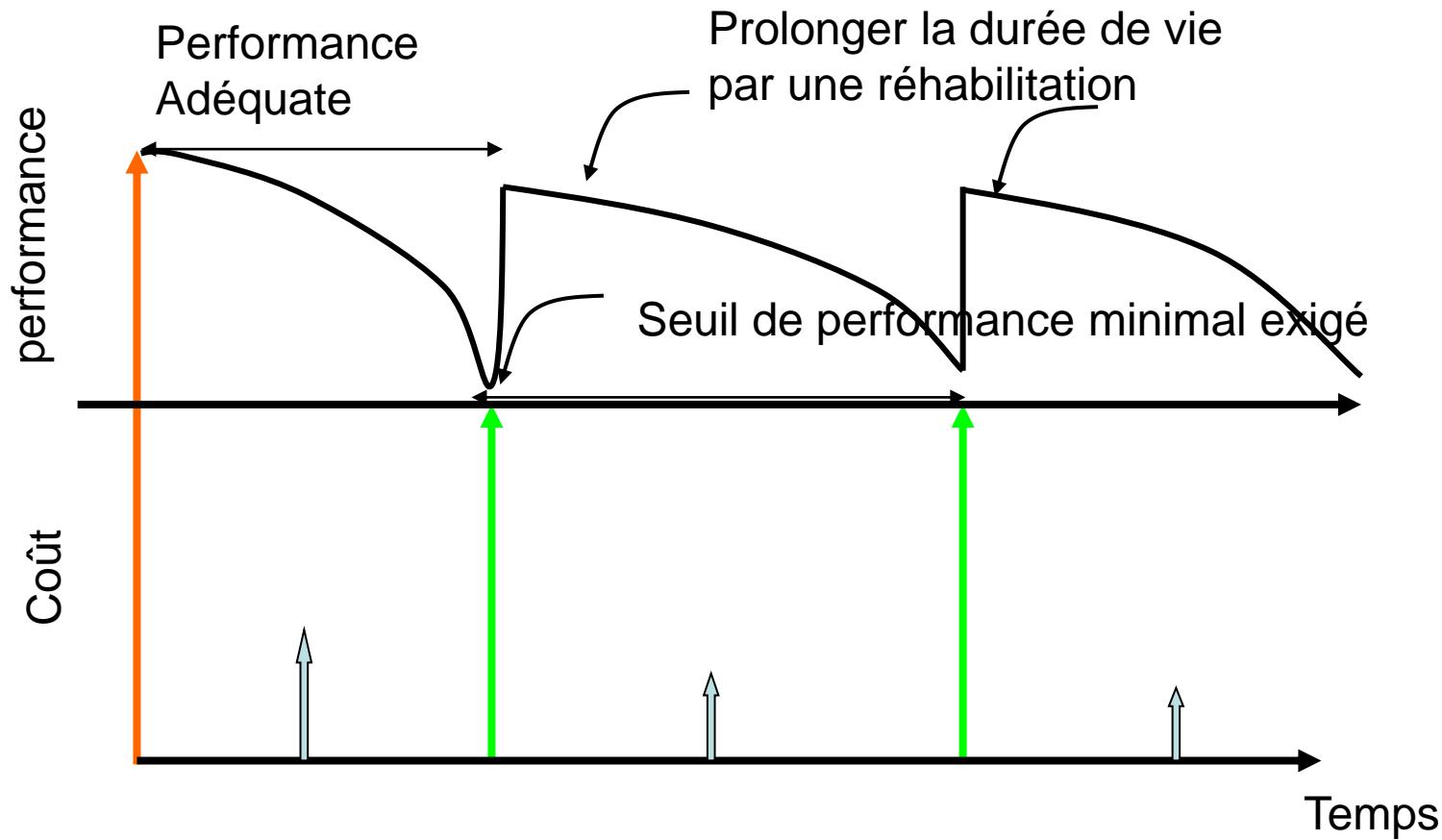
# Chapitre 1 :Introduction

- 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



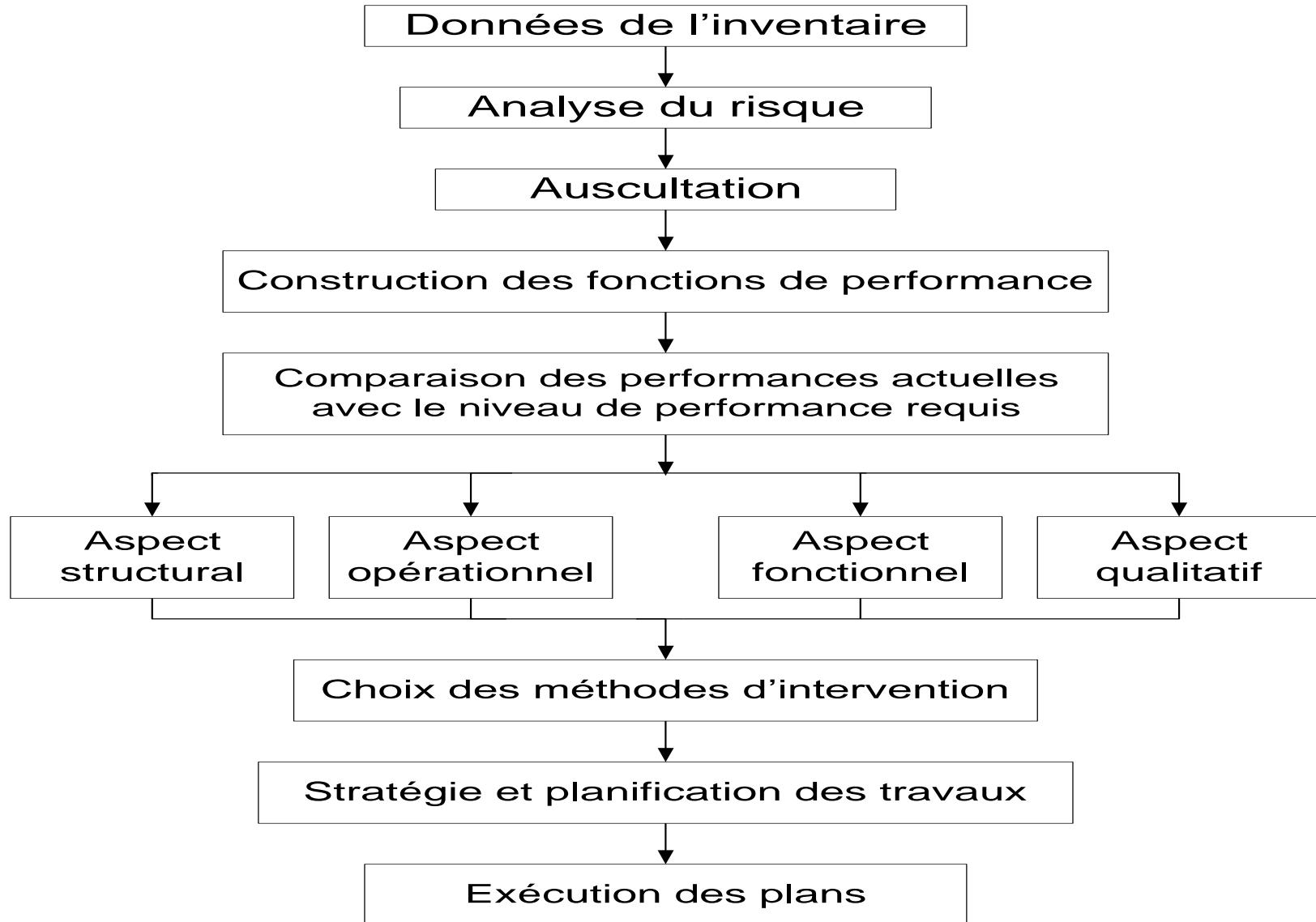
# Gestion saine des infrastructures

- 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? **échéancier**
- 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

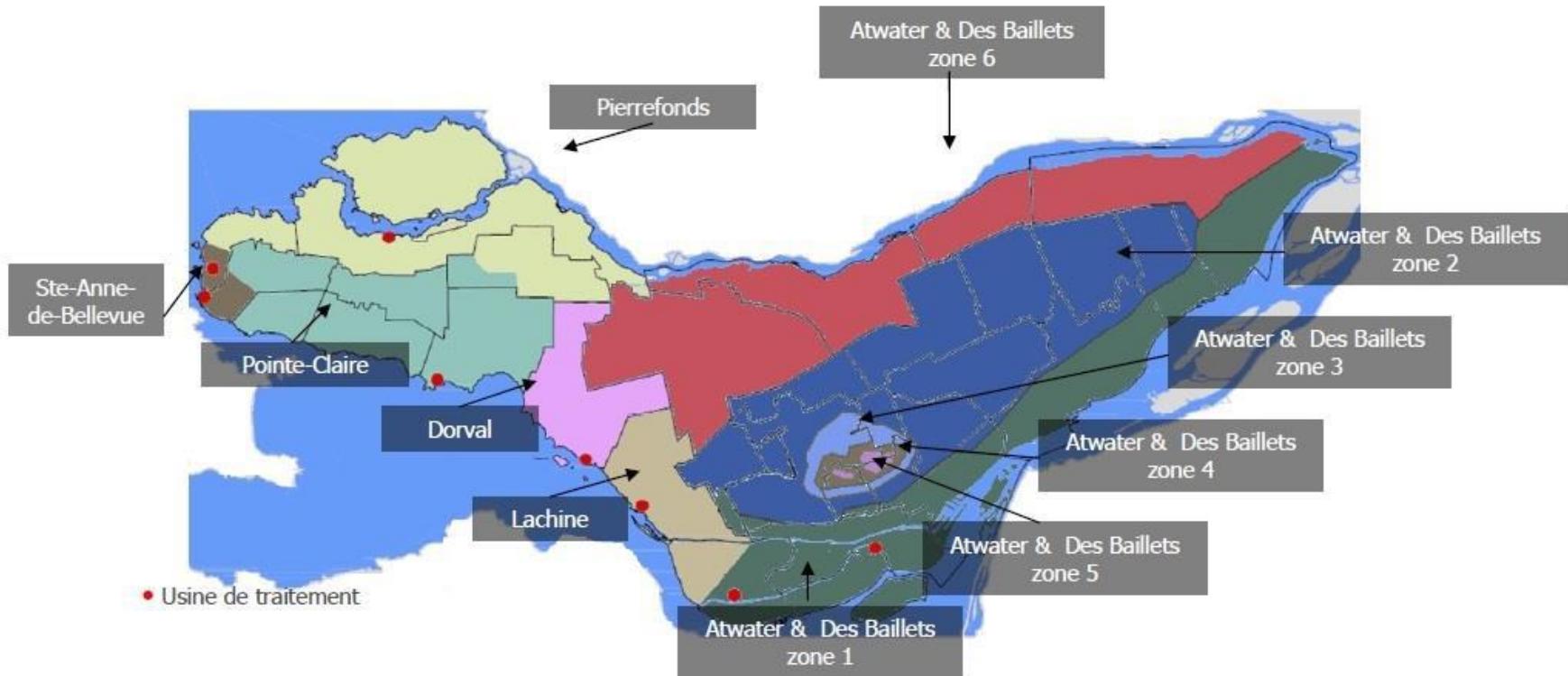
Réservoirs en réseau : 11 unités

Postes de chloration : 8 unités

Postes de surpression : 9 unités

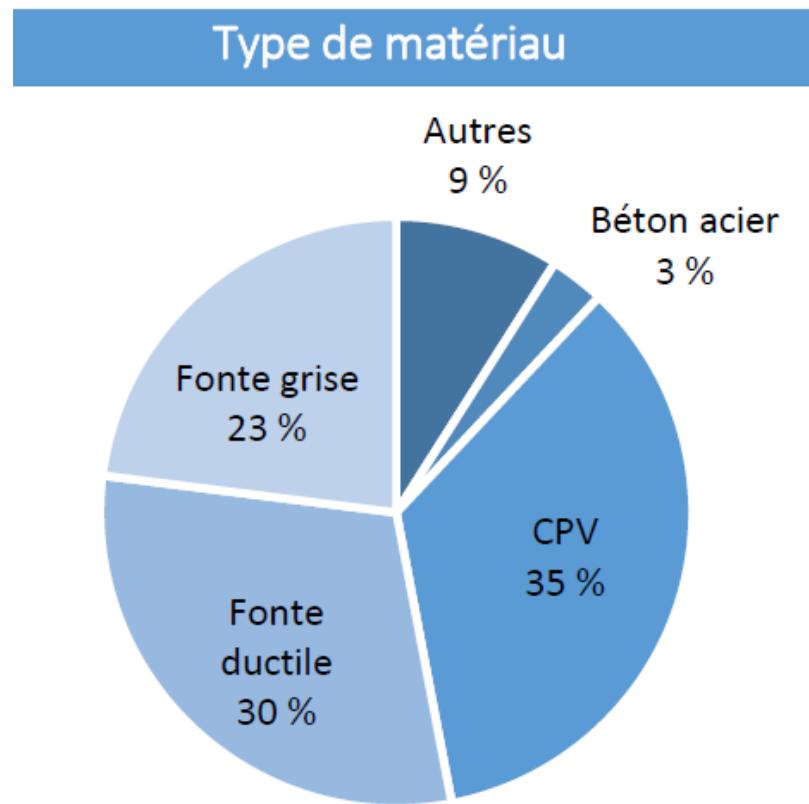
Réducteurs de pression : 40 unités

# Sources d'alimentation du territoire de la Ville de Montréal



# Matériau des conduites d'aqueduc au Québec

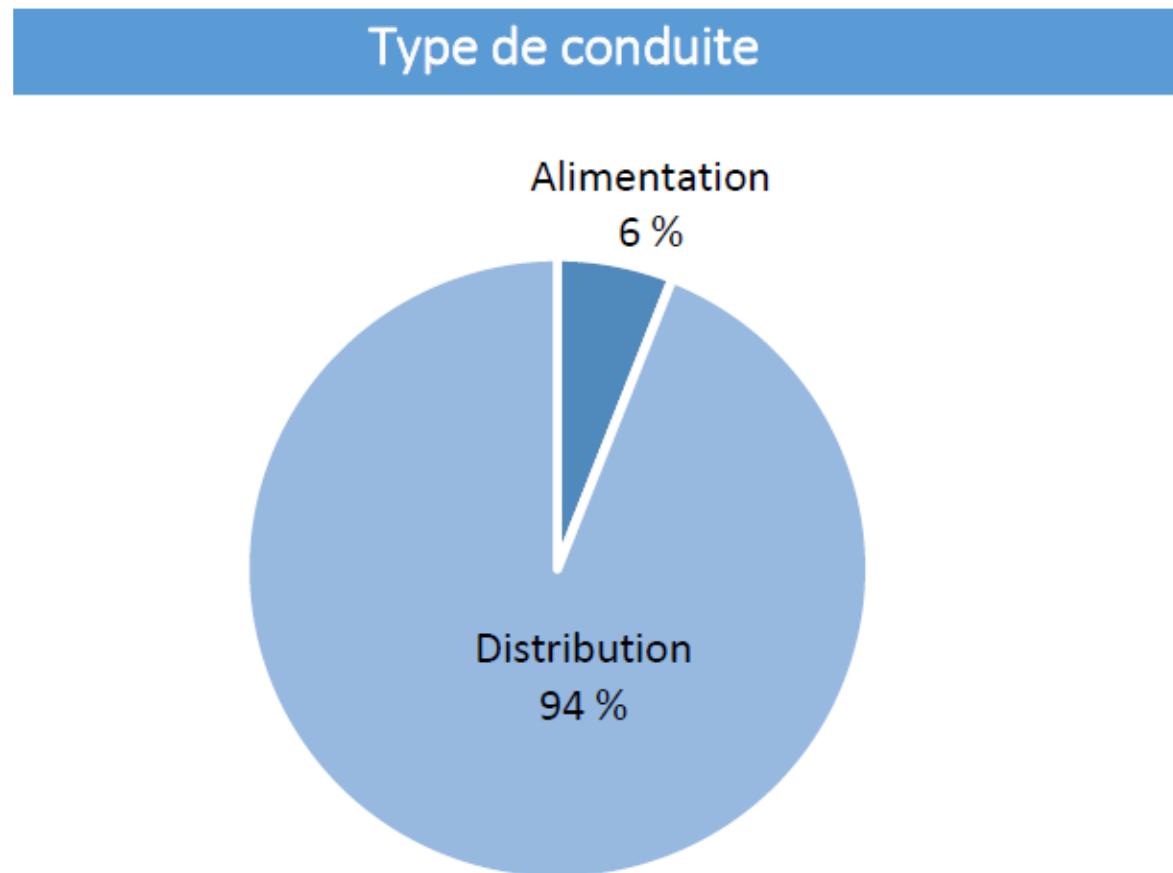
(CERIU, 2019)



35 % des conduites sont en CPV

# Types de conduites d'aqueduc au Québec

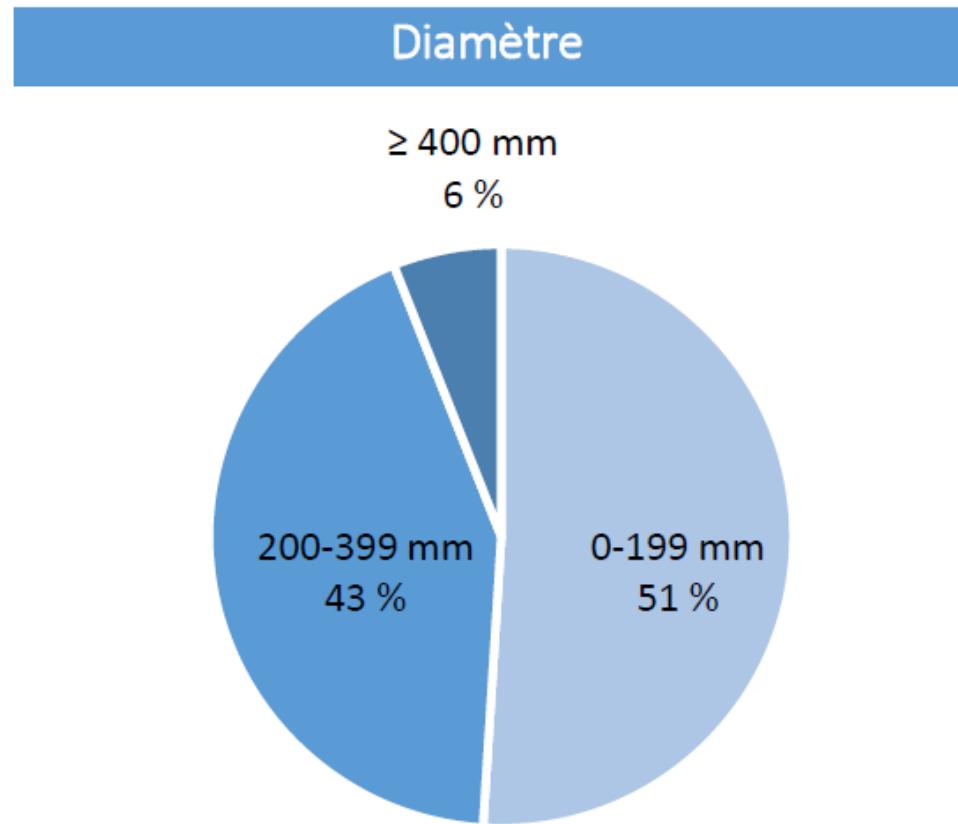
(CERIU, 2019)



94 % de conduites de distribution

# Diamètre des conduites d'eau potable au Québec

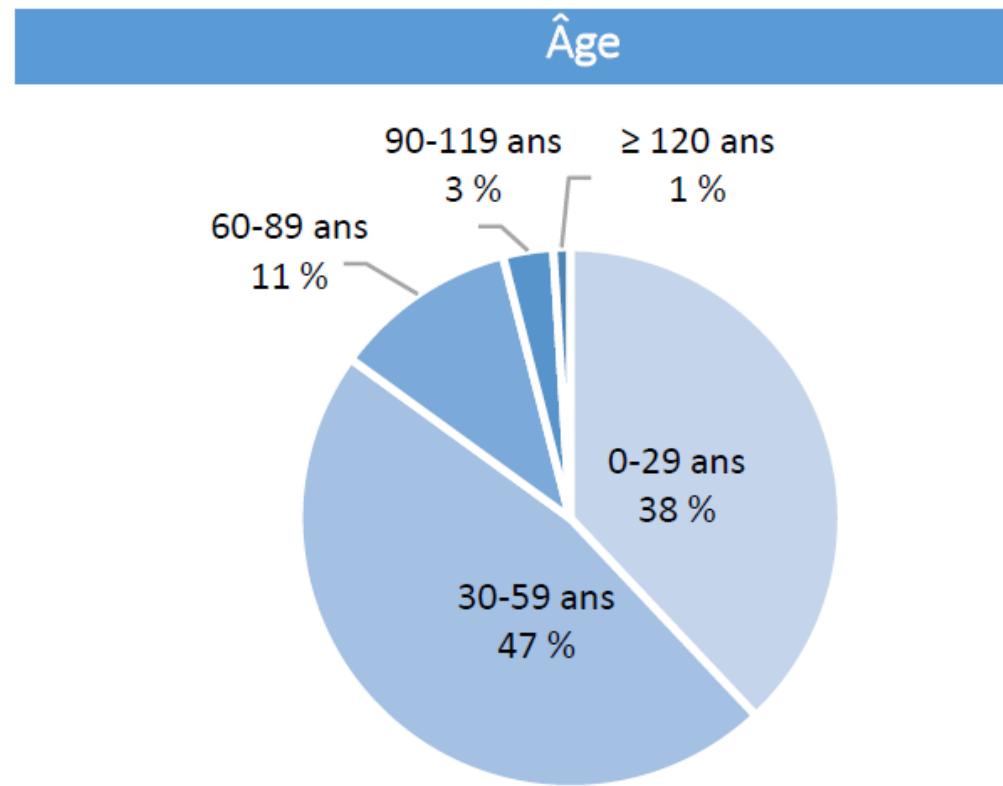
(CERIU, 2019)



94 % de conduites avec un diamètre  $< 400$  mm

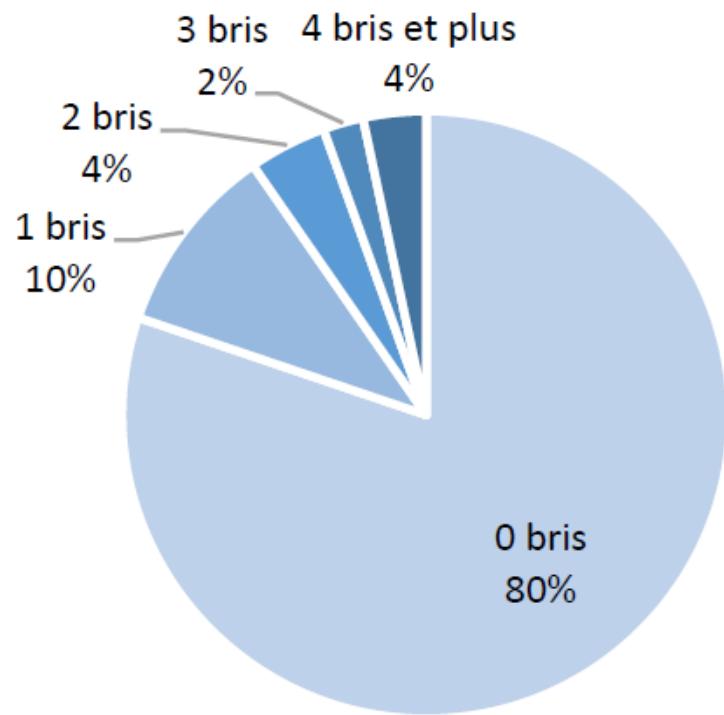
# Âge des conduites d'aqueduc au Québec

(CERIU, 2019)



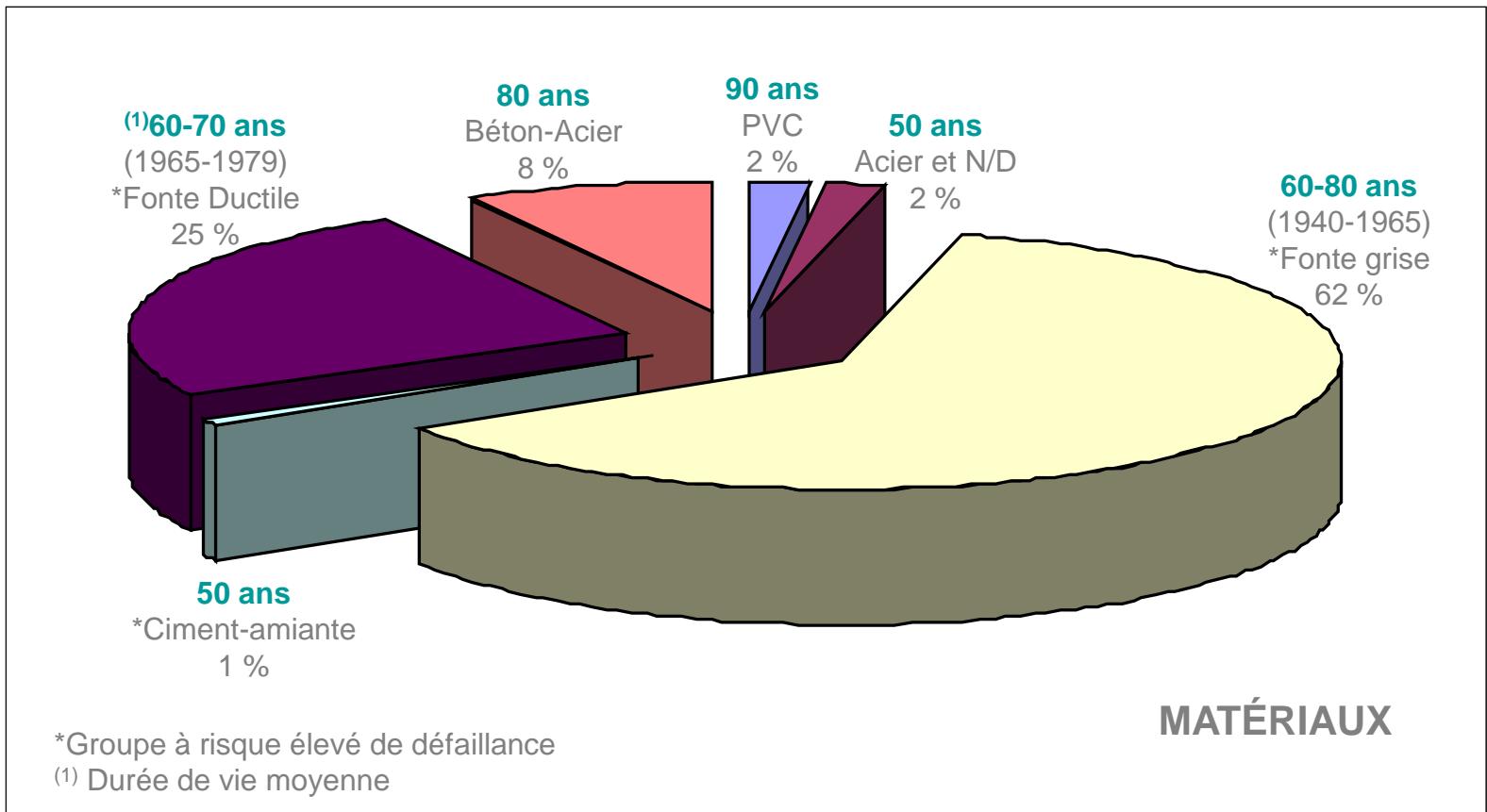
Âge moyen de 39 ans

# Nombre de bris enregistrés au Québec (CERIU, 2019)

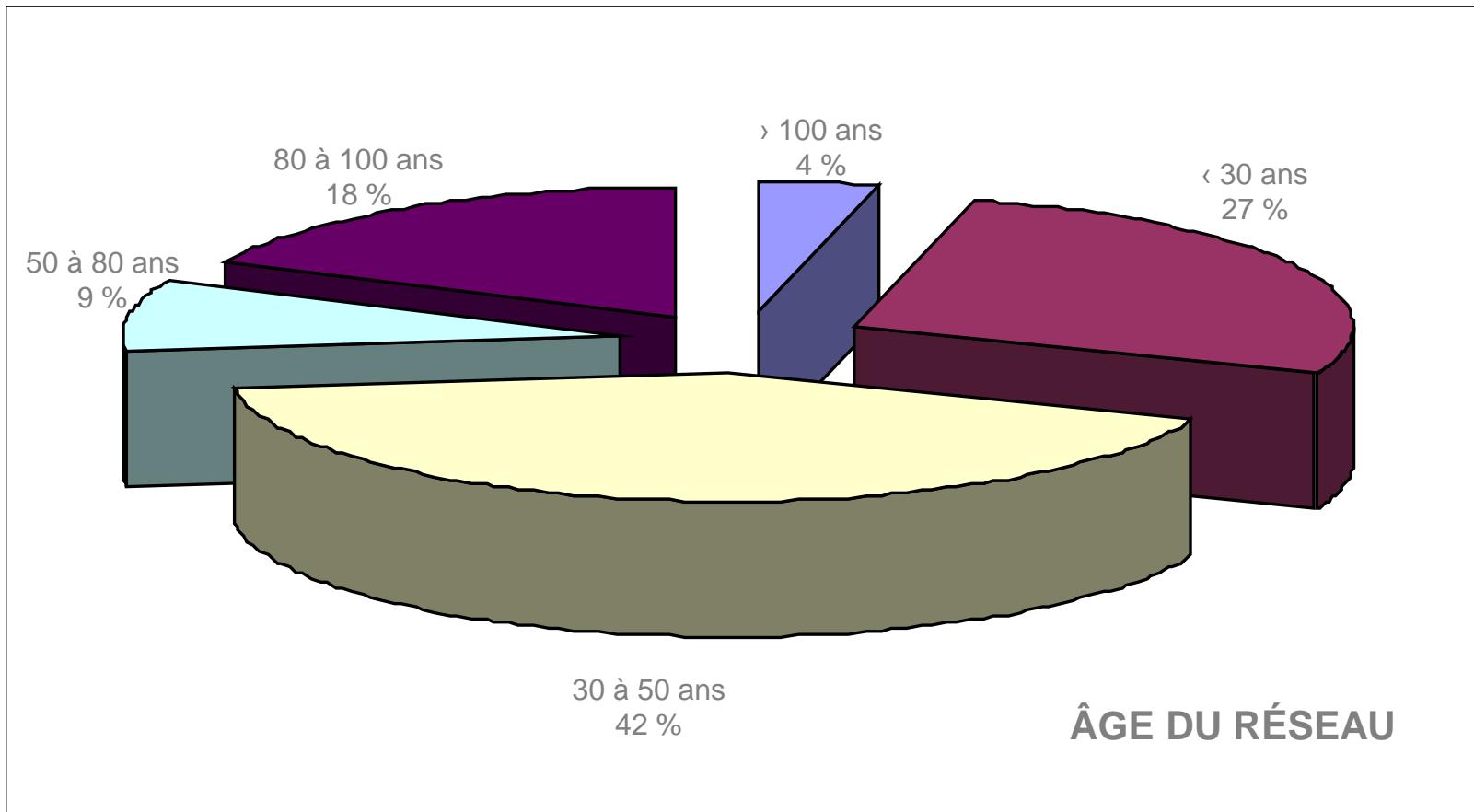


Aucun bris enregistré sur 80 % de la longueur du réseau

# 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 <sup>1</sup>	-
Fonte centrifugée	75 à 1 500 mm	1930 à 1960	-	C100 <sup>1</sup>	-
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

<sup>1</sup> 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)

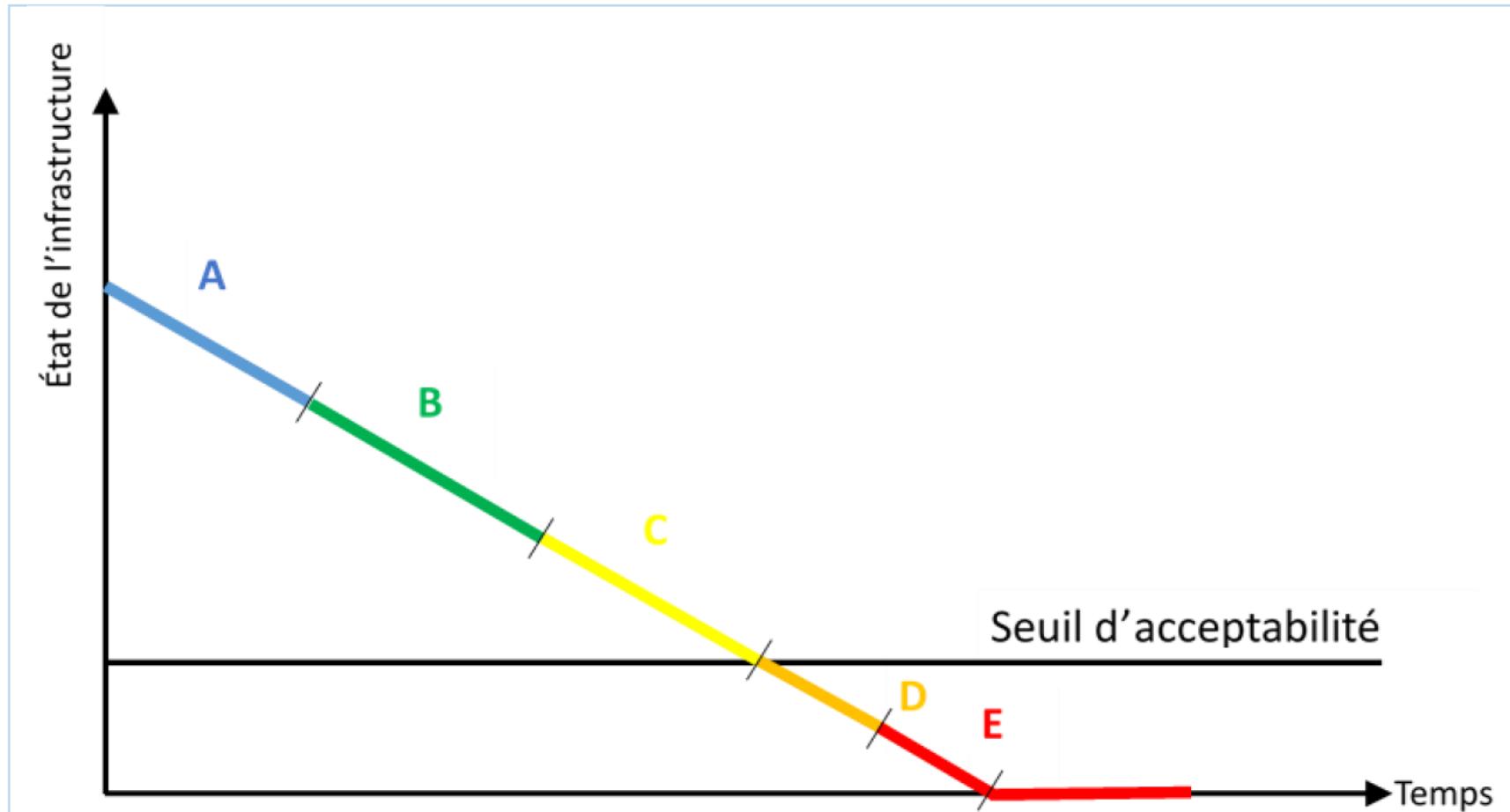
Indice	Cote	Réseau d'eau potable <sup>10</sup>			Réseaux d'eaux usées et pluviales	Chaussées au-dessus des réseaux	Immobilisations ponctuelles			
		Taux réseau (bris/km/an)	Niveau segment				Cote PACP structurale	PCI		
			Nombre de bris	Durée de vie écoulée (%)						
A	80-100	0,0-0,1	0-1	0-20	1	80-100	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 <sup>6</sup>
A	Très bon	80 % - 100 %	<b>État adapté pour l'avenir</b> Actifs habituellement récents ou remis à neuf
B	Bon	60 % - 80 %	<b>État adéquat pour le moment</b> Actifs dont l'état est satisfaisant. Présentent un risque faible de défaillance lié à l'âge ou à l'état
C	Acceptable	40 % - 60 %	<b>Suivi nécessaire</b> 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 %	<b>Risque accru de nuire au service</b> 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 %	<b>État inadapté pour un usage soutenu</b> 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 \$

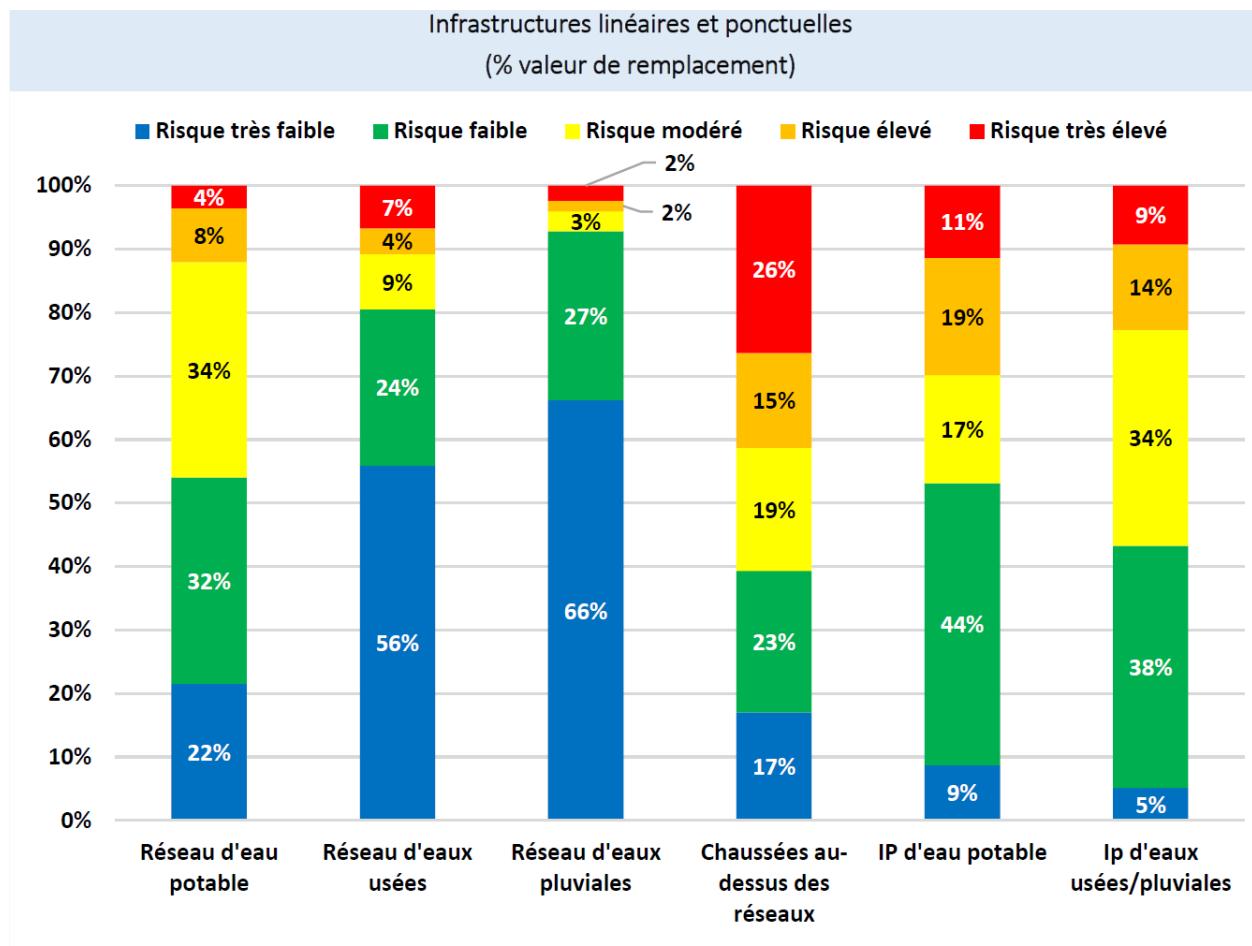
E: Risque de défaillance très élevé

D: Risque de défaillance élevé

C: Risque de défaillance modéré

# État des infrastructures linéaires et ponctuelles

(en % de la valeur de remplacement)



## RÉSISTANCE DES CONDUITES EN FONTE SELON L'ÉPOQUE EN PS

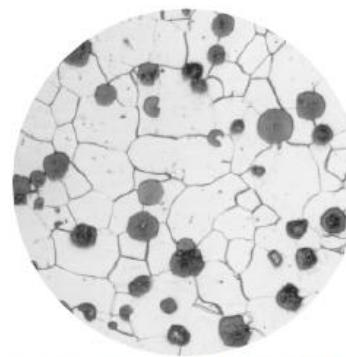
CLASSE	ANNEE D'UTILISATION	RÉSISTANCE À L'ÉCLATEMENT	MODULE DE RUPTURE	RÉSISTANCE À LA TRACTION
Coulée horizontale	avant 1850	?	?	?
Coulée centrifuge	1930-1950 1950-1960	18 000 21 000	40 000 45 000	35 000 35 000
Fonte ductile	depuis 1960	42 000	72 000	60 000

# 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