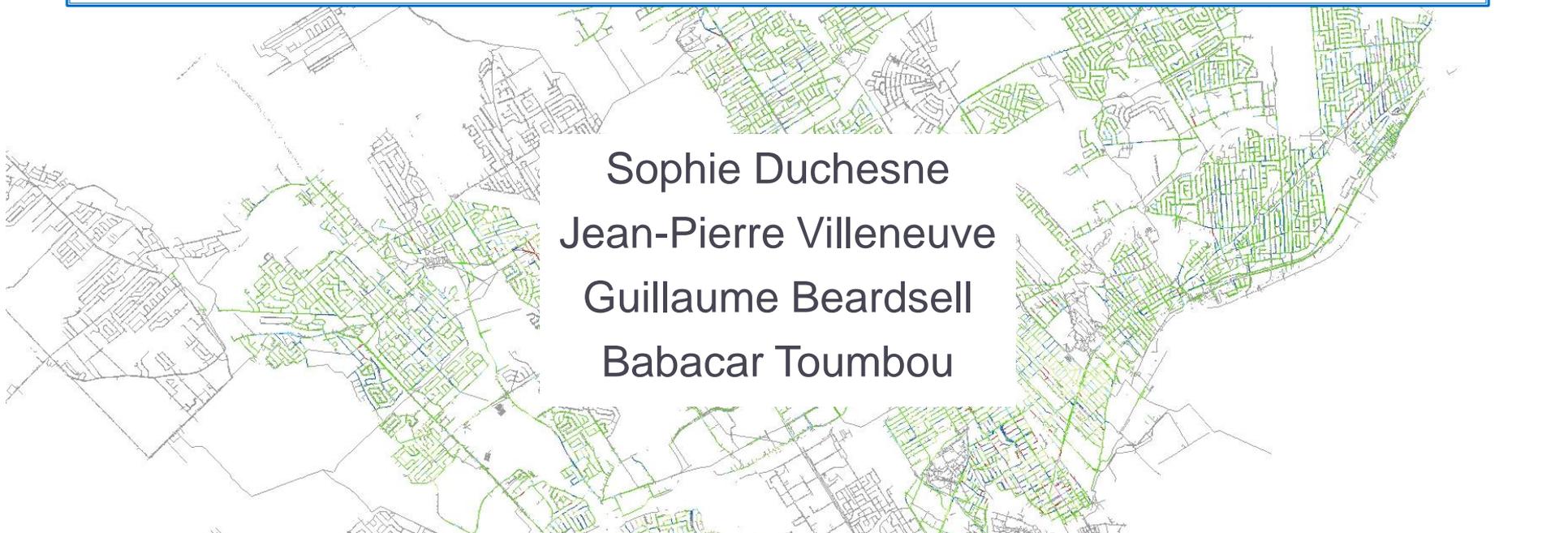


FONDS SUR L'INFRASTRUCTURE
MUNICIPALE RURALE

**Ce projet a fait l'objet
d'une aide financière
dans le cadre du**

**Fonds sur l'infrastructure municipale
rurale**

Courbes de détérioration des conduites d'égout : ce qu'elles nous disent et ce qu'elles nous taisent...



Sophie Duchesne
Jean-Pierre Villeneuve
Guillaume Beardsell
Babacar Toumbou

Contexte du projet

- ▶ FIMR-2 (Ville de Québec)
 - ▶ projets 2009-2011
 - ▶ trois volets
 - ▶ Aqueduc : prédiction des bris
 - ▶ Aqueduc : modélisation de la corrosion
 - ▶ Égout : modélisation de la détérioration structurale
 - ▶ Ville de Québec et 5 autres municipalités
 - ▶ Résultats éventuellement disponibles sur site MAMROT

Problématique générale

- ▶ Utilité de l'inspection pour connaître état conduites
 - ▶ identifier interventions nécessaires, etc.
- ▶ Estimation des besoins \$\$ pour maintenir état satisfaisant ?
- ▶ Impact global de différents scénarios d'intervention ?
- ▶ Planification des investissements ?



Problématique générale

- ▶ Utilité de l'inspection pour connaître état conduites
 - ▶ identifier interventions nécessaires, etc.
- ▶ Estimation des besoins \$\$ pour maintenir état satisfaisant ?
- ▶ Impact global de différents scénarios d'intervention ?
- ▶ Planification des investissements ?
- ▶ Recours à la modélisation



Modèles – principes de base

1. Inspection de certaines conduites
2. Attribution d'une cote d'état aux conduites inspectées
3. Mise en relation des cotes d'état avec les caractéristiques des conduites (âge, matériau, etc.)

= MODÈLE

4. Application des relations établies (modèle) aux conduites non inspectées
5. Simulation de l'état global futur du réseau

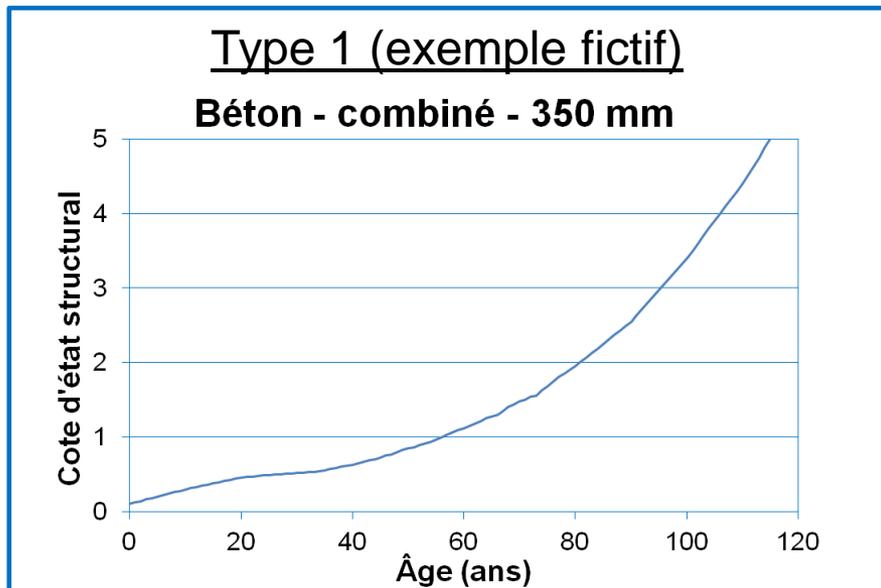


Modèle courant : courbes de détérioration

- ▶ Régression entre la cote d'état et
 - ▶ soit l'âge seulement pour des groupes de conduites aux caractéristiques communes
 - ▶ soit l'âge, le matériau, le diamètre, la pente, etc.

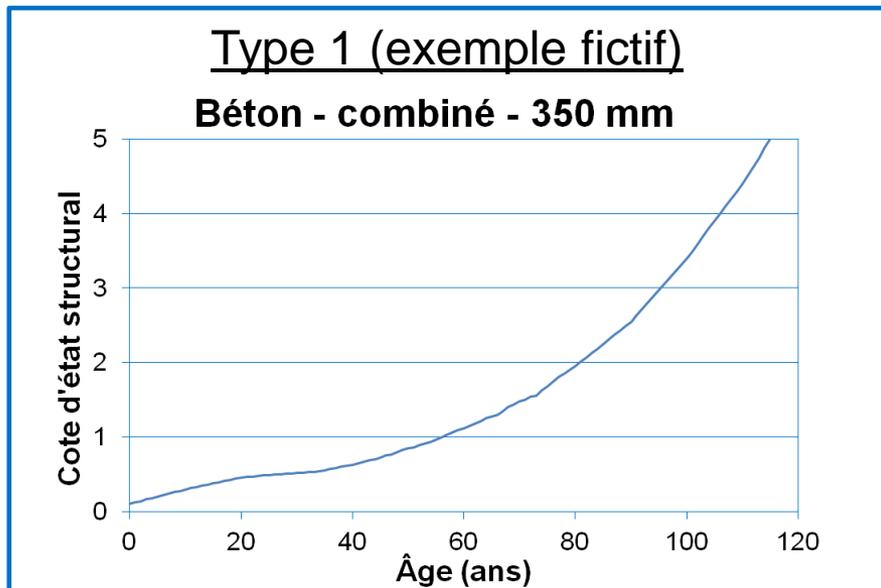
Modèle courant : courbes de détérioration

- ▶ Régression entre la cote d'état et
 - ▶ soit l'âge seulement pour des groupes de conduites aux caractéristiques communes
 - ▶ soit l'âge, le matériau, le diamètre, la pente, etc.



Modèle courant : courbes de détérioration

- ▶ Régression entre la cote d'état et
 - ▶ soit l'âge seulement pour des groupes de conduites aux caractéristiques communes
 - ▶ soit l'âge, le matériau, le diamètre, la pente, etc.



Type 2 (exemple fictif)
Béton

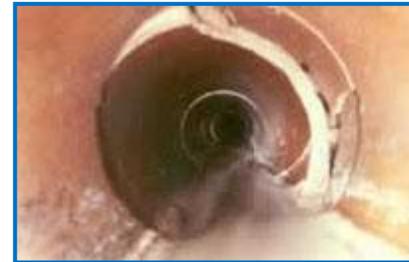
$$\text{Cote} = \left[\begin{array}{l} A + B \frac{\log \text{diam}}{\text{longueur}} - C e^{\text{type_rue}} \\ -D \log \text{profondeur} - E \frac{\log \text{age}}{\text{classe_béton}} \\ +F \frac{\log \text{prof}}{f_assise} - G \frac{1}{f_assise} \end{array} \right]^{-1}$$

Modèle courant : courbes de détérioration

- ▶ Mais...
 - ▶ Classes d'état sont des valeurs discrètes et non continues
 - ▶ Peu de précision sur la nature exacte de l'information donnée par la courbe
 - ▶ domaine et conditions d'application souvent mal définis

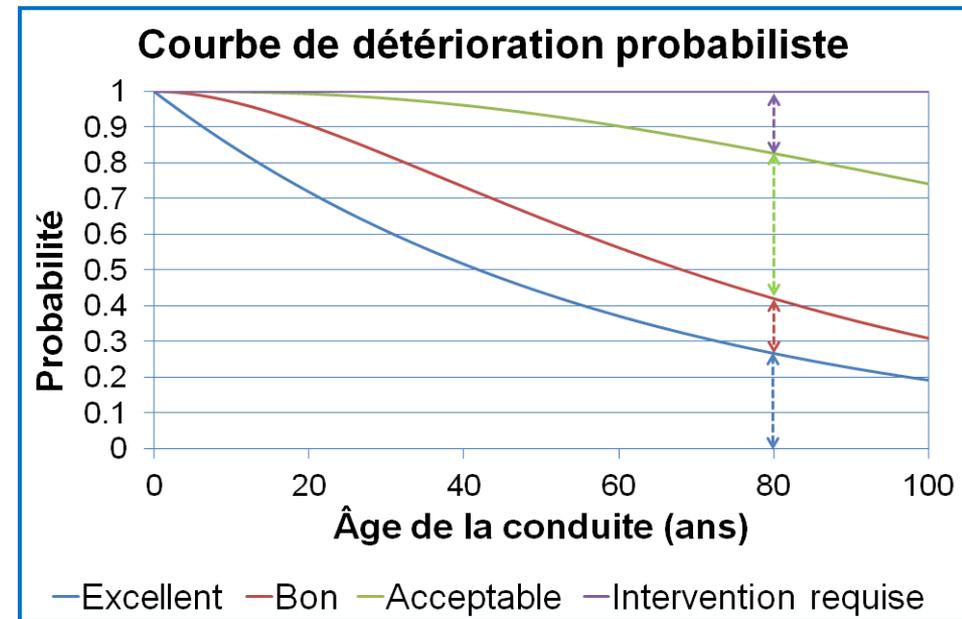


?



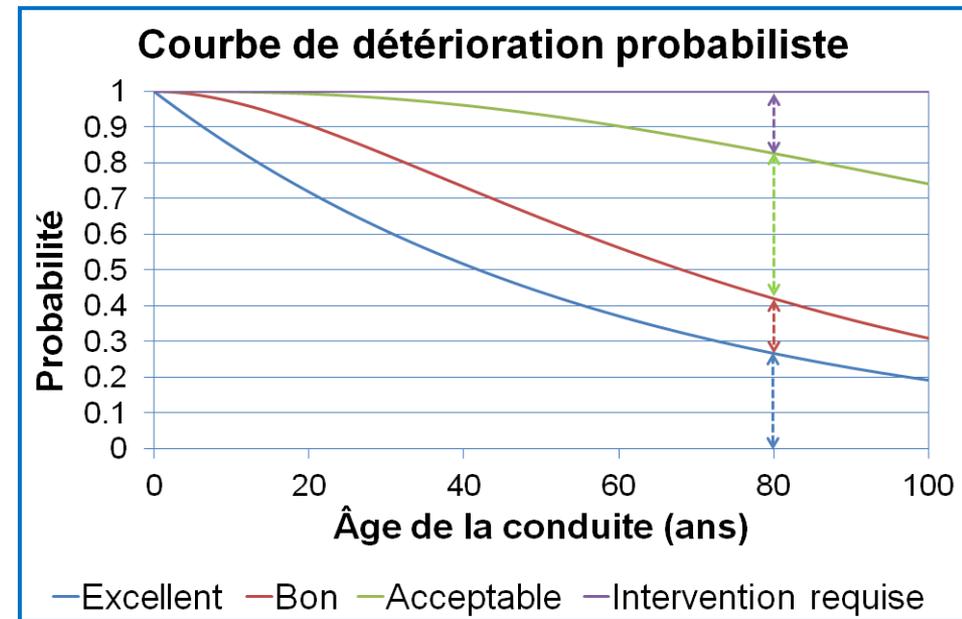
Autre type de modèles : probabilistes

- ▶ Donnent la probabilité d'être dans chaque classe d'état possible
- ▶ S'approchent de ce qu'on observe en pratique



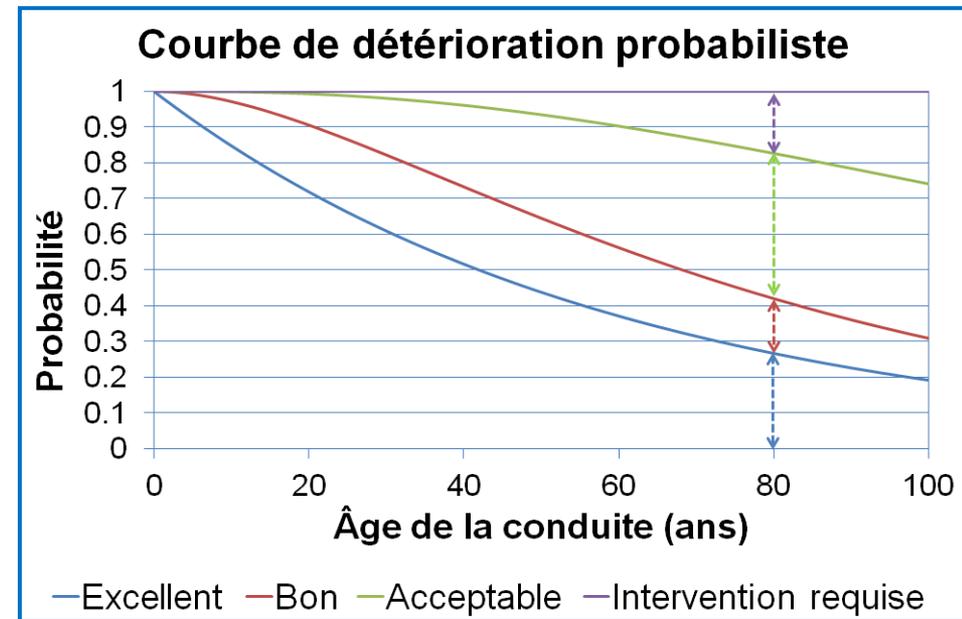
Autre type de modèles : probabilistes

- ▶ Donnent la probabilité d'être dans chaque classe d'état possible
- ▶ S'approchent de ce qu'on observe en pratique
 - ▶ plus de chance d'être en mauvais état en vieillissant



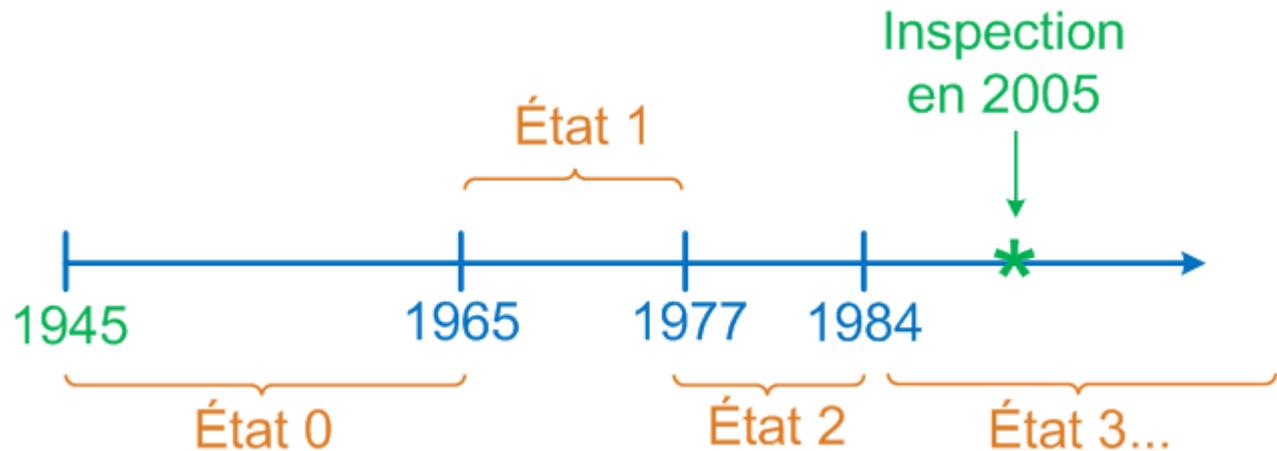
Autre type de modèles : probabilistes

- ▶ Donnent la probabilité d'être dans chaque classe d'état possible
- ▶ S'approchent de ce qu'on observe en pratique
 - ▶ plus de chance d'être en mauvais état en vieillissant
 - ▶ lien avec le processus de dégradation des conduites



Modèle appliqué dans notre étude

- ▶ Modèle de type probabiliste
 - ▶ modélise les temps de séjour dans chaque classe d'état comme une variable aléatoire
- ▶ Adapté au type d'information disponible



Encore des « mais »...

- ▶ Approche solide d'un point de vue théorique
- ▶ Résultats intimement liés aux données disponibles (évidemment !)
 - ▶ modèle basé sur les résultats d'inspection (comme tous les autres d'ailleurs...)
 - ▶ information seulement sur les conduites encore en place



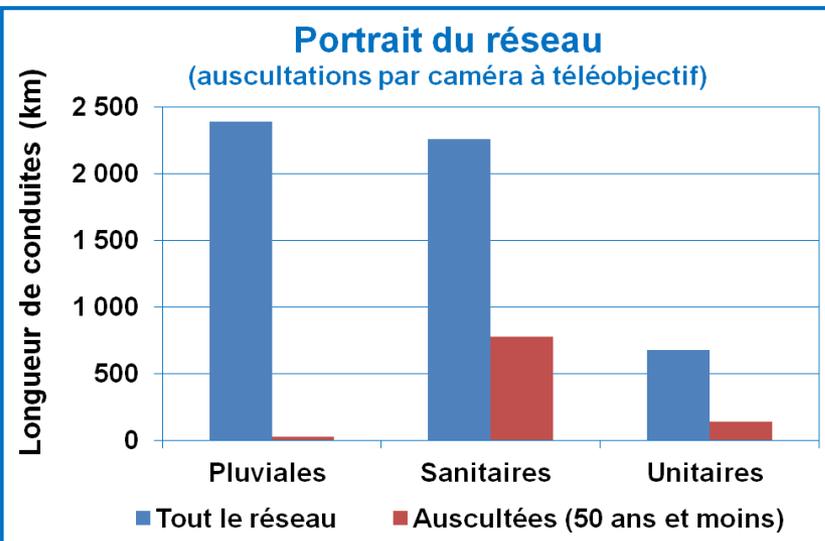
Source : <http://www.avignon-et-provence.com/tourisme/pont-du-gard/>

Exemple de résultats Ville de Québec

- ▶ Cotation WRc : 0 à 5, du meilleur au pire
 - ▶ attribution de la pire cote au tronçon entier
- ▶ Regroupement des états 2-3 et 4-5

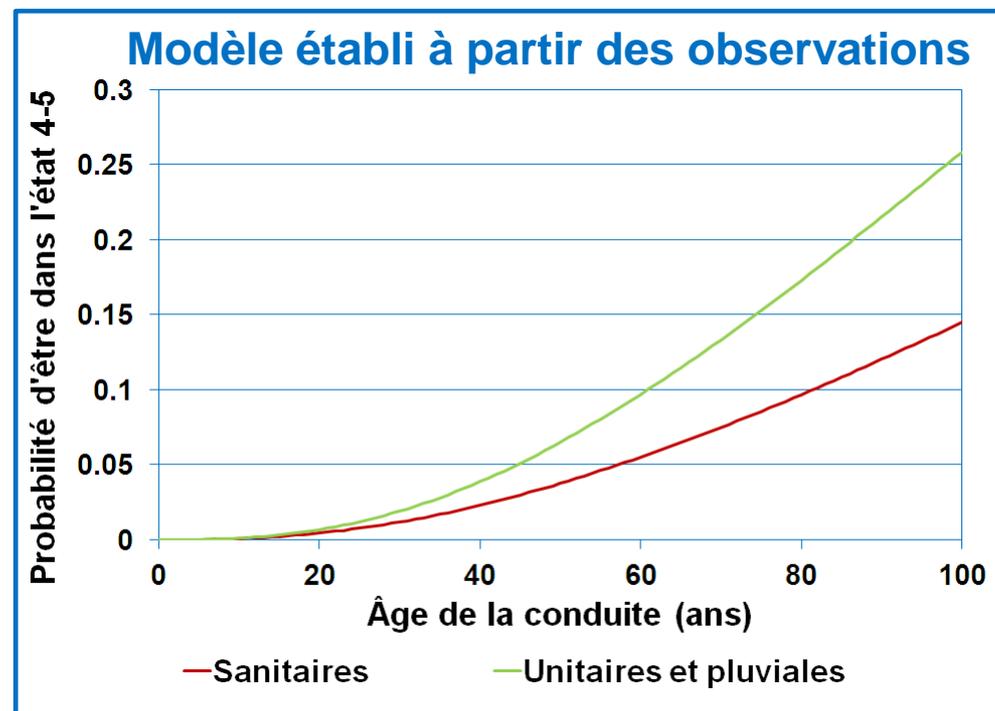
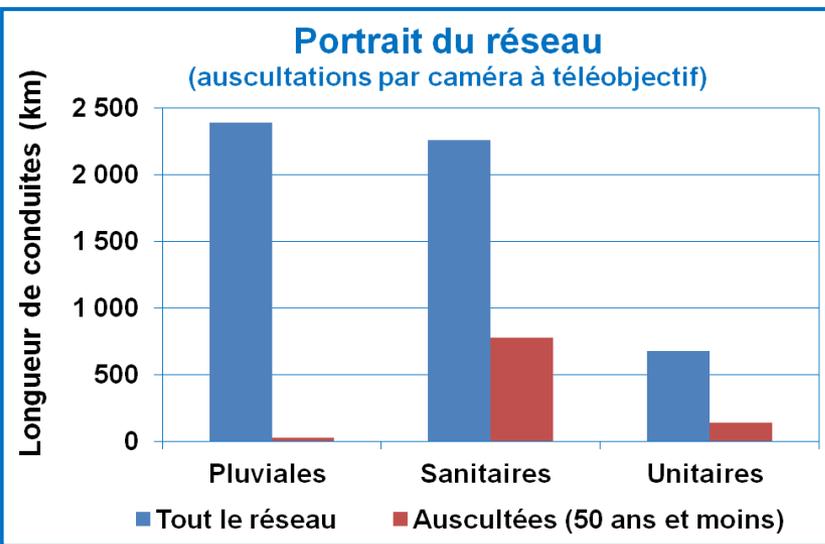
Exemple de résultats Ville de Québec

- ▶ Cotation WRc : 0 à 5, du meilleur au pire
 - ▶ attribution de la pire cote au tronçon entier
- ▶ Regroupement des états 2-3 et 4-5



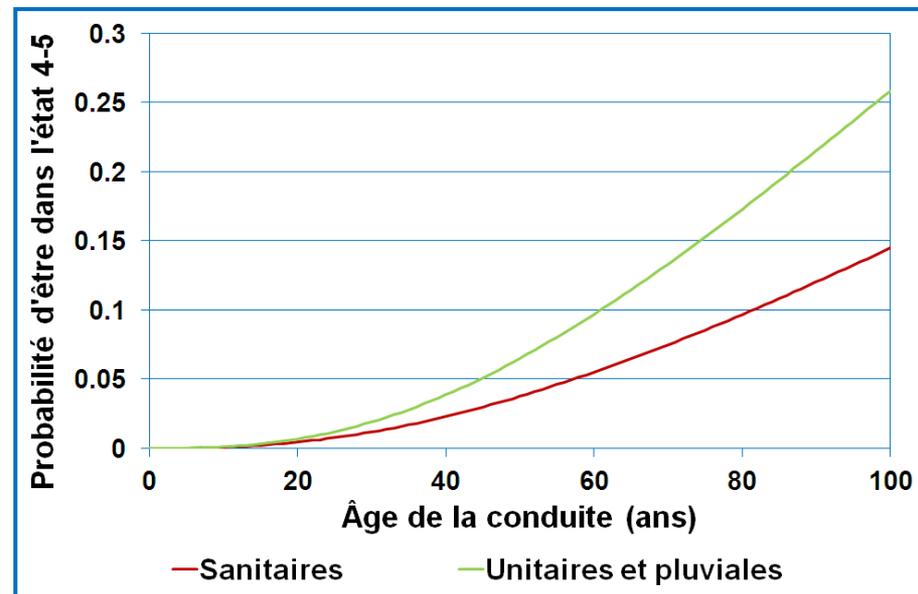
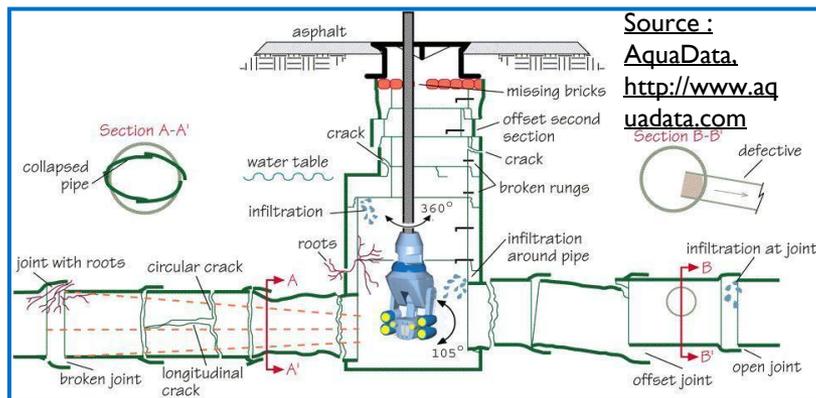
Exemple de résultats Ville de Québec

- ▶ Cotation WRc : 0 à 5, du meilleur au pire
 - ▶ attribution de la pire cote au tronçon entier
- ▶ Regroupement des états 2-3 et 4-5



Exemple de résultats Ville de Québec

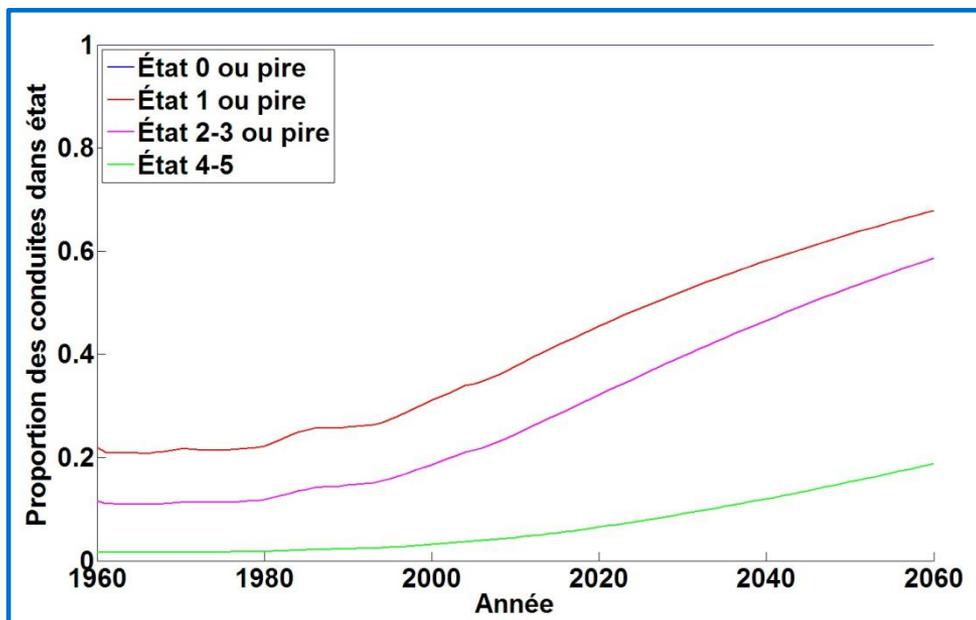
- ▶ Qu'est-ce qui peut expliquer ces probabilités plus faibles qu'attendues ?
 - ▶ modèle basé sur portrait "ponctuel du réseau"
 - ▶ durée de vie effectivement longue pour conduites égout
 - ▶ auscultations par caméra à téléobjectif



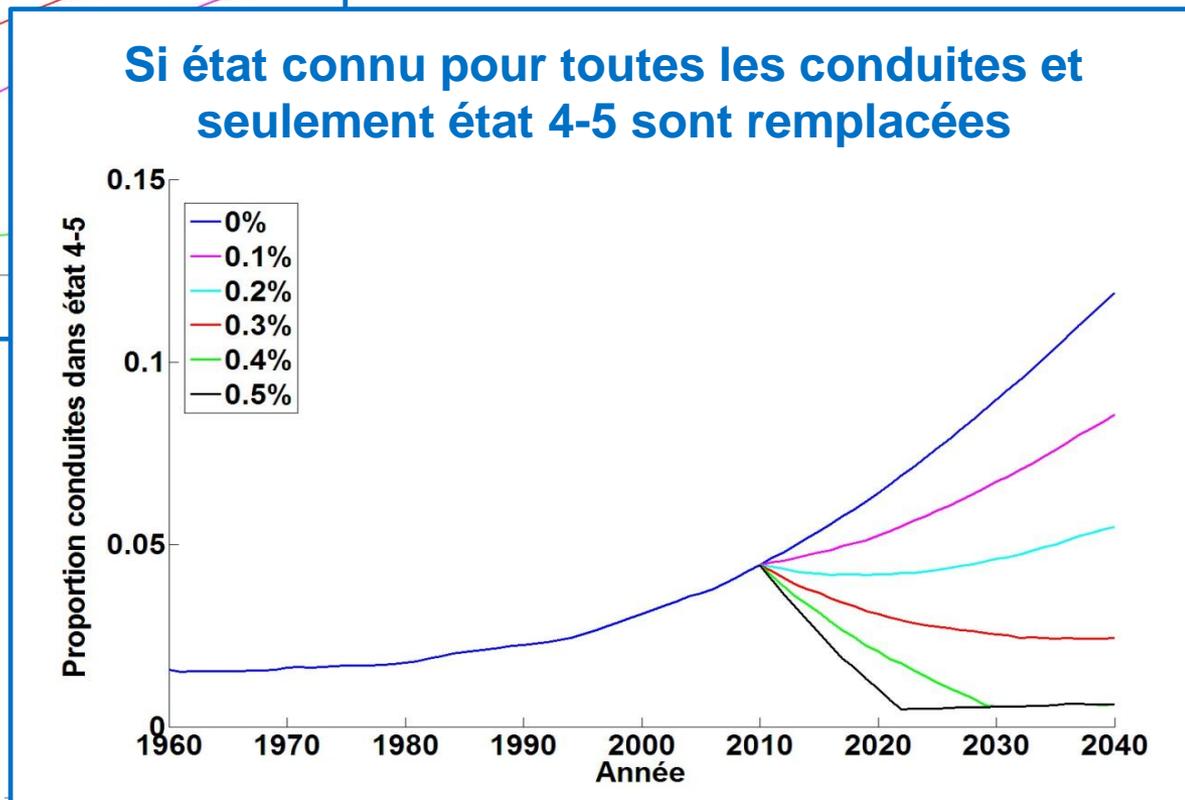
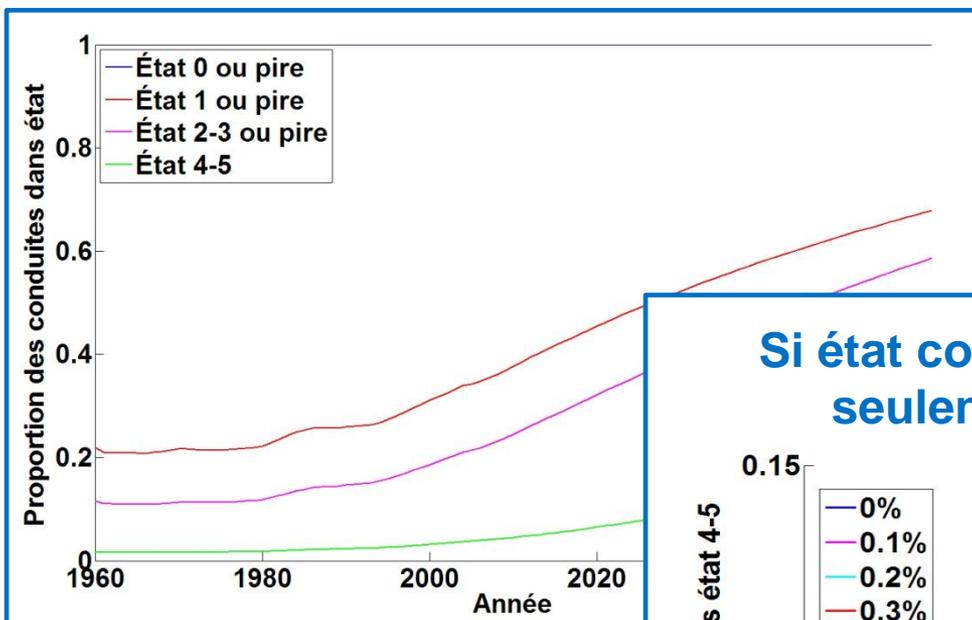
Simulation de scénarios d'intervention

- ▶ Le modèle calé et validé : un laboratoire aux multiples possibilités
 - ▶ vieillissement “virtuel” de chacune des conduites
 - ▶ installation de nouvelles conduites
 - ▶ remplacement de conduites
 - ▶ réhabilitation / réparation de conduites

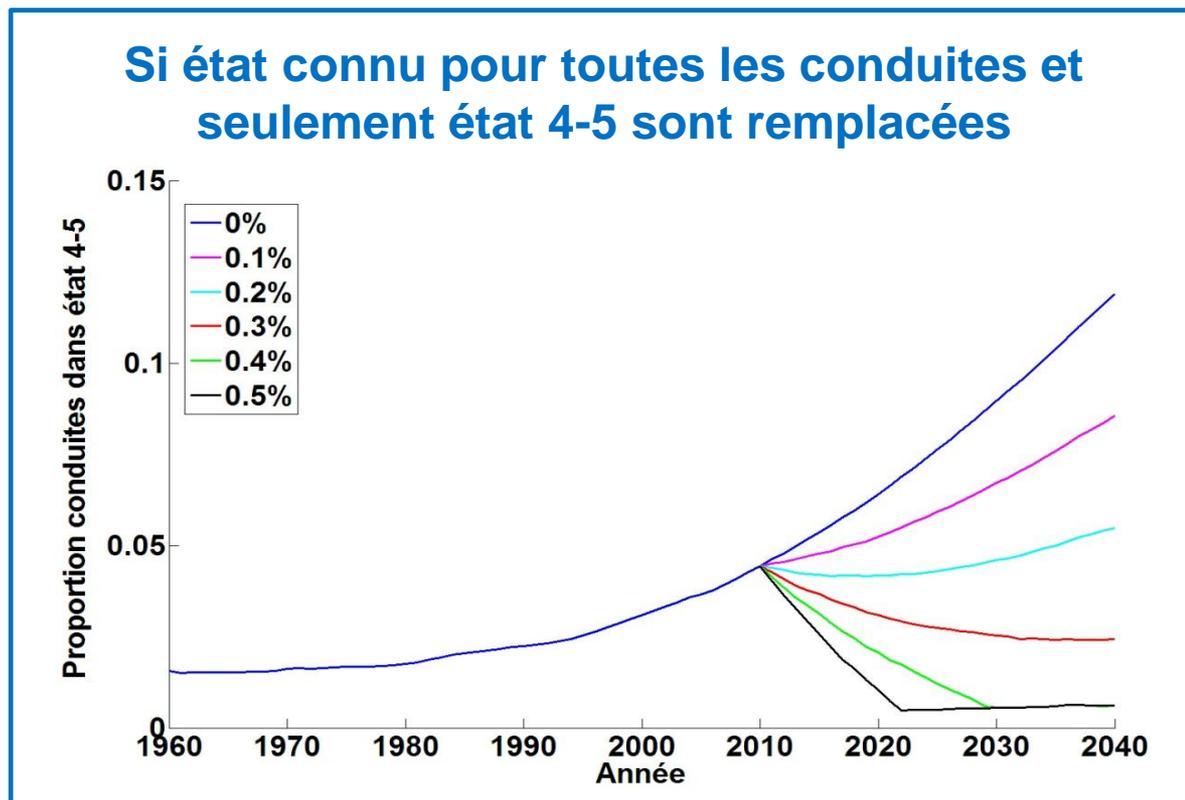
Simulation de l'évolution du réseau



Simulation de scénarios d'intervention

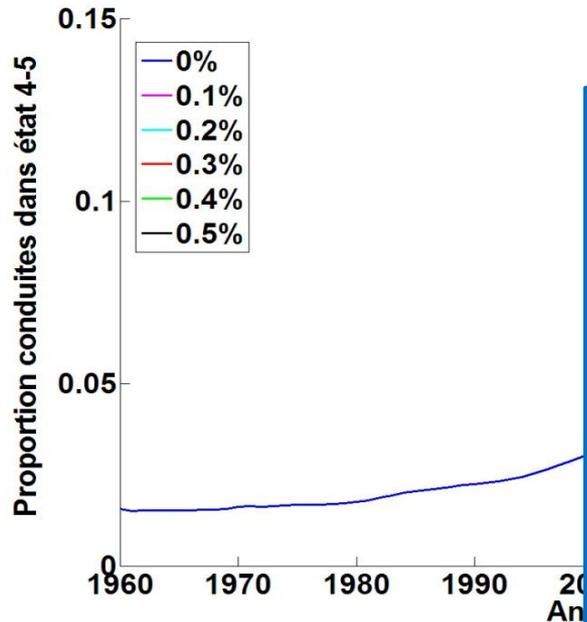


Simulation de scénarios d'intervention

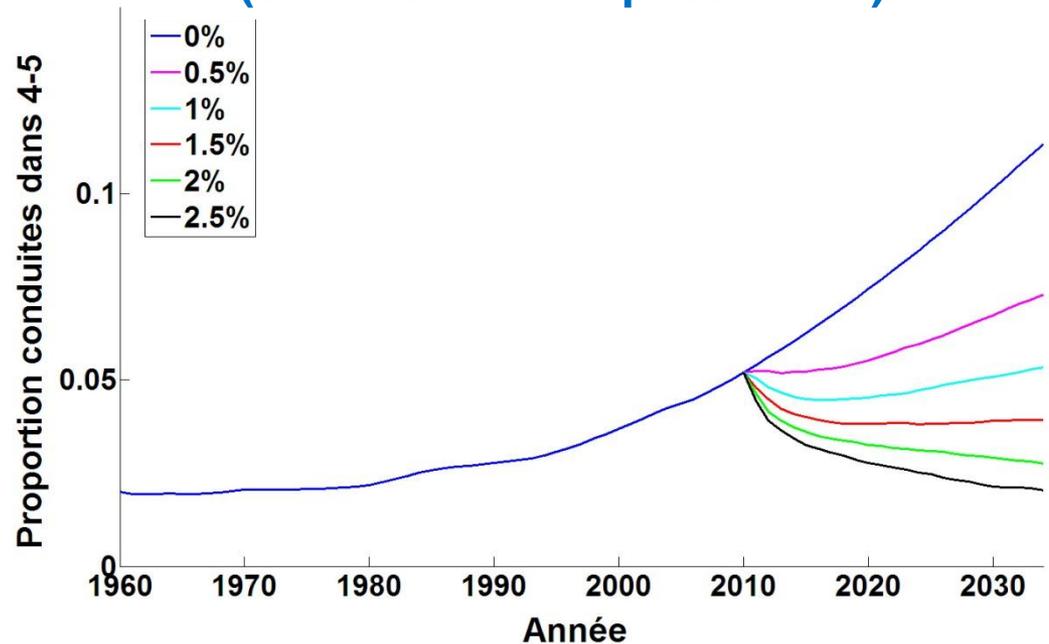


Simulation de scénarios d'intervention

Si état connu pour toutes les conduites et seulement état 4-5 sont remplacés



Si remplace les plus à risque (situation fictive pessimiste)



Conclusion

- ▶ **Modèles de détérioration : outil de gestion**
 - ▶ nécessité de s'interroger sur la nature de l'information fournie
 - ▶ représentent ce qui est observé
 - ▶ utiles pour planification globale
- ▶ **Résultats confirment l'importance d'une bonne connaissance de l'état des conduites**
- ▶ **Longue durée de vie des conduites d'égout si bien entretenues / réparées**

INRS

Université d'avant-garde



SE =

$$\frac{1}{n_2 - p_2 - q_2}$$

$$\frac{dQ_{\text{carbone}}/dt}{N \times Q_{\text{A-prey}}} \times 100$$

300 pb/207 pm

Weight fraction (%)

Eutherm

kDa

115-
66-
45-
31-
21.5-
14.5-
6.5-

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

$u(0)$

$u(0)$

$u(0)$

0 min
100 min
200 min
300 min
stably bonded oxygen

Change density (Cm³)

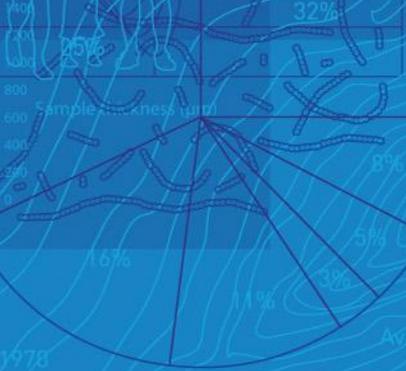
(A) $\epsilon < 0$

(B) $\epsilon = 0$

(C) $\epsilon > 0$

$[Cd] = [Cd^{2+}] = 10 \text{ nmol/L}$

incorporation. L'espace occupe a.
logique des mutations sociales, économique
de la société québécoise. L'espace s'inscrit
l'action publique et des rapports sociaux.
à comprendre



1961-1978

1946-1960

Avant