

Analyse intégrée des besoins en rénovation d'infrastructures

Préparé par:

Normand Bouchard ing. M.A.P.
Directeur – Service des travaux publics
Ville de Saguenay

Avec la participation de :

Sophie Duchesne, ing. Ph.D.
Professeure – INRS-ETE



Trois grandes questions simples

- ❑ Combien doit-on investir?
- ❑ Où et quand doit-on investir?
- ❑ Comment optimiser les investissements?

Réponse très complexe

Parce que nos réseaux sont :

- Dans la même emprise
- Ont des dates de construction ou de rénovations souvent différentes
- Des espérances de vie différentes
- Sont souvent souterrains
- S'étendent sur des centaines de kilomètres.

Combien?

Quel gestionnaire d'infrastructure ne s'est jamais fait dire:

- ❑ Vous n'avez jamais assez d'argent pour les infrastructures, combien vous voulez pour qu'on n'entende plus parler de vous ?

Le cas de Saguenay

Collecte de données :

- Cartographie complète de chaque réseau (>1000 km) ;
- 30 ans d'historique de fuites ;
- 20 ans d'historique de refoulements ;
- 2 inspections complètes du réseau routier ;
- Intégration de toutes ces données sur une base géomatique ;
- Système de requêtes et plaintes intégré.

Aqueduc et égout

- ❖ Projet INRS 2009-2011:

- ❑ Financé par programme FIMR-2 (Québec – Canada) et Ville de Québec

- ❖ Recours à la modélisation mathématique de la détérioration structurale des conduites

- ❖ Indicateurs modélisés :

- ❑ Égout = classe d'état structural

- ❑ Aqueduc = taux de bris

Modèle égout - principes

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

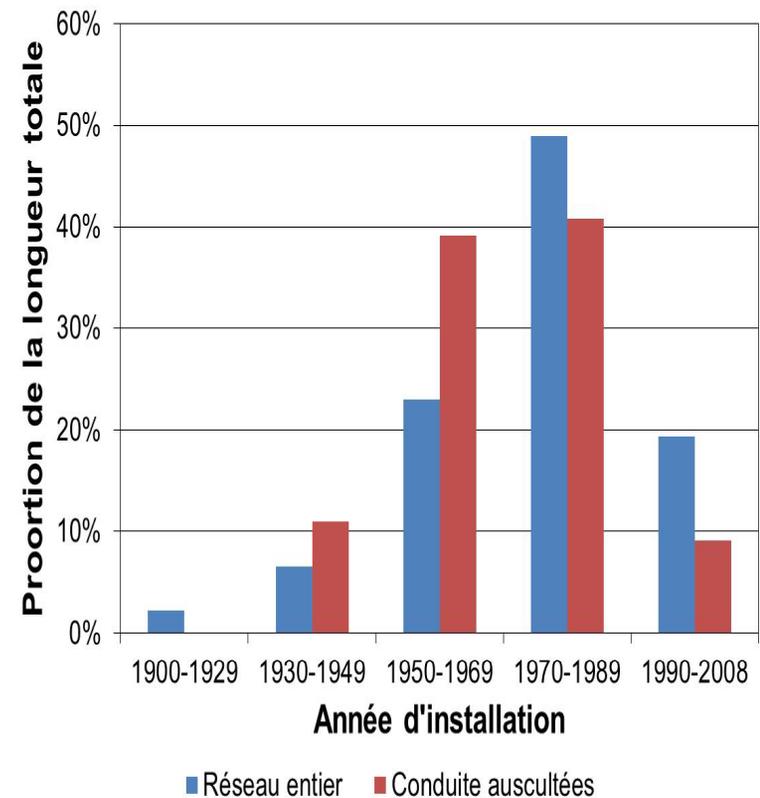
4. Application des relations établies (modèle) aux conduites non inspectées;
5. Simulation de l'état global futur du réseau.

Modèle égout - données

Type de réseau	Base complète (tout le réseau)	Conduites auscultées par Zoom	
	Longueur	Longueur	Proportion longueur totale
Pluvial	417 km	0,8 km	0,2 %
Unitaire	269 km	29 km	10,7 %
Sanitaire	508 km	38 km	7,5 %
Inconnu	0,5 km	0,0 km	0,0 %
TOTAL	1 194 km	68 km	5,7 %

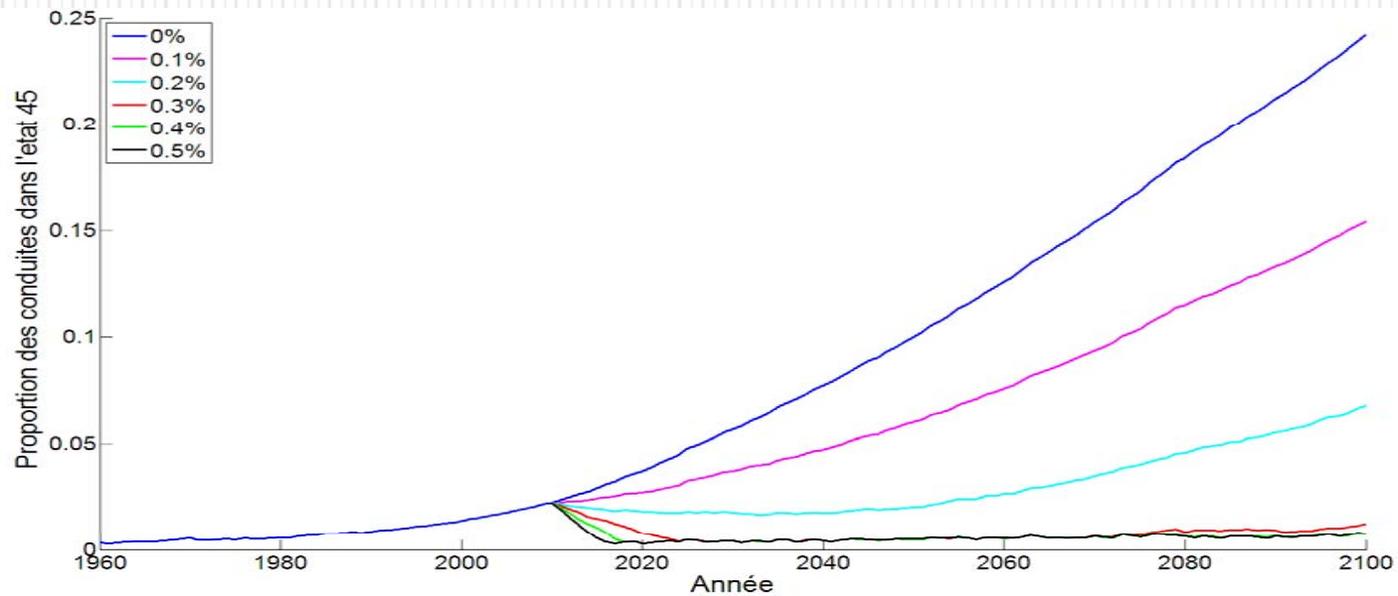
Modèle égout - données

Type de réseau	Base complète (tout le réseau)	Conduites auscultées par Zoom	
	Longueur	Longueur	Proportion longueur totale
Pluvial	417 km	0,8 km	0,2 %
Unitaire	269 km	29 km	10,7 %
Sanitaire	508 km	38 km	7,5 %
Inconnu	0,5 km	0,0 km	0,0 %
TOTAL	1 194 km	68 km	5,7 %



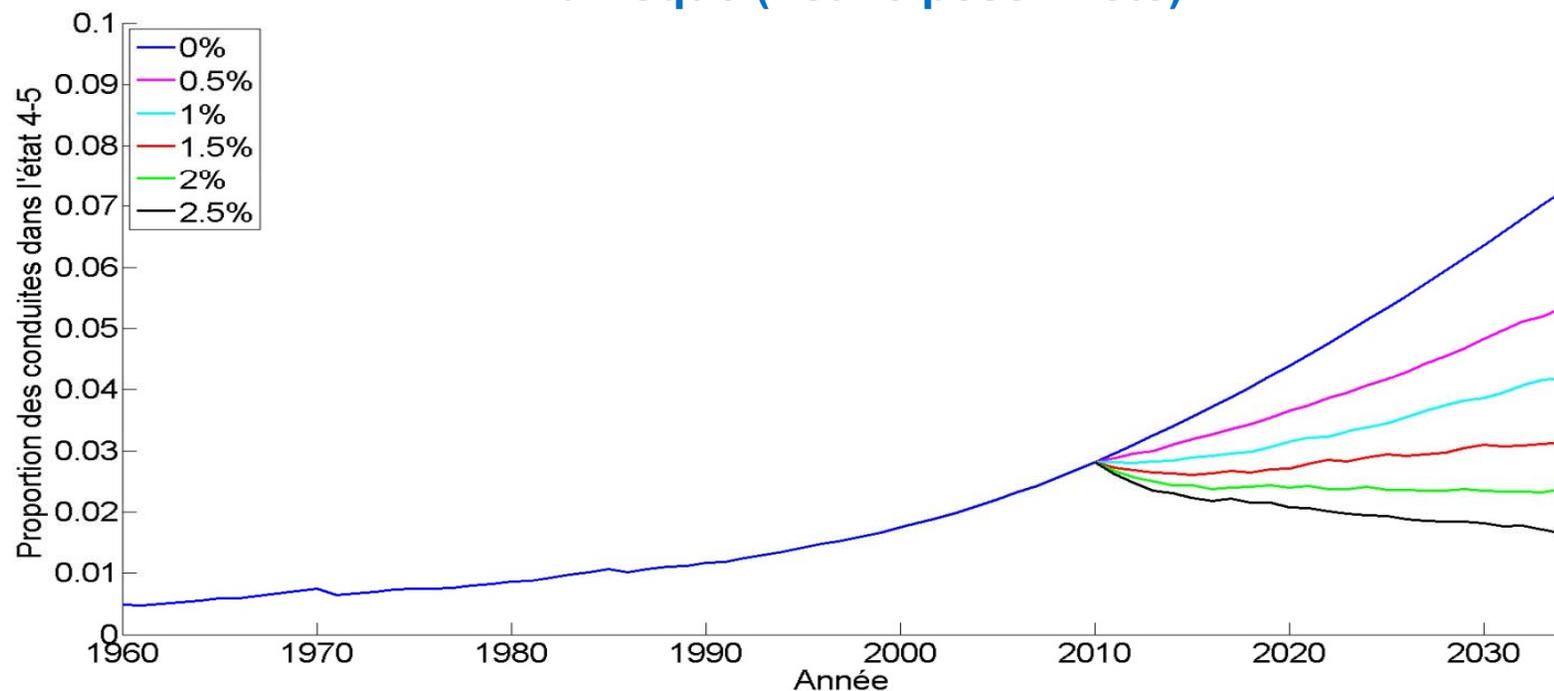
Modèle égout - résultats

Si état connu pour toutes les conduites et
seulement celles en mauvais état sont remplacées (fictive optimiste)



Modèle égout - résultats

Si état inconnu pour toutes les conduites et remplace les plus à risque (fictive pessimiste)



Modèle égout - résultats

- ❑ Pour stabiliser l'état global du réseau :
 - remplacement de 0,4 % par an si l'état de toutes les conduites est connu ;
 - remplacement de 1,5 % par an si l'état d'aucune conduite n'est connu.

- ❑ Démontre l'importance d'une bonne stratégie d'auscultation.

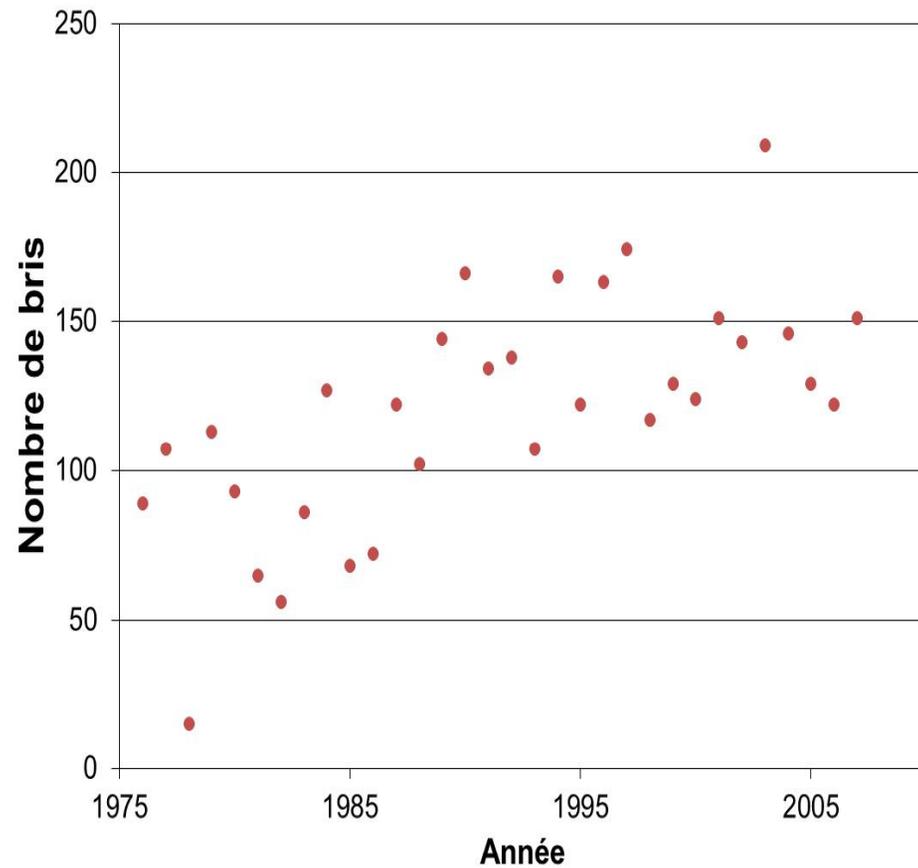
Modèle aqueduc - principes

1. Enregistrement des bris pour toutes les conduites sur un certain nombre d'années ;
2. Analyse de la distribution statistique du temps entre chaque bris ;

= MODÈLE
3. Simulation de l'état global futur du réseau.

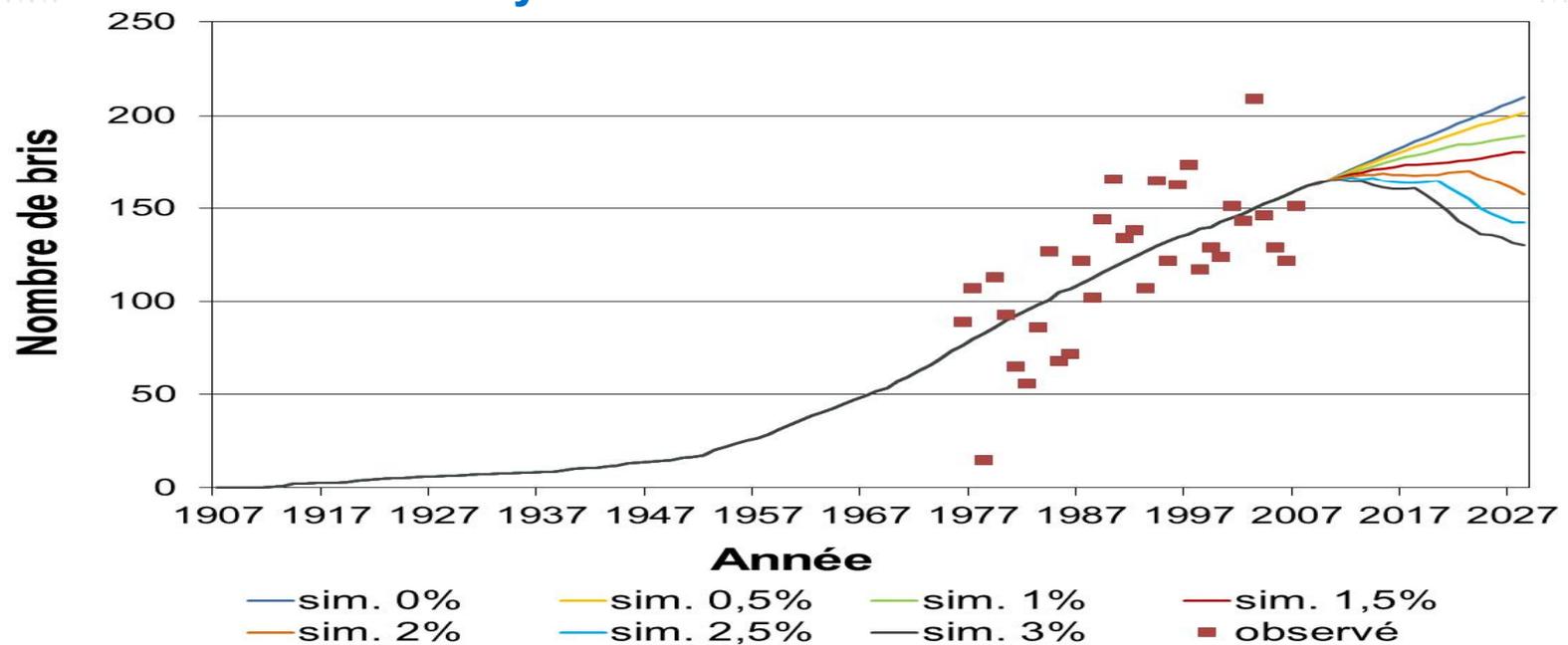
Modèle aqueduc - données

- Secteur Chicoutimi seulement (481 km)
- Historique de bris de 1976 à 2007

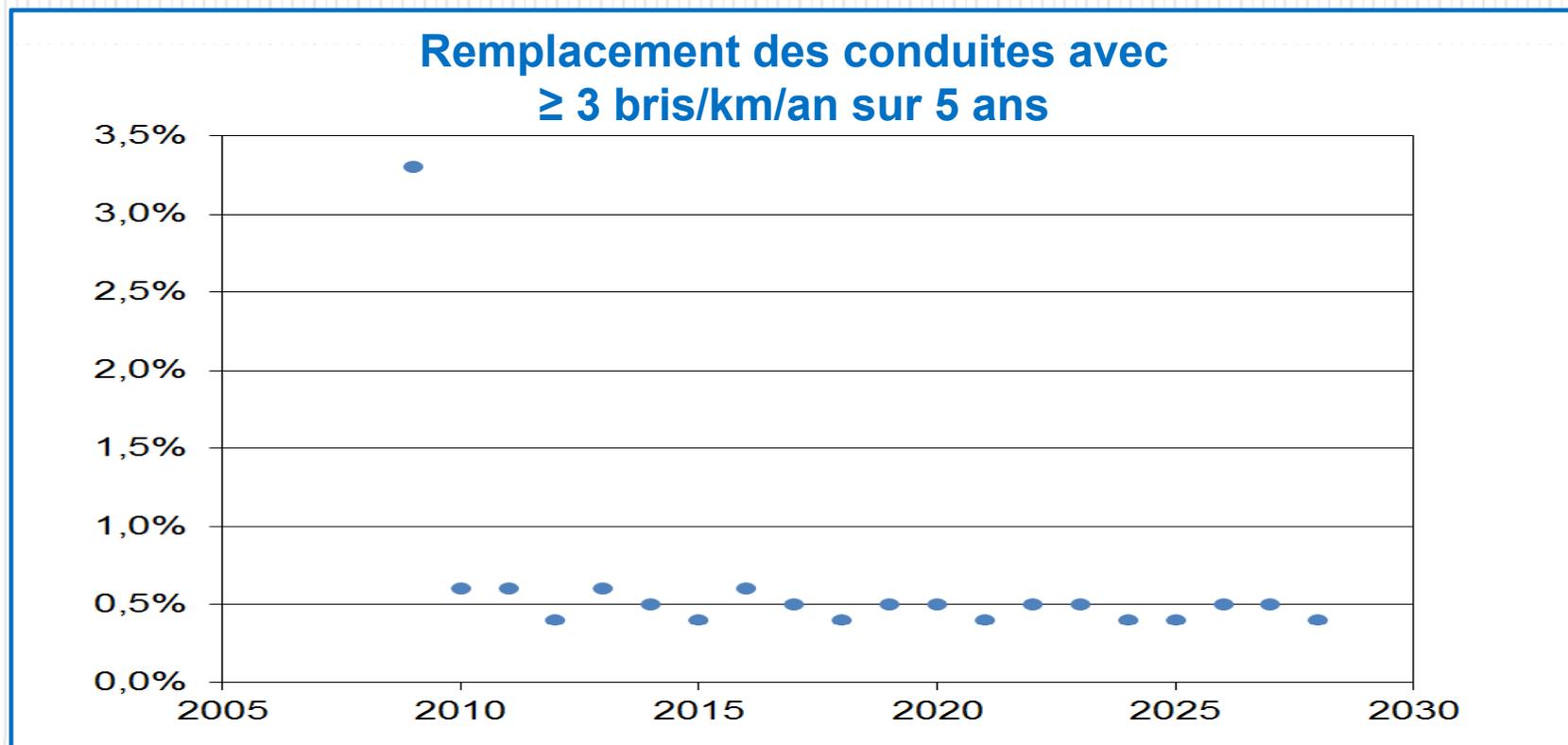


Modèle aqueduc - résultats

Analyse du nombre annuel de bris



Modèle aqueduc - résultats



Modèle aqueduc - résultats

- ❑ Pour stabiliser le nombre annuel de bris :
 - remplacement annuel de 1,5 %

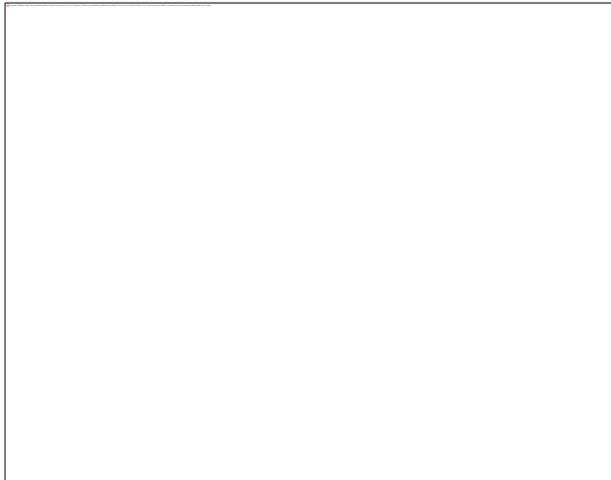
- ❑ Si on remplace les conduites avec ≥ 3 bris/km/an sur 5 ans
 - remplacement annuel de 0,5 % en moyenne

Les routes

- Inspection visuelle du réseau complet en 2006 et 2011 ;
- Confort au roulement et fissurations ;
- Comparaison des résultats ;
- Stratégie de rénovation et évaluation des coûts.

Cotes de l'état

0-20%



60-80%



20-40%

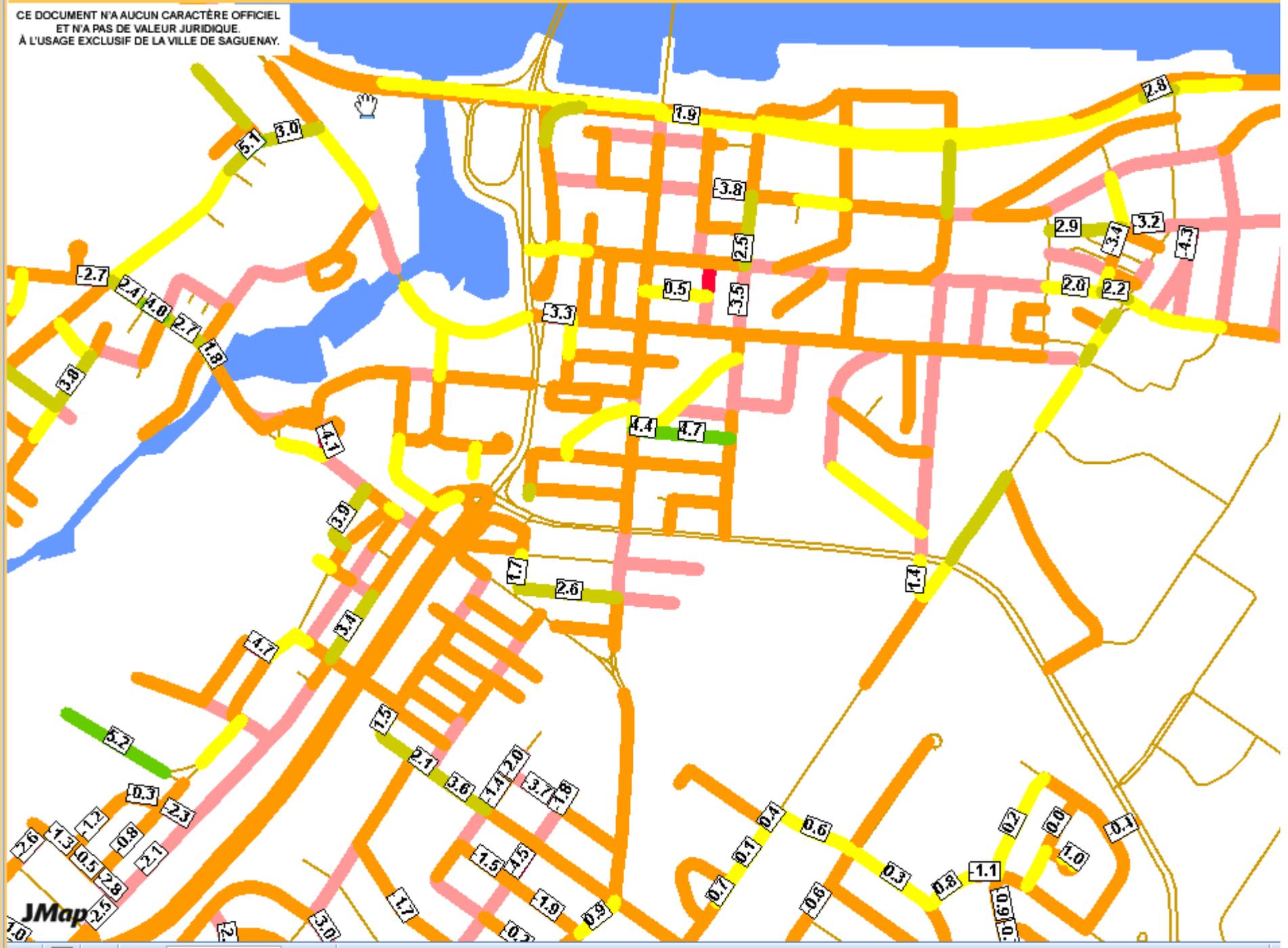


80-100%



Carte

CE DOCUMENT N'A AUCUN CARACTÈRE OFFICIEL
ET N'A PAS DE VALEUR JURIDIQUE.
À L'USAGE EXCLUSIF DE LA VILLE DE SAGUENAY.

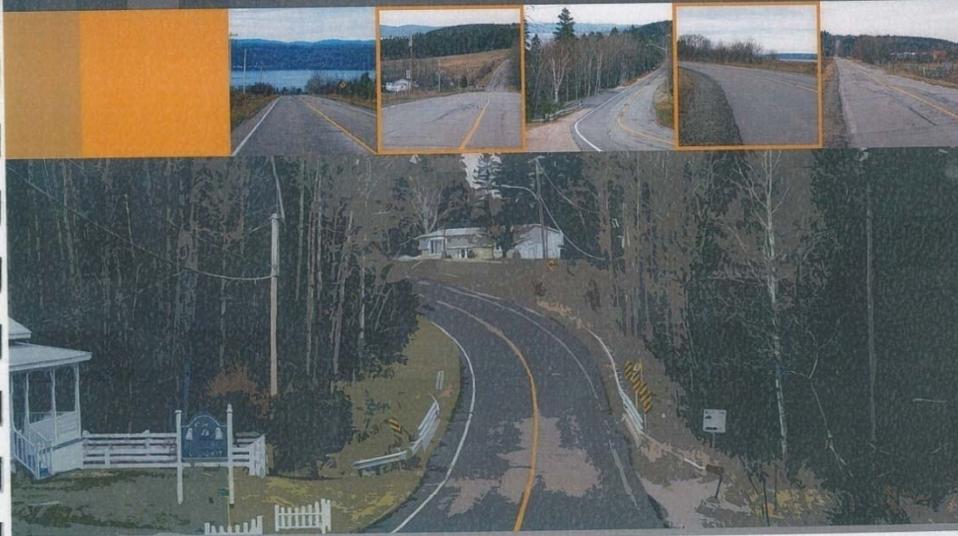


Les résultats

- ❑ Diminution de $\pm 8\%$ de la cote d'état moyenne sur 5 ans ;
- ❑ Considérant une dégradation normale théorique d'environ 2.5% par année, donc de 12.5% sur 5 ans, les travaux réalisés ont permis de ralentir la dégradation d'environ 5% sur la période.

Bilan de l'état du réseau routier en milieu rural

Novembre 2012



Scénario 20 M\$

Stratégie d'intervention # 2

Stratégie d'intervention # 2									
Cote / Moyenne de la classe	Longueur avant intervention (km)	Proportion %	Cote 2011	Intervention	Longueur planifiée (km)	Montant investi (\$)	Longueur après intervention (km)	Proportion %	Cote future
Cote 0 - 40 % 24%	117	58.44%	14.03%	Reconstruction	40	20 000 000 \$	77	38.5%	9.2%
Cote 40 - 60% 50%	46.5	23.23%	11.61%	Pulvérisation	0	- \$	46.5	23.2%	11.6%
Cote 60 - 80 % 70%	30.5	15.23%	10.66%	Recouvrement	0	- \$	30.5	15.2%	10.7%
Cote 80 - 100% 88%	6.2	3.10%	2.73%	Aucune	0		46.2	23.1%	20.3%
Cote globale (%)	200.2	100%	39.03%		40	20 000 000 \$	200.2	100.0%	51.8%
Intervention									
Reconstruction	500 000 \$ km		Travaux sur : 40 km Gain de : 12.79%						
Pulvérisation	300 000 \$ km								
Recouvrement	165 000 \$ km								

Scénario 20 M\$

Stratégie d'intervention # 3

Stratégie d'intervention # 3									
Cote / Moyenne de la classe	Longueur avant intervention (km)	Proportion %	Cote 2011	Intervention	Longueur planifiée (km)	Montant investi (\$)	Longueur après intervention (km)	Proportion %	Cote future
Cote 0 - 40 % 24%	117	58.44%	14.03%	Reconstruction	15	7 500 000 \$	102	50.9%	12.2%
Cote 40 - 60% 50%	46.5	23.23%	11.61%	Pulvérisation	34	10 200 000 \$	12.5	6.2%	3.1%
Cote 60 - 80 % 70%	30.5	15.23%	10.66%	Recouvrement	14	2 310 000 \$	16.5	8.2%	5.8%
Cote 80 - 100% 88%	6.2	3.10%	2.73%	Aucune	0		69.2	34.6%	30.4%
Cote globale (%)	200.2	100%	39.03%		63	20 010 000 \$	200.2	100.0%	51.5%
Intervention									
Reconstruction	500 000 \$ km				Travaux sur : 63 km				
Pulvérisation	300 000 \$ km				Gain de : 12.51%				
Recouvrement	165 000 \$ km								

Scénario 25 M\$

Stratégie d'intervention # 3

Cote / Moyenne de la classe	Longueur avant intervention (km)	Proportion %	Cote 2011	Intervention	Longueur planifiée (km)	Montant investi (\$)	Longueur après intervention (km)	Proportion %	Cote future
Cote 0 - 40 % 24%	117	58.44%	14.03%	Reconstruction	20	10 000 000 \$	97	48.5%	11.6%
Cote 40 - 60% 50%	46.5	23.23%	11.61%	Pulvérisation	35	10 500 000 \$	11.5	5.7%	2.9%
Cote 60 - 80 % 70%	30.5	15.23%	10.66%	Recouvrement	27	4 455 000 \$	3.5	1.7%	1.2%
Cote 80 - 100% 88%	6.2	3.10%	2.73%	Aucune	0		88.2	44.1%	38.8%
Cote globale (%)	200.2	100%	39.03%		82	24 955 000 \$	200.2	100.0%	54.5%

Intervention

Reconstruction 500 000 \$ km
 Pulvérisation 300 000 \$ km
 Recouvrement 165 000 \$ km

Travaux sur : 82 km
 Gain de : 15.46%

Scénario 30 M\$

Stratégie d'intervention # 3

Stratégie d'intervention # 3									
Cote / Moyenne de la classe	Longueur avant intervention (km)	Proportion %	Cote 2011	Intervention	Longueur planifiée (km)	Montant investi (\$)	Longueur après intervention (km)	Proportion %	Cote future
Cote 0 - 40 % 24%	117	58.44%	14.03%	Reconstruction	22	11 000 000 \$	95	47.5%	11.4%
Cote 40 - 60% 50%	46.5	23.23%	11.61%	Pulvérisation	46.5	13 950 000 \$	0	0.0%	0.0%
Cote 60 - 80 % 70%	30.5	15.23%	10.66%	Recouvrement	30.5	5 032 500 \$	0	0.0%	0.0%
Cote 80 - 100% 88%	6.2	3.10%	2.73%	Aucune	0		105.2	52.5%	46.2%
Cote globale (%)	200.2	100%	39.03%		99	29 982 500 \$	200.2	100.0%	57.6%
Intervention									
Reconstruction	500 000 \$ km			Travaux sur :	99 km				
Pulvérisation	300 000 \$ km			Gain de :	18.60%				
Recouvrement	165 000 \$ km								

Résultats

Des simulations des stratégies de rénovations ont permis de constater que:

- Peu importe la stratégie utilisée, (réfection, rénovation, pavage), l'amélioration de la cote d'état moyenne est directement proportionnelle avec la somme investie. Une simulation sur 200 km de réseaux permet de voir que pour des investissements de:
 - 20M\$, le gain est de $\pm 13\%$;
 - 25M\$, le gain est de $\pm 16\%$;
 - 30M\$, le gain est de $\pm 19\%$.

Résultats

- ❑ En tenant compte des prix moyens des travaux à Saguenay, il faut donc prévoir $\pm 8\ 000\$/\text{km}$ pour hausser la cote moyenne de l'ensemble du réseau rural de 1% ;
- ❑ La stratégie d'investissement n'influence pas ce résultats ;
- ❑ Le nombre de kilomètre traitée est influencé par la stratégie d'investissement ;

.

Validation

- En extrapolant ces résultats sur l'ensemble du réseau inspecté ($\pm 1000\text{Km}$) :
 - Besoin annuel théorique $\pm 20 \text{ M\$}$;
 - Taux moyen d'investissement 2006-2011 $\pm 8\text{M\$}$;
 - Résultats attendu diminution de l'état global $\pm 8\%$;
 - Résultat de l'analyse comparative des inspections de l'ensemble du réseau 8%.

Conclusion

Si on revient aux questions du début :

❑ Combien?

- $\pm .4\%$ en longueur pour l'aqueduc et l'égout et environ 20 000\$/km pour la voirie.

❑ Où et quand?

- Lorsqu'un tronçon d'aqueduc présente un taux de bris supérieur à 3 bris par kilomètre sur un tronçon, il devrait être planifié ;
- Lorsqu'un tronçon d'égout, suite aux inspections vidéos préventives, présente des défauts de niveau 4 ou 5, il devrait être planifié ;
- En voirie, considérant que l'amélioration de la cote globale n'est pas influencée par la stratégie d'investissement à court terme, mais seulement par la somme globale investie, le choix des routes à réparer doit intégrer d'autres critères de décisions, à savoir : le type d'artère, la synchronisation avec d'autres travaux, mais aussi l'importance d'agir en rénovation avant que la dégradation ne soit trop importante.

Conclusion

Comment ?

- ❑ Il n'y a pas de réponse simple à cette question, le choix des méthodes d'interventions, leur planification en tenant compte des particularités de chaque réseau et des impacts économiques à moyen et long terme sont fortement influencés par les espérances de vie de chaque type d'intervention ;
- ❑ Certains outils commencent à apparaître sur le marché, reste à les mettre à l'épreuve, mais ça c'est une autre conférence.

MERCI DE VOTRE ATTENTION !