



**Évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques
des réseaux de types combiné, pseudo-séparatif et pluvial du bassin tributaire
de l'ouvrage de surverse BELGRAND à Laval**



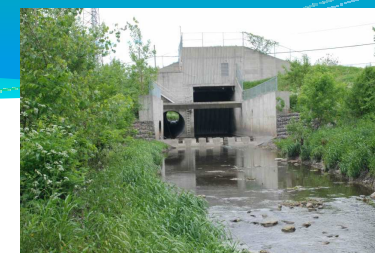
INFRA 2011

Hôtel Hilton, Québec, 8 novembre 2011

par:

Pierre Lamarre, ing., GENIVAR

Martine Galarneau, ing., M.Sc.A., Ville de Laval

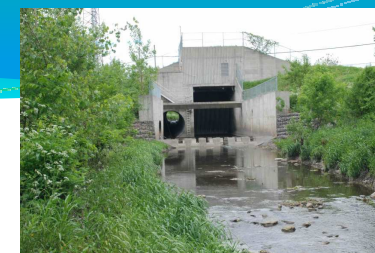


ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Plan de la présentation

- 1. Protocole du CVIIP**
- 2. Description de l'ouvrage Belgrand à Laval**
- 3. Évaluation du risque lié aux changements climatiques**
- 4. Principales recommandations**
- 5. Conclusion**





ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

1. Protocole du CVIIP

- **CVIIP**: « *Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques* » créé par **Ingénieurs canada** en 2005 regroupant des représentants des trois paliers de gouvernement et organismes tels **CERIU**
- **But** : Évaluation de la **vulnérabilité aux changements climatiques** des infrastructures publiques:
 - Bâtiments
 - Routes et structures connexes
 - Systèmes de ressources en eau et de gestion de l'eau
 - **Collecte et traitement des eaux usées et pluviales**

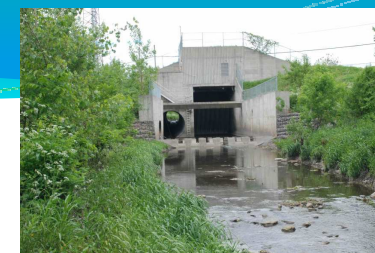


CVIIP

Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des

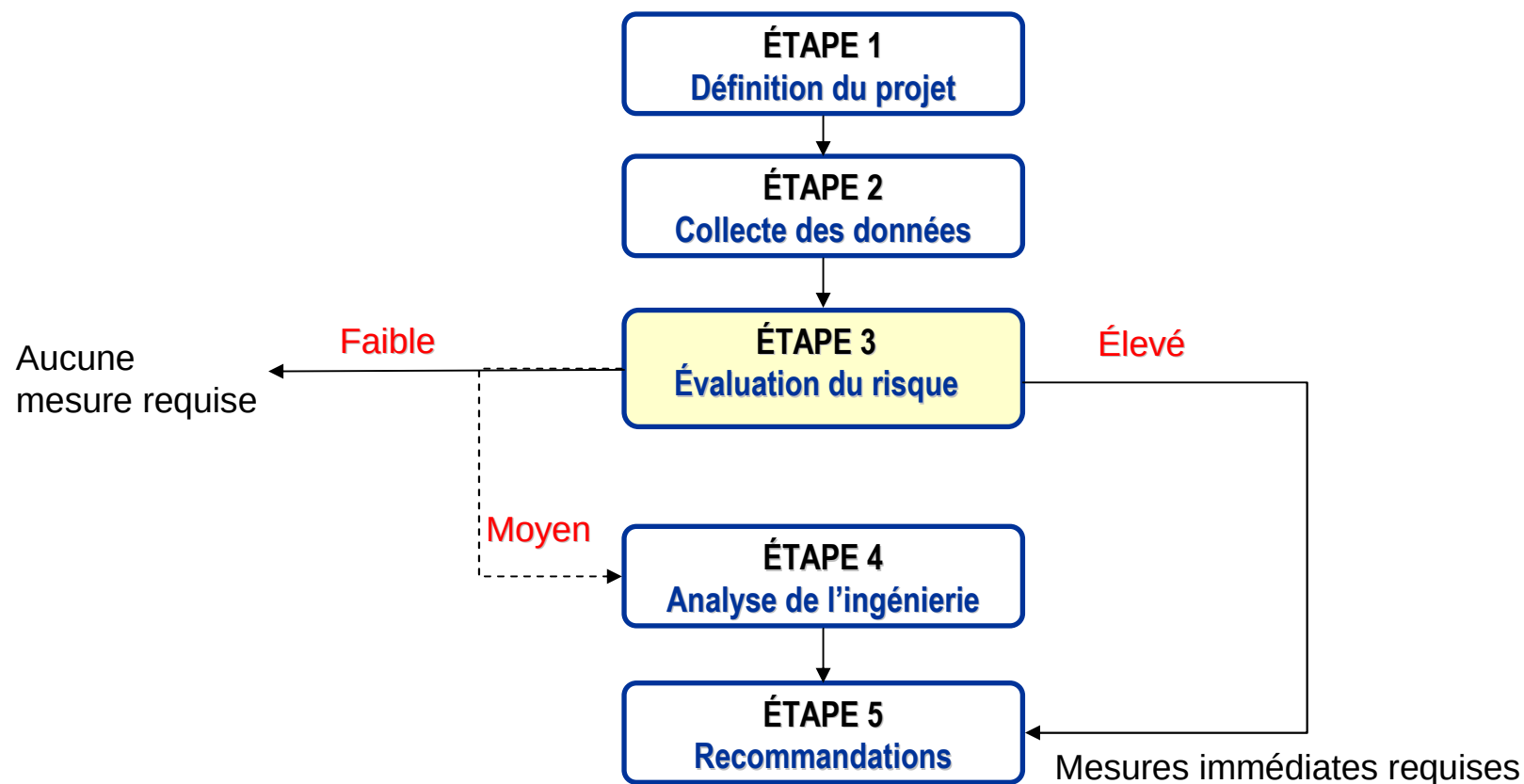
*Adapter les infrastructures
à un climat changeant*

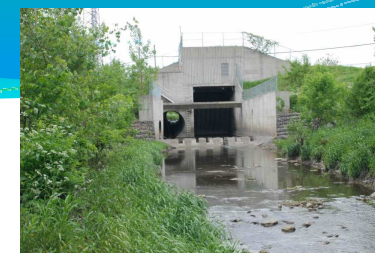
infrastructures publiques



ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Le protocole du CVIIP: Processus structuré en 5 étapes





ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

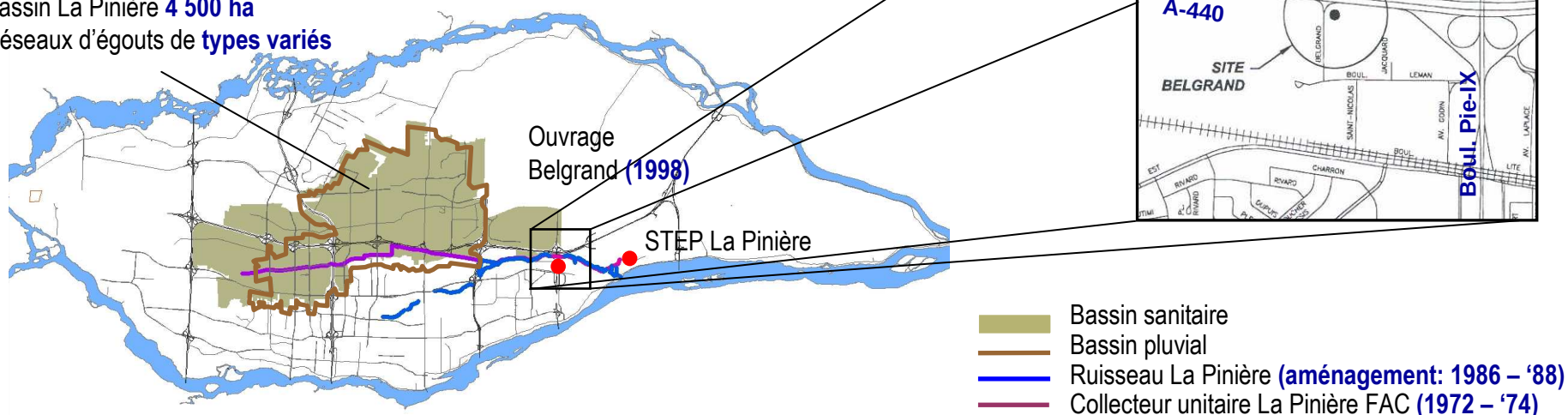
2. Description de l'ouvrage Belgrand à Laval

■ Fonctions:

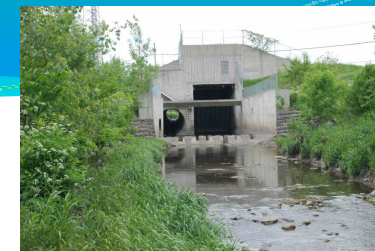
- Structure **d'interception et de régulation** des eaux usées
- **Contrôle des débordements** en temps de pluie

■ Localisation: Exutoire du **bassin La Pinière** : collecteur unitaire de 4575 mm FAC

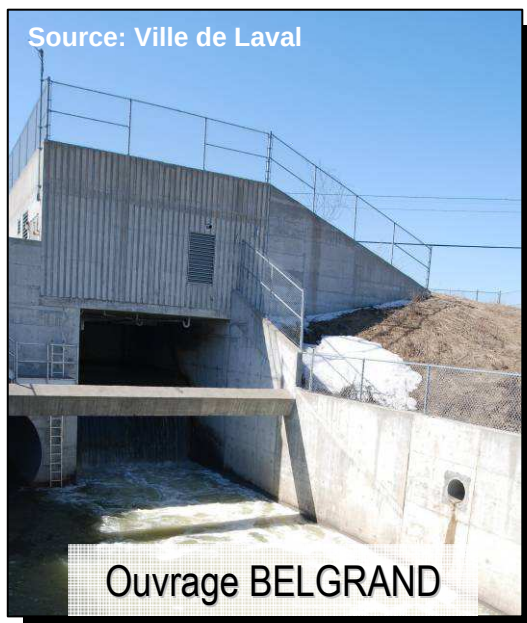
Bassin La Pinière **4 500 ha**
Réseaux d'égouts de **types variés**



■ Construction: Dans le cadre du **PAEQ** – à la mesure des **moyens \$** – débordements **importants** et **fréquents**...



Source: Ville de Laval



Ouvrage BELGRAND

Ouvrage Belgrand

Structure de dérivation: vanne à crête basculante

Ruisseau La Pinière aval

Vers rivière des Prairies

Vers usine La Pinière

Chambre de mesure

Structure de régulation dynamique:
Vanne motorisée

Rue Belgrand

Débord.: ± 50 / saison estivale (ER respecté)

$Q_{1/10 \text{ ans}}: 40 \text{ à } 50 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{\text{int.}}: 1 \text{ à } 2 \text{ m}^3/\text{s}$

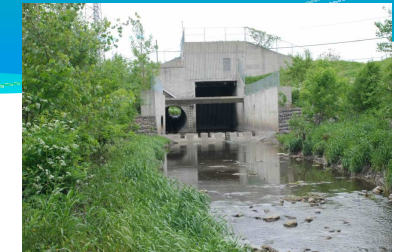
Rétention: $23\,000 \text{ m}^3$

Collecteur unitaire
La Pinière
FAC 4575 mm

Ruisseau
La Pinière Sud

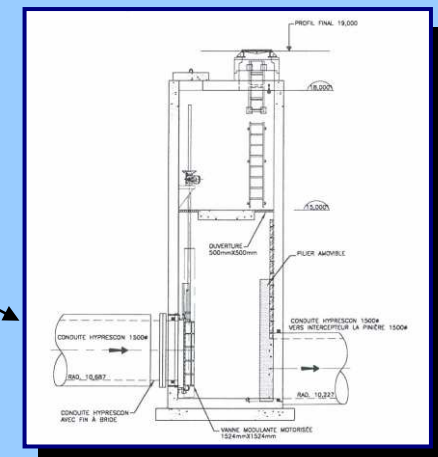
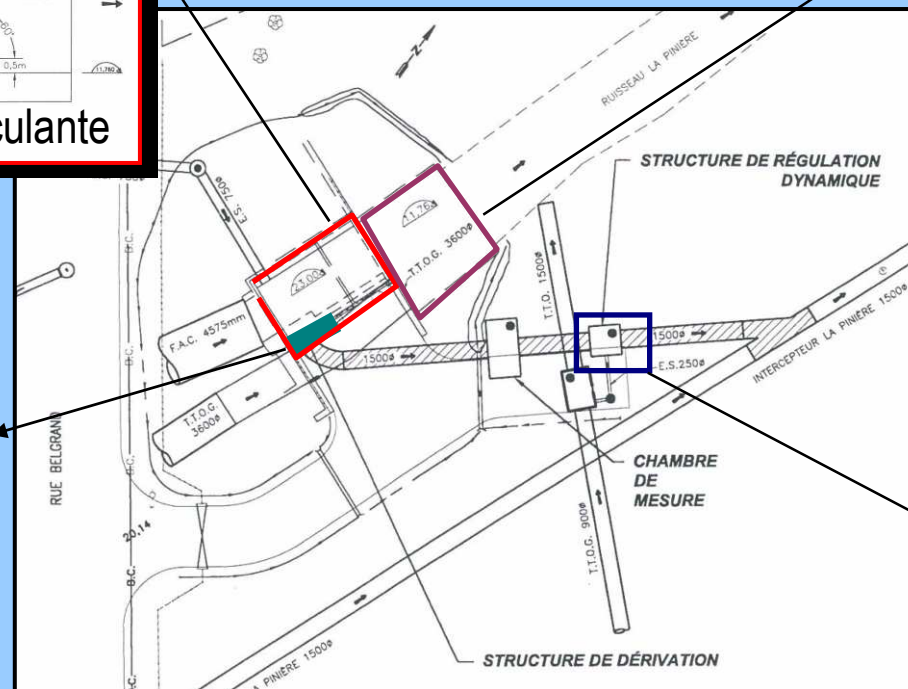
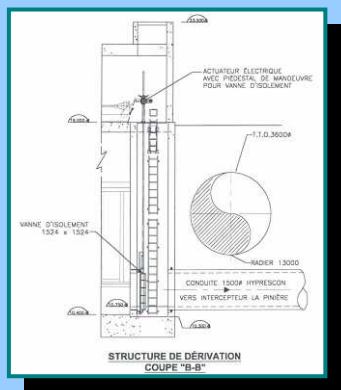
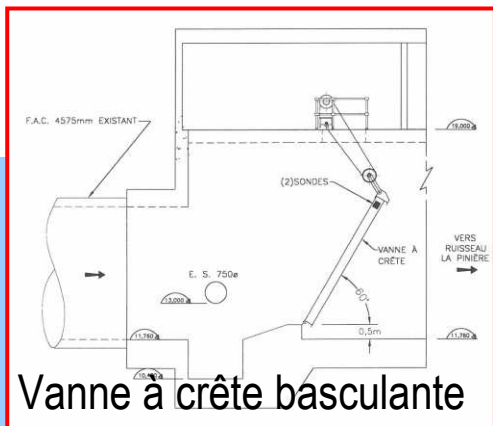
Intercepteur
La Pinière 1500 mm

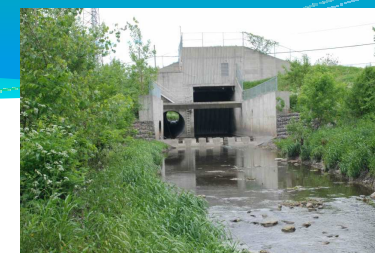
Objectif de contrôle (MAMROT): 7 débordements / saison estivale



ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Structure de dérivation de l'ouvrage Belgrand



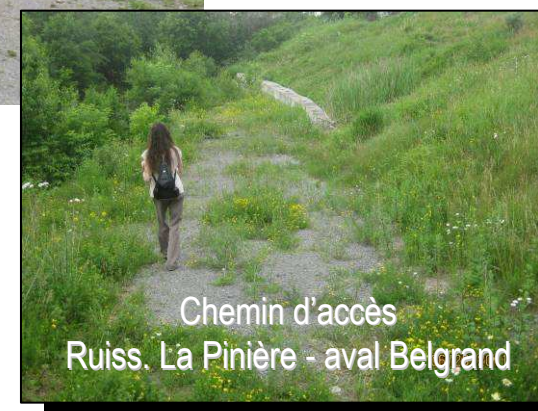


ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

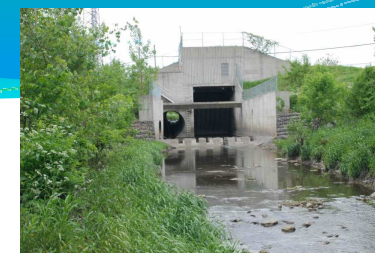
Éléments d'infrastructure Catégorie 1 : Administration / Opération



- Salle mécanique
- Salle de contrôle

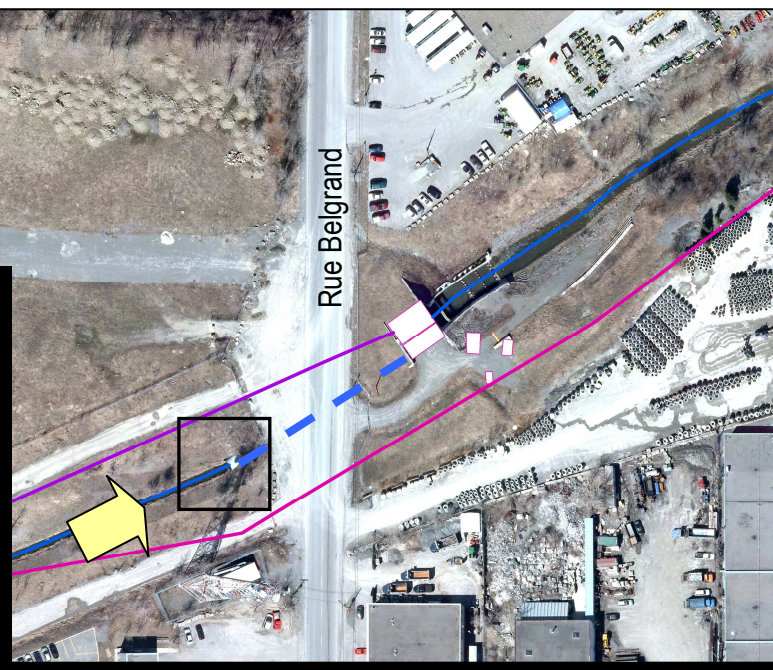
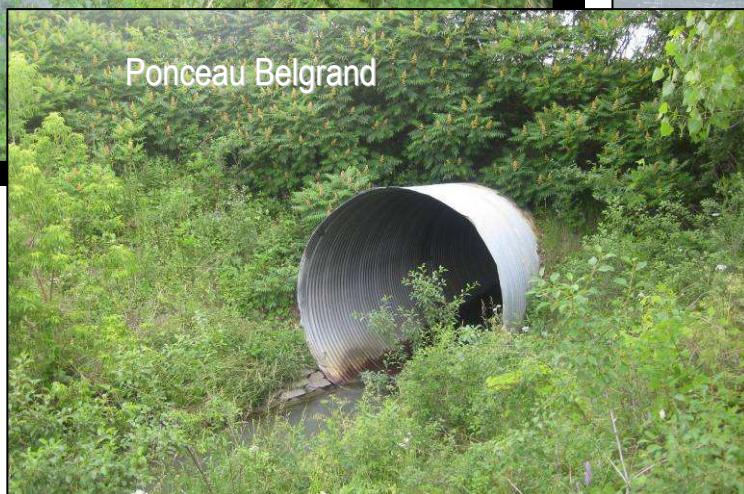
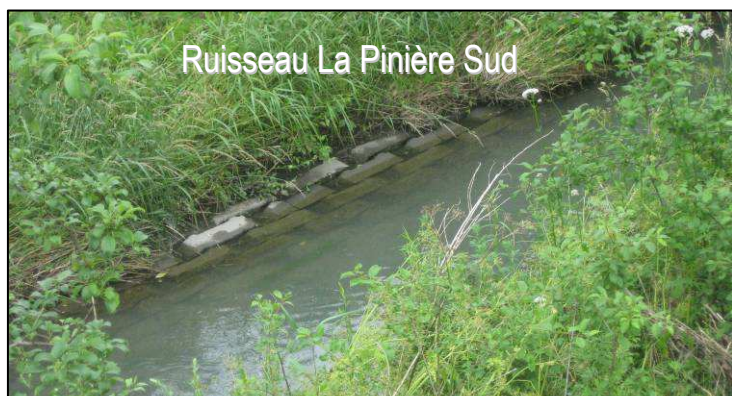


Source des photos: Genivar

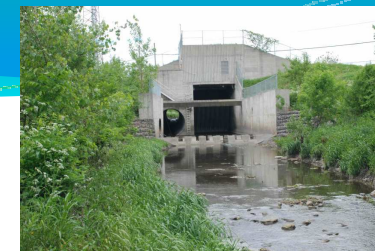


ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Catégorie 2: Réseaux tributaires amont



Source des
photos: Genivar

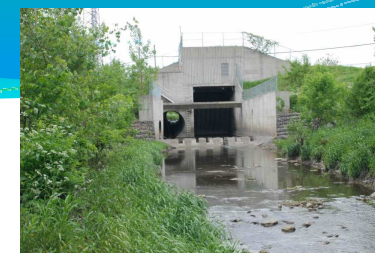


ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Catégorie 3: Structures fixes



Source des photos: Genivar

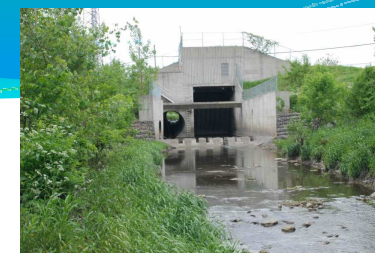


ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Catégorie 4 : Systèmes mécaniques

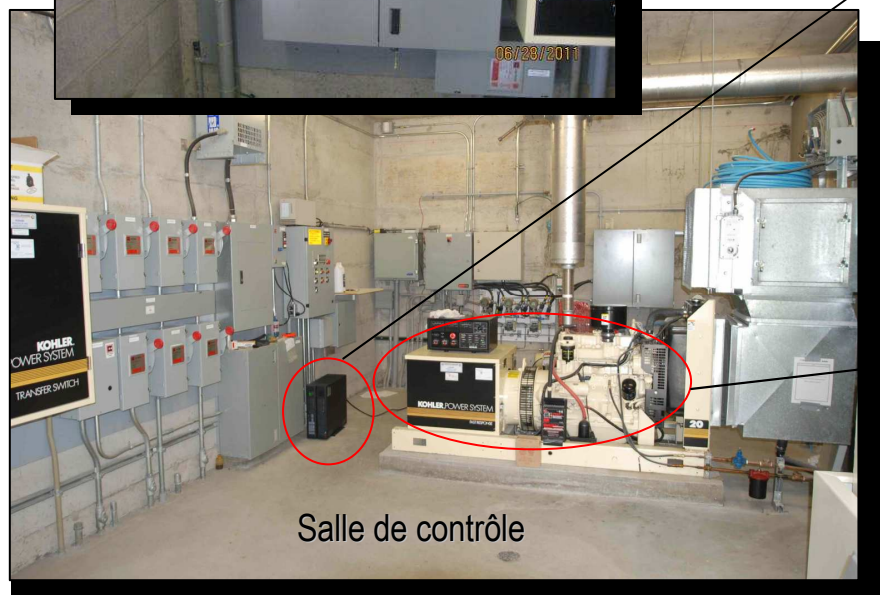


Source des photos: Genivar

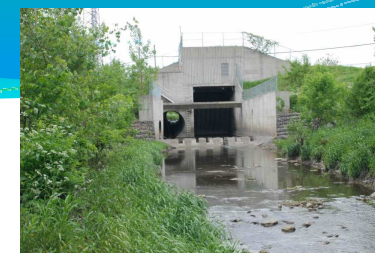


ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Catégorie 5: Système d'alimentation électrique



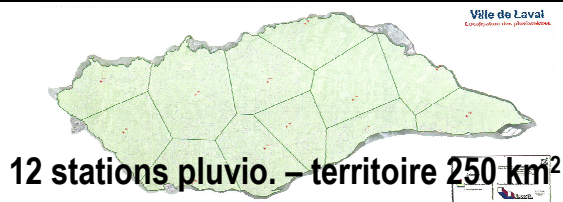
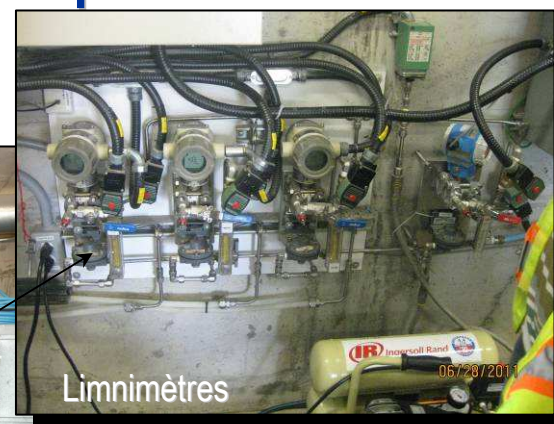
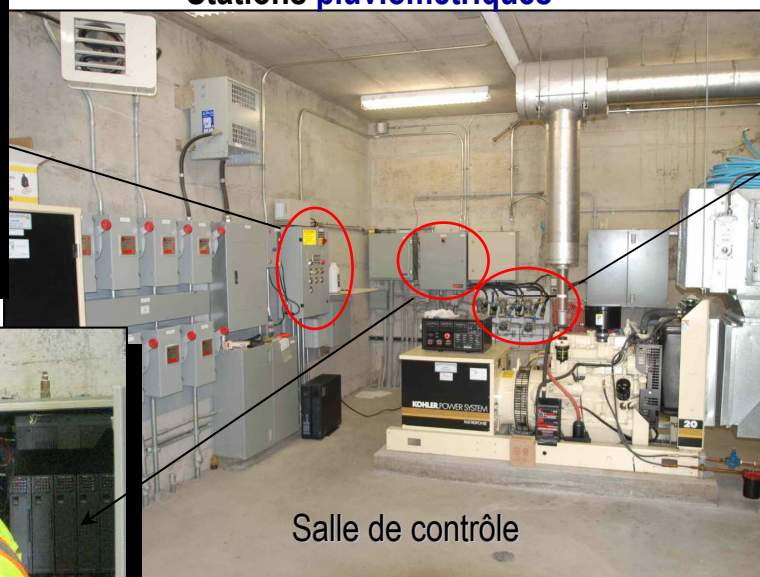
Source des photos: Genivar



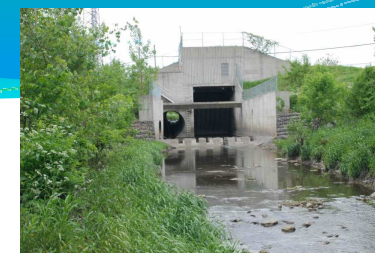
ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Catégorie 6: Systèmes de contrôle et de supervision

- Syst. acquisition de données
- Syst. superviseur SCADA
- Stations pluviométriques



Source des photos: Genivar



ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Catégorie 7: Système de télécommunication

Transmetteur radio



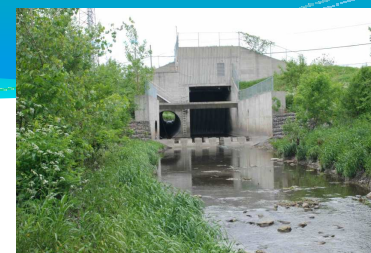
Antenne



Salle de contrôle



Source des photos: Genivar



ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Catégorie 8: Système de sécurité

Détecteur de mouvement



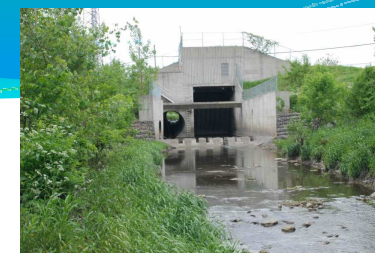
Détecteur de fumée



DANGER
L'ALARME SONORE ANNONCE
L'OUVERTURE DE LA VANNE
ET L'INONDATION SOUDAINE
DU FOSSÉ

Clôture – alarme sonore (ouverture d'urgence)





ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

3. Évaluation du risque

Pour chaque interaction climat – infrastructure:

$$R = P \times G$$

R = degré de **risque** (0 à 49)

P = indice de **probabilité d'occurrence** (0 à 7)

G = indice de **gravité** (0 à 7)

Méthode A (quantitative): Facteurs d'échelle de probabilité

Indice de probabilité d'occurrence	Probabilité	Nombre d'occurrences par an
0	Négligeable/non applicable	0
1	Improbable/très improbable	0 à 0,05
2	Faible	0,05 à 0,1
3	Occasionnelle	0,1 à 0,25
4	Modérée/possible	0,25 à 0,75
5	Souvent	0,75 à 1,25
6	Probable	1,25 à 2
7	Certaine/très probable	> 2

→ Analyse climatologique

Méthode E (qualitative): Facteurs d'échelle de gravité

Indice de gravité	Gravité des conséquences et des effets
0	Négligeable ou non applicable
1	Changement mesurable très faible/peu probable/rare
2	Changement dans l'aptitude au service faible/rare /limité
3	Perte occasionnelle d'une certaine capacité
4	Perte modérée d'une certaine capacité
5	Perte régulière de capacité et d'une certaine fonction
6	Perte de fonction importante /probable/critique
7	Perte de ressources extrême /fréquente/permanente

→ Atelier de travail



ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

L'analyse climatologique

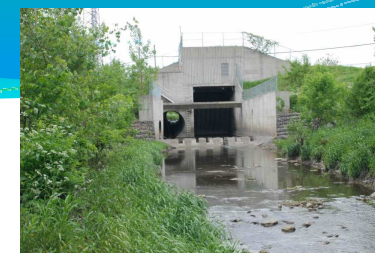
Sources des données:

Climat actuel (1971-2000): Environnement Canada

Climat futur (2041-2070): Panel intergouvernemental sur les C.C., articles scientifiques (Ouranos, INRS-ÉTÉ, etc.)

Variables climatiques analysées (21):

- Température élevée (max)
- Température basse (min)
- Vague de chaleur
- Vague de froid
- Variabilité de la température
- Cycles de gel/dégel
- Fortes pluies (> 50 mm en 24 heures)
- Fortes pluies consécutives (total sur 5 jours)
- Pluies hivernales
- Pluies verglaçantes
- Verglas
- Neige
- Poudrerie
- Foudre
- Grêle
- Vent
- Tornade
- Sécheresse
- Orages
- Refroidissement éolien
- Humidex

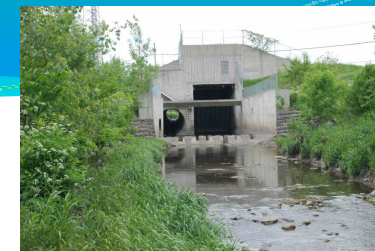


ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Analyse climatologique: méthodologie

	Climat actuel	Climat futur
1. Seuil critique:	Valeur représentative des conditions jugées critiques Ex.: Temp. max. > 33°C	Idem
2. Fréquence d'occurrence:	Sur 30 ans (1971 – 2000) Ex.: 0,63 / an	Tendance déduite des analyses climatiques Ex.: Hausse des températures
3. Indice de probabilité:	Déduit du tableau de la Méthode A Ex.: Indice de 4 (de 0,25 à 0,75 / an: modéré / possible)	Probabilité attribuée en atelier Ex.: Indice de 5

NOTE: Pour les **événements fréquents** (ex.: cycles de gel/dégel), la **moyenne annuelle** (ex.: 72 fois/année) est considérée comme la **médiane** (1/2 ans ou 0,5 fois/an: indice de 4)



ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Évaluation du risque

Atelier de travail : 15-20 participants: Ville, consultant, CERIU, Ouranos, Ing. Canada)

BUTS:

- Établir la probabilité de chaque variable climatique aux conditions existantes et futures
- Déterminer les interactions pertinentes climat/infrastructures
- Évaluer le degré de gravité de l'interaction

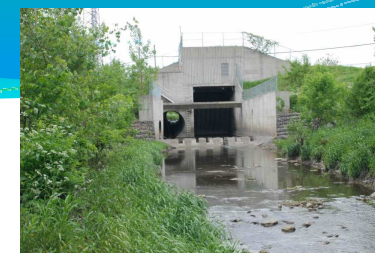


Source: G. Féllo,
Ing. Canada

Résultat: Matrice d'évaluation du risque

Conditions existantes	Événements climatiques							
	Gel/dégel (6)				Fortes pluies (7)			
Élément d'infrastructure	73 jours ou plus avec une température maximale > 0°C et minimale < 0°C				Nombre de jours avec des précipitations égales ou > 50 mm pour une durée maximale de 24 heures			
Réseaux tributaires amont	O/N	P	G	R	O/N	P	G	R
Collecteur Lapinière		4			✓	4	4	16
Ruisseau Lapinière sud		4			✓	4	2	8
Dérivation Monette		4			✓	4	1	4
Structures fixes	O/N	P	G	R	O/N	P	G	R
Canal transversal d'interception		4			✓	4	1	4
Intercepteur Lapinière (1500 mm)		4			✓	4	1	4
Murs Latéraux		4			✓	4	1	4
Dissipateur d'énergie		4			✓	4	0	0
Ruisseau Lapinière aval		4			✓	4	4	16

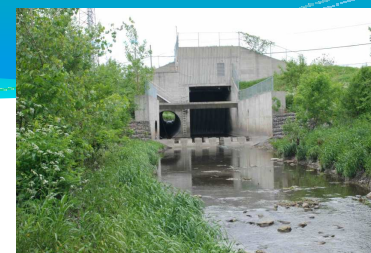
Exemples: Température très basse et dissipateur d'énergie: Gravité 1
Température très basse et antenne de télécom: Gravité 5



ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

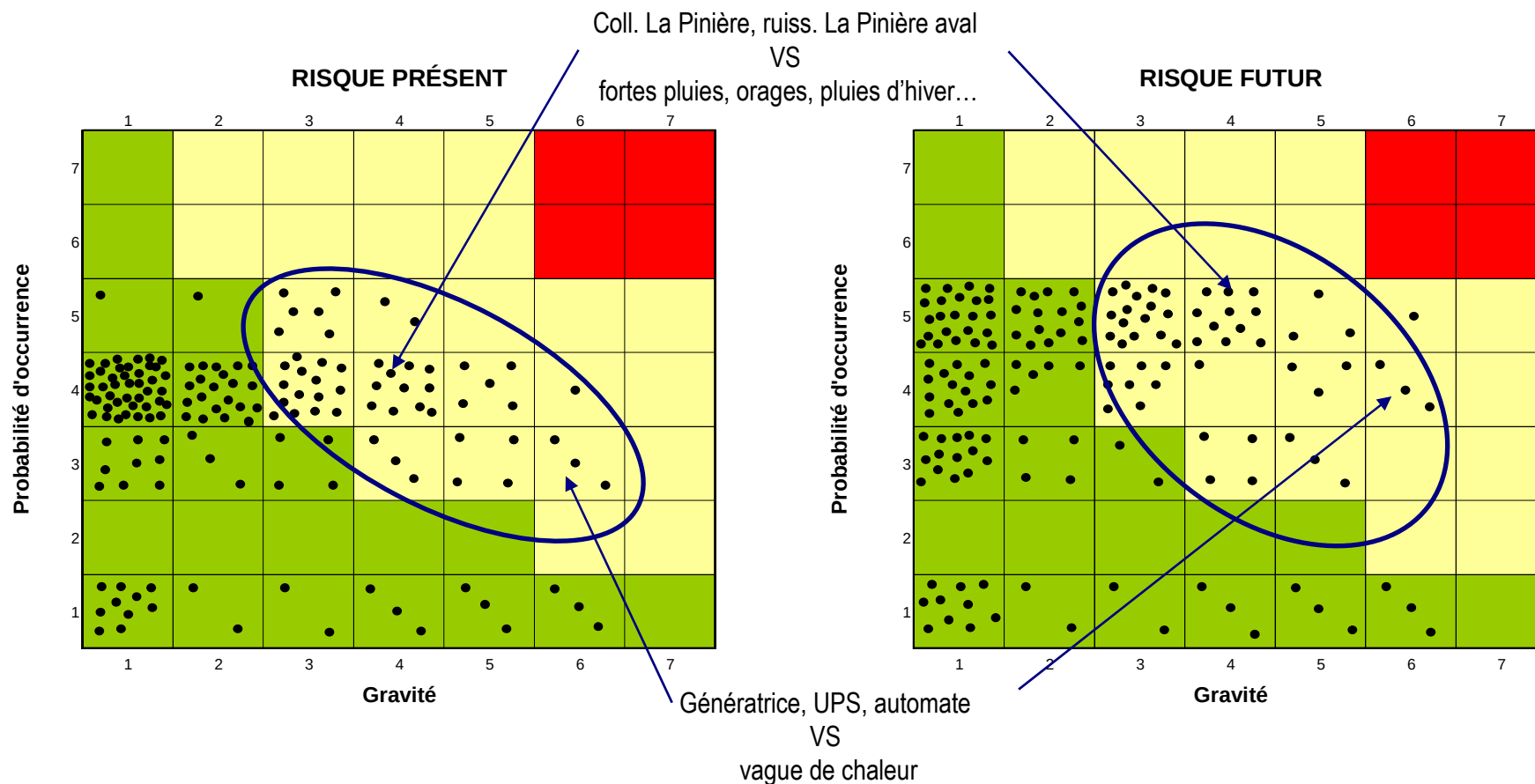
Échelle de risque

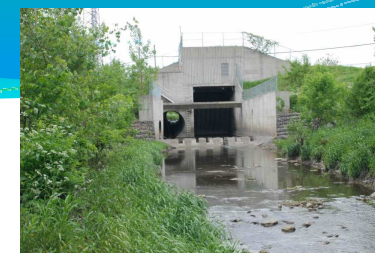
Échelle de risque	Seuil	Réaction
< 12	Risque faible	Aucune mesure nécessaire dans l'immédiat
12 à 36	Risque moyen	Mesures (analyse de l'ingénierie) p-e requises
> 36	Risque élevé	Mesures immédiates requises



ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Résultats – Risque présent VS risque futur





ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Évaluation du risque lié aux changements climatiques - Sommaire des résultats -

Évaluation du risque Climat actuel et/ou futur

	Nombre d'interactions
Risque faible $R < 12$	105 (66%)
Risque moyen $12 \leq R \leq 36$	53 (34%)
TOTAL Interactions évaluées	158

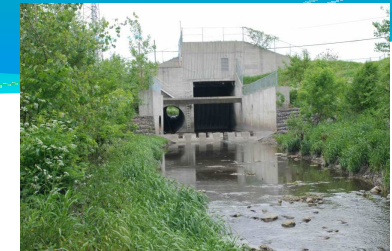
Évaluation du risque Impact des changements climatiques sur le risque

	Nombre d'interactions
Risque ↑	72 (46%)
Risque ↓	11 (7%)
Risque inchangé	75 (46%)
TOTAL Interactions évaluées	158

Ex.: Génératrice, automates programmables et batterie d'urgence VS vague de chaleur et humidex élevé

Ex.: Antenne VS température très basse et vague de froid

Analyse d'ingénierie



ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Analyse de l'ingénierie

BUT:

Établir la capacité de l'infrastructure à supporter les charges additionnelles liées aux C.C. et aux autres facteurs (ex: augmentation de population, réhabilitation, etc.)

Vulnérabilité si $C_{hT} > C_T$

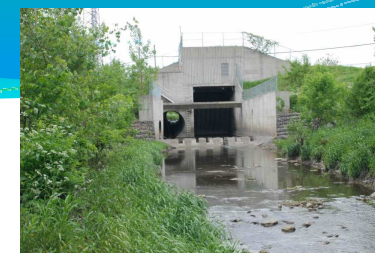
- C_{hT} : charge totale - conditions futures
- C_T : capacité totale - conditions futures

Occurrences par année

Appréciation **qualitative**
(augmentation ou diminution)



Matrice d'analyse



ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Analyse de l'ingénierie

	Nombre d'interactions
Vulnérables	24 (45%)
Non vulnérables	29 (55%)
TOTAL Interactions évaluées	53 (100%)

Nombre d'interactions vulnérables	
5 (21%)	Vulnérabilité sous réserve d'une validation de la capacité des ouvrages futurs VS Augm. fortes pluies conditions futures
19 (79%)	Concernent les équipements électriques et électroniques VS Chaleur et humidité élevés
24 (100%)	TOTAL - vulnérables

Coll. et ruisseau La Pinière

**Alim. élect.
Supervision et contrôle
Télécom**

RECOMMANDATIONS



ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

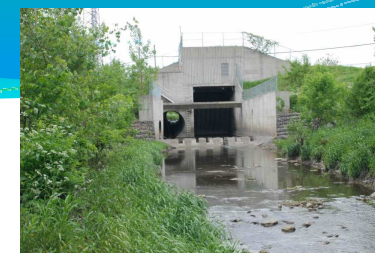
4. Principales recommandations

Recommandations relatives aux éléments jugés vulnérables:

- **Coll. La Pinière** et **ruiss. La Pinière en aval** de Belgrand VS **fortes pluies** aux cond. futures.
- Équipements **d'alimentation électrique, d'instrumentation et de contrôle et de télécommunication** VS **chaleur et humidité élevées**.

RECOMMANDATIONS – Éléments vulnérables

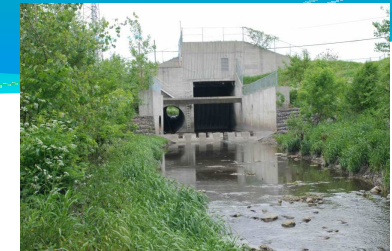
1. Établir un **plan directeur des eaux pluviales** actualisé pour contrôler les débits évacués à des taux reflétant le plus possible les **conditions naturelles** et permettre la **conservation** des ouvrages existants:
 - a. Mesures de **gestion de l'aménagement urbain**;
 - b. Gestion des **eaux de ruissellement** à la source.
2. Profiter des mises à niveau et remplacements d'équipements électriques et électroniques au terme de leur vie utile (< 30 ans) pour **actualiser les exigences de performances** et les rendre compatibles aux nouvelles conditions climatiques anticipées.



ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES

1. Établir les **stratégies de contrôle de débordement** aptes à rencontrer les objectifs de rejet visés (7 / saison estivale) et déterminer les ouvrages requis - modification des ouvrages existants et nouveaux ouvrages (ex: tunnel de rétention) en considérant les **conditions climatiques anticipées** durant leur vie utile;
2. Poursuivre les **efforts d'acquisition de données** sur le comportement des ouvrages actuels pour favoriser le calage des modèles de simulation hydraulique, et par conséquent, l'optimisation des paramètres de conceptions et le choix des meilleures solutions techniques sur le plan fonctionnel et en terme de facilité d'exploitation et d'entretien;
3. Dans le contexte de la densification du territoire, favoriser des **mesures innovantes de gestion de l'aménagement urbain et de gestion des eaux pluviales** (ex.: infiltration, rétention à la source, etc.) pour viser le maintien des conditions hydrologiques naturelles et ainsi améliorer la qualité des eaux pluviales.



ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

5. Conclusion

- Les changements climatiques auront des impacts sur les **infrastructures de gestion des eaux usées et pluviales** liés à la pluie, mais aussi aux **autres variables climatiques**.
- L'ouvrage Belgrand a été conçu à l'origine pour maximiser le contrôle des débordements en temps de pluie en utilisant le volume disponible dans le collecteur existant. De **nouveaux ouvrages** seront requis pour permettre **l'atteinte des objectifs de contrôle de rejet**.
- Les nouveaux ouvrages devront répondre à la fois aux **objectifs de contrôle des débordements** d'eaux usées en temps de pluie et aux **exigences de la gestion des eaux pluviales** répondant aux critères actuels visant la réduction des débits de pointe se rapprochant le plus possible des conditions naturelles.



ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DES RÉSEAUX DE TYPES COMBINÉ, PSEUDO-SÉPARATIF ET PLUVIAL DU BASSIN TRIBUTAIRE DE L'OUVRAGE DE SURVERSE BELGRAND À LAVAL

Merci de votre attention

