



NOTRE NOM EST INNOVATION

Adaptation des routes d'accès face aux changements climatiques

Mathieu Durand-Jézéquel, ing. jr, M. Sc.
Chercheur – Routes et infrastructures

Conférence Web
1^{er} juin 2017

Plan de la présentation

Introduction

Travail de FPIInnovations

Protocole du CVIIP

Étude de cas

Conclusion

Changements climatiques

- Quelques changements climatiques projetés :
 - Augmentation des températures
 - Élévation du niveau des mers
 - Hivers plus courts
 - Événements de pluie intense plus fréquents

- Les prédictions varient en fonction de l'emplacement géographique

Impacts sur les routes d'accès



Revue de la littérature

- Adaptation des routes face aux changements climatiques
 - Politiques gouvernementales
 - Rapports d'organismes spécialisés
 - Articles scientifiques

- Très peu d'information concernant les chemins forestiers

Objectifs de FPInnovations

- Adapter une méthode existante pour évaluer les vulnérabilités des chemins forestiers face aux changements climatiques
- Développer et implémenter des méthodes d'adaptation pour protéger les routes et infrastructures forestières

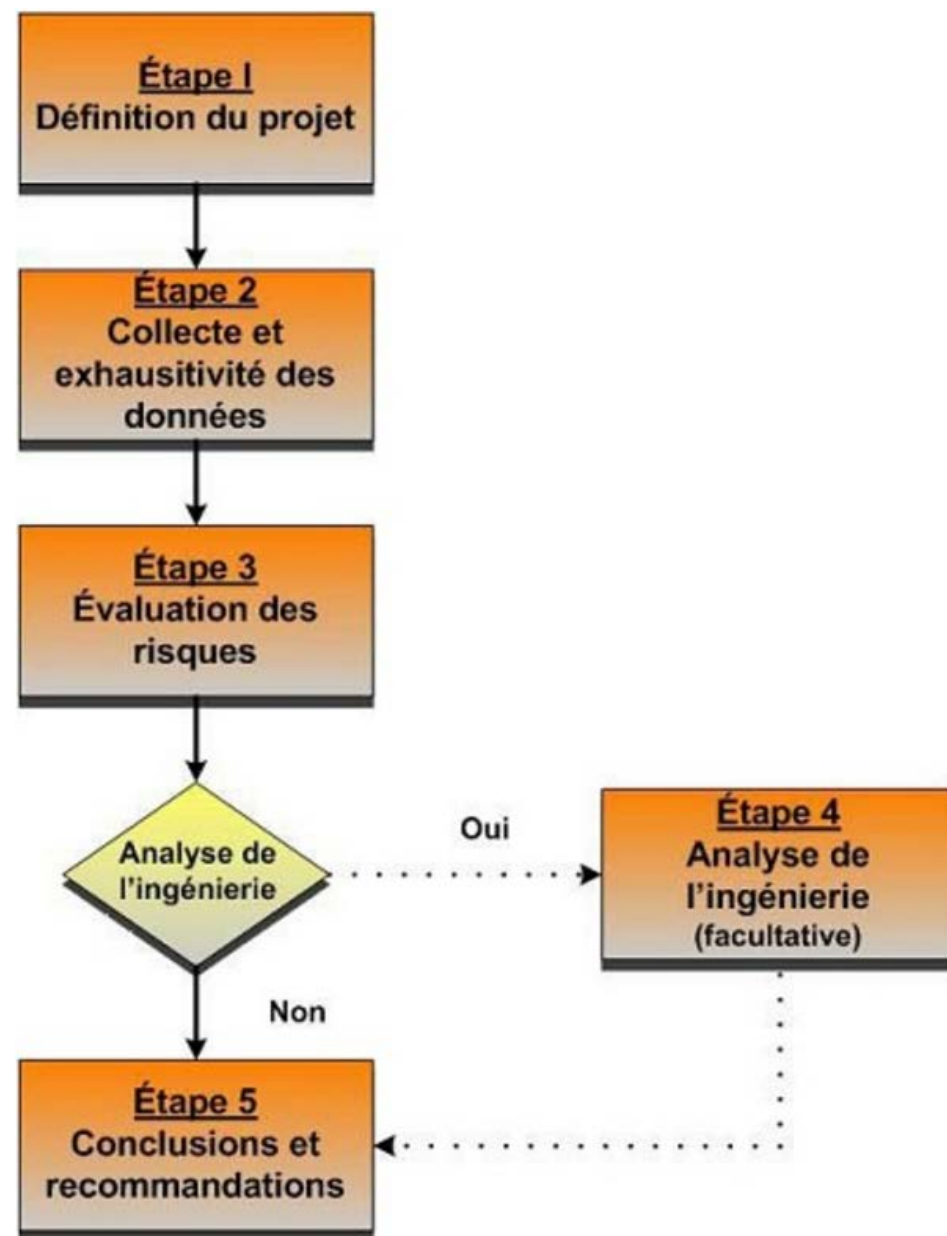
Atelier en Colombie-Britannique

- Évaluation de la **vulnérabilité** d'une **route d'accès** aux ressources face aux **changements climatiques**



Protocole du CVIIP

- Comité sur la Vulnérabilité de l'Ingénierie des Infrastructures Publiques
- Développé par Ingénieurs Canada



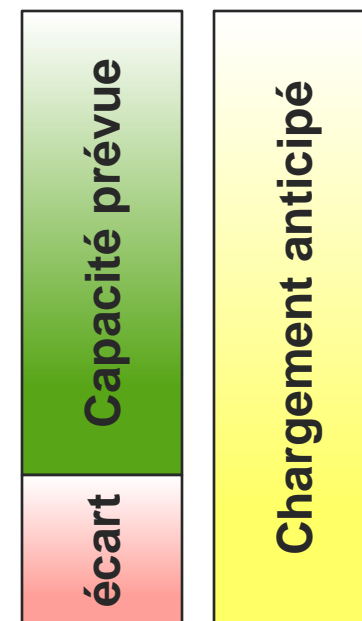
Objectifs du protocole du CVIIP

- Évaluer les **vulnérabilités** des infrastructures aux phénomènes météorologiques **extrêmes** et aux **changements climatiques** futurs
- Permettre la **planification** et la **conception** d'**infrastructures** sécuritaires et plus résilientes

Qu'est-ce que la vulnérabilité?

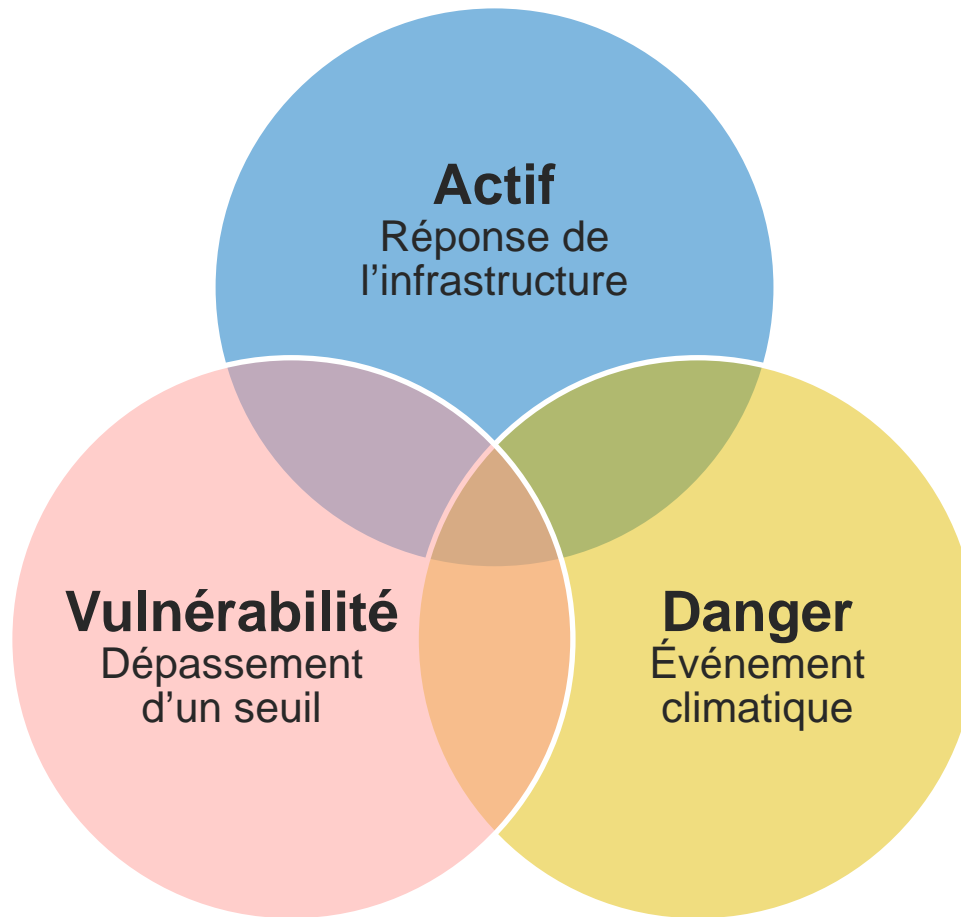
- Si le **chargement anticipé** d'une infrastructure est plus grand que la **capacité prévue**, un **écart** indique une condition de défaillance potentielle
- Un tel écart est appelé « **vulnérabilité** »

vulnérabilité



Adapté de Nodelman (2017)

3 facteurs contribuant au risque



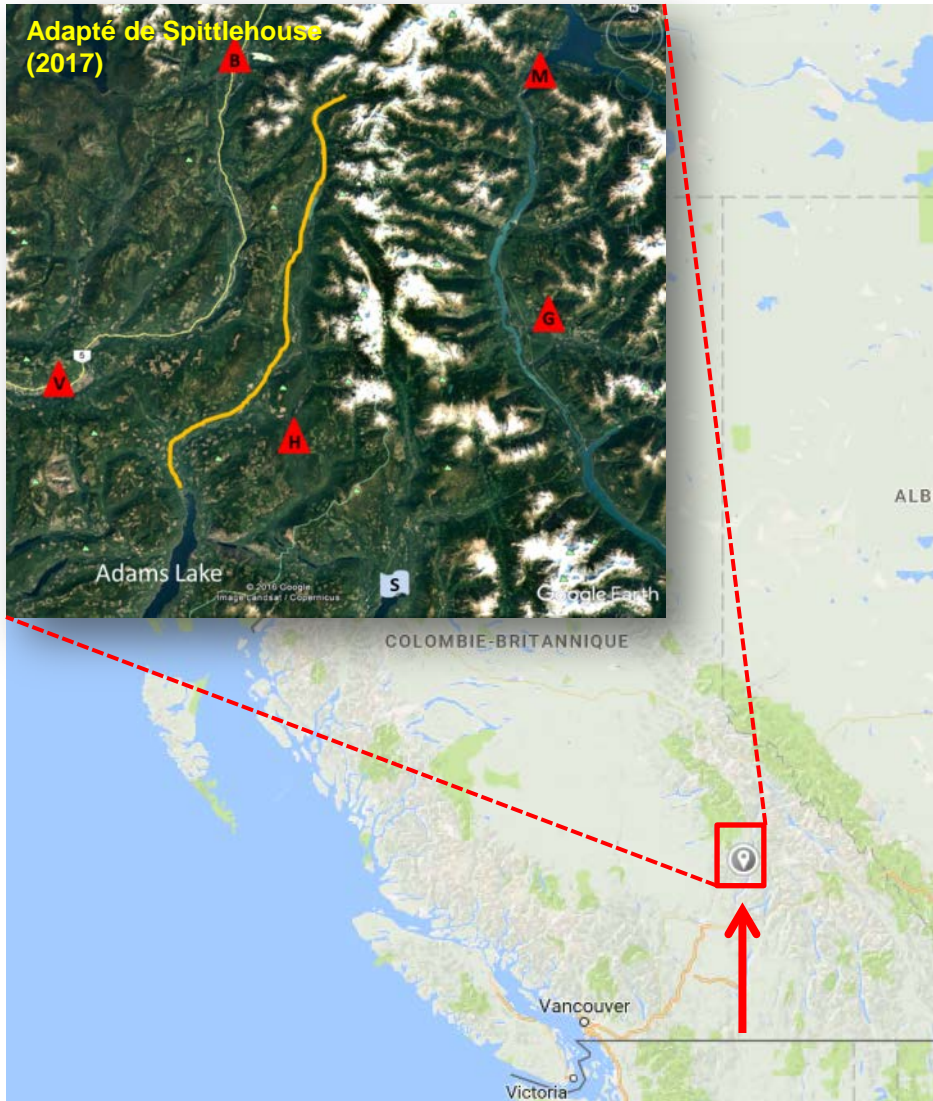
Adapté de Nodelman (2017)

Définition du risque

- Le **risque** (R) est défini comme étant le produit de la **probabilité** (P) qu'un événement se produise et de la **sévérité** (S) de celui-ci.

$$R = P * S$$

Étude de cas



- « Tum Tum Road », Colombie-Britannique
- Chemin forestier situé dans une vallée
- Plusieurs antécédents climatologiques extrêmes
- 5 stations météo à proximité

Évaluation de la probabilité

Note	Probabilité	
	Méthode « A »	Méthode « B »
0	Négligeable	P. R. > 1000 ans (< 0,1 %)
1	Hautement improbable	P. R. 100 ans (1 %)
2	Peu probable	P. R. 20 ans (5 %)
3	Possible, occasionnel	P. R. 10 ans (10 %)
4	Assez probable	P. R. 5 ans (20 %)
5	Probable, fréquent	P. R. 2,5 ans (40 %)
6	Assez fréquent	P. R. 1,4 an (70 %)
7	Hautement probable	> 99 %

- Associé à un événement météorologique

Évaluation de la sévérité

Note	Sévérité
0	Pas d'effet
1	Mesurable
2	Mineur
3	Modéré
4	Majeur
5	Sérieux
6	Dangereux
7	Catastrophique

- Conséquences sur l'infrastructure
- Attribution **empirique** des notes, basée sur le **jugement** des participants

Matrice des risques

Sévérité	7	0	7	14	21	28	35	42	49
	6	0	6	12	18	24	30	36	42
	5	0	5	10	15	20	25	30	35
	4	0	4	8	12	16	20	24	28
	3	0	3	6	9	12	15	18	21
	2	0	2	4	6	8	10	12	14
	1	0	1	2	3	4	5	6	7
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	1	2	3	4	5	6	7
Probabilité									

$R < 13$ Faible risque	$13 \leq R \leq 36$ Risque modéré	$R > 36$ Risque important
---------------------------	--------------------------------------	------------------------------

Adapté d'Ingénieurs Canada (2017)

Exemple d'interaction climat – infrastructure

- Événement météorologique : pluie intense de plus de 65 mm en 24 heures
 - Probabilité : Période de retour de 5 ans ($P = 4$)
- Composante de l'infrastructure : ponceau avec un diamètre de moins de 1800 mm.
 - Sévérité : sérieuse (perte de capacité, $S = 5$)

$$R = P * S = 4 * 5 = 20$$

Interactions sur la « Tum Tum Road »

- **10 composantes** de l'infrastructure à l'étude (surface de la route, pentes remblayées, ponceaux...) et **5 considérations opérationnelles** (accès aux utilisateurs, entretien estival/hivernal, ...)
- **12 événements météorologiques** considérés (sécheresse, pluies, dégel printannier, ...)
- Pour un total de **180 interactions** possibles

Matrice des risques*

Infrastructure Components and Operational Considerations	7				8				9				O frequ jam				
	Sustained Rainfall				Antecedent rain followed by significant rain event				Rapid Snow Melt (not with rain)								
	3-day rainfall > 115 mm @ high elevation	High runoff. Culvert and bridge damage or destruction, road surface damage or deterioration, safety			14-day antecedent rainfall > 80 mm followed by 1-day rainfall > 30 mm @ high elevation	High runoff and saturated soils. Impacts to cut/fill slopes, landslides. Culvert and bridge damage or destruction, road surface damage or deterioration, safety.			1-day snow melt > 30 mm @ high elevation	Spring freshet conditions causing runoff and peak streamflow. Culvert and bridge damage or destruction, safety.							
	Y/N	P	S	R		Y/N	P	S	R		Y/N	P	S	R		Y/N	
Road Prism Features																	
Road surface	Y	3	3	9		Y	6	3	18		Y	6	1	6			Y
Cut and fill slope	Y	3	3	9		Y	6	3	18		Y	6	1	6			Y
Ditches & cross ditches	Y	3	3	9		Y	6	3	18		Y	6	2	12			Y
Catch basins	Y	3	2	6		Y	6	2	12		Y	6	2	12			Y
Cross drains	Y	3	5	15		Y	6	5	30		Y	6	2	12			Y
Stream Crossings																	
Major culverts > 1.8 m	Y	3	4	12		Y	6	4	24		Y	6	2	12			Y
Other culverts < 1.8 m	Y	3	5	15		Y	6	5	30		Y	6	3	18			Y
Bridges	Y	3	6	18		Y	6	6	36		Y	6	3	18			Y
Upslope/Downslope beyond road prism																	
Managed (Upper Adams Park)	Y	3	3	9		Y	6	3	18		Y	6	1	6			Y
Unmanaged	Y	3	2	6		Y	6	2	12		Y	6	1	6			Y
Operational Considerations																	
Commercial and recreational access	Y	3	5	15		Y	6	5	30		Y	6	1	6			Y
Emergency response	Y	3	5	15		Y	6	5	30		Y	6	1	6			Y
Winter maintenance	n	3				n	6				Y	6	2	12			Y
Summer maintenance	Y	3	3	9		Y	6	3	18		y	6	0				n
Personnel	Y	3	3	9		Y	6	3	18		Y	6	1	6			Y

*Conditions actuelles

Résultats

- **Augmentation** du risque pour :
 - Pluie extrême journalière
 - Pluie soutenue durant 3 jours consécutifs
- **Diminution** du risque pour :
 - Accumulation de neige durant l'hiver
- Tous les autres événements météorologiques présentent le même niveau de risque dans le futur

Interprétation des résultats

- Traverses de cours d'eau (ponts, ponceaux) vulnérables aux précipitations **en ce moment**
- Effets **bénéfiques** sur l'entretien durant l'**hiver** dans le futur (moins de précipitations de neige)
- La période de **dégel** au printemps arrivera **plus tôt**, ce qui réduira la durée des opérations hivernales

Conclusion

- Le protocole du CVIIP a permis d'évaluer les vulnérabilités d'un tronçon de chemin forestier
- Le risque peut varier localement :
 - événements météorologiques
 - composantes de l'infrastructure
 - topographie, type de sol, etc.
- Analyse d'ingénierie nécessaire pour tirer des conclusions par rapport aux actions à prendre

Recommandations

- Les recommandations pourraient inclure :
 - L'augmentation du diamètre nominal de certains ponceaux
 - Un réaménagement de certains ponts pour augmenter le dégagement sous le tablier
 - Un programme d'entretien des structures amélioré
- En général, le problème le plus important concerne le drainage

Prochaine étape

- Opportunité pour réaliser une étude de vulnérabilité au Québec?
- Partenaires intéressés?



NOTRE NOM EST INNOVATION

Pour plus d'information, contactez :
Mathieu Durand-Jézéquel, ing. jr, M. Sc.
Chercheur – Routes et infrastructures
mathieu.durand-jezequel@fpinnovations.ca

Suivez-nous



www.fpinnovations.ca