

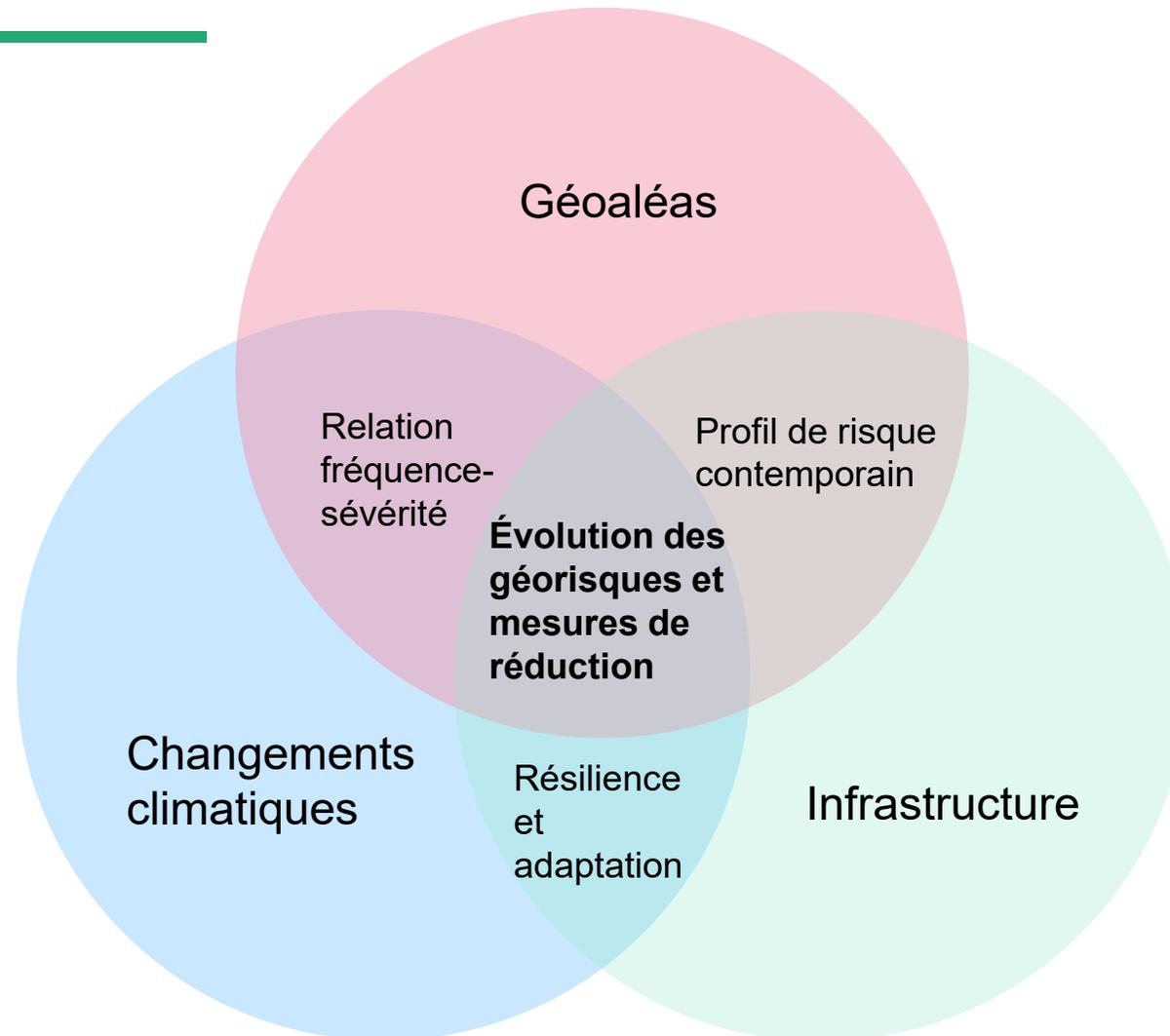
Prédiction de l'érosion de remblai

Une approche flexible et évolutive

Pascal Szeftel, ing., P. Eng.

Ingénieur en hydraulique sénior, BGC Engineering

Contexte



Programme d'adaptation aux changements climatiques du réseau ferroviaire



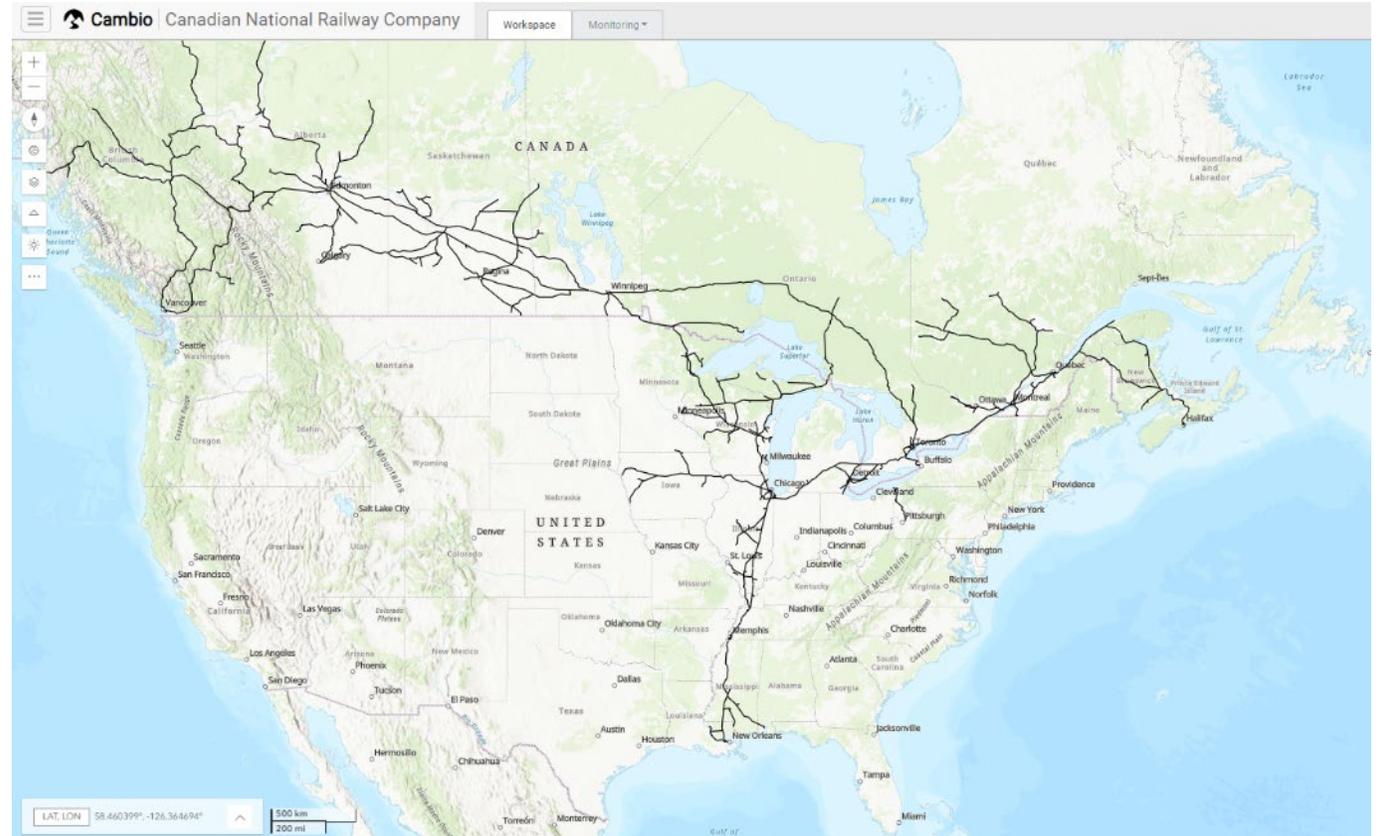
Sécurité et résilience de la chaîne d'approvisionnement



Nouvelles technologies et innovations au service des opérations ferroviaires



Prise en compte des changements climatiques



Modes de défaillance du remblai

 Cerema

Érosion de la crête par surverse (ponceau absent)



Accumulation de débris et blocage du ponceau



Érosion interne



Objectifs et exigences

Évaluation à l'échelle du réseau ferroviaire

- Inventaire des sites potentiels d'érosion de remblai
- Priorisation basée sur le calcul du risque

Prise en compte des changements climatiques

- Solutions d'adaptation pour accroître la résilience

Solution

- Flexible
- Évolutive
- Représentation physique de l'hydraulique



Précipitation
extrême



Accumulation
de débris



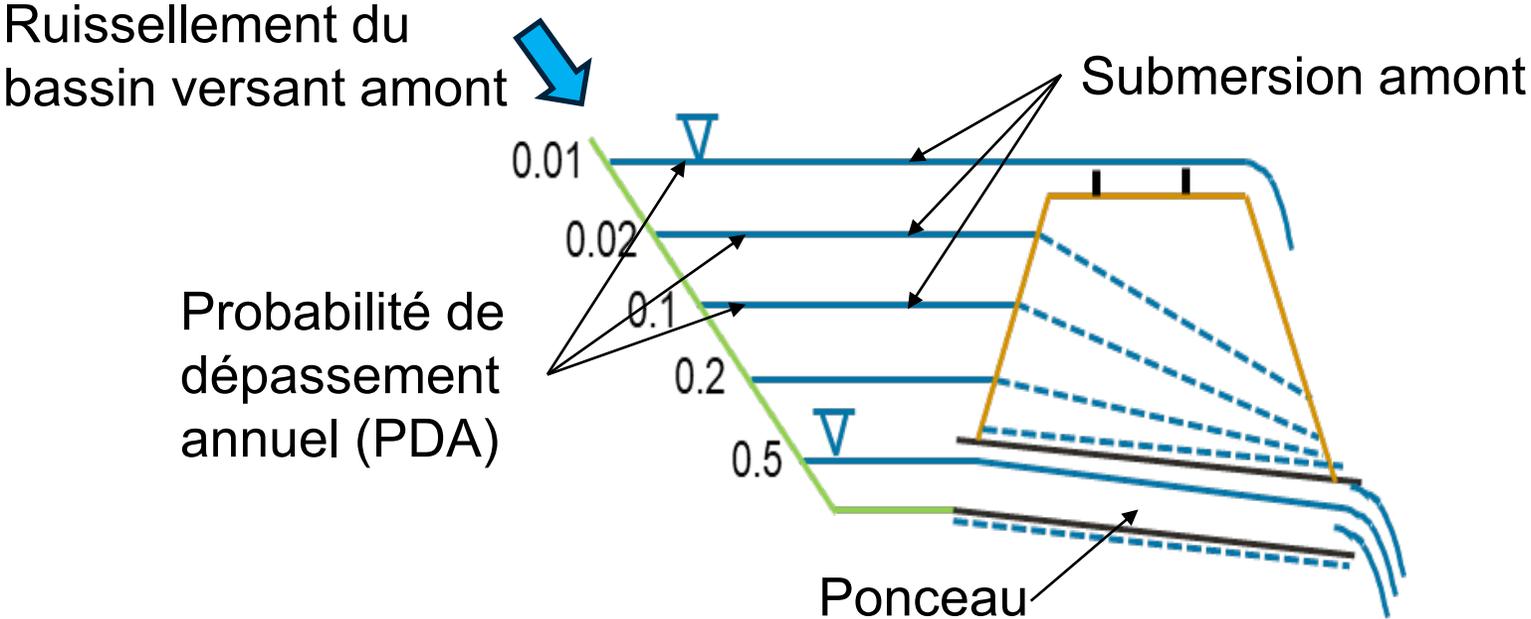
Hydraulique
des ponceaux



Surverse du
remblai

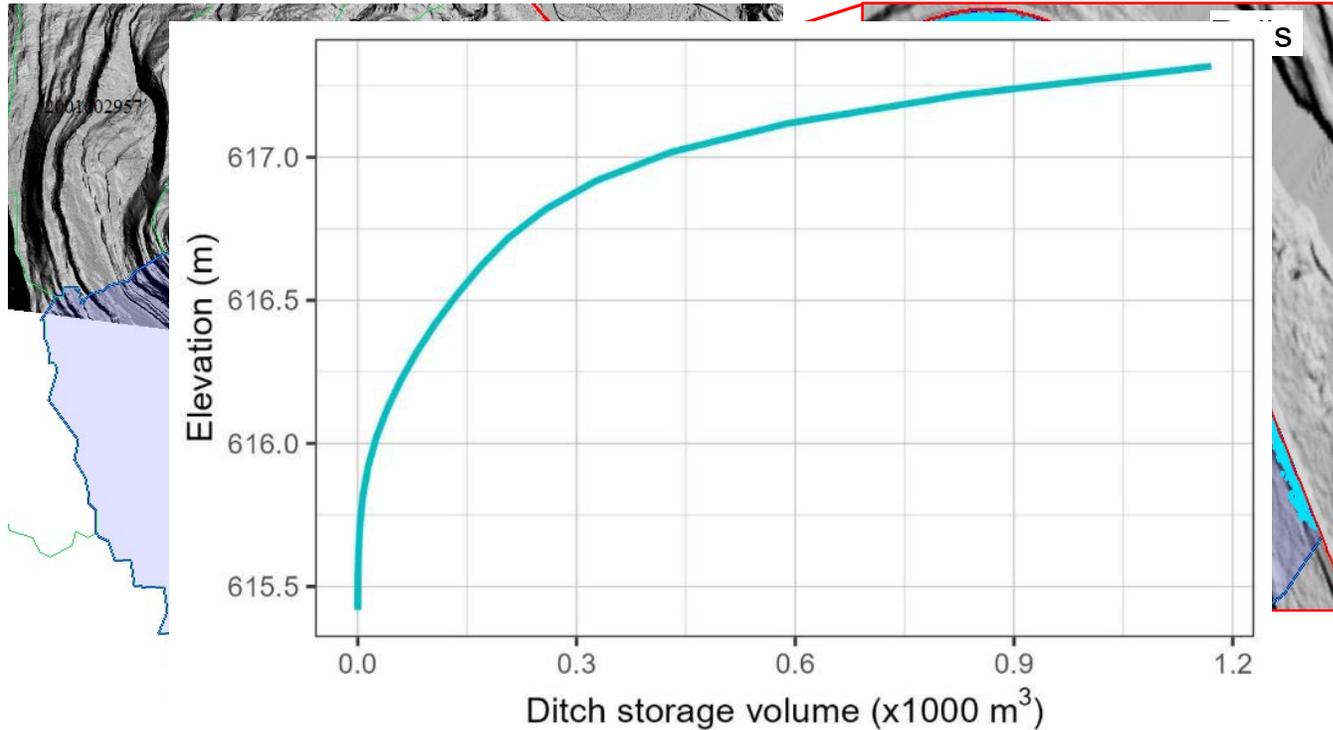
Modèle conceptuel de risque d'érosion du remblai

*Risque d'érosion de remblai (R) = Aléa (A) * Conséquence (C)*

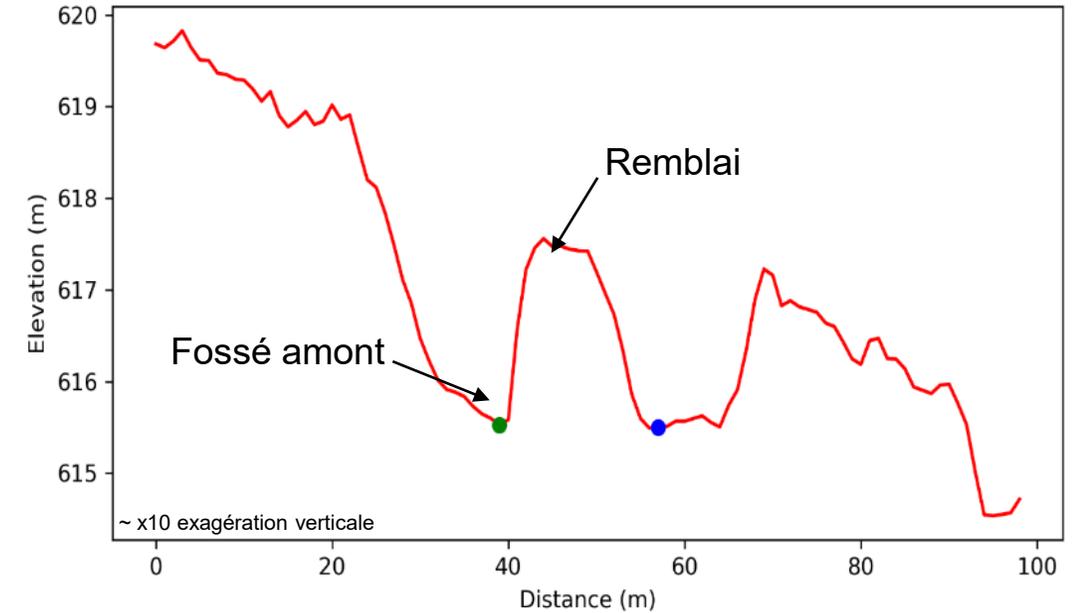


$$R = \sum_{i=1}^n \underbrace{P_{submersion_i}}_{\text{Hydrologie et hydraulique}} * \underbrace{P_{\acute{e}rosion|submersion_i} * P_{infranchissable|\acute{e}rosion_i}}_{\text{Réponse géotechnique du remblai}} * C_{conséquence|infranchissable_i}$$

Hydrologie et hydraulique - extraction de données de terrain

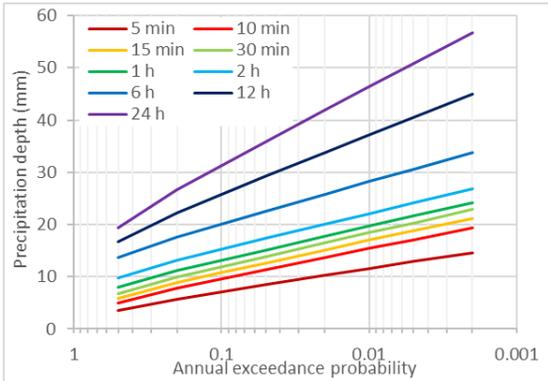


Géométrie du fossé amont

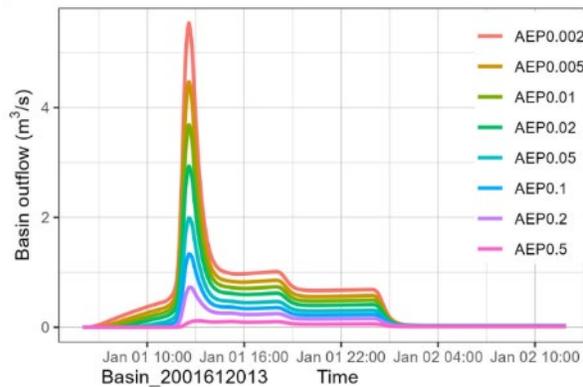


Géométrie du remblai

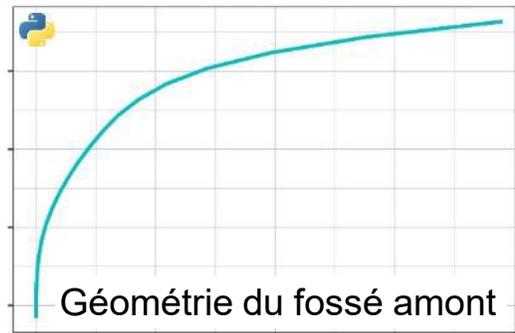
Hydrologie et hydraulique - degrés de submersion



Précipitation extrêmes (courbes IDF)



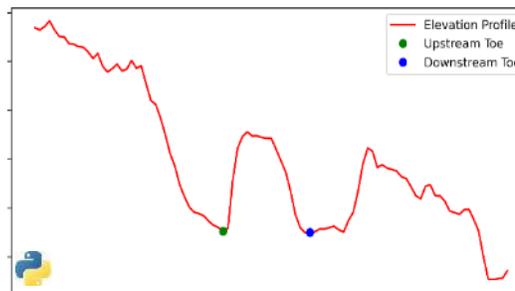
Hydrogrammes de crue du bassin versant amont



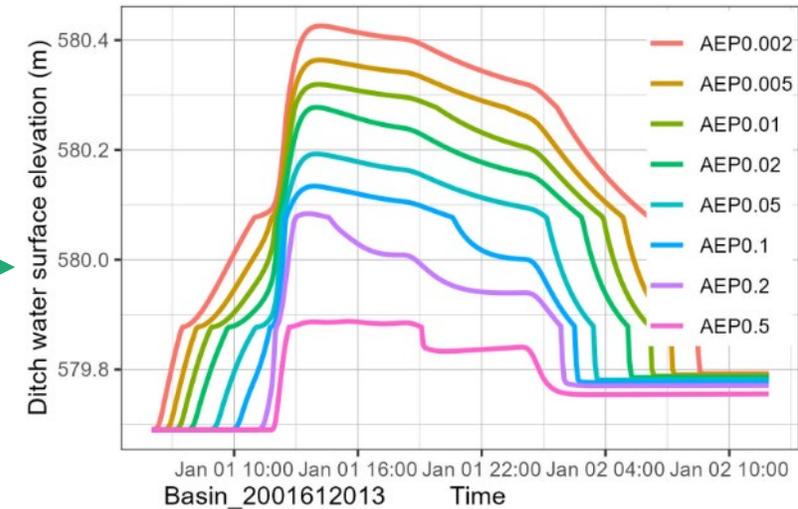
Géométrie du fossé amont



Blocage (potentiel) du ponceau

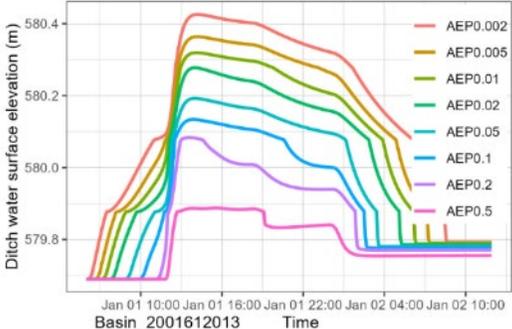


Géométrie du remblai

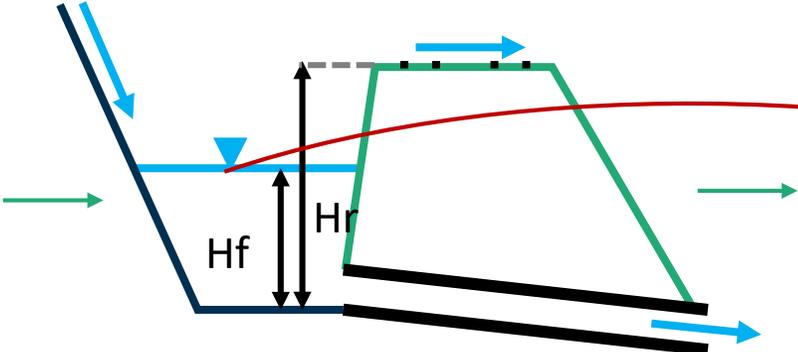


Degrés de submersion

Hydrologie et hydraulique - probabilité de submersion

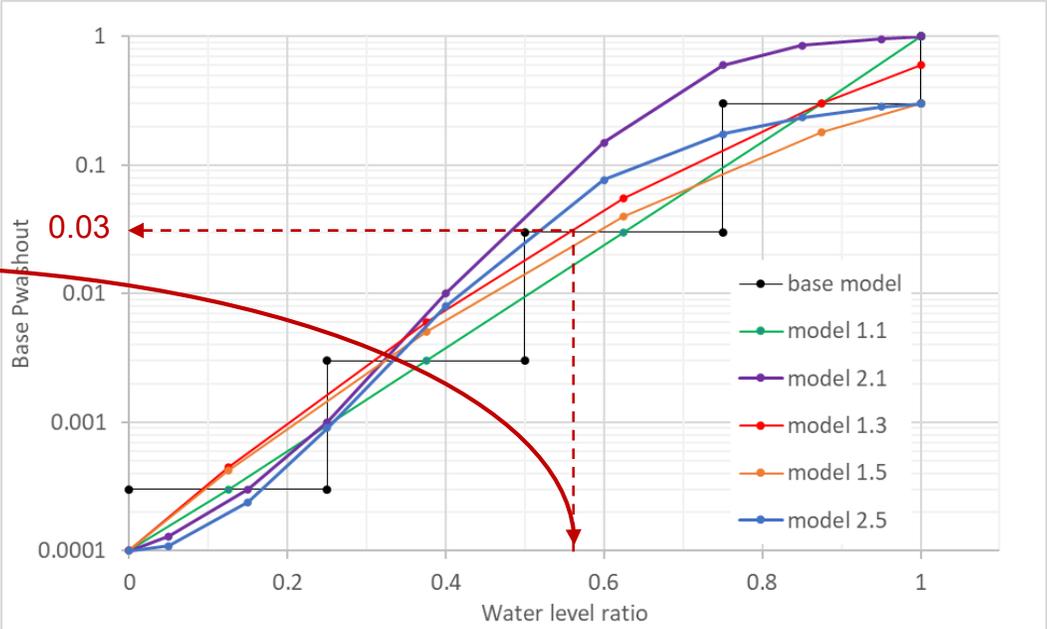


Degrés de submersion



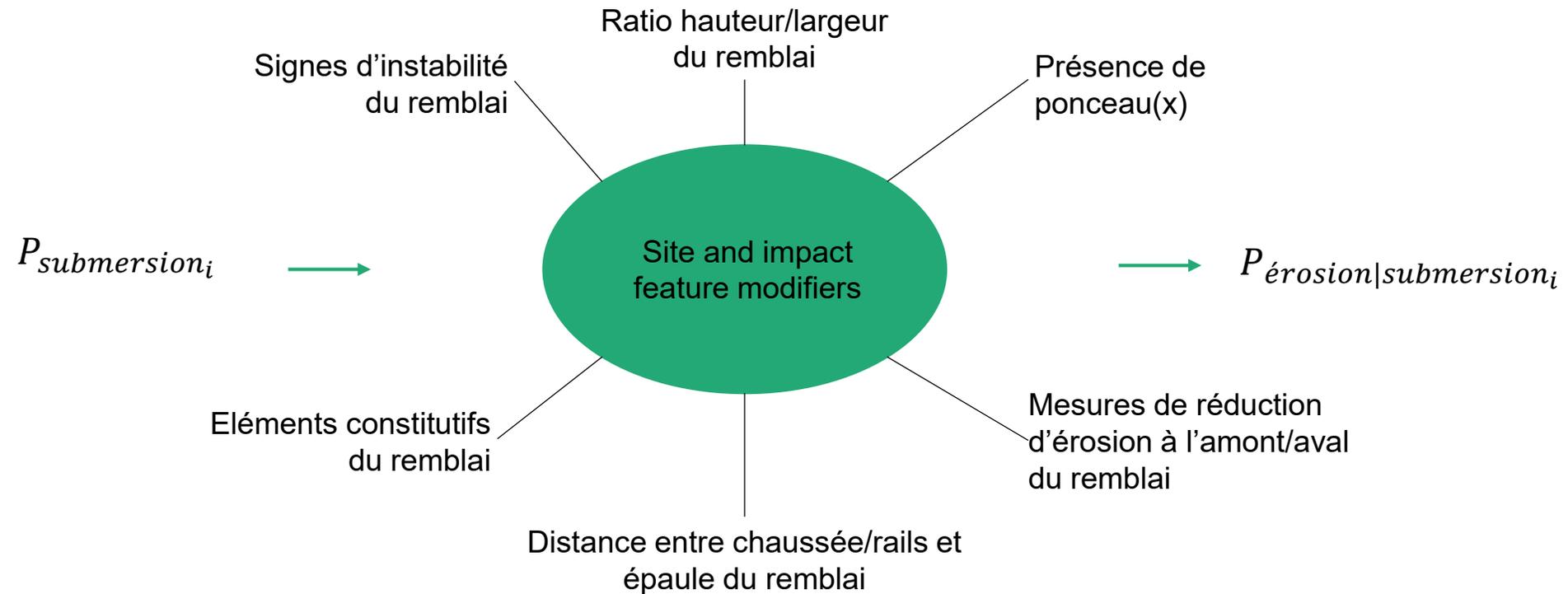
$$WLR_{PDA=i} = H_{f_{PDA}} / H_r$$

Normalisation par hauteur de remblai

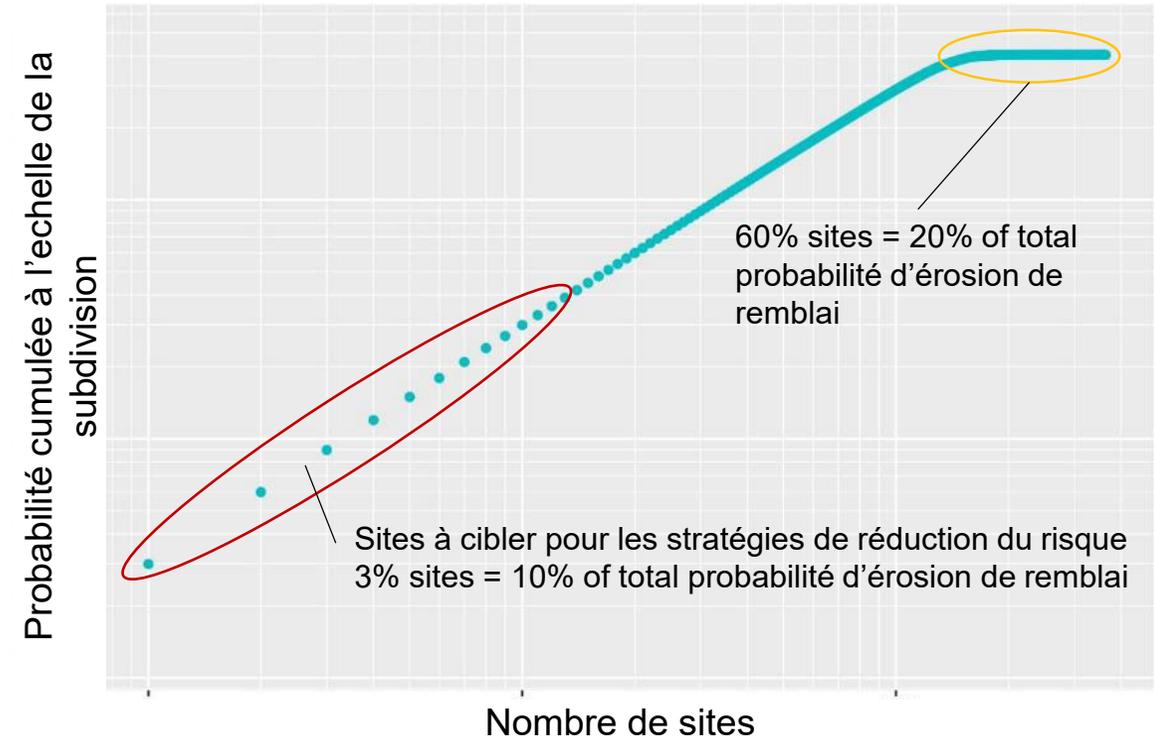
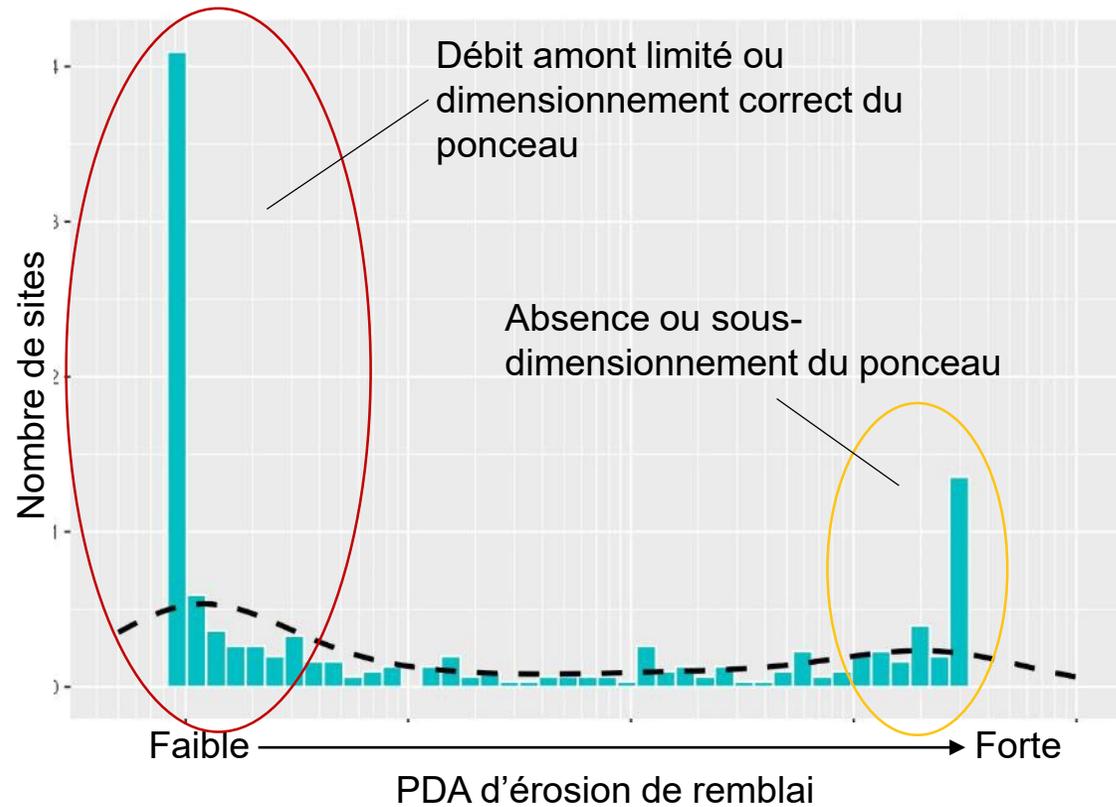


PDA de base d'érosion de remblai

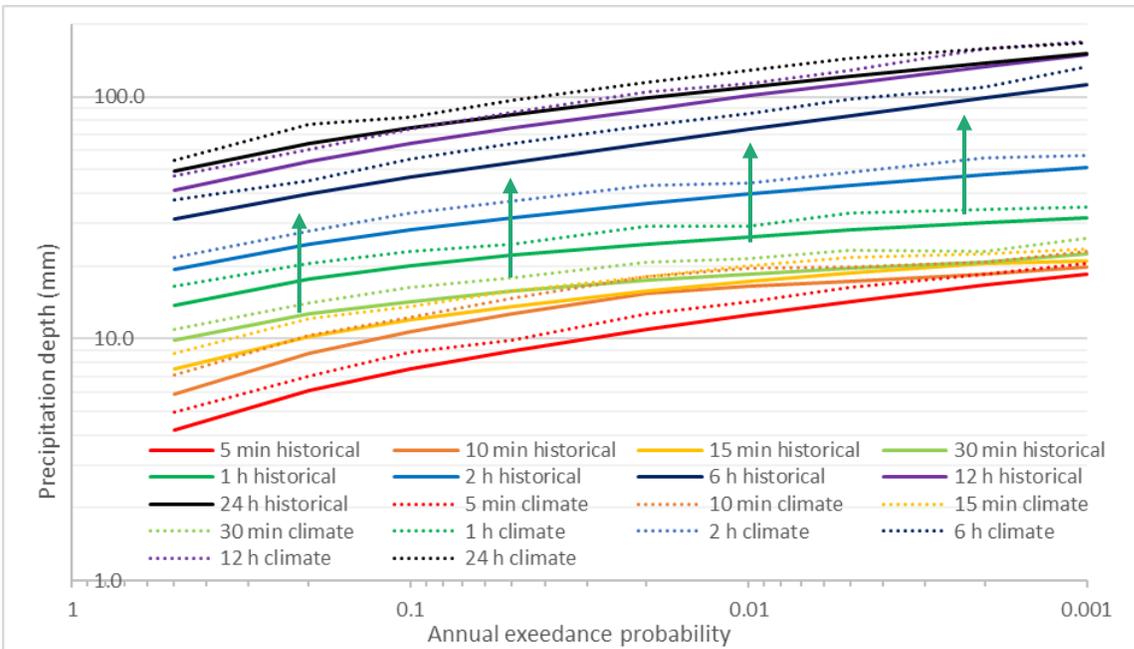
Réponse géotechnique du remblai



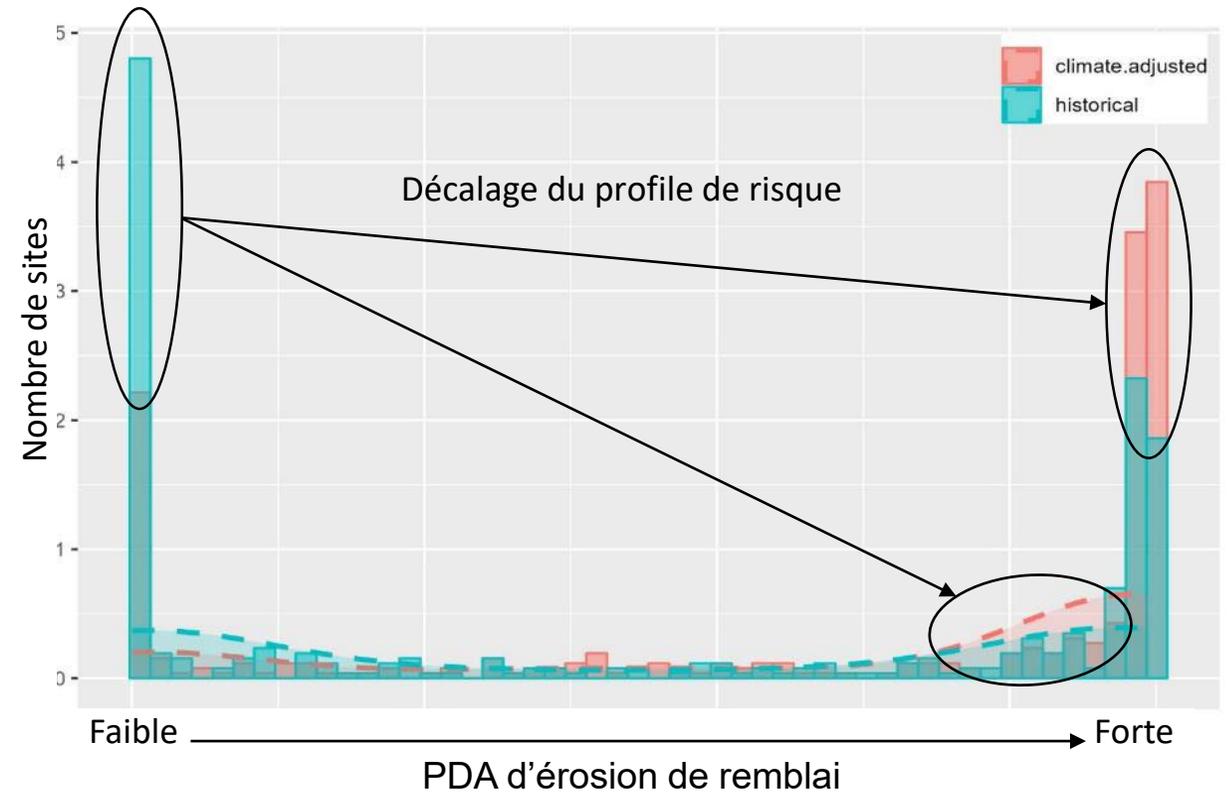
Résultats préliminaires



Résultats préliminaires



IDF et changements climatiques



Conclusions et étapes futures



Représentation physique de l'hydraulique



Amélioration et calibration du modèle hydrologique

Actualisation des données de terrain

Amélioration de la prise en compte de l'impact des changements climatiques

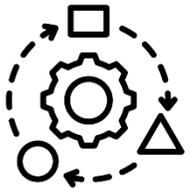
Modèles de risques et mesures ciblées de réduction



Flexible



Expansion géographique



Évolutive



Remerciements

CN

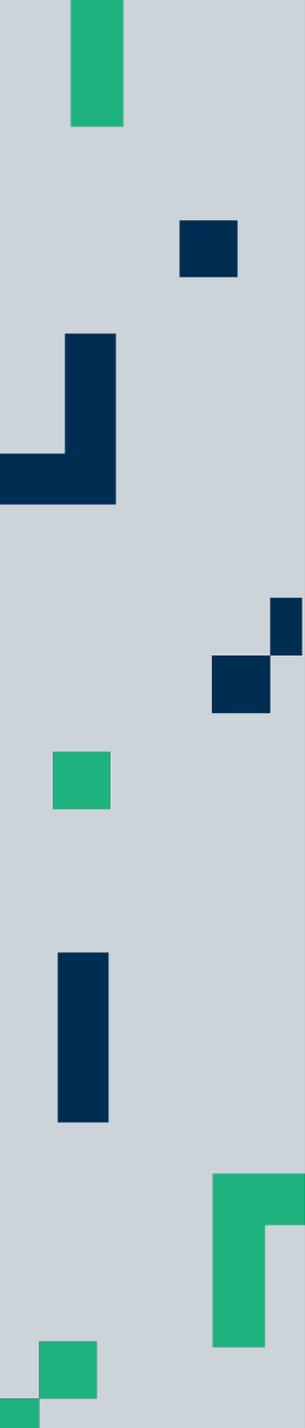
- David Brown, P.Eng.
- Trevor Evans, P.Eng.

Transport Canada

- Brooke Jones, M.A.Sc.
- Kyle Beaulieu, M.Eng.
- Sasan Ebrahimi, Ph.D.
- The R-CCAP

BGC

- Catherine Schmid, M.Sc., P.Eng.
- Chris Bunce, Ph.D., P.Eng.
- Daniel Westbroek, EIT
- Matthew Lato, Ph.D., P.Eng.
- Michael Porter, M.Eng., P.Eng.
- Patrick Grover, Ph.D., P.Eng.
- Sterling Mitchell, M.A.Sc., EIT



Merci pour votre attention!

pszefte1@bgcengineering.ca

 **SYMPOSIUM**
OURANOS 2025

