

SYMPOSIUM ARQULUK

PROGRAMME DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE DU PERGÉLISOL



GUY DORÉ ing. PhD, PROFESSEUR

CHANTAL LEMIEUX MSc., PROFESSIONNELLE DE RECHERCHE

UNIVERSITÉ LAVAL ET CENTRE D'ÉTUDES NORDIQUES (CEN)



Collaborations (Université Laval)

Jean-Pascal Bilodeau ing. PhD.,
professionnel de recherche
chaire i3c et chargé de cours

Nos stagiaires et auxiliaires de
recherche

Le personnel du Département de
génie civil et de génie des eaux,
particulièrement les Techniciens
expert / travaux d'enseignement
et de recherche:



Christian Juneau
Sylvain Auger
Denis Jobin
Martin Lapointe

Mise en contexte par Anick Guimond, MTMDET – BCNQ

Présentations des projets Arquluk et de projets des équipes de recherche de :

- Michel Allard, Géographie, Université Laval, CEN
- Daniel Fortier, Géographie, Université de Montréal, CEN

am : Compréhension des interactions et caractérisation du pergélisol

pm : Conception et applications

pauses : 10h et 15h

dîner : 11h45 à 13h15

INTRO PERGÉLISOL

Sol dont la température est **inférieure** à 0°C pendant une période prolongée (plusieurs années)



Le défi de l'ingénierie sur pergélisol

- Le pergélisol est un milieu physique complexe en équilibre fragile avec son environnement (climat, sol, caractéristiques de surface)
- Le sol peut être riche en glace
 - Toute intervention en régions pergélisolées perturbera cet équilibre
 - Les changements climatiques perturberont cet équilibre



Exemples de dégradations



Tassements différentiels



Dégradation des
épaulements



Mouvement de pente



Thermokarst



Érosion thermique



Fluage des sols gelés

Développement de solutions en 5 étapes

Comprendre

- Évaluation du problème

Identification de solutions

- Revue des connaissances
- Développement de concepts préliminaires

Raffinement

- Simulations numériques
- Modélisation en laboratoire

Expérimentation

- Essais contrôlés en vraie grandeur

Application

- Projets pilotes

Comprendre

- Évaluation du problème

Identification de solutions

- Revue des connaissances
- Développement de concepts préliminaires

Raffinement

- Simulations numériques
- Modélisation en laboratoire

Expérimentation

- Essais contrôlés en vraie grandeur

Application

- Projets pilotes

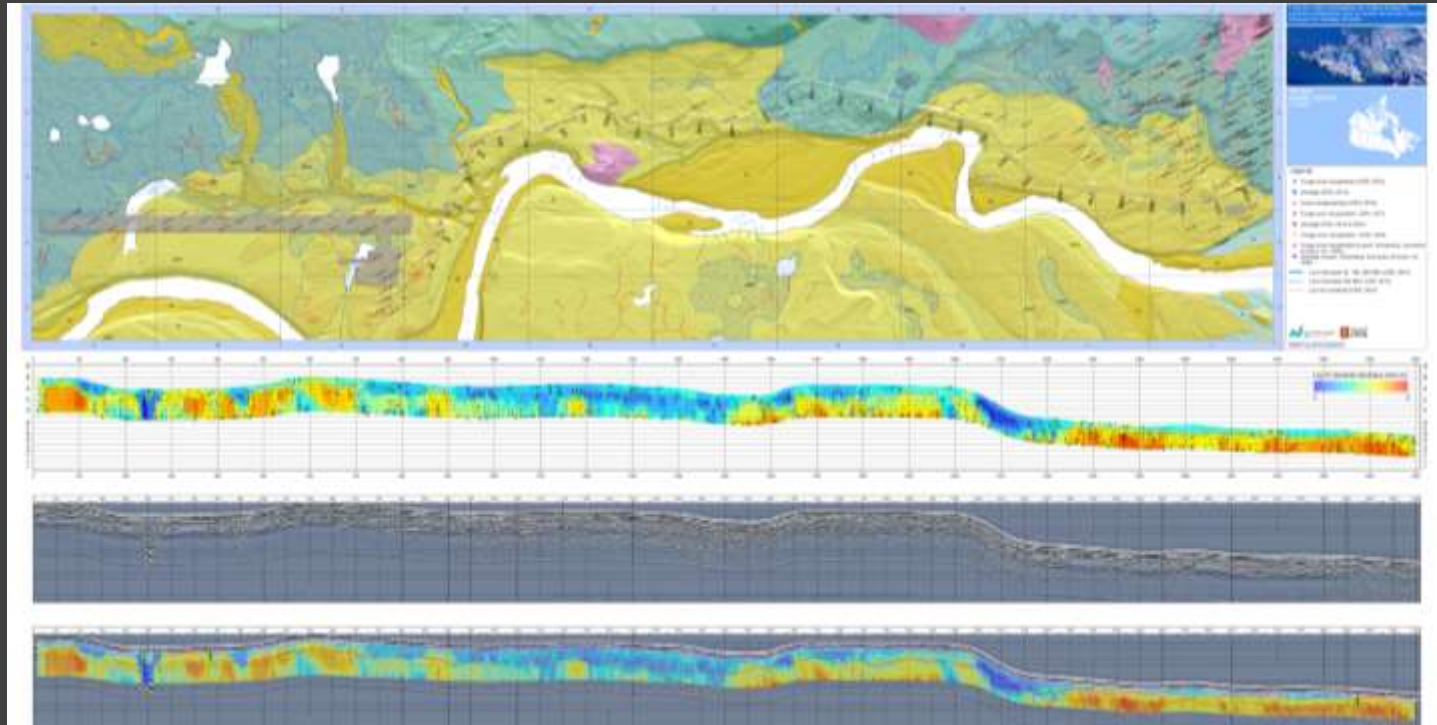
Évaluation des problèmes

- Visite de sites et documentation des problèmes



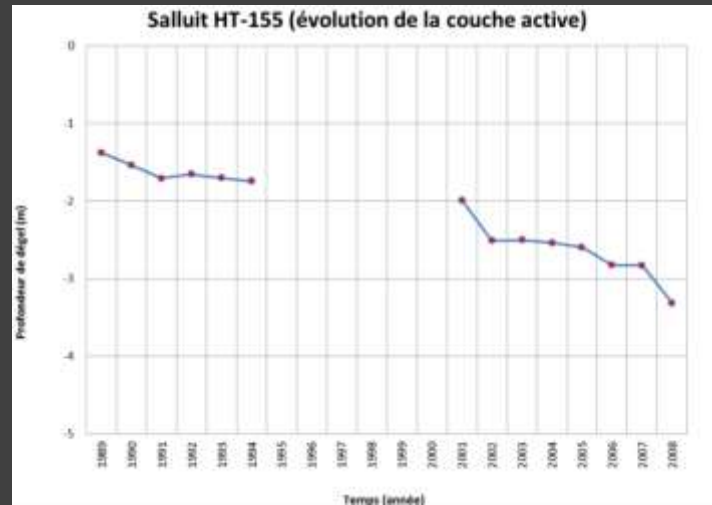
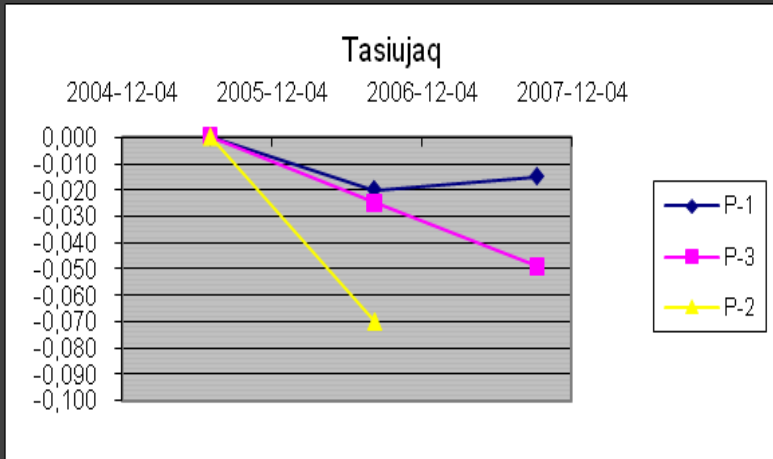
Évaluation des problèmes

- Compréhension de l'environnement physique



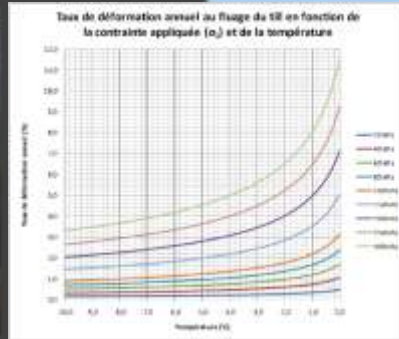
Évaluation des problèmes

- Observation de sites instrumentés
 - Plusieurs sites au Yukon et au Nunavik



Évaluation des problèmes

- Caractérisation géotechnique des sites instables



Comprendre

- Évaluation du problème

Identification de solutions

- Revue des connaissances
- Développement de concepts préliminaires

Raffinement

- Simulations numériques
- Modélisation en laboratoire

Expérimentation

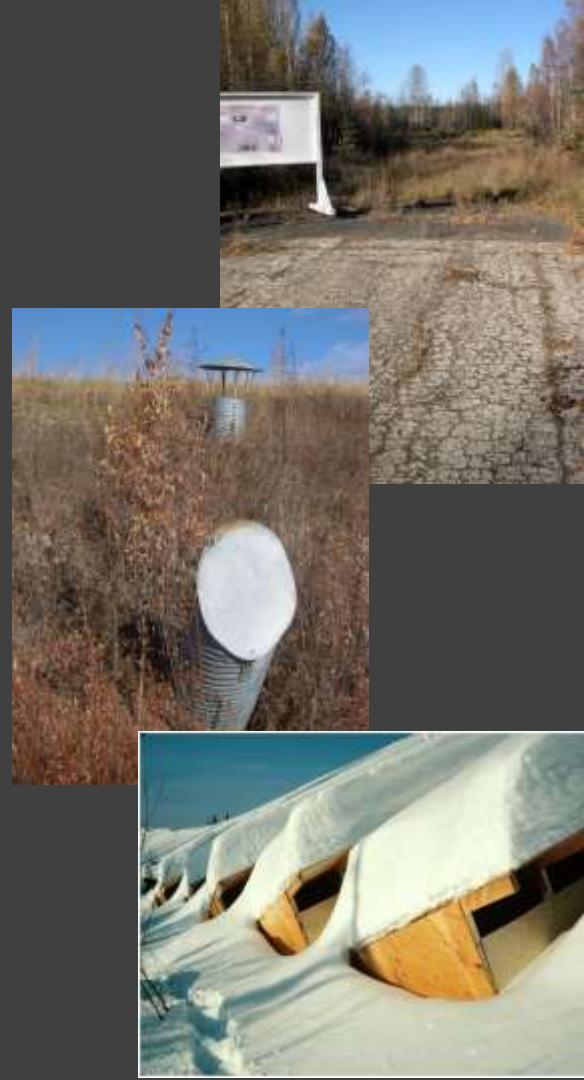
- Essais contrôlés en vraie grandeur

Application

- Projets pilotes

Identification de solutions potentielles

- Plusieurs méthodes développées en Alaska dans les 50 dernières années
- Beaucoup de travail intéressant fait en Russie et en Chine
- Les méthodes doivent être adaptées et développées



Comprendre

- Évaluation du problème

Identification de solutions

- Revue des connaissances
- Développement de concepts préliminaires

Raffinement

- Simulations numériques
- Modélisation en laboratoire

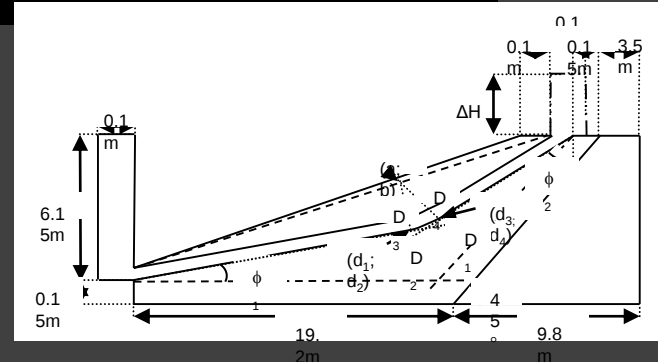
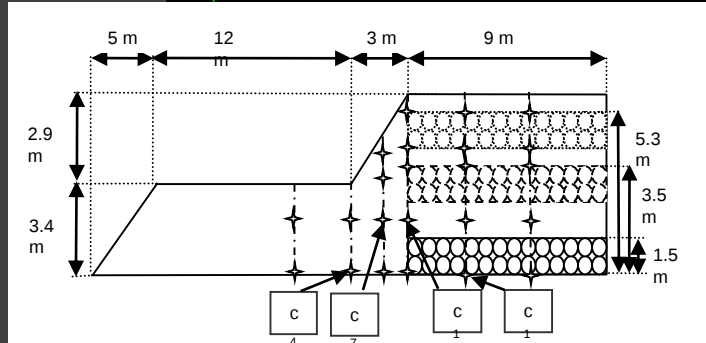
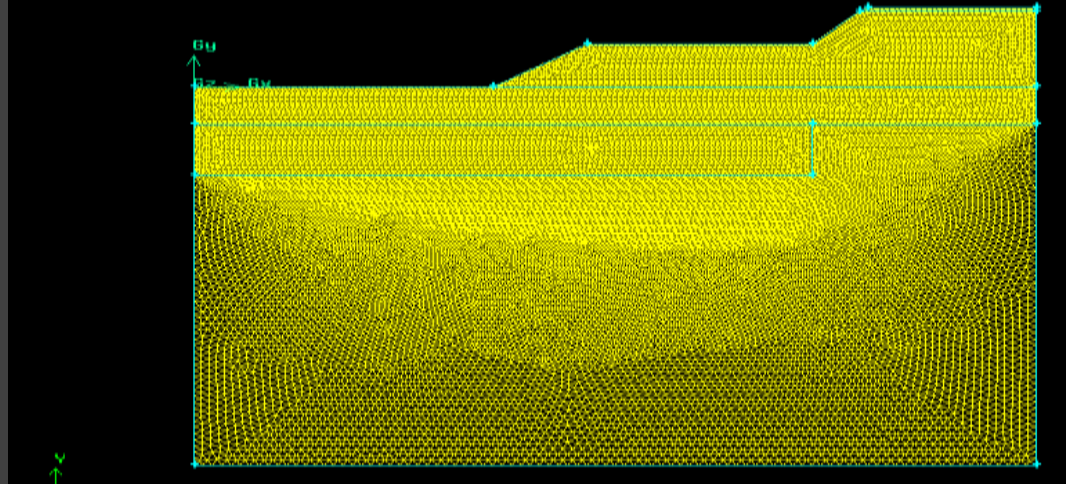
Expérimentation

- Essais contrôlés en vraie grandeur

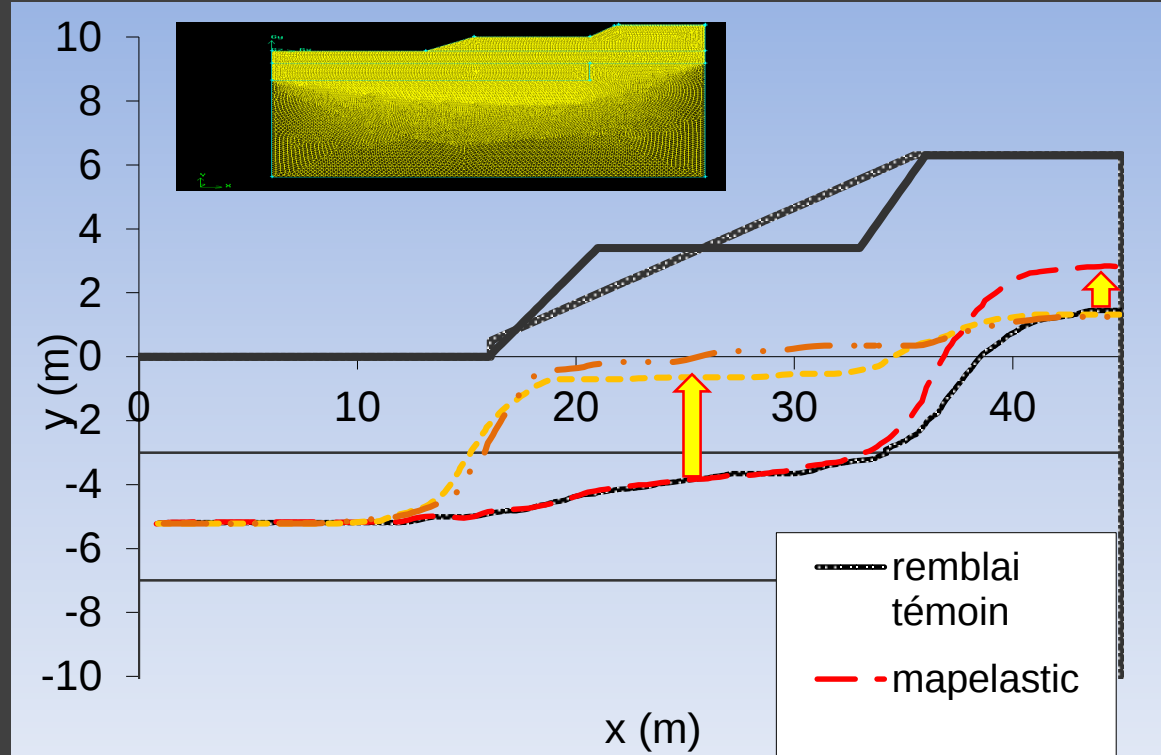
Application

- Projets pilotes

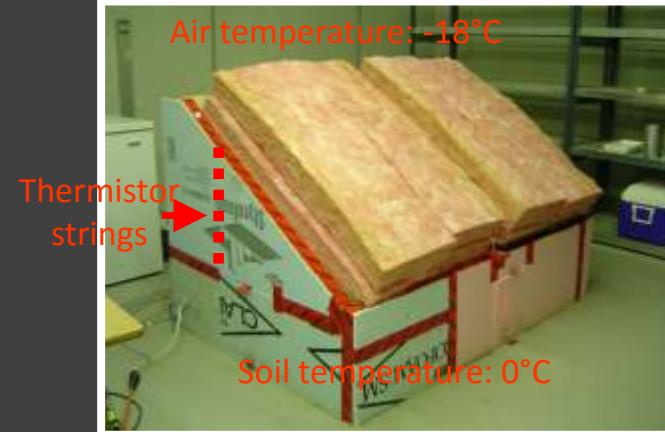
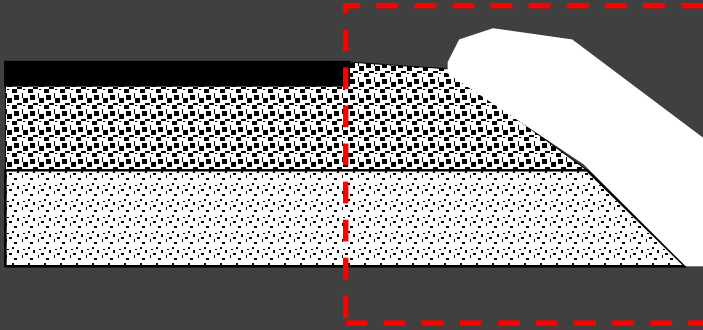
Optimisation des paramètres de conception par simulations numériques



Évaluation de la performance par simulations numériques



Simulations en laboratoire



Comprendre

- Évaluation du problème

Identification de solutions

- Revue des connaissances
- Développement de concepts préliminaires

Raffinement

- Simulations numériques
- Modélisation en laboratoire

Expérimentation

- Essais contrôlés en vraie grandeur

Application

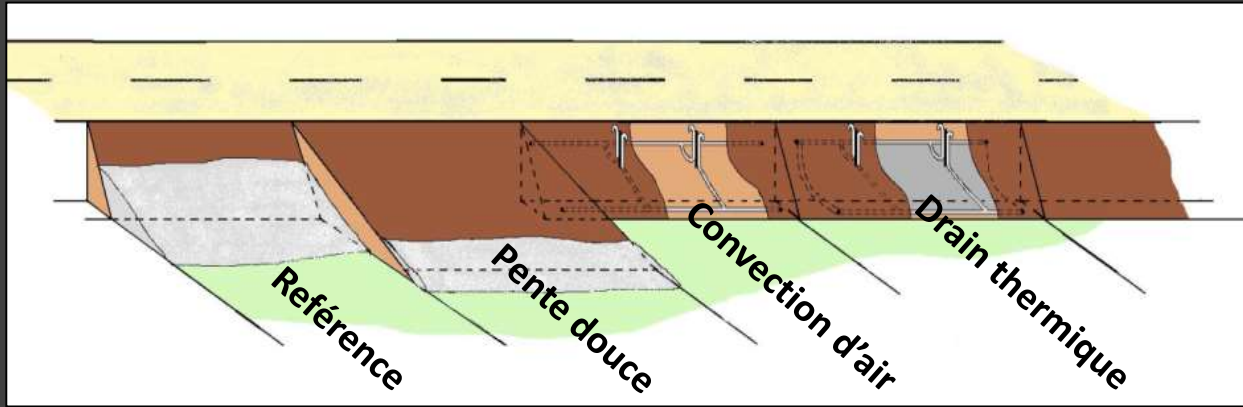
- Projets pilotes

Projets expérimentaux

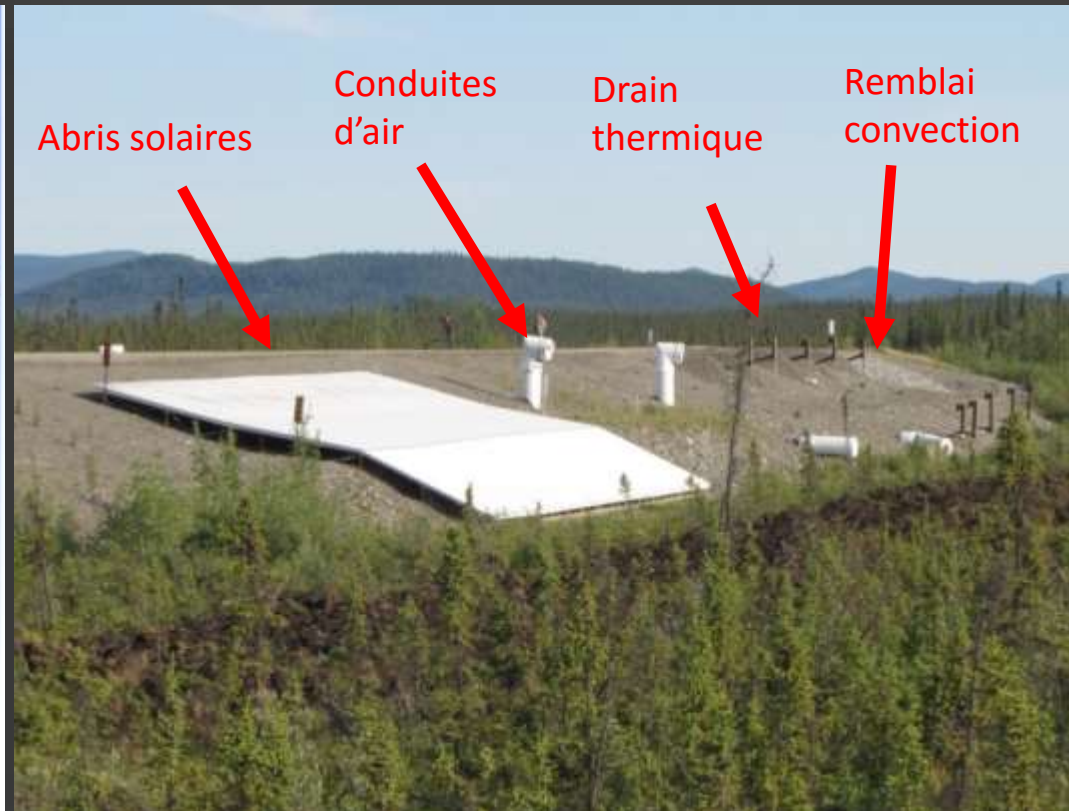
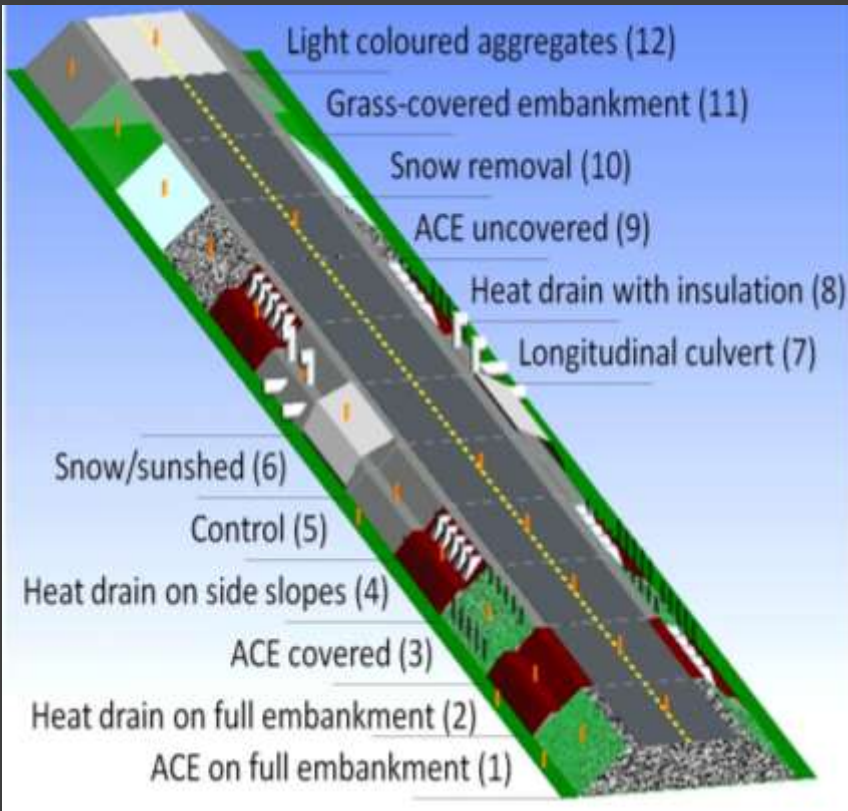
- Évaluation de la faisabilité
- Évaluation de l'efficacité en conditions réelles d'application
- Évaluation préliminaire du rapport coût bénéfice
- Plusieurs sites expérimentaux dont:
 - Piste de Tasiujaq (4 sections)
 - Beaver Creek (12 sections)
 - Site d'essai de Salluit sur les surfaces à albedo élevé (3 sections)



Site experimental de Tasiujaq



Site experimental de Beaver Creek



Site expérimental de Salluit sur les surfaces à albédo élevé



Comprendre

- Évaluation du problème

Identification de solutions

- Revue des connaissances
- Développement de concepts préliminaires

Raffinement

- Simulations numériques
- Modélisation en laboratoire

Expérimentation

- Essais contrôlés en vraie grandeur

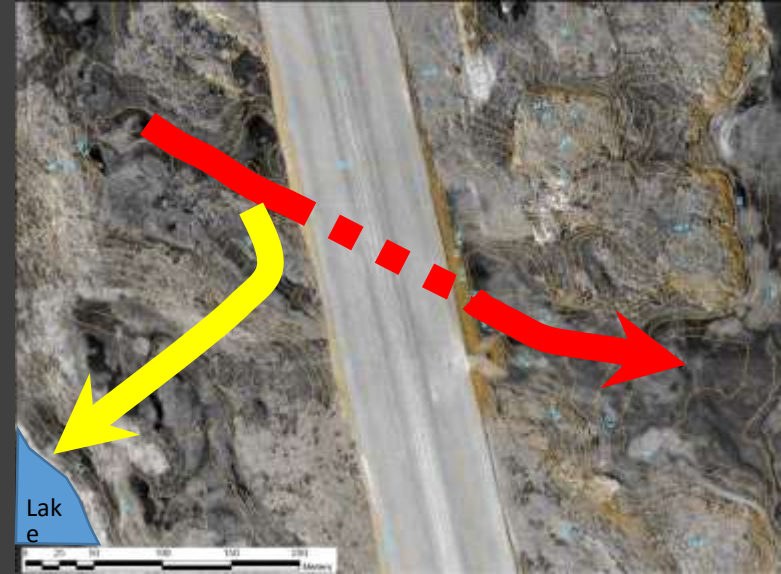
Application

- Projets pilotes

Projet de stabilisation au Nunavik



Projet de stabilisation de la piste de Puvirnituk



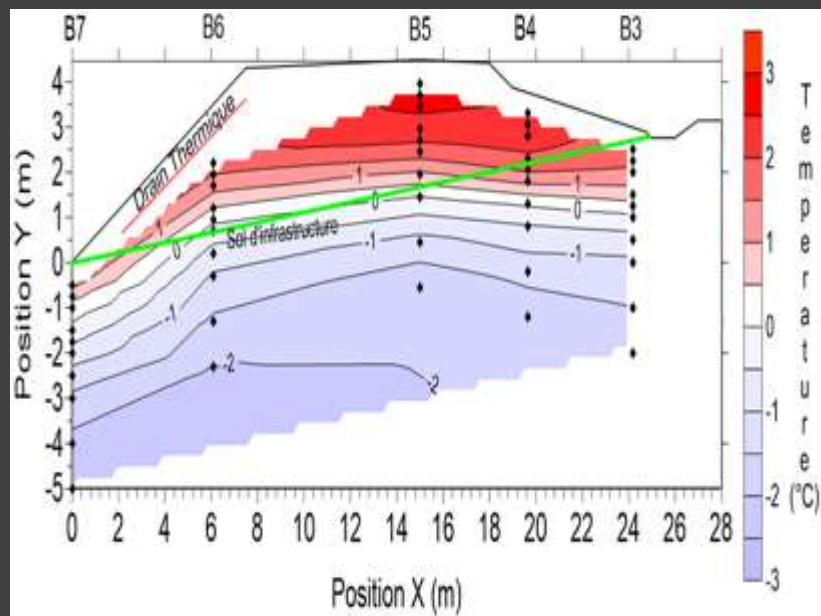
Projet de stabilisation de la route de Salluit



Stabilisation de la route de Salluit

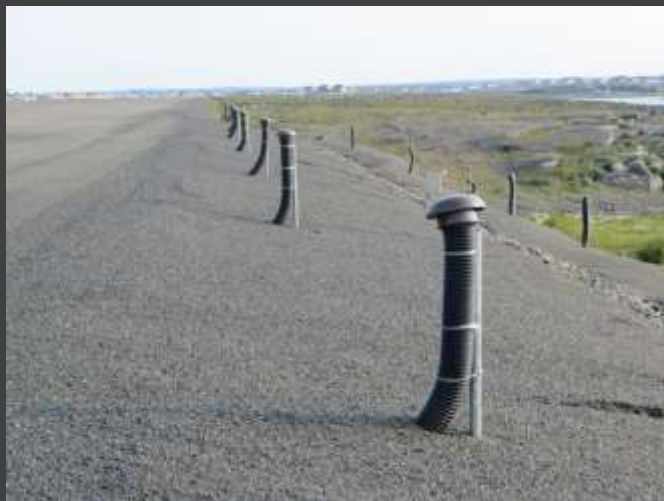


Suivi de performance des systèmes de protection



Roger et al., 2015

Piste d'atterrissage
Puvirnituk



6 ans
après
adaptation

Route d'accès à l'aéroport
Salluit



3 ans
après
adaptation

Aucun signe significatif de dégradation aux deux sites

Programme de recherche et développement coopératif
1 320 000\$ / 5 ans (2012-2017)
financé par CRSNG et 12 partenaires publiques/privés:

Transports,
Mobilité durable
et Électrification
des transports

Québec 



Yukon
Highways and Public Works



KRYOTEK



Cold Climate Innovation
YUKON RESEARCH CENTRE - Yukon College



Université 
de Montréal

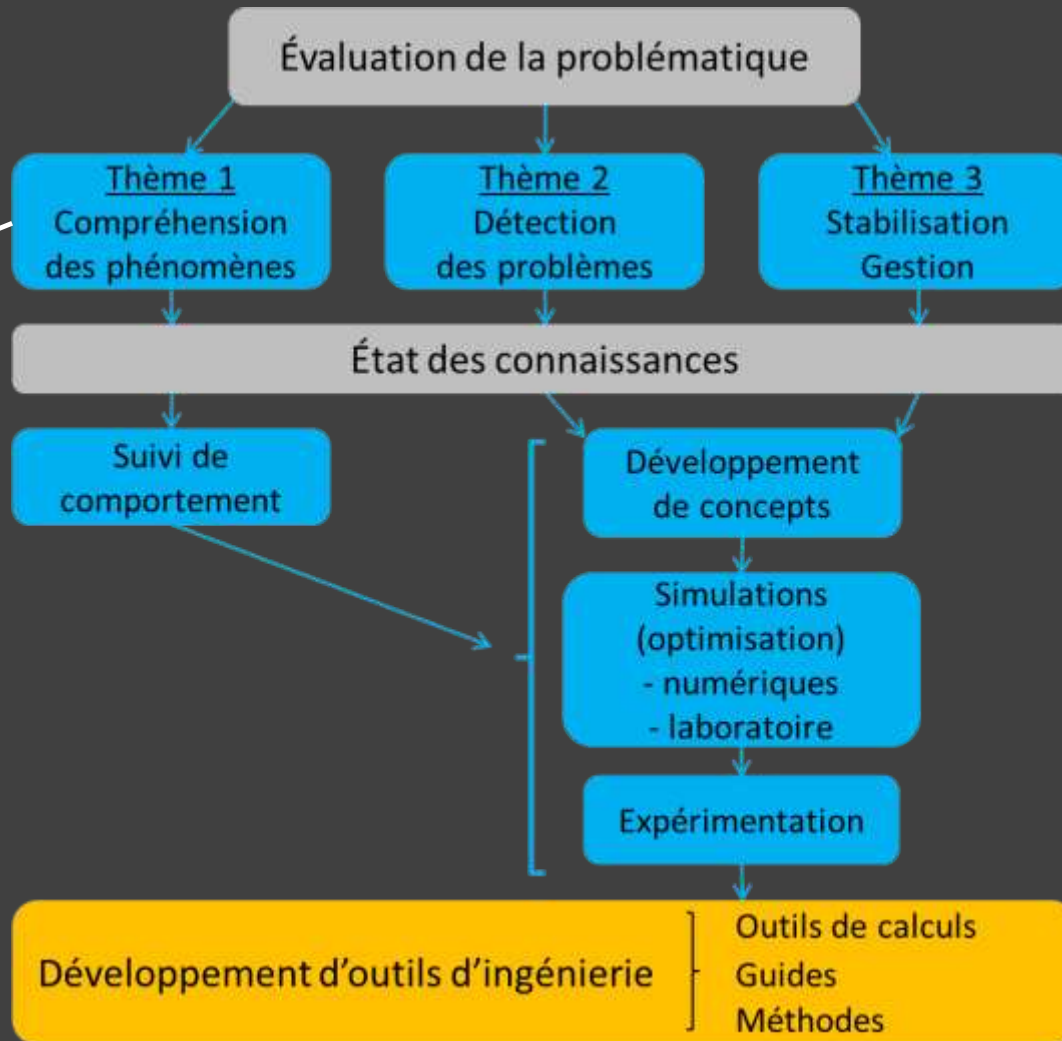


Implication des partenaires
(réunions, comités de suivi de projet, produits, expertise, assistance terrain, etc.)

BUT

Améliorer les capacités actuelles d'adaptation,
en développant une expertise
sur la **stabilisation thermique** du pergélisol,
sous les infrastructures de transport.

thème 1
fourni des
données au
thème 3



Thème 1 – Amélioration des connaissances

Suivi des sites d'essai

Développement de paramètres d'ingénierie

Thème 2 – Identification et caractérisation

- a. Méthode géophysique et thermique
- b. Analyse de profils
- c. Essais oedométriques
- d. Comportement mécanique des sols marginalement gelés

Thème 3 – Développement de techniques d'adaptation

- a. Stabilisation thermique (albédo)
- b. Conception tenant compte de la neige
- c. Conception du drainage
- d. Gestion du risque
- e. Mitigation et adaptation

MERCI

À NOS PARTENAIRES ET COLLABORATEURS