



Caractérisation et analyse de la sensibilité au changement climatique de l'aéroport d'Iqaluit: une aide à la réfection, à la mise à jour et au maintien d'une infrastructure de transport nordique.

Valérie Mathon-Dufour, Michel Allard, Anne-Marie LeBlanc et Emmanuel L'Hérault

Centre d'études nordiques, Université Laval



Transport Canada Transports Canada





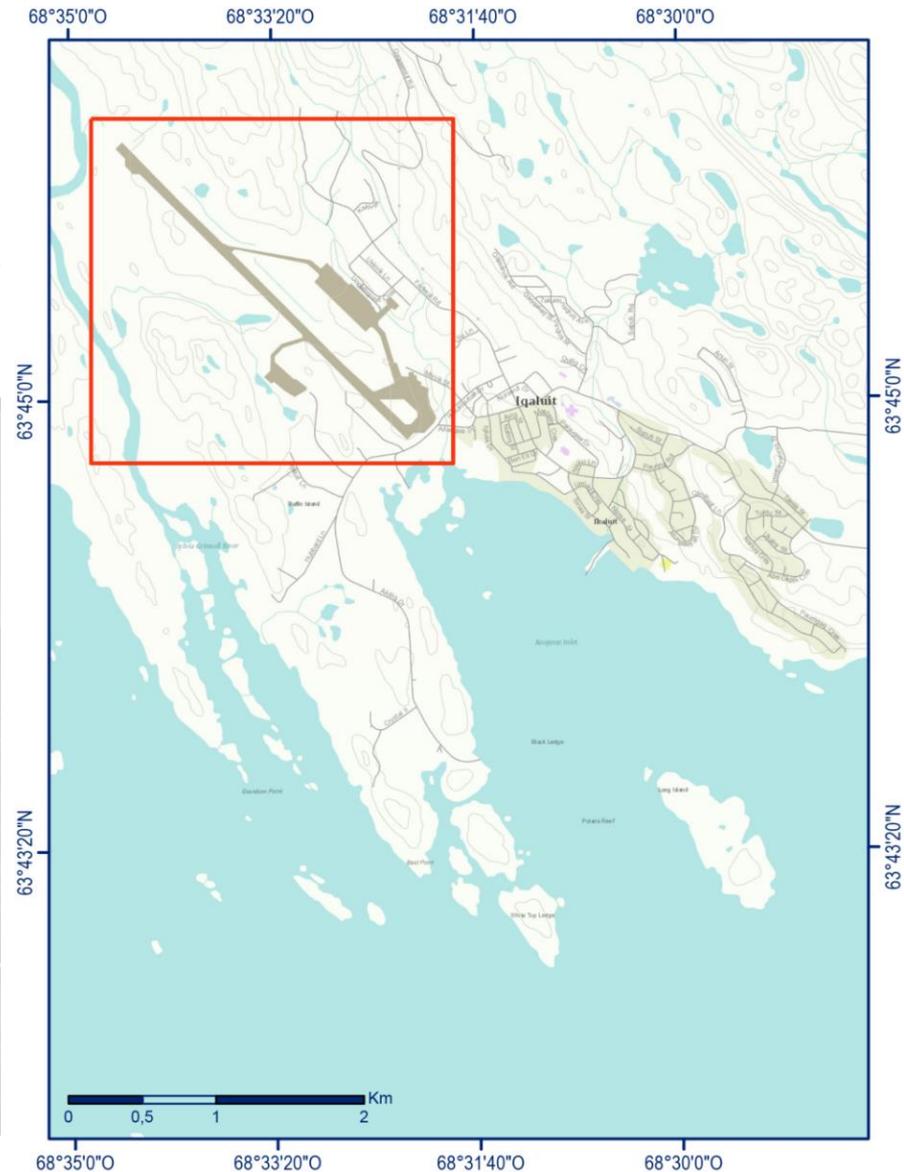
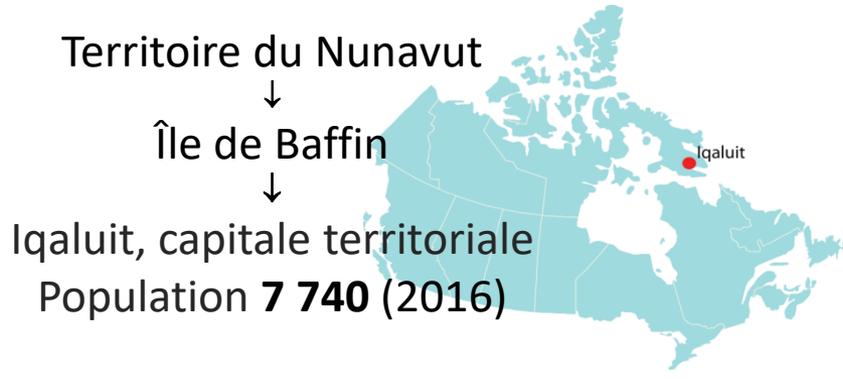
L'aéroport d'Iqaluit: Un aéroport international dans l'Arctique canadien

Introduction & mise en contexte

Méthodes

Résultats & portée des travaux

Conclusions





YFB: Quelques faits...

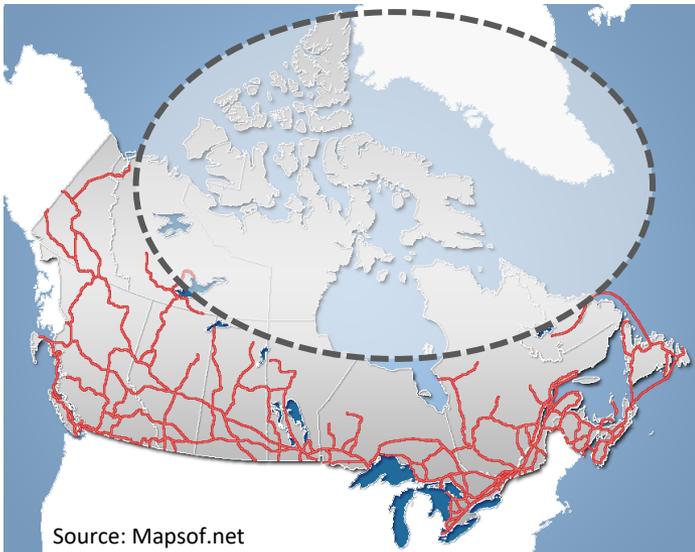
Introduction & mise en contexte

Méthodes

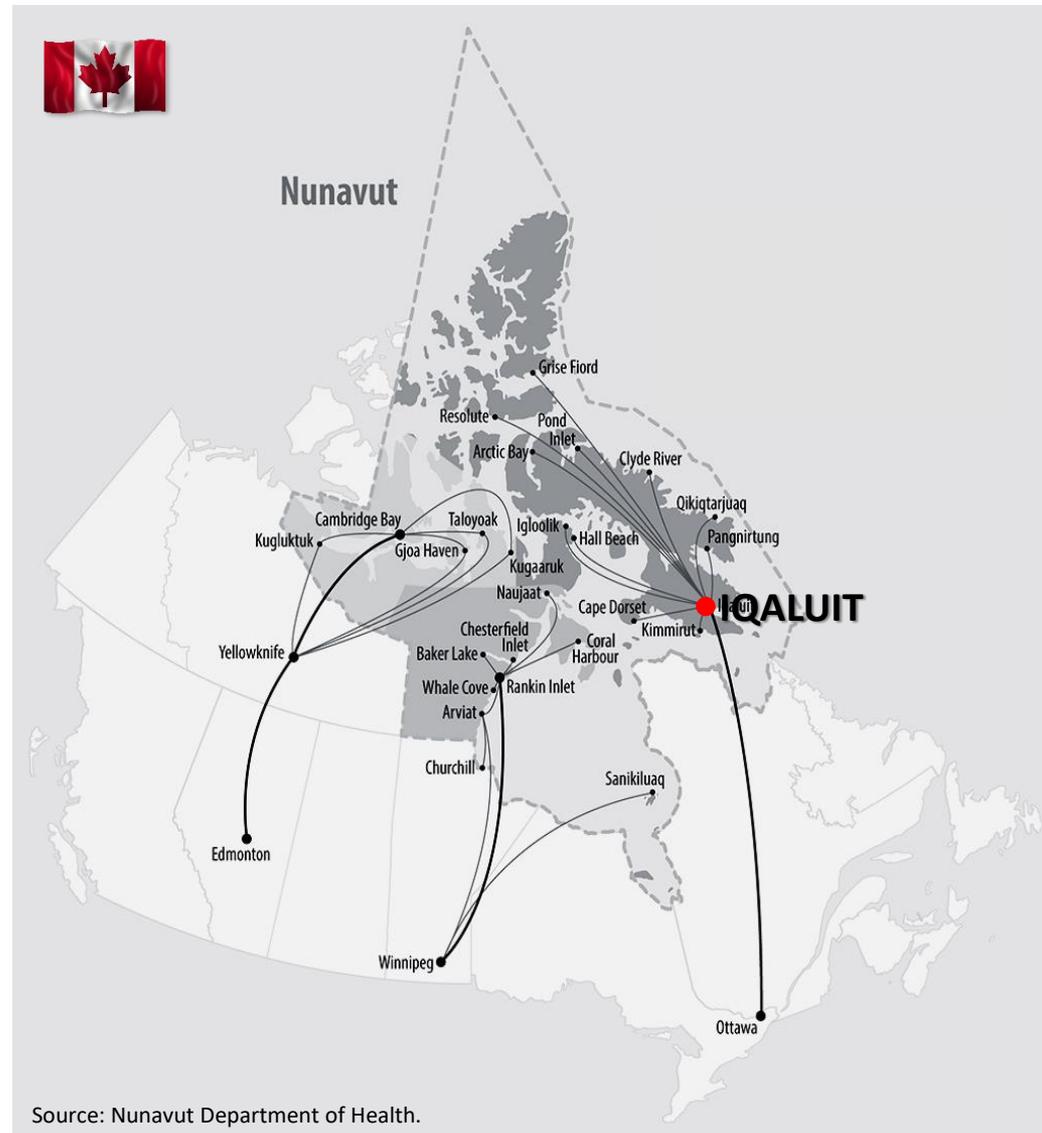
Résultats & portée des travaux

Conclusions

- Construit par l'armée américaine durant la WWII
- Piste d'atterrissage de **2.7 km**
- **220** passagers par jour
- **20 000** mouvements d'aéronefs par an
- TMAA = **-9°C**
- Localisé dans la zone de pergélisol continu



Source: Mapsof.net



Source: Nunavut Department of Health.



La problématique:

- Études pré-construction très sommaires
- Pergélisol = substrat solide
- Ouvrages non conçus pour résister au réchauffement climatique
- Solutions entretien improvisées et temporaires

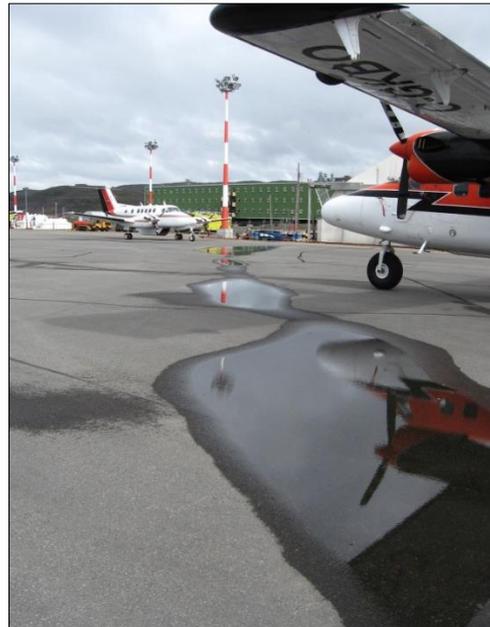
Fente de contraction thermique



Trou d'effondrement



Tassement



Dépression linéaire/Coin de glace





Phase 1: (2010-2016)

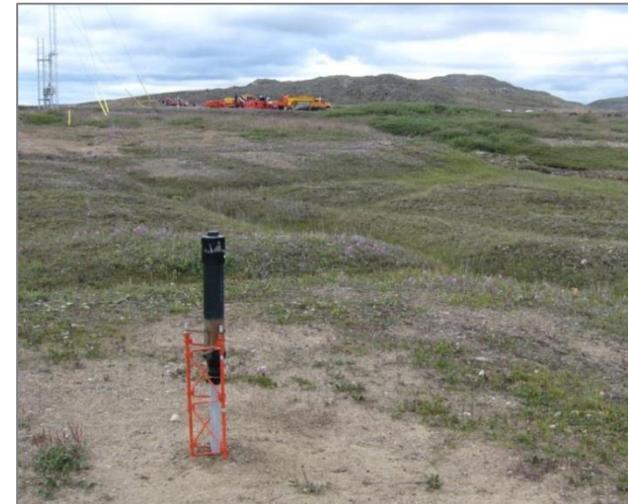
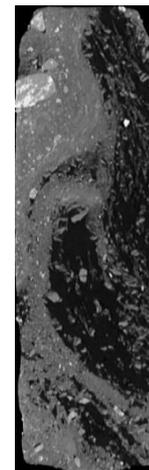
- Comprendre de façon détaillée, à l'échelle locale, les interactions entre le pergélisol, les processus de transferts de chaleur dans le terrain et l'infrastructure.
- Caractériser de façon précise (haute résolution spatiale et cryostratigraphique) le pergélisol sous les ouvrages existants mal documentés ou ceux à construire.
- Orienter l'élaboration des concepts d'ingénierie, les choix technologiques d'adaptation au changement climatique et les prises de décision pour l'entretien.

Phase 2: (2017-2020)

- Poursuivre le suivi à long terme de la performance de l'infrastructure aéroportuaire réparée et modernisée.



- I. Photo-interprétation multi-date et analyse de documents d'archives
- II. Télédétection, SIG et cartographie haute résolution
- III. Forage et échantillonnage du pergélisol
- IV. Caractérisation des propriétés géotechniques et géothermiques du pergélisol
- V. Mesure du régime thermique du pergélisol et modélisation
- VI. Géophysique





Conditions originales du pergélisol vs problèmes géotechniques actuels:

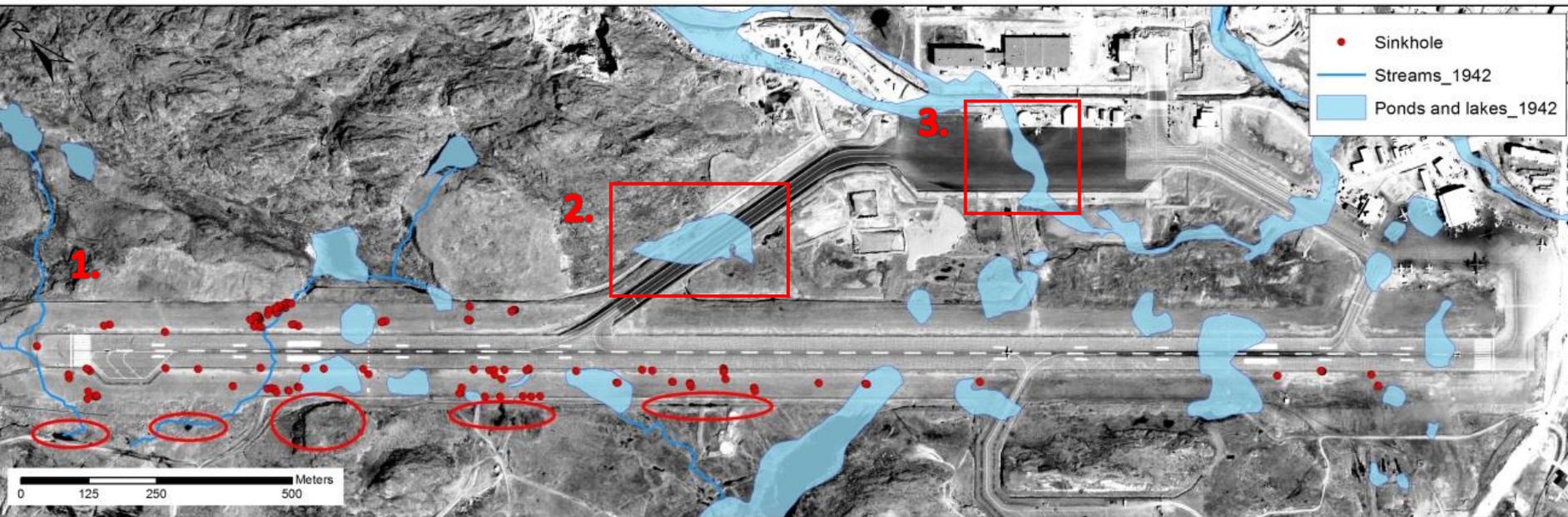
1. Drainage

Introduction & mise en contexte

Méthodes

Résultats & portée des travaux

Conclusions





Conditions originales du pergélisol vs problèmes géotechniques actuels:

2. Les coins de glace

Introduction & mise en contexte

Méthodes

Résultats & portée des travaux

Conclusions





Conditions originales du pergélisol vs problèmes géotechniques actuels:

3. Les sols sensibles et riches en glace

Introduction & mise en contexte

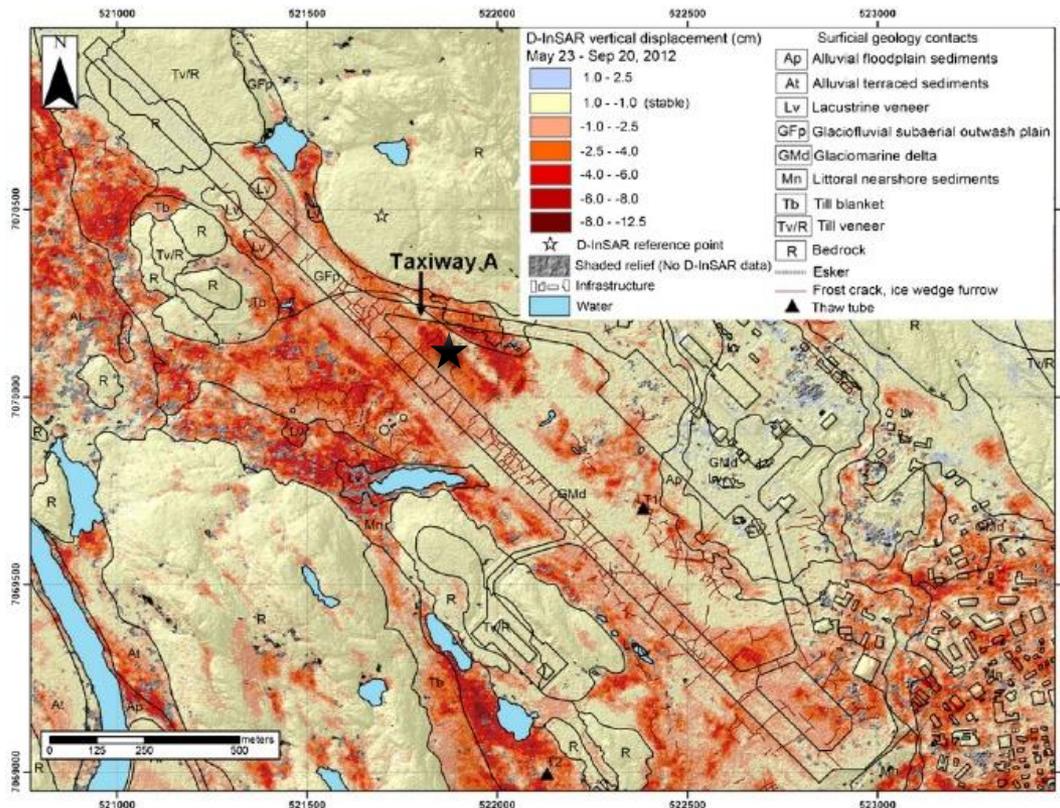
Méthodes

Résultats & portée des travaux

Conclusions

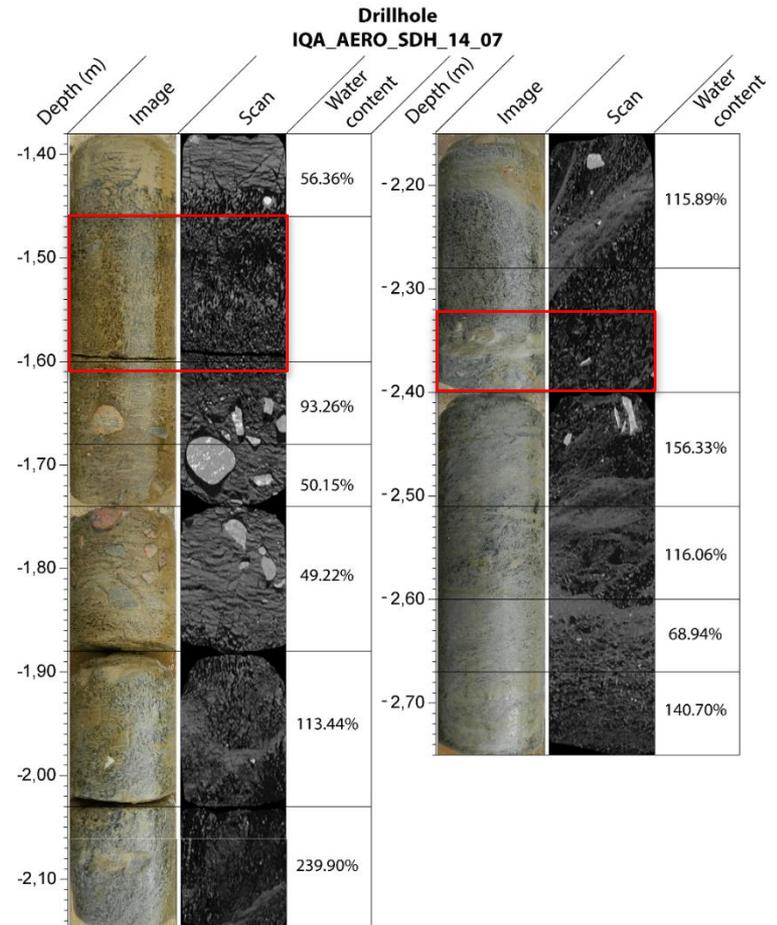
Méthode InSAR (Interférométrie radar):

Mesure les déformations de la surface en faisant la différence entre les deux valeurs de phases d'une images, ce qui correspond à quantité de déplacement d'un pixel dans la direction du satellite.



Tassements mesurés en laboratoire:

- 146 à 161 = 74.33 % (100 kPa)
- 232 à 240 = 70.20 % (100 kPa)





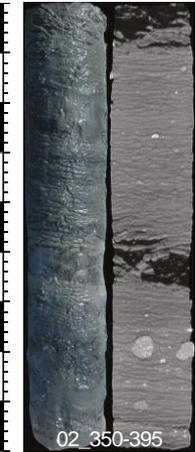
Distribution spatiale, épaisseur et propriétés géotechniques des dépôts superficiels

Introduction & mise en contexte

Méthodes

Résultats & portée des travaux

Conclusions



Lacustre



Glaciaire - Till



Fluvioglaciaire



Alluvial



Lits basaux



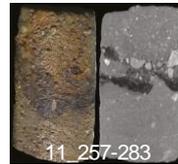
Lits sommitaux



Lits frontaux

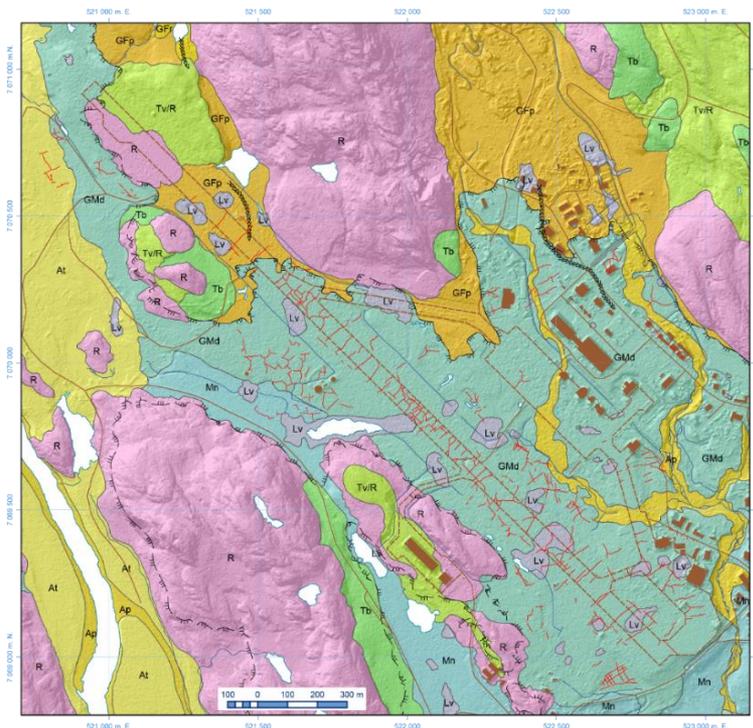


Littoraux



Horizon organique

Glaciomarin



Types de dépôts de surface:

1. Till
2. Deltaïques (subaquatique)
3. Épandage fluvioglaciaire (subaérienne)
4. Alluviaux
5. Lacustre

Les dépôts sont en majorité composés de sables et de graviers consolidés par de la glace interstitielle.



Régime thermique du pergélisol: Variabilité spatiale et impact du type de surface

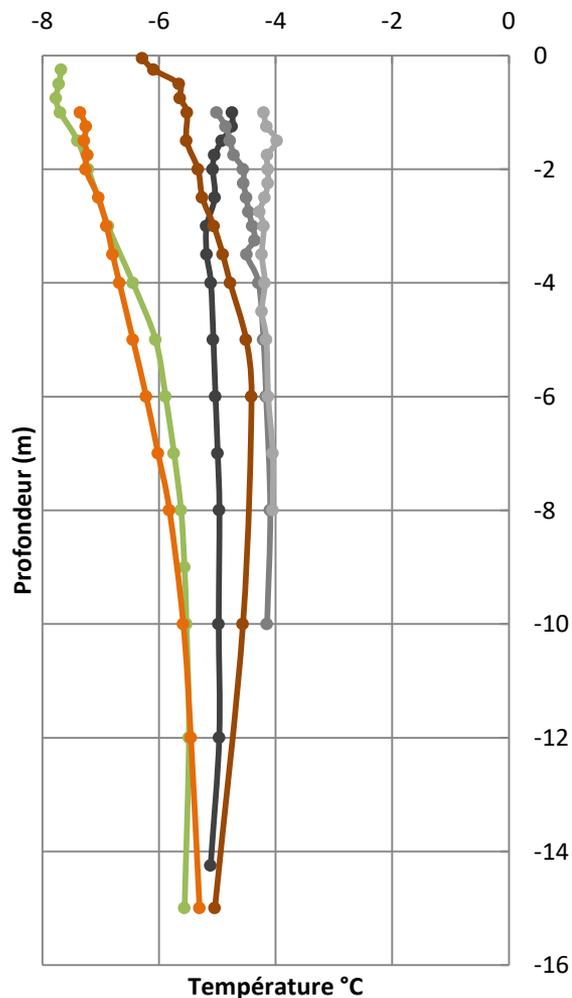
Introduction & mise en contexte

Méthodes

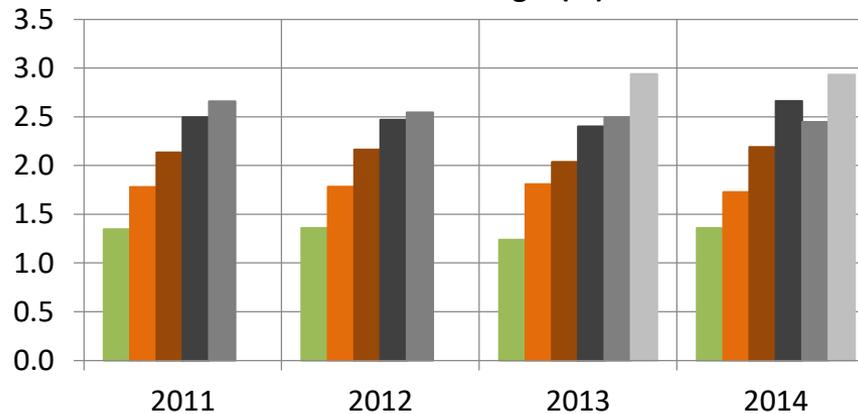
Résultats & portée des travaux

Conclusions

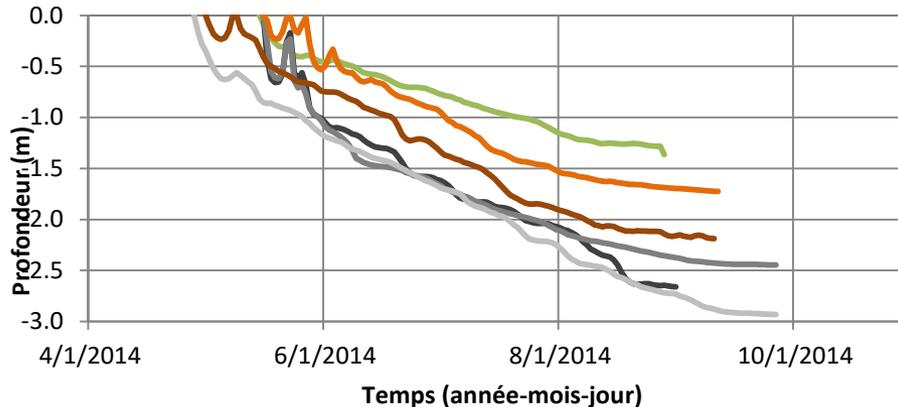
Température moyenne annuelle du sol



Maximum de dégel (m)



Progression du front de dégel (m)



Type de surface

Asphalte



Accotement



Couvert végétal





Régime thermique du pergélisol: Variabilité spatiale et impact du type de surface

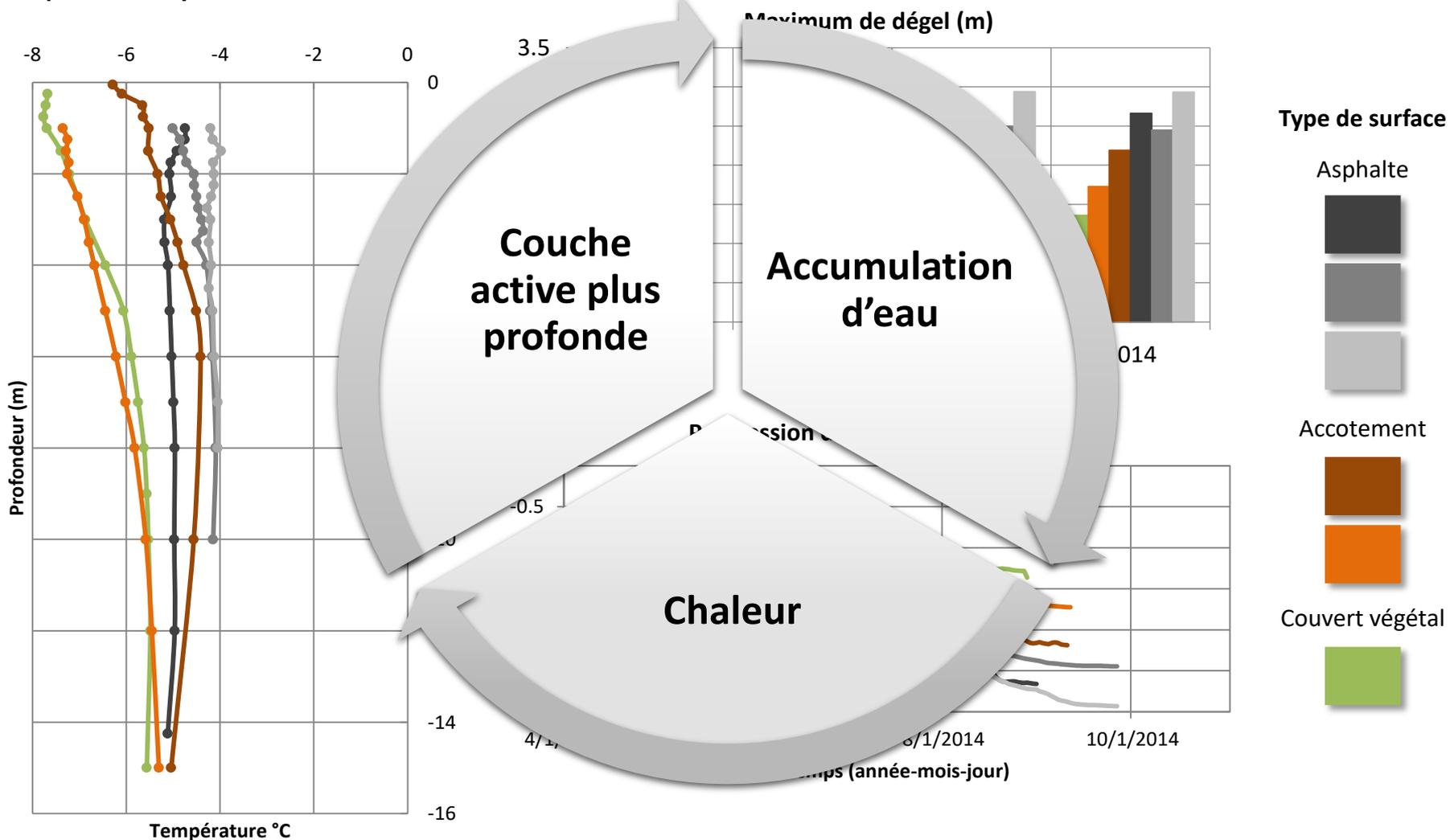
Introduction & mise en contexte

Méthodes

Résultats & portée des travaux

Conclusions

Température moyenne annuelle du sol





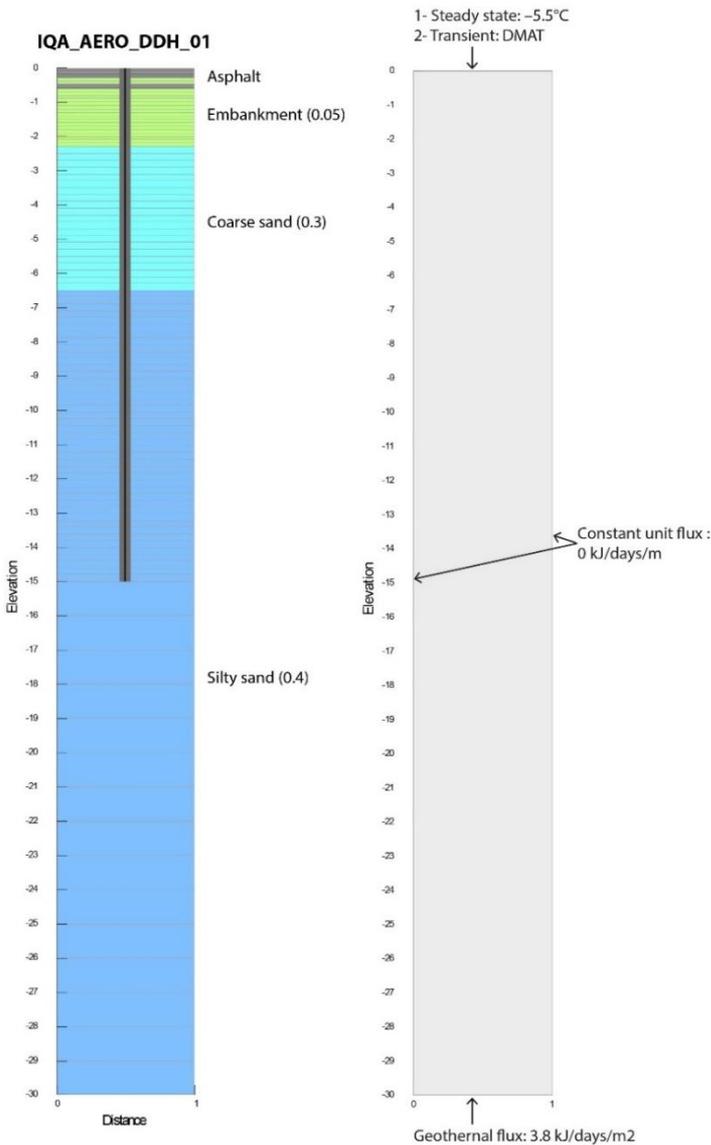
Régime thermique du pergélisol: Modélisation et projections (2050)

Introduction & mise en contexte

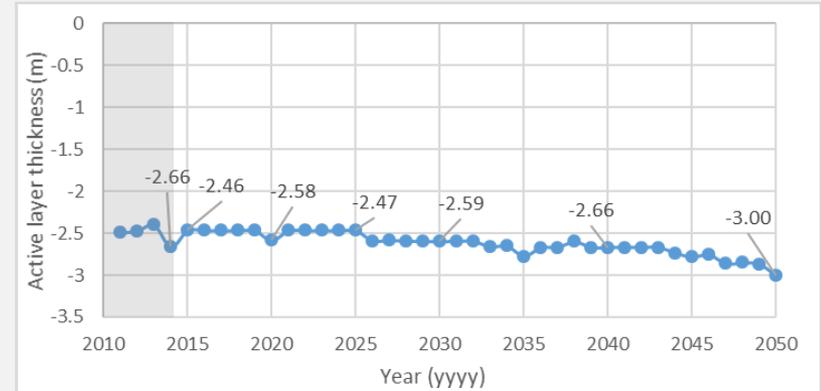
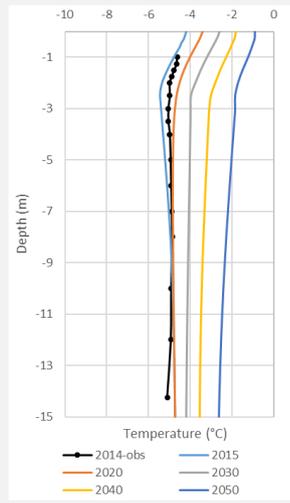
Méthodes

Résultats & portée des travaux

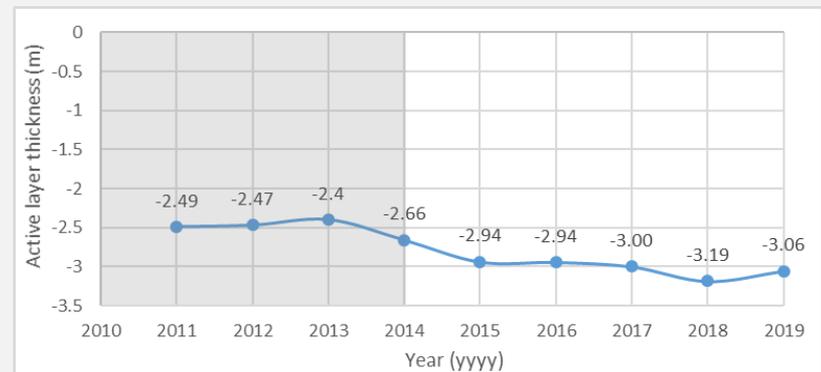
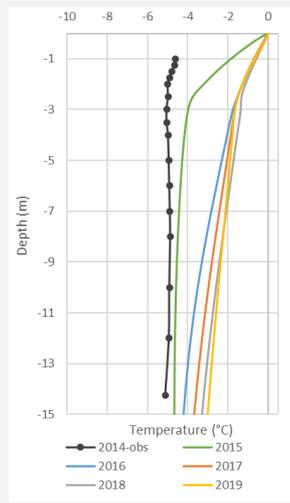
Conclusions



Scénario 1: Augmentation de 2.5°C jusqu'en 2050



Scénario 2: TMJA de 2010 pendant 5 ans





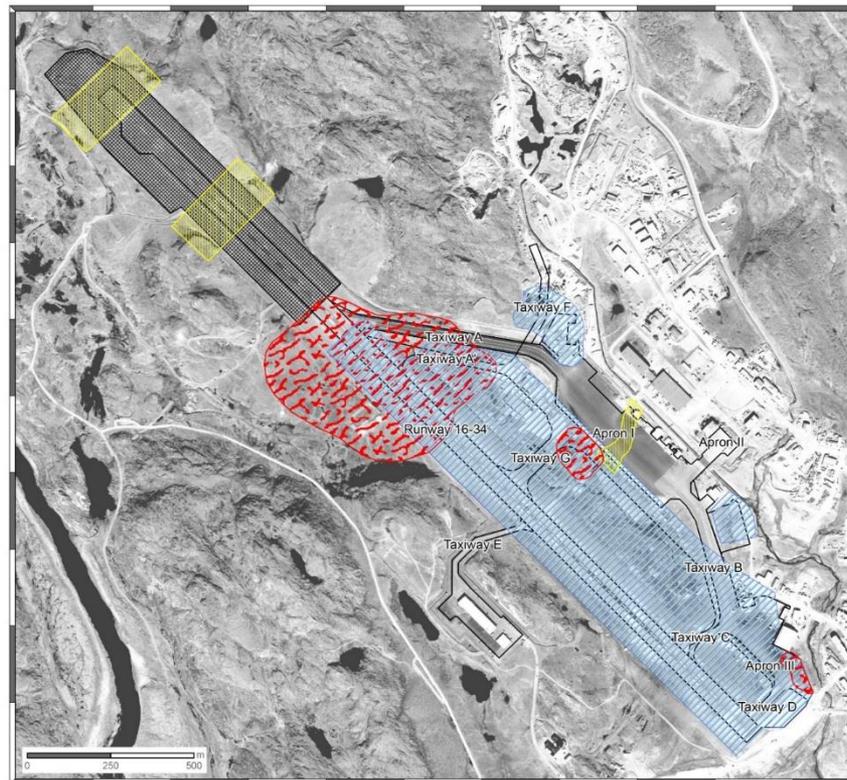
Consultations nombreuses:

- leur fournir de l'information et des outils d'aide à la décision (p.ex.: cartes synthèses, analyse orientée, SIG, visite guidée des sites problématiques, etc.)
- les guider dans le choix de pratiques adaptées.

Impact dans le choix des mesures d'adaptation

- Déplacement de la voie d'accès A?
- Réparation des fissures: Types 1, 2 et 3;
- Correctifs apportés au drainage de la nouvelle voie d'accès G;
- Etc.

Exemple d'outil d'aide à la décision: Sommaire « exécutif » des problématiques de l'aéroport



General synthesis and spatial distribution of broad permafrost sensitivity issues at Iqaluit Airport

-  **Ice-rich near surface permafrost and frost sensitive sediments:** very ice-rich permafrost at the active layer/permafrost interface (transient layer) and/or presence massive ice bodies. The presence of frost sensitive sediments may cause the formation of ice lenses, responsible seasonal heave and subsidence of the active layer. The deepening of the active layer in these areas may lead to settlements, an increase in water content and a loss of bearing capacity.
-  **Area underlain by network of ice wedges:** linear and vertical ice bodies forming a widespread network located near permafrost table. Formed by the accumulation of seasonal ice veins, when the meltwater fills thermal contraction frost cracks during thaw season. Less than a meter width and several meters deep relatively pure ice bodies. Generally located under frost cracks. The thawing of the upper part of the ice wedges may lead to linear settlements, an increase in water content and a loss in bearing capacity in adjacent soils and the possible formation of open cavities under the pavement due to arching.
-  **Area of loose embankment - sinkholes:** Section heavily filled with blocky material where voids and settlements into foundation may occur due to particle reorganization.
-  **Water seepage zones:** water infiltration through the foundation. May lead to erosion of fine particles causing voids and sinkholes and a modification of the thermal regime.
-  **Paved infrastructures:** include newly built areas (Apron I and taxiways A, F and G)



Éléments clés à retenir de cette étude sur les stratégies d'adaptation

Introduction & mise en contexte

Méthodes

Résultats & portée des travaux

Conclusions

- L'étude a comblé un grave manque de connaissances depuis la construction de l'aéroport dans l'urgence et ses expansions planifiées à la pièce.
- Les conditions initiales du terrain/pergélisol (dépôts superficiels, drainage, glace dans le sol, etc.) ont un impact considérable sur la stabilité et le comportement actuel de l'infrastructure. Ce qui souligne l'importance de la caractérisation pré-construction.
- L'infrastructure elle-même a un impact sur le régime thermique du pergélisol (albédo des surfaces pavées, modification du couvert végétal, déneigement, modification du drainage, etc.) qui est accentué par le réchauffement climatique (rétroaction positive).
- L'infrastructure est sensible aux variations climatiques à court terme.
- Le contrôle du drainage dans la couche active est primordial pour réduire les apports localisés de chaleur et l'incorporation de chaleur latente dans la couche active sous les pavages.

Mais...

- Les données géolocalisées récemment acquises sur le pergélisol sont utilisées afin d'orienter les décisions!
- Le monitoring se poursuit jusqu'en 2020 en partenariat avec AILP, Sintra, TC et le GN!

Merci!