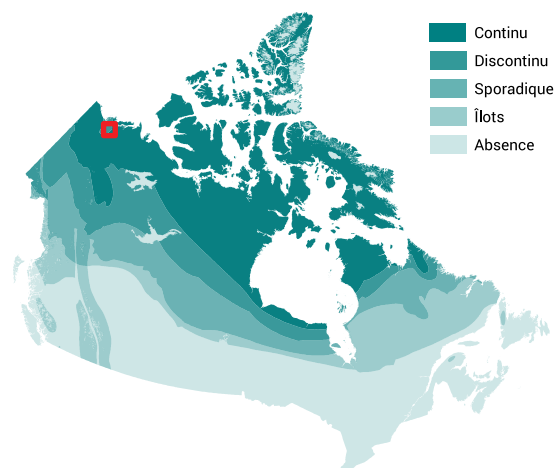


Techniques InSAR pour l'environnement de pergélisol

Allison Plourde et Bernhard Rabus
Université Simon Fraser, Colombie-Britannique, Canada.

Mots-clés : Couche active, surveillance, satellite, télédétection, cycle gel-dégel, couverture neigeuse.



Lieux d'études :
Inuvik, T.N.-O.

Cette recherche a évalué les capacités des techniques de traitement InSAR (une méthode radar par satellite pour repérer les petits mouvements du sol) pour surveiller la dynamique de la couche active du pergélisol dans un environnement de toundra, en utilisant des données provenant de trois capteurs différents validées par rapport à des mesures de vérité sur le terrain. Bien que l'InSAR soit une technique bien établie, son application dans les régions nordiques reste difficile en raison de la rareté des points de référence stables (tels que le substrat rocheux exposé et les infrastructures) et de la présence d'une couverture neigeuse persistante. Cette étude a identifié à la fois les points forts de l'InSAR dans ces conditions et les domaines dans lesquels des améliorations supplémentaires sont nécessaires.

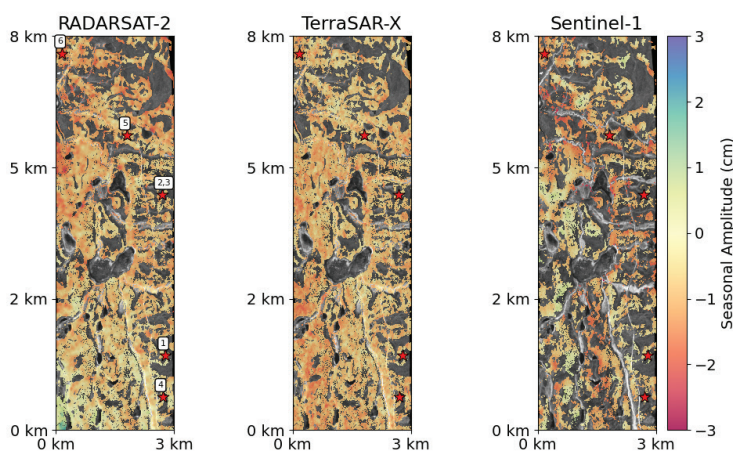


Figure 1 : Cartes d'amplitude saisonnière (cm/an) mesurées par trois capteurs satellites InSAR (à gauche) RADARSAT-2, bande C, (au milieu) TerraSAR-X, bande X, (à droite) Sentinel-1, bande C.

Résumé de la recherche

La hausse des températures peut entraîner un épaississement de la couche active (la couche supérieure du sol recouvrant le pergélisol qui dégèle en été et gèle en hiver), déclenchant ainsi des affaissements de terrain et du thermokarst, susceptibles de déstabiliser les infrastructures et les écosystèmes. Nous avons étudié les défis d'une surveillance complète et annuelle de la couche active à l'aide du radar à synthèse d'ouverture inter-

férométrique (Interferometric Synthetic Aperture Radar ou InSAR), une technique de télédétection permettant de détecter de faibles variations de surface. Les tendances saisonnières et à long terme dans les hautes terres du delta du Mackenzie ont été analysées à l'aide de données InSAR en bande C et en bande X, combinées à des paires de réflecteurs d'angle ancrés dans le pergélisol ou montés en surface. Des mesures sur le terrain du déplacement (inclinomètres) et de l'épaisseur de la neige (radiomètres

à ultrasons) ont permis de valider la réalité terrain et de mieux comprendre l'impact de la couverture neigeuse.

L'étude a révélé que l'InSAR peut mesurer les changements de surface dus au déplacement de la couche active, mais les capteurs SAR spatiaux actuellement disponibles ont tendance à sous-estimer les taux d'affaissement plus importants (par rapport aux données in situ) en raison de la décorrélation avec la couverture neigeuse, ce qui entraîne de longues lacunes dans les données. L'InSAR a démontré un potentiel pour estimer l'équivalent en eau de neige (Snow Water Equivalent ou SWE). Cependant, la résolution et la précision étaient insuffisantes pour corriger les images afin de rétablir les tendances de déplacement hivernal. Bien que l'intégration des données hivernales après correction des effets de phase induits par la neige puisse faire progresser la surveillance continue du pergélisol, la fiabilité reste limitée et est aggravée par des mouvements rapides et complexes pendant le dégel et le gel.

Passer à l'action

La modélisation de la dynamique de la couche active sous le pergélisol en cours de dégel peut être améliorée en intégrant des données InSAR multicauteurs aux observations au sol. Parmi les avancées nécessaires figurent un dépliage et une modélisation de phase plus robustes pour gérer les effets du gel-dégel et de la neige, ainsi que de nouveaux capteurs SAR (par exemple, les constellations NiSAR en bande L et à répétition courte) pour réduire les ambiguïtés de phase et capturer les déplacements importants. La combinaison de données détaillées sur les déplacements et la neige dans les évaluations régionales favorisera une conception d'infrastructures et un aménagement du territoire plus résilients dans les régions vulnérables du pergélisol.

Liens avec d'autres projets

- 2 Ce projet fait partie du Thème 2 – *Surveillance de l'évolution du pergélisol* et lié à d'autres projets du thème.

Partenaires, membres de l'équipe et soutien

Cette recherche a été rendue possible grâce aux efforts de collaboration et au soutien de divers partenaires. Des remerciements particuliers sont adressés à Peter Morse et H. Brendan O'Neill pour leur aide et leurs conseils sur le terrain. De plus, nous tenons à remercier l'Aurora Research Institute pour son hébergement, sa collaboration et l'utilisation de ses installations.

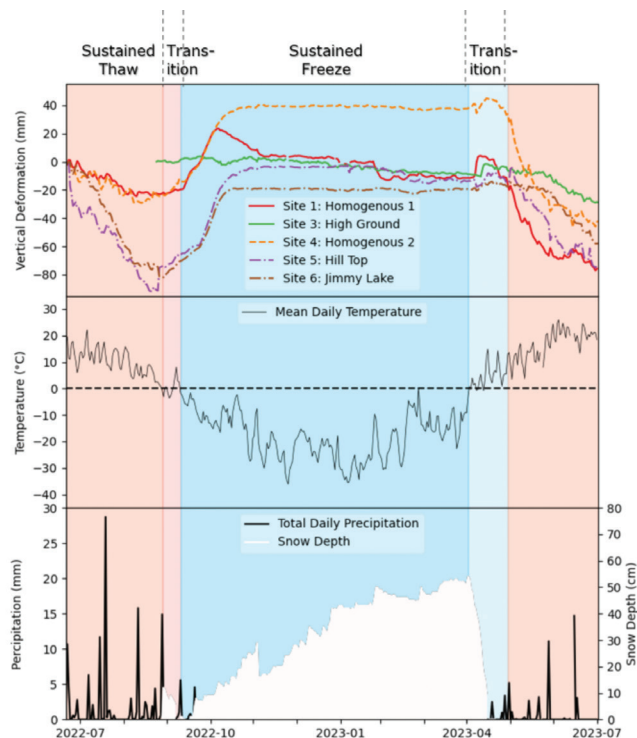


Figure 2 : Données de terrain démontrant comment le déplacement rapide de la surface au cours de la saison 2022-2023 coïncide avec les périodes de gel et de dégel.

Reconnaitances, remerciements et financement

Nous exprimons notre gratitude à la communauté d'Inuvik, dont le soutien a rendu cette recherche possible. Ces travaux ont été menés sur les territoires traditionnels et les terres ancestrales des peuples d'Inuvialuits, métis et cris des Territoires du Nord-Ouest. Cette recherche a été financée par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) et le PermafrostNet CRSNG.

Références

- A. Plourde, A., *Analysis of a topographic-based InSAR SWE estimation technique for low-land permafrost terrain north of Inuvik, Northwest Territories*, actes de la 12^e Conférence internationale sur le pergélisol, 12^e Conférence internationale sur le pergélisol, Whitehorse, Yukon, Canada, 16 au 20 juin 2024.
- A. Plourde, [InSAR techniques for monitoring permafrost](#), vidéo en ligne Frost Bytes, consulté le 31 juillet 2025.

