



# Cartographie et surveillance des glaces de lac au moyen de satellites SAR

Joost van der Sanden, Ressources naturelles Canada, Centre canadien de télédétection

## Glacé de lac

Plusieurs milliers de lacs d'eau douce parsèment les paysages du Nord canadien. Par conséquent, la glace de lac représente une importante partie de la cryosphère et sa phénologie influence une gamme étendue de phénomènes naturels et d'activités humaines. La glace de lac régit la productivité biologique des écosystèmes lacustres, ainsi que la migration des espèces qui dépendent de la glace ou des eaux libres. La glace de lac détermine la quantité d'eau qui peut être soutirée en hiver pour la consommation humaine (des lacs peu profonds peuvent geler jusqu'au fond); elle permet également l'aménagement de routes de glace, assurant en hiver un accès routier vers des lieux éloignés. En outre, la glace de lac a une incidence sur la configuration des systèmes météorologiques et, par conséquent, sur les prévisions météorologiques et la modélisation climatique. En raison de sa sensibilité à la température de l'air, la glace de lac est un indicateur efficace des changements climatiques.

## Caractéristiques des glaces

La phénologie des glaces de lac comprend trois principaux phénomènes glaciels :

- l'englacement à l'automne;
- le gel jusqu'au fond en hiver;
- le dégel des glaces au printemps.

L'un des principaux objectifs consiste à cartographier ces trois phénomènes et à surveiller les dates intra-annuelles et interannuelles auxquelles ils se manifestent. Le moment où se produisent ces phénomènes repose principalement sur la température de l'air, bien que le vent, la couche de neige et la taille du lac (superficie et profondeur) y jouent également un rôle. En hiver, la plupart des glaces sont flottantes; toutefois, un gel jusqu'au fond peut se produire dans les lacs dont la profondeur est inférieure à deux mètres.

Les caractéristiques des glaces de lac les plus intéressantes sont les suivantes :

- la couverture des glaces de lac (pourcentage de glace par rapport à l'eau libre);
- le type de glace;
- l'épaisseur de la glace (habituellement moins de deux mètres);
- les conditions à la surface (couverture de neige, phase de la fonte, structure cristalline).

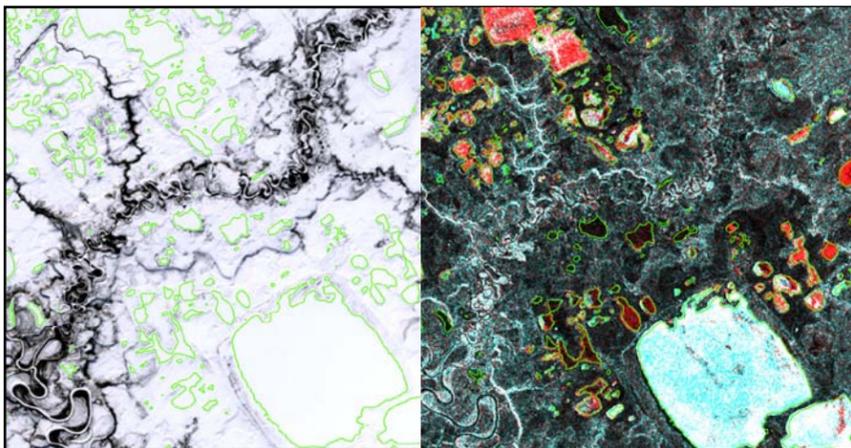


Figure 1. Lacs couverts de glace et de neige dans le parc national du Canada Vuntut, au Yukon, à la fin de mars 2009

Dans la figure 1, le contour des lacs est figuré en vert. L'image de gauche provient d'un satellite Landsat optique. L'image de droite a été acquise à l'aide du satellite SAR RADARSAT-2 en copolarisation et en polarisation croisée. Les lacs sombres sont gelés jusqu'au fond (glace ancrée); les zones paraissant en rouge, en bleu et en blanc sur les lacs représentent trois différents types de glace flottante.

## Satellites SAR

Dans le Nord canadien, la cartographie et la surveillance des glaces de lac représentent un défi particulièrement important puisqu'il faut couvrir de vastes étendues géographiques en région éloignée, dans le manque de lumière hivernal ou sous une couverture nuageuse persistante. Des mesures doivent être prises à intervalles fréquents afin de cartographier les phénomènes glaciels à des dates précises. Les satellites radar à synthèse d'ouverture (SAR) sont les plus aptes à exécuter cette tâche de télédétection.

Les satellites SAR émettent et reçoivent des signaux radar hyperfréquence, et ils peuvent saisir des images de la Terre malgré une obscurité totale ou une couverture nuageuse (contrairement aux satellites optiques). Les satellites SAR enregistrent la rétrodiffusion, c'est-à-dire les signaux hyperfréquence reçus; l'intensité et les caractéristiques (p. ex., la polarisation) de la rétrodiffusion permettent d'interpréter les conditions à la surface. Les signaux hyperfréquences peuvent traverser la couverture de glace et de neige à divers degrés, permettant la détection de l'eau sous la glace ou dans la couverture de neige.

## Méthodes

À l'heure actuelle, la recherche et développement se fait en collaboration avec Parcs Canada et se concentre sur les lacs dans trois des parcs nationaux du Canada les plus au nord : parc national du Canada Vuntut (Yukon); parc national du Canada Tuktut Nogait (Territoires du Nord-Ouest); parc national du Canada Ukkusiksalik (Nunavut).

Cette recherche et développement comporte quatre étapes :

1. observer la rétrodiffusion SAR des glaces de lac à l'automne, en hiver et au printemps;
2. établir des relations entre la rétrodiffusion et les propriétés géophysiques des glaces de lac, afin de comprendre comment les hyperfréquences interagissent avec la neige, la glace et l'eau;
3. élaborer des méthodes permettant de distinguer de façon constante la glace de lac de l'eau libre, ou la glace ancrée de la glace flottante;
4. appliquer ces méthodes dans la pratique afin d'automatiser la cartographie et la surveillance des phénomènes glaciels.

Dans la figure 2, la glace est de couleur bleu clair, tandis que l'eau libre est en bleu sombre. Cette image RADARSAT-2 du parc national du Canada Vuntut, au Yukon, a été prise à la fin de mai 2008.

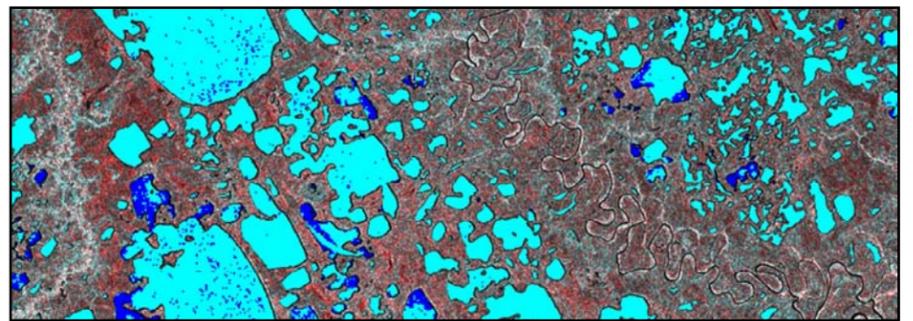


Figure 2. Classification des glaces de lac d'après la rétrodiffusion SAR

## Résultats

Jusqu'à maintenant, les satellites SAR qui fournissent simultanément des images en copolarisation et en polarisation croisée s'avèrent d'excellents outils pour la cartographie et la surveillance des glaces de lac. L'imagerie est disponible grâce à des satellites SAR de deuxième génération (RADARSAT-2, ALOS PALSAR et TerraSAR-X).

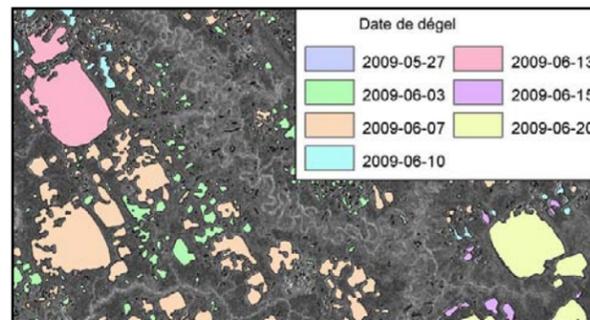


Figure 3. Carte de la fonte des glaces de lac (surface libre de glace) en 2009, parc national du Canada Vuntut (Yukon)

En hiver, la glace ancrée et la glace flottante sont identifiées respectivement par une rétrodiffusion en copolarisation faible ou élevée. La distinction entre les types de glaces flottantes est possible en ajoutant des images acquises en polarisation croisée (voir la figure 1).

Au printemps, les glaces de lac et l'eau libre sont classées d'après leur rétrodiffusion en copolarisation ou en polarisation croisée (voir la figure 2). Au début de la période de fonte, on utilise l'imagerie réalisée en copolarisation parce que la rétrodiffusion en polarisation croisée affiche un rapport signal-bruit trop faible et fournit donc moins d'information utile. Toutefois, pendant la phase finale de fonte des glaces, les images acquises en polarisation croisée sont utilisées lorsque de grandes étendues d'eau libre sont présentes et que les vagues formées par le vent présentent une rétrodiffusion en copolarisation très similaire à celle de la glace.

En hiver, la progression du gel jusqu'au fond est assez lente, de sorte que des images SAR toutes les semaines ou tous les mois suffisent pour la surveillance. Cependant, des changements rapides au cours de l'englacement de l'automne et du dégel printanier exigent des images SAR tous les trois ou quatre jours afin de cartographier et de surveiller de façon exacte ces phénomènes glaciels (voir la figure 3).

Données et produits RADARSAT-2 © MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd. (2009) – Tous droits réservés. RADARSAT est une marque officielle de l'Agence spatiale canadienne.

## Remerciement

Ce projet a été réalisé avec l'appui financier du Programme d'initiatives gouvernementales en observation de la Terre (IGOT) de l'agence spatiale canadienne.