



Cartographie et surveillance de la glace fluviale au moyen de satellites SAR

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

Importance de la glace fluviale

La glace fluviale, ou de rivière, est un élément important de la cryosphère qui module les processus naturels et peut faciliter ou menacer les activités humaines. Par conséquent, son importance dans les pays nordiques comme le Canada est donc considérable et variée.

Il convient de noter que la glace de rivière :

- affecte le régime d'écoulement hivernal des cours d'eau et nuit au fonctionnement des stations hydrométriques;
- permet l'aménagement de chemins saisonniers fournissant l'accès à des endroits qui ne sont pas reliés à des réseaux routiers terrestres permanents (p. ex. des collectivités, des territoires de chasse et de pêche, et des exploitations minières);
- régit les activités de pompage et d'évacuation d'eau de certaines municipalités et entreprises (secteurs de l'hydroélectricité et des sables bitumineux);
- peut constituer un danger à la navigation et, plus particulièrement lors de la débâcle, peut menacer des infrastructures (p. ex. écluses, ponts, gazoducs et oléoducs) et des collectivités en provoquant des embâcles et des inondations, ce qui, à l'inverse, peut aussi être bénéfique pour les écosystèmes aquatiques;
- affecte l'habitat de la faune et peut, par sa force d'érosion, transformer les paysages fluviaux;
- a une incidence sur la configuration des systèmes météorologiques et, par conséquent, sur les prévisions météorologiques et la modélisation du climat;
- peut servir d'indicateur des changements climatiques.



Figure 1. Image du fleuve Mackenzie à Inuvik, T.N.-O., prise le 26 mai 2008 (débâcle)

De toute évidence, les données sur la couverture de glace de rivière peuvent appuyer diverses activités scientifiques, techniques et de gestion, y compris la modélisation hydraulique et hydrologique, la prévision des débâcles et la prise de décisions touchant, entre autres, le pompage et l'évacuation d'eau, le routage par les chemins de glace, la gestion de la faune et l'élaboration de plans d'urgence en cas d'inondations provoquées par des embâcles. Les variables d'intérêt concernant la glace de rivière comprennent généralement les périodes de prise de la glace et de débâcle, l'étendue, la nature et l'épaisseur de la glace, ainsi que l'état des glaces (sèche et solide ou humide et en cours de détérioration).

Collecte des données

Il est souvent difficile de recueillir des données sur la glace de rivière pour les raisons suivantes :

- conditions météorologiques défavorables;
- vaste étendue des cours d'eau d'intérêt et accès restreint;
- nature dynamique de la couverture de glace lors des périodes de prise de la glace et de débâcle.

Les satellites de télédétection constituent d'excellents outils pour recueillir des données à jour sur la couverture de glace grâce à leur capacité de produire automatiquement des images de la surface terrestre de manière systématique, synoptique et répétitive.

Le recours à des satellites radar à synthèse d'ouverture (SAR) plutôt qu'à des satellites optiques présente certains avantages, notamment :

- la capacité des SAR d'émettre des signaux qui pénètrent les couches de glace et de neige sèches (voir la figure 2);
- la sensibilité du radar à la présence de l'eau libre;
- la capacité des détecteurs à produire des images de jour comme de nuit et quelles que soient les conditions météorologiques.

Recherche et développement

Le fleuve Mackenzie, près d'Inuvik, dans les Territoires du Nord-Ouest, fait l'objet d'activités de recherche et de développement (R et D) portant sur l'utilisation de satellites SAR pour cartographier et surveiller la glace de rivière. Ces activités font partie d'un projet pour l'Année polaire internationale (API) et sont réalisées en collaboration avec différents partenaires, dont Environnement Canada, l'Université de l'Alberta et l'Université Simon Fraser. L'un des objectifs particuliers de l'API consiste à concevoir un modèle hydraulique pour le delta du Mackenzie.

Les types de données dérivées des images SAR utilisées pour concevoir le modèle hydraulique portent notamment sur les éléments suivants :

- le réseau des chenaux dans le delta;
- la répartition des types de glace;
- l'emplacement des embâcles;
- la séquence des débâcles;
- l'étendue, l'emplacement et la durée des inondations printanières.

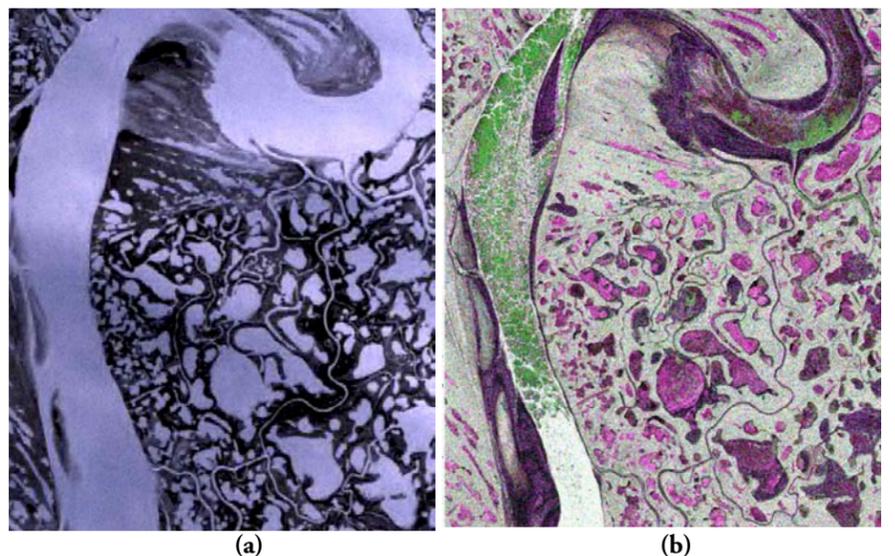
Du point de vue de la télédétection par radar, ces travaux de recherche permettent de mieux comprendre l'interaction entre la glace de rivière et les ondes radar, et d'en apprendre ainsi davantage sur le potentiel des satellites SAR pour cartographier et surveiller des caractéristiques de la couverture de glace de rivière. Les ensembles de données radar disponibles comprennent des images acquises par les satellites RADARSAT-1, RADARSAT-2, Envisat ASAR, ALOS PALSAR et TerraSAR-X.

Résultats

Les résultats obtenus indiquent que les satellites SAR constituent d'excellents outils pour cartographier et surveiller la couverture de glace de rivière. Le potentiel de ces outils en matière de cartographie de l'état des glaces lors de la débâcle printanière est démontré à l'aide du produit dérivé d'images RADARSAT-1, présenté à la figure 3.

Ce produit est aussi disponible dans un format compatible avec un système d'information géographique (SIG). Il représente une des 11 cartes produites pour documenter la période de débâcle printanière de 2008. L'approche utilisée pour produire ces cartes est basée sur la connaissance du processus de débâcle par un expert et par l'utilisation de l'information sur l'intensité et la variabilité spatiale du signal de rétrodiffusion radar.

La capacité des satellites SAR de deuxième génération (p. ex. RADARSAT-2, ALOS PALSAR, TerraSAR-X) de capter simultanément des images selon diverses polarisations accroît considérablement leur potentiel en matière de cartographie de la couverture de glace hivernale. L'interprétation d'images de radar polarimétrique est complexifiée par les défis posés par la collecte de données de référence au sol. La R et D est en cours dans ce champ d'activité.



Figures 2(a-b). Sous-ensembles d'images du fleuve Mackenzie, près d'Inuvik, T.N.-O., Canada

(a) image composite Landsat™ en couleur naturelle acquise le 25 mars 2009

(b) image composite RADARSAT-2 multipolarisation acquise le 8 mars 2009. L'image RADARSAT-2 présente de nombreux éléments de la couverture de glace invisibles sur celle de Landsat TM ou à l'œil nu.

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

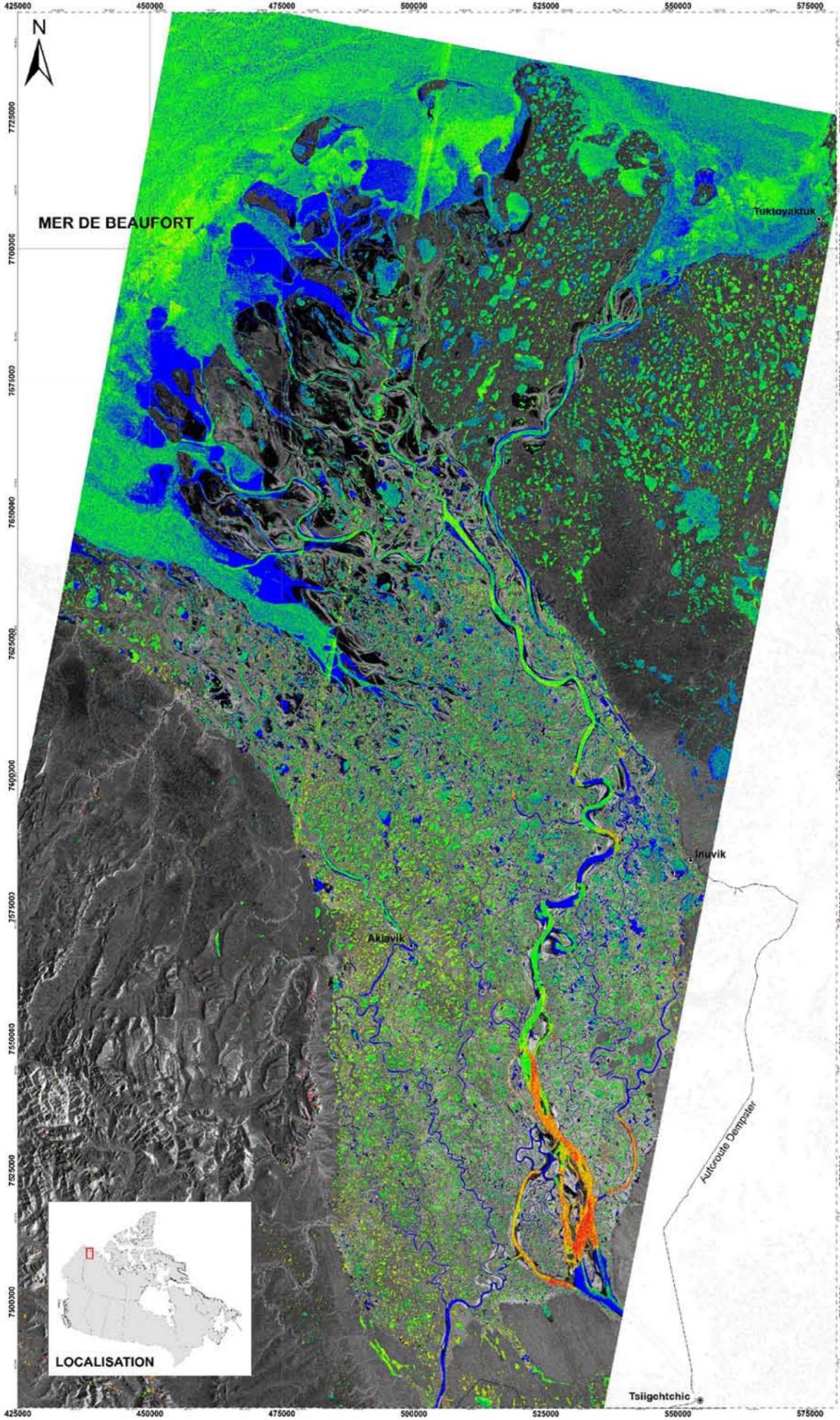
Remerciement

Produit avec le généreux soutien du Programme du gouvernement du Canada pour l'API, du Programme d'initiatives gouvernementales en observation de la Terre de l'Agence spatiale canadienne et du Programme du plateau continental polaire de Ressources naturelles Canada.



Delta du fleuve Mackenzie, Territoires du Nord-Ouest, Canada Condition du couvert de glace pour le 26 Mai 2008, 09:27 HAR (UTC- 6)

Carte 5 de 12



LÉGENDE

- EAU LIBRE**
- EAU LIBRE
- GLACE LISSE**
- Texture très lisse (échelle du mm)
- Texture lisse (échelle du mm-cm)
- Texture lisse rugueuse (échelle du cm)
- GLACE CONSOLIDÉE**
- Texture faiblement rugueuse (échelle du cm-dm)
- Texture rugueuse (échelle du dm-m)
- Texture fortement rugueuse (échelle du m)
- Image radar (zone terrestre)
- Réseau hydrographique
- Ville \ village
- Réseau routier

NOTES DESCRIPTIVES

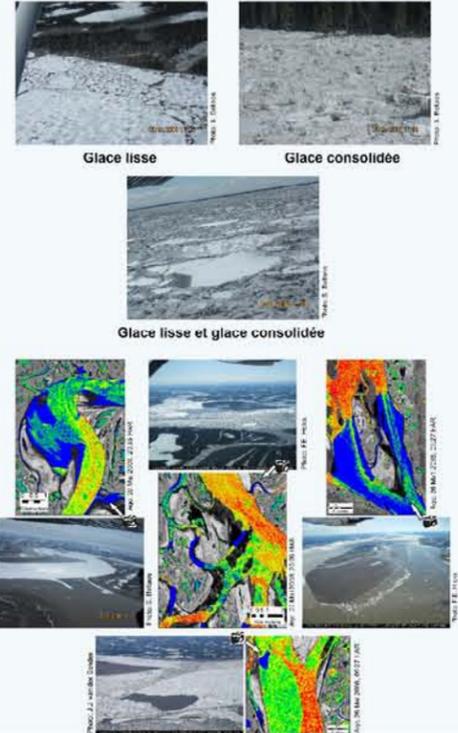
Au cours de la fonte printanière des glaces en 2008, trois satellites radar ont été utilisés pour surveiller le delta du fleuve Mackenzie à un intervalle de un à trois jours. Les images radar acquises ont permis de développer et de produire une série de cartes temporelles, comme la suivante, qui présente des informations sur l'évolution du couvert de glace d'eau douce par rapport au temps et à l'espace. Cette série de cartes temporelles facilitera par ailleurs la production d'un modèle hydraulique pour le delta du fleuve Mackenzie.

Le potentiel des satellites radar pour cartographier la fonte des glaces et la glace humide peut être expliqué par la sensibilité à la rugosité de surface ou, en terminologie des glaces, par la texture des couverts observés. Tel qu'illustré dans la légende, ces cartes discriminent l'eau libre et trois classes de glace chacune pour les couverts identifiés glace lisse ou glace consolidée. Un couvert de glace lisse est caractérisé par sa faible rugosité de surface, tandis qu'un couvert de glace consolidée se caractérise par une texture beaucoup plus rugueuse. Il doit aussi être mentionné que si un couvert de neige humide recouvre le couvert de glace, ce qui arrive fréquemment au début de la fonte des glaces, la rétrodiffusion radar sera représentative de la texture du couvert de neige.

Les photographies et sous-images ci-dessous montrent quelques exemples de la légende et facilitent l'interprétation des cartes de glace produites. L'assignation des différents pixels à certaines classes de glace s'est appuyée sur l'analyse de la rétrodiffusion et de la variabilité spatiale du signal radar et sur certaines règles dérivées à partir des connaissances sur la fonte du couvert de glace au printemps.

Les données in situ, c'est-à-dire les observations, photographies et vidéos obtenues à partir de survols aériens, ont été utilisées pour valider les cartes de condition de glace produites. Les efforts de validation ont été centrés sur la confirmation de l'information par rapport aux conditions de glaces. L'information produite pour les lacs est aussi valable en raison des fortes similarités entre les glaces de rivière et les glaces de lac. Par contre, les conditions de glace des milieux salés ou encore celles des milieux présentant un mélange d'eau douce et d'eau salée, comme c'est le cas pour la Mer de Beaufort, doivent être interprétées avec précaution.

CONDITION DU COUVERT DE GLACE; OBSERVATIONS TERRAIN ET CLASSIFICATIONS



© Le ministère des Ressources naturelles Canada. Tous droits réservés.
Les usagers peuvent télécharger le contenu sans le consentement du ministère.

Produit par le Centre canadien de télédétection (CCT) pour le "programme des sciences de la télédétection" du Secteur des sciences de la Terre (SST), Ressources naturelles Canada.
Pour plus d'information, rendez visite au site web du Centre canadien de télédétection à: <http://ccrs.nrcan.gc.ca/> ou contactez Joost van der Sanden par courriel: sanden@nrcan.gc.ca
Citation recommandée: van der Sanden, J.J. and H. Drouin, 2010, Spring 2008 Ice Cover Condition, Mackenzie River Delta, Northwest Territories, Canada, Ottawa, Natural Resources Canada.
Also available in English.



Image satellitaire: RADARSAT-1, bande C, HH, Mode W3, Dimension des pixels: 12,5 m par 12,5 m
Données RADARSAT-1 © Agence spatiale canadienne, 2008
Données vectorielles: Base nationale de données topographiques, Canada, Échelle 1:250,000



La réalisation du projet a été rendue possible grâce au généreux soutien du Programme du gouvernement du Canada pour l'Année polaire internationale (API) et du Programme d'initiatives gouvernementales en observation de la Terre de l'Agence spatiale canadienne. Les discussions et échanges de données de validation avec S. Belasco (Environnement Canada), F. Hicks (université de l'Alberta) et autres collaborateurs API ont été très précieuses.



Figure 3. Delta du fleuve Mackenzie, T.N.-O. Condition de la couverture de glace le 26 mai 2008, 09:27 HAR (UTC-6)