# ÉTUDE DU COMPORTEMENT DES GLACES DE MER ET D'EAU DOUCE DU NUNAVIK AU VOISINAGE DES INFRASTRUCTURES MARITIMES

## APPORT DES CONNAISSANCES LOCALES ET DE LA TÉLÉDÉTECTION

## RAPPORT DE FIN D'ANNÉE FISCALE 2010-2011 SUR L'AVANCEMENT DES TRAVAUX DU PROJET

*Rapport de recherche No R-1251* *2011*

Affaires Indiennes et du Nord Canada

Programme d'adaptation aux changements climatiques 2009-2011

# Rapport de fin d'année fiscale 2010-2011 sur l'état d'avancement des travaux du projet

Projet:

Étude du comportement des glaces de mer et d'eau douce du Nunavik au voisinage des infrastructures maritimes – Apport des connaissances locales et de la télédétection

Présenté par

Y. Gauthier, M. Bernier, J. Poulin, C. Clerc et J.-S. Bédard

INRS – Centre Eau Terre Environnement (INRS-ETE)

et

M. Gagnon et M. Barrett

L'Administration Régionale Kativik (ARK)

Le 31 mars 2011

**Équipe de recherche**

Monique Bernier (INRS), Chercheure principale

Yves Gauthier (INRS), Coordonateur de la recherche

Michael Barrett (ARK), Directeur associé

Clément Clerc (INRS), Assistant de recherche

Jimmy Poulin (INRS), Assistant de recherche

Stéphanie Bleau (INRS), Étudiante à la maîtrise

Charles Gignac (INRS), Étudiant à la maîtrise

Mélissa Gagnon (ARK), Chargée de projet

Jean-Simon Bédard (INRS), Stagiaire 1er cycle

**Partenaires**

Annick Guimond (MTQ)

Yann Ropars (MTQ)

Jean-Pierre Savard (Ouranos)

Simon Senneville (ISMER)

Stéphane Gagnon (EC)

Michel Allard (Université Laval)

**Collaborateurs**

Chris Furgal (Trent University)

Kaitlin Breton-Honeyman (Trent University)

# Table des matières

1 Contexte ..... 1

2 Objectifs ..... 3

3 Livrables prévus au 31 mars 2011 ..... 5

4 État d'avancement des activités ..... 7

4.1 Connaissances traditionnelles (objectif 1) ..... 7

4.2 Surveillance locale des glaces (objectif 2) ..... 11

4.3 Portrait régional des glaces (objectif 3) ..... 15

4.4 Portrait du voisinage étendu (RADARSAT-2) (objectif 4) ..... 16

4.5 Régime glaciel estuarien (objectif 5) ..... 21

4.6 Indicateurs de changement (objectif 6) ..... 26

5 Rapport et réunions ..... 27

6 Communications ..... 28

# Liste des tableaux


Tableau 1 Cédule d'acquisition des images RADARSAT-2 pour Umiujaq et Quaqtaq en 2010-2011 ..... 17

Tableau 2 Comparatif des dates d'apparition et de disparition des glaces ..... 20

Tableau 3 Acquisition des images RADARSAT-2 pour Kuujjuaq en 2010-2011 ..... 24

# Liste des figures


Figure 1 Discussions avec les étudiants de Quaqtaq ..... 8

Figure 2 Discussion de groupe avec les aînés et les jeunes de Kuujjuaq ..... 9

Figure 3 Page d'accueil du site Avativut (www.avativut.kativik.qc.ca) ..... 10

Figure 4 Fiabilité combinée des deux caméras installées (en vert, photographies utilisables ; en rouge, photographies absentes ou inutilisables). Dans l'ordre: Kuujjuaq, Quaqtaq et Umiujaq. ..... 12

Figure 5 Photographie acquise à Umiujaq le 1er décembre 2009 accompagnée des informations complémentaires ..... 13

Figure 6 Identification du niveau d'eau maximal (rouge) et minimal (bleu) atteints en 2010 à Kuujjuaq. ..... 14

Figure 7 Exemples de cartes de glace pour Umiujaq et Quaqtaq. ..... 18

Figure 8 Zones tampons pour l'extraction des statistiques autour des communautés de Quaqtaq (haut) et Umiujaq (bas). ..... 19

Figure 9 Exemples de photos prises lors des survols aériens et leur classification manuelle. ..... 21

Figure 10 Analyse de la période de débâcle sur la rivière Koksoak.. ..... 23

Figure 11 Exemples de cartes de glace de la rivière Koksoak lors de l'englacement 2010. ..... 25

Figure 12 Sections de 1km et zones tampons pour l'extraction de statistiques sur la rivière Koksoak. ..... 25

# 1 Contexte

Cette étude s'intègre dans le projet : « Changements climatiques et infrastructures maritimes du Nunavik – impacts et adaptation », mené par le ministère des Transports du Québec (MTQ) et OURANOS (2009-2013). Le présent rapport fait état de l'avancement des travaux effectués suite au financement reçu d'AINC pour la deuxième année du projet (2010-2011).

Ce projet découle d'études qui tendent à démontrer une diminution progressive et significative de la durée de la saison des glaces dans la baie d'Hudson, le détroit d'Hudson et la baie d'Ungava au Nunavik. À l'échelle locale des communautés Inuites, les conséquences potentielles de ces changements sont les suivantes :

- Une plus grande exposition des infrastructures côtières et des rives aux surcotes, aux vagues de tempêtes, aux glaces mobiles et aux poussées glacielles, dont la simultanéité peut engendrer des risques d'incidents majeurs pour ces infrastructures et leurs usagers;
- Une modification du bilan sédimentaire et de la stabilité des berges dans certaines zones;
- Des conditions de sécurité plus risquées et difficiles lors des déplacements des Inuit sur le couvert de glace;
- La diminution de la période de chasse/pêche hivernale pour les Inuit et des changements au niveau des patrons de migration des espèces récoltées.

Les travaux ici financés s'intègrent donc dans une évaluation de l'impact des changements climatiques sur les glaces de mer du Nunavik et sur leur interaction avec les glaces côtières et d'estuaires, de même que sur les risques que ces changements poseront pour les infrastructures maritimes et la sécurité des usagers. En découleront des mesures d'adaptation à mettre en place dans différentes communautés Inuites au Nunavik.

Pour comprendre les changements en cours et pour prédire leurs impacts futurs, les modèles prévisionnels sur la glace et le climat représentent de bons outils. Toutefois, ils doivent disposer de données historiques et actuelles sur le comportement et le type des glaces côtières (banquises, glaces de rivage et glaces d'estuaires et de rivières). Au Nunavik, l'existence de telles études et de données pertinentes est malheureusement insuffisante.

## 2 Objectifs

Le projet : « Étude du comportement des glaces de mer et d'eau douce du Nunavik au voisinage des infrastructures maritimes – Apport des connaissances locales et de la télédétection » vise donc à remédier à cette lacune.

Plus spécifiquement, on vise à :

**1)** Colliger les connaissances traditionnelles concernant les conditions d'englacement historiques et actuelles ainsi que les événements climatiques extrêmes autour des villages; **2)** Mettre sur pieds une surveillance continue automatisée (caméras) pour caractériser les conditions d'englacement actuelles et les événements climatiques extrêmes autour des sites des infrastructures maritimes; **3)** Dresser un portrait régional du comportement des glaces marines et côtières entre 2000 et 2012, avec une attention particulière au voisinage d'au moins 6 villages du Nunavik; **4)** Étudier plus en détail le comportement actuel des glaces dans le voisinage étendu (rayon de 10 km) des infrastructures maritimes de 3 villages, à l'aide d'images RADARSAT-2 de haute résolution (3m) afin de caractériser le processus de formation et de fonte de la glace de rive, les mouvements de la glace de mer et les dangers potentiels pour les infrastructures et la sécurité des usagers; **5)** Comprendre le lien entre le régime glaciel en changement et la géomorphologie des côtes, le régime hydrologique et le niveau des marées; **6)** Établir à partir des informations récoltées dans les objectifs précédents, des indicateurs de changement pour chaque échelle (régionale, voisinage étendu, voisinage direct) et les transférer aux modèles développés par Ouranos et l'Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER) (modèle climatique, modèle de vagues, modèle de glace).

## 3 Livrables prévus au 31 mars 2011

En fonction des objectifs fixés, les livrables prévus à la fin de la deuxième année du projet étaient :

1. Bilan des rencontres de validation des ateliers (obj.1);
2. Rapport de discussions avec les étudiants (obj.1);
3. Rapport final sur le savoir traditionnel (obj.1);
4. Installation des systèmes de prises de photos en temps réel (obj.2);
5. Récupération, archivage et diffusion des photographies 2009-2010 (obj.2);
6. Descripteurs et indicateurs extraits des photos 2009-2010 (obj.2);
7. Descripteurs et indicateurs extraits des produits régionaux du SCG pour 2009-2010 (obj.3);
8. Descripteurs et indicateurs extraits des images RADARSAT-2 de haute résolution pour 2009-2010 (obj.4);
9. Comparaison inter-échelle (obj. 3 et 4);
10. Mémoire de maîtrise sur le lien entre le régime glaciel de la rivière Koksoak à la hauteur de Kuujjuaq et la géomorphologie locale, le climat et le régime hydrodynamique (obj. 5).
11. Développement des outils géomatiques pour l'extraction des descripteurs et des indicateurs (obj.6);
12. Rapport d'étape;
13. Participation aux réunions de coordination et à la rédaction du rapport de synthèse annuel du projet global du MTQ;
14. Présentation du projet et de certains résultats dans des rencontres scientifiques.

# 4 État d'avancement des activités

## *4.1 Connaissances traditionnelles (objectif 1)*

*Livrable 1: Rencontres de validation des ateliers;*

*Livrable 2: Discussions avec les étudiants*

*Livrable 3: Rapport final sur le savoir traditionnel*

La collecte des connaissances traditionnelles sur les conditions de glace et les événements extrêmes vise à obtenir une information historique et un aperçu des changements perçus par la population, dans le voisinage des infrastructures mais aussi sur l'ensemble du territoire utilisé par la communauté. Cette captation est réalisée à partir d'ateliers de consultation dans les communautés locales.

Sous la responsabilité de l'ARK et en collaboration avec l'INRS et l'Université de Trent, ces ateliers ont été menés en 2009 et 2010 dans 3 villages ciblés : Kuujjuaq (rivière Koksoak), Umiujaq (baie d'Hudson) et Quaqtaq (détroit d'Hudson).

Lors de la deuxième année du projet, nous devions revisiter les groupes de discussion afin de leur présenter les rapports et de valider avec eux, notre interprétation des faits et les cartes réalisées. Nous devions également profiter de ces visites pour poursuivre les rencontres amorcées avec les écoles et discuter de leur implication potentielle dans un effort de « mémoire instantanée ». Finalement un rapport final sur les consultations devait être produit à partir de toutes ces rencontres.

Le financement d'AINC permettait de financer la tenue des rencontres de validation et les discussions avec les écoles en 2010-2011 et de compléter la rédaction et la traduction des rapports.

- Grâce au support financier supplémentaire de l'ARK, de la commission scolaire Kativik et d'Air Inuit, la validation s'est tenue lors d'un atelier conjoint et intergénérationnel à Quaqtaq du 22 au 26 novembre 2010 (*Livrable 1*). Des participants des 3 villages à l'étude étaient présents :
  - Quaqtaq : 3 anciens, 1 traductrice, 1 professeur, 2 élèves
  - Umiujaq : 4 anciens, 1 traductrice, 1 professeur, 2 élèves
  - Kuujjuaq : 2 anciens, 1 professeur, 2 élèves
  - 2 représentants de l'ARK
  - 6 chercheurs (INRS, Trent, UQTR)

- Lors de la première journée, un premier groupe a procédé à la validation des rapports originaux avec les participants d'Umiujaq d'abord et avec les participants de Quaqtaq ensuite.

- Parallèlement une rencontre s'est tenue avec des professeurs et des étudiants des 3 communautés à l'étude (Figure 1) afin de discuter de leur perception des changements climatiques et de mettre sur pieds un projet de suivi environnemental impliquant les étudiants en sciences des écoles secondaires du Nunavik (*Livrable 2*).

**Figure 1: Discussions avec les étudiants de Quaqtaq**

- Lors de la deuxième journée, les discussions ont porté sur les changements climatiques perçus par les participants dans leur communauté et sur les moyens d'adaptation devant être utilisés. Chaque communauté menait une discussion dirigée et les étudiants prenaient les notes (Figure 2). Puis les 3 groupes étaient réunis et les étudiants faisaient rapport à tous des principales conclusions. Un article a été publié dans le journal local, Nunatsiaq News.

**Figure 2: Discussion de groupe avec les aînés et les jeunes de Kuujjuaq**

- L'atelier de validation de Kuujjuaq devait se tenir le 3ème jour, au retour à Kuujjuaq, mais les conditions climatiques défavorables ont compliqué le retour et l'atelier a dû être reporté. Il s'est finalement tenu les 24 et 25 février 2011, avec la participation de trois aînés (*Livrable 1*).

- Les rapports des ateliers préliminaires ont été corrigés. Un rapport unique regroupant les trois ateliers a été rédigé et est fourni avec le présent rapport (*Livrable 3*). Un article scientifique est en cours de rédaction concernant l'atelier commun de Quaqtaq.

Suite aux discussions de Quaqtaq avec les professeurs et les étudiants, deux actions ont été entreprises visant l'implication des jeunes dans un suivi du couvert de glace et des changements climatiques (*Livrable 2*) :

1) La création du site internet Avativut (http://avativut.kativik.qc.ca/fr), où les classes de science de la Commission Scolaire Kativik et les scientifiques peuvent échanger des observations et des informations sur le couvert de glace (Figure 3).

2) Le démarrage du projet : *La science au Nunavik, un apprentissage des étudiants du secondaire en lien avec leur territoire*. Partenaires : INRS, UQTR, KSB, IRBV. Financement obtenu du MDEIE (Québec) et de l'Agence Spatiale Canadienne.

**Figure 3: Page d'accueil du site Avativut (www.avativut.kativik.qc.ca)**

### *4.2 Surveillance locale des glaces (objectif 2)*

*Livrable 4: Installation des systèmes de prise de photos en temps réel;*

*Livrable 5: Récupération, archivage et diffusion des photographies 2009-2010;*

*Livrable 6: Descripteurs et indicateurs extraits des photos 2009-2010;*

Pour mieux documenter les conditions actuelles et futures d'englacement au voisinage des infrastructures des trois villages mentionnés à l'objectif 1, nous avons installé des caméras fixes, qui fournissent des images à chaque heure de l'environnement immédiat des infrastructures maritimes. Deux modèles ont été retenus pour leurs caractéristiques de résistance aux conditions extrêmes. En 2009, sous la responsabilité de l'ARK et en collaboration avec l'INRS, elles ont été installées en parallèle permettant une redondance en cas de bris. Pour les deux systèmes, les photos sont enregistrées localement sur carte mémoire.

Lors de la deuxième année du projet, nous devions procéder à la récupération, à l'archivage, au traitement et à la diffusion des photos acquises durant l'hiver 2009-2010 ainsi qu'à l'entretien du système. De plus, nous devions faire l'essai d'une nouvelle caméra qui se brancherait au système déjà en place mais qui possèderait les capacités de transmission en temps réel. Ce type de caméra WiFi transmet généralement les photos à un ordinateur distant relié à Internet.

- La récupération des photos 2009-1010 a été faite à l'été et à l'automne 2010 (*Livrable 5*). Une partie des photos 2010-2011 a été récupérée en mars 2011 à Kuujjuaq et Quaqtaq.

- L'entretien a été effectué. Les caméras ont été réorientées pour obtenir une meilleure prise de vue. La caméra Harbortronics de Quaqtaq a été réparée et réinstallée en novembre.

- Les photos sont archivées à l'INRS (*Livrable 5*). Des animations (séquences temporelles) ont été réalisées pour chaque village. Une première animation regroupe toutes les photos mois par mois. Une seconde couvre toute l'année, mais avec une seule photo pour chaque jour, acquise en mi-journée.

- Certaines photos et animations sont diffusées sur le site Avativut (http://avativut.kativik.qc.ca/fr) et l'ensemble des photos sera bientôt accessible à la population via le nouveau site web de l'ARK (*Livrable 5*).

- Une analyse de la fiabilité du système a été effectuée. Pour chacun des villages où des caméras sont installées, nous avons regardé chaque plage horaire où l'acquisition de photographies était prévue (Figure 4). Nous avons ensuite répertorié les plages horaires où les photographies sont utilisables (vert) et celles où les photographies sont inutilisables ou absentes (rouge). Pour l'ensemble des plages horaires, l'efficacité des caméras varie de 56% à 80%. Les principales pertes sont dues à la noirceur et à la présence de buée ou de givre sur l'objectif de la caméra.

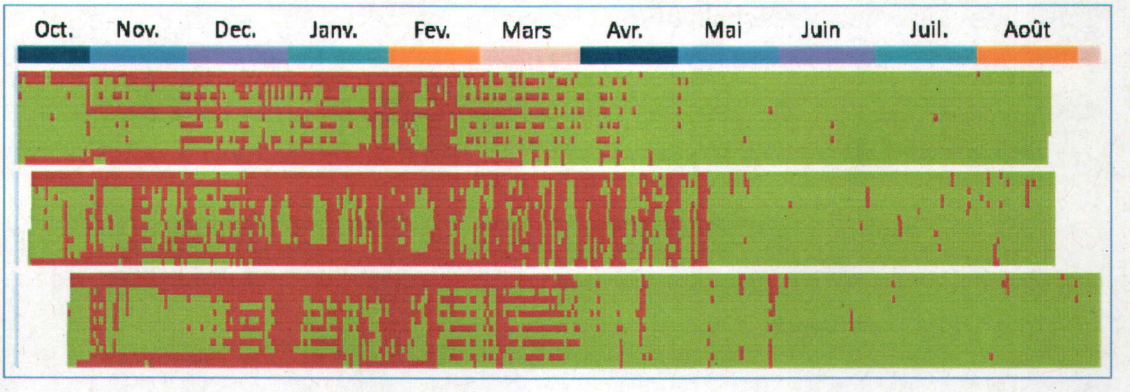



**Figure 4: Fiabilité combinée des deux caméras installées (en vert, photographies utilisables ; en rouge, photographies absentes ou inutilisables). Dans l'ordre: Kuujjuaq, Quaqtaq et Umiujaq.**

**Chaque photo a été traitée pour y intégrer des informations complémentaires provenant du service météo d'Environnement Canada (données météo), du Service hydrographique du Canada (niveaux d'eau prédits) et d'imagerie satellitaire ou de produits dérivés (concentration de glace) (*Livrable 6*) (**

- Figure 5).

**Figure 5: Photographie acquise à Umiujaq le 1er décembre 2009 accompagnée des informations complémentaires**

- À partir de chaque photo, la présence ou non de glace a été identifiée (Complètement libre de glace, présence partielle de glace, couvert de glace complet).

- L'information a été enregistrée dans une base de données (*Livrable 6*) sous trois paramètres. Cette base de données sera décrite à la section 4.6.

- Une approche pour l'identification du niveau d'eau a été testée (Figure 6). De façon manuelle, la photographie montrant le niveau d'eau le plus bas (en bleu) et celle montrant le niveau d'eau le plus haut (en rouge) ont été sélectionnées et superposées. Les niveaux d'eau sur ces photos ont été numérisés à l'aide d'outils de dessin.

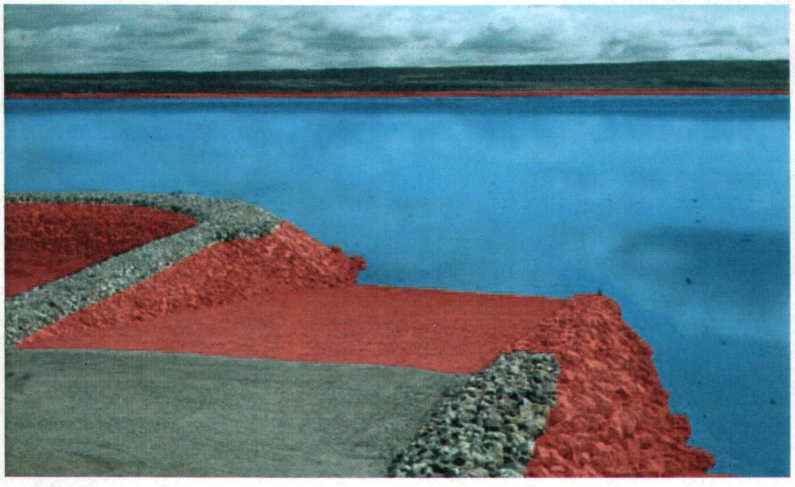


**Figure 6: Identification du niveau d'eau maximal (rouge) et minimal (bleu) atteints en 2010 à Kuujjuaq.**

- La nouvelle caméra à transmission sans fil a été installée à Quaqtaq en novembre 2010 (*Livrable 4*). Toutefois, son fonctionnement ne correspond pas aux spécifications du fabricant, soit une transmission possible jusqu'à 3 km. À Quaqtaq, malgré une distance de moins de 1 km et l'absence d'obstacle, le signal n'est pas suffisamment puissant pour être capté à l'aéroport, où est installé l'ordinateur servant de base. La caméra a donc été retirée et pourra être réutilisée ailleurs, si les conditions le permettent.

### *4.3 Portrait régional des glaces (objectif 3)*

*Livrable 7: Descripteurs et indicateurs extraits des produits régionaux du SCG pour 2009-2010;*

Depuis le début des années 1970, le Service Canadien des Glaces (SCG) effectue un suivi des conditions d'englacement des eaux côtières canadiennes durant les périodes de navigation. À partir de données satellitaires, de reconnaissances aériennes, d'observateurs au sol et d'instruments de mesure, il produit des cartes d'analyse des glaces indiquant le type, la concentration et l'épaisseur de la glace à des échelles régionales (1:4M, 1:2M et 1:1M) selon une fréquence quotidienne, hebdomadaire ou mensuelle, selon l'année, la saison et le secteur. Ces cartes sont disponibles gratuitement, en format numérique, à partir du site Internet du SCG.

Outre les données du SCG, d'autres produits sont disponibles pour la cartographie de la glace de mer. Un de ces produits est réalisé par le National Snow and Ice Data Center (NSIDC) à partir de données du satellite Aqua et de son radiomètre à balayage de micro-ondes passives AMSR-E. Généré à partir de micro-ondes, le produit n'est pas limité par la couverture nuageuse ou par les conditions atmosphériques et est disponible quotidiennement pendant toute l'année. La concentration de la glace de mer est déterminée de façon automatique par un algorithme de classification à partir de la température de brillance mesurée au capteur. Le produit est distribué sous forme de grille avec un maillage de 12,5 km.

Le présent objectif vise à recenser les produits englobant le Nunavik afin de documenter le comportement des glaces depuis 2000.

Lors de la deuxième année du projet, nous devions procéder au traitement des informations produites par le SCG et le NSIDC pour la période 2009-2011, et débuter la comparaison inter-échelle afin de corréler les mouvements régionaux et locaux du couvert de glace (voisinage étendu des villages).

- Toutes les données du SCG et du NSIDC jusqu'en décembre 2010 ont été récupérées et traitées (*Livrable 7*).

- Une animation (séquence temporelle) des cartes de concentration de glace a été créée pour la période 2002-2010, avec les deux produits synchronisés en parallèle.

- Pour chaque date où l'information existe, 23 informations sont extraites et enregistrées dans la base de données, tel que décrit à la section 4.6.

### *4.4 Portrait du voisinage étendu (RADARSAT-2) (objectif 4)*

*Livrable 8: Descripteurs et indicateurs extraits des images RADARSAT-2 de haute résolution pour 2009-2010;*

*Livrable 9: Comparaison inter-échelles;*

La caractérisation du comportement des glaces au voisinage étendu des infrastructures maritimes (rayon de 10 km) est réalisée à partir d'images satellite radar sur les trois villages de Kuujjuaq, Quaqtaq et Umiujaq. Sous la responsabilité de l'INRS, on utilise une série temporelle d'images RADARSAT-2 de haute résolution spatiale (3 m). Sur les trois années du projet près de 270 images seront fournies gratuitement par l'Agence Spatiale Canadienne, à travers un projet conjoint entre Environnement Canada et l'INRS.

Pour chaque village, on acquiert des images aux 3 jours durant la période d'englacement et de déglacement (total de 30 images par village par année). Une entente avec le Service Canadien des Glaces (SCG) permet de donner priorité aux acquisitions du projet lorsqu'elles entrent en conflit avec celles de l'organisme.

Lors de la deuxième année du projet, nous devions procéder au traitement et à l'analyse des images 2009-2010 (glace de mer, Quaqtaq et Umiujaq) ainsi qu'à la planification et à l'acquisition des images 2010-2011. Les algorithmes de classification d'images devaient être adaptés pour extraire l'information la plus précise possible. La validation de ces informations devait être faite à partir de l'analyse des images prises par les caméras fixes (objectif 2) ainsi qu'à partir de reconnaissances aériennes effectuées lors du passage du satellite. Ce travail est réalisé dans le cadre du mémoire de maîtrise

de Charles Gignac (Directrice : Monique Bernier, INRS ; co-directeur : David Clausi, Université de Waterloo).

- La planification des acquisitions d'images 2010-2011 a été faite à l'automne 2010 et modifiée en janvier 2011 afin de prolonger la saison d'acquisitions, compte tenu des conditions d'englacement particulières de l'hiver 2010 (Tableau 1).

**Tableau 1: Cédule d'acquisition des images RADARSAT-2 pour Umiujaq et Quaqtaq en 2010-2011**

| FONTE 2010 | | | ENGLACEMENT 2010 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Date – Heure GMT | Mode | Zone | Date – Heure GMT | Mode | Zone |
| 2010-May-02 11:27:14 | Ultrafin | Umiujaq | 2010-Nov-21 11:04:42 | Wide | Quaqtaq |
| 2010-May-06 11:10:31 | Fin | Umiujaq | 2010-Dec-02 10:44:03 | Fin | Quaqtaq |
| 2010-May-09 22:49:28 | Ultrafin | Umiujaq | 2010-Dec-05 10:56:35 | Fin | Quaqtaq |
| 2010-May-16 11:18:54 | Ultrafin | Umiujaq | 2010-Dec-07 11:39:31 | Wide | Umiujaq |
| 2010-May-19 11:31:24 | Ultrafin | Umiujaq | 2010-Dec-09 22:08:50 | Ultrafin | Quaqtaq |
| 2010-May-23 11:14:41 | Fin | Umiujaq | 2010-Dec-11 22:49:23 | Wide | Umiujaq |
| 2010-May-26 11:27:14 | Ultrafin | Umiujaq | 2010-Dec-12 10:52:25 | Fin | Quaqtaq |
| 2010-May-30 11:10:33 | Ultrafin | Umiujaq | 2010-Dec-14 23:01:58 | Fin | Umiujaq |
| 2010-Jun-02 11:23:04 | Ultrafin | Umiujaq | 2010-Dec-15 11:04:56 | Fin | Quaqtaq |
| 2010-Jun-05 23:01:58 | Fin | Umiujaq | 2010-Dec-18 11:18:51 | Fin | Umiujaq |
| 2010-Jun-09 11:18:54 | Ultrafin | Umiujaq | 2010-Dec-19 10:48:17 | Spotlight | Quaqtaq |
| 2010-Jun-10 10:48:15 | Fin | Quaqtaq | 2010-Dec-21 11:31:25 | Spotlight | Umiujaq |
| 2010-Jun-12 11:31:24 | Ultrafin | Umiujaq | 2010-Dec-22 11:00:45 | Fin | Quaqtaq |
| 2010-Jun-13 11:00:48 | Ultrafin | Quaqtaq | 2010-Dec-25 11:14:41 | Fin | Umiujaq |
| 2010-Jun-17 10:44:05 | Ultrafin | Quaqtaq | 2010-Dec-26 10:44:03 | Fin | Quaqtaq |
| 2010-Jun-19 11:27:05 | Wide | Umiujaq | 2010-Dec-28 11:27:14 | Ultrafin | Umiujaq |
| 2010-Jun-20 10:56:37 | Ultrafin | Quaqtaq | 2010-Dec-29 22:25:31 | Ultrafin | Quaqtaq |
| 2010-Jun-22 11:39:35 | Wide | Umiujaq | 2011-Jan-01 11:09:06 | Fin | Quaqtaq |
| 2010-Jun-23 11:09:08 | Ultrafin | Quaqtaq | 2011-Jan-01 11:10:31 | Fin | Umiujaq |
| 2010-Jun-27 10:52:25 | Fin | Quaqtaq | 2011-Jan-04 11:23:04 | Ultrafin | Umiujaq |
| 2010-Jun-30 11:04:58 | Ultrafin | Quaqtaq | 2011-Jan-05 10:52:25 | Fin | Quaqtaq |
| 2010-Jul-04 10:48:16 | Ultrafin | Quaqtaq | 2011-Jan-07 23:01:58 | Fin | Umiujaq |
| 2010-Jul-07 11:00:48 | Ultrafin | Quaqtaq | 2011-Jan-09 22:04:40 | Ultrafin | Quaqtaq |
| 2010-Jul-11 10:44:04 | Fin | Quaqtaq | 2011-Jan-11 11:18:51 | Fin | Umiujaq |
| 2010-Jul-14 10:56:37 | Ultrafin | Quaqtaq | 2011-Jan-14 11:31:22 | Fin | Umiujaq |
| 2010-Jul-17 11:09:08 | Ultrafin | Quaqtaq | 2011-Jan-15 22:29:39 | Fin | Quaqtaq |
| 2010-Jul-21 10:52:16 | Wide | Quaqtaq | 2011-Jan-18 11:14:41 | Fin | Umiujaq |
| 2010-Jul-24 11:04:47 | Wide | Quaqtaq | 2011-Jan-19 22:12:57 | Fin | Quaqtaq |
| | | | 2011-Jan-21 22:53:39 | Ultrafin | Umiujaq |
| | | | 2011-Jan-22 10:56:35 | Fin | Quaqtaq |
| | | | 2011-Jan-28 11:23:02 | Fin | Umiujaq |

- L'algorithme « *Multivariate Iterative Region Growing using Semantics* » [MIRGS] (Qin & Clausi, 2010) est un outil de segmentation d'images basé sur les statistiques markoviennes, prenant en compte le contexte spatial inhérent aux images RSO. La transposition de cet algorithme, originalement utilisé avec des images à basse résolution, a été évaluée pour les scènes à haute résolution et l'algorithme a été appliqué à l'ensemble des images du projet pour l'obtention des cartes de glace.

- Les images 2009-2011 de Quaqtaq et Umiujaq ont été traitées et les cartes de glace ont été produites. En fonction de la présence de glace, 25 cartes ont été produites à Umiujaq, sur 47 images acquises. À Quaqtaq, 38 cartes ont été produites sur 59 images acquises. À titre d'exemple, la Figure 7 présente une carte en période d'englacement à Umiujaq (dominance de glace grise, en mauve) et une carte en période de fonte à Quaqtaq (dominance de glace de première année, en jaune).

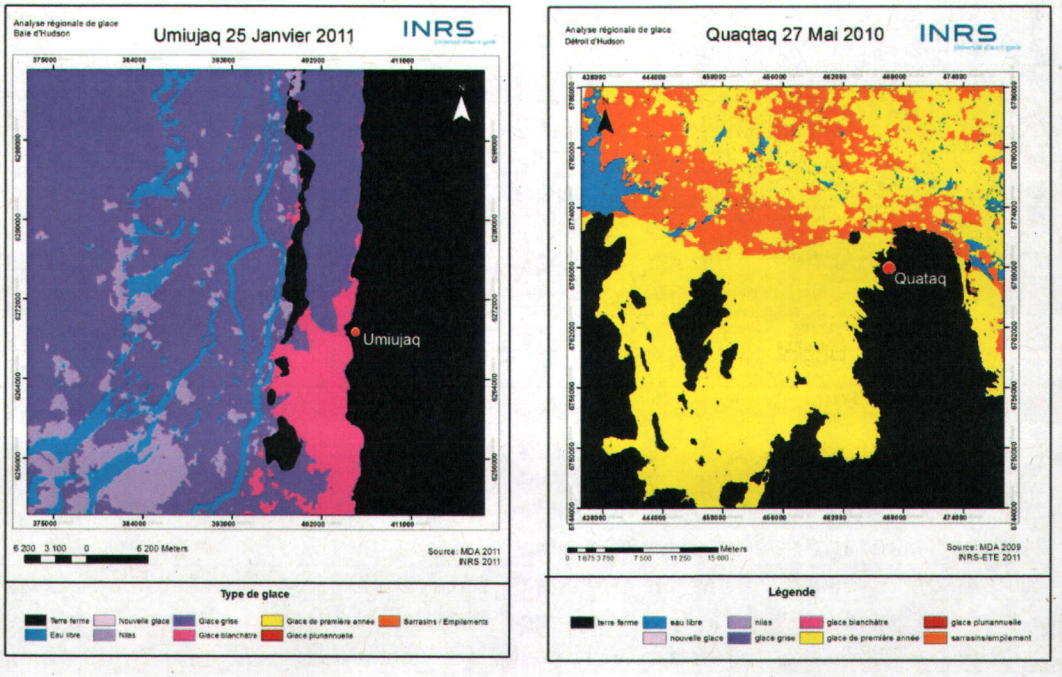
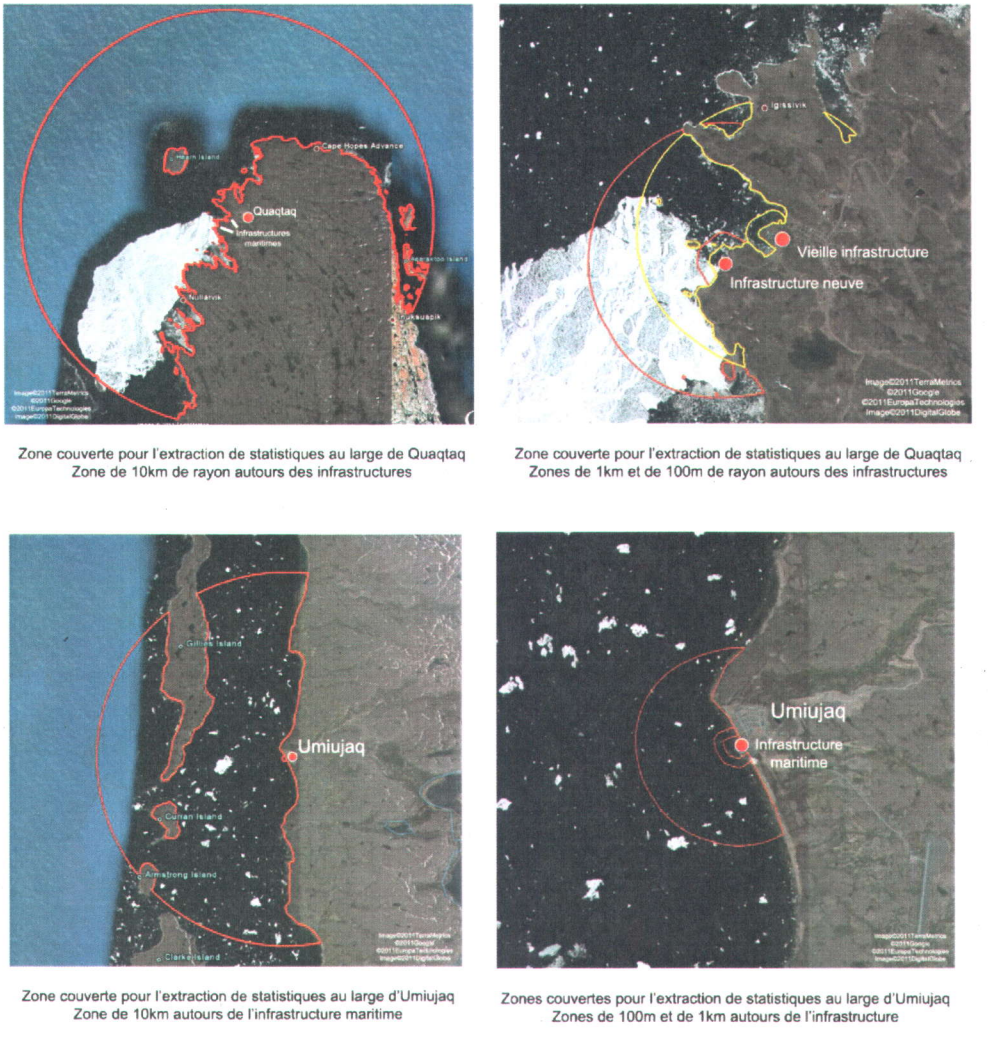



**Figure 7: Exemples de cartes de glace pour Umiujaq et Quaqtaq.**

- Des outils ont été développés pour extraire les concentrations de glace selon différentes zones tampons (buffers) de 100m, 1 km et 10 km (Figure 8). La concentration totale de glace et la concentration par type de glace sont calculées.




Zone couverte pour l'extraction de statistiques au large de Quaqtaq
Zone de 10km de rayon autours des infrastructures

Zone couverte pour l'extraction de statistiques au large de Quaqtaq
Zones de 1km et de 100m de rayon autours des infrastructures

Zone couverte pour l'extraction de statistiques au large d'Umiujaq
Zone de 10km autours de l'infrastructure maritime

Zones couvertes pour l'extraction de statistiques au large d'Umiujaq
Zones de 100m et de 1km autours de l'infrastructure

**Figure 8: Zones tampons pour l'extraction des statistiques autour des communautés de Quaqtaq (haut) et Umiujaq (bas).**

- Les informations extraites des images selon les différentes zones tampons ont été enregistrées dans la base de données (*Livrable 8*) tel que décrit à la section 4.6.

- Des comparaisons inter-échelles avec les données régionales ont débuté (Tableau 2) (*Livrable 9*). On peut voir que selon l'échelle et la fréquence d'acquisition des données, il peut exister une grande variation dans l'estimation des dates d'apparition ou de disparition de la glace.

Par contre, la majorité des analyses sera faite lors de la troisième année du projet.

**Tableau 2 : Comparatif des dates d'apparition et de disparition des glaces**

| **Quaqtaq** | | |
|---|---|---|
| **Source** | **Apparition des premières glaces** | **Disparition complète des glaces** |
| **Service Canadien des Glaces** | 2009: *7 Décembre 09*<br>2010: *27 Décembre 10* | 2009: *27 Juillet 09*<br>2010: *21 Juin 10* |
| **RADARSAT-2** | 2009: Avant le 23 Novembre 09<br>2010: Avant le 29 Décembre 10 | 2009: 12 Juillet 09<br>2010: 20 Juin 10 |
| **Umiujaq** | | |
| **Source** | **Apparition des premières glaces** | **Disparition complète des glaces** |
| **Service Canadien des Glaces** | 2009: 21 *Décembre 09*<br>2010: *17 Janvier 11* | 2009: *20 Juillet 09*<br>2010: *24 Mai 10* |
| **RADARSAT-2** | 2009: Avant le 23 Décembre 09<br>2010: 7 Janvier 11 | 2009: 1 Juillet 09<br>2010: 9 Mai 10 |

- Des animations (séquences temporelles) ont été produites pour chaque village et pour chaque saison.

- Une reconnaissance aérienne a été effectuée à Quaqtaq en mai 2010 et une autre à Umiujaq en janvier 2011. Les photos ont été géolocalisées et classifiées manuellement pour fins de validation (Figure 9). Le nombre de classes visibles et les types de glace en présence ont été ainsi déterminés et permettront d'évaluer la précision des classifications.

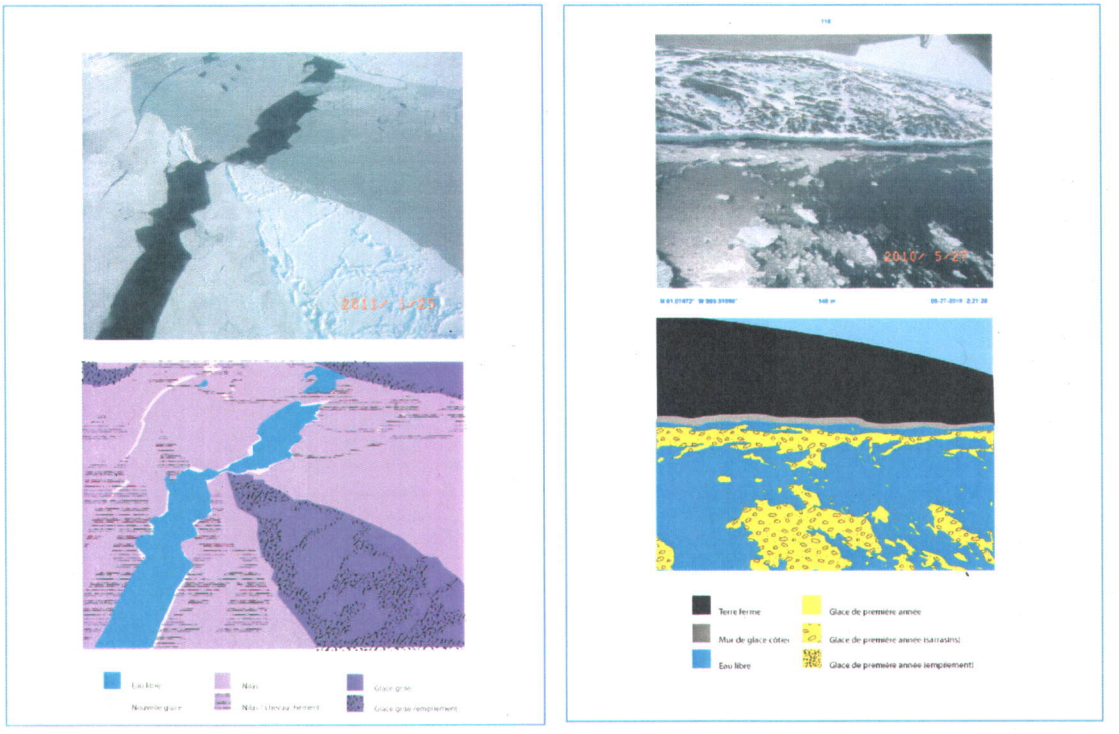



**Figure 9: Exemples de photos prises lors des survols aériens et leur classification manuelle. À gauche, Umiujaq, englacement, janvier 2011. À droite, Quaqtaq, fonte, mai 2010.**

- Le dépôt du mémoire de maîtrise de Charles Gignac est prévu pour l'automne 2011.

## *4.5 Régime glaciel estuarien (objectif 5)*

*Livrable 10: Mémoire de maîtrise sur le lien entre le régime glaciel de la rivière Koksoak à la hauteur de Kuujjuaq et la géomorphologie locale, le climat et le régime hydrodynamique*

La compréhension du lien étroit entre la glace d'estuaire et la géomorphologie locale (configuration de la côte, bathymétrie), le climat (vents, températures, rôle des tempêtes en début et fin d'hiver) et le régime hydrodynamique (marée, crues fluviales) permet de reconnaître les facteurs climatiques les plus susceptibles d'avoir un impact sur le régime des glaces et d'identifier les endroits qui pourraient être les plus affectés lors de changements (avec une attention particulière sur les infrastructures maritimes). Sous la responsabilité de l'INRS et en collaboration avec les

partenaires locaux, ce travail se penche pour l'année 2009, sur le cas complexe de la rivière Koksoak et plus spécifiquement sur le secteur encore estuarien au voisinage de Kuujjuaq. Cette analyse est effectuée dans le cadre du mémoire de maîtrise de Stéphanie Bleau (Directrice : Monique Bernier, INRS ; co-directeur : Michel Allard, Université Laval).

Lors de la deuxième année du projet, nous devions effectuer la photo interprétation des images satellites et compléter l'ensemble des analyses physiques.

- Le mémoire de Stéphanie Bleau est en phase de rédaction finale et le dépôt est prévu pour le printemps 2011. L'analyse de la période de débâcle du printemps 2009 est complétée.

- La figure 10 présente un exemple de la cartographie interprétée à partir des images RADARSAT-2 de 2009.

- L'analyse de l'englacement 2009 est en cours. Le mémoire contiendra le détail de l'approche, des analyses et des constats.

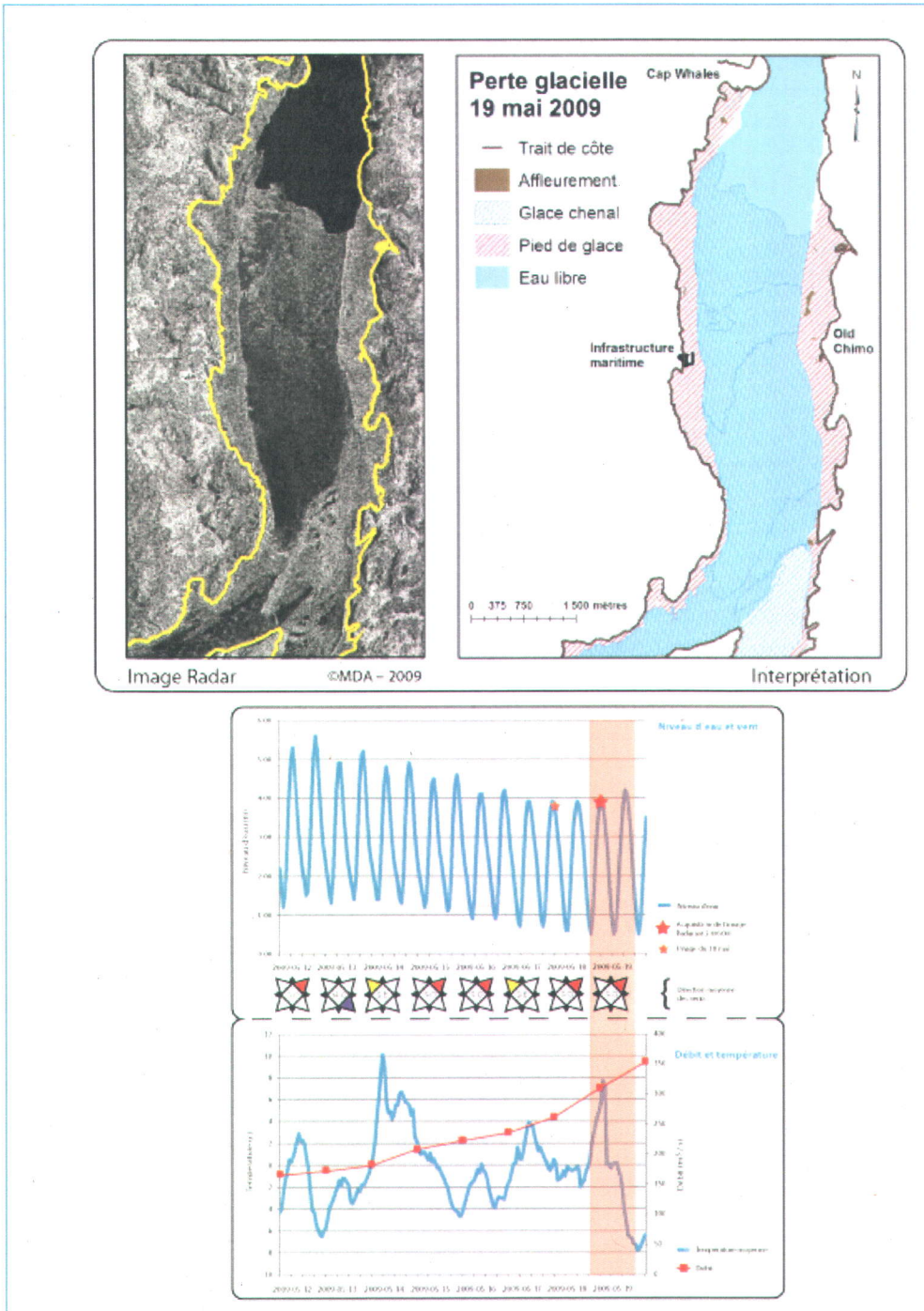


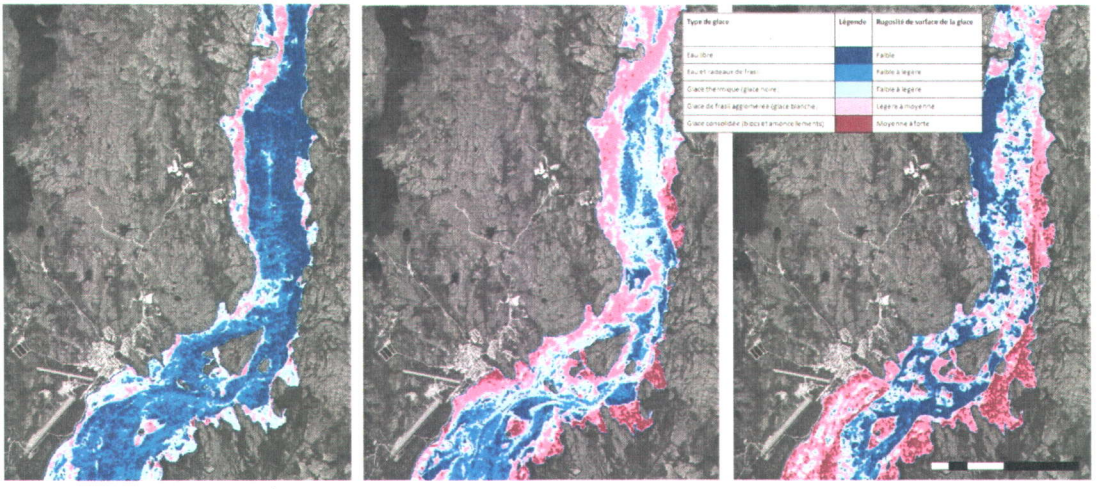

**Figure 10: Analyse de la période de débâcle sur la rivière Koksoak. En haut, extrait de l'image RADARSAT-2 du 19 mai 2009 et une carte montrant les pertes glacielles suite à sa photo-interprétation. En bas, graphiques résumant les conditions de marées (oscillations en bleu), de vents (rose des vents), de débits (trait bleu) et de température de l'air (points rouges) pour la période précédant l'image.**

**Parallèlement, toutes les images 2009-2011 de la rivière Koksoak ont été géoréférencées et classifiées avec l'algorithme IceMap du laboratoire de télédétection de l'INRS. Le**

- Tableau 3 présente la liste des images acquises en 2010-2011. La Figure 11 présente un exemple des cartes de glace produites.

**Tableau 3: Acquisition des images RADARSAT-2 pour Kuujjuaq en 2010-2011**

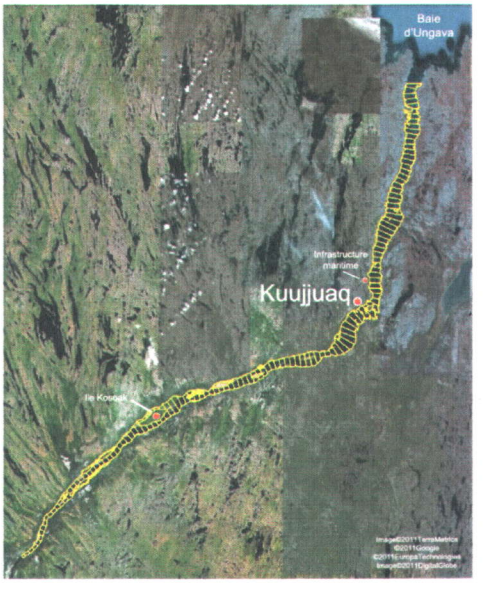
| FONTE 2010 | | |
|---|---|---|
| Date – Heure GMT | Mode | Zone |
| 2010-Apr-30 10:44:51 | Fin | Kuujjuaq |
| 2010-May-03 10:57:24 | Ultrafin | Kuujjuaq |
| 2010-May-07 10:40:42 | Ultrafin | Kuujjuaq |
| 2010-May-10 10:53:14 | Ultrafin | Kuujjuaq |
| 2010-May-14 10:36:28 | Fin | Kuujjuaq |
| 2010-May-17 10:49:03 | Ultrafin | Kuujjuaq |
| 2010-May-20 11:01:34 | Ultrafin | Kuujjuaq |
| 2010-May-24 10:44:53 | Ultrafin | Kuujjuaq |
| 2010-May-27 10:57:24 | Ultrafin | Kuujjuaq |
| 2010-May-31 10:40:40 | Fin | Kuujjuaq |
| 2010-Jun-03 10:53:13 | Ultrafin | Kuujjuaq |
| 2010-Jun-07 10:36:32 | Ultrafin | Kuujjuaq |
| 2010-Jun-10 10:49:01 | Fin | Kuujjuaq |
| 2010-Jun-13 11:01:17 | Wide | Kuujjuaq |
| **ENGLACEMENT 2010** | | |
| 2010-Dec-02 22:12:08 | Fin | Kuujjuaq |
| 2010-Dec-05 10:57:23 | Ultrafin | Kuujjuaq |
| 2010-Dec-09 22:07:58 | Fin | Kuujjuaq |
| 2010-Dec-12 22:20:29 | Fin | Kuujjuaq |
| 2010-Dec-16 22:03:51 | Spotlight | Kuujjuaq |
| 2010-Dec-19 22:16:18 | Fin | Kuujjuaq |
| 2010-Dec-26 22:12:08 | Fin | Kuujjuaq |
| 2010-Dec-29 10:57:23 | Ultrafin | Kuujjuaq |
| 2010-Nov-08 22:12:08 | Fin | Kuujjuaq |
| 2010-Nov-15 22:07:58 | Fin | Kuujjuaq |
| 2010-Nov-22 22:03:50 | Ultrafin | Kuujjuaq |
| 2010-Nov-25 22:16:18 | Fin | Kuujjuaq |
| 2011-Jan-02 22:07:58 | Fin | Kuujjuaq |
| 2011-Jan-09 22:03:50 | Ultrafin | Kuujjuaq |
| 2011-Jan-15 22:28:49 | Fin | Kuujjuaq |
| 2011-Jan-22 10:57:23 | Ultrafin | Kuujjuaq |
| 2011-Jan-29 10:53:12 | Fin | Kuujjuaq |



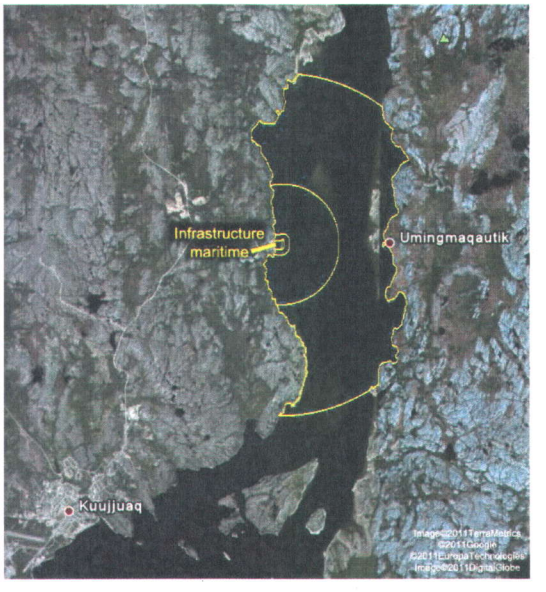

19 décembre 2010 2 Janvier 2011 29 Janvier 2011

**Figure 11: Exemples de cartes de glace de la rivière Koksoak lors de l'englacement 2010.**

- Sur toutes les images, la concentration totale de glace a été extraite sur un profil longitudinal de la rivière, par tronçons de 250m de même que sur trois zones tampons autour de l'infrastructure maritime, soit 100m, 1km et 3 km (Figure 12). Les concentrations par types de glace sont aussi disponibles.




Zones couvertes pour l'extraction de statistiques au large de Kuujjuaq
Zones de 1km de longueur le long de la rivière Kosoak




Zones couvertes pour l'extraction de statistiques au large de l'infrastructure de Kuujjuaq
Rayon de 100m, 1km et 3km

**Figure 12: Sections de 1km et zones tampons pour l'extraction de statistiques sur la rivière Koksoak.**

- Les informations extraites des images selon les différents masques ont été enregistrées dans la base de données tel que décrit à la section 4.6.

### *4.6 Indicateurs de changement (objectif 6)*

*Livrable 11.* Développement *des outils géomatiques pour l'extraction des descripteurs et des indicateurs*

Les indicateurs de changements détermineront la forme et le contenu de l'information qui sera utilisée par les modèles de glace (ISMER) et les modèles climatiques (OURANOS).

Lors de la deuxième année du projet, nous devions développer les outils géomatiques permettant la transposition des données recueillies sur les grilles régionales et locales et débuter l'intégration des travaux de caractérisation de la glace (objectifs 1 à 5) dans les études sur les scénarios climatiques.

Tel que démontré dans les sections précédentes, les outils géomatiques ont été développés et une multitude de paramètres ont été extraits des images et des photos. La question des descripteurs et des indicateurs de changement a été abordée mais il a été décidé de produire d'abord une base de données contenant, pour chaque site, l'ensemble des informations extraites selon plusieurs échelles et différentes sources. Ainsi, il sera possible dans la suite du projet, d'interroger la base de données pour en tirer le ou les indicateurs désirés. La base de données comprend pour l'instant, 64 colonnes, débute en janvier 2000 et se termine en janvier 2011. L'annexe 1 en présente la structure et l'annexe 2 spécifie certaines métadonnées. À partir de la base de données, il sera également possible de poursuivre toute l'analyse inter-échelle.

# 5 Rapport et réunions

*Livrables 12 et 13 : Rapports et réunions*

L'INRS et l'ARK ont participé aux deux rencontres de travail, en mai et novembre 2010 à Québec et à la rencontre du comité « glace » en mai 2010.

Le présent rapport sur l'état d'avancement du volet financé par l'AINC sera également livré au MTQ lors de la rencontre de travail de mai 2011.

## 6 Communications

*Livrable 14 : Présentation des résultats dans des rencontres scientifiques*

- Divers aspects du projet ont été présentés dans des rencontres scientifiques ou académiques en 2010-2011 :

**Bernier, M., Gauthier, Y., Bleau, S., Gignac, C., Poulin, J., Clerc, C., Gagnon, M., Barret, M., Savard, J.-P. et A. Guimond** (2010). Étude du comportement des glaces de mer et d'eau douce du Nunavik au voisinage des infrastructures maritimes: Apport des connaissances locales et de la télédétection. Affiche présentée au 4e Symposium scientifique sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques, Québec, 17 et 18 novembre 2010.

**Bernier, M., Gauthier, Y., Bleau, S., Gignac, C., Poulin, J., Clerc, C., Tanguy, M., Gagnon, M., Barret, M., Allard, M., Breton-Honeyman, K., Savard, J.-P., et A. Guimond** (2010). Caractérisation du comportement de la glace pour évaluer la vulnérabilité des infrastructures maritimes du Nunavik face aux changements climatiques. Conférence invitée, Séminaires Ouranos, 15 septembre 2010.

**Bernier, M., Gauthier, Y., Poulin, J., Clerc, C., Gagnon, M., A. Guimond and J.-P. Savard** (2010). Monitoring sea and coastal ice to assess the vulnerability of Nunavik's marine infrastructures to climate change. Communication orale au 31e Symposium canadien sur la télédétection, Regina, 1-5 juin 2010.

**Bleau, S., Bernier, M., Allard, M** (2010). Understanding Ice Processes in the Subarctic Macro Tidal Environment of the Koksoak River, Nunavik. International Polar Year, Oslo Science Conference, June 8th to 12th, Lillestrøm, Norway.

**Bleau, S.** (2011). La débâcle des glaces dans un environnement subarctique en régime macrotidal, rivière Koksoak, Nunavik. Séminaire de maîtrise, 11 février 2011, Institut national de la recherche scientifique, Eau-Terre-Environnement, Québec.

**Gignac, C., Bernier, M. and Clausi, D.A.** (2010). Présentation orale au 3ème atelier RADARSAT-2 de l'Agence Spatiale Canadienne, Saint-Hubert, 27 Septembre au 1 Octobre 2010.

**Gignac, C., Bédard, J-S., Gauthier, Y., Bernier, M. et Clausi, D.A** (2011). Local Scale Sea Ice Monitoring with RADARSAT-2 High Resolution Imagery, Affiche présentée au 41st Annual Arctic Workshop, Montréal, 2 au 4 Mars 2011.

- D'autres communications sont prévues pour 2011 :

**Gauthier, Y., Bleau, S., Bédard, J.-S., Poulin, J. and M. Bernier** (2011). Monitoring the Ice Behavior on the Koksoak River: a combination of remote sensing and local knowledge. Soumis pour présentation orale au 32e Symposium canadien sur la télédétection / 14e Congrès de L'Association québécoise de télédétection, Sherbrooke, Québec, Juin 2011.

**Gignac, C., Gauthier, Y., Bédard, J-S., Bernier, M. and Clausi, D.A.** (2011) Sea Ice Monitoring in the vicinity of marine infrastructures in Nunavik using High Resolution SAR Data, Soumis pour présentation orale au 32e Symposium canadien sur la télédétection / 14e Congrès de L'Association québécoise de télédétection, Sherbrooke, Québec, Juin 2011.

**Gignac, C., Gauthier, Y., Bédard, J-S., Bernier, M. and Clausi, D.A** (2011) High Resolution RADARSAT-2 Data for Sea Ice Classification in the Neighborhood of Nunavik's Marine Infrastructures. Soumis pour présentation orale et parution dans les Actes de la conférence « Port and Ocean Engineering Under Arctic Conditions », Montréal, Juillet 2011

**Poulin, J., Gauthier, Y. and M. Bernier, 2011**. Historical study of the sea ice behavior around Nunavik - multi-source data integration. Soumis pour présentation orale au 32e Symposium canadien sur la télédétection / 14e Congrès de L'Association québécoise de télédétection, Sherbrooke, Québec, Juin 2011.

Articles de vulgarisation ou grand public:

**Gauthier, Y.** (2010). La télédétection, outil essentiel et complémentaire pour étudier l'impact potentiel des changements climatiques sur les infrastructures maritimes du Nunavik. Bulletin de l'Association Québécoise de Télédétection, Décembre 2010, Volume 26, No.2.

# Annexe 1

**Structure de la base de données contenant les statistiques du couvert de glace selon différentes sources et à différentes échelles.**

| | Nom du paramètre | Description générale |
|---|---|---|
| 1 | Date | Date de l'observation |
| 2 | %_BH_SCG | Concentration totale de glace dans la baie d'Hudson calculée à partir des cartes du Service Canadien des Glaces |
| 3 | %_BH_AMSRE | Concentration totale de glace dans la baie d'Hudson calculée à partir des cartes AMSR-E du "National Snow and Ice Data Center" |
| 4 | %_DH_SCG | Concentration totale de glace dans le détroit d'Hudson calculée à partir des cartes du Service Canadien des Glaces |
| 5 | %_DH_AMSRE | Concentration totale de glace dans le détroit d'Hudson calculée à partir des cartes AMSR-E du "National Snow and Ice Data Center" |
| 6 | %_BU_SCG | Concentration totale de glace dans la baie d'Ungava calculée à partir des cartes du Service Canadien des Glaces |
| 7 | %_BU_AMSRE | Concentration totale de glace dans la baie d'Ungava calculée à partir des cartes AMSR-E du "National Snow and Ice Data Center" |
| 8 | E_BH_SCG | Épaisseur moyenne de glace dans la baie d'Hudson calculée à partir des cartes du Service Canadien des Glaces |
| 9 | E_DH_SCG | Épaisseur moyenne de glace dans le détroit d'Hudson calculée à partir des cartes du Service Canadien des Glaces |
| 10 | E_BU_SCG | Épaisseur moyenne de glace dans le détroit d'Hudson calculée à partir des cartes du Service Canadien des Glaces |
| 11 | %_10km_Uq_SCG | Concentration totale de glace dans un rayon de 10 km autour de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des cartes du Service Canadien des Glaces |

| | | |
|---|---|---|
| 12 | %_10km_Qq_SCG | Concentration totale de glace dans un rayon de 10 km autour de l'infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des cartes du Service Canadien des Glaces |
| 13 | %_10km_Klq_SCG | Concentration totale de glace dans un rayon de 10 km autour de l'infrastructure maritime de Kangiqsualujjaq calculée à partir des cartes du Service Canadien des Glaces |
| 14 | %_10km_Kk_SCG | Concentration totale de glace dans un rayon de 10 km autour de l'infrastructure maritime de Kangirsuk calculée à partir des cartes du Service Canadien des Glaces |
| 15 | %_10km_Ksq_SCG | Concentration totale de glace dans un rayon de 10 km autour de l'infrastructure maritime de Kangiqsujuaq calculée à partir des cartes du Service Canadien des Glaces |
| 16 | %_10km_Uq_AMSRE | Concentration totale de glace dans un rayon de 10 km autour de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des cartes AMSRE du "National Snow and Ice Data Center" |
| 17 | %_10km_Qq_AMSRE | Concentration totale de glace dans un rayon de 10 km autour de l'infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des cartes AMSRE du "National Snow and Ice Data Center" |
| 18 | %_10km_Klq_AMSRE | Concentration totale de glace dans un rayon de 10 km autour de l'infrastructure maritime de Kangiqsualujjaq calculée à partir des cartes AMSRE du "National Snow and Ice Data Center" |
| 19 | %_10km_Kk_AMSRE | Concentration totale de glace dans un rayon de 10 km autour de l'infrastructure maritime de Kangirsuk calculée à partir des cartes AMSRE du "National Snow and Ice Data Center" |
| 20 | %_10km_Ksq_AMSRE | Concentration totale de glace dans un rayon de 10 km autour de l'infrastructure maritime de Kangiqsujuaq calculée à partir des cartes AMSRE du "National Snow and Ice Data Center" |
| 21 | %_zonephoto_Uq_SCG | Concentration totale de glace dans la zone approximative couverte par la caméra de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des cartes du Service Canadien des Glaces |

| | | |
|---|---|---|
| 22 | %_zonephoto_Uq_AMSRE | Concentration totale de glace dans la zone approximative couverte par la caméra de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des cartes AMSRE du "National Snow and Ice Data Center" |
| 23 | %_zonephoto_Qq_SCG | Concentration totale de glace dans la zone approximative couverte par la caméra de l'infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des cartes du Service Canadien des Glaces |
| 24 | %_zonephoto_Qq_AMSRE | Concentration totale de glace dans la zone approximative couverte par la caméra de l'infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des cartes AMSRE du "National Snow and Ice Data Center" |
| 25 | %_10km_Uq_RS2 | Concentration totale de glace dans un rayon de 10 km autour de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 26 | %_10km_Qq_RS2 | Concentration totale de glace dans un rayon de 10 km autour des deux infrastructures maritimes de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 27 | %_3km_Ku_RS2 | Concentration totale de glace dans un rayon de 3 km autour de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 28 | %_1km_Uq_RS2 | Concentration totale de glace dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 29 | %_1km_Qq_RS2 | Concentration totale de glace dans un rayon de 1 km autour de la première infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 30 | %_1km_Qq2_RS2 | Concentration totale de glace dans un rayon de 1 km autour de la deuxième infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 31 | %_1km_Ku_RS2 | Concentration totale de glace dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 32 | %_Type1_1km_Uq_RS2 | Concentration totale de glace de type 1 dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |

| | | |
|---|---|---|
| 33 | %_Type2_1km_Uq_RS2 | Concentration totale de glace de type 2 dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 34 | %_Type3_1km_Uq_RS2 | Concentration totale de glace de type 3 dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 35 | %_Type4_1km_Uq_RS2 | Concentration totale de glace de type 4 dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 36 | %_Type5_1km_Uq_RS2 | Concentration totale de glace de type 5 dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 37 | %_Type6_1km_Uq_RS2 | Concentration totale de glace de type 6 dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 38 | %_Type7_1km_Uq_RS2 | Concentration totale de glace de type 7 dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 39 | %_Type8_1km_Uq_RS2 | Concentration totale de glace de type 8 dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 40 | %_Type1_1km_Qq_RS2 | Concentration totale de glace de type 1 dans un rayon de 1 km autour de la première infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 41 | %_Type2_1km_Qq_RS2 | Concentration totale de glace de type 2 dans un rayon de 1 km autour de la première infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 42 | %_Type3_1km_Qq_RS2 | Concentration totale de glace de type 3 dans un rayon de 1 km autour de la première infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 43 | %_Type4_1km_Qq_RS2 | Concentration totale de glace de type 4 dans un rayon de 1 km autour de la première infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |

| | | |
|---|---|---|
| 44 | %_Type5_1km_Qq_RS2 | Concentration totale de glace de type 5 dans un rayon de 1 km autour de la première infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 45 | %_Type6_1km_Qq_RS2 | Concentration totale de glace de type 6 dans un rayon de 1 km autour de la première infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 46 | %_Type7_1km_Qq_RS2 | Concentration totale de glace de type 7 dans un rayon de 1 km autour de la première infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 47 | %_Type8_1km_Qq_RS2 | Concentration totale de glace de type 8 dans un rayon de 1 km autour de la première infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 48 | %_Type1_1km_Qq2_RS2 | Concentration totale de glace de type 1 dans un rayon de 1 km autour de la deuxième infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 49 | %_Type2_1km_Qq2_RS2 | Concentration totale de glace de type 2 dans un rayon de 1 km autour de la deuxième infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 50 | %_Type3_1km_Qq2_RS2 | Concentration totale de glace de type 3 dans un rayon de 1 km autour de la deuxième infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 51 | %_Type4_1km_Qq2_RS2 | Concentration totale de glace de type 4 dans un rayon de 1 km autour de la deuxième infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 52 | %_Type5_1km_Qq2_RS2 | Concentration totale de glace de type 5 dans un rayon de 1 km autour de la deuxième infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 53 | %_Type6_1km_Qq2_RS2 | Concentration totale de glace de type 6 dans un rayon de 1 km autour de la deuxième infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |

| | | |
|---|---|---|
| 54 | %_Type7_1km_Qq2_RS2 | Concentration totale de glace de type 7 dans un rayon de 1 km autour de la deuxième infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 55 | %_Type8_1km_Qq2_RS2 | Concentration totale de glace de type 8 dans un rayon de 1 km autour de la deuxième infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 56 | %_Type1_1km_Ku_RS2 | Concentration totale de glace de type 1 dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 57 | %_Type2_1km_Ku_RS2 | Concentration totale de glace de type 2 dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 58 | %_Type3_1km_Ku_RS2 | Concentration totale de glace de type 3 dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 59 | %_Type4_1km_Ku_RS2 | Concentration totale de glace de type 4 dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 60 | %_Type5_1km_Ku_RS2 | Concentration totale de glace de type 5 dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 61 | %_Type6_1km_Ku_RS2 | Concentration totale de glace de type 6 dans un rayon de 1 km autour de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 62 | %_zonephoto_Uq_RS2 | Concentration totale de glace dans la zone approximative couverte par la caméra de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des données RADARSAT-2 de l'INRS |
| 63 | %_zonephoto_Qq_RS2 | Concentration totale de glace dans la zone approximative couverte par la caméra de l'infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 de l'INRS |

| | | |
|---|---|---|
| 64 | %_zonephoto_Ku_RS2 | Concentration totale de glace dans la zone approximative couverte par la caméra de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq calculée à partir des données RADARSAT-2 de l'INRS |
| 65 | %_100m_Uq_RS2 | Concentration totale de glace dans un rayon de 100 m autour de l'infrastructure maritime d'Umiujaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 66 | %_100m_Qq_RS2 | Concentration totale de glace dans un rayon de 100 m autour de la première infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 67 | %_100m_Qq2_RS2 | Concentration totale de glace dans un rayon de 100 m autour de la deuxième infrastructure maritime de Quaqtaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 68 | %_100m_Ku_RS2 | Concentration totale de glace dans un rayon de 100 m autour de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq calculée à partir des données RADARSAT-2 par l'INRS |
| 69 | PG_Uq_Cam | Présence de glace (ou non), tel qu'identifiée sur les photos prises par les caméras fixes à l'infrastructure maritime d'Umiujaq |
| 70 | PG_Qq_Cam | Présence de glace (ou non), tel qu'identifiée sur les photos prises par les caméras fixes à l'infrastructure maritime de Quaqtaq |
| 71 | PG_Ku_Cam | Présence de glace (ou non), tel qu'identifiée sur les photos prises par les caméras fixes à l'infrastructure maritime de Kuujjuaq |
| 72 | Comment | Commentaires et notes pertinentes |

# Annexe 2

Métadonnées correspondant aux paramètres de la base de données :

**Pour les colonnes 2, 4 et 6**

La concentration totale de glace est calculée à partir des cartes quotidiennes d'analyse des glaces (mi-juin à novembre) ainsi que des cartes régionales hebdomadaires des glaces du Service Canadien des Glaces (SCG). Ces cartes résultent de l'analyse et de l'intégration des données sur la condition des glaces obtenues par les moyens les plus sûrs, notamment par des observations visuelles effectuées à partir des côtes, de navires et d'avions et captées par des dispositifs de télédétection installés dans des avions et des satellites (Environnement Canada, SCG). Les cartes sont analysées depuis 2000 et sont traitées dans leur format vectoriel d'origine. Le calcul du pourcentage de glace sur les cartes du SCG est réalisé de façon automatique en utilisant un algorithme d'extraction de statistiques développé à l'INRS et appliqué sur les trois grandes régions de la Baie d'Hudson, de la Baie d'Ungava et du Détroit d'Hudson.

**Pour les colonnes 3, 5 et 7**

La concentration totale de glace est calculée à partir des images des données de micro-ondes passives (entre 6.9 et 89 GHz) du capteur AMSR-E du satellite Aqua et fournies par le « National Snow and Ice Data Center » (NSIDC) au Colorado. La résolution utilisée pour l'analyse des glaces est de 12.5km. Les images sont disponibles depuis 2002 et sont traitées dans leur format matriciel d'origine. Le calcul du pourcentage de glace sur les images du NSIDC est réalisé de façon automatique en utilisant un algorithme d'extraction de statistiques développé à l'INRS et appliqué sur les trois grandes régions de la Baie d'Hudson, de la Baie d'Ungava et du Détroit d'Hudson.

**Pour les colonnes 8, 9 et 10**

L'épaisseur moyenne de la glace est extraite des cartes quotidiennes d'analyse des glaces (mi-juin à novembre) ainsi que des cartes régionales hebdomadaires des glaces du Service Canadien des Glaces (SCG). Ces cartes résultent de l'analyse et de l'intégration des données sur la condition des glaces obtenues par les moyens les plus sûrs, notamment par des observations visuelles effectuées à partir des côtes, de navires et d'avions et captées par des dispositifs de télédétection installés dans des avions et des satellites (Environnement Canada, SCG). Les cartes du SCG présente les données fondamentales dans un ovale, communément appelé « le code de l'œuf ». Ce code contient, entre autre, des informations sur le stade de

formation de la glace, lequel permet de quantifier l'épaisseur moyenne de la glace dans le polygone auquel le code se réfère. L'épaisseur de glace dans les trois grandes régions du Nord Québécois est calculée par la moyenne pondérée des concentrations totales de chaque polygone de glace présent dans la région étudiée. L'aire couverte par la terre a été soustraite de l'aire totale de la maille. Les épaisseurs étant décrites de façon discrète sur les cartes de glace, les valeurs médianes de chaque classe ont été utilisées pour les calculs.

**Pour les colonnes 11 à 15**

Le pourcentage de glace est extrait des cartes quotidiennes d'analyse des glaces (mi-juin à novembre) ainsi que les cartes régionales hebdomadaires des glaces du Service Canadien des Glaces (SCG). Ces cartes résultent de l'analyse et de l'intégration des données sur la condition des glaces obtenues par les moyens les plus sûrs, notamment par des observations visuelles effectuées à partir des côtes, de navires et d'avions et captées par des dispositifs de télédétection installés dans des avions et des satellites (Environnement Canada, SCG). Les cartes sont analysées depuis 2000 et sont traitées dans leur format vectoriel d'origine. Le calcul du pourcentage de glace sur les cartes du SCG est réalisé de façon automatique en utilisant un algorithme d'extraction de statistiques développé à l'INRS et appliqué à l'intérieur d'un rayon de 10km autour des infrastructures des villages d'Umiujaq, de Quaqtaq, de Kangiqsualujuaq, de Kangirsuk et de Kangiqsujuaq .

**Pour les colonnes 16 à 20**

La concentration totale de glace est calculée à partir des images des données de micro-ondes passives (entre 6.9 et 89 GHz) du capteur AMSR-E du satellite Aqua et fournies par le « National Snow and Ice Data Center » (NSIDC) au Colorado. La résolution utilisée pour l'analyse des glaces est de 12.5km. Les images sont disponibles depuis 2002 et sont traitées dans leur format matriciel d'origine. Le calcul du pourcentage de glace sur les images du NSIDC est réalisé de façon automatique en utilisant un algorithme d'extraction de statistiques développé à l'INRS et appliqué à l'intérieur d'un rayon de 10km autour des infrastructures des villages d'Umiujaq, Quaqtaq, Kangiqsualujuaq, Kangirsuk et Kangiqsujuaq .

**Pour les colonnes 21, 23**

Identique aux colonnes 11-15 mais les statistiques sont calculées pour la zone correspondant approximativement au champ de vision des caméras fixes installées aux infrastructures maritimes d'Umiujaq et de Quaqtaq.

**Pour les colonnes 22, 24**

Identique aux colonnes 16-20 mais les statistiques sont calculées pour la zone correspondant approximativement au champ de vision des caméras fixes installées aux infrastructures maritimes d'Umiujaq et de Quaqtaq.

**Pour les colonnes 25-26 , 28-30, 32-55, 62-63, 65-67**

Pour la glace de mer (Umiujaq et Quaqtaq) : le pourcentage de glace est extrait d'images couvrant ponctuellement les périodes de fonte du printemps 2009 et 2010 ainsi que les périodes d'englacement 2009-2010 et 2010-2011. Les images proviennent du capteur SAR du satellite RADARSAT-2 (5.4 GHz) et ont été fournies par l'Agence Spatiale Canadienne. Les images utilisées ont été captées en polarisation HH, en mode ultrafin (3m de résolution), en mode fin (6,25m de résolution), en mode Wide (30 m de résolution) ou en mode « spotligth » (1m de résolution). La cédule complète d'acquisition est fournie plus loin. Une classification des types de glace présents sur chaque image est réalisée de façon semi-automatique en utilisant l'algorithme de classification MIRGS (Multivariate Iterative Region Growing using Semantics) développé à l'Université de Waterloo et dont la procédure est adaptée par l'INRS aux images radar de haute définition. Le calcul du pourcentage de glace sur les images classifiées est réalisé de façon automatique en utilisant un algorithme d'extraction de statistiques développé à l'INRS et appliqué sur les zones entourant les infrastructures maritimes selon 3 rayons différents, soit 100m, 1km et 10km ainsi que sur la zone correspondant approximativement au champ de vision des caméras fixes installées aux infrastructures maritimes.

Pour les zones de 10km et 100m ainsi que pour la zone correspondant approximativement au champ de vision des caméras, la concentration totale est calculée. Pour la zone de 1km, la concentration par type de glace est calculée. Les classes sont alors :

**Type 1** : Eau libre, surface d'eau libre de toute forme de glace.

**Type 2** : Nouvelle glace, Terme général s'appliquant à toute glace formée récemment. Ce terme recouvre ceux de frasil, sorbet, gadoue et shuga, lesquels correspondent à différents aspects de la glace formée par des cristaux encore faiblement soudés entre eux par le gel (ou pas du tout, le cas échéant) et n'ayant un aspect défini que lorsqu'ils flottent en surface

**Type 3** : Nilas, Couche de glace mince et élastique, ondulant facilement sous les vagues et la houle et formant, sous la pression, des avancées en forme de « doigts » entrecroisés. Cette couche a une surface mate et peut atteindre 10 cm d'épaisseur. Ce type regroupe le nilas sombre et le nilas clair.

**Type 4** : Glace grise, jeune glace de 10 à 15 cm d'épaisseur, moins souple que le nilas et se brisant sous l'effet de la houle. En général, les fragments se chevauchent sous l'effet de la pression.

**Type 5** : Glace blanchâtre, jeune glace de 15 à 30 cm d'épaisseur. Sous l'effet de la pression, elle aura plus tendance à faire des crêtes qu'à s'empiler.

**Type 6** : Glace de première année, glace ayant au plus un hiver de croissance, provenant de jeune glace et dont l'épaisseur est d'au moins 30 cm. Elle regroupe la glace mince de première année nommée parfois « glace blanche », la glace moyenne de première année et la glace épaisse de première année.

**Type 7** : Glace de plusieurs années, vieille glace qui a survécu à au moins deux étés de fonte. Les hummocks sont encore plus arrondis que dans le cas d'une glace de deuxième année et la glace est presque exempte de sel. Là où la glace est vive, couleur est généralement bleue. La fusion entraîne une configuration caractérisée par de grandes mares irrégulières interconnectées et par un système de drainage bien développé.

**Type 8** : Sarrasins, Accumulation de glaces flottantes composées de fragments qui n'ont pas plus de 2 m d'extension et qui proviennent de la destruction d'autres formes de glace.

**Pour les colonnes 27, 31, 56-61, 64, 68**

Pour la glace de rivière (Kuujjuaq) : le pourcentage de glace est extrait d'images couvrant ponctuellement les périodes de fonte du printemps 2009 et 2010 ainsi que les périodes d'englacement 2009-2010 et 2010-2011. Les images proviennent du capteur SAR du satellite RADARSAT-2 (5.4 GHz) et ont été fournies par l'Agence Spatiale Canadienne. Les images utilisées ont été captées en polarisation HH, en mode ultrafin (3m de résolution), en mode fin (6,25m de résolution), en mode Wide (30 m de résolution) ou en mode « spotligth » (1m de résolution). La cédule complète d'acquisition est fournie plus loin. Une classification des types de glace présents sur chaque image est réalisée de façon semi-automatique en utilisant l'algorithme IceMap développé à l'INRS. Le calcul du pourcentage de glace sur les images classifiées est réalisé de façon automatique en utilisant un algorithme d'extraction de statistiques développé à l'INRS et appliqué sur les zones entourant les infrastructures maritimes selon 3 rayons différents, soit 100m, 1km et 3km ainsi que sur la zone représentant approximativement le champ de vision des caméras fixes installées aux infrastructures maritimes.

Pour les zones de 3km et 100m ainsi que pour la zone représentant le champ de vision des caméras, la concentration totale est calculée. Pour la zone de 1km, la concentration par type de glace est calculée. Les classes sont :

**Type 1** : Eau libre

**Type 2** : Eau libre et radeaux de frasil en dérive

**Type 3** : Glace thermique (noire), faible rugosité

**Type 4** : Glace de frasil (blanche) agglomérée, rugosité faible à moyenne

**Type 5** : Glace consolidée (amoncellements), rugosité moyenne à forte

**Pour les colonnes 69-71**

Les photos utilisées pour confirmer la présence de glace au large des infrastructures des villages de Kuujjuaq, d'Umiujaq et de Quaqtaq sont disponibles depuis Octobre 2009. Deux types de caméra ont été installés aux abords des infrastructures maritimes par l'INRS et permettent de capter des images de plan fixe pour suivre l'évolution du couvert de glace. La première caméra est de modèle Reconyx, elle a une résolution de 3.1 méga-pixel, un zoom de 1.7x et possède un angle de champ de 30 degrés vertical et 40 degrés horizontal. Ccette caméra capte des images à chaque heure. La deuxième caméra est de modèle Harbortronics, elle a une résolution de 10.2 méga-pixel, un zoom de 3x et possède un angle de champ de 17à 48 degrés vertical et de 25 à 67 degrés horizontal. Cette caméra capte des images toutes les deux heures.

La détection de la glace sur les photos est effectuée visuellement par un professionnel de l'INRS une fois les images récupérées.