

**CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET INFRASTRUCTURES MARITIMES DU
NUNAVIK : IMPACTS ET ADAPTATIONS**

**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 final remis à

Ministère des transports du Québec, Consortium Ouranos du Québec et
Ministère des Affaires Autochtones et Développement du Nord Canada

Par :

**Clément Clerc, Jimmy Poulin, Yves Gauthier, Monique Bernier, Stéphanie
Bleau, Charles Gignac, Jean-Simon Bédard et Émilie Duhamel-Beaudry**

Institut national de la recherche scientifique
Centre Eau Terre Environnement
490, rue de la Couronne
Québec (Québec) G1K 9A9

Rapport de recherche no. R1389

30 novembre 2012

Référence :

Clerc, C., Poulin, J., Gauthier, Y, Bernier, M., Bleau, S., Gignac, C., Bédard, J-S. et E. Duhamel-Beaudry, 2012. Descripteurs et indicateurs de la couverture glacielle au Nunavik: Quaqtq, Umiujaq et Kuujjuaq. Rapport de recherche no R1389 remis au Ministère des Transports du Québec, au Consortium OURANOS et au Ministère des Affaires Autochtones et Développement du Nord Canada. Institut national de la recherche scientifique, 30 septembre 2012, 186 pages.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce rapport aimeraient remercier tous les collègues et partenaires du projet *Changements Climatiques et Infrastructures Maritimes du Nunavik : Impacts et Adaptations* sous la direction du Ministère des transports du Québec. Nous aimerions particulièrement remercier Anick Guimond et Christian Poirier (MTQ), Jean-Pierre Savard (Ouranos), Yanie Chauret (AADNC), Michael Barrett, Mélissa Gagnon, Serge Payer et Nathalie Jobin (Administration régionale de Kativik), Yann Ropars, consultant, Philippe Gachon et Martin Élie (Environnement Canada), Simon Senneville et Simon St-Onge Drouin (UQAR). Nous remercions aussi Stéphane Gagnon, d'Environnement Canada, l'Agence spatiale canadienne et le Service canadien des glaces pour l'accès à une source de données indispensables à la réussite de cette étude sur la couverture glacielle du Nunavik, soit plus de 300 images RADARSAT-2. Nous voudrions aussi souligner la contribution financière importante d'Affaires Autochtones et Développement du Nord Canada en 2009-2010 et 2010-2011, celle d'Ouranos en 2011-2012 et le supplément accordé par le Ministère des transports du Québec en 2012.

SOMMAIRE

L'objectif global de cette étude financée principalement par AADNC (2009-2010 et 2010-2011) et Ouranos (2011-2012) est d'améliorer la compréhension des processus qui gouvernent les régimes glaciels au Nunavik et de caractériser la dynamique des glaces au niveau régional (baie d'Hudson, détroit d'Hudson et baie d'Ungava) et local (villages nordiques) à partir des connaissances traditionnelles, de caméras aux infrastructures maritimes et d'images satellitaires. Les communautés de Quaqtuaq, Umiujaq et Kuujuaq ont été suivies à l'aide de différents supports: des photos issues de caméras optiques installées face aux infrastructures maritimes à l'automne 2009, des images RADARSAT-2 acquises pendant l'englacement et la fonte des glaces depuis le printemps 2009, et des produits cartographiques régionaux du Service Canadien des Glaces (SCG) et du National Snow and Ice Data Center disponibles depuis au moins 2002. Des conditions climatiques différentes ont été observées pour les trois hivers, mais les patrons de régime des glaces demeurent similaires pour les trois communautés. L'hiver 2010-2011 a été particulièrement tardif. Par contre, la prise des glaces a été rapide au début de l'hiver 2011-2012. Toutefois, des températures très élevées ($\geq 15^{\circ}\text{C}$) en mars et en avril 2012 ont engendré un amincissement rapide des glaces. Néanmoins, les processus d'englacement et de fonte pour ces trois communautés ont été analysés pour chaque hiver, de façon qualitative et quantitative.

Dans un premier temps, une base de données a été créée, compilant les informations de chaque source selon des zones d'influence représentatives pour chaque région. On y retrouve des indicateurs de régimes des glaces comme les dates d'englacement et de fonte, ainsi que des statistiques spatiales telles que les concentrations de glace à différentes échelles. Pour compléter la base de données, chaque processus d'englacement ou de fonte a été décrit précisément dans l'espace et dans le temps et selon chaque type de support. L'emphase a été mise sur les événements et les paramètres climatiques significatifs, susceptibles d'engendrer des conditions de glace à risque pour les brise-lames.

L'objectif est de pouvoir transposer ces descripteurs de changement dans le futur afin d'anticiper la recrudescence ou la diminution des conditions à risque pour les infrastructures maritimes du Nunavik. C'est pourquoi pour chaque image RADARSAT-2, l'état de vulnérabilité des infrastructures a été noté : protégée par la glace, vulnérable (i.e. comporte un risque associé aux glaces) ou exposée (i.e. sans risque avec les glaces, mais exposée aux intempéries).

Ce rapport intitulé «Descripteurs et Indicateurs de la couverture glacielle au Nunavik » est donc une compilation de toutes ces informations et est le principal livrable de cette étude (3e année du projet). Pour chaque communauté, les descripteurs et les indicateurs sont présentés par des tableaux (Annexes 2, 3, 4) et des graphiques alors que les processus glaciels ainsi que les conditions de glace à risque sont décrits et illustrés par des images satellites et des photos. Les événements les plus vulnérables pour les infrastructures sont mis en relation avec les conditions météorologiques et maritimes locales.

De manière générale, pour la région de la baie Diana et la communauté de Quaqtuaq, les infrastructures maritimes sont beaucoup moins exposées durant l'englacement que la fonte, sauf s'il y a des phénomènes extrêmes comme le décrochement de la banquise ou lorsque des glaces mobiles sont combinées à des hauts niveaux d'eau et des vents forts. C'est donc au printemps, lorsque les glaçons et les floes dérivent au large des infrastructures que celles-ci sont les plus vulnérables. Au début de la fonte, le cordon de glace fixé sur le brise-lames assure une certaine protection même si la banquise côtière a disparu. Mais vers la fin de la période de fonte, ce cordon n'est plus présent et pourtant des glaçons peuvent encore se rapprocher des structures. La zone située entre l'île Hearn et la côte est une zone d'intérêt à cause de la proximité avec la lisière de la banquise côtière. Comme observé au printemps 2009, l'anse de la Mission peut être exposée même si la baie Diana présente encore une banquise côtière fixe.

Dans la région d'Umiujaq, les îles Nastapoka ont une fonction non négligeable de protection de la communauté face aux intempéries venant du large. D'une part, elles permettent la formation d'une banquise côtière stable en hiver. D'autre part, elles limitent l'apport de glaces exogènes en provenance de la baie d'Hudson pendant la fonte printanière (moment où l'infrastructure maritime est la plus vulnérable aux glaces en dérive). En même temps, le lac Guillaume Delisle (eau saumâtre) apporte pour sa part un risque non négligeable puisqu'il peut relâcher des glaces pendant plusieurs semaines

dans le détroit Nastapoka. Celles-ci dérivent du sud au nord en passant devant Umiujaq. Au large des îles Nastapoka, bien que la banquise puisse se consolider pendant un certain temps sur quelques kilomètres, elle est généralement instable, entrecoupée de fissures, et les glaces, par l'effet de courants forts, sont en mouvement tout au long de l'hiver.

Pour les infrastructures de Kuujjuaq, l'amplitude importante des marées de l'Ungava est un facteur de risque significatif. Comme dans les autres communautés, c'est lorsque des niveaux d'eau élevés sont combinés avec des vents violents et de la glace en mouvement que les dommages pourraient être les plus élevés. Les observations faites à Kuujjuaq ont montré plusieurs situations à risque depuis 3ans, mais aucune ne semble avoir causé de dégâts au brise-lames. Le tronçon de la rivière où le village et les infrastructures de Kuujjuaq sont localisés, est particulier parce que c'est un estuaire où les marées sont importantes, mais où le courant principal de la rivière joue aussi un rôle. Face au village de Kuujjuaq, une polynie est également présente tout au long de l'hiver. Le secteur comprenant l'île Elbow est également un cas spécifique où le blocage par la glace et l'écoulement semblent différer dans les différentes passes tout au long du régime glacial annuel. À noter que le 2 avril 2010, les grandes marées d'équinoxe ont provoqué une fissure dans le couvert de glace en face de l'infrastructure. Même si cela n'a pas eu de conséquence pour l'infrastructure, le front de glace migrera jusqu'à cette fissure le 12 avril pour rester à ce niveau jusqu'au 23 avril.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	III
SOMMAIRE	V
LISTE DES TABLEAUX	XI
LISTE DES FIGURES.....	XV
GLOSSAIRE.....	XXI
INTRODUCTION.....	1
1 QUAQTAQ	3
1.1 Description du régime des glaces de la région de la baie Diana tel qu'observé entre 2009 et 2012.....	3
1.2 Indicateurs de concentration des glaces	6
1.3 Vulnérabilité et protection des infrastructures maritimes de Quaqtac.....	19
1.3.1 Paramètres significatifs et conditions critiques	19
1.3.2 Exemples d'événements critiques survenus entre 2009 et 2012 à Quaqtac.....	21
1.3.3 Conclusion sur la vulnérabilité des infrastructures de Quaqtac	28
2 UMIUJAC	31
2.1 Description du régime des glaces à proximité de la communauté d'Umiujac et des îles Nastapoka, tel qu'observé entre 2009 et 2012.	31
2.2 Indicateurs de concentration des glaces à l'échelle régionale	36
2.3 Vulnérabilité et protection des infrastructures maritimes d'Umiujac.....	43
2.3.1 Paramètres significatifs et conditions critiques	43
2.3.2 Exemples d'événements critiques survenus entre 2009 et 2012 à Umiujac.	45
2.3.3 Conclusion sur la vulnérabilité des infrastructures d'Umiujac.....	47
3 KUUIJUAQ	51
3.1 Description du régime des glaces dans l'estuaire de la rivière Koksoak (Kuuijuaq), tel qu'observé entre 2009 et 2012.....	51
3.2 Indicateurs de concentration des glaces	55
3.3 Vulnérabilité et protection des infrastructures maritimes	58
3.3.1 Paramètres significatifs et conditions critiques	58
3.3.2 Exemples d'événements critiques survenus entre 2009 et 2012 à Kuuijuaq.	59
3.3.3 Conclusion sur la vulnérabilité des infrastructures de Kuuijuaq.....	67
4 DISCUSSION ET CONCLUSION	69
4.1 L'utilisation des photos et des cartes de glace radar	69

4.2	dynamique de l'englacement et de la fonte au voisinage des infrastructures maritimes	70
4.3	Vulnérabilité et protection des infrastructures maritimes	78
RÉFÉRENCES.....		81
ANNEXES.....		83
ANNEXE 1	DESCRIPTION DES DIFFÉRENTES SOURCES DE DONNÉES (CAMÉRAS, PRODUITS SATELLITAIRES RÉGIONAUX, SATELLITE RADARSAT-2).....	85
ANNEXE 2	TABLEAUX SYNTHÈSES DES TEMPÉRATURES, DES CONDITIONS CLIMATIQUES AINSI QUE DES OBSERVATIONS DE GLACES POUR QUAQTAQ DE 2009 À 2012	97
ANNEXE 3	TABLEAUX SYNTHÈSES DES TEMPÉRATURES, DES CONDITIONS CLIMATIQUES AINSI QUE DES OBSERVATIONS DE GLACES POUR UMIUJAQ DE 2009 À 2012.....	129
ANNEXE 4	TABLEAUX SYNTHÈSES DES TEMPÉRATURES, DES CONDITIONS CLIMATIQUES AINSI QUE DES OBSERVATIONS DE GLACES POUR KUUJJUAQ DE 2009 À 2012	155

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Degrés-jours de gel et de fonte cumulés	76
Tableau 2	Caractéristiques des caméras utilisées dans le cadre du projet	87
Tableau 3	Caractéristiques des données du Service canadien des glaces	89
Tableau 4	Fréquence de production des cartes de glace du SCG	90
Tableau 5	Nombre de cartes traitées dans le cadre du projet	92
Tableau 6	Caractéristiques des données du National Snow and Ice Data Center	93
Tableau 7	Caractéristiques des données RADARSAT-2.....	94
Tableau 8	Variations des maximums de température à l'aéroport de Quaqtq durant la fonte printanière 2009.....	99
Tableau 9	Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printanière 2009 (UF : Ultra-fin et F : fin)	100
Tableau 10	Variations des minimums de température à l'aéroport de Quaqtq durant l'englacement 2009-2010	101
Tableau 11	Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour l'englacement 2009-2010	102
Tableau 12	Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement 2009-2010 (UF : Ultra-fin et F : fin).....	103
Tableau 13	Description du processus d'englacement selon les photos des caméras, automne-hiver 2009-2010.....	104
Tableau 14	Variations des maximums de température à l'aéroport de Quaqtq durant la fonte printanière 2010.....	106
Tableau 15	Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour la fonte 2010	107
Tableau 16	Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printanière 2010 (UF : Ultra-fin et F : fin)	108
Tableau 17	Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2010	109
Tableau 18	Variations des minimums de température à l'aéroport de Quaqtq, englacement 2010-2011.....	110
Tableau 19	Paramètres marégraphiques et conditions climatiques, englacement 2010-2011.....	111
Tableau 20	Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement de l'automne 2010-2011 (UF : Ultra-fin et F : fin).....	112
Tableau 21	Description du processus d'englacement selon les photos des caméras, automne-hiver 2010-2011.....	113

Tableau 22	Variations des maximums de température à l'aéroport de Quaqtq durant la fonte printanière 2011.....	115
Tableau 23	Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour la fonte 2011.....	116
Tableau 24	Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printanière 2011 (UF : Ultra-fin et F : fin)	117
Tableau 25	Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2011	118
Tableau 26	Variations des minimums de température à l'aéroport de Quaqtq durant l'englacement 2011-2012	120
Tableau 27	Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2011	121
Tableau 28	Description du processus d'englacement selon les photos des caméras, automne 2011-2012.....	122
Tableau 29	Variations des maximums de température à l'aéroport de Quaqtq durant la fonte printanière 2012.....	124
Tableau 30	Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printemps 2012 (UF : Ultra-fin et F : fin).....	125
Tableau 31	Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2012	126
Tableau 32	Variations des maximums de température à l'aéroport d'Umiujaq durant la fonte printanière 2009.....	131
Tableau 33	Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printanière 2009 (UF : Ultra-fin et F : fin)	132
Tableau 34	Variations des minimums de température à l'aéroport d'Umiujaq durant l'englacement 2009-2010	133
Tableau 35	Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour l'englacement 2009-2010	134
Tableau 36	Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement 2009-2010 (UF : Ultra-fin et F : fin).....	135
Tableau 37	Description du processus d'englacement selon les photos des caméras, automne-hiver 2009-2010.....	136
Tableau 38	Variations des maximums de température à l'aéroport d'Umiujaq durant la fonte printanière 2010.....	138
Tableau 39	Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour la fonte 2010	139
Tableau 40	Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printanière 2010 (UF : Ultra-fin et F : fin)	140
Tableau 41	Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2010	141

Tableau 42	Variations des minimums de température à l'aéroport d'Umiujaq durant l'englacement 2010-2011	143
Tableau 43	Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement 2010-2011 (UF : Ultra-fin et F : fin).....	144
Tableau 44	Variations des maximums de température à l'aéroport d'Umiujaq durant la fonte printanière 2011.....	145
Tableau 45	Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour la fonte 2011	146
Tableau 46	Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printanière 2011 (UF : Ultra-fin et F : fin)	147
Tableau 47	Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2011	148
Tableau 48	Variations des minimums de température à l'aéroport d'Umiujaq durant l'englacement 2011-2012	149
Tableau 49	Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement 2011-2012 (UF : Ultra-fin et F : fin).....	150
Tableau 50	Variations des maximums de température à l'aéroport d'Umiujaq durant la fonte printanière 2012.....	151
Tableau 51	Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printemps 2012 (UF : Ultra-fin et F : fin).....	152
Tableau 52	Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2012	153
Tableau 53	Variations des maximums de température à l'aéroport de Kuujjuaq durant la fonte printanière 2009.....	157
Tableau 54	Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour l'englacement 2009	158
Tableau 55	Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printanière 2009 (UF : Ultra-fin et F : fin)	159
Tableau 56	Description du processus d'englacement selon les photos de la Netcam, les images MODIS et RADARSAT-2, printemps 2009.....	160
Tableau 57	Variations des minimums de température à l'aéroport de Kuujjuaq durant l'englacement 2009-2010	162
Tableau 58	Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour l'englacement 2009-2010	163
Tableau 59	Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement 2009-2010 (UF : Ultra-fin et F : fin).....	164
Tableau 60	Description du processus d'englacement selon les photos de la Netcam, des caméras Harbortronics et Reconyx ainsi que les images MODIS et RADARSAT-2, automne-hiver 2009-2010	165
Tableau 61	Variations des maximums de température à l'aéroport de Kuujjuaq durant la fonte printanière 2010.....	167

Tableau 62	Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour la fonte 2010	168
Tableau 63	Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte 2010 (UF : Ultra-fin et F : fin).....	169
Tableau 64	Description du processus d'englacement selon les photos de la Netcam et des caméras Harbortronics et Reconyx, fonte 2010.....	170
Tableau 65	Variations des minimums de température à l'aéroport de Quaqtaq durant l'englacement 2010-2011	172
Tableau 66	Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour l'englacement 2010-2011	173
Tableau 67	Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement 2010-2011 (UF : Ultra-fin et F : fin).....	174
Tableau 68	Description du processus d'englacement selon les photos de la Netcam et des caméras Harbortronics et Reconyx, englacement 2010-2011.....	175
Tableau 69	Variations des maximums de température à l'aéroport de Kuujuaq durant la fonte printanière 2011.....	177
Tableau 70	Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour la fonte 2011	178
Tableau 71	Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte 2011 (UF : Ultra-fin et F : fin).....	179
Tableau 72	Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2011	180
Tableau 73	Variations des minimums de température à l'aéroport de Kuujuaq durant l'englacement 2011-2012	182
Tableau 74	Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement 2011-2012 (UF : Ultra-fin et F : fin).....	183
Tableau 75	Description du processus d'englacement selon les photos de la Netcam et des caméras Harbortronics et Reconyx, englacement 2011-2012.....	184
Tableau 76	Variations des maximums de température à l'aéroport de Kuujuaq durant la fonte printanière 2012.....	185
Tableau 77	Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte 2012 (UF : Ultra-fin et F : fin).....	186
Tableau 78	Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2012	187

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Carte de localisation des principaux sites utilisés pour décrire les processus d'englacement et de fonte dans la grande région de la communauté de Quaqtq.....	3
Figure 2	À gauche : 1er janvier 2011, formation de nouvelle glace dans les anses de la baie Diana et arrivée de glaces exogènes en provenance du détroit d'Hudson; À droite : 27 décembre 2009, banquise côtière fixe et en voie de consolidation dans la baie Diana.	4
Figure 3	Photo de la caméra Reconyx illustrant la dégradation du couvert de glace dans l'anse de la Mission le 28-05-2010	5
Figure 4	Détachement de la banquise côtière durant la fonte printanière 2011 (image RADARSAT-2, 25 juin 2011)	6
Figure 5	Localisation des mailles utilisées pour extraire les concentrations de glace représentatives du détroit d'Hudson et de la baie Diana	7
Figure 6	Localisation de la zone d'influence de Quaqtq, délimitée au S-SO par un rayon de 5 km et au N-NO par la lisière de la banquise côtière.	7
Figure 7	Concentrations de glace dans la baie Diana au printemps 2009 à partir de quatre différentes sources.	9
Figure 8	Concentrations de glace dans la baie Diana, régime des glaces 2009-2010, à partir de quatre différentes sources.	10
Figure 9	Concentrations de glace dans la baie Diana, régime des glaces 2010-2011, à partir de quatre différentes sources.	11
Figure 10	Concentrations de glace dans la baie Diana, régime des glaces 2011-2012, à partir de trois différentes sources (AMSR-E non-fonctionnel)	12
Figure 11	Concentrations de glace dans le détroit d'Hudson, printemps 2009, à partir de trois différentes sources (l'image RS-2 ne couvre pas le détroit d'Hudson).....	13
Figure 12	Concentrations de glace dans le détroit d'Hudson, régime des glaces 2009-2010, à partir de trois différentes sources.	14
Figure 13 :	Concentrations de glace dans le détroit d'Hudson, régime des glaces 2010-2011, à partir de <u>trois</u> différentes sources.....	15
Figure 14	Concentrations de glace dans le détroit d'Hudson, régime des glaces 2011-2012, à partir de deux différentes sources (AMSR-E non-fonctionnel).	16

Figure 15	Concentrations de glace dans la baie Diana au cours des 10 dernières années à partir de trois différentes sources: période 2002-2012.....	17
Figure 16	Concentrations de glace dans le détroit d'Hudson au cours des 10 dernières années à partir de trois différentes sources: période 2002-2012.....	18
Figure 17	Carte des glaces lors de la fonte printanière 2009 dans la région de la Baie Diana, issue d'une image RADARSAT -2 en mode fin du 5 juillet 2009.....	21
Figure 18	Photo Harbortronics des infrastructures de Quaqtac prise juste après le décrochement de la banquise côtière du 20/12/2009.....	22
Figure 19	Image RADARSAT-2 du 20 décembre 2009 représentant le décrochement de la banquise côtière.....	23
Figure 20	Plan rapproché sur la communauté de Quaqtac à partir de l'image RADARSAT-2 du 20 décembre 2009.....	24
Figure 21	Photo Reconyx du 03/01/2010, illustrant le haut niveau d'eau atteint (prédiction de 9,69 m) et montrant la grande mobilité des morceaux de glace dans l'anse de la Mission suivant une période de vive-eau (pleine lune du 31 décembre).....	24
Figure 22	Arrivée de radeaux de glace exogènes dans l'anse de la Mission(Quaqtac) du 31/12/2010 au 01/01/2011.....	25
Figure 23	Gros blocs de glace en mouvement au fil des marées, à proximité des infrastructures maritimes de Quaqtac les 01 et le 02 juillet 2011.....	26
Figure 24	Blocs de glace en mouvement au fil des marées, à proximité de la nouvelle infrastructure maritime de Quaqtac entre le 04 et le 06 juillet 2011.....	27
Figure 25	Mouvements de plaques de glace à proximité des infrastructures maritimes de Quaqtac entre les 19 et 21 juin 2012	28
Figure 26	Cordon de glace protégeant encore l'ensemble du brise-lames de l'ancienne infrastructure (Quaqtac, 16 juin 2010).	29
Figure 27	Carte de glace du 25 juin 2009.....	30
Figure 28	Cartes de localisation des principaux lieux utilisés pour décrire les processus d'englacement et de fonte à proximité de la communauté d'Umiujaq.....	31
Figure 29	Carte du 7 janvier 2011, formation de nouvelle glace (sorbet) en face du village d'Umiujaq entre les îles Nastapoka et la côte.	32
Figure 30	Carte du 25 janvier 2011, banquise côtière fixe dans le détroit et à l'ouest des îles Nastapoka, alors que de grandes fissures et des plaques en mouvement coexistent plus au large.	33
Figure 31	Évolution de la fonte printanière dans le détroit et les îles Nastapoka.....	34

Figure 32	Carte issue d'une image RADARSAT-2 du 17 juin 2009 en mode ultrafin montrant la formation de nouvelle glace (en rose) pendant la fonte printanière.	35
Figure 33	Floes et glaçons à la dérive dans le détroit Nastapoka identifiés sur une image RADARSAT-2 en mode fin du 11 juillet 2009.	35
Figure 34	Localisation des mailles utilisées (2 mailles de 10 x 10 km) pour extraire les concentrations de glace représentatives du régime à l'ouest des îles Nastapoka (baie d'Hudson).....	36
Figure 35	Localisation de la zone d'influence d'Umiujaq, délimitée au nord et au sud par un rayon de 5 km et à l'ouest par les îles Nastapoka.....	37
Figure 36	Concentrations de glace sur deux mailles de 10 km dans la baie d'Hudson (ouest des îles Nastapoka), printemps 2009.....	38
Figure 37	Concentrations de glace sur deux mailles de 10 km dans la baie d'Hudson (ouest des îles Nastapoka), 2009-2010.....	39
Figure 38	Concentrations de glace sur deux mailles de 10 km dans la baie d'Hudson (ouest des îles Nastapoka), 2010-2011.....	40
Figure 39	Concentrations de glace sur deux mailles de 10 km dans la baie d'Hudson (ouest des îles Nastapoka), 2011-2012.....	41
Figure 40	Concentrations de glace sur deux mailles de 10 km dans la baie d'Hudson (ouest des îles Nastapoka) au cours des 10 dernières années : période 2002-2012.....	42
Figure 41	Décrochement de la banquise côtière en face du village d'Umiujaq le 2 mai 2010.....	44
Figure 42	Évacuation de la banquise côtière en face du village d'Umiujaq au printemps 2011.	44
Figure 43	Décrochement de la banquise côtière le 22 décembre 2009 entre 13hrs et 17hrs (3 premières photos).....	45
Figure 44	Morceaux de glace à la dérive de différents types (champ de glace en mouvement) aux abords de l'infrastructure d'Umiujaq entre le 10 et le 14 mai 2010.....	46
Figure 45	Morceaux de glace à la dérive qui viennent s'accumuler sur le brise-lames alors qu'il n'est plus du tout protégé par la glace (photo acquise le 13 juin 2012 à 11hrs).....	47
Figure 46	Champ de glace en provenance de la baie d'Hudson, bloqué par les îles Nastapoka au moment de la fonte printanière 2009 (image RADARSAT-2 du 14 juin 2009).	49
Figure 47	Carte de localisation des principaux lieux utilisés pour décrire les processus d'englacement et de fonte à proximité de la communauté de Kuujuaq.....	52
Figure 48	17 avril 2010, front de glace en face l'infrastructure maritime de Kuujuaq (à gauche sur la photo).....	53
Figure 49	Carte du 27 mai 2010 issue d'une image RADARSAT-2 en mode Standard	54

Figure 50	Localisation de la zone d'influence pour l'infrastructure de Kuujjuaq (trait rouge), délimitée au nord et au sud par un rayon de 3 km, puis à l'est et à l'ouest par les berges de la rivière Koksoak	55
Figure 51	Concentrations de glace dans la zone d'influence autour de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq, printemps 2009, selon les cartes de glace issues de RADARSAT-2.....	56
Figure 52	Concentrations de glace dans la zone d'influence autour de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq, hiver 2009-2010, selon les cartes de glace issues de RADARSAT-2 et les photos des caméras fixes.....	56
Figure 53	Concentrations de glace dans la zone d'influence autour de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq, hiver 2010-2011, selon les cartes de glace issues de RADARSAT-2 et les photos des caméras fixes.....	57
Figure 54	Concentrations de glace dans la zone d'influence autour de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq, hiver 2011-2012, selon les cartes de glace issues de RADARSAT-2 et les photos des caméras fixes.....	57
Figure 55	Extraits des cartes de glace du 20 et 30 novembre 2011.	59
Figure 56	Carte illustrant de grandes plaques de glace à la dérive en face de l'infrastructure maritime (encerclées) le 1er juin 2009.....	60
Figure 57 :	Radeaux de glace en mouvement suivant le courant du chenal le 15 juin 2009	61
Figure 58	Glaces à la dérive le 5 juin 2011 face à l'infrastructure dont le cordon de glace est fortement diminué.....	62
Figure 59	Domages subis par le cordon de glace entourant le brise-lames dans la nuit du 12 au 13 mai 2010.....	62
Figure 60	Dépôts de blocs de glace à proximité des infrastructures maritimes, entre le 13 et le 16 mai 2010.....	63
Figure 61	Dépôts de gros glaçons sur la rampe et le brise-lames de Kuujjuaq, les 30 et 31 mai 2010.	64
Figure 62	Dérive de glace au début de l'englacement le 31 octobre 2009.....	64
Figure 63	Dérive de glace vers la fin de l'englacement le 20 janvier 2011.....	65
Figure 64	Le 20 février 2011, le couvert de glace est complet en face l'infrastructure et le brise-lames est protégé par un épais pied de glace	65
Figure 65	Pied de glace du brise-lames endommagé dans la nuit du 24 au 25 janvier 2011.....	66
Figure 66	Forte poussée glacielle contre le brise-lames et la rampe suite à des niveaux d'eau élevés entre le 17 et le 21 février 2011.	66
Figure 67	À gauche, apparition d'une fissure (encerclée en jaune) le 2 avril 2010. À droite, le 12 avril, migration du front de glace au niveau de cette fissure.....	67

Figure 68	Description des régimes de glace en 2009-2010, 2010-2011 et 2011-2012 en fonction de la température pour la région de Quaqtaq.	71
Figure 69	Description des régimes de glace en 2009-2010, 2010-2011 et 2011-2012 en fonction de la température, pour la région d'Umiujaq.	72
Figure 70	Description des régimes de glace 2009-2010, 2010-2011 et 2011-2012 en fonction de la température, pour la région de Kuujjuaq.	73
Figure 71	Indicateurs sur la variabilité de l'englacement et de la fonte entre 2009 et 2012 dans les trois communautés à l'étude.	74
Figure 72	Période et durée en jours de la présence du couvert de glace pour les trois communautés (2009-2012)	77
Figure 73	Comparaison des angles de champ de chacune des caméras.....	88
Figure 74	Exemple d'installation des caméras.....	88
Figure 75	Exemple de produit du Service canadien des glaces.....	90
Figure 76	Exemple de données du NSIDC.....	93
Figure 77	Exemple d'une image RADARSAT-2.....	95

GLOSSAIRE :

GLACE DE MER :

- **Nouvelle glace** : terme regroupant plusieurs types de glace mais se rapportant généralement à une sorte de soupe de cristaux de glace récemment formés et peu ou pas soudés entre eux. Ce terme recouvre ceux de sorbet, frasil, gadoue et shuga.
- **Nilas** : couche de glace fragile généralement mince et pouvant encore onduler sous les vagues.
- **Sarrasin** : amas de glaces flottantes provenant de la destruction de d'autres formes de glace, comme les nouvelles glaces ou le nilas.
- **Radeaux de glace** : Plaques flottantes, minces et arrondies aux bordures convexes formées par la concentration et l'agglomération de nouvelle glace.
- **Glaçons** : fragments de glaces relativement plats de moins de 20 m d'extension
- **Floes** : fragments de glaces relativement plats de 20 m au moins d'extension
- **Banquise côtière** : Glace qui se forme et reste attachée à la côte. Elle peut s'étendre de quelques mètres à plusieurs dizaines de kilomètres. Sur la côte, on peut observer facilement des fluctuations verticales de la banquise, conséquences des marées.

GLACE DE RIVIÈRE :

- **Frasil** : fines aiguilles ou plaquettes de glace en suspension dans l'eau. Se forment généralement en eau libre turbulente.
- **Radeaux de frasil** : plaques flottantes, minces et arrondies aux bordures convexes formées par la concentration et l'agglomération de frasil.
- **Pied de glace** : équivalent de la banquise côtière pour la glace de rivière. Cette glace de rive se forme à partir des berges d'abord de façon thermique avant de s'épaissir et de s'étendre en fonction de l'accumulation des radeaux de frasil.
- **Front de glace** : Lisière du couvert de glace fixe sur la rivière. Limite entre la glace fixe et la glace mobile

AUTRES FORMATIONS ET TYPES DE GLACE APPLICABLES AUX DEUX TYPES D'ENVIRONNEMENT :

- **Champ de glace** : étendue de glace flottante formée de floes et de glaçons de différentes dimensions.
- **Cordon** : ici, le cordon représente la bande de glace de quelques mètres d'épaisseur restant accrochée aux infrastructures même après que le pied de glace ou la banquise côtière ait disparu.
- **Crête de pression** : mur ou monticule de glace brisée soulevé par la pression.
- **Glace consolidée** : empilement rugueux de morceaux de glace, conséquence de la poussée des vents, des courants ou des marées.
- **Glaces exogènes** : glaces de différents types, formées au large.
- **Glace pourrie** : glace criblée de trous de fonte à un stade avancé de dégradation.
- **Polynie** : zone d'eau libre bien qu'entourée de glace pendant tout l'hiver. Parfois on peut y observer quelques formes de nouvelles glaces mais le processus d'englacement ne va jamais plus loin.
- **Trous de fonte** : Trous se formant dans la glace lors de la fonte printanière, suite à la fusion des mares de surface avec l'eau sous-jacente.

INTRODUCTION

Dans le but d'améliorer la compréhension des processus qui gouvernent les régimes glaciels au Nunavik, trois communautés ont été suivies depuis le printemps 2009 à l'aide de différents supports : des photos issues de caméras optiques (Reconyx et Harbortronics) installées face aux infrastructures maritimes, des images RADARSAT-2 acquises pendant l'englacement et la fonte des glaces et des produits cartographiques régionaux du Service Canadien des Glaces (SCG) et du National Snow and Ice Data Center (Satellite Aqua, capteur AMSR-E). Les détails liés aux caractéristiques de ces sources (caméras, produits satellitaires régionaux, satellite RADARSAT-2) sont présentés à l'annexe 1.

Les villages nordiques de Quaqtaq, Umiujaq et Kuujuaq, respectivement établis sur le bord du détroit d'Hudson, dans la baie d'Hudson et le long de la rivière Koksoak, sont les trois communautés au cœur de l'étude. Les processus d'englacement et de fonte pour ces trois communautés ont été analysés pour chaque hiver, de façon qualitative et quantitative. Les photos des caméras sont recueillies pour chacun des villages depuis l'automne 2009 alors que les images RADARSAT-2 ont commencé à être acquises au printemps 2009. Les cartes de glace sont disponibles depuis au moins 2002 pour les deux types de source.

Dans un premier temps, une base de données a été créée, compilant les informations de chaque source selon des zones d'influence (buffers) représentatives pour chaque région. On y retrouve des indicateurs de régimes des glaces comme les dates d'englacement et de fonte, ainsi que des statistiques spatiales telles que les concentrations de glace à différentes échelles.

Pour compléter ce travail, chaque processus d'englacement ou de fonte a été décrit précisément dans l'espace et dans le temps et selon chaque type de support. L'emphase a été mise sur les événements et les paramètres climatiques significatifs, susceptibles d'engendrer des conditions de glace à risque pour les brise-lames. L'objectif est de pouvoir transposer ces descripteurs de changement dans le futur afin d'anticiper la recrudescence ou la diminution des conditions à risque pour les infrastructures maritimes du Nunavik. C'est pourquoi pour chaque image du satellite RADARSAT-2, l'état de vulnérabilité des infrastructures a été noté : protégée par la glace, vulnérable (i.e. comporte un risque associé aux glaces) ou exposée (i.e. sans

risque avec les glaces mais exposée aux intempéries). De plus, le comportement des glaces dans le futur étant décrit par un modèle développé par l'Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER), des comparaisons entre les données actuelles réelles et les données modélisées seront présentées.

Ce rapport est donc une compilation de toutes ces informations et est divisé en trois sections principales, une par communauté : 1. Quaqtaq, 2. Umiujaq et 3. Kuujuaq. Les processus glaciels ainsi que les conditions de glace à risque y sont décrits et illustrés par des images et des photos. Les événements où les infrastructures sont les plus vulnérables sont par ailleurs mis en relation avec les conditions météorologiques et maritimes locales. Quant aux descripteurs et aux indicateurs des régimes des glaces, ils sont synthétisés sous forme de tableaux et de graphiques. Les tableaux sont présentés aux Annexes 2, 3, et 4. Les graphiques sont intégrés aux chapitres 1 à 3 et à la Conclusion.

Notez que tout au long de ce rapport, le terme « photo » sera utilisé lorsque nous ferons référence aux caméras optiques installées proche des infrastructures maritimes. Nous utiliserons le terme « image » relativement aux images radar du satellite RADARSAT-2.

Par ailleurs, que ce soit pour les images ou les photos, la validation et l'analyse des types et des conditions de glace requièrent une certaine rigueur. La résolution (pour les images) ou le manque de vue d'ensemble (pour les photos) limitent les conclusions que l'on peut tirer à partir de l'interprétation de ces données. C'est pourquoi, afin d'améliorer la cohésion entre les échelles locales et régionales, nous avons décidé d'adopter un vocabulaire de glace plus général que celui utilisé par le Service Canadien des Glaces (c.f. *Glossaire* ci-après). Le but de cette phase du projet étant plus d'analyser les risques associés à la mobilité des glaces que les différents types de glace en tant que tels. Les définitions proposées sont donc adaptées du vocabulaire utilisées au sein du laboratoire de télédétection de l'INRS-ETE et du glossaire du Service Canadien des Glaces¹. À noter que certains termes sont exclusivement utilisés pour l'environnement marin (les infrastructures de Umiujaq et Quaqtaq) alors que d'autres sont propres aux environnements fluviaux (l'infrastructure de Kuujuaq).

¹ <http://www.ec.gc.ca/glaces-ice/default.asp?lang=Fr&n=501D72C1-1&def=hide1F7D34EEE>

1 QUAQTAQ

1.1 DESCRIPTION DU RÉGIME DES GLACES DE LA RÉGION DE LA BAIE DIANA TEL QU'OBSERVÉ ENTRE 2009 ET 2012.

De manière générale et simplifiée, et en conditions idéales de refroidissement, l'englacement de la baie Diana et des environs de Quaqtac (figure 1) se déroule de la façon suivante :

1. Apparition de nouvelle glace (mélange de sorbet et frasil) le long de la côte et formation de glace dans les anses et les petites baies (Figure 2).

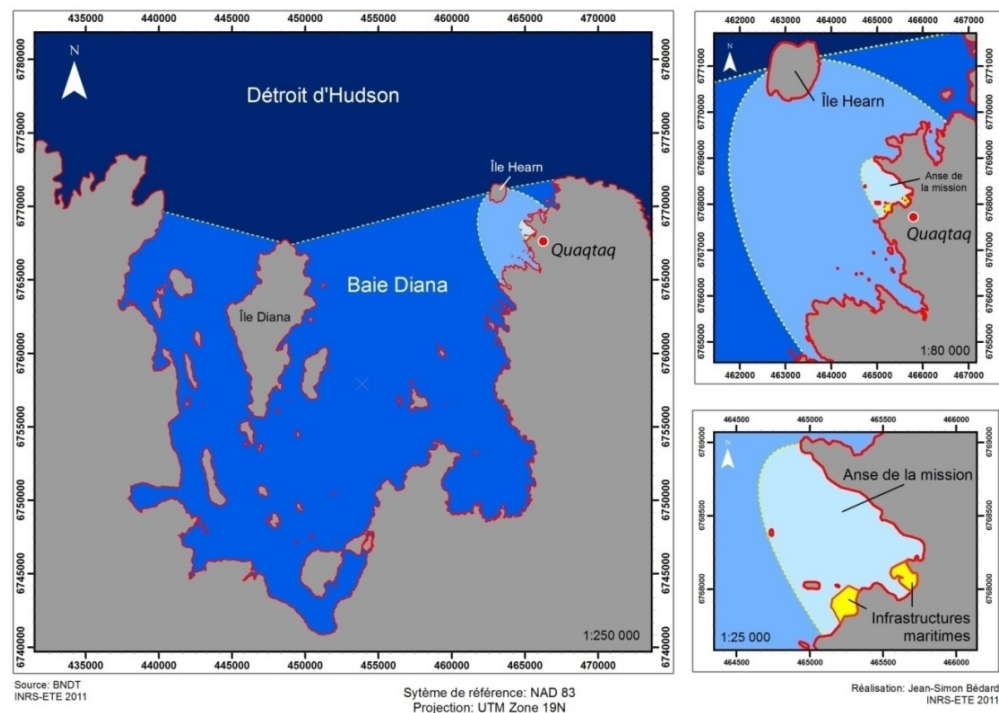


Figure 1 Carte de localisation des principaux sites utilisés pour décrire les processus d'englacement et de fonte dans la grande région de la communauté de Quaqtac (le bleu clair représente la zone d'intérêt aux abords de la communauté, le bleu moyen la place habituellement occupée par la banquise côtière et le bleu foncé celle prise par les glaces en mouvement en hiver)

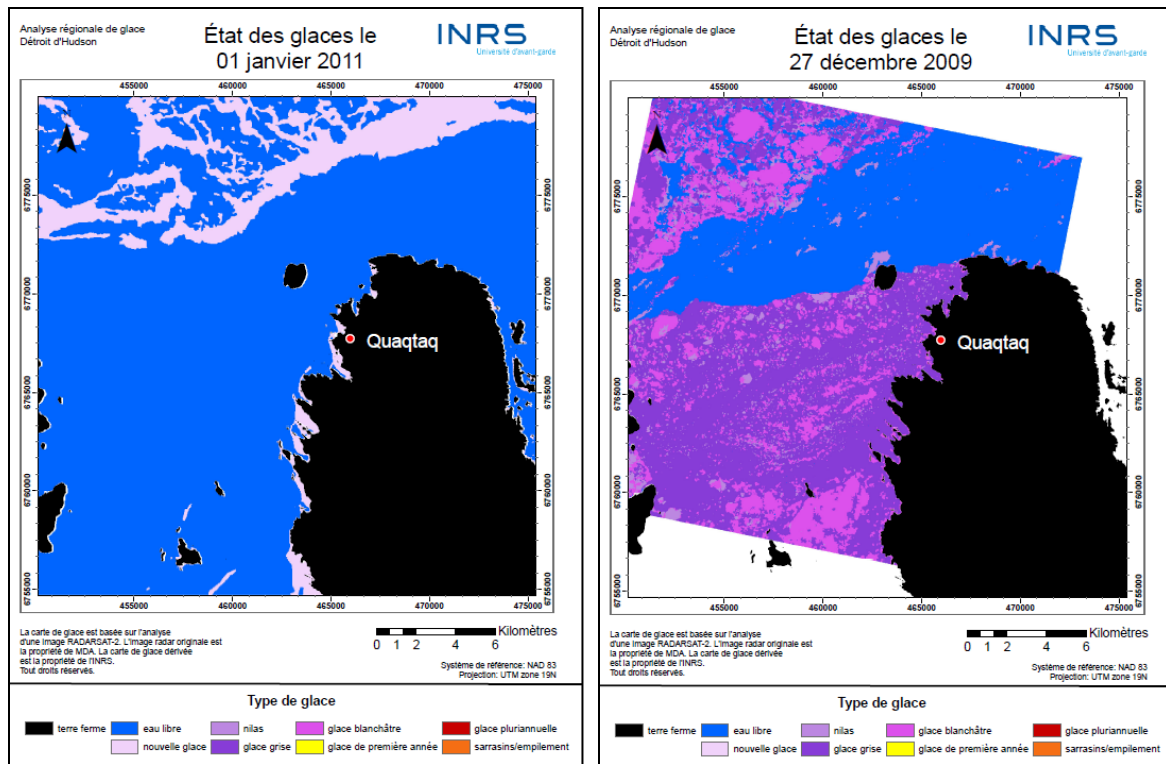


Figure 2 À gauche : 1er janvier 2011, formation de nouvelle glace dans les anses de la baie Diana et arrivée de glaces exogènes en provenance du détroit d'Hudson; À droite : 27 décembre 2009, banquise côtière fixe et en voie de consolidation dans la baie Diana.

2. Apport de glaces exogènes en provenance du détroit d'Hudson qui viennent se mélanger à la nouvelle glace et aux plaques de nilas épaissies.
3. Épaississement de la banquise côtière, dont la lisière est délimitée au nord par les îles Hearn et Diana (Figure 1 (banquise illustrée en bleu moyen) et Figure 2).
4. Banquise côtière fixe et consolidée jusqu'à la fonte alors que les glaces dans le détroit d'Hudson restent en mouvement pendant tout l'hiver, venant parfois heurter la banquise.

Le processus de fonte apparaît généralement moins régulier et est en fait une combinaison de la dégradation de la glace le long des côtes et de la lisière de la banquise côtière. On y observe habituellement les grandes étapes suivantes :

1. Apparition de trous de fonte et d'eau libre dans les anses et les petites baies à l'embouchure des rivières. On parle de fonte hydrothermique (Figure 3).

2. Simultanément, désagrégation de la banquise côtière de la baie Diana vers le détroit d'Hudson : des morceaux de différentes tailles se détachent au fur et à mesure de l'avancement du processus de fonte et sont évacués vers le détroit d'Hudson.
3. Les lignes de compression qui avaient permis de souder les plaques lors de l'englacement réapparaissent et c'est à ces endroits que la banquise se morcelle. Au printemps 2011, une seule plaque couvrant presque l'intégralité de la baie Diana s'est détachée (Figure 4).
4. Finalement, pendant un certain temps, des glaçons et des floes de différentes tailles dérivent dans le détroit d'Hudson, dans la baie Diana et dans les anses.

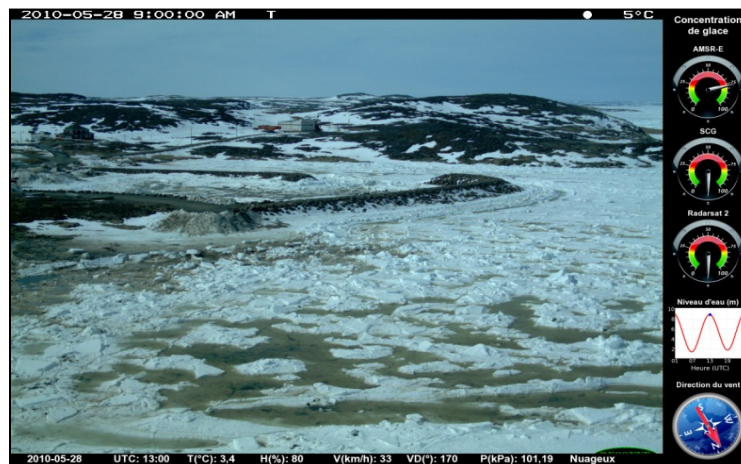


Figure 3 Photo de la caméra Reconyx illustrant la dégradation du couvert de glace dans l'anse de la Mission le 28-05-2010. Des trous et des mares de fonte accélèrent le processus de dégradation.

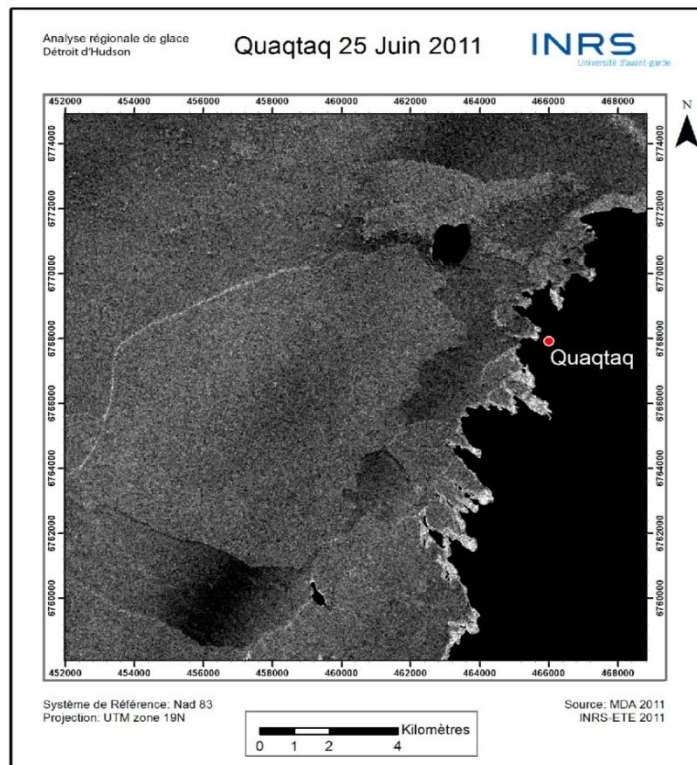


Figure 4 Détachement de la banquise côtière durant la fonte printanière 2011 (image RADARSAT-2, 25 juin 2011)

1.2 INDICATEURS DE CONCENTRATION DES GLACES

Afin d'être en mesure de comparer les données de différentes sources dans des secteurs pertinents, il a été convenu d'utiliser les mailles du domaine de modélisation de l'ISMER. Pour Quaqtaq, deux mailles indépendantes de 10 x 10 km ont été utilisées afin d'extraire les statistiques à partir des cartes SCG et AMSR-E pour le détroit d'Hudson et la baie Diana (Figure 5). Au regard des connaissances locales et des régimes glaciels observés depuis 2009, chaque maille est considérée représentative du comportement du détroit ou de la baie. Afin d'en extraire des statistiques pertinentes, il n'était donc pas approprié de choisir des mailles à cheval sur la lisière de la banquise côtière. Et c'est pour les mêmes raisons que la zone d'influence caractéristique du comportement des glaces à proximité de la communauté est délimitée au nord par la lisière de la banquise côtière (Figure 6).

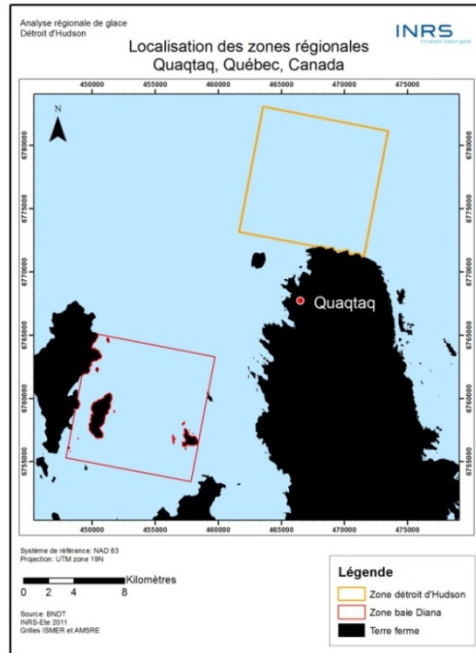


Figure 5 Localisation des mailles utilisées pour extraire les concentrations de glace représentatives du détroit d'Hudson et de la baie Diana

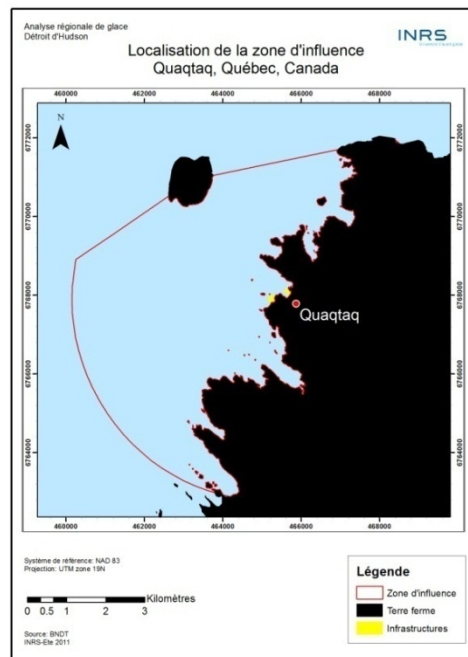


Figure 6 Localisation de la zone d'influence de Quaqaq, délimitée au S-SO par un rayon de 5 km et au N-NO par la lisière de la banquise côtière.

Les concentrations de glace ont donc pu être extraites des différentes sources de données (cartes AMSR-E et SCG et modèle ISMER), en utilisant les zones d'influence locales et régionales, définies ci-dessus. Chaque source de données est disponible à une fréquence fixe ou variable, journalière ou moindre, et avec son propre degré d'incertitude. C'est en combinant toutes ces sources qu'on arrive à obtenir une image plus précise du comportement des glaces (Figure 7 à Figure 14). Noter que pour la baie Diana, (Figure 7 à Figure 10), les concentrations extraites des images RADARSAT-2 sont représentées à titre indicatif, puisqu'elles n'ont pas été calculées sur la maille de 10 km dans la baie Diana, mais pour la zone d'influence proche du village.

Aux Figure 15 et Figure 16, on présente à titre indicatif, les concentrations calculées sur les mailles de la baie Diana et du détroit d'Hudson de 2002 à 2012.

Noter que généralement, comme c'est le cas pour les graphiques présentés ici, on utilise une marge d'erreur d'au moins 5% lorsqu'on extrait des valeurs de concentration de glace, à cause de la présence de bruit dans les images et les cartes, liée aux imprécisions des algorithmes utilisés pour faire ces dernières.

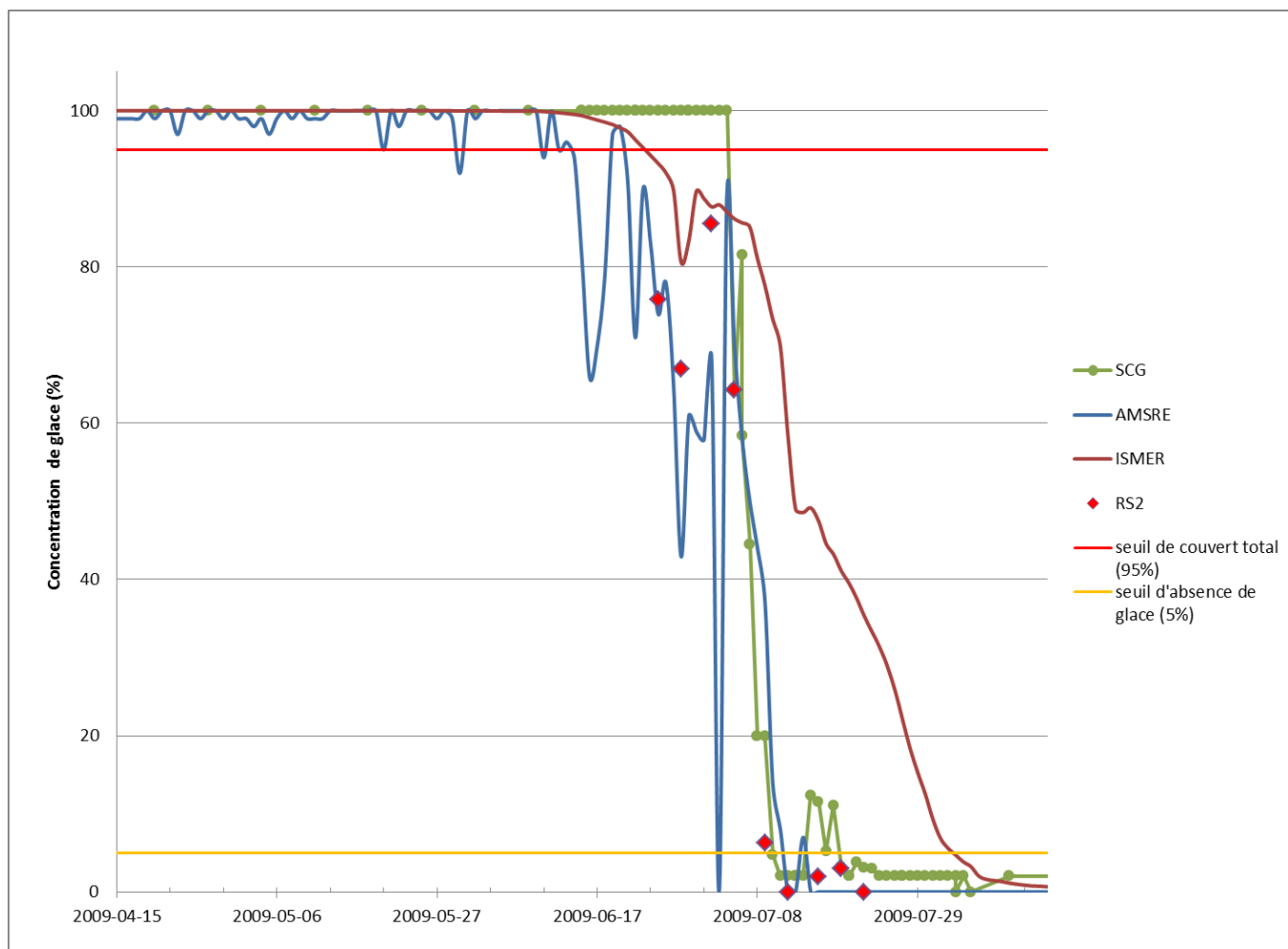


Figure 7 Concentrations de glace dans la baie Diana au printemps 2009 à partir de quatre différentes sources.



Figure 8 Concentrations de glace dans la baie Diana, régime des glaces 2009-2010, à partir de quatre différentes sources.



Figure 9 Concentrations de glace dans la baie Diana, régime des glaces 2010-2011, à partir de quatre différentes sources.

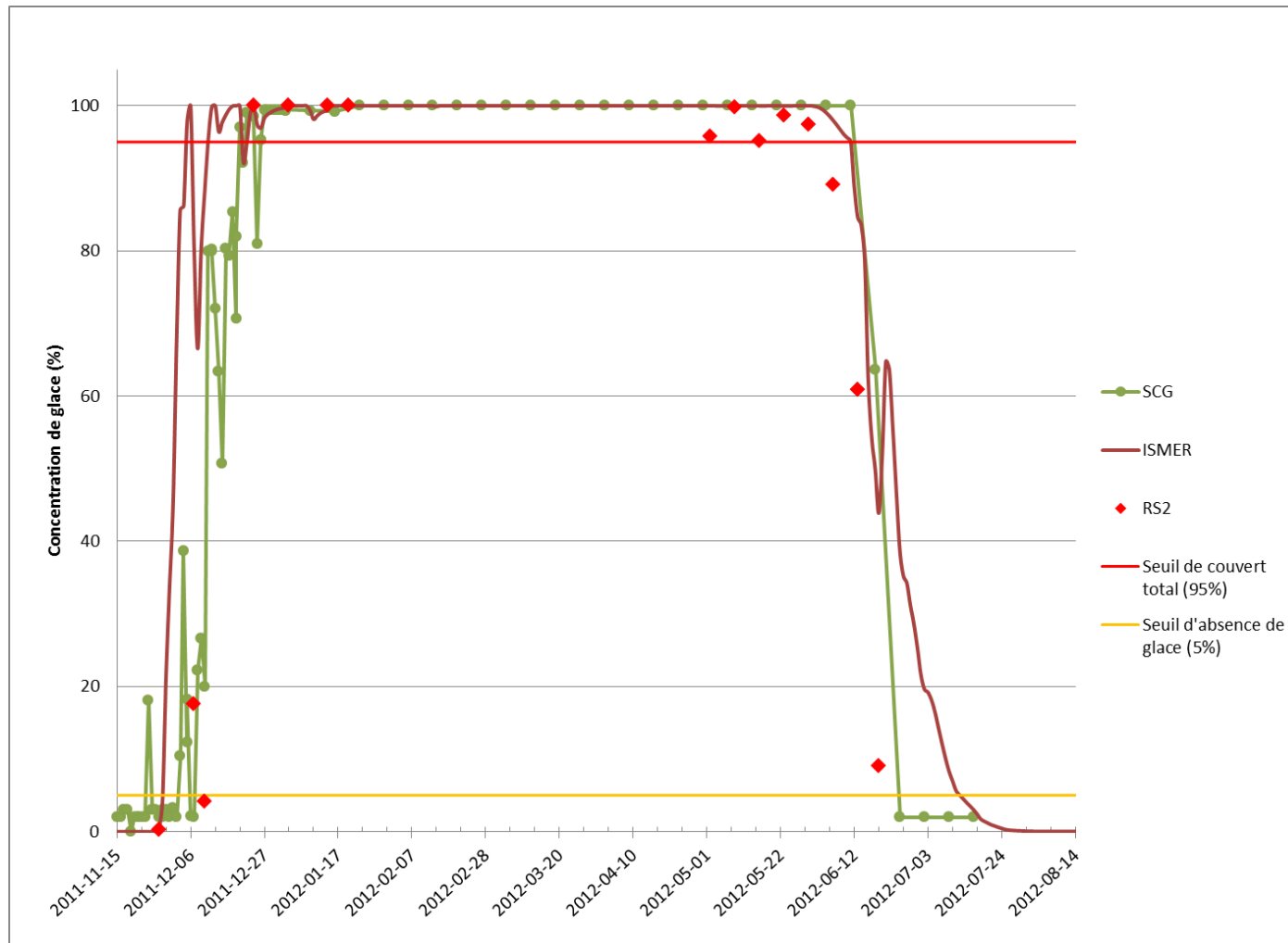


Figure 10 Concentrations de glace dans la baie Diana, régime des glaces 2011-2012, à partir de trois différentes sources (AMSR-E non-fonctionnel)

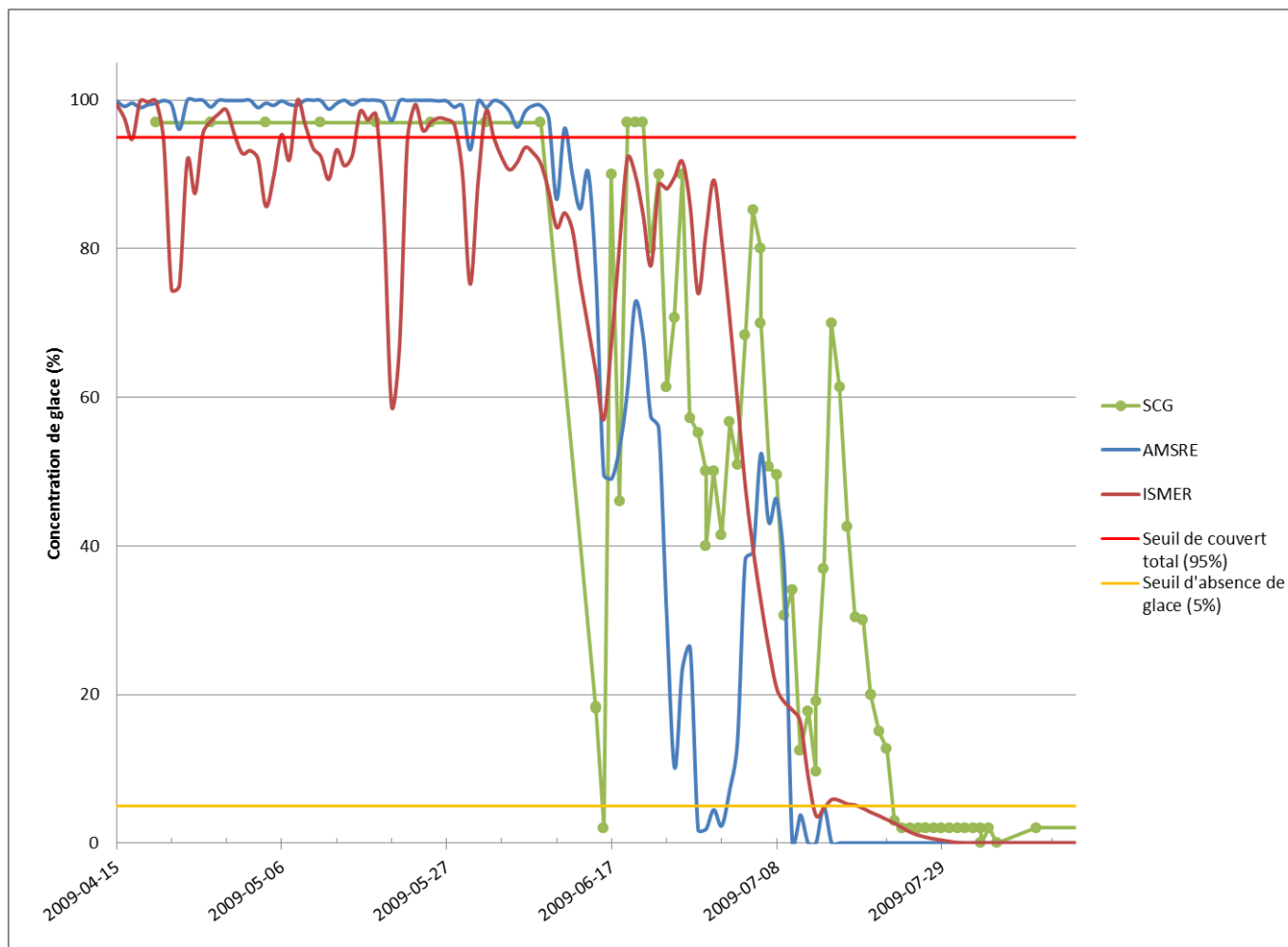


Figure 11 Concentrations de glace dans le détroit d'Hudson, printemps 2009, à partir de trois différentes sources (l'image RS-2 ne couvre pas le détroit d'Hudson).

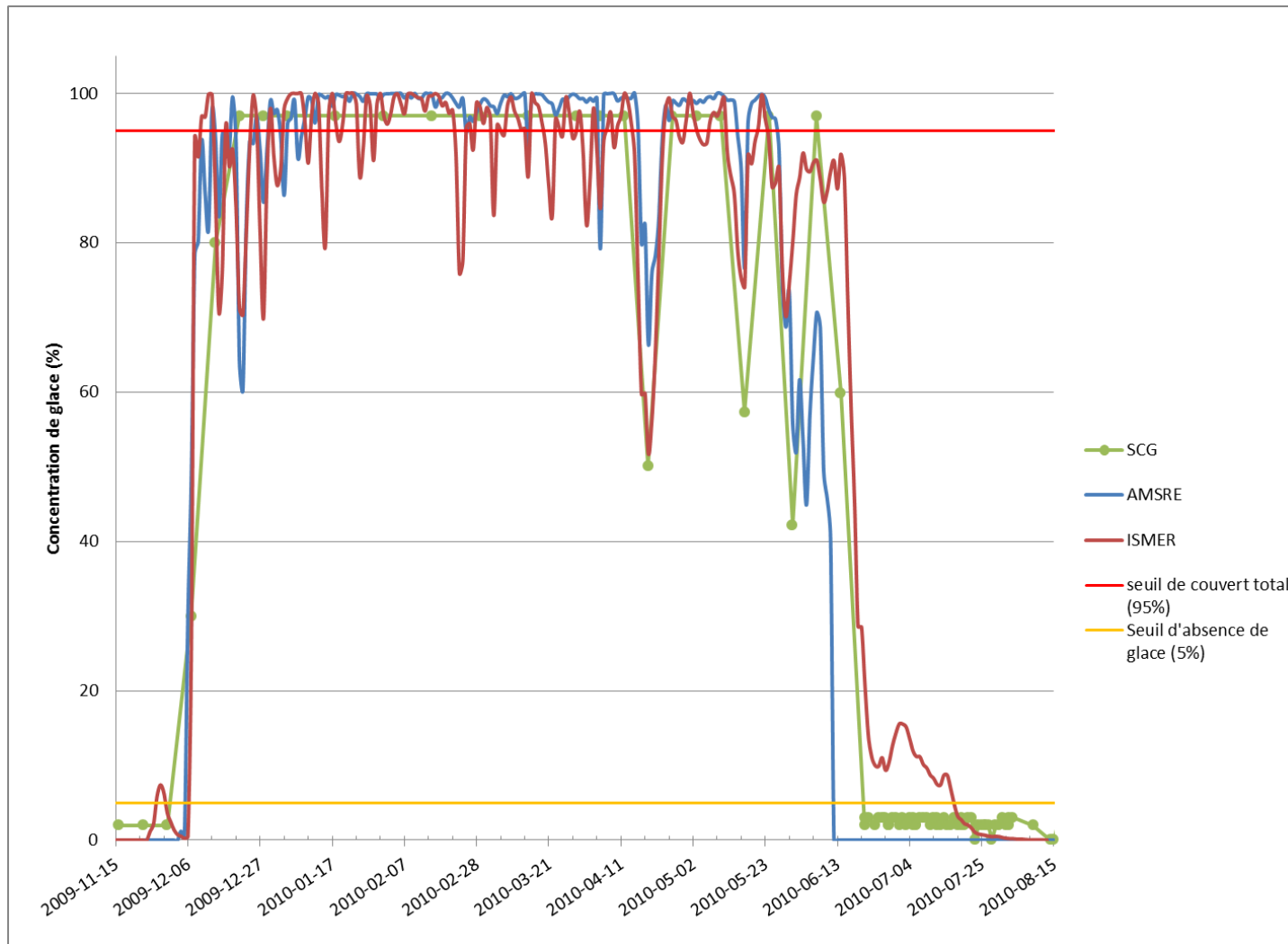


Figure 12 Concentrations de glace dans le détroit d'Hudson, régime des glaces 2009-2010, à partir de trois différentes sources.

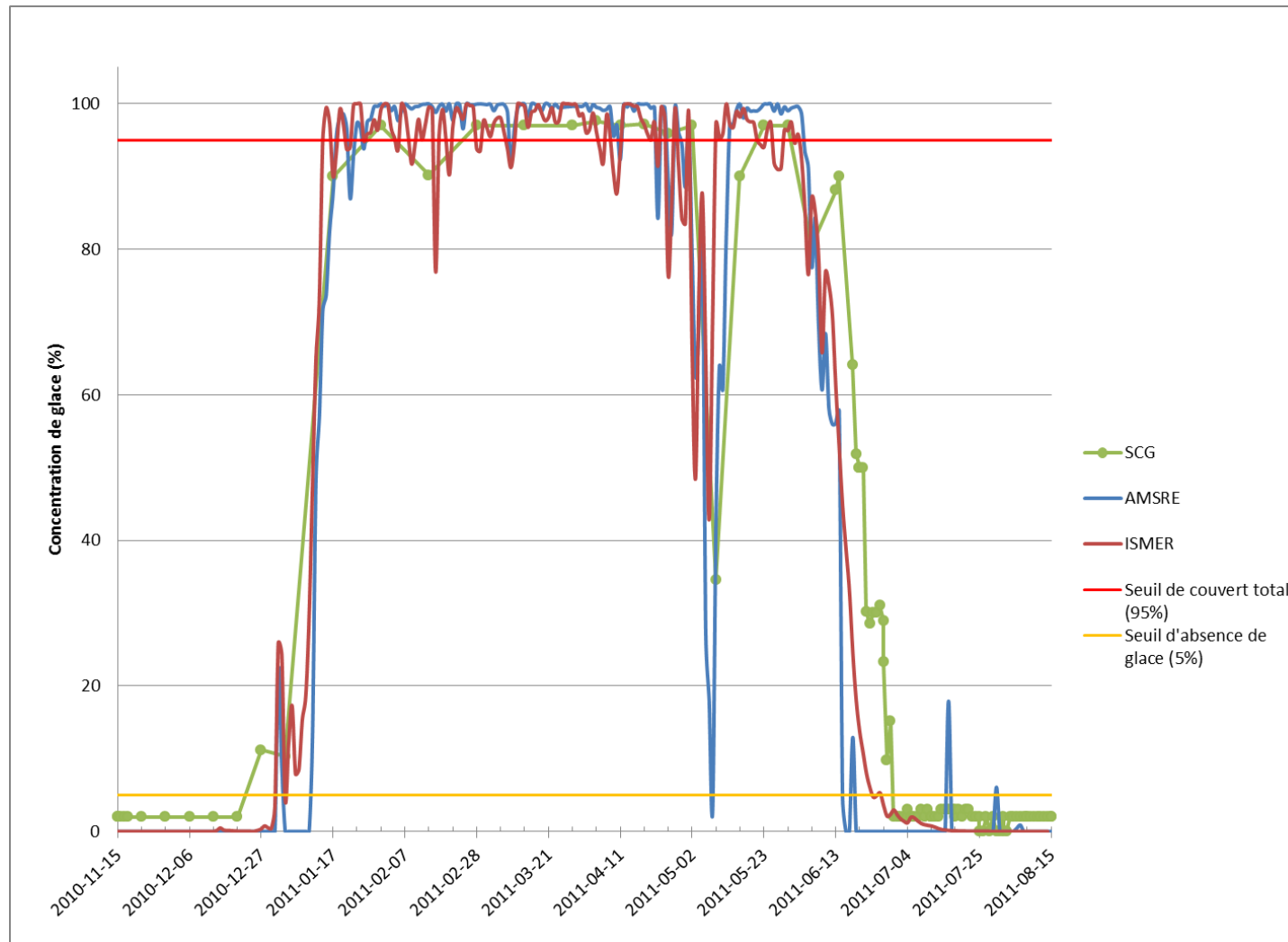


Figure 13 : Concentrations de glace dans le détroit d'Hudson, régime des glaces 2010-2011, à partir de trois différentes sources.



Figure 14 Concentrations de glace dans le détroit d'Hudson, régime des glaces 2011-2012, à partir de deux différentes sources (AMSR-E non-fonctionnel).

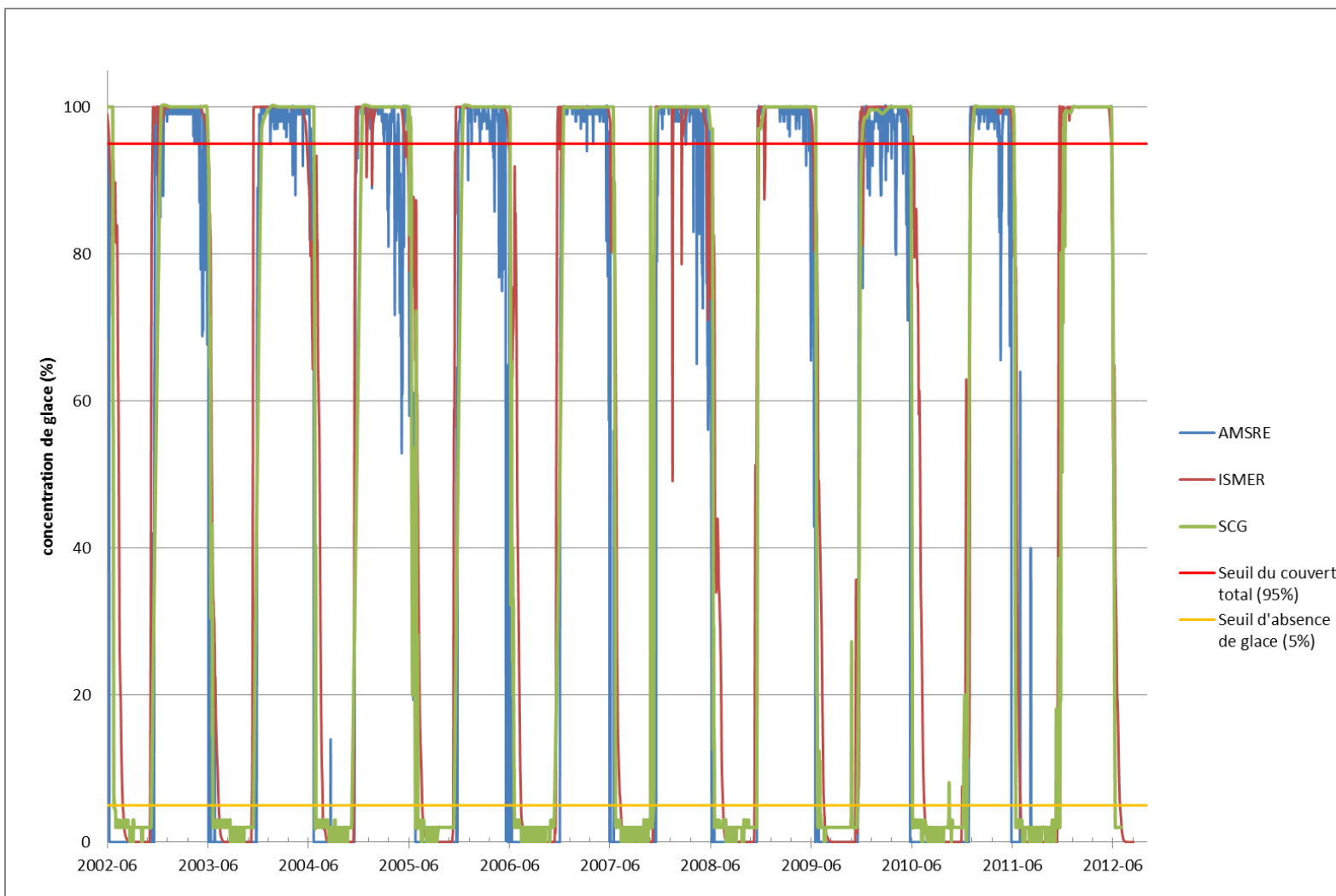


Figure 15 Concentrations de glace dans la baie Diana au cours des 10 dernières années à partir de trois différentes sources: période 2002-2012

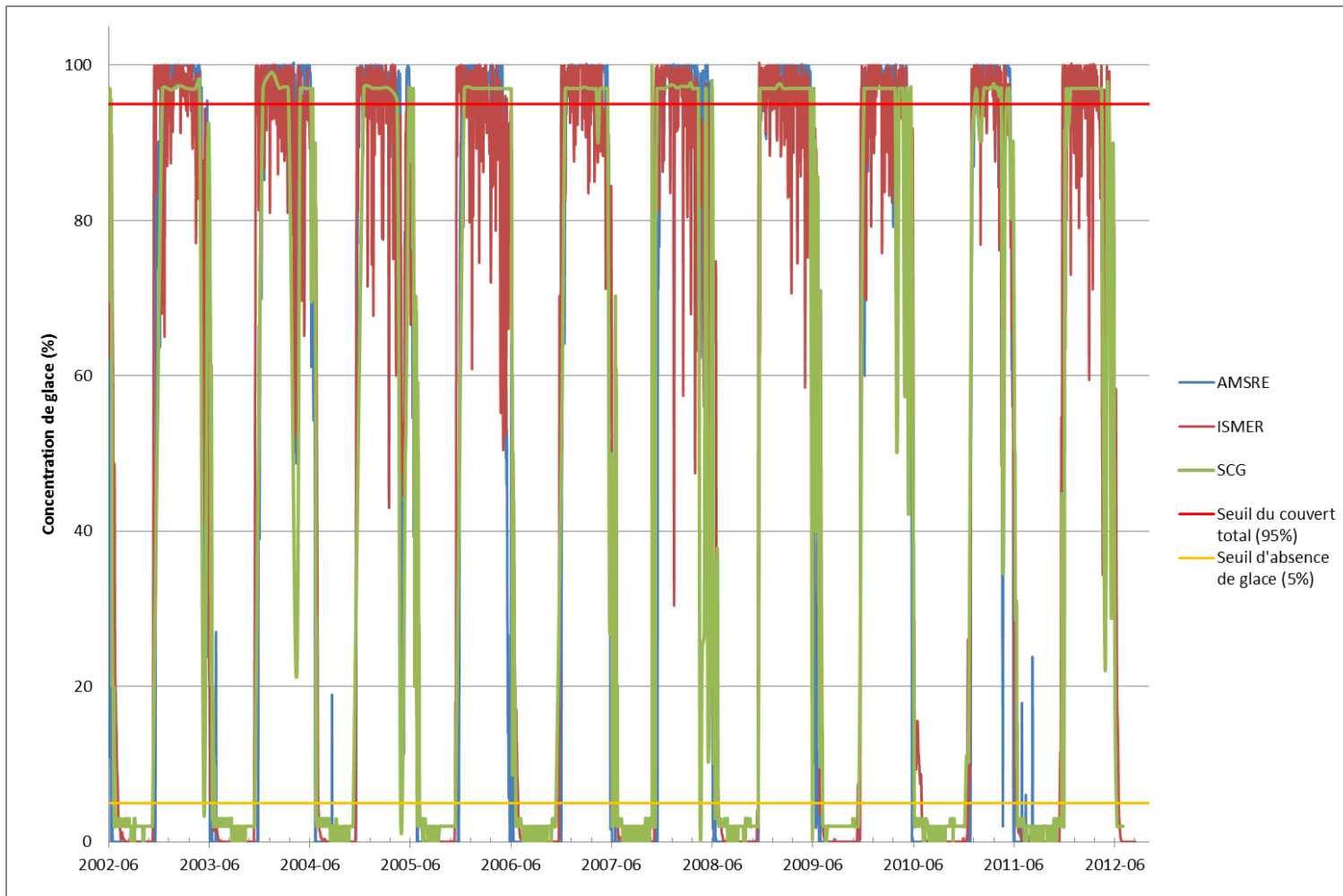


Figure 16 Concentrations de glace dans le détroit d'Hudson au cours des 10 dernières années à partir de trois différentes sources: période 2002-2012.

1.3 VULNÉRABILITÉ ET PROTECTION DES INFRASTRUCTURES MARITIMES DE QUAQTAQ.

1.3.1 Paramètres significatifs et conditions critiques

PARAMÈTRES IMPORTANTS :

TEMPÉRATURE DE L'AIR, VENTS N-NO ET O, NIVEAUX D'EAU ÉLEVÉS, VÉLOCITÉ DES COURANTS TIDiaux EN PÉRIODE DE VIVE-EAU ET VAGUES DÉFERLANTES.

De manière générale, les observations visuelles ont montré, qu'en période d'englacement, l'arrivée massive de glace exogène dans l'anse de la Mission avait un **pouvoir de protection** lorsque la diminution rapide de la température concordait avec un cycle de marée descendante. Dans ces conditions, les glaces en formation se fixent à l'infrastructure et au substrat intertidal. Par la suite, l'épaississement du couvert permettra éventuellement de former un cordon de glace autour du brise-lames. Si un redoux s'installe, les glaces fixées et échouées sur l'estran seront alors remises en mouvement et la fonte de la banquise côtière en formation devient inévitable, laissant ainsi le brise-lames en condition précaire.

Le **décrochement de la banquise** côtière suite à des vents continentaux forts en provenance de l'est et du sud, associés à un redoux, peut être un risque lorsque celui-ci coïncide avec les cycles de vive-eau (montant) et des vents de forte intensité en provenance du N-NO et de l'O (40 km/h et +). Les vents de l'O ou du O-NO semblent pénétrer directement dans l'anse de la Mission, alors que le vent dominant du NO, plus fréquent, pousse et achemine les vagues, la houle et de bonnes concentrations de glaces mobiles exogènes contre l'infrastructure et la rive. Dans ces conditions, les glaces brisées se réorientent de façon aléatoire le long de la côte. Des empilements de glace peuvent aussi survenir au-dessus de la limite supérieure des hautes mers du brise-lames et à la lisière de la banquise décrochée. La compression des glaces contre le littoral peut mener à l'édification de formations glacielles (empilement chaotique, crête de pression, rampe, bourrelet ou cordon glacial) pouvant potentiellement endommager les infrastructures maritimes en place.

Une fois les glaces épaissies, les contraintes induites par les marées de forte amplitude peuvent forcer le **basculement et le chevauchement des glaces** initialement ancrées à l'estran de l'anse de la Mission. En même temps, d'autres paramètres semblent

pouvoir encourager ces modifications d'ordre mécanique tel que le vent, le brassage océanique, la dérive de certains morceaux de glace ou les courants littoraux. Le cumul de ces conditions peut mener à l'édification de formations glacielles particulières : crête de pression, apparition de fissures et d'eau libre.

Durant l'englacement, ces conditions de décrochement et de mobilité des glaces, lorsque combinés avec des vents forts et des marées de vive-eau, présentent **un risque non négligeable** pour l'érosion de la côte et des infrastructures maritimes (Figure 21).

- Plus les glaces seront en mouvement longtemps, plus le risque sera accru.
- Plus la concentration et la diversité des types de glace est grande, plus les mouvements seront réduits, diminuant dans le même temps les risques d'érosion.
- Finalement le risque associé à ces glaces mobiles est fonction de leur concentration (donc de leur mobilité) et de la durée de leur dérive.

C'est habituellement en **période de fonte** que les infrastructures maritimes de Quaqtatq sont le plus **vulnérables aux impacts de glace**. Une dégradation dynamique soudaine en raison du vent, de niveaux d'eau élevés, de courants forts, ou de la piètre qualité des glaces, associée à la configuration de la côte, peut causer des empilements contre les structures et les grandes plaques de glace. La genèse de vagues et de houle permet le charriage des débris provenant du large. Des crêtes de pression, des zones de chevauchement, et des trous de fonte peuvent apparaître dans le couvert de glace.

La pluie et les températures de l'air élevées fragilisent le couvert de manière à réduire sa résistance, à initier son morcellement et la mise en mouvement des glaces. Accompagnés de vents forts en provenance du NO en période de vive-eau sur le montant, les débris de glace pourraient entrer en **collision et endommager le brise-lames**. Une fois la ceinture protectrice dégradée, l'infrastructure peut être impactée par les résidus de la fonte et les glaces exogènes transportées par les courants tidaux.

1.3.2 Exemples d'événements critiques survenus entre 2009 et 2012 à Quaqtq.

- **PRINTEMPS 2009** : les images RADARSAT-2 de la débâcle 2009 et notamment celle du 5 juillet (Figure 17) illustrent bien la vulnérabilité des infrastructures maritimes de Quaqtq face aux glaçons et aux floes à la dérive. Si ces conditions étaient jumelées à des vents forts du NO et des hauts niveaux d'eau, la position des brise-lames serait très précaire. Les caméras n'étant pas encore installées, il n'y a pas de photos disponibles pour illustrer ce risque.

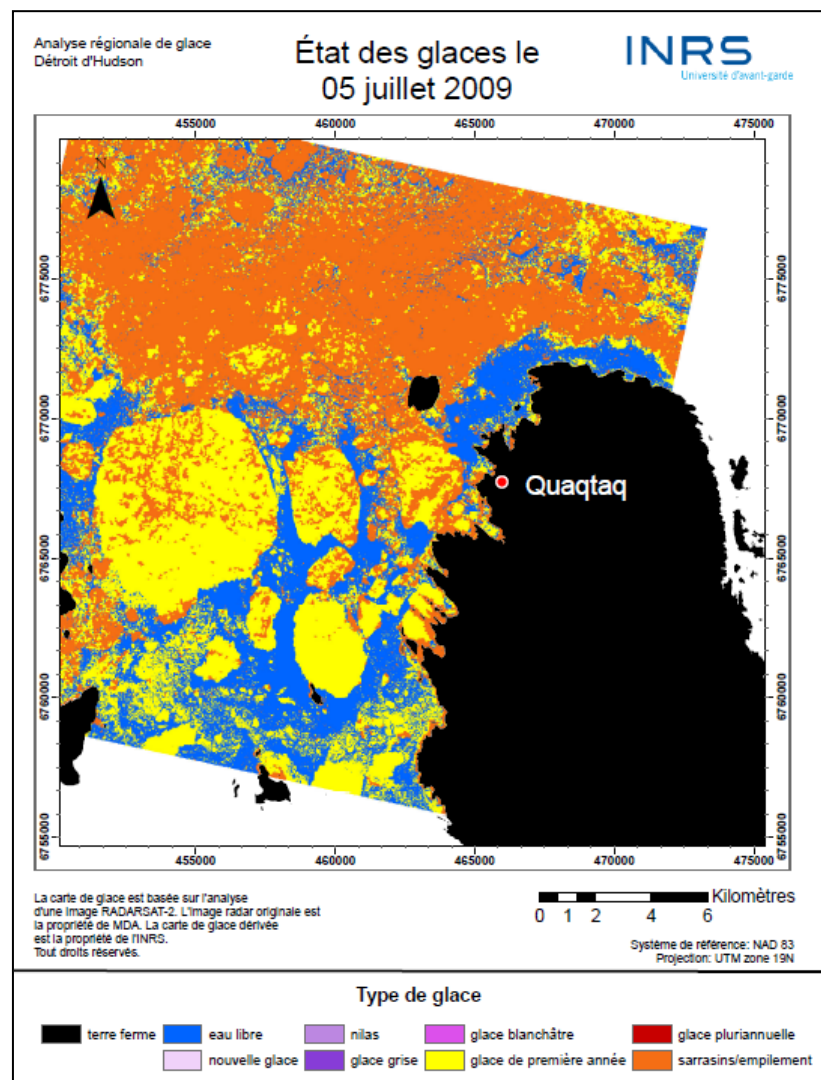


Figure 17 Carte des glaces lors de la fonte printanière 2009 dans la région de la Baie Diana, issue d'une image RADARSAT -2 en mode fin du 5 juillet 2009.

- FIGURE 19 et Figure 20) : suivant la pleine lune du 16 décembre, les vents forts du 14 et 15 ($\approx 35\text{-}50\text{ km/h}$ SO), ceux du 17 ($\approx 35\text{-}60\text{ km/h}$ NW à NE) et le redoux (système dépressionnaire) accompagnés de bruine, brouillard, neige saturée et verglas, on observe un décrochement des glaces en voie de fixation depuis le 07 décembre. La banquise en formation a été complètement évacuée de l'anse de la Mission vers le détroit d'Hudson. L'évènement semble s'être produit entre le 18 décembre à 12:00 et le 20 décembre à 10:00. Les caméras n'ont pu capter l'heure exacte en raison de la buée et de la neige. Environ 50 % de la banquise formée dans la baie Diana s'est décrochée et a été évacuée vers le détroit alors qu'un morceau est resté dans l'anse de la mission, d'abord mobile avant d'être lui aussi évacué. Suite à ce décrochement, les infrastructures maritimes se sont retrouvées très vulnérables aux chocs avec les morceaux de glace à la dérive. Le temps que la banquise côtière se reforme, les brise-lames ont également été vulnérables aux morceaux de glace en mouvement (Figure 21).



Figure 18 Photo Harbortronics des infrastructures de Quaqtq prise juste après le décrochement de la banquise côtière du 20/12/2009. La buée sur la caméra ne permet pas d'établir l'heure exacte de l'évènement.

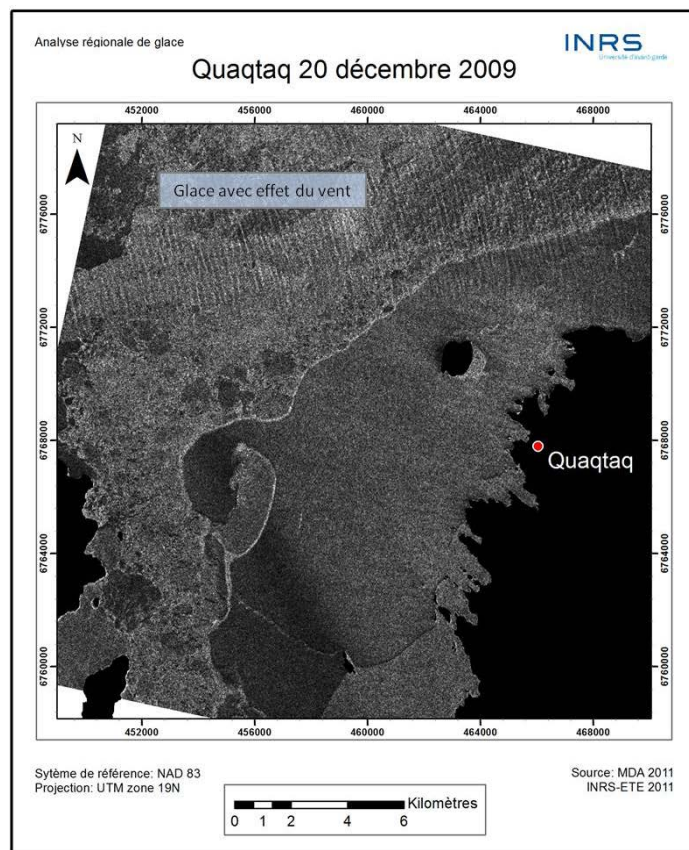


Figure 19 Image RADARSAT-2 du 20 décembre 2009 représentant le décrochement de la banquise côtière. Une très grande partie de la banquise entre l'île Diana et Quaqtaq est déjà en train de se perdre dans le détroit d'Hudson.

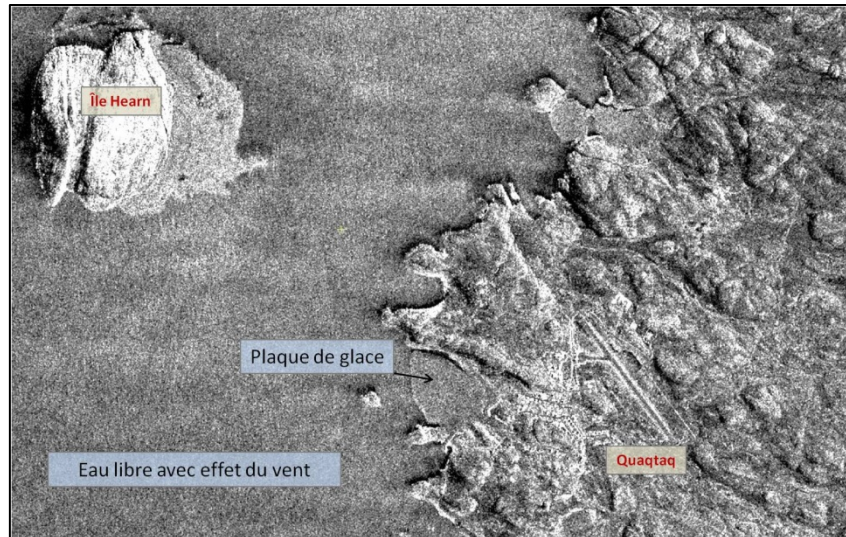


Figure 20 Plan rapproché sur la communauté de Quaqtaq à partir de l'image RADARSAT-2 du 20 décembre 2009. On y voit clairement qu'une plaque de glace (probablement mobile) occupe encore l'anse de la Mission alors que la banquise côtière s'est détachée du reste de la baie Diana.



Figure 21 Photo Reconyx du 03/01/2010, illustrant le haut niveau d'eau atteint (prédiction de 9,69 m) et montrant la grande mobilité des morceaux de glace dans l'anse de la Mission suivant une période de vive-eau (pleine lune du 31 décembre).

1. **JANVIER 2011** : Entre le 31 décembre 2010 et le 1^{er} janvier 2011, des radeaux de glace en provenance du large arrivent et s'agglutinent rapidement contre les infrastructures maritimes qui ne sont pas protégées (Figure 22). Ces glaces seront par la suite évacuées rapidement par un système dépressionnaire et ce n'est qu'entre le 10 et le 15 janvier que la banquise côtière viendra s'établir durablement pour le reste de l'hiver.



Figure 22 Arrivée de radeaux de glace exogènes dans l'anse de la Mission(Quaqtaq) du 31/12/2010 au 01/01/2011

2. **JUILLET 2011** (Figure 23 et Figure 24): suite à la dégradation de la glace aux abords de l'infrastructure, on observe le retour de gros blocs de glace à proximité des infrastructures maritimes. Ces blocs échouent sur l'estran à marée basse mais sont à la dérive quand la marée monte. Le 6 juillet, un des morceaux se retrouve appuyé sur le nouveau brise-lames, où il finira de fondre. Avec des vents en provenance du NO et des hauts niveaux d'eau, l'impact sur les brise-lames aurait pu être important.



Figure 23 Gros blocs de glace en mouvement au fil des marées, à proximité des infrastructures maritimes de Quaqtaq les 01 et le 02 juillet 2011.



Figure 24 Blocs de glace en mouvement au fil des marées, à proximité de la nouvelle infrastructure maritime de Quaqtaq entre le 04 et le 06 juillet 2011.

3. **19, 20 ET 21 JUIN 2012** (Figure 25): alors que le brise-lames n'a presque plus aucune protection de glace, des grandes plaques de glace en provenance du détroit d'Hudson et poussées par un vent du nord viennent s'accumuler dans l'anse de la Mission et contre l'infrastructure maritime. Combiné à une marée haute et des vents forts, certains blocs auraient pu être transportés sur la structure.



Figure 25 Mouvements de plaques de glace à proximité des infrastructures maritimes de Quaqtaq entre les 19 et 21 juin 2012 (de gauche à droite et de haut en bas, dates et heures d'acquisition des photos: 19/06/2012 13 :00, 20/06/2012 9 :00, 20/06/2012 18 :00, 21/06/2012 14 :00).

1.3.3 Conclusion sur la vulnérabilité des infrastructures de Quaqtaq

De manière générale, pour la région de la baie Diana et la communauté de Quaqtaq, les infrastructures maritimes sont beaucoup moins exposées durant l'englacement que la fonte, sauf s'il y a des phénomènes extrêmes comme le décrochement de la banquise du 20 décembre 2009 ou lorsque des glaces mobiles sont combinées à des hauts niveaux d'eau et des vents forts.

C'est donc au printemps, lorsque les glaçons et les floes dérivent au large des infrastructures que celles-ci sont les plus vulnérables. Au début de la fonte, le cordon de glace fixé sur le brise-lames assure une certaine protection même si la banquise côtière a disparu (Figure 26). Mais vers la fin de la période de fonte, ce cordon n'est plus présent et pourtant des blocs ou des plaques de glace peuvent encore se rapprocher des structures (Figure 23, Figure 24, Figure 25).



Figure 26 Cordon de glace protégeant encore l'ensemble du brise-lames de l'ancienne infrastructure (Quaqtaq, 16 juin 2010).

La zone située entre l'île Hearn et la côte est une zone d'intérêt à cause de la proximité avec la lisière de la banquise côtière. Tel observé au printemps 2009, l'anse de la Mission peut être exposée même si la baie Diana présente encore une banquise côtière fixe (Figure 27).

Enfin, à titre informatif, au printemps 2010, à cause de températures relativement fraîches (-3°C à 2°C), la dégradation thermique du couvert de glace a laissé place à un bris plus mécanique, conséquence de hauts niveaux d'eau. À l'inverse, durant l'automne de la même année, des vents forts de l'ouest, associés à un temps plutôt doux ont forcé la mise en place tardive, mais néanmoins très rapide du couvert de glace. Les infrastructures maritimes ont donc été exposées beaucoup plus longtemps à l'automne 2010 aux intempéries et aux hauts niveaux, caractéristiques de cette période de l'année.

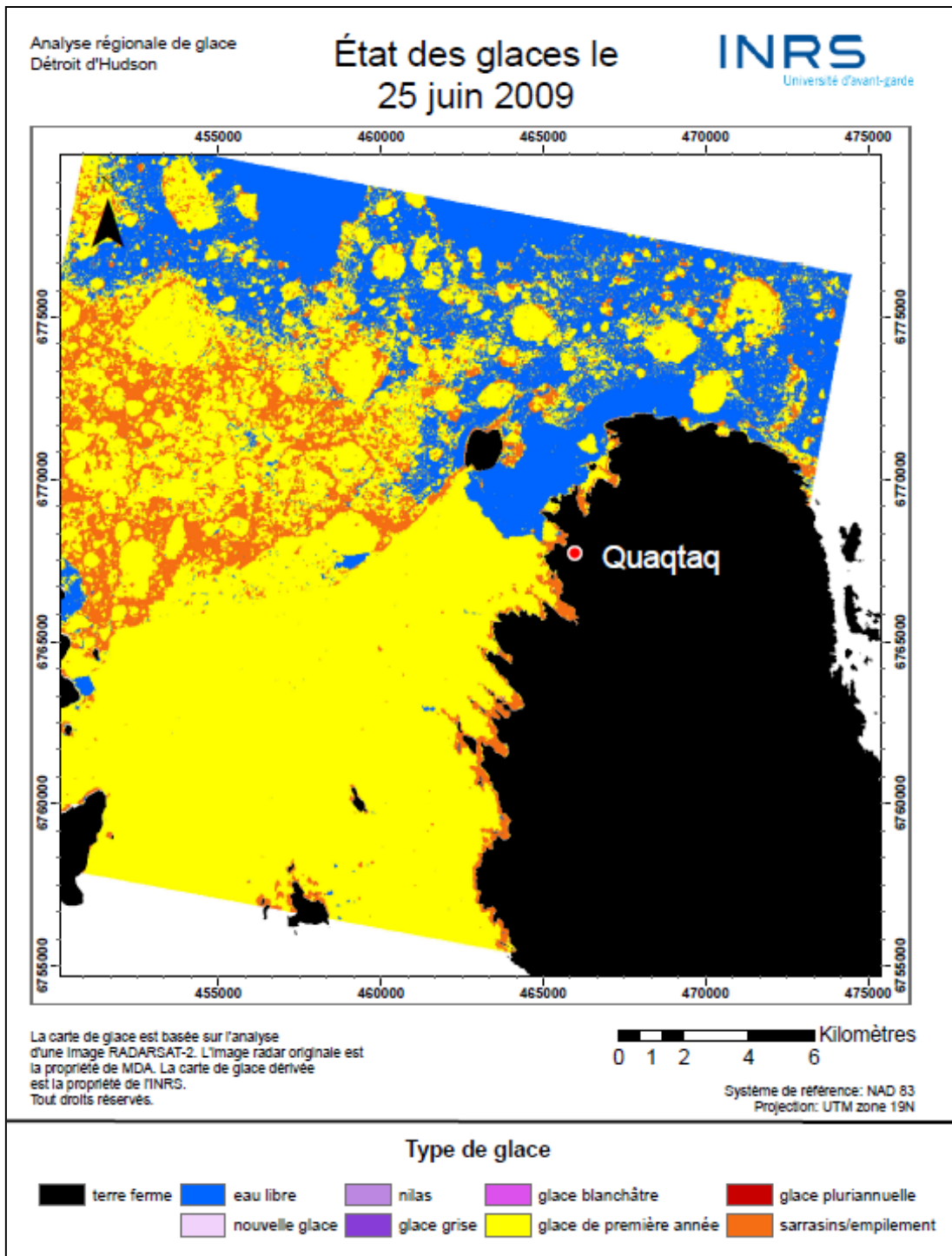


Figure 27 Carte de glace du 25 juin 2009. La banquise côtière est encore fixe dans la baie Diana alors qu'on observe de l'eau libre entre l'île Hearn et l'anse de la Mission.

2 UMIUJAQ

2.1 DESCRIPTION DU RÉGIME DES GLACES À PROXIMITÉ DE LA COMMUNAUTÉ D'UMIUJAQ ET DES ÎLES NASTAPOKA, TEL QU'OBSERVÉ ENTRE 2009 ET 2012.

La communauté d'Umiujaq est localisée sur la côte est de la Baie d'Hudson. La Figure 28 montre la localisation des principaux lieux utilisés pour décrire les processus d'englacement et de fonte à proximité de cette communauté.

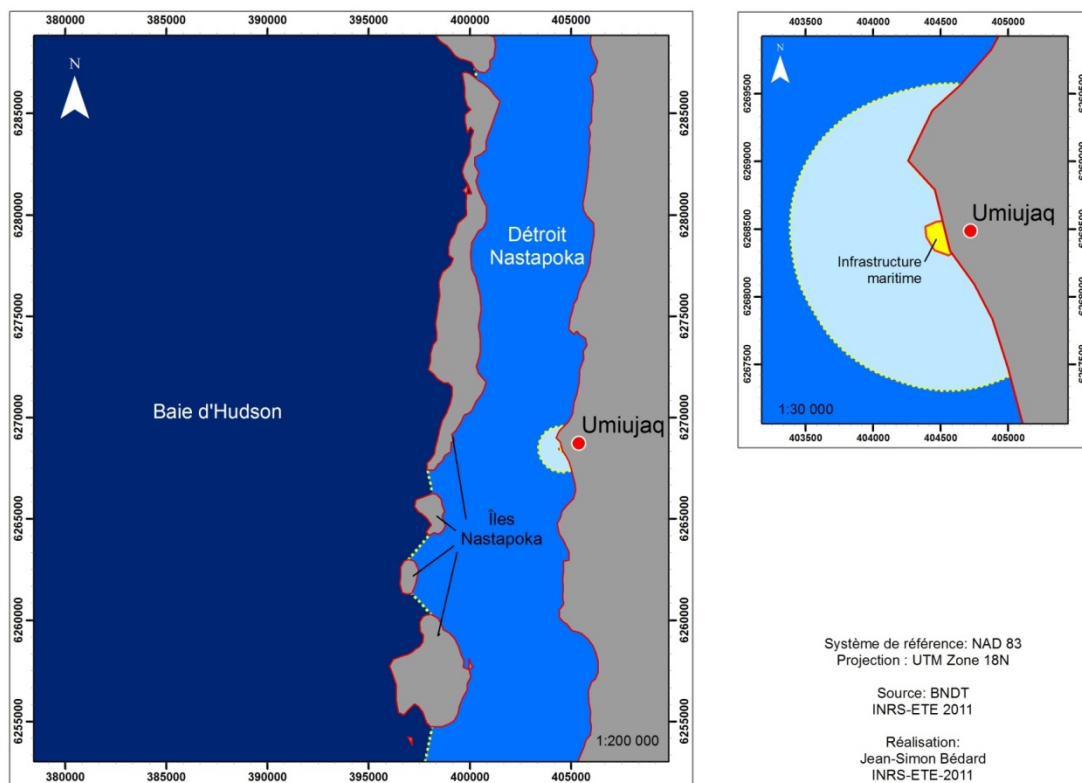


Figure 28 Cartes de localisation des principaux lieux utilisés pour décrire les processus d'englacement et de fonte à proximité de la communauté d'Umiujaq (le bleu clair représente la zone d'intérêt aux abords d'Umiujaq, le bleu moyen, la section généralement occupée par la banquise côtière entre le détroit Nastapoka et le bleu foncé, la zone de glaces mobiles aux larges des îles).

En conditions idéales de refroidissement, l'englacement de la baie d'Hudson vis-à-vis Umiujaq suit généralement les trois étapes suivantes :

1. Apparition de nouvelle glace (sorbet) le long de la côte, poussée par les vagues et les vents en provenance de la baie d'Hudson (Figure 29).
2. Formation de plaques de nilas qui viennent se souder aux radeaux de sorbet et constituent, petit à petit, s'ils ne sont pas décrochés par les vents, les vagues ou les hautes marées, une banquise côtière dans le détroit Nastapoka. Celle-ci commence à se fixer le long de la côte et des îles avant de se souder et se consolider dans le détroit au complet. De la glace exogène en provenance de l'ouest des îles Nastapoka peut également contribuer à la formation de la banquise.
3. À l'Ouest des îles Nastapoka, la banquise constitue une langue de glace qui peut s'étendre entre plusieurs dizaines de mètre et quelques kilomètres au large. Ce secteur reste instable tout au long de l'hiver et la glace y est fixe que pendant peu de temps. (Figure 30). On observe de grandes plaques à la dérive pendant tout l'hiver.

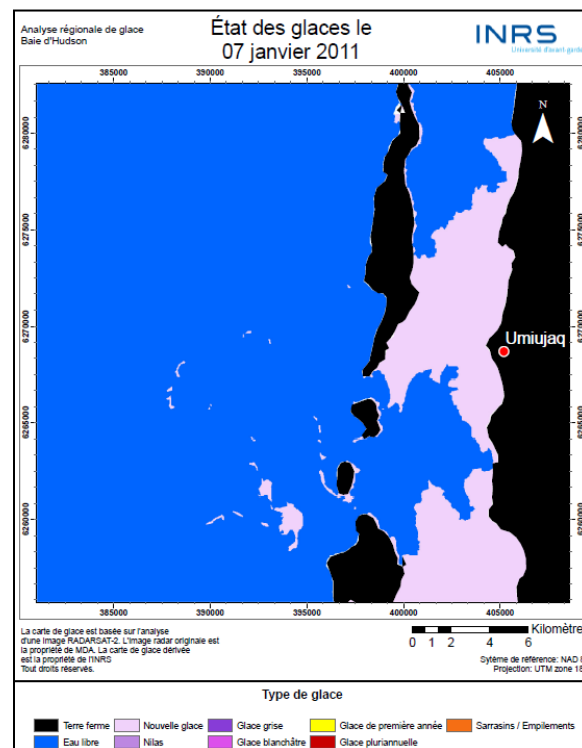


Figure 29 Carte du 7 janvier 2011, formation de nouvelle glace (sorbet) en face du village d'Umiujaq entre les îles Nastapoka et la côte.

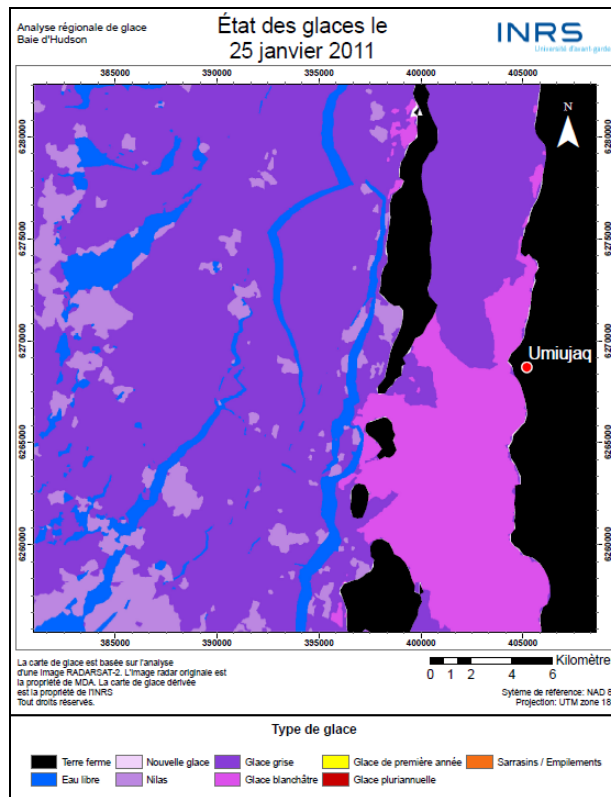


Figure 30 Carte du 25 janvier 2011, banquise côtière fixe dans le détroit et à l'ouest des îles Nastapoka, alors que de grandes fissures et des plaques en mouvement coexistent plus au large.

Comme pour l'englacement, le processus de fonte diffère selon qu'on se situe à l'ouest ou à l'est des îles Nastapoka. On y observe habituellement les quatre grandes étapes suivantes :

1. À l'ouest des îles Nastapoka, le champ de glace se dégrade tranquillement en même temps qu'il part au large et revient s'appuyer contre les îles au fil des marées et des vents (Figure 31).
2. Simultanément, la banquise côtière du détroit Nastapoka se désagrège : les premiers trous de fonte apparaissent le long de la côte et des îles, en face des pointes et à l'embouchure des rivières comme la rivière Sheldrake au nord du village (Figure 31). Puis la banquise se brise en morceaux de différentes tailles (du mètre au kilomètre) avant d'être évacuée par le nord du détroit.

3. On peut observer de la reformation de sorbet (nouvelle glace) pendant le processus de fonte (Figure 32).
4. Enfin, pendant plusieurs semaines des glaçons et des morceaux de glace, de toutes tailles et en provenance de l'ouest des îles ou du goulet du lac Guillaume Delisle, peuvent dériver dans le détroit Nastapoka (Figure 33). Certains s'échouent parfois sur les plages.

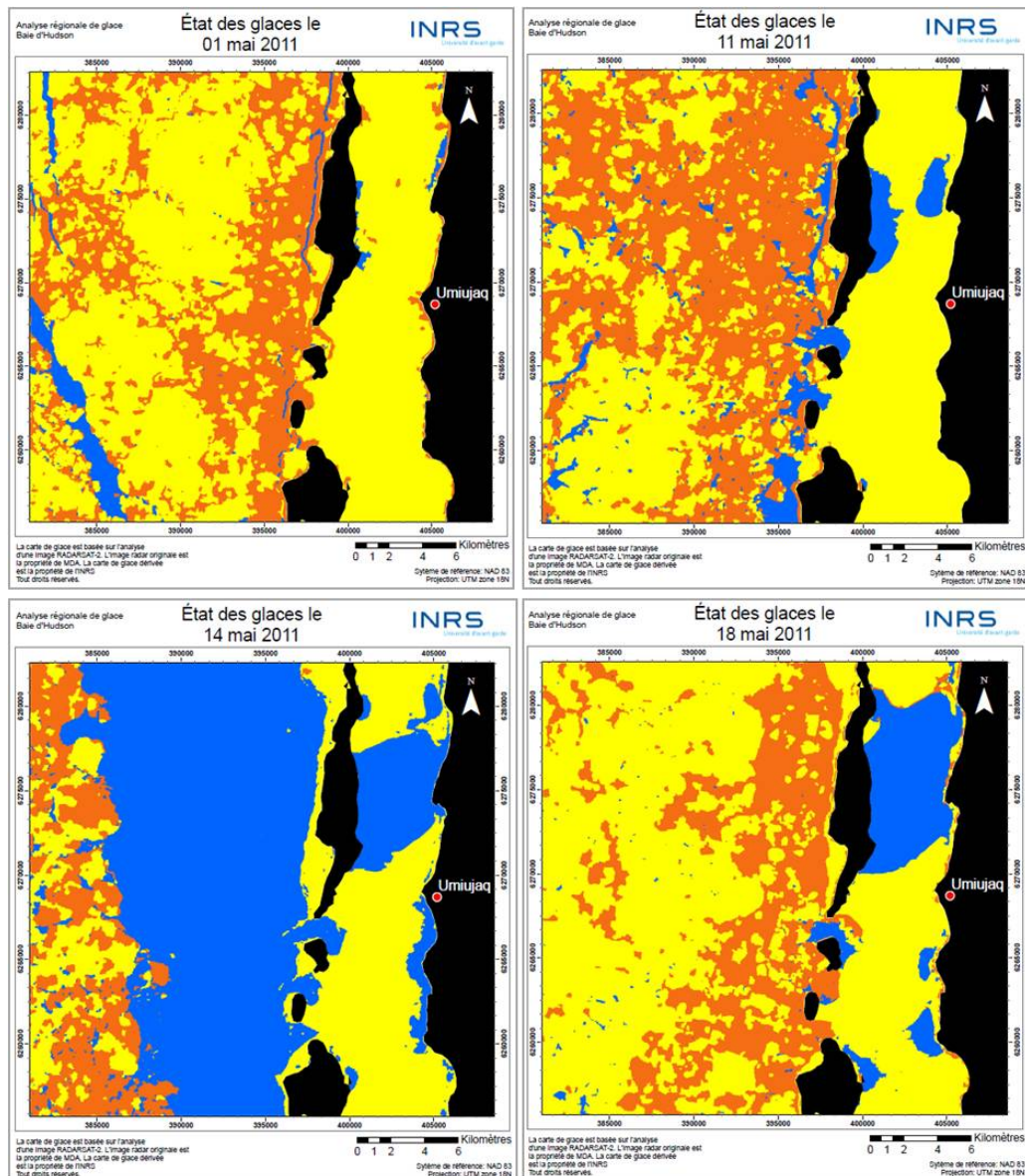


Figure 31 Évolution de la fonte printanière dans le détroit et les îles Nastapoka (la glace de 1ère année est en jaune, la glace plus épaisse en orange, l'eau en bleu). Images RADARSAT-2 acquises en mode fin entre le 01 et le 18 mai 2011.

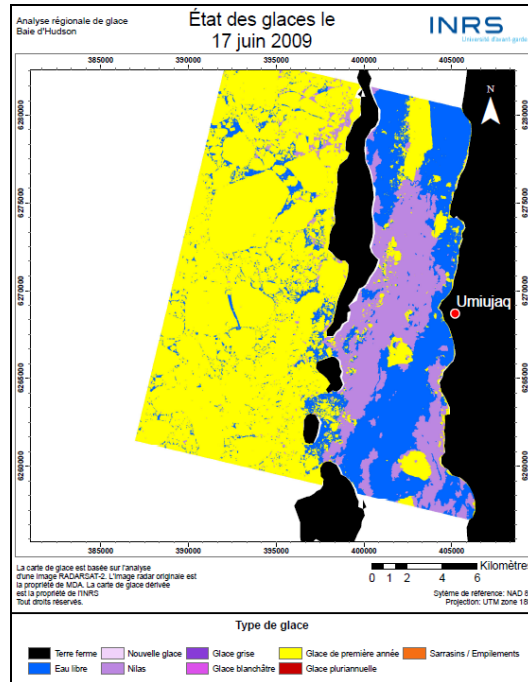


Figure 32 Carte issue d'une image RADARSAT-2 du 17 juin 2009 en mode ultrafin montrant la formation de nouvelle glace (en rose) pendant la fonte printanière.

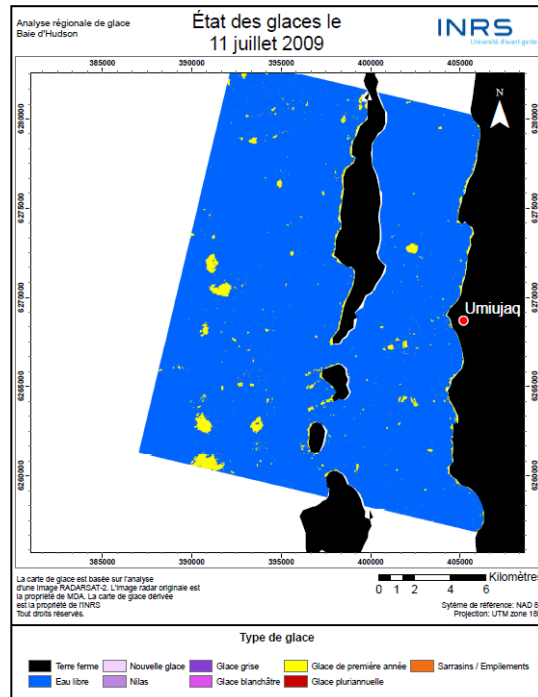


Figure 33 Floes et glaçons à la dérive dans le détroit Nastapoka identifiés sur une image RADARSAT-2 en mode fin du 11 juillet 2009.

2.2 INDICATEURS DE CONCENTRATION DES GLACES À L'ÉCHELLE RÉGIONALE

Deux mailles adjacentes de 10 x 10 km situées juste à l'ouest des îles Nastapoka ont été utilisées pour extraire des statistiques moyennes de concentration de la glace à partir des cartes SCG et AMSR-E, et des simulations du modèle ISMER (Figure 34). Au regard des connaissances locales et des régimes glaciels observés depuis 2009, ces mailles sont considérées comme représentatives du comportement des glaces de la section de la baie d'Hudson située à proximité d'Umiujaq.

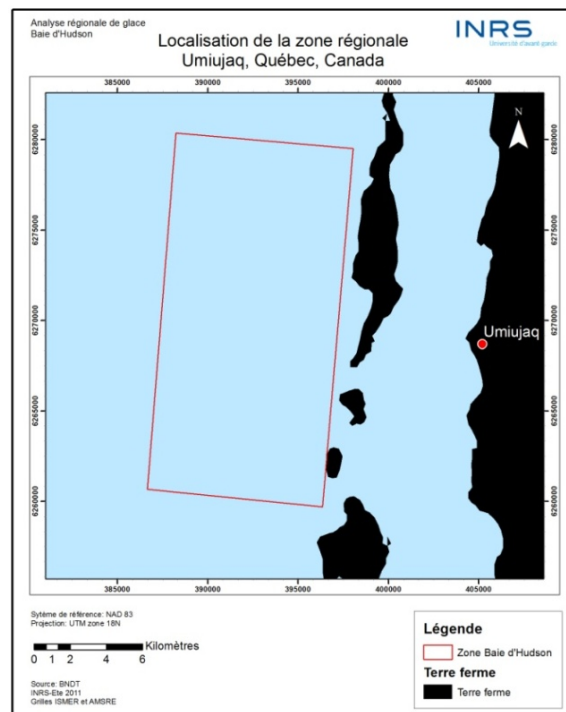


Figure 34 Localisation des mailles utilisées (2 mailles de 10 x 10 km) pour extraire les concentrations de glace représentatives du régime à l'ouest des îles Nastapoka (baie d'Hudson)

En outre, une zone d'influence d'un rayon de 5 km autour de l'infrastructure a été créée afin d'extraire les concentrations de glace sur les cartes RADARSAT-2, à proximité de la communauté d'Umiujaq. Cette zone a ensuite été délimitée en fonction des contraintes spatiales qui influencent le régime des glaces (Figure 35).

C'est pourquoi elle s'arrête aux îles Nastapoka, puisqu'obtenir des statistiques avec une zone à cheval sur les îles ne serait pas représentatif des conditions locales.

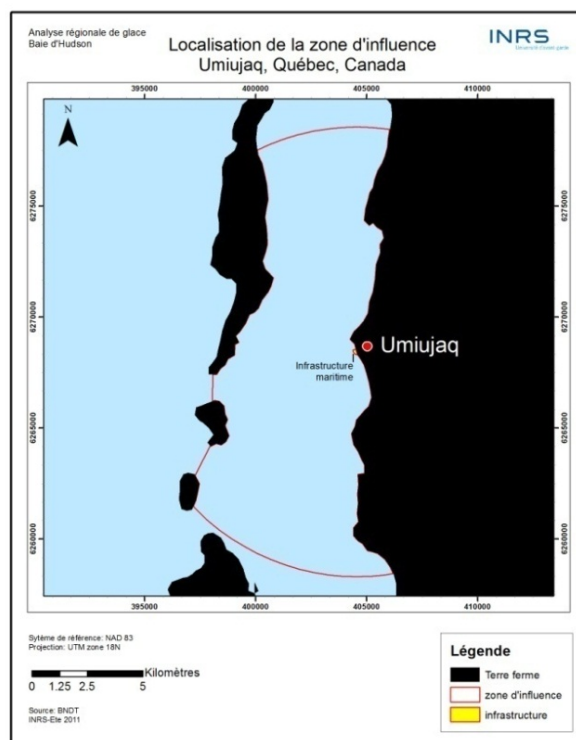


Figure 35 Localisation de la zone d'influence d'Umiujaq, délimitée au nord et au sud par un rayon de 5 km et à l'ouest par les îles Nastapoka

On peut ainsi comparer les concentrations de glace selon les différentes sources régionales et supra locales sur les Figure 36, Figure 37 et Figure 38. De plus, il est à noter que la simulation du modèle de l'ISMER ne tenant pas compte de la présence des îles Nastapoka, il est normal que les simulations présentées divergent un peu des données observées. En effet, dans la réalité, les mailles sont adjacentes à la barrière d'îles, où la glace vient se bloquer. Dans la simulation, les glaces seraient poussées jusqu'à la côte.

On peut également comparer les concentrations de glace calculées pour les cartes AMSR-E, SCG et le modèle de l'ISMER sur toute la période 2002-2012 sur les deux mailles choisies de la baie d'Hudson (Figure 40).

Noter que généralement, comme c'est le cas pour les graphiques présentés ici, on utilise une marge d'erreur d'au moins 5% lorsqu'on extrait des valeurs de concentration de glace. À cause de la présence de bruit dans les images et les cartes, liée aux imprécisions des algorithmes utilisés pour faire ces dernières.

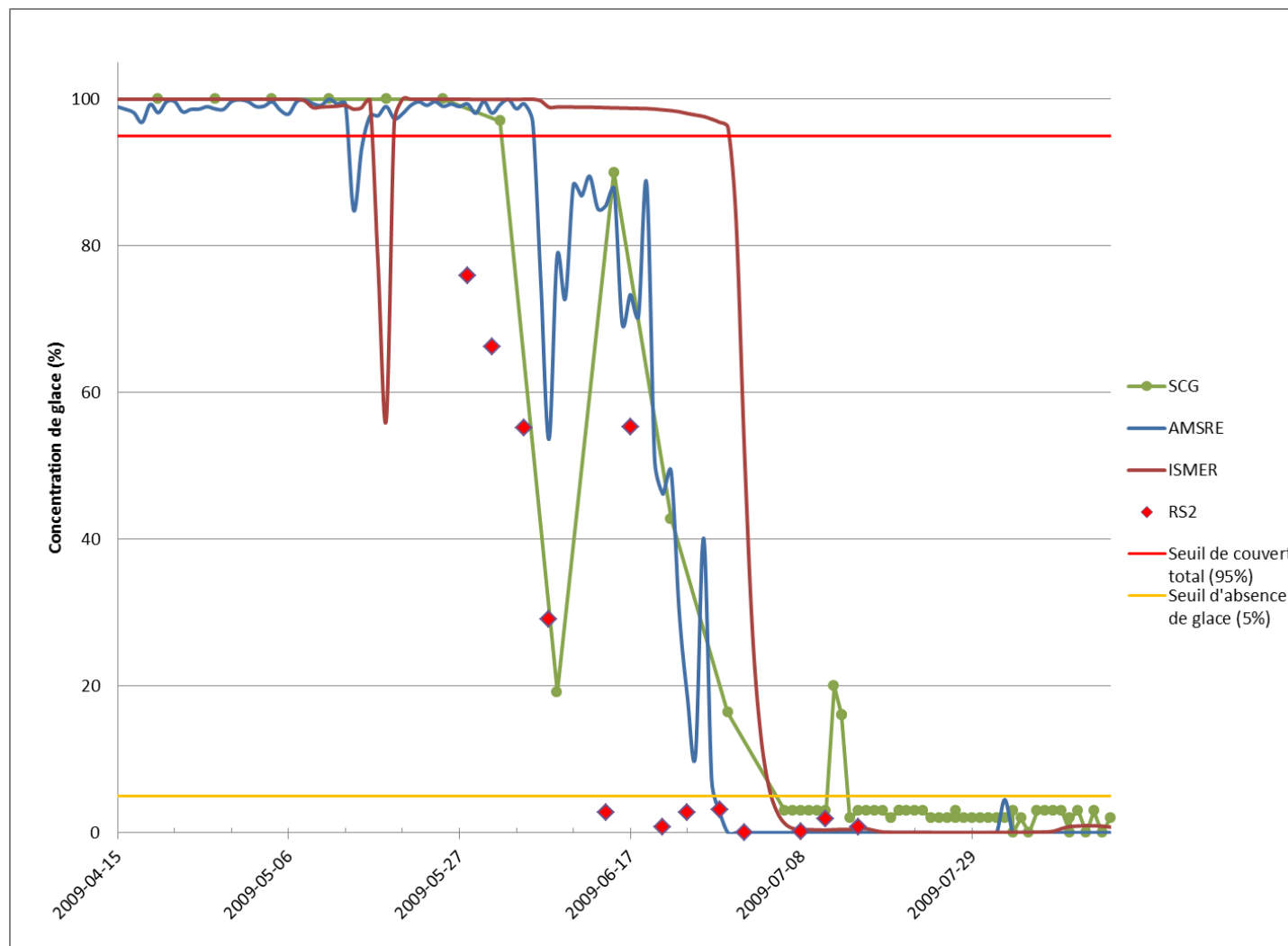


Figure 36 Concentrations de glace sur deux mailles de 10 km dans la baie d'Hudson (ouest des îles Nastapoka), printemps 2009.

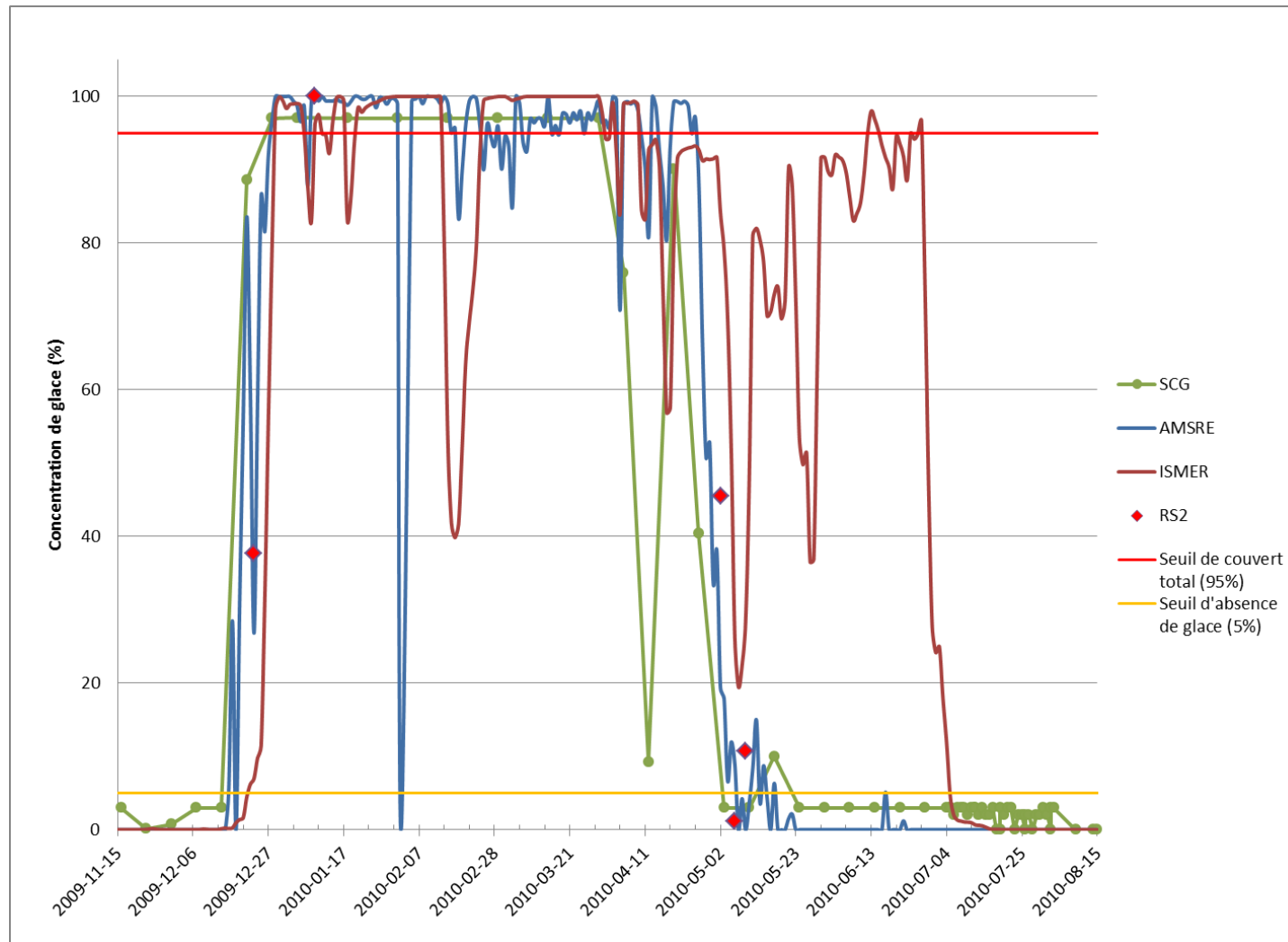


Figure 37 Concentrations de glace sur deux mailles de 10 km dans la baie d'Hudson (ouest des îles Nastapoka), 2009-2010

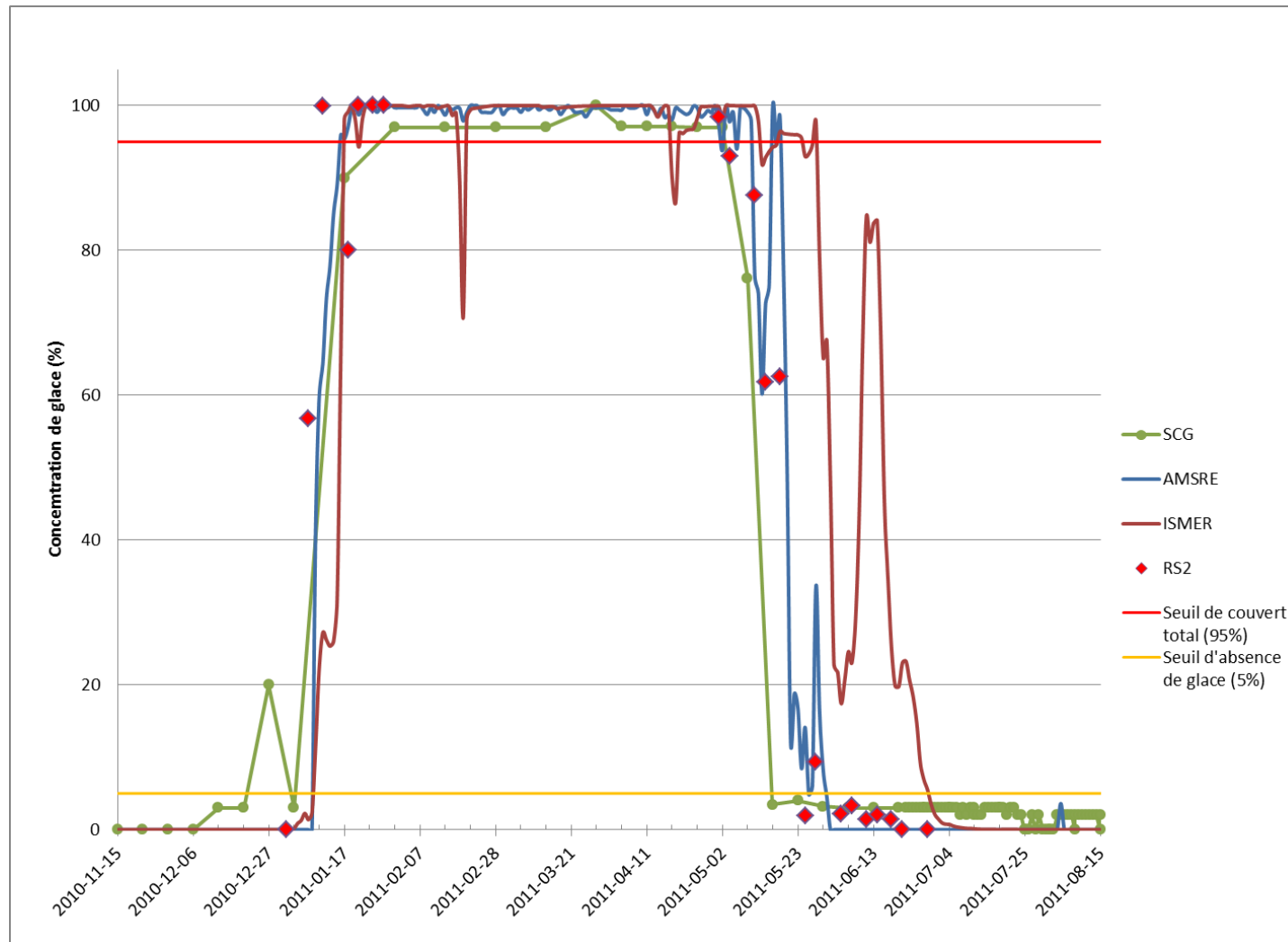


Figure 38 Concentrations de glace sur deux mailles de 10 km dans la baie d'Hudson (ouest des îles Nastapoka), 2010-2011



Figure 39 Concentrations de glace sur deux mailles de 10 km dans la baie d'Hudson (ouest des îles Nastapoka), 2011-2012

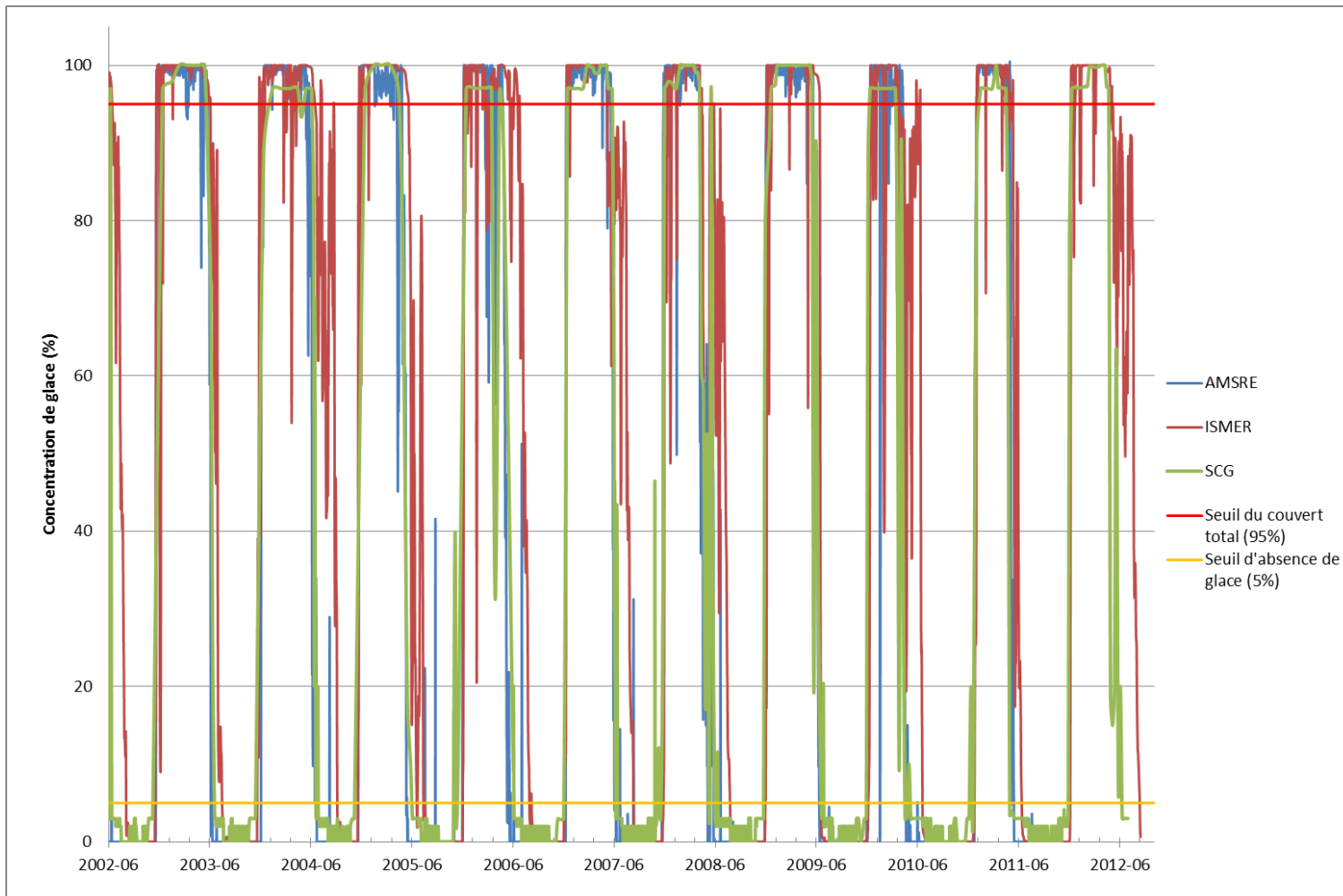


Figure 40 Concentrations de glace sur deux mailles de 10 km dans la baie d'Hudson (ouest des îles Nastapoka) au cours des 10 dernières années : période 2002-2012.

2.3 VULNÉRABILITÉ ET PROTECTION DES INFRASTRUCTURES MARITIMES D'UMIUJAQ.

2.3.1 Paramètres significatifs et conditions critiques

PARAMÈTRES IMPORTANTS :

TEMPÉRATURE ATMOSPHÉRIQUE, VENTS S, SO ET N, NIVEAUX D'EAU ÉLEVÉS, VÉLOCITÉ DES COURANTS TIDiaux (PÉRIODE DE VIVE-EAU) ET VAGUES DÉFERLANTES.

Pour la communauté d'Umiujaq, que ce soit lors de la fonte printanière ou de l'englacement, les **conditions à risques pour l'infrastructure maritime sont généralement limitées et plutôt faibles**. Les deux raisons principales sont probablement la faible amplitude des marées et la protection apportée par les îles Nastapoka, face au village. La mobilité des glaces est largement influencée par les vents et les courants littoraux. À marée haute, le courant littoral (flot) se dirige vers le nord et à l'inverse vers le sud (jusant).

Il n'y a pas de grands risques associés à l'englacement, mis à part un décrochement de la banquise avec des niveaux d'eau élevés ou des vents forts, conditions peu ou pas observées depuis l'automne 2009.

Les trois saisons de fonte suivies par les photos des caméras mettent en avant l'importance de la **dégradation thermique**, qui s'effectue graduellement et sans présenter de réel danger pour les brise-lames. Les trous de fonte en élargissement peuvent progresser tranquillement vers l'infrastructure et le **décrochement de la banquise** côtière encore en place se réalise habituellement à l'approche de la **vive-eau** (28 avril en 2010, et 18 mai en 2011 et le 30 mai en 2012) surtout durant les cycles de marée descendante. Le couvert déjà fragilisé par le rayonnement solaire et les courants s'est mis en mouvement suivant la période de vive-eau au baissant (jusant). En 2010, le trou d'eau libre au nord du village avait déjà progressé jusqu'aux abords de l'infrastructure lorsque ce qu'il restait de banquise côtière s'est détachée (Figure 41). En 2011, les photos laissent penser que le décrochement de la banquise juste en face du village s'est fait de façon complète et soudaine (Figure 42). Pour le reste, les glaces dans la marina ont été dégradées sur place et le couvert de glace a disparu le 16 mai en 2010, le 30 mai en 2011 sur le baissant et le 4 juin en 2012. À noter que selon les images RADARSAT-2, la banquise côtière s'est évacuée un peu plus tard en 2009, (entre le 5 et le 10 juin).

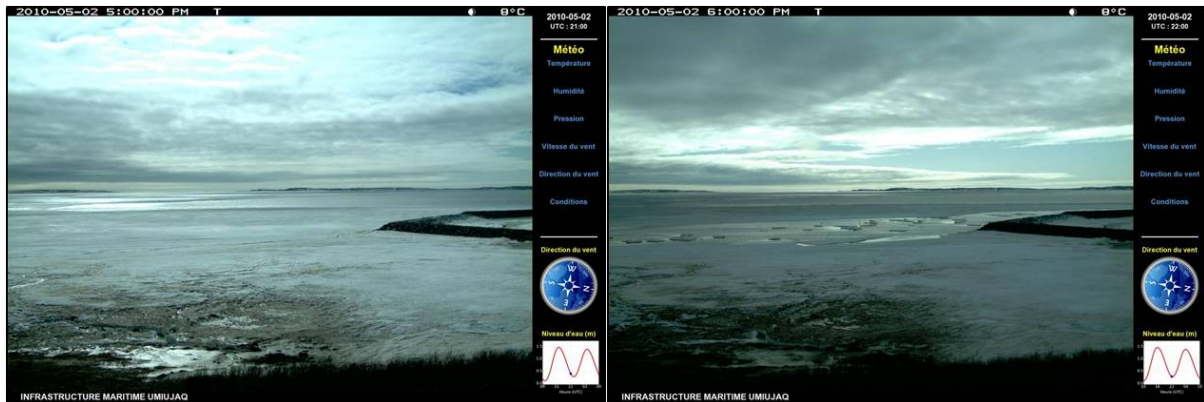


Figure 41 Décrochement de la banquise côtière en face du village d'Umiuqak le 2 mai 2010. À gauche, photo Reconyx prise à 17hrs et à droite, photo prise à 18 hrs.

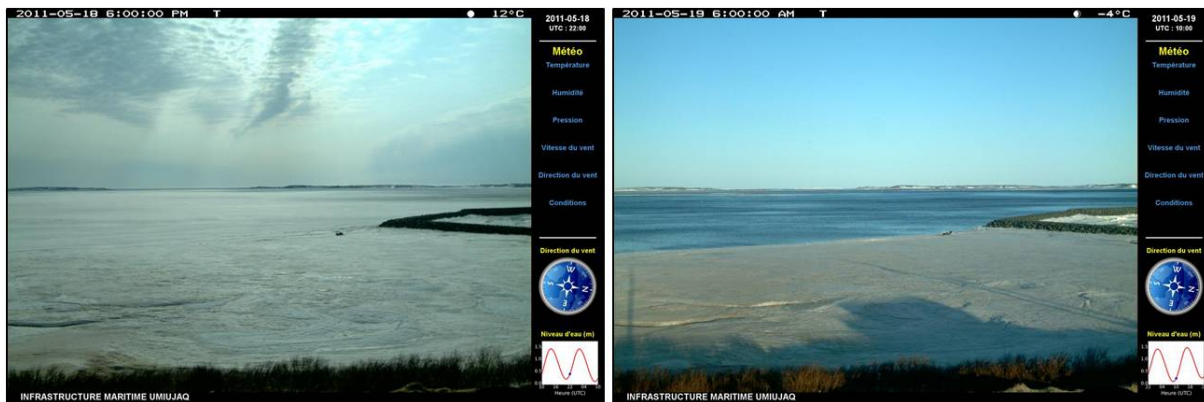


Figure 42 Évacuation de la banquise côtière en face du village d'Umiuqak au printemps 2011. À gauche, photo Reconyx du 18 mai 2011 à 17hrs et à droite, 11hrs plus tard, photo du 19 mai 2011 à 6hrs.

C'est en fait après le décrochement de la banquise que les brise-lames semblent le plus vulnérable à des **impacts avec des morceaux de glace**. Pendant la fonte, beaucoup de floes et de glaçons sont **à la dérive**, ayant réussi à passer le chapelet des îles Nastapoka ou en provenance du goulet du Lac Guillaume Delisle, plus au sud. À cause des vents dominants, ces glaces sont généralement poussées d'ouest en est en s'évacuant par le nord du détroit Nastapoka et peuvent donc entrer en collision avec le brise-lames. Si des niveaux d'eau élevés et des vents forts de l'ouest sont observés, le

risque peut devenir accru pour l'infrastructure maritime. Rappelons qu'en plus le brise-lames d'Umiujaq n'est protégé que par un cordon de glace étroit et peu épais, conséquence de la faible amplitude des marées.

2.3.2 Exemples d'événements critiques survenus entre 2009 et 2012 à Umiujaq.

22 DÉCEMBRE 2009 : Décrochement de la banquise côtière accrochée au brise-lames. À marée haute, la banquise en fixation à la côte se décroche et est évacuée avec la marée descendante. Le brise-lames se trouve par la suite exposé aux floes et glaçons en mouvement dans le détroit (dernière photo de la Figure 43).

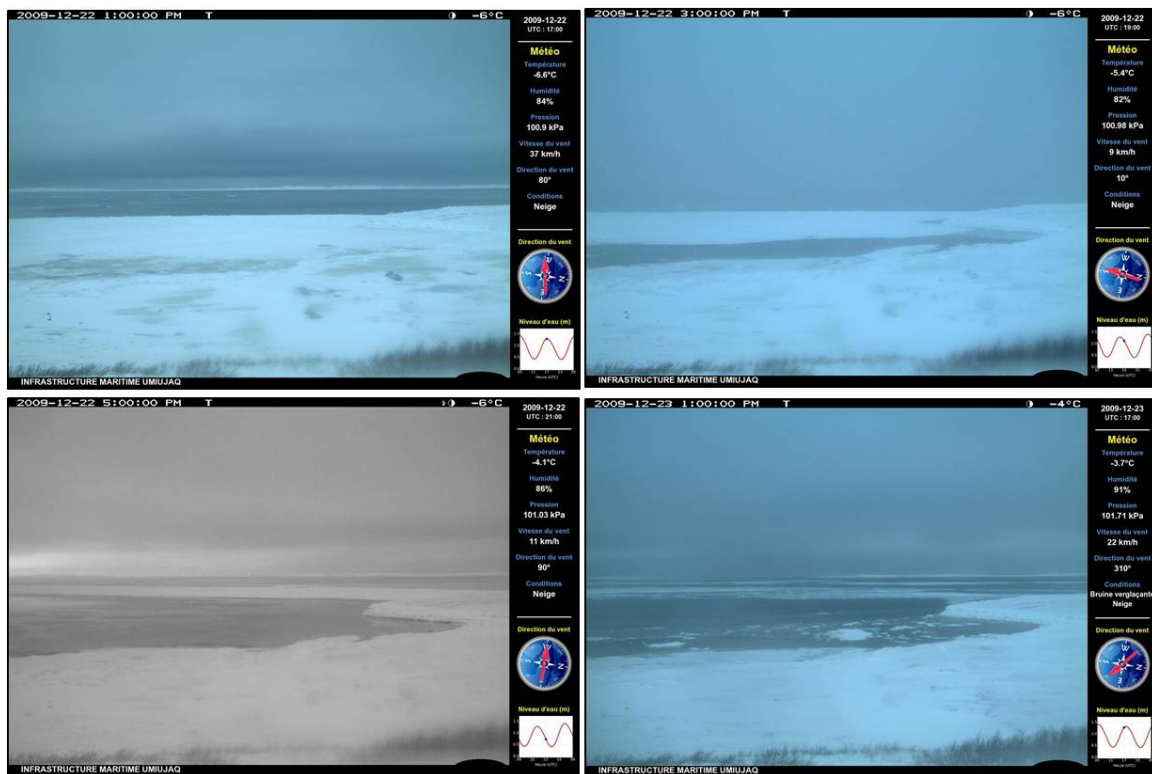


Figure 43 Décrochement de la banquise côtière le 22 décembre 2009 entre 13hrs et 17hrs (3 premières photos). La dernière image illustre la vulnérabilité de l'infrastructure le lendemain du décrochement.

AU PRINTEMPS, PASSAGES DE MORCEAUX DE GLACE AU LARGE DE L'INFRASTRUCTURE QUI N'EST PLUS PROTÉGÉE : Comme énoncé plus haut, le risque majeur pour le brise-lames d'Umiujaq au moment de la fonte apparaît après que la banquise côtière se soit décrochée. Pendant plusieurs semaines, l'infrastructure est exposée à des morceaux de

glace de toutes tailles (de quelques mètres à quelques kilomètres) qui passent au large et pourraient potentiellement affecter la structure advenant le cas où des vents forts les poussent vers la côte. Les figures Figure 43, Figure 44 et Figure 45 illustrent ce risque observé tous les printemps depuis la première année de suivi, 2011 étant l'année où le risque aura été le plus faible (on n'observe plus de glace à la dérive après début juin) alors que le printemps de 2009 aura montré le risque le plus élevé (de la glace en mouvement dans le détroit jusqu'à la mi-juillet).

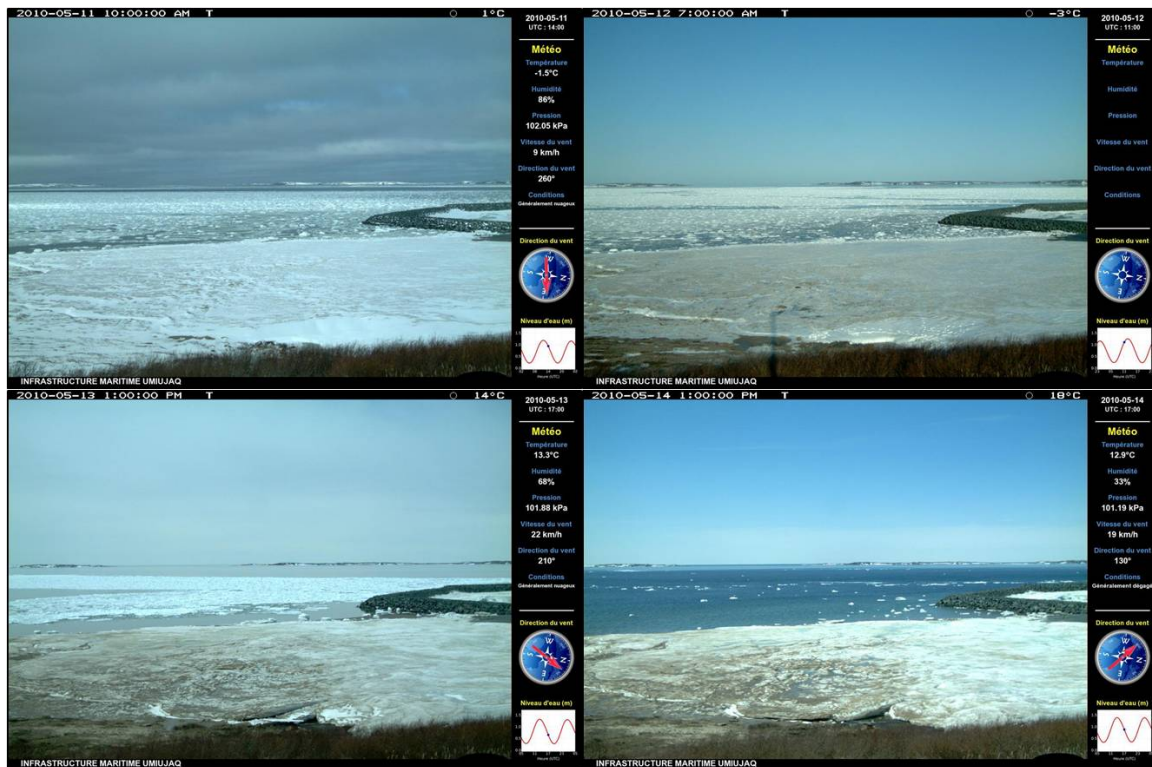


Figure 44 Morceaux de glace à la dérive de différents types (champ de glace en mouvement) aux abords de l'infrastructure d'Umiujaq entre le 10 et le 14 mai 2010.



Figure 45 Morceaux de glace à la dérive qui viennent s'accumuler sur le brise-lames alors qu'il n'est plus du tout protégé par la glace (photo acquise le 13 juin 2012 à 11hrs..

2.3.3 Conclusion sur la vulnérabilité des infrastructures d'Umiujaq

Il s'avère que dans la région d'Umiujaq, les îles Nastapoka ont une fonction non négligeable de protection de la communauté face aux intempéries venant du large (Figure 46). D'une part, elles permettent la formation d'une banquise côtière stable en hiver. D'autre part, elles limitent l'apport de glaces exogènes en provenance de la baie d'Hudson pendant la fonte printanière (moment où l'infrastructure maritime est la plus vulnérable aux glaces en dérive). Par contre, le lac Guillaume Delisle (eau saumâtre) apporte pour sa part un risque non négligeable puisqu'il peut relâcher des glaces pendant plusieurs semaines dans le détroit Nastapoka. Celles-ci dérivent du sud au nord en passant devant Umiujaq. Des températures très chaudes et très tôt au printemps peuvent aussi engendrer des risques non négligeables.

Au large des îles Nastapoka, bien que la banquise puisse se consolider pendant un certain temps sur quelques kilomètres, elle est généralement instable, entrecoupée de fissures, et les glaces, par l'effet des courants forts, sont en mouvement tout au long de l'hiver.

Pour finir, notons que peu de cartes de glace ont pu être réalisées à l'automne 2009 et au printemps 2010, puisque le nombre d'images RADARSAT-2 comportant de la glace était assez faible, les images ayant été acquises trop tôt dans le premier cas et trop tard dans le second. Cela dû à un retard de l'englacement par rapport à la normale au début de l'hiver et un dégel tardif au printemps.

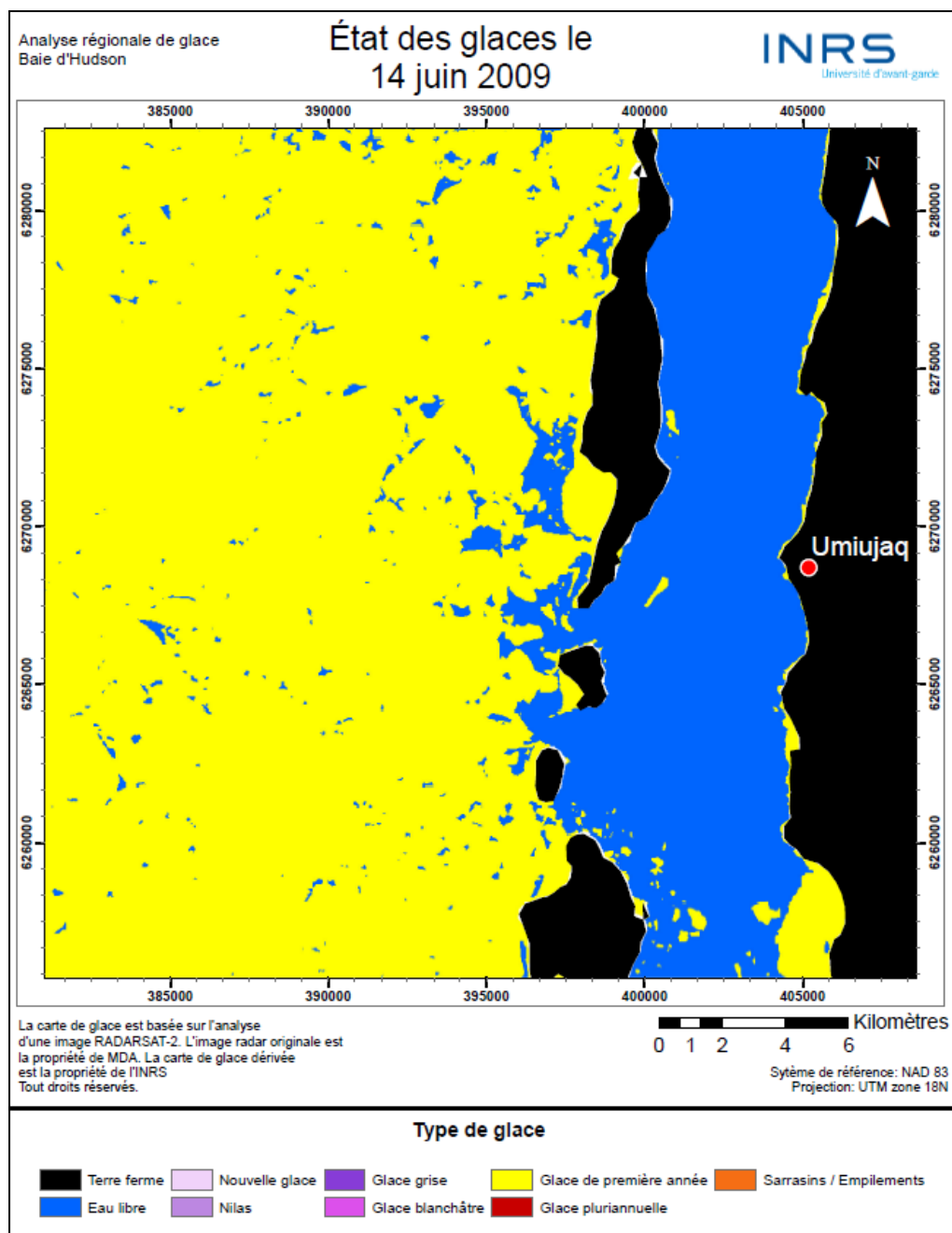


Figure 46 Champ de glace en provenance de la baie d'Hudson, bloqué par les îles Nastapoka au moment de la fonte printanière 2009 (image RADARSAT-2 du 14 juin 2009).

3 KUUJJUAQ

3.1 DESCRIPTION DU RÉGIME DES GLACES DANS L'ESTUAIRE DE LA RIVIÈRE KOKSOAK (KUUJJUAQ), TEL QU'OBSERVÉ ENTRE 2009 ET 2012.

Dans le contexte spécifique de la vulnérabilité de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq, la zone d'étude décrite ici couvre principalement la partie de l'estuaire de la rivière Koksoak située entre le promontoire de Cap Whale et l'aéroport de Kuujjuaq (Figure 47). Ce secteur correspond en partie à la zone de transition entre les milieux fluvial et marin dans l'estuaire de la rivière. Pour une étude plus approfondie et plus précise des processus glaciels qui ocurrent dans cette région, il est conseillé de consulter le mémoire de maîtrise de Stéphanie Bleau (2011).

On sait donc que dans ce secteur la température atmosphérique et l'amplitude des marées sont largement responsables de la durée de l'englacement et de la densification des glaces, qui peuvent s'étaler sur plusieurs semaines ou plusieurs mois. En conditions idéales de refroidissement, la formation de la glace entre Kuujjuaq et le Cap Whale suit généralement les quatre étapes suivantes :

1. Formation de frasil, puis de radeaux de frasil, qui dérivent sur la rivière et viennent s'échouer sur les berges.
2. Le battement des marées génère rapidement la formation d'un pied de glace sur l'estran (on parle de cordon de glace sur le brise-lames). Celui-ci peut s'élargir, s'épaissir ou encore disparaître en cas de redoux.
3. Simultanément, on observe de la dérive de radeaux de glace (de plus en plus épais) et de morceaux de différents types et de toutes tailles, mélange de glaces formées dans l'estuaire et de glaces exogènes. Ceux-ci suivent généralement le chenal de la rivière mais peuvent aussi venir s'échouer sur les berges selon le battement des marées.
4. Finalement, un front de glace se forme en amont et progresse vers l'aval avec le refroidissement et l'apport de glace en marée montante. Sa limite stable pour l'hiver se situe généralement entre quelques centaines de mètres et quelques kilomètres en aval de l'infrastructure maritime (Figure 48).

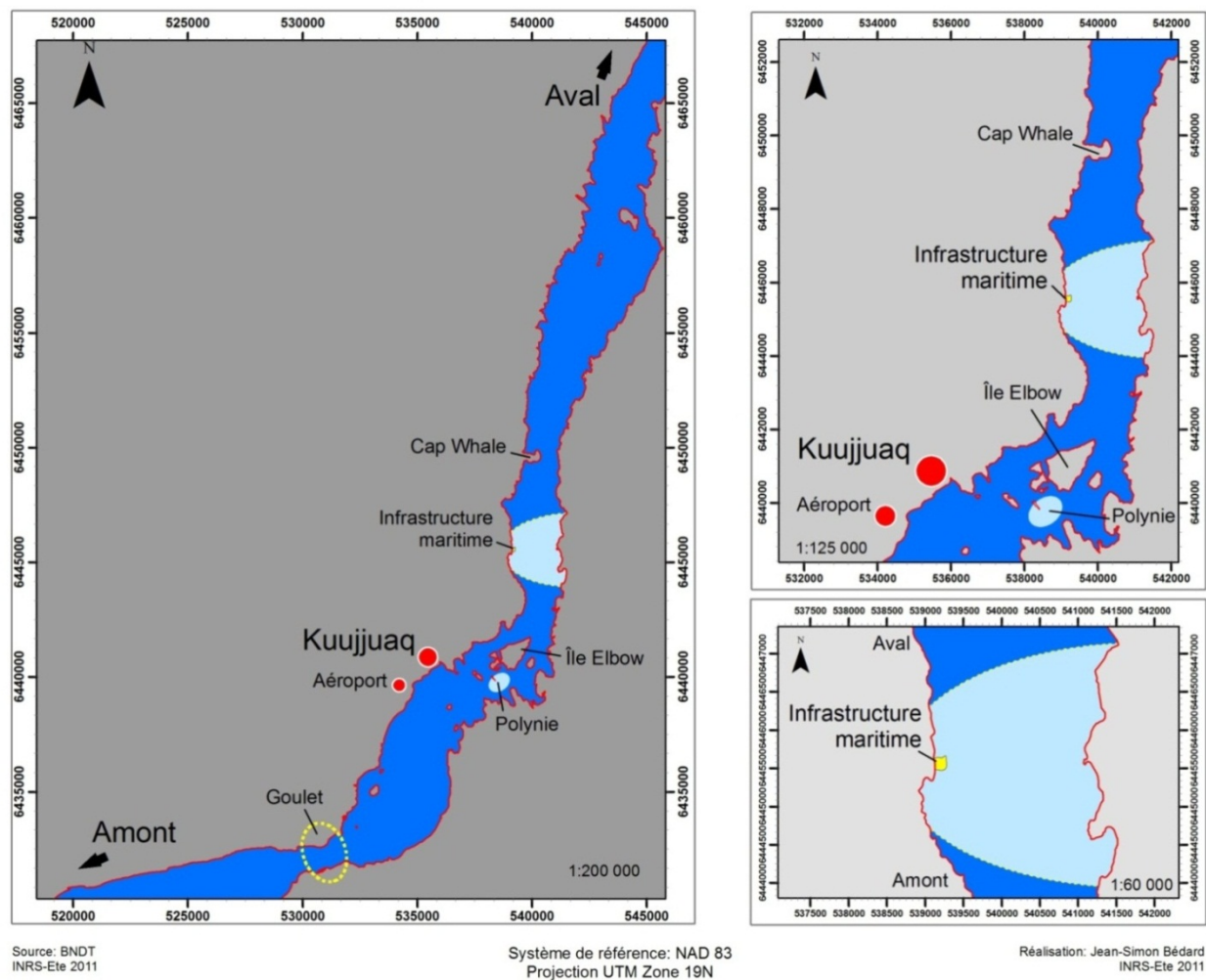


Figure 47 Carte de localisation des principaux lieux utilisés pour décrire les processus d'englacement et de fonte à proximité de la communauté de Kuujuaq (le bleu pâle représente la zone d'intérêt aux abords de l'infrastructure maritime de Kuujuaq).



Figure 48 17 avril 2010, front de glace en face l'infrastructure maritime de Kuujjuaq (à gauche sur la photo)

Le processus de fonte ressemble plus ou moins au processus inverse de l'englacement.

- Les premiers signes sont l'apparition de trous et de mares de fonte sur le couvert de glace. Au centre du chenal, la glace devient de plus en plus lisse.
- Le front de glace régresse tout au long de la fonte, d'aval en amont. La glace peut soit s'évacuer graduellement ou par coup lorsqu'une grande plaque se détache. Cela est fonction de la dégradation thermique du couvert et de la force des marées et des courants.
- Le chenal en eau libre au centre, évacue alors les morceaux qui se détachent du front de glace, de l'amont vers l'aval.
- Lorsqu'au centre de la rivière la glace s'est évacuée, un pied de glace demeure accroché aux rives et se détériore graduellement à cause de l'érosion thermique et mécanique (courant, marées, vagues).
- Des pieds de glace peuvent subsister dans certains secteurs, comme en face du village de Kuujjuaq ou plus généralement dans les baies et les anses (Figure 49).

- Une fois que le front de glace finit par lâcher en amont du village, la dégradation des autres glaces encore accrochées aux berges peut être assez rapide s'il n'y a pas de refroidissement.

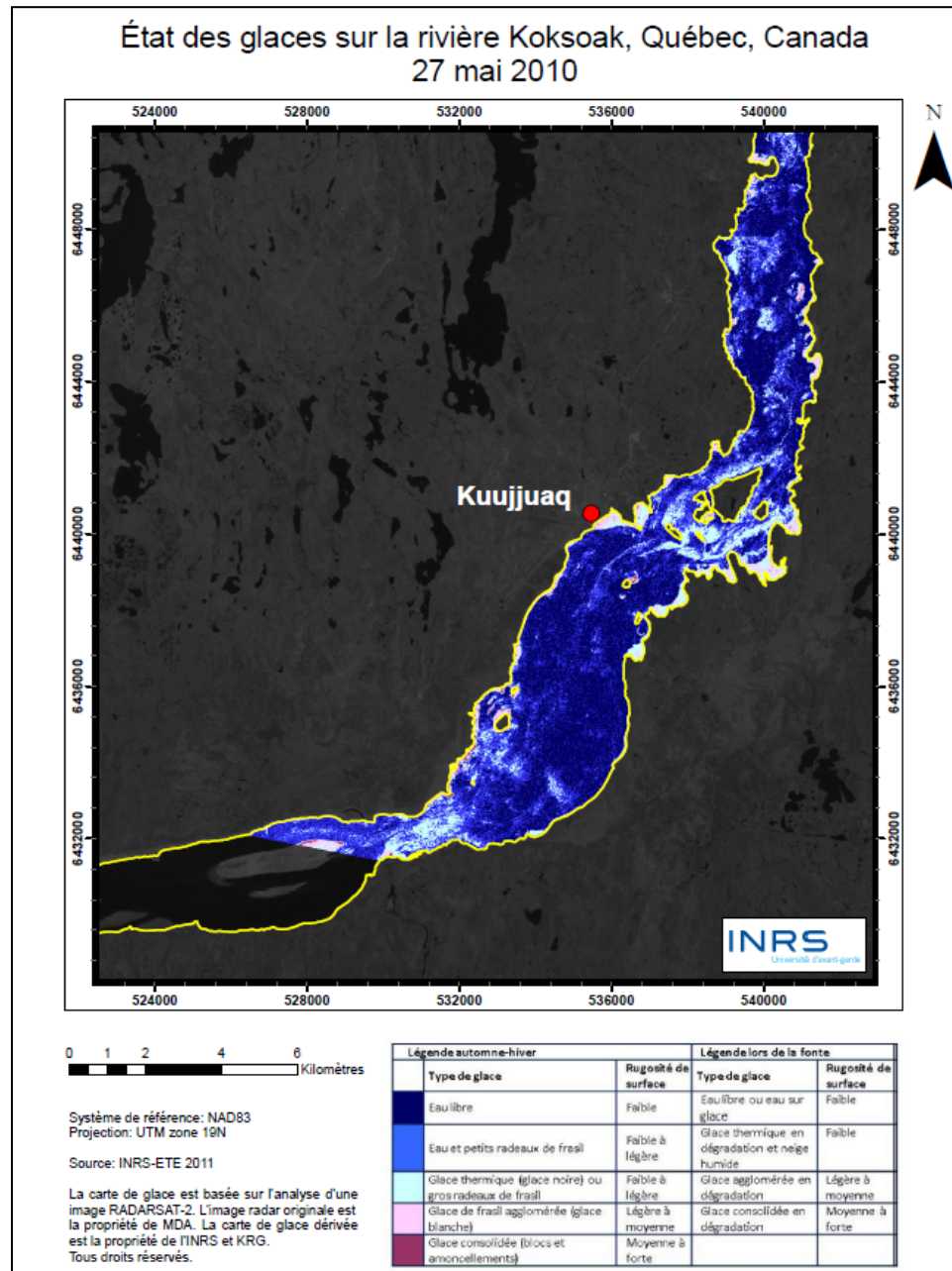


Figure 49 Carte du 27 mai 2010 issue d'une image RADARSAT-2 en mode Standard. Le front de glace a disparu, le couvert est complètement disloqué et des vestiges du pied de glace (zones blanches) demeurent sur chacune des rives alors qu'on observe des glaces en dérive, principalement entre l'île Elbow et le Cap Whale.

3.2 INDICATEURS DE CONCENTRATION DES GLACES

Pour Kuujjuaq, la zone d'influence est un rayon de 3 km coupé aux rives de la rivière (Figure 50). Aucune source de données régionales ne fournissant d'information utilisable à propos de la concentration de glace pour l'estuaire de la rivière Koksoak, les cartes de glace Radarsat-2 fournissent les seules statistiques pour la zone d'influence autour de l'infrastructure (Figure 51 à Figure 54). Malgré que les images ne couvrent pas toujours le cycle complet, ces graphiques montrent bien que la période de l'englacement est plus chaotique et que la période de fonte est plus progressive. Dans la cas particulier de ces quatre graphiques, les informations tirées des photos de caméras fixes sont : 0% (Eau seulement) et 100% (Glace seulement). Dans le cas d'un mélange Eau et Glace, les pourcentages ne sont pas évalués.

Noter que généralement, on utilise une marge d'erreur d'au moins 5% lorsqu'on extrait des valeurs de concentration de glace et cela à cause de la présence de bruit dans les images et les cartes, liée aux imprécisions des algorithmes utilisés pour faire ces dernières.

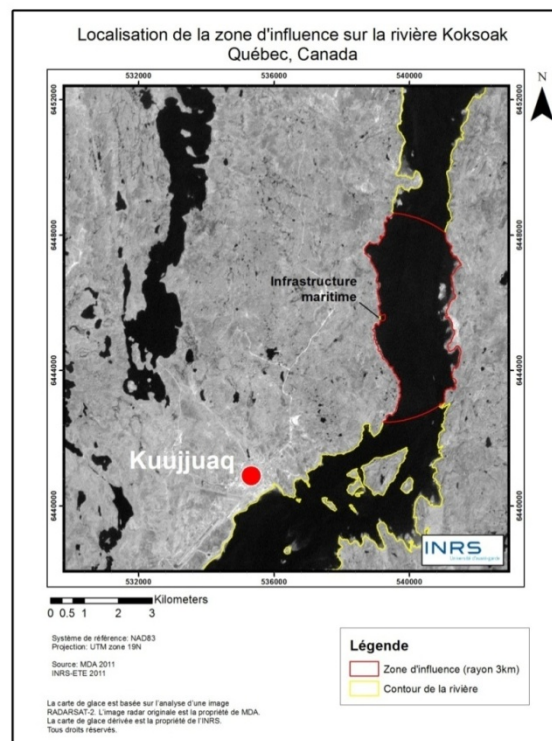


Figure 50 Localisation de la zone d'influence pour l'infrastructure de Kuujjuaq (trait rouge), délimitée au nord et au sud par un rayon de 3 km, puis à l'est et à l'ouest par les berges de la rivière Koksoak

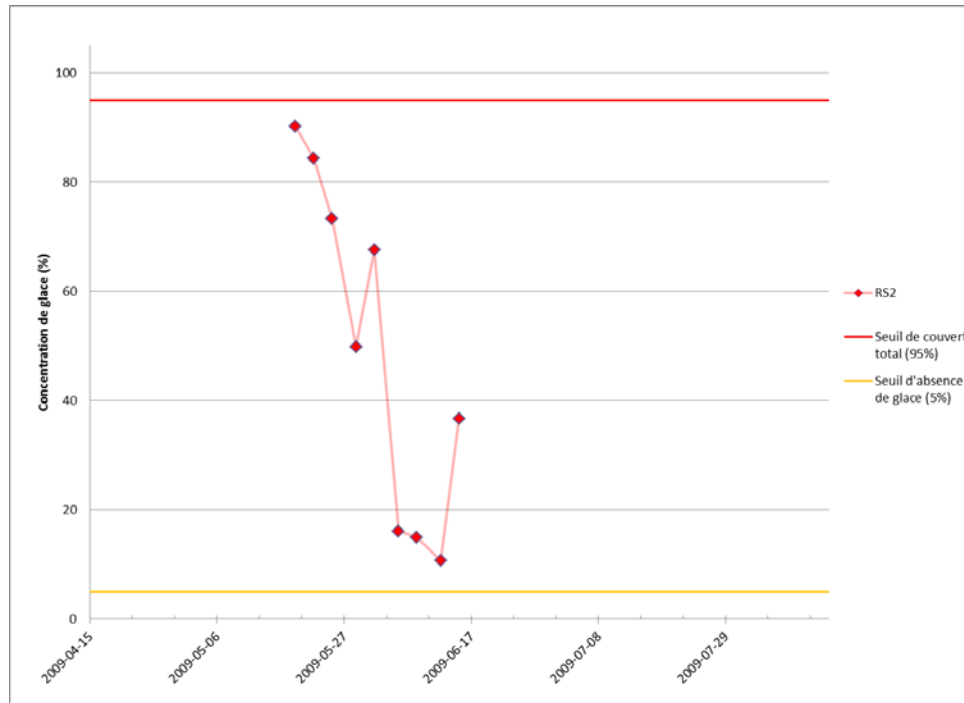


Figure 51 Concentrations de glace dans la zone d'influence autour de l'infrastructure maritime de Kuujuaq, printemps 2009, selon les cartes de glace issues de RADARSAT-2.

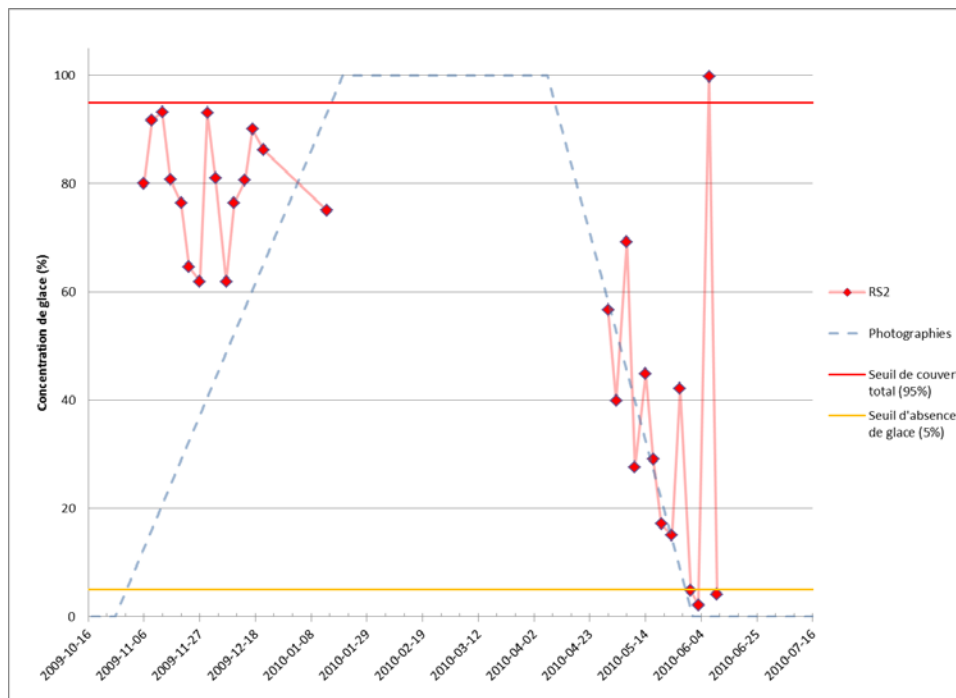


Figure 52 Concentrations de glace dans la zone d'influence autour de l'infrastructure maritime de Kuujuaq, hiver 2009-2010, selon les cartes de glace issues de RADARSAT-2 et les photos des caméras fixes.

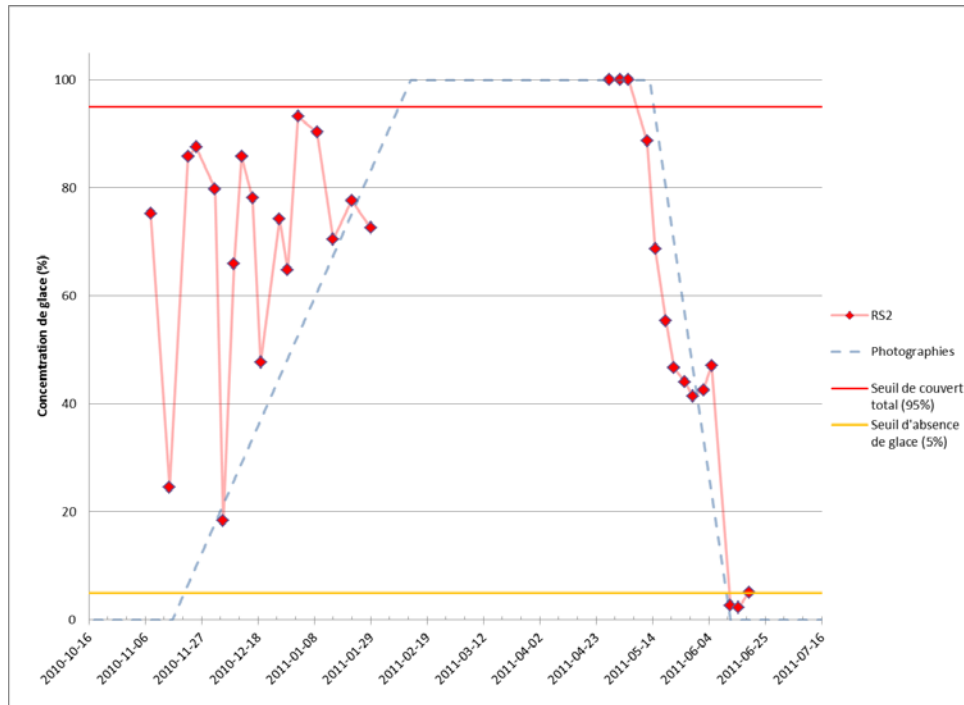


Figure 53 Concentrations de glace dans la zone d'influence autour de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq, hiver 2010-2011, selon les cartes de glace issues de RADARSAT-2 et les photos des caméras fixes.

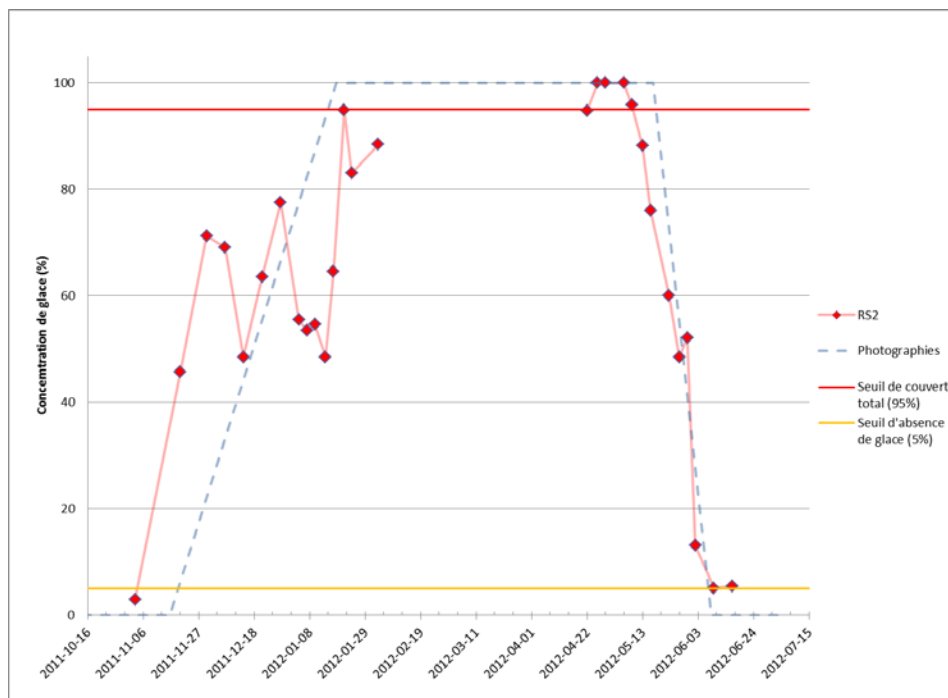


Figure 54 Concentrations de glace dans la zone d'influence autour de l'infrastructure maritime de Kuujjuaq, hiver 2011-2012, selon les cartes de glace issues de RADARSAT-2 et les photos des caméras fixes.

3.3 VULNÉRABILITÉ ET PROTECTION DES INFRASTRUCTURES MARITIMES

3.3.1 Paramètres significatifs et conditions critiques

PARAMÈTRES IMPORTANTS :

TEMPÉRATURES ATMOSPHÉRIQUES, VENTS DU NORD ET DU SUD, NIVEAUX D'EAU ÉLEVÉS, TAUX DE FONTE, VÉLOCITÉ DES COURANTS TIDaux (PÉRIODE DE VIVE-EAU) ET DU COURANT FLUVIAL.

L'évacuation soudaine des glaces dans des **secteurs restreints**, en amont et en aval de l'infrastructure maritime, peut déclencher des modifications environnementales rapides de l'écoulement naturel de la rivière. Au printemps, les niveaux d'eau, le taux de fonte et les glaces plus résistantes peuvent créer des **risques potentiels**, comme des empilements sur les berges, des embâcles dans les passes étroites, des inondations en amont de ceux-ci ou encore des crêtes de poussée glacielles. Si toutefois, un embâcle est combiné à de la pluie et à une période de vive-eau, les courants littoraux et le courant fluvial deviennent plus intenses. Dans ce cas, les dommages peuvent être nettement plus sérieux comme en 1979 où des infrastructures maritimes avaient subi d'importants dégâts et ont même été en partie transportées par le jusant.

Les impacts de glaces sur le brise-lames et la rampe sont fréquents au début du processus d'englacement et pendant la mise en mouvement du couvert de glace au printemps. Plus les glaces sont épaisses et denses dans l'estuaire, plus les risques sont élevés. Les vents et les courants dirigent les glaces flottantes de part et d'autre de la rivière ce qui les rend d'autant plus menaçantes en période de vive-eau pour l'infrastructure (Figure 55). Malgré le fait que cette dernière soit protégée par une ceinture de glace (cordon ou pied de glace) l'entrée de la marina et l'angle sud-est sont constamment frappés par des glaces dérivantes.

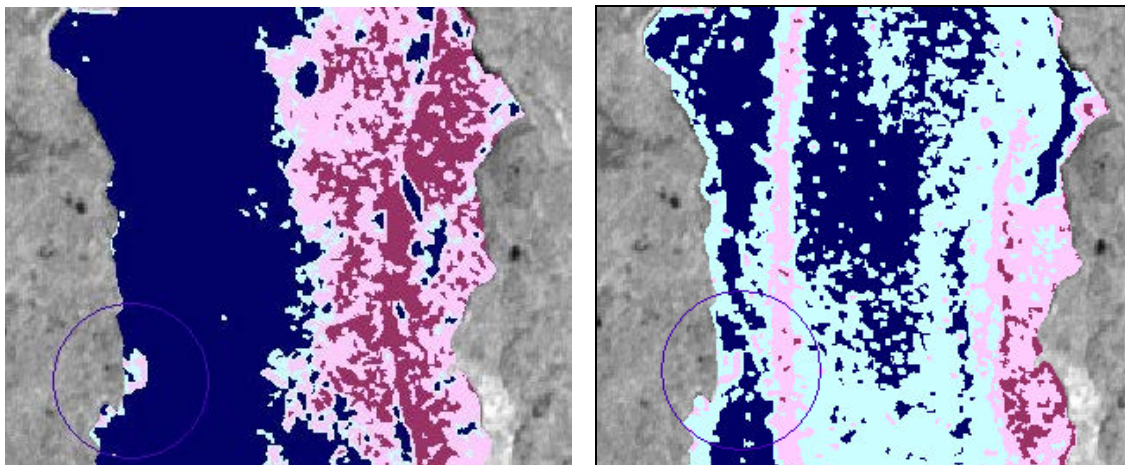


Figure 55 Extraits des cartes de glace du 20 et 30 novembre 2011. Présence de glaces denses dérivant face à l'infrastructure. Le bleu pâle représente des glaces de frasil en dérive alors que le rose représente du frasil plus dense ou des glaces agglomérées.

Les phases de redoux et le temps venteux en décembre permettent également aux glaces de demeurer dans l'écoulement du chenal plus longtemps et de se métamorphoser (taille et épaisseur) avant de s'échouer où bien d'adhérer au pied de glace fixé à la rive. Lorsque cela se produit, **les niveaux d'eau élevés combinés à des vents violents** deviennent des conditions compromettantes pour l'infrastructure maritime. En effet, il est alors possible que des glaces à la dérive soient poussées par-dessus le pied de glace ceinturant le brise-lames.

3.3.2 Exemples d'événements critiques survenus entre 2009 et 2012 à Kuujuaq.

- **GLACES EN DÉRIVE LORSQUE LE BRISE-LAMES N'EST PAS (OU PEU) PROTÉGÉ :** observées presque chaque printemps depuis 2009, les glaces en dérive passant à proximité ont montré des conditions à risque pour l'infrastructure maritime lorsque le cordon de glace qui l'entoure est fortement dégradé, ou carrément disparu (Figure 56, Figure 57 et Figure 58). Dans le cas d'une tempête combinée à des niveaux d'eau élevés, l'infrastructure pourrait être endommagée.

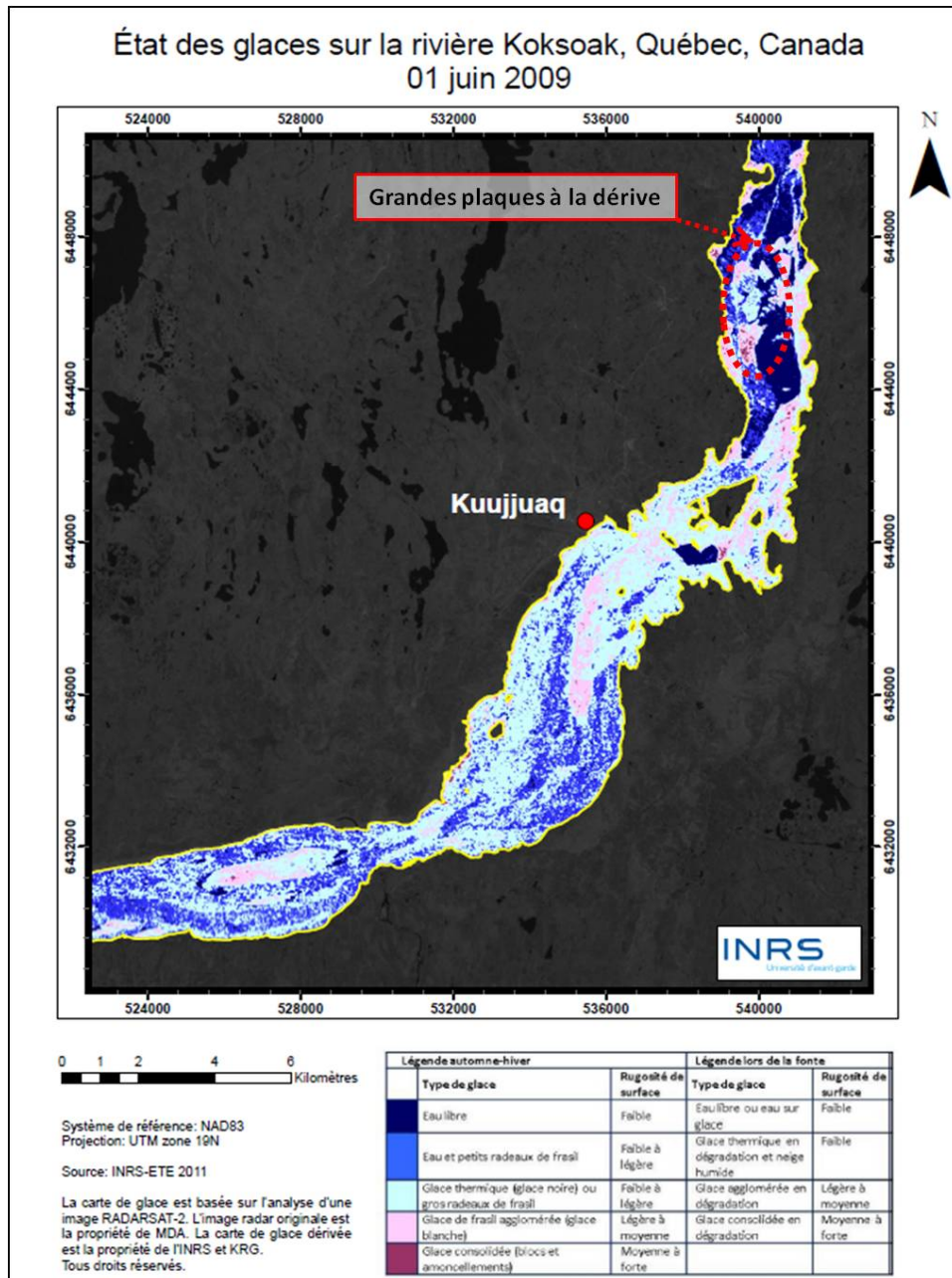


Figure 56 Carte illustrant de grandes plaques de glace à la dérive en face de l'infrastructure maritime (encerclées) le 1er juin 2009. Le brise-lames semble encore protégé par un large pied de glace.

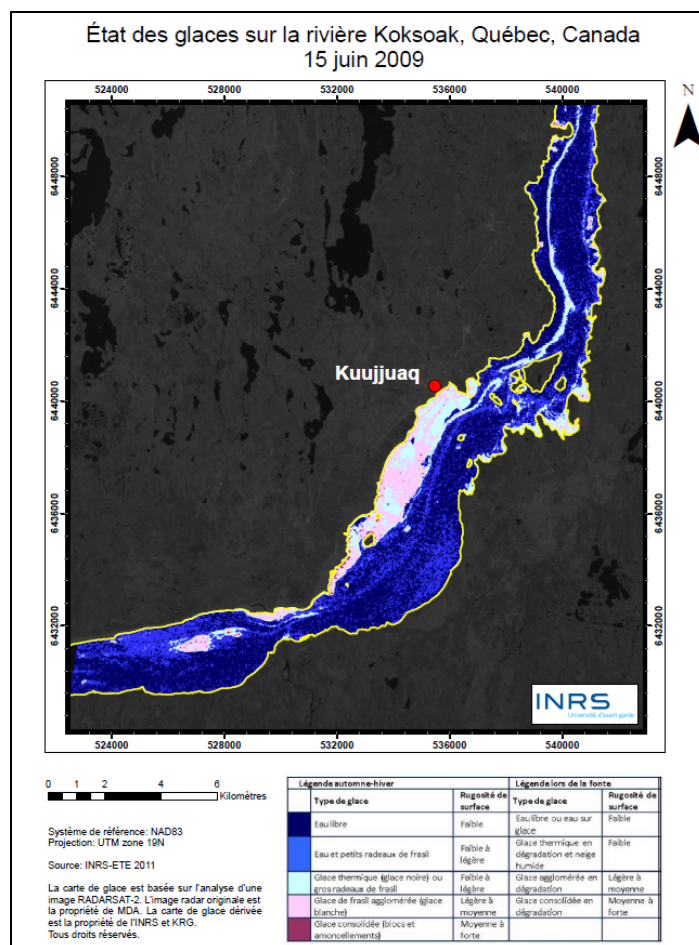


Figure 57 : Radeaux de glace en mouvement suivant le courant du chenal le 15 juin 2009 (Le brise-lames ne semble plus être protégé par la glace).



Figure 58 Glaces à la dérive le 5 juin 2011 face à l'infrastructure dont le cordon de glace est fortement diminué.

- **12 AU 13 MAI 2010** : Durant la nuit du 12 au 13 mai 2010, la partie inférieure du cordon de glace entourant le brise-lames s'est détachée. Cet évènement aurait pu causer un dommage à l'infrastructure, étant donné le grand volume de glace déplacé.



Figure 59 Dommages subis par le cordon de glace entourant le brise-lames dans la nuit du 12 au 13 mai 2010.

- **DU 13 AU 16 MAI 2010** : Au cours de cette période, à chaque marée haute, de gros blocs de glace sont venus se déposer sur la rampe ou sur le brise-lames, repartant avec la marée haute suivante.
- Même si la structure est encore protégée par un cordon de glace épais, si des vents violents étaient survenus, des dommages auraient pu être observés, compte-tenu de la taille des blocs de glace.



Figure 60 Dépôts de blocs de glace à proximité des infrastructures maritimes, entre le 13 et le 16 mai 2010.

- **30 ET 31 MAI 2010** : Le cordon de glace a complètement disparu et ne protège plus l'infrastructure. Pourtant quelques gros glaçons dérivent encore et peuvent venir se déposer sur la rive. Le 31 mai, un bloc de glace vient même se déposer directement sur l'infrastructure. À noter que ce phénomène s'est également produit à plusieurs reprises dans les journées précédentes (i.e. le 29/05/2010, présence d'un gros bloc accoté sur le brise-lames).



Figure 61 Dépôts de gros glaçons sur la rampe et le brise-lames de Kuujuaq, les 30 et 31 mai 2010.

- **GLACE EN DÉRIVE LORSQUE LE CORDON DE GLACE ENTOURANT LE BRISE-LAMES EST SUBMERGÉ PAR DES NIVEAUX D'EAU ÉLEVÉS** : Ce type d'évènement peut se produire assez régulièrement, surtout pendant l'englacement, et peut poser problème que ce soit au début (Figure 62), lorsque le couvert de glace n'est pas encore fixe entre les deux rives (Figure 63) ou même lorsque le couvert semble fixe mais pas encore suffisamment épais (Figure 64).



Figure 62 Dérive de glace au début de l'englacement le 31 octobre 2009. Le brise-lames de Kuujuaq est protégé par un cordon de glace mais l'eau peut le submerger.



Figure 63 Dérive de glace vers la fin de l'englacement le 20 janvier 2011. Le brise-lames est protégé par un cordon de glace mais l'eau peut le submerger.



Figure 64 Le 20 février 2011, le couvert de glace est complet en face l'infrastructure et le brise-lames est protégé par un épais pied de glace. Pourtant les hauts niveaux d'eau peuvent remettre la glace en mouvement et submerger le pied de glace protecteur.

- **24 AU 25 JANVIER 2011** : Dans la nuit précédant le 25 janvier 2011, un gros morceau du pied de glace accroché à la rampe et au brise-lames de Kuujuaq a été arraché. Depuis quelques jours déjà des hauts niveaux d'eau étaient observés dans l'estuaire (cf. section précédente)

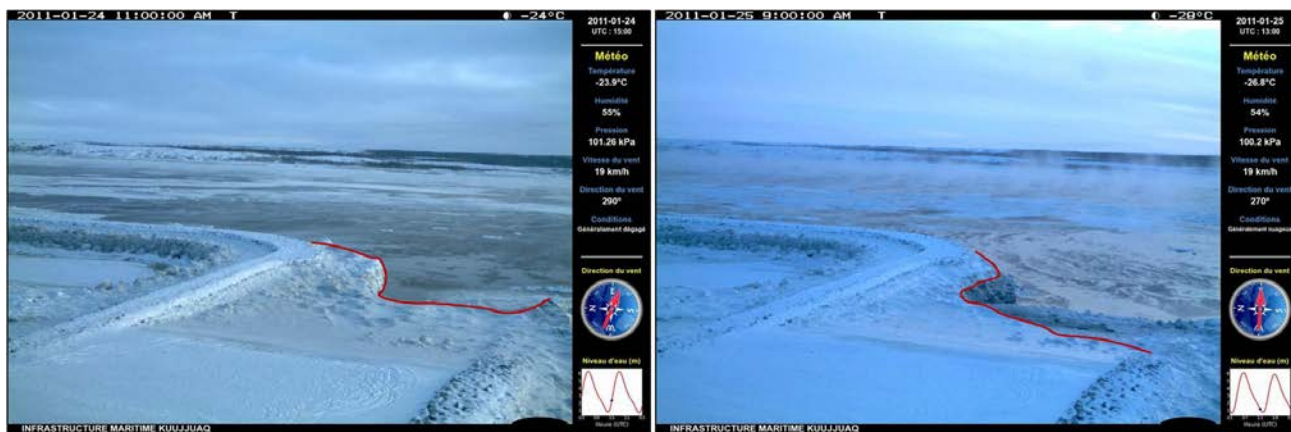


Figure 65 Pied de glace du brise-lames endommagé dans la nuit du 24 au 25 janvier 2011.

- **DU 17 AU 20 FÉVRIER 2011** : juste après l'englacement complet de la rivière en face de l'infrastructure maritime, la forte densité de glace épaissie, associée encore une fois à de très hauts niveaux d'eau, ont provoqué une forte poussée glacielle sur la rampe à proximité de l'infrastructure maritime, juste dans l'angle de visée des caméras. À noter qu'en 2010, juste avant la fonte printanière, plusieurs crêtes de pression s'étaient accumulées contre le brise-lames (cf. photos du 06/04/2010).

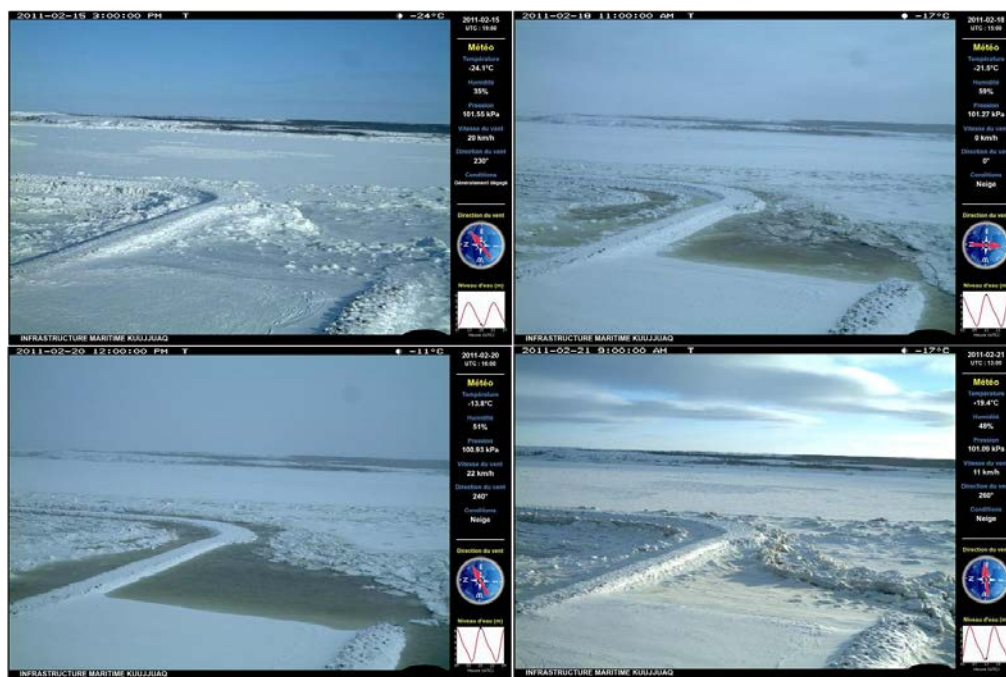


Figure 66 Forte poussée glacielle contre le brise-lames et la rampe suite à des niveaux d'eau élevés entre le 17 et le 21 février 2011.

- **FISSURE DEVANT L'INFRASTRUCTURE (AVRIL 2010) :** Il est à noter que les grandes marées d'équinoxe du début du mois d'avril ont provoqué une fissure dans le couvert de glace en face de l'infrastructure (Figure 67). Celle-ci est apparue le 2 avril 2010. Même si dans un premier temps, cela n'a pas eu d'importance, par la suite le front de glace migrera jusqu'à cette fissure (le 12 avril) pour rester à ce niveau jusqu'au 23 avril.

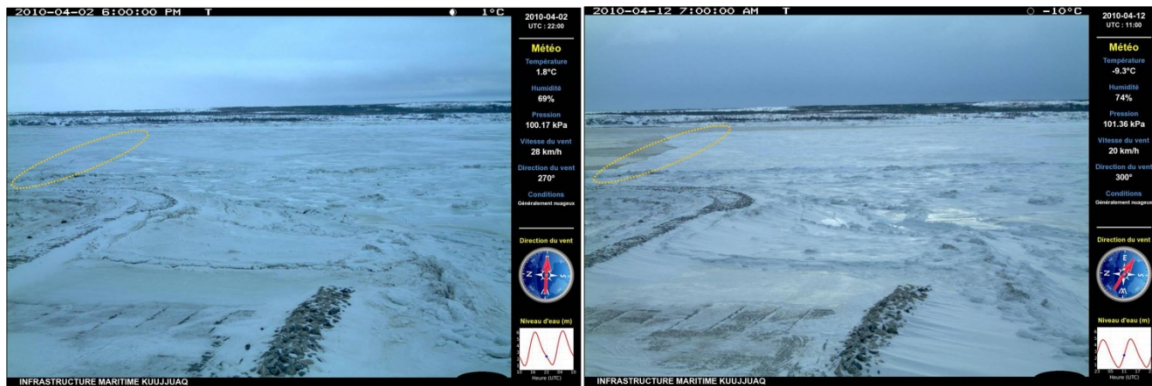


Figure 67 À gauche, apparition d'une fissure (encerclée en jaune) le 2 avril 2010. À droite, le 12 avril, migration du front de glace au niveau de cette fissure.

3.3.3 Conclusion sur la vulnérabilité des infrastructures de Kuujuaq

L'amplitude des marées à Kuujuaq semble donc être un facteur de risque important. Comme dans les autres communautés, c'est lorsque des niveaux d'eau élevés sont combinés avec des vents violents et de la glace en mouvement que les dommages pourraient être les plus élevés. Les observations à Kuujuaq ont montré plusieurs situations à risque mais aucune ne semble avoir causé de dégâts au brise-lames durant la période d'étude.

Par ailleurs, le secteur étudié à Kuujuaq est particulier parce que c'est une zone de transition située dans un estuaire où les marées sont importantes mais où le courant principal de la rivière joue aussi un rôle. Face au village de Kuujuaq, une polynie est également présente tout au long de l'hiver. Le secteur comprenant l'île Elbow est également un cas spécifique où le blocage par la glace et l'écoulement semblent différer dans les différents chenaux tout au long du régime glaciaire annuel. Le mémoire de Stéphanie Bleau (2012) détaille tous ces aspects.

Notons aussi que l'hiver 2010- 2011 semble avoir été un hiver particulièrement tardif. Le suivi par photos et images radar indique que l'englacement final de l'estuaire vis-à-vis de l'infrastructure maritime a été retardé de plus d'un mois par rapport à l'hiver 2009-2010.

Enfin, au printemps 2012, la glace s'est désagrégée en amont du goulet situé au sud de Kuujuaq. Cela a impliqué une évacuation rapide et quasi-complète de la banquise côtière fixe situé entre le goulet et l'infrastructure maritime. Ces événements se sont déroulés entre le 31 mai et le 2 juin 2012.

4 DISCUSSION ET CONCLUSION

D'abord, nous faisons un bilan de l'utilisation des caméras et des images RADARSAT-2 pour le suivi de la dynamique de la glace (section 4.1). Deuxièmement, à partir de l'ensemble des analyses présentées au chapitre 1 à 3 et des données présentées aux annexes 2 à 4, une comparaison de la dynamique d'englacement et de fonte au voisinage des infrastructures des trois communautés étudiées a été réalisée pour la période 2009-2012 (section 4.2). Finalement, la vulnérabilité des infrastructures face à la glace mais aussi celle face aux intempéries des vents et des vagues est discutée. Cette analyse, présentée à la section 4.3, conclue cette étude.

4.1 L'UTILISATION DES PHOTOS ET DES CARTES DE GLACE RADAR

Les caméras fixes installées au voisinage des infrastructures maritimes ont fourni une information primordiale pour l'analyse du comportement des glaces à l'échelle locale. Le système mis en place a permis de récolter des photos horaires quotidiennes dans les trois communautés et sur presque toute la durée de la période d'étude.

Quelques problèmes techniques ont entraîné de courtes périodes sans données. Mais dans l'ensemble, le système fût robuste et fiable, considérant les conditions auxquelles il était exposé.

Durant le projet, plus de 250 cartes de glace ont été réalisées à partir d'images RADARSAT-2. Bien qu'elles comportent un certain degré d'incertitude lié à la complexité de l'interaction entre le signal radar et la glace, elles ont néanmoins permis d'identifier et de localiser les principaux processus d'englacement et de fonte à l'échelle supra locale (dans un rayon de quelques dizaines de km). Le principal problème est plutôt venu du fait que les images devaient être planifiées à l'avance et qu'en ne connaissant pas la variabilité de la saison hivernale spécifique à chaque région, nous avons souvent manqué le début ou la fin de l'englacement ou de la fonte dans les premières années du projet. La méthodologie de traitement des images radar, pour les conditions de glace marines (Quaqtaq et Umiujaq) est décrite dans le mémoire de maîtrise de Charles Gignac (2012), celle pour les glaces fluviales dans l'article de Gauthier et al. (2010).

4.2 DYNAMIQUE DE L'ENGLACEMENT ET DE LA FONTE AU VOISINAGE DES INFRASTRUCTURES MARITIMES

Tout d'abord, dans un premier temps, les Figure 68 à Figure 70 montrent pour chaque communauté et pour chaque année étudiée, le lien entre la température journalière moyenne à l'aéroport (courbe) et l'état [Eau], [Eau et Glace] ou [Glace] telle qu'identifiée sur les photos des caméras fixes installées aux infrastructures (couleurs sous la courbe). Ces graphiques permettent de constater visuellement, la relation entre le changement des températures de l'air et les processus de formation ou de déformation de la glace.

Toutefois, pour mieux synthétiser l'information, nous avons déterminé les quatre indicateurs suivants :

1. Le nombre de jours entre le moment où la température chute sous le point de congélation et la première apparition de glace;
2. Le nombre de jours entre le moment de la première apparition de glace et la formation du couvert complet;
3. Le nombre de jours entre le moment où la température passe au-dessus du point de congélation et les premiers mouvements de glace;
4. Le nombre de jours entre ces premiers mouvements de glace et l'absence complète et sans retour de glace.

Pour le premier indicateur, on recherche 5 jours consécutifs où la température minimale journalière est sous le point de congélation. La première apparition de glace est généralement sous forme de sorbet ou de frasil. Pour le deuxième indicateur, nous identifions le moment où le couvert est fixe et complet. Pour le troisième indicateur, on recherche 5 jours consécutifs où la température maximale journalière est au-dessus du point de congélation. Bien que les signes de fonte et l'apparition de mares de fonte se produisent alors très tôt, on identifie plutôt les premières mentions de mouvements de glace et l'apparition de trouées d'eau libre.

La Figure 71 présente la synthèse de ces quatre indicateurs pour Quaqtaq, Umiujaq et Kuujuaq. Dans chaque cas, nous utilisons aussi la température de l'air observée à la station météo de l'aéroport et l'interprétation des photos prises aux infrastructures maritimes.

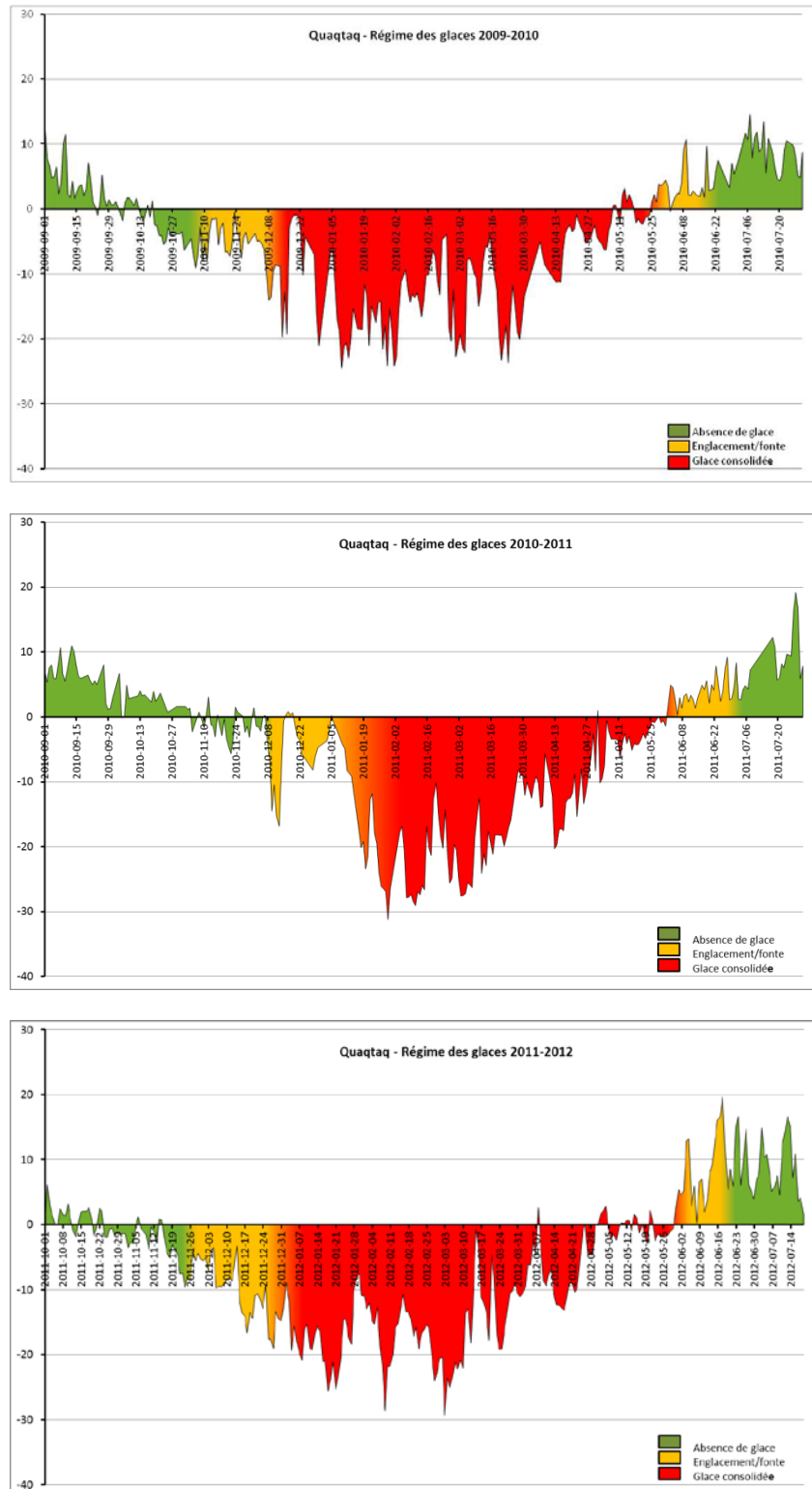


Figure 68 Description des régimes de glace en 2009-2010, 2010-2011 et 2011-2012 en fonction de la température pour la région de Quaqaq.

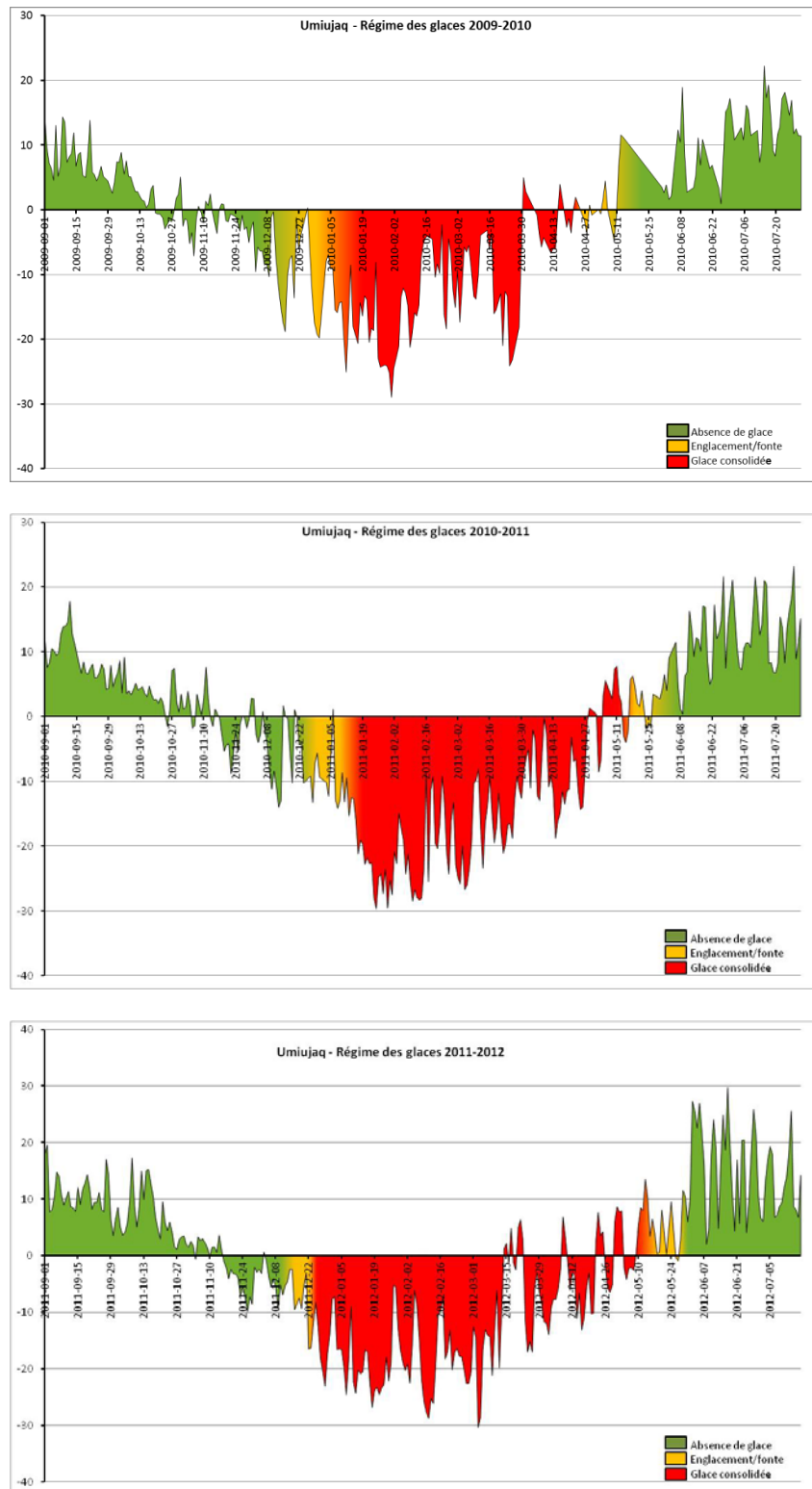


Figure 69 Description des régimes de glace en 2009-2010, 2010-2011 et 2011-2012 en fonction de la température, pour la région d'Umiujaq.

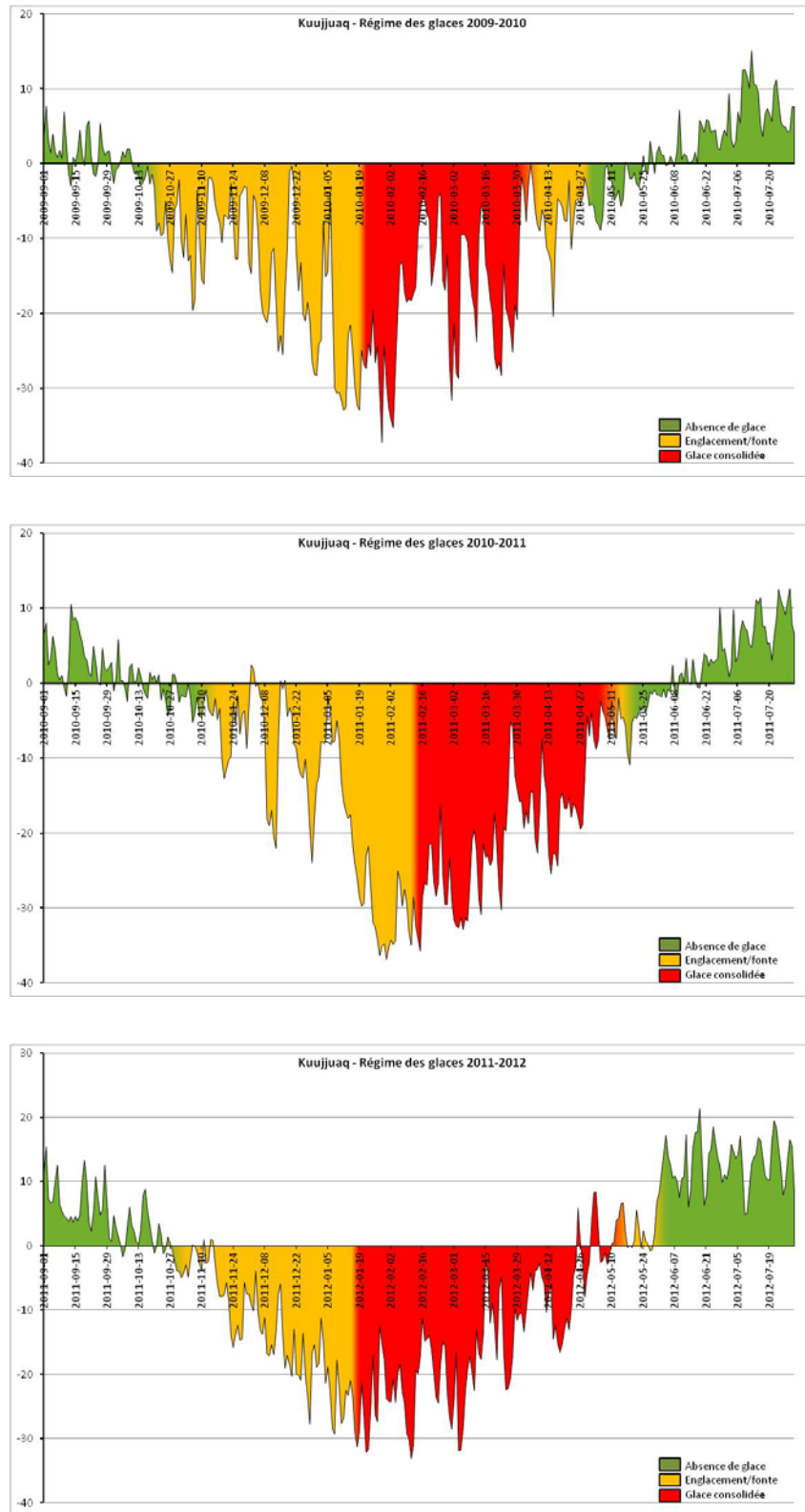


Figure 70 Description des régimes de glace 2009-2010, 2010-2011 et 2011-2012 en fonction de la température, pour la région de Kuujuaq.

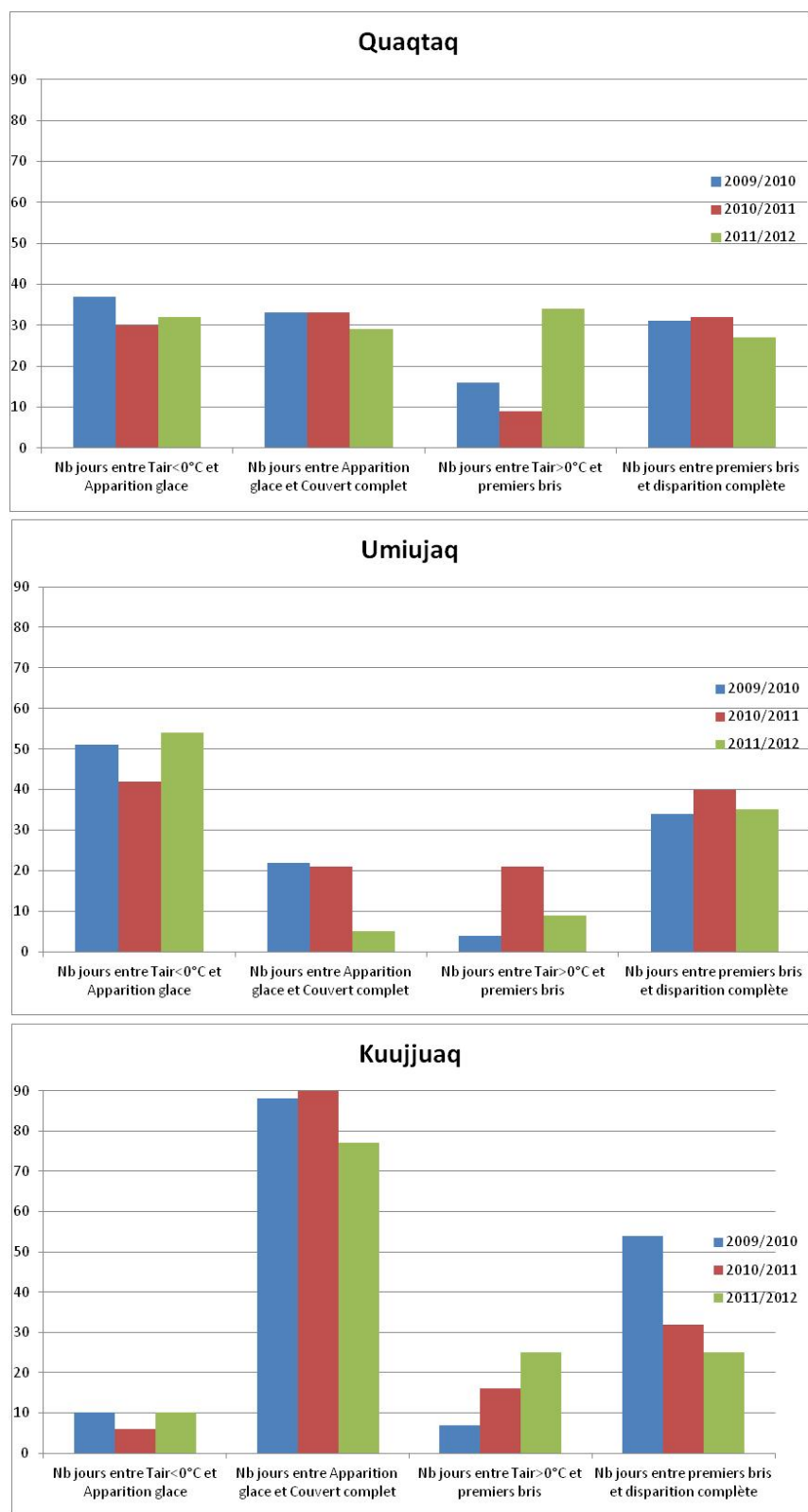


Figure 71 Indicateurs sur la variabilité de l'englacement et de la fonte entre 2009 et 2012 dans les trois communautés à l'étude.

À Quaqtq (Figure 71, haut), on constate qu'il faut généralement une trentaine de jours de gel pour que la glace fasse son apparition. Il faut ensuite un autre 30 jours pour que le couvert soit complètement formé. Ce second indicateur exprime la période automnale durant laquelle la glace est fragile, mobile et potentiellement dangereuse pour l'infrastructure. Lors de la fonte, le processus est plus variable. Il faut de 10 à 30 jours de temps plus doux pour que le couvert commence à se désagréger et ensuite, encore 30 jours pour que tout soit terminé. Ce quatrième indicateur exprime la période printanière durant laquelle la glace est fragile, mobile et potentiellement dangereuse pour l'infrastructure.

À Umiujaq (Figure 71, centre), le refroidissement de la masse d'eau est plus long, soit de 40 à 50 jours. Par contre, une fois initié, l'englacement se fait plus rapidement (20 jours ou moins), possiblement dû à l'arrivée de glaces exogènes. Cette période plus courte est tout de même celle où les glaces peuvent poser un certain risque à l'infrastructure. Au printemps, le processus de réchauffement est aussi de 20 jours ou moins), alors que la période plus critique de désagrégation et de va- et-vient des glaces peut s'échelonner sur 30 à 40 jours. Là encore, les glaces exogènes, provenant de la baie d'Hudson ou du lac Guillaume-Delisle peuvent en être la cause.

À Kuujuaq (Figure 71, bas), en zone de transition estuarienne, la dynamique est particulière. Il ne faut que quelques jours (5 à 10) pour que la rivière réponde aux baisses de température. Toutefois, le processus d'englacement complet de la zone autour de l'infrastructure prend ensuite de 75 à 90 jours. Bien que le cordon de glace se forme assez rapidement sur l'infrastructure, c'est tout de même une très longue période de mouvements de glace. Lors de la fonte, il faut de 5 à 25 jours de temps doux pour que la glace commence à se défaire près de l'infrastructure. On observe ensuite des morceaux de glace fixes ou en dérive pendant 25 à 55 jours. Ces glaces peuvent provenir de l'amont de la rivière, où la débâcle se produit plus tard.

De façon complémentaire, nous avons calculé pour les 3 communautés, les degré-jours de gel cumulés (DJGC) entre le moment où la température journalière minimale de l'air à l'aéroport chute sous le point de congélation et la formation du couvert de glace complet. Les DJGC combinent l'intensité et la durée du froid. Au printemps, les degrés-jours de fonte cumulés (DJFC) sont calculés entre le moment où la température journalière maximale de l'air à l'aéroport repasse au-dessus du point de congélation et

l'évacuation du couvert de glace. Ceux-ci, présentés au Tableau 1, permettent à nouveau d'évaluer la variabilité des processus d'englacement et de fonte.

Tableau 1 Degrés-jours de gel et de fonte cumulés

	Quaqtaq			Umiujaq			Kuuujuaq		
	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12	09/10	10/11	11/12
DJGC	306	216	468	393	438	343	1238	1316	1195
Moy	330			391			1250		
DJFC	126	105	168	4	94	83	15	64	173
Moy	133			60			84		

Malgré la grande variabilité de ces indices (Tableau 1), on constate que c'est à Quaqtaq, que le nombre de DJGC requis pour établir un couvert de glace complet est en moyenne le plus petit (330). Et c'est sur la rivière Koksoak qu'il est de loin le plus grand (1250). Pour la fonte, c'est à Umiujaq que le nombre de DJFC requis pour évacuer toute la glace est en moyenne le plus petit (60) et cette fois, c'est à Quaqtaq qu'il est le plus long (133). En termes de variation annuelle, on ne remarque pas de tendance particulière ou d'année exceptionnelle. Mis à part, peut-être, une débâcle très rapide à Umiujaq et Kuujuaq au printemps 2010.

À partir des mêmes données discutées précédemment, nous pouvons également observer la variabilité du « timing » de l'englacement et de la fonte, c'est-à-dire le moment où ils se produisent (Figure 72). Pour l'englacement, nous identifions la date du couvert complet. Pour la fonte, nous identifions la date de la première disparition complète de la glace.

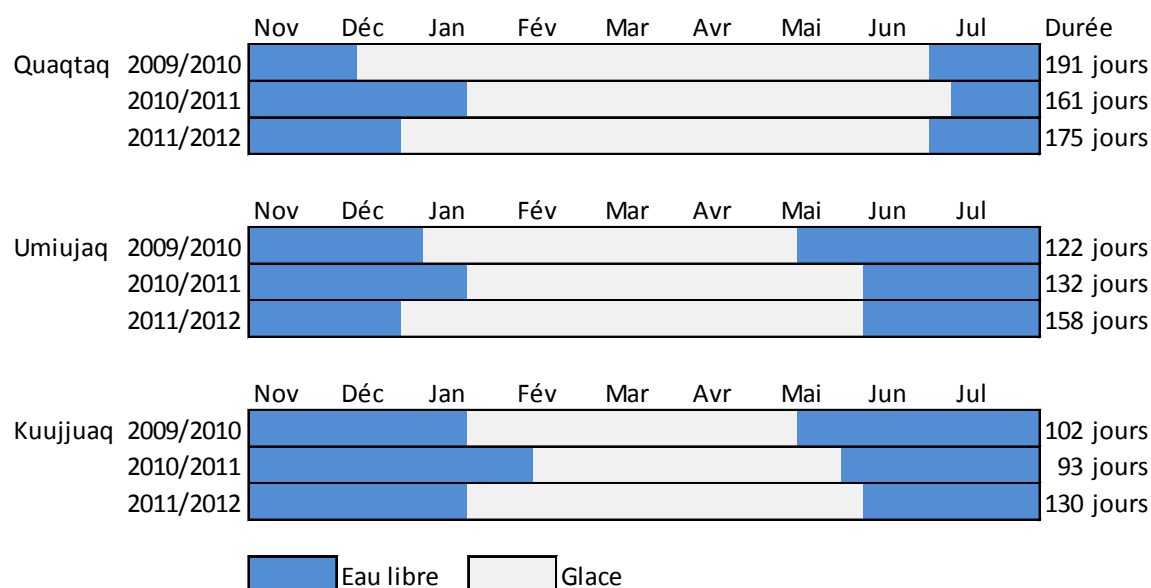


Figure 72 Période et durée en jours de la présence du couvert de glace pour les trois communautés (2009-2012)

Selon la Figure 72, le couvert de glace complet se forme en premier à Quaqtaq et en dernier à Kuujjuaq. Il est évacué en premier à Kuujjuaq et en dernier à Quaqtaq. La durée du couvert de glace est donc la plus longue à Quaqtaq et la plus courte à Kuujjuaq. Des conditions climatiques différentes ont été observées pour les trois hivers mais les patrons de régime des glaces demeurent passablement similaires pour les trois communautés étudiées. L'hiver 2010-2011 semble avoir été un hiver particulièrement tardif. Le froid est arrivé plus tard et dans plusieurs endroits les ponts de glace servant habituellement au déplacement des Inuits n'ont été formés que temporairement pendant l'hiver. La saison 2011-2012 représente un régime très froid en début de saison engendrant une prise des glaces rapides et la fixation précoce de la banquise côtière. Cependant, le printemps 2012 a engendré une très forte instabilité précédant la fonte des glaces. Des températures très élevées très tôt au printemps ont engendré un amincissement rapide des glaces côtières. La fonte hydrothermique a dominé le processus de dégel. À noter que les températures de l'air enregistrées ont été plutôt exceptionnelles pour la plupart des communautés étudiées : les températures ont parfois atteint 15°C, 20°C et même 25 °C à Kuujjuaq au courant des mois de mars ou avril 2012.

4.3 VULNÉRABILITÉ ET PROTECTION DES INFRASTRUCTURES MARITIMES

Il importe de différencier dans cette analyse, la vulnérabilité des trois infrastructures face à la glace et celle face aux intempéries des vents et des vagues. L'étude du comportement de la glace a permis d'identifier le moment et la durée des périodes où la glace est fragile et mobile et celles où le couvert de glace est complet (Figure 71). Ainsi, il est possible d'estimer les périodes où le risque potentiel vient du fait que l'infrastructure n'est pas protégée par la glace et les périodes où cette même glace mobile amplifie le risque.

De manière générale, pour la région de la baie Diana et la communauté de Quaqtuaq, les périodes d'exposition au risque de glace mobile sont similaires à l'automne et au printemps. Toutefois, l'occurrence de glaçons et de floes en dérive étant plus grande lors de la fonte, les infrastructures maritimes sont potentiellement plus à risque à ce moment. Au début de la fonte, le cordon de glace fixé sur le brise-lames assure une certaine protection même si la banquise côtière a disparu. Mais, vers la fin de la période de fonte, ce cordon n'est plus présent alors que des glaçons peuvent encore se rapprocher des structures. La zone située entre l'île Hearn et la côte est de la baie Diana est une zone d'intérêt à cause de la proximité avec la lisière de la banquise côtière. Comme observé au printemps 2009, l'anse de la Mission peut être exposée même si la baie Diana présente encore une banquise côtière fixe. On a toutefois pu observer un décrochement de la banquise durant l'englacement 2009, ce qui fait augmenter le risque d'impact avec l'infrastructure même à l'automne. Il est difficile de dire si cette situation est fréquente ou non. Enfin, à titre informatif, au printemps 2010, à cause de températures relativement fraîches (-3°C à 2°C), la dégradation thermique du couvert de glace a laissé place à un bris plus mécanique, conséquence de hauts niveaux d'eau. À l'inverse, durant l'automne de la même année, des vents forts de l'ouest, associés à un temps plutôt doux ont forcé la mise en place tardive, mais néanmoins très rapide du couvert de glace. Les infrastructures maritimes ont donc été exposées beaucoup plus longtemps aux intempéries et aux hauts niveaux, caractéristiques de cette période de l'année.

Dans la région d'Umiujaq, les îles Nastapoka ont une fonction non négligeable de protection de la communauté face aux intempéries venant du large. D'une part, elles permettent la formation d'une banquise côtière stable en hiver. D'autre part, elles limitent

l'apport de glaces exogènes en provenance de la baie d'Hudson pendant la fonte printanière (moment où l'infrastructure maritime est la plus vulnérable aux glaces en dérive). En même temps, le lac Guillaume Delisle (eau saumâtre) apporte pour sa part un risque non négligeable puisqu'il peut relâcher des glaces pendant plusieurs semaines dans le détroit Nastapoka. Celles-ci dérivent du sud au nord en passant devant Umiujaq. La période de glace mobile ou partielle est d'ailleurs beaucoup plus longue au printemps. Au large des îles Nastapoka, la banquise est généralement instable et entrecoupée de fissures bien qu'elle puisse se consolider pendant un certain temps sur quelques kilomètres. En général, les glaces, par l'effet des courants forts, sont en mouvement tout au long de l'hiver.

Le secteur étudié à Kuujjuaq est particulier parce que c'est une zone de transition située dans un estuaire où les marées sont importantes mais où le courant principal de la rivière joue aussi un rôle. De ce fait, le couvert n'est complet que durant une centaine de jours et les périodes de glaces mobiles sont fort longues. Au voisinage de l'infrastructure de Kuujjuaq, l'amplitude des marées est aussi un facteur de risque. Ainsi, c'est lorsque des niveaux d'eau élevés sont combinés avec des vents violents et de la glace en mouvement que les dommages pourraient être les plus élevés. Durant la période d'étude (2009-2012), les observations à Kuujjuaq ont montré plusieurs situations à risque mais aucune ne semble avoir causé de dégâts au brise-lames. Par ailleurs, Le secteur amont comprenant l'île Elbow est également un cas spécifique où le blocage par la glace et l'écoulement semblent différer tout au long du régime glaciaire annuel. Face au village de Kuujjuaq, une polynie est également présente tout au long de l'hiver. Le mémoire de maîtrise de Stéphanie Bleau (2012) détaille tous ces aspects.

RÉFÉRENCES

- Bleau, Stéphanie (2012) Étude du comportement des glaces dans un environnement subarctique en régime macrotidal, estuaire de la rivière Koksoak, Nunavik, Mémoire pour l'obtention du grade M.Sc. Sciences de l'eau, INRS, centre Eau, Terre, Environnement (M-1341), 235 pages, Directrice : Monique Bernier, Codirecteur : Michel Allard.
- CLERC, C., GAGNON, M., BRETON-HONEYMAN, K., TREMBLAY, M., BLEAU, S., GAUTHIER, Y., ALOUPA, S., KASUDLUAK, A., FURGAL, C., BERNIER, M., ET BARRETT, M. 2011. Changements Climatiques et Infrastructures Maritimes au Nunavik - Connaissances locales et point de vue des communautés de Quaqtuaq, Umiujaq et Kuujuaq. Rapport final présenté au ministère des Affaires Indiennes et du Nord Canada. 149 pages
- Gauthier, Y, Tremblay, M., Bernier, M. & C. Furgal (2010). Adaptation of a Radar-Based River ice Mapping Technology to the Nunavik Context. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 36: (S1), 168-185.
- Gignac, Charles (2012) Utilisation de la télédétection radar haute-résolution pour l'étude du régime glaciaire marin au voisinage des infrastructures maritimes du Nunavik. Mémoire pour l'obtention du grade M.Sc. Sciences de l'eau, INRS, centre Eau, Terre, Environnement (M-1343), 105 pages, Directrice : Monique Bernier, Codirecteur : David Clausi.

ANNEXES

ANNEXE 1

DESCRIPTION DES DIFFÉRENTES SOURCES
DE DONNÉES (CAMÉRAS, PRODUITS SATELLITAIRES
RÉGIONAUX, SATELLITE RADARSAT-2)

CAMÉRAS

Dans le cadre du projet, deux types de caméras ont été utilisés. Le choix des modèles s'est fait en considérant le coût, les températures auxquelles les caméras devraient faire face, la résolution, les possibilités d'alimentation et la présence d'un intervallo-mètre. Les modèles retenus sont très différents l'un de l'autre (Tableau 2, Figure 73), notamment afin de maximiser nos chances qu'au moins un des modèles résiste aux froides températures. Pour chaque village instrumenté, les caméras sont installées sur un poteau de bois et sont alimentées par une batterie 12v laquelle est rechargée par un panneau solaire (Figure 74).

Les caméras sont utilisées afin d'acquérir des photographies à toutes les heures de 6h à 18h. En période hivernale, l'éclairage solaire étant considérablement réduit aux latitudes des villages étudiés, les deux modèles de caméras réagissent différemment à ce changement. La caméra Reconyx possédant un capteur infrarouge, elle continue d'acquérir des photographies pour toute la durée de la période spécifiée. Cependant, les infrastructures maritimes étant situées loin des caméras, elles ne sont pas rejointes par l'éclairage infrarouge et les photographies sans éclairage naturel sont généralement noires et inutilisables. La caméra Harbortronics s'ajuste à la période d'ensoleillement et n'acquiert des photos que lorsque l'éclairage est suffisant. Après 3 années d'utilisations, plus de 50000 photos ont été acquises et analysées.

Tableau 2 Caractéristiques des caméras utilisées dans le cadre du projet

Modèle	Reconyx	Harbortronics
Description	Modèle pour amant de la nature (<i>game camera</i>)	Caméra standard munie d'un boîtier
Résolution	3,1 MP	10,2 MP
Zoom	1,7x (fixe)	3x (variable)
Angle de champ	V: 30° H: 40°	V: 17° - 48° H: 25° - 67°
Aperçu des caméras		
Coût approximatif d'acquisition	700\$US ²	2500\$US ²

² Les prix indiqués correspondent aux prix des appareils sans tenir compte des taxes, du transport et des différents produits accompagnant les caméras

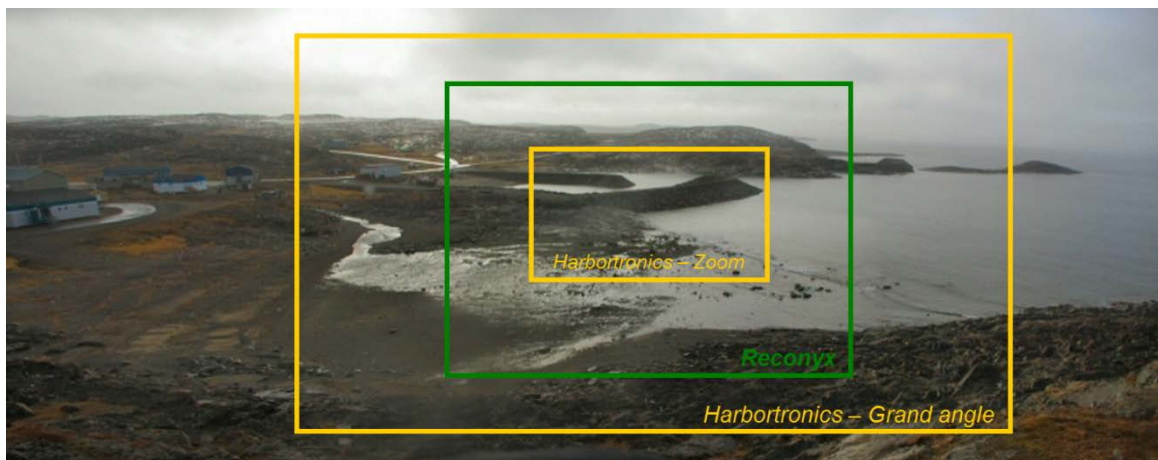


Figure 73 Comparaison des angles de champ de chacune des caméras



Figure 74 Exemple d'installation des caméras

PRODUITS RÉGIONAUX

Afin d'étudier le comportement des glaces au niveau régional, des données provenant de deux sources ont été utilisées.

La première source a été le Service canadien des glaces (SCG) dont la mission est de fournir l'information la plus exacte et ponctuelle, sur la condition des glaces et des icebergs dans les eaux navigables du Canada dans le but d'assurer la sécurité et l'efficacité des opérations maritimes et aider à protéger l'environnement au Canada. Deux produits du SCG ont été utilisés : les cartes régionales hebdomadaires des glaces et les cartes quotidiennes des glaces. Ces deux produits sont réalisés à partir de l'interprétation manuelle de données de différentes sources et sont distribués entre autre sous format vectoriel (Tableau 3). Les produits sont également distribués sous format image (Figure 75). La fréquence de production des cartes régionales hebdomadaires de glaces était variable selon la période de l'année et selon les années étudiées dans le projet (Tableau 4). Depuis avril 2009, elles sont cependant produites à toutes les semaines. Au total, près de 2200 cartes hebdomadaires et quotidiennes ont été utilisées (Tableau 5). Il en ressort que dans les premières années de la période couverte par le projet, une faible couverture de la fin de l'englacement et du début de la fonte était réalisée par les cartes régionales hebdomadaires. Quant aux cartes quotidiennes, elles sont produites dans une période où la navigation est active, soit une période présentant peu d'englacement ou de fonte.

Tableau 3 **Caractéristiques des données du Service canadien des glaces**

Service canadien des glaces	
Données sources	Combinaison d'imagerie satellitaire (Radarsat, NOAA, Modis), d'observations, etc...
Format du produit	Vectoriel
Méthode de production	Manuelle
Information	Concentration, Stade de développement (épaisseur / année), Grandeur des floes (code de l'œuf)

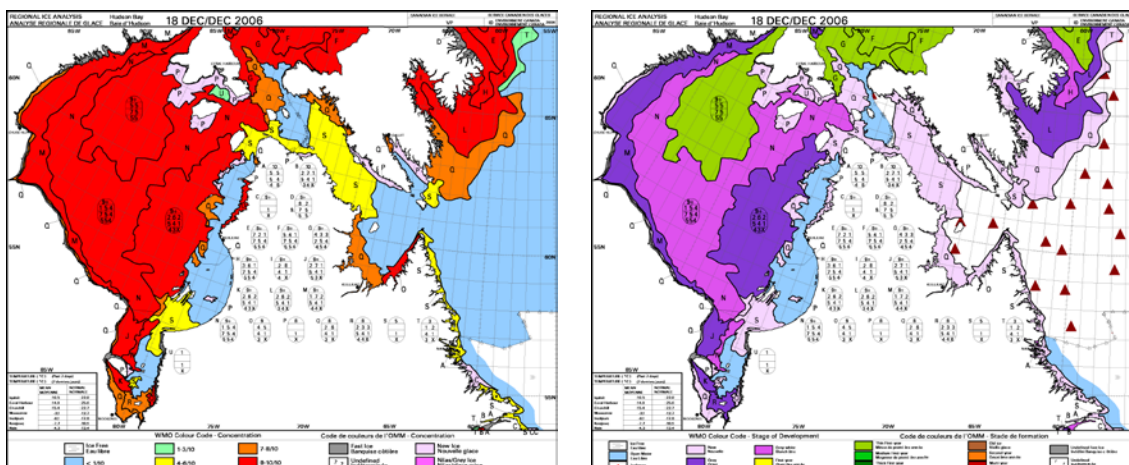


Figure 75 Exemple de produit du Service canadien des glaces. À gauche, carte de concentration de la glace. À droite, carte du stade de développement de la glace.

Tableau 4 Fréquence de production des cartes de glace du SCG

Année	Début	Fin	Fréquence
2000	1 janvier	30 avril	30 jours
	1 mai	15 juin	15 jours
	19 juin	27 novembre	7 jours
	30 juin	15 novembre	1 jour
2001	1 décembre	30 avril	30 jours
	1 mai	1 juin	15 jours
	18 juin	26 novembre	7 jours
	17 juin	4 novembre	1 jour
2002	1 décembre	31 mai	30 jours
	3 juin	25 novembre	7 jours
	24 juin	4 novembre	1 jour
2003	1 janvier	30 avril	30 jours
	1 mai	15 juin	15 jours
	23 juin	24 novembre	7 jours
	26 juin	12 novembre	1 jour

Tableau 4 **Fréquence de production des cartes de glace du SCG (suite)**

Année	Début	Fin	Fréquence
2004	1 décembre	30 avril	30 jours
	1 mai	14 juin	15 jours
	21 juin	22 novembre	7 jours
	21 juin	11 novembre	1 jour
2005	1 janvier	30 avril	30 jours
	1 mai	1 juin	15 jours
	13 juin	28 novembre	7 jours
	14 juin	28 septembre	1 jour
2006	1 janvier	30 avril	30 jours
	1 mai	15 mai	15 jours
	19 juin	27 novembre	7 jours
	19 juin	21 novembre	1 jour
2007	18 décembre	26 mars	15 jours
	2 avril	31 décembre	7 jours
	18 juin	2 décembre	1 jour
2008	14 janvier	24 mars	15 jours
	2 avril	29 décembre	7 jours
	16 juin	15 novembre	1 jour
2009	5 janvier	30 mars	15 jours
	2 avril	28 décembre	7 jours
	15 juin	15 novembre	1 jour
2010	4 janvier	27 décembre	7 jours
	21 juin	19 novembre	1 jour

Tableau 4 Fréquence de production des cartes de glace du SCG (suite)

Année	Début	Fin	Fréquence
2011	3 janvier	26 décembre	7 jours
	14 juin	3 janvier 2012	1 jour
2012	2 janvier	-	7 jours
	13 juin	-	1 jour

Tableau 5 Nombre de cartes traitées dans le cadre du projet

Année	Cartes hebdomadaires	Cartes quotidiennes	Total
2000	33	138	171
2001	32	105	137
2002	31	111	142
2003	32	136	168
2004	31	139	170
2005	32	107	139
2006	33	154	187
2007	47	167	208
2008	45	151	198
2009	47	150	199
2010	46	141	187
2011	46	188	234
2012 ³	29	0	29

La seconde source a été le National Snow and Ice Data Center (NSIDC) qui génère à partir des données acquises par le capteur satellitaire en micro-ondes passives AMSR-E des produits de concentration de glace au format matriciel (Tableau 6, Figure 76). Le capteur étant opérationnel depuis juin 2002, les données sont disponibles à partir de cette période jusqu'à octobre 2011 où il a cessé de fonctionner, pour un total de plus de 3300 journées d'opération. La fréquence d'acquisition quotidienne de même que

³ Uniquement les cartes hebdomadaires couvrant la période de fonte ont été utilisées.

l'indépendance face aux conditions météorologiques des données de micro-onde passive permet une très bonne couverture des périodes d'englacement et de fonte. Le produit repose cependant sur un algorithme de classification automatisé qui n'utilise qu'une seule source de données et ayant une faible résolution spatiale (12,5km).

Tableau 6 **Caractéristiques des données du National Snow and Ice Data Center**

National Snow and Ice Data Center (NSIDC)	
Données sources	Imagerie satellitaire (capteur AMSR-E, Micro-ondes passives)
Format du produit	Matriciel
Méthode de production	Automatique
Information	Concentration, Épaisseur de neige sur la glace

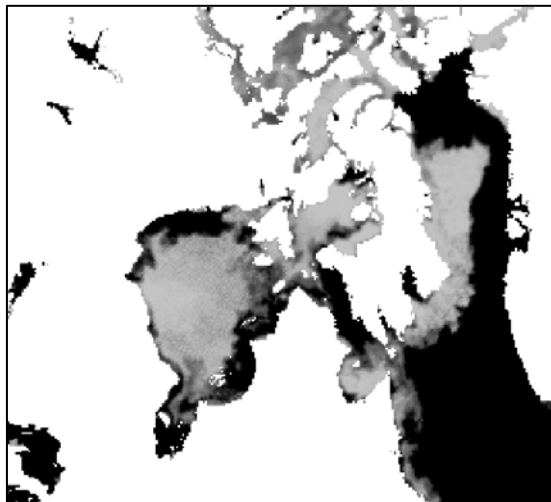


Figure 76 **Exemple de données du NSIDC**

RADARSAT-2

Au niveau supra-local, des images du satellite RADARSAT-2 en différents modes ont été utilisées pour suivre les périodes d'englacement et de fonte. Les caractéristiques des données RS-2 sont présentées dans le Tableau 7. À noter que la fréquence d'acquisition spécifiée est celle du satellite et non celle des images que nous avons utilisées. Le choix des dates d'acquisition s'est fait de façon à couvrir au maximum les périodes d'intérêt avec le nombre prédéfini d'images disponibles tout en tentant d'éviter les conflits avec les autres utilisateurs.

Tableau 7 Caractéristiques des données RADARSAT-2

RADARSAT-2			
Mode	Standard	Fin	Ultrafin
Résolution spatiale	30m	9m	3m
Couverture	100x100 km	50x 50km	25x25km
Polarisation	HH-HV	HH-HV	HH
Période d'acquisition (Englacement)	Octobre à Février		
Période d'acquisition (Fonte)	Avril à Juillet		
Fréquence d'acquisition	3-7 jours		
Nombre total d'images acquises	302		

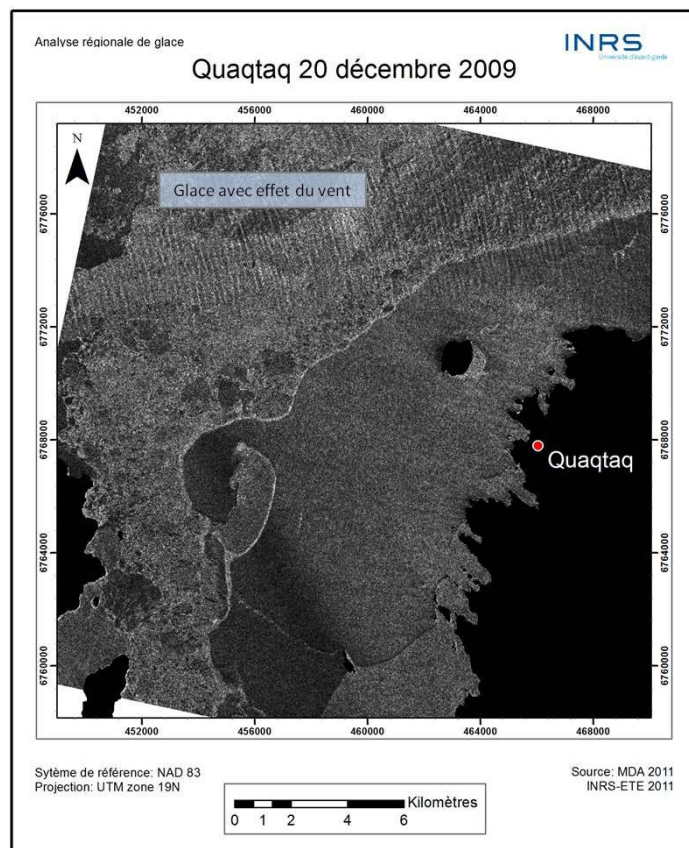


Figure 77 Exemple d'une image RADARSAT-2

ANNEXE 2

TABLEAUX SYNTHÈSES DES TEMPÉRATURES,
DES CONDITIONS CLIMATIQUES AINSI QUE
DES OBSERVATIONS DE GLACES POUR QUAQTAQ
DE 2009 À 2012

FONTE, PRINTEMPS 2009

Tableau 8 Variations des maximums de température à l'aéroport de Quaqtq durant la fonte printanière 2009

Printemps 2009 / Quaqtq				
Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
01-mars	01-avr	01-mai	01-juin	01-juil
02-mars	02-avr	02-mai	02-juin	02-juil
03-mars	03-avr	03-mai	03-juin	03-juil
04-mars	04-avr	04-mai	04-juin	04-juil
05-mars	05-avr	05-mai	05-juin	05-juil
06-mars	06-avr	06-mai	06-juin	06-juil
07-mars	07-avr	07-mai	07-juin	07-juil
08-mars	08-avr	08-mai	08-juin	08-juil
09-mars	09-avr	09-mai	09-juin	09-juil
10-mars	10-avr	10-mai	10-juin	10-juil
11-mars	11-avr	11-mai	11-juin	11-juil
12-mars	12-avr	12-mai	12-juin	12-juil
13-mars	13-avr	13-mai	13-juin	13-juil
14-mars	14-avr	14-mai	14-juin	14-juil
15-mars	15-avr	15-mai	15-juin	15-juil
16-mars	16-avr	16-mai	16-juin	16-juil
17-mars	17-avr	17-mai	17-juin	17-juil
18-mars	18-avr	18-mai	18-juin	18-juil
19-mars	19-avr	19-mai	19-juin	19-juil
20-mars	20-avr	20-mai	20-juin	20-juil
21-mars	21-avr	21-mai	21-juin	21-juil
22-mars	22-avr	22-mai	22-juin	22-juil
23-mars	23-avr	23-mai	23-juin	23-juil
24-mars	24-avr	24-mai	24-juin	24-juil
25-mars	25-avr	25-mai	25-juin	25-juil
26-mars	26-avr	26-mai	26-juin	26-juil
27-mars	27-avr	27-mai	27-juin	27-juil
28-mars	28-avr	28-mai	28-juin	28-juil
29-mars	29-avr	29-mai	29-juin	29-juil
30-mars	30-avr	30-mai	30-juin	30-juil
31-mars		31-mai		31-juil

	T max au-dessus de 0°C
	T max au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 9 Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printanière 2009 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Détroit d'Hudson	Baie Diana	Entre ile Hearn et la côte	Anse de la mission	Infrastructures maritimes
25-06-2009	UF	- fonte amorcée - détroit plutôt libre de glace	- baie encore figée dans la glace - lisière de la banquise a commencée à régresser	- eau libre + quelques glaçons éparses - glace fixe dans les anses	- anse en train de se libérer - apparition d'eau à l'embouchure de la rivière	Protégées par la glace
28-06-2009	F	- présence de sorbet dans tout le détroit - à cause d'un refroidissement les jours précédents	- lisière de la banquise continue à régresser vers la côte	- eau libre + quelques glaçons éparses - glace fixe dans les anses	- banquise côtière à 100 m des 2 infrastructures	Protégées par la glace
02-07-2009	UF	- plutôt libre de glace	- apparition de trous d'eau - floes détachés sont agglutinés contre la banquise (probablement à cause d'un vent du NO)	- mélange eau + floes+glaçons - floes varient du mètre aux centaines de mètres	- glaces revenues se coller dans l'anse - l'infrastructure n'est plus protégée par la banquise	Vulnérables
05-07-2009	UF	- champ de glace issue de la banquise côtière	- banquise côtière en phase finale de désagrégation - morceaux de banquise de l'ordre du mètre à plusieurs km	- eau libre + passage de floes et de glaçons issus de la banquise	- eau libre dans et à l'extérieur de l'infrastructure - glaçons et floes éparses dans l'anse de la mission	Vulnérables
09-07-2009	UF	- quelques glaçons à la dérive	- libre de glace avec quelques floes à la dérive	- eau libre avec qques glaçons à la dérive	- eau libre + quelques glaçons n'excédant pas plus la dizaine de mètre	Faible vulnérabilité
12-07-2009	F	- passage de floes dans le détroit	- eau libre	- eau libre	- eau libre	Exposées
16-07-2009	UF	- passage de quelques glaçons dans le détroit	- quelques glaçons de l'ordre du mètre	- quelques glaçons éparses	- eau libre	Exposées
19-07-2009	UF	- passage de quelques glaçons dans le détroit	- quelques glaçons de l'ordre du mètre	- quelques glaçons éparses	- eau libre	Exposées
22-07-2009	UF	- eau libre	- quelques petits glaçons à la dérive	- eau libre avec petits morceaux de glace de l'ordre du mètre	- eau libre	Exposées

ENGLACEMENT, AUTOMNE-HIVER 2009-2010

Tableau 10 Variations des minimums de température à l'aéroport de Quaqtq durant l'englacement 2009-2010

Automne 2009 / Quaqtq				
Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
01-oct	01-nov	01-déc	01-janv	01-févr
02-oct	02-nov	02-déc	02-janv	02-févr
03-oct	03-nov	03-déc	03-janv	03-févr
04-oct	04-nov	04-déc	04-janv	04-févr
05-oct	05-nov	05-déc	05-janv	05-févr
06-oct	06-nov	06-déc	06-janv	06-févr
07-oct	07-nov	07-déc	07-janv	07-févr
08-oct	08-nov	08-déc	08-janv	08-févr
09-oct	09-nov	09-déc	09-janv	09-févr
10-oct	10-nov	10-déc	10-janv	10-févr
11-oct	11-nov	11-déc	11-janv	11-févr
12-oct	12-nov	12-déc	12-janv	12-févr
13-oct	13-nov	13-déc	13-janv	13-févr
14-oct	14-nov	14-déc	14-janv	14-févr
15-oct	15-nov	15-déc	15-janv	15-févr
16-oct	16-nov	16-déc	16-janv	16-févr
17-oct	17-nov	17-déc	17-janv	17-févr
18-oct	18-nov	18-déc	18-janv	18-févr
19-oct	19-nov	19-déc	19-janv	19-févr
20-oct	20-nov	20-déc	20-janv	20-févr
21-oct	21-nov	21-déc	21-janv	21-févr
22-oct	22-nov	22-déc	22-janv	22-févr
23-oct	23-nov	23-déc	23-janv	23-févr
24-oct	24-nov	24-déc	24-janv	24-févr
25-oct	25-nov	25-déc	25-janv	25-févr
26-oct	26-nov	26-déc	26-janv	26-févr
27-oct	27-nov	27-déc	27-janv	27-févr
28-oct	28-nov	28-déc	28-janv	28-févr
29-oct	29-nov	29-déc	29-janv	
30-oct	30-nov	30-déc	30-janv	
31-oct		31-déc	31-janv	

	T min au-dessus de 0°C
	T min au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 11 Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour l'englacement 2009-2010

Période de la marée	Cycle lunaire 2009-2010	Prédictions astronomiques (m)	Conditions climatiques
Vives-eaux (maximum)	2 déc (NL)	9,07-1,61	Nuageux, E, 30 km/h, -4°C
	16 déc (PL)	8,09-2,53	Nuageux, vent nul, -20°C
	31 déc (NL)	8,90-1,80	N/A, ≈ -5°C
Mortes-eaux (minimum)	24 nov (3 ^e)	7,48-3,62	Neige, ONO, 32 km/h, -5°C
	9 déc (1 ^e)	8,41-2,43	Bruine et pluie E, 10 km/h, - 4°C
	24 déc (3 ^e)	7,76-3,31	Brouillard et pluie, NO

Tableau 12 Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement 2009-2010 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Détroit d'Hudson	Baie Diana	Entre ile Hearn et la côte	Anse de la mission	Infrastructures maritimes
23-11-2009	F	- eau libre	- eau libre + début englacement dans les anses	- eau libre + début englacement dans les anses	- apparition sorbet - début englacement	Exposées
26-11-2009	UF	- eau libre	- eau libre avec sorbet sur les rives - appaition de nouvelle glace côtière	- eau libre avec sorbet sur les rives - appaition de nouvelle glace côtière	- apparition sorbet - englacement continue de progresser	Exposées
30-11-2009	UF	- eau libre	- eau libre avec sorbet sur les rives - appaition de nouvelle glace côtière	- eau libre avec sorbet sur les rives - appaition de nouvelle glace côtière	- apparition sorbet - englacement continue de progresser	Exposées
03-12-2009	UF	- eau libre	- eau libre avec sorbet sur les rives (nouvelle glace) - englacement plus prononcé sur les rives SO de la baie	- eau libre avec sorbet sur les rives (nouvelle glace) - englacement plus prononcé sur les rives SO de la baie	- englacement continue de progresser	Exposées
07-12-2009	UF	- apparition généralisée de nouvelle glace (sorbet)	- englacement de la baie avancé - glace plus épaisse le long des côtes (environ 10 cm) - sorbet occupe presque la totalité de la baie	- processus englacement engagé - eau libre + nouvelle glace (sorbet) + glace plus épaisse le long des côtes	- comblée par de la nouvelle glace en processus d'épaississement	Exposées
13-12-2009	UF	- accumulation de grands floes et plaque dans le détroit	- banquise côtière encore en formation mais glaces toujours en mouvement - présence de fissures d'eau libre entre les plaques formées	- banquise côtière encore en formation mais glaces toujours en mouvement - présence de fissures d'eau libre entre les plaques formées	- banquise côtière en formation + épaississement de la glace (10 à 30 cm selon classif) - encore présence de trous d'eau	Protégées par la glace
17-12-2009	F	- grands floes à la dérive - passage de glaces exogènes	- banquise en processus de fixation à la côte mais reste en mouvement - encore quelques fissures d'eau libre	- mouvement des plaques - encore des fissures et des trous d'eau	- glace en processus d'épaississement avec quelques trous d'eau à environ 700 m de l'infrastructure	Protégées par la glace
20-12-2009	F	- détroit occupé par banquise côtière détachée de la côte + floes de différentes tailles	- environ 50% de la banquise de la baie s'est détachée - banquise reste attaché au sud et sud-ouest	- eau libre - la banquise s'est détachée - 1 morceau reste accroché à l'est de l'ile Hearn	- une plaque de glace reste dans la baie mais semble mobile - sortie de l'anse est libre d'eau	Forte Vulnérabilité Ancienne inf. semble protégée mais plaque mobile Nouvelle inf. est Exposée
24-12-2009	F	- sorbet dans le détroit	- sorbet dans une partie de la baie - partie nord de la banquise s'est décrochée et reste invisible sur l'image RS2, probablement déjà évacué par le DH - sud de la baie encore fixé à la côte	- eau libre + sorbet + banquise côtière	- banquise reformée dans l'anse - impossible de savoir précisément si c'est du sorbet ou de la glace plus épaisse	Protégées par la glace
27-12-2009	UF	- beaucoup de mouvement de glace au large. - apparition de la lisière de la banquise côtière	- solidification et consolidation de la banquise - apparition de la lisière de la banquise	- solidification à partir de floes brisés et reconsolidés	- anse principalement recouverte d'une banquise uniforme et épaisse sur laquelle viennent s'agglutiner des floes reconsolidés en provenance du large - banquise côtière stable et fixe	Protégées par la glace

Tableau 13 Description du processus d'englacement selon les photos des caméras, automne-hiver 2009-2010

Processus de formation de la glace	Dates	Courant/période	Conditions climatiques
1^{ère} apparition de sorbet temporaire sur la rive	26 oct	Morte-eau Montant	Instable, NO > 45 km/h, -4°C
Fonte de la glace initialement formée (eau chaude)	2 nov	Vive-eau Étale-HMer	Nuageux, vent faible -5°C, N/D
Banquise côtière, congélation - estran et rive - sorbet accumulé sur la rive et l'enrochement de l'infrastructure	21-24 nov 26 nov	Morte-eau, Marée basse MH et MB	Venteux, O-NO, Dégagé, V. faible, N 9 km/h
Fonte de la glace sur l'estran pas de glace au large	03 au 05 déc	Vive-eau Marée haute	Vent faible de l'E, -4°C haut niveau d'eau
Arrivée nocturne de glaces exogènes du détroit d'Hudson (radeaux) - baie Diana et anse Mission sont comblées	06 déc	Décroissant Montant	Nuageux, N NNO≈37-45 km/h, 6°C
Soudure des radeaux échoués au brise-lames et sur l'estran. Englacement initié	07 déc	Décroissant Baissant	Nuageux, NO, -7°C
Épaississement+ fixation des glaces à l'estran + présence de glace dans la marina	08-10 déc	Morte-eau Marée basses Montant	Gen,dégagé, SE-E 20 km/h, ≈-10 et -17°C

Tableau 13 Description du processus d'englacement selon les photos des caméras, automne-hiver 2009-2010

Processus de formation de la glace	Dates	Courant/période	Conditions climatiques
Glaces mobiles dans la baie Diana	14-15 déc	Croissant	Poudrerie, S-SO≈ 35-47 km/h, ≈-15°C
- épisode de fort brassage océanique (glaces entassées)	16 déc vive-eau	Baissant	Neige forte, NO à NE 35-60 km/h, ≈-2°C
Évacuation totale de l'anse de la Mission	20 déc 10:00 sur photos mais s'est produit entre le 18 et 20 déc	Décroissant Baissant	Poudrerie et verglas, E, -37 km/h, - 1,2°C
Agglomération de nouveaux radeaux + eau libre	23 déc Morte-eau le 24 déc	Décroissant Montant	Brouillard, vent nul, -11°C
Densification et consolidation de la banquise côtière	28-29 déc	Croissant Marée basse	Neige et nuageux, E et S 22 km/h = -18,8°C
Basculement et compression des glaces flottantes	01 au 04-jan 2010	Vive-eau Baissant	Nuageux, Venteux Sud, T = -21,2°C haut niveau d'eau

FONTE, PRINTEMPS 2010

Tableau 14 Variations des maximums de température à l'aéroport de Quaqtq durant la fonte printanière 2010

printemps 2010 / Quaqtq				
Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
01-mars	01-avr	01-mai	01-juin	01-juil
02-mars	02-avr	02-mai	02-juin	02-juil
03-mars	03-avr	03-mai	03-juin	03-juil
04-mars	04-avr	04-mai	04-juin	04-juil
05-mars	05-avr	05-mai	05-juin	05-juil
06-mars	06-avr	06-mai	06-juin	06-juil
07-mars	07-avr	07-mai	07-juin	07-juil
08-mars	08-avr	08-mai	08-juin	08-juil
09-mars	09-avr	09-mai	09-juin	09-juil
10-mars	10-avr	10-mai	10-juin	10-juil
11-mars	11-avr	11-mai	11-juin	11-juil
12-mars	12-avr	12-mai	12-juin	12-juil
13-mars	13-avr	13-mai	13-juin	13-juil
14-mars	14-avr	14-mai	14-juin	14-juil
15-mars	15-avr	15-mai	15-juin	15-juil
16-mars	16-avr	16-mai	16-juin	16-juil
17-mars	17-avr	17-mai	17-juin	17-juil
18-mars	18-avr	18-mai	18-juin	18-juil
19-mars	19-avr	19-mai	19-juin	19-juil
20-mars	20-avr	20-mai	20-juin	20-juil
21-mars	21-avr	21-mai	21-juin	21-juil
22-mars	22-avr	22-mai	22-juin	22-juil
23-mars	23-avr	23-mai	23-juin	23-juil
24-mars	24-avr	24-mai	24-juin	24-juil
25-mars	25-avr	25-mai	25-juin	25-juil
26-mars	26-avr	26-mai	26-juin	26-juil
27-mars	27-avr	27-mai	27-juin	27-juil
28-mars	28-avr	28-mai	28-juin	28-juil
29-mars	29-avr	29-mai	29-juin	29-juil
30-mars	30-avr	30-mai	30-juin	30-juil
31-mars		31-mai		31-juil

T max au-dessus de 0°C

T max au-dessous de 0°C

Données manquantes

Cartes de glace (RS-2)

Tableau 15 Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour la fonte 2010

Période de la marée	Cycle lunaire 2010	Prédictions astronomiques (m)	Conditions climatiques
Vives-eaux (maximum)	14 mai (PL)	8,84-1,64	Dégagé, SE, 20 km/h, > 0°C
	27 mai (NL)	9,0-1,61	Nuageux, SE, 20 km/h, 2°C
	12 juin (PL)	8,48-2,17	Nuageux, instable, 15 km/h, 4°C
	26 juin (NL)	8,64-2,10	N/D, > 5°C
Mortes-eaux (minimum)	6 mai (1 ^e)	7,81-3,01	Gén.dégagé, E, 30 km/h, - 2,5°C
	20 mai (3 ^e)	8,1-2,2	Gén, dégagé, O, 30 km/h, - 2°C
	4 juin (1 ^e)	7,68-3,68	
	19 juin (3 ^e)	8,5-2,07	Bruine, ENE, 32 km/h, 2°C Pluie, E, 48 km/h, 3°C

Tableau 16 Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printanière 2010 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Détroit d'Hudson	Baie Diana	Entre ile Hearn et la côte	Anse de la mission	Infrastructures maritimes
17-05-2010	F	- floes de très grande taille en mouvement - certains floes semblent s'être détachés de la banquise côtière	- banquise côtière fixe mais quelques floes semblent commencer à se détacher	- banquise fixe	- banquise fixe	Protégées par la glace
20-05-2010	F	- début de désagrégation + accumulation de floes exogènes à la lisière de la banquise	- banquise côtière fixe mais quel	- banquise fixe	- banquise fixe	Protégées par la glace
24-05-2010	F	- pas d'évolution depuis l'image précédente	- banquise côtière fixe mais quelques floes semblent commencer à se détacher	- banquise fixe	- banquise fixe	Protégées par la glace
27-05-2010	F	- lisière de la banquise régresse progressivement	- lisière de la banquise régresse	- banquise fixe	- banquise fixe	Protégées par la glace
30-05-2010	UF	- eau libre + mouvement de floes détachés de la banquise côtière	- lisière de la banquise régresse	- banquise fixe	- banquise fixe	Protégées par la glace
06-06-2010	UF	- évacuation de floes issus de la banquise côtière	- accentuation de la dégradation du couvert de glace - apparition de trous de fonte + failles + crêtes de pression dans la banquise	- apparition de trous de fonte + fissures - banquise en désagrégation	- amincissement de la glace dans l'Anse - glace plus mobile - apparition de trous de fonte de plusieurs mètres de large	Protégées par la glace
10-06-2010	F	- floes exogènes + glace de la banquise à la dérive	- banquise se désagrège - apparition d'eau libre dans les baies et les anses + trous de fonte dans la banquise	- trous de fonte - mélange banquise détachée et floes agglomérés	- eau libre à l'embouchure du ruisseau - eau libre à 200 et 700 m de l'infrastructure	Protégées par la glace
13-06-2010	UF	- mouvements de glaçons + floes dans le détroit	- banquise se détache en grandes plaques - fissures + trous d'eau libre	- champ de glaces plus ou moins dégradées en mouvement	- eau libre + glaçons et floes de différentes tailles	Vulnérables
17-06-2010	UF	- glaces en mouvement	- baie largement dégagée - quelques floes et glaçons à la dérive (jusqu'à plusieurs km de large)	- eau libre avec présence d'une grande plaque de glace agglomérée coincée entre l'île et la péninsule	- quelques glaçons à la dérive - infrastructure libre de glace - un glaçon à 250 m et 1 autre à 700 m, taille inférieure à 10 m	Vulnérables
20-06-2010	UF	- eau libre avec un peu de glace accrochée aux côtes	- 1 grand floe dans la baie au milieu de l'eau libre	- eau libre	- eau libre	Vulnérables

Tableau 17 Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2010

Processus de dégradation de la glace	Dates	Courant/période	Conditions climatiques
1^{ers} signes de fonte ↓ neige, + blocs visibles	08 mai	Croissant	Pluie, NO, < 0°C Bas niveaux d'eau
Apparition d'une zone de fonte à l'embouchure de la rivière.	09 mai	Croissant Baissant	Bruine, NO, > 0°C Bas niveau d'eau
Fonte thermique Trous de fonte et apport d'eau douce plus apparents	14 mai	Vive-eau Montant	Dégagé, SE 20 km/h depuis le 12 mai 2°C air chaud
Élargissement notable des infiltrations d'eau + sédiments	24 mai	Croissant Montant	Dégagé, T ≈ 2,5°C N/D
Trous de fonte, dislocation de la banquise côtière	28 mai	Vive-eau Baissant-Montant	Dégagé, S-SE 20 km/h T > 3°C hauts niveaux d'eau
Mobilité des glaces devant l'infrastructure à l'embouchure de la rivière	2 au 6 juin	Décroissant Baissant et Montant	Pluie et bruine, E 28 km/h > 2°C
Démantèlement des glaces + mise en mouvement, vent d'est pousse les glaces au large	9-16 juin	Croissant-décroissant	Nuageux, O-SE et E 22 km/h T ≈ 4 à 12°C
Évacuation des glaces de l'enceinte de la marina + va-et-vient en fonction des marées et du vent	13-19 juin	Vive-eau Baissant-Montant	Instables et variables
Fin du régime annuel	28 juin		

ENGLACEMENT, AUTOMNE-HIVER 2010-2011

Tableau 18 Variations des minimums de température à l'aéroport de Quaqtaq, englacement 2010-2011

Automne 2010 / Quaqtaq				
Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
01-oct	01-nov	01-déc	01-janv	01-févr
02-oct	02-nov	02-déc	02-janv	02-févr
03-oct	03-nov	03-déc	03-janv	03-févr
04-oct	04-nov	04-déc	04-janv	04-févr
05-oct	05-nov	05-déc	05-janv	05-févr
06-oct	06-nov	06-déc	06-janv	06-févr
07-oct	07-nov	07-déc	07-janv	07-févr
08-oct	08-nov	08-déc	08-janv	08-févr
09-oct	09-nov	09-déc	09-janv	09-févr
10-oct	10-nov	10-déc	10-janv	10-févr
11-oct	11-nov	11-déc	11-janv	11-févr
12-oct	12-nov	12-déc	12-janv	12-févr
13-oct	13-nov	13-déc	13-janv	13-févr
14-oct	14-nov	14-déc	14-janv	14-févr
15-oct	15-nov	15-déc	15-janv	15-févr
16-oct	16-nov	16-déc	16-janv	16-févr
17-oct	17-nov	17-déc	17-janv	17-févr
18-oct	18-nov	18-déc	18-janv	18-févr
19-oct	19-nov	19-déc	19-janv	19-févr
20-oct	20-nov	20-déc	20-janv	20-févr
21-oct	21-nov	21-déc	21-janv	21-févr
22-oct	22-nov	22-déc	22-janv	22-févr
23-oct	23-nov	23-déc	23-janv	23-févr
24-oct	24-nov	24-déc	24-janv	24-févr
25-oct	25-nov	25-déc	25-janv	25-févr
26-oct	26-nov	26-déc	26-janv	26-févr
27-oct	27-nov	27-déc	27-janv	27-févr
28-oct	28-nov	28-déc	28-janv	28-févr
29-oct	29-nov	29-déc	29-janv	
30-oct	30-nov	30-déc	30-janv	
31-oct		31-déc	31-janv	

	T min au-dessus de 0°C
	T min au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 19 Paramètres marégraphiques et conditions climatiques, englacement 2010-2011

Période de la marée	Cycle lunaire 2010-2011	Prédictions astronomiques (m)	Conditions climatiques
Vives-eaux (maximum)	21 dec (NL)	9,1-1,2	Brouillard, NO, 15 km/h, -2,5°C
	4 jan (PL)	8,9-1,8	Bruine et verglas, NO, 25 km/h, -2,5°C
	19 jan (NL)	8,7-1,8	Dégagé, SSO, 18 km/h, -20°C
	3 fév (PL)	8,8-1,6	N/A, ≈ -20°C
Mortes-eaux (minimum)	13 déc (3 ^e)	7,7-3,2	Nuageux, SO, 20 km/h, -15°C
	28 déc (1 ^e)	8,7-2,2	Dégagé, variable, 7 km/h, -7,5°C
	12 jan (3 ^e)	7,8-3,2	Neige en grain, variable 6 km/h, -8 °C
	26 jan (1 ^e)	8,6-2,1	Crist. glace, S, 20 km/h, -20°C

Tableau 20 Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement de l'automne 2010-2011 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Détroit d'Hudson	Baie Diana	Entre ile Hearn et la côte	Anse de la mission	Infrastructures maritimes
29-12-2010	UF	- eau libre	- début accumulation sorbet dans les anses	- eau libre + sorbet dans anse	- eau libre + très peu de sorbet	Exposées
01-01-2011	F	- nouvelle glace (sorbet) à la dérive	- eau libre avec sorbet dans certaines anses	- eau libre + sorbet dans anse	- anse presque remplie de sorbet	Exposées
05-01-2011	F	- eau libre	- eau libre + accumulation et épaissement nouvelle glace dans les anses au sud	- eau libre	- eau libre	Exposées
09-01-2011	UF	- eau libre	- eau libre	- eau libre	- eau libre	Exposées
15-01-2011	F	- transport de nouvelle glace et glace un peu plus épaisse (10-15 cm)	- encore eau libre au S-SO - banquise en formation pour le reste de la baie mais avec présence de trous d'eau par endroit	- banquise en fixation à la côte	- banquise côtière fixe dans toute l'anse	Protégées par la glace
19-01-2011	F	- transport de nouvelle glace et glace un peu plus épaisse (10-15 cm)	- encore eau libre au S-SO banquise en épaissement pour le reste de la baie (est) mais avec présence de trous d'eau par endroit	- épaissement de la banquise côtière	- épaissement de la banquise	Protégées par la glace
22-01-2011	F	- transport nouvelle glace et glace plus épaisse dans le DH. - Glace en épaissement - floes viennent frapper contre la banquise côtière	- partie S-SO toujours majoritairement libre de glace - certaines grandes plaques se détachent de la banquise mais ne partent pas au large	- solidification et consolidation de la banquise	- solidification et consolidation	Protégées par la glace

Tableau 21 Description du processus d'englacement selon les photos des caméras, automne-hiver 2010-2011

Processus de formation de la glace	Dates	Courant/période	Conditions climatiques
1^{ère} apparition de sorbet - temporaire sur la rive - glace de fond, brise-lames extérieur	13 déc	Morte-eau Montant et baissant	Dégagé, SO > 10 km/h, -14°C
Fonte de la glace initialement formée (redoux)	15 au 20 déc	Croissant	Nuageux et pluie E-ENE 30-76km/h ≈ 0 à 1°C
Glace s'accumule sur la rive par le déferlement des vagues	21 déc	Vive-eau Montant étale HM	Venteux, NO, 30-40 km/h ≈ - 6°C
Réapparition de sorbet radeaux transportés du large agrégation dans l'anse	28-29 déc	Morte-eau montant	Accalmie, dégagé, - 8°C bas niveau d'eau
1^{ère} apparition de radeaux exogènes en provenance de la baie et du détroit d'Hudson anse + proximité des deux infrastructures	31 déc Midi	Croissant Montant	Nuageux, SO ≈ 35 km/h, froid, N/D
Disparition des radeaux - des anses et de la baie Diana - dépression stagnante - glaces éloignées du littoral vers l'ouest durant 10 jours	01-10 jan	Décroissant Baissant	Nuageux, neige e pluie, E, 30-45 km/h -1 à -2°C
Réapparition de sorbet durant la nuit dans les anses	11 jan	Décroissant Marée basses Baissant	Accalmie, dégagé 0 10 km/h, ≈-5 à -10°C

Tableau 21 Description du processus d'englacement selon les photos des caméras, automne-hiver 2010-2011 (suite)

Processus de formation de la glace	Dates	Courant/période	Conditions climatiques
Baie Diana, glaces mobiles - radeaux + nilas - anse et les 2 marinas sont remplies de glace - banquise côtière en formation	13 jan 09:00	Morte-eau montant	Dégagé, SSO≈ 5-10 km/h, ≈- 15°C et plus
Épaississement thermique - + densification des glaces - baie Diana se comble - banquise côtière épaissie dans l'anse et à proximité des infrastructures	15 jan	Croissant montant	Dégagé, SO-ONO 20 km/h, - 15°C
Glaces échouées, basculées et compressées sur l'estran, (épaississement)	22 jan	Décroissant baissant	Brouillard, vent nul, -11°C
Couvert dense Solidification et consolidation de la banquise	Jan (15) -fév		Froid extrême SO-S, -18,8°C et plus

FONTE, PRINTEMPS 2011

Tableau 22 Variations des maximums de température à l'aéroport de Quaqtq durant la fonte printanière 2011

printemps 2011 / Quaqtq				
Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
01-mars	01-avr	01-mai	01-juin	01-juil
02-mars	02-avr	02-mai	02-juin	02-juil
03-mars	03-avr	03-mai	03-juin	03-juil
04-mars	04-avr	04-mai	04-juin	04-juil
05-mars	05-avr	05-mai	05-juin	05-juil
06-mars	06-avr	06-mai	06-juin	06-juil
07-mars	07-avr	07-mai	07-juin	07-juil
08-mars	08-avr	08-mai	08-juin	08-juil
09-mars	09-avr	09-mai	09-juin	09-juil
10-mars	10-avr	10-mai	10-juin	10-juil
11-mars	11-avr	11-mai	11-juin	11-juil
12-mars	12-avr	12-mai	12-juin	12-juil
13-mars	13-avr	13-mai	13-juin	13-juil
14-mars	14-avr	14-mai	14-juin	14-juil
15-mars	15-avr	15-mai	15-juin	15-juil
16-mars	16-avr	16-mai	16-juin	16-juil
17-mars	17-avr	17-mai	17-juin	17-juil
18-mars	18-avr	18-mai	18-juin	18-juil
19-mars	19-avr	19-mai	19-juin	19-juil
20-mars	20-avr	20-mai	20-juin	20-juil
21-mars	21-avr	21-mai	21-juin	21-juil
22-mars	22-avr	22-mai	22-juin	22-juil
23-mars	23-avr	23-mai	23-juin	23-juil
24-mars	24-avr	24-mai	24-juin	24-juil
25-mars	25-avr	25-mai	25-juin	25-juil
26-mars	26-avr	26-mai	26-juin	26-juil
27-mars	27-avr	27-mai	27-juin	27-juil
28-mars	28-avr	28-mai	28-juin	28-juil
29-mars	29-avr	29-mai	29-juin	29-juil
30-mars	30-avr	30-mai	30-juin	30-juil
31-mars		31-mai		31-juil

	T max au-dessus de 0°C
	T max au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 23 Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour la fonte 2011

Période de la marée	Cycle lunaire 2011	Prédictions astronomiques (m)	Conditions climatiques
Vives-eaux (maximum)	3 mai (NL)	8,86-1,70	Gen. dégagé, OSO, 25 km/h, - 10,4°C
	17 mai (PL)	9,58-1,06	Gen. nuageux, NO, 29 km/h, - 5,15°C
	1 juin (NL)	8,49-2,25	Nuageux et neige, vent nul, -1,4°C
	15 juin (PL)	9,02-1,64	Gen, dégagé, NNE 20 km/h, 4,8°C
	1 juillet (NL)	8,51-2,14	Nuageux, instable du NNE, 6,5°C
Mortes-eaux (minimum)	25 avril (3 ^e)	7,72-2,98	Poudrerie, ESE-S, 50 km/h, - 9°C
	10 mai (1 ^e)	7,98-2,80	Variable et instable, 5 km/h, -3,7°C
	24 mai (3 ^e)	7,94-2,81	Neige, NO, 22km/h, -2,27°C
	9 juin (1 ^e)	8,17-2,44	Gen, nuageux, SO 20 km/h, 3,3°C
	23 juin (3 ^e)	7,74-3,01	Gen, degage, E 10 km/h, 8,6°C

Tableau 24 Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printanière 2011 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Détroit d'Hudson	Baie Diana	Entre ile Hearn et la côte	Anse de la mission	Infrastructures maritimes
12-05-2011	F	- grandes plaques de glace + glaçons agglomérés à la dérive - collision contre la lisière de la banquise	- banquise fixe mais apparition de quelques trous d'eau - début de fonte dans les anses et baies au SO	- lisière de la banquise un peu dégradée mais banquise entre ile et anse	- pas de trace de fonte	Protégées par la glace
15-05-2011	UF	- floes et plaques de glace très compactes	- pas de progression de fonte de la banquise	- pas d'évolution	- pas de trace de fonte	Protégées par la glace
19-05-2011	F	- champ de glace : floes + plaques + glaçons - très peu d'eau libre	- pas de progression de fonte de la banquise	- apparition de quelques mares de fonte	- pas de trace de fonte	Protégées par la glace
22-05-2011	F	- champ de glace : floes + plaques + glaçons - très peu d'eau libre	- la lisière de la banquise a regressée - pour le reste, banquise fixe avec apparition de trous de fonte le long des côtes à l'ouest	- apparition de quelques mares de fonte	- pas de trace de fonte	Protégées par la glace
25-05-2011	F	- champ de glace : floes + plaques + glaçons - très peu d'eau libre	- pgression de la fonte au SO	- mares de fonte ne sont plus visible sur la carte - refroidissement	- pas de trace de fonte	Protégées par la glace
29-05-2011	UF	- champ de glace : floes + plaques + glaçons - très peu d'eau libre	- lisière de la banquise a regressée - apparition de petits trous et mares de fonte	- lisière de la banquise a regressée - apparition d'une mare de fonte assez importante à la sortie de l'anse mission - petits trous et mares de fonte	- pas de trace de fonte	Protégées par la glace
01-06-2011	F	- encore beaucoup de transport mais les morceaux ont rétrécis - peu d'eau libre	- fonte continue le long des côtes au SO - limite de la banquise regresse - de + en + de mares de fonte	- lisière de la banquise a regressée - apparition d'une mare de fonte assez importante à la sortie de l'anse mission - petits trous et mares de fonte	- pas de trace de fonte	Protégées par la glace
05-06-2011	F	- floes moins compacts, ont décollés de la banquise et partent au large	- banquise de + en + grugée - zones de fonte progressent	- banquise grugée à l'est de l'isle vers l'anse (à 1 km de la structure)	- apparition d'une mare de fonte à 300 m de l'infrastructure	Protégées par la glace
08-06-2011	F	- apparition sorbet entre les floes à la dérive mais sans compaction vers la banquise - refroidissement	- banquise toujours mais glace pourrie - trous de fonte au centre	- banquise encore accrochée à l'ile hearn mais affaiblie - apparition de sorbet (refroidissement)	- mare de fonte à 300 m de l'infrastructure	Protégées par la glace
12-06-2011	UF	- floes à la dérive se sont recompactés le long de la banquise - pourtant la lisière a regressée un peu	- recul de la banquise - patron de fonte visibles sur la banquise (glace pourrie)	- banquise décrochée de l'ile hearn	- glace de la banquise de l'anse Mission de + en + pourrie - eau libre a environ 300 m des 2 marines	Protégées par la glace
15-06-2011	F	- compaction de floes le long de la banquise - eau libre dans le détroit avec quelques floes à la dérive	- banquise recule mais bloc toujours en place	- compaction de glace exogène le long de la banquise côtière restante et jusqu'à l'ile hearn	- compaction de glace exogène dans l'anse contre la banquise toujours en place	Protégées par la glace
18-06-2011	F	- moins de glace à la dérive - bonne zone de compaction le long de la banquise	- fonte progressive de la banquise - élargissement des trous de fonte	- zone d'eau libre entourée de floes compacts	- zone d'eau libre proche de la nouvelle Infrastructure (à 150 m)	Protégées par la glace
25-06-2011	F	- détroit libre de glace	- 1 grosse plaque de 11 km x 6 km se détache de la baie Diana et de l'isle Diana pour partir au large	- eau libre + grandes plaques en provenance de la banquise à la dérive	- banquise cotiere encore présente - plaque de 400 m de large à la sortie de l'anse + quelques plaques de 100 m	Protégées par la glace
29-06-2011	F	- eau libre + quelques glaces à dérive	- quelques morceaux de banquise côtière dans les baies - mais sinon la banquise a disparue complètement	- eau libre de glace avec floes et glaçons à la dérive	- amas de glaçons de quelques mètres de large le long des infrastructures	Vulnérable

Tableau 25 Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2011

Processus de dégradation de la glace	Dates	Courant/période	Conditions climatiques
1^{ers} signes de fonte visible ↓ neige et mares de fonte	27 mai	Croissant Montant	Gen. dégagé, vents instables, T ≈ 0°C
Apparition d'une zone tachetée brunâtre (rivière)	31 mai	Croissant Baissant	Dégagé, NO 10 km/h, T ≈ 0°C
Fonte thermique avancée - mares de fonte - embouchure de la rivière plus apparente	5 juin	Décroissant Montant	Gen. dégagé, ESE 25 km/h, T ≈ 3,5°C air chaud
Trous de fonte , superficie de glace pourrie élargit	8 juin	Morte-eau Étale de haute mer	Pluie et bruine, ENE 10 km/h, T ≈ 1°C
Morcellement du couvert , Baie Diana toujours intacte	9 juin	Croissant Baissant-Montant	Dégagé, S-SE 20 km/h T > 3°C
Blocs mobiles et dessoudés du littoral baie Diana toujours intacte	13-14 juin	Croissant Montant	Pluie et nuageux, vents instables S-SE-E 30 à 20 km/h, T > 1,5°C, hauts niveaux d'eau
Bonne mobilité des glaces devant l'ancienne infrastructure (embouchure rivière)	18 juin	Décroissant Baissant et Montant	Gen. dégagé, NO 15 km/h, T ≈ 4°C hauts niveaux d'eau

Tableau 25 Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2011 (suite)

Processus de dégradation de la glace	Dates	Courant/période	Conditions climatiques
Évacuation des glaces dans l'ancienne infrastructure + et va-et-vient de débris	19 juin	Décroissant Baissant	Gen. dégagé, Vents faibles E-SE, T ≈ 5,7°C
Mobilité de la baie Diana Infrastructures toujours protégées	21 juin	Décroissant Montant	Averses de pluie, SE≈20 km/h, T ≈ 6,2°C
	22 juin	Montant et baissant	Instable, T ≈ 5,5°C
Évacuation de la glace de la nouvelle marina	25 juin	Croissant Baissant	Gen. dégagé, vents variables, T ≈ 8,5°C
Dégradation avancée de la banquise côtière autour des infrastructures	28 juin	Croissant Baissant	Nuageux, vents intenses ESE > 35 km/h, T ≈ 9,8°C
Arrivée de radeaux de glace du large	29 juin	Croissant Baissant	Brouillard, NO 25 km/h, T≈9,8°C
Fin de la fonte Glaces résiduelles (baies et anses)	Début juillet		

ENGLACEMENT, AUTOMNE-HIVER 2011-2012

Tableau 26 Variations des minimums de température à l'aéroport de Quaqtaq durant l'englacement 2011-2012

Automne 2011 / Quaqtaq				
Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
01-oct	01-nov	01-déc	01-janv	01-févr
02-oct	02-nov	02-déc	02-janv	02-févr
03-oct	03-nov	03-déc	03-janv	03-févr
04-oct	04-nov	04-déc	04-janv	04-févr
05-oct	05-nov	05-déc	05-janv	05-févr
06-oct	06-nov	06-déc	06-janv	06-févr
07-oct	07-nov	07-déc	07-janv	07-févr
08-oct	08-nov	08-déc	08-janv	08-févr
09-oct	09-nov	09-déc	09-janv	09-févr
10-oct	10-nov	10-déc	10-janv	10-févr
11-oct	11-nov	11-déc	11-janv	11-févr
12-oct	12-nov	12-déc	12-janv	12-févr
13-oct	13-nov	13-déc	13-janv	13-févr
14-oct	14-nov	14-déc	14-janv	14-févr
15-oct	15-nov	15-déc	15-janv	15-févr
16-oct	16-nov	16-déc	16-janv	16-févr
17-oct	17-nov	17-déc	17-janv	17-févr
18-oct	18-nov	18-déc	18-janv	18-févr
19-oct	19-nov	19-déc	19-janv	19-févr
20-oct	20-nov	20-déc	20-janv	20-févr
21-oct	21-nov	21-déc	21-janv	21-févr
22-oct	22-nov	22-déc	22-janv	22-févr
23-oct	23-nov	23-déc	23-janv	23-févr
24-oct	24-nov	24-déc	24-janv	24-févr
25-oct	25-nov	25-déc	25-janv	25-févr
26-oct	26-nov	26-déc	26-janv	26-févr
27-oct	27-nov	27-déc	27-janv	27-févr
28-oct	28-nov	28-déc	28-janv	28-févr
29-oct	29-nov	29-déc	29-janv	29-févr
30-oct	30-nov	30-déc	30-janv	
31-oct		31-déc	31-janv	

	T min au-dessus de 0°C
	T min au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 27 Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2011

Date	Mode	Détroit d'Hudson	Baie Diana	Entre ile Hearn et la côte	Anse de la mission	Infrastructures maritimes
27-11-2011	F	- eau libre	- début accumulation sorbet dans les anses au sud de la baie	- eau libre	- eau libre + très peu de sorbet	Exposées
07-12-2011	UF	- eau libre	- eau libre avec langue de sorbet en dérive	- eau libre + sorbet dans anse	- anse presque remplie de sorbet	Exposées
10-12-2011	F	- eau libre + sorbet en dérive	- eau libre + accumulation et épaissement nouvelle glace dans les anses au sud	- eau libre	- eau libre	Exposées
24-12-2011	F	- sorbet et plaques de glace	- épaissement de la banquise côtière + sorbet	- épaissement de la banquise côtière + sorbet	- épaissement de la banquise	Protégées par la glace
03-01-2012	F	- sorbet et plaques de glace	- épaissement de la banquise côtière + sorbet	- épaissement de la banquise côtière + sorbet	- épaissement de la banquise	Protégées par la glace
07-01-2012	UF	- plaques de glace en dérive	- épaissement de la banquise côtière	- épaissement de la banquise côtière	- banquise cotière fixe	Protégées par la glace
14-01-2012	F	- plaques de glace en dérive	- épaissement de la banquise cotière fixe	- épaissement de la banquise cotière fixe	- banquise cotière fixe	Protégées par la glace
20-01-2012	F	- grandes plaques à la dérive	- épaissement de la banquise côtière	- épaissement de la banquise côtière	- banquise cotière fixe	Protégées par la glace

Tableau 28 Description du processus d'englacement selon les photos des caméras, automne 2011-2012

Processus de formation de la glace	Dates	Courant/période	Conditions climatiques
1^{ère} apparition de sorbet - Rives des anses - glace de fond	26 nov	Montant et baissant	Nuageux, Vent calme du Sud -10 à -20°C
Langues de sorbet + accumulation de radeaux exogènes dans les anses	29 nov	Montant et baissant	Nuageux Vent fort S-SO ≈ -5°C
Anse de la mission comblée de radeaux de glace	1 déc		Venteux, O-SO, ≈ - 6°C
Évacuation des glaces de l'anse - une partie des radeaux reste sur l'estran à marée basse - début de la formation du cordon de glace autour de l'IF	3-4 déc	Montant et baissant	Températures à la hausse avec faible vent du sud
Réapparition de sorbet et de glace fine + épaissement glace sur l'Estran	5-6 déc	Morte-eau Montant et baissant	Nuageux, neige N-NO ≈ - 10 à -15°C
Radeaux de glace - accumulation et épaissement anses et baie Diana - épaissement du cordon de glace autour de l'IF	10-14 déc	croissant Montant et Baissant	Nuageux, neige Dir. Vent changeante ≈ - 10 à -15°C

Tableau 28 Description du processus d'englacement selon les photos des caméras, automne 2011-2012 (suite)

Processus de formation de la glace	Dates	Courant/période	Conditions climatiques
Épaississement thermique et élargissement vers le large de la banquise côtière - densification des glaces - la glace semble fragile avec encore quelques fissures d'eau - baie Diana se comble - banquise côtière épaissie dans l'anse et à proximité des infrastructures	15 au 25 déc	Montant et baissant	Généralement dégagé ≈ - 10 à -20°C
Couvert dense Solidification et consolidation de la banquise	25 déc- janv - fév	Montant et baissant	Froid extrême SO-S, ≈ - 10, -20°C °C et moins

FONTE, PRINTEMPS 2012

Tableau 29 Variations des maximums de température à l'aéroport de Quaqtq durant la fonte printanière 2012

printemps 2012 / Quaqtq				
Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
01-mars	01-avr	01-mai	01-juin	01-juil
02-mars	02-avr	02-mai	02-juin	02-juil
03-mars	03-avr	03-mai	03-juin	03-juil
04-mars	04-avr	04-mai	04-juin	04-juil
05-mars	05-avr	05-mai	05-juin	05-juil
06-mars	06-avr	06-mai	06-juin	06-juil
07-mars	07-avr	07-mai	07-juin	07-juil
08-mars	08-avr	08-mai	08-juin	08-juil
09-mars	09-avr	09-mai	09-juin	09-juil
10-mars	10-avr	10-mai	10-juin	10-juil
11-mars	11-avr	11-mai	11-juin	11-juil
12-mars	12-avr	12-mai	12-juin	12-juil
13-mars	13-avr	13-mai	13-juin	13-juil
14-mars	14-avr	14-mai	14-juin	14-juil
15-mars	15-avr	15-mai	15-juin	15-juil
16-mars	16-avr	16-mai	16-juin	16-juil
17-mars	17-avr	17-mai	17-juin	17-juil
18-mars	18-avr	18-mai	18-juin	18-juil
19-mars	19-avr	19-mai	19-juin	19-juil
20-mars	20-avr	20-mai	20-juin	20-juil
21-mars	21-avr	21-mai	21-juin	21-juil
22-mars	22-avr	22-mai	22-juin	22-juil
23-mars	23-avr	23-mai	23-juin	23-juil
24-mars	24-avr	24-mai	24-juin	24-juil
25-mars	25-avr	25-mai	25-juin	25-juil
26-mars	26-avr	26-mai	26-juin	26-juil
27-mars	27-avr	27-mai	27-juin	27-juil
28-mars	28-avr	28-mai	28-juin	28-juil
29-mars	29-avr	29-mai	29-juin	29-juil
30-mars	30-avr	30-mai	30-juin	30-juil
31-mars		31-mai		31-juil

	T max au-dessus de 0°C
	T max au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 30 Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printemps 2012 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Détroit d'Hudson	Baie Diana	Entre ile Hearn et la côte	Anse de la mission	Infrastructures maritimes
02-05-2012	F	- champ de glaces en mouvement : floes + plaques + glaçons	- la limite de la banquise côtière a commencé à être grugée	- banquise côtière fixe	- pas de traces de fonte	Protégées par la glace
09-05-2012	F	- champ de glaces agglutiné contre la banquise côtière	- banquise côtière fixe + apparition de trous de glace	- banquise côtière fixe	- pas de traces de fonte	Protégées par la glace
16-05-2012	F	- eau libre de glace	- la limite de la banquise côtière a regressée	- banquise côtière fixe	- pas de traces de fonte	Protégées par la glace
23-05-2012	UF	- champ de glace très concentré : floes + plaques + glaçons - très peu d'eau libre	- banquise côtière fixe s'est ré-élargie+ apparition de trous de glace	- banquise côtière fixe + apparition de trous de glace	- pas de traces de fonte	Protégées par la glace
30-05-2012	F	- champ de glaces en mouvement : floes + plaques + glaçons	- banquise côtière fixe + apparition de trous de glace	- banquise côtière fixe + apparition de grands trous de glace	- pas de traces de fonte	Protégées par la glace
06-06-2012	UF	- floes et plaques de glace en mouvement	- banquise côtière a diminuée + apparition de grands trous de glace	- grand ouverture dans la glace	- pas de traces de fonte	Protégées par la glace
13-06-2012	F	- grandes plaques détachées de la banquise de la baie Diana détachées et en mouvement dans le détroit	- en morcellement : des grandes plaques se sont détachées et le reste de la banquise est parsemée de trous de fonte	- eau libre avec glaces en mouvement	-la banquise côtière a commencé à disparaître	Protégées par la glace
19-06-2012	UF	- un peu de glace en mouvement	- banquise en train de se morceller	- eau libre avec quelques glaces en mouvement	- eau libre + un peu de glace encore accrochée au rivage	Vulnérables

Tableau 31 Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2012

Processus de dégradation de la glace	Dates	Conditions climatiques
1^{ers} signes de fonte visible ↓ neige et mares de fonte	3 mai	Nuageux , T à la hausse ≈ T > 0°C
Refroidissement Mares de fonte seulement à marée haute	5 au 8 mai	Dégagé, calme T < 0°C
Fonte thermique en progression lente - mares de fonte - embouchure de la rivière plus apparente	10 au 30 mai	variable, calme, T ≈ 0°C
Nette accélération de la fonte - apparition de mares de fonte au large	31 mai	Températures à la hausse
Morcellement du couvert à l'embouchure de la rivière, - Baie Diana toujours intacte - Quelques trous de fonte à la sortie de l'anse de la mission	4 juin	Dégagé T > 10°C
Fonte progressive de l'anse de la Mission de la côte vers le large - Blocs mobiles - Trous de fonte dans la baie Diana	5 au 13 juin	Variable
Évacuation d'une bonne partie de la glace de la baie Diana	14 juin	Gen. dégagé, T entre 0 et 10°C
Anse de la mission libre de glace fixe Quelques morceaux de glaces en dérive	17 juin	Température chaude

Tableau 31 Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2012
(suite)

Processus de dégradation de la glace	Dates	Conditions climatiques
Baie Diane presque libre de glace - Infrastructures toujours protégées par un cordon de glace fixe sur la côte - La 1 ^{ère} infrastructure est libre de glace	19 juin	Averses de pluie, Températures chaudes mais à la baisse
Retour de nombreux blocs de glace vers les anses et les baies Les infrastructures sont vulnérables puisque moins protégées	20-21 juin	Refroidissement, vent d nord
Dégagement de la baie et des anses et fonte progressive du cordon de glace - Quelques glaces résiduelles à la dérive	22 au 30 juin	Variables
Fin de la fonte Plus aucune trace de glace	1er juillet	

ANNEXE 3

TABLEAUX SYNTHÈSES DES TEMPÉRATURES,
DES CONDITIONS CLIMATIQUES AINSI QUE
DES OBSERVATIONS DE GLACES POUR UMIUJAQ
DE 2009 À 2012

FONTE, PRINTEMPS 2009

Tableau 32 Variations des maximums de température à l'aéroport d'Umiujaq durant la fonte printanière 2009

printemps 2009 / Umiujaq				
Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
01-mars	01-avr	01-mai	01-juin	01-juil
02-mars	02-avr	02-mai	02-juin	02-juil
03-mars	03-avr	03-mai	03-juin	03-juil
04-mars	04-avr	04-mai	04-juin	04-juil
05-mars	05-avr	05-mai	05-juin	05-juil
06-mars	06-avr	06-mai	06-juin	06-juil
07-mars	07-avr	07-mai	07-juin	07-juil
08-mars	08-avr	08-mai	08-juin	08-juil
09-mars	09-avr	09-mai	09-juin	09-juil
10-mars	10-avr	10-mai	10-juin	10-juil
11-mars	11-avr	11-mai	11-juin	11-juil
12-mars	12-avr	12-mai	12-juin	12-juil
13-mars	13-avr	13-mai	13-juin	13-juil
14-mars	14-avr	14-mai	14-juin	14-juil
15-mars	15-avr	15-mai	15-juin	15-juil
16-mars	16-avr	16-mai	16-juin	16-juil
17-mars	17-avr	17-mai	17-juin	17-juil
18-mars	18-avr	18-mai	18-juin	18-juil
19-mars	19-avr	19-mai	19-juin	19-juil
20-mars	20-avr	20-mai	20-juin	20-juil
21-mars	21-avr	21-mai	21-juin	21-juil
22-mars	22-avr	22-mai	22-juin	22-juil
23-mars	23-avr	23-mai	23-juin	23-juil
24-mars	24-avr	24-mai	24-juin	24-juil
25-mars	25-avr	25-mai	25-juin	25-juil
26-mars	26-avr	26-mai	26-juin	26-juil
27-mars	27-avr	27-mai	27-juin	27-juil
28-mars	28-avr	28-mai	28-juin	28-juil
29-mars	29-avr	29-mai	29-juin	29-juil
30-mars	30-avr	30-mai	30-juin	30-juil
31-mars		31-mai		31-juil

	T max au-dessus de 0°C
	T max au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 33 Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printanière 2009 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Ouest des îles Nastapoka	Détroit Nastapoka	Face à l'infrastructure	Infrastructure maritime
28-05-2009	F	- détachement de la banquise en grands floes - apparition de fissures et d'eau libre	- banquise côtière fond - trous de fonte aux pointes et à l'embouchure des cours d'eau	- grand trou de fonte sur la pointe à 200 m au N de l'inf.	Protégée par la glace
31-05-2009	UF	NA	- élargissement des trous de fonte - bris de la banquise	- grand trou de fonte plus proche de l'infrastructure	Protégée par la glace
04-06-2009	UF	- grands floes compactés contre les îles	- fusion entre plusieurs trous de fonte pour avoir une bonne proportion d'eau libre - généralement la banquise reste fixe entre les trous	- trou d'eau libre se rapproche	Protégée par la glace
07-06-2009	UF	- eau libre + quelques floes à la dérive - ligne de banquise côtière encore attachée aux îles	- majoritairement libre de glace - ligne de banquise encore attaché aux îles	- quelques petits morceaux de glace à la dérive (de l'ordre du mètre)	Vulnérable
14-06-2009	F	- floes fragmentés et compactés contre les îles - toutes tailles (du m au km)	- majoritairement libre de glace - certains floes en mouvement filtrent à travers les îles - côte généralement libre de glace	- généralement libre de glace - 1 gros glaçon à 3 km	Vulnérable
17-06-2009	UF	- floes fragmentés et compactés contre les îles - toutes tailles (du m au km)	- eau libre - apparition sorbet + quelques floes de grandes tailles (jusqu'à 1 km)	- libre de glace - floes à proximité : à 200m (environ 190 m de long) et à 50 m (25 m par 60 m)	Vulnérable
21-06-2009	UF	- ligne de glace le long des îles est décrochée - floes à la dérive vers l'ouest	- eau libre de glace avec quelques petits floes à la dérive	- eau libre	Exposée
24-06-2009	UF	NA	- généralement eau libre - beaucoup de morceaux de glace en dérive en provenance de l'ouest des îles - taille : entre le m et 200m	- eau libre - quelques morceaux de glace au large dont 1 de 150 m à 1 km	Vulnérable
28-06-2009	UF	- Eau libre + floes de toutes tailles à la dérive - fonte plus avancée des floes	- eau libre + floes de toutes tailles à la dérive - grands floes présentent des mares de fonte - quelques morceaux entre le m et la 10aine de m vont s'accumuler le long des côtes	- eau libre mais quelques floes en mouvement le long des côtes	Vulnérable
01-07-2009	F	- quelques floes en désagrégation aux larges - généralement eau libre	- eau libre avec encore quelques floes pouvant être de grande taille	- eau libre	Exposée
08-07-2009	F	- généralement eau libre - floes presque tous désagregés	- eau libre avec encore quelques floes, pouvant être de grande taille mais fortement dégradés	- eau libre	Exposée
11-07-2009	UF	- Eau libre + floes de toutes tailles à la dérive - fonte plus avancée des floes	- Eau libre + floes de toutes tailles à la dérive (entre le m et plusieurs 100aines de m)	- plusieurs 10aine de floes dans le rayon d'1 km - taille varie entre le m et plusieurs 10aine de m - certains assez proches de l'infrastructure (100-150 m)	Vulnérable
15-07-2009	UF	- Eau libre + floes de toutes tailles à la dérive - fonte plus avancée des floes	- eau libre - présence de quelques petits morceaux de glace isolés	- eau libre mais des petits morceaux de glace à la dérive	Vulnérable

ENGLACEMENT, AUTOMNE-HIVER 2009-2010

Tableau 34 Variations des minimums de température à l'aéroport d'Umiujaq durant l'englacement 2009-2010

Automne 2009 / Umiujaq				
Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
01-oct	01-nov	01-déc	01-janv	01-févr
02-oct	02-nov	02-déc	02-janv	02-févr
03-oct	03-nov	03-déc	03-janv	03-févr
04-oct	04-nov	04-déc	04-janv	04-févr
05-oct	05-nov	05-déc	05-janv	05-févr
06-oct	06-nov	06-déc	06-janv	06-févr
07-oct	07-nov	07-déc	07-janv	07-févr
08-oct	08-nov	08-déc	08-janv	08-févr
09-oct	09-nov	09-déc	09-janv	09-févr
10-oct	10-nov	10-déc	10-janv	10-févr
11-oct	11-nov	11-déc	11-janv	11-févr
12-oct	12-nov	12-déc	12-janv	12-févr
13-oct	13-nov	13-déc	13-janv	13-févr
14-oct	14-nov	14-déc	14-janv	14-févr
15-oct	15-nov	15-déc	15-janv	15-févr
16-oct	16-nov	16-déc	16-janv	16-févr
17-oct	17-nov	17-déc	17-janv	17-févr
18-oct	18-nov	18-déc	18-janv	18-févr
19-oct	19-nov	19-déc	19-janv	19-févr
20-oct	20-nov	20-déc	20-janv	20-févr
21-oct	21-nov	21-déc	21-janv	21-févr
22-oct	22-nov	22-déc	22-janv	22-févr
23-oct	23-nov	23-déc	23-janv	23-févr
24-oct	24-nov	24-déc	24-janv	24-févr
25-oct	25-nov	25-déc	25-janv	25-févr
26-oct	26-nov	26-déc	26-janv	26-févr
27-oct	27-nov	27-déc	27-janv	27-févr
28-oct	28-nov	28-déc	28-janv	28-févr
29-oct	29-nov	29-déc	29-janv	
30-oct	30-nov	30-déc	30-janv	
31-oct		31-déc	31-janv	

	T min au-dessus de 0°C
	T min au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 35 Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour l'englacement 2009-2010

Période de la marée	Cycle lunaire 2009-2010	Prédictions astronomiques (m)	Conditions climatiques
Vives-eaux (maximum)	2 déc (NL)	1,36-0,31	Neige, S, 37 km/h, -2°C
	16 déc (PL)	1,11—0,20	Neige, SSE, 37 km/h, -20°C
	31 déc (NL)	1,37-0,38	Nuageux, E, 22 km/h ≈ -20°C
Mortes-eaux (minimum)	24 nov (3 ^e)	1,34-0,43	Neige, SO, 28 km/h, -0,5°C
	9 déc (1 ^e)	1,52-0,28	Neige, S, 28 km/h, -10°C
	24 déc (3 ^e)	1,33-0,42	Bruine, neige, NNO20 km/h, ≈ -2°C

Tableau 36 Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement 2009-2010 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Ouest des îles Nastapoka	Détroit Nastapoka	Face à l'infrastructure	Infrastructure maritime
avant 23-12-2009		- RAS	- RAS	- RAS	Exposée
23-12-2009	F	- arrivée de glaces exogènes en formation - mélange de nouvelle glace (sorbet) et de glace plus épaisse allant jusqu'à 15 cm - banquise côtière en formation le long des îles Nastapoka (ouest)	- arrivée de glaces exogènes en formation - mélange de nouvelle glace (sorbet) et de glace plus épaisse allant jusqu'à 15 cm - banquise côtière en formation le long des îles Nastapoka (ouest)	- accumulation sorbet aux alentours de l'infrastructure - plaques de nilas semblent s'y greffer	Vulnérable
09-01-2010	UF	- glaces à la dérive - fissures et crêtes de pression le long des îles Nastapoka - banquise fixe le long des îles (Ouest)	- comblement du détroit par la banquise - banquise côtière en formation : pas très épaisse	- consolidation et épaississement de la banquise côtière	Protégée par la glace

Tableau 37 Description du processus d'englacement selon les photos des caméras, automne-hiver 2009-2010

Processus de formation de la glace	Reconyx Harbortronics	Courants/périodes	Conditions climatiques
1^{ers} signes de nouvelle glace - eau libre au large - sorbet dans l'infrastructure - vagues fortes + gel	10 déc	Croissant lunaire	Ventoux, E-ESE 40 km/h Neige et vagues SO 45 km/h, T ≈ -1 et -6°C
Infrastructure impraticable Agréats informes	13 déc	Croissant lunaire Marée basse	T > -10°C, vagues déferlantes, SO fort
Apparition de sorbet - radeaux - fort brassage	15 déc au 20 déc	Vive-eau Décroissant	Neige, vent fort O, T = -18°C Neige abondante
Décrochement de la banquise côtière section sud du brise-lames	21-22 déc	Décroissant Baissant	Neige, E intensité variée T ≈ 0 à -5 °C
Arrivée de radeaux de glace du nord - plus forte concentration de débris - feuillets formés pendant la nuit	25 déc 09:00	Morte-eau 24 déc Faible amplitude Baissant	Haute pression, dégagé et froid ≈ -14°C N/D = vent

Tableau 37 Description du processus d'englacement selon les photos des caméras, automne-hiver 2009-2010 (suite)

Processus de formation de la glace	Reconyx Harbortronics	Courants/périodes	Conditions climatiques
Compaction de morceaux plus denses devant l'infrastructure + expansion de la banquise vers le large	28 au 1 jan	croissant au décroissant Vive-eau = 30 déc	Nuageux, arrivée des vents NNO au l'SO forts T > -20°C
Épaississement et densification de la banquise côtière entre les îles et la côte	5 jan	Montant et baissant	Dégagé, vents E à SE forts 40 km/h T ≈ -9°C
Solidification du couvert	Jan et février		

FONTE, PRINTEMPS 2010

Tableau 38 Variations des maximums de température à l'aéroport d'Umiujaq durant la fonte printanière 2010

printemps 2010 / Umiujaq				
Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
01-mars	01-avr	01-mai	01-juin	01-juil
02-mars	02-avr	02-mai	02-juin	02-juil
03-mars	03-avr	03-mai	03-juin	03-juil
04-mars	04-avr	04-mai	04-juin	04-juil
05-mars	05-avr	05-mai	05-juin	05-juil
06-mars	06-avr	06-mai	06-juin	06-juil
07-mars	07-avr	07-mai	07-juin	07-juil
08-mars	08-avr	08-mai	08-juin	08-juil
09-mars	09-avr	09-mai	09-juin	09-juil
10-mars	10-avr	10-mai	10-juin	10-juil
11-mars	11-avr	11-mai	11-juin	11-juil
12-mars	12-avr	12-mai	12-juin	12-juil
13-mars	13-avr	13-mai	13-juin	13-juil
14-mars	14-avr	14-mai	14-juin	14-juil
15-mars	15-avr	15-mai	15-juin	15-juil
16-mars	16-avr	16-mai	16-juin	16-juil
17-mars	17-avr	17-mai	17-juin	17-juil
18-mars	18-avr	18-mai	18-juin	18-juil
19-mars	19-avr	19-mai	19-juin	19-juil
20-mars	20-avr	20-mai	20-juin	20-juil
21-mars	21-avr	21-mai	21-juin	21-juil
22-mars	22-avr	22-mai	22-juin	22-juil
23-mars	23-avr	23-mai	23-juin	23-juil
24-mars	24-avr	24-mai	24-juin	24-juil
25-mars	25-avr	25-mai	25-juin	25-juil
26-mars	26-avr	26-mai	26-juin	26-juil
27-mars	27-avr	27-mai	27-juin	27-juil
28-mars	28-avr	28-mai	28-juin	28-juil
29-mars	29-avr	29-mai	29-juin	29-juil
30-mars	30-avr	30-mai	30-juin	30-juil
31-mars		31-mai		31-juil

	T max au-dessus de 0°C
	T max au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 39 Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour la fonte 2010

Période de la marée	Cycle lunaire 2010	Prédictions astronomiques (m)	Conditions climatiques
Vives-eaux (maximum)	14 avril (PL)	1,33-0,23	Dégagé, E, 9 km/h, -6°C
	28 avril (NL)	1,53-0,39	Gen, dégagé, NO, 20 km/h, -3°C
	14 mai (PL)	1,47-0,35	Dégagé, ESE, 25 km/h, > 10°C
	27 mai (NL)	1,25-0,29	N/D, > 0°C
Mortes-eaux (minimum)	6 avril (1 ^e)	1,25-0,20	Neige, S, 20 km/h, ≈0°C
	21 avril (3 ^e)	1,45-0,48	Neige, O, 7 km/h, -5°C
	6 mai (1 ^e)	1,17-0,35	Dégagé, E, 40 km/h, 6°C
	20 mai (3 ^e)	1,44-0,27	N/D, >0°C

Tableau 40 **Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printanière 2010 (UF : Ultra-fin et F : fin)**

Date	Mode	Ouest des îles Nastapoka	Détroit Nastapoka	Face à l'infrastructure	Infrastructure maritime
02-05-2010	UF	- banquise côtière peu large encore fixée aux îles - RAS au large	- plaques de banquise encore fixées aux îles et à la côte - grandes plaques de glace mince mélangées et accrochées à celles fixées à la côte - eau libre entre les plaques	- banquise côtière encore présente - eau libre à 400 m de l'infrastructure	Protégée par la glace
06-05-2010	F	- très peu de glaçons et de floes au large (à l'ouest) - traces de glace le long des îles	- traces de glace le long des îles et de la côte - quelques plaques encore accrochées entre les îles + eau libre	- quelques morceaux de banquise encore fixés à l'infrastructure	Vulnérable
09-05-2010	UF	- RAS au large - langue de sorbet le long de quelques îles	- langue de sorbet à la dérive entre les îles et la côte + eau libre	- eau libre	Exposée

Tableau 41 Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2010

Processus de dégradation de la glace	Reconyx Harbortronics	Courants/périodes	Conditions climatiques
1^{ers} signes de fonte ↓ épaisseur de neige	27 mars	Croissant	Dégagé, temps doux < 0°C
Apparition de trous et de mares de fonte	1 au 3 avril	Vive-eau (1,2m)	Dégagé, > 0°C Vent sudiste
Apparition d' eau libre du N au S (NO de l'infrastructure)	26 avril	Croissant Baissant	Dégagé, ≈ 2°C N/D
Élargissement de la zone d'eau libre	28 avril	Vive-eau Baissant et montant	Dégagé, NE, 22km/ ≈ 9 °C courants littoraux
Démantèlement et évacuation quasi-totale de la glace entre les îles et la côte	2 mai	Décroissant Baissant	Dégagé, ≈ 1°C, N/D
Évacuation complète de la glace fixée à l'extérieur du brise-lames partie encore fixée au SO	3 mai	Vive-eau (26 avr) Baissant et Montant	Dégagé, ≈ 1°C N/D
Aucune glace à la dérive au large	3-7 mai	Morte-eau (6 mai)	Dégagé à nuageux, ≈ 30-50 km/h T ≈ 2 à 12°C
Dépression (bruine et pluie)	8-11 mai		NO et O

Tableau 41 Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2010 (suite)

Processus de dégradation de la glace	Reconyx Harbortronics	Courants/périodes	Conditions climatiques
Arrivée massive de fragments en provenance de l'O des îles et du sud du détroit Nastapoka Passage de glace du sud en direction du nord Évacuation des glaces de l'enceinte du brise-lames	11-18 mai 16 mai	 Croissant puis décroissant Montant	 Dégagé, venteux de l'O 30 km/h et du S 25 km/h, T ≈ 6 à 15°C
Fin du régime annuel	Début juin		

ENGLACEMENT, AUTOMNE-HIVER 2010-2011

Note : à cause d'un dysfonctionnement des caméras Reconyx et Harbortronics entre septembre 2010 et mars 2011, il n'y a pas de description des processus d'englacement à partir des photos.

Tableau 42 Variations des minimums de température à l'aéroport d'Umiujaq durant l'englacement 2010-2011

Automne 2010 / Umiujaq				
Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
01-oct	01-nov	01-déc	01-janv	01-févr
02-oct	02-nov	02-déc	02-janv	02-févr
03-oct	03-nov	03-déc	03-janv	03-févr
04-oct	04-nov	04-déc	04-janv	04-févr
05-oct	05-nov	05-déc	05-janv	05-févr
06-oct	06-nov	06-déc	06-janv	06-févr
07-oct	07-nov	07-déc	07-janv	07-févr
08-oct	08-nov	08-déc	08-janv	08-févr
09-oct	09-nov	09-déc	09-janv	09-févr
10-oct	10-nov	10-déc	10-janv	10-févr
11-oct	11-nov	11-déc	11-janv	11-févr
12-oct	12-nov	12-déc	12-janv	12-févr
13-oct	13-nov	13-déc	13-janv	13-févr
14-oct	14-nov	14-déc	14-janv	14-févr
15-oct	15-nov	15-déc	15-janv	15-févr
16-oct	16-nov	16-déc	16-janv	16-févr
17-oct	17-nov	17-déc	17-janv	17-févr
18-oct	18-nov	18-déc	18-janv	18-févr
19-oct	19-nov	19-déc	19-janv	19-févr
20-oct	20-nov	20-déc	20-janv	20-févr
21-oct	21-nov	21-déc	21-janv	21-févr
22-oct	22-nov	22-déc	22-janv	22-févr
23-oct	23-nov	23-déc	23-janv	23-févr
24-oct	24-nov	24-déc	24-janv	24-févr
25-oct	25-nov	25-déc	25-janv	25-févr
26-oct	26-nov	26-déc	26-janv	26-févr
27-oct	27-nov	27-déc	27-janv	27-févr
28-oct	28-nov	28-déc	28-janv	28-févr
29-oct	29-nov	29-déc	29-janv	
30-oct	30-nov	30-déc	30-janv	
31-oct		31-déc	31-janv	

	T min au-dessus de 0°C
	T min au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 43 Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement 2010-2011 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Ouest des îles Nastapoka	Détroit Nastapoka	Face à l'infrastructure	Infrastructure maritime
01-01-2011	F	- eau libre + quelques radeaux de sorbet	- eau libre	- compaction de sorbet à l'intérieur et extérieur du brise-lame	Vulnérable
07-01-2011	F	- sorbet en formation au large et en processus de fixation aux îles, en provenance du sud	- sorbet commence à se compacter entre les îles et la côte	- brise-lames entouré de sorbet	Vulnérable
11-01-2011	F	- formation de plaques de nouvelle glace (moins que 10 cm d'épaisseur) mélangées au sorbet	- sorbet commence à se compacter en radeaux - épaissement de la glace par endroit (principalement le long des îles)	- début de solidification de la banquise + épaissement de la glace à proximité du brise-lames	Vulnérable
18-01-2011	F	- grandes plaques épaisses en mouvement, séparées par des trous d'eau et des fissures - formation de la banquise côtière le long des îles	- au sud d'Umiujaq, banquise côtière formée et consolidée (épaisseur d'environ 10 à 15 cm) - au nord, eau libre avec épaissement de la banquise le long des îles uniquement	- eau libre à environ 1 km	Protégée par la glace
21-01-2011	UF	- banquise côtière en élargissement au-delà des îles suite à la compaction de plaques de glaces - crêtes de pression très visible à l'image - encore présence de fissures et d'eau libre	- au sud d'Umiujaq, banquise épaisse avec présence de glace vitreuse - au nord, solidification et épaissement mais banquise moins avancée qu'au sud	- banquise côtière	Protégée par la glace
25-01-2011	F	- décrochement (longue fissure) parallèle aux îles. - décrochement plus important au sud - mouvement des plaques vers l'ouest - formation de crêtes de pression - champ de glace : mince à épaisse (de 5 à 25 cm)	- banquise côtière fixe et solide dans tout le détroit - en cours d'épaissement	- banquise côtière	Protégée par la glace
28-01-2011	F	- longue faille le long des îles (à 1 ou 2 km) - au large, plaques épaisses et compactes agglutinées	- banquise fixe et solide dans le détroit	- banquise côtière	Protégée par la glace

FONTE, PRINTEMPS 2011

Tableau 44 Variations des maximums de température à l'aéroport d'Umiujaq durant la fonte printanière 2011

printemps 2011 / Umiujaq				
Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
01-mars	01-avr	01-mai	01-juin	01-juil
02-mars	02-avr	02-mai	02-juin	02-juil
03-mars	03-avr	03-mai	03-juin	03-juil
04-mars	04-avr	04-mai	04-juin	04-juil
05-mars	05-avr	05-mai	05-juin	05-juil
06-mars	06-avr	06-mai	06-juin	06-juil
07-mars	07-avr	07-mai	07-juin	07-juil
08-mars	08-avr	08-mai	08-juin	08-juil
09-mars	09-avr	09-mai	09-juin	09-juil
10-mars	10-avr	10-mai	10-juin	10-juil
11-mars	11-avr	11-mai	11-juin	11-juil
12-mars	12-avr	12-mai	12-juin	12-juil
13-mars	13-avr	13-mai	13-juin	13-juil
14-mars	14-avr	14-mai	14-juin	14-juil
15-mars	15-avr	15-mai	15-juin	15-juil
16-mars	16-avr	16-mai	16-juin	16-juil
17-mars	17-avr	17-mai	17-juin	17-juil
18-mars	18-avr	18-mai	18-juin	18-juil
19-mars	19-avr	19-mai	19-juin	19-juil
20-mars	20-avr	20-mai	20-juin	20-juil
21-mars	21-avr	21-mai	21-juin	21-juil
22-mars	22-avr	22-mai	22-juin	22-juil
23-mars	23-avr	23-mai	23-juin	23-juil
24-mars	24-avr	24-mai	24-juin	24-juil
25-mars	25-avr	25-mai	25-juin	25-juil
26-mars	26-avr	26-mai	26-juin	26-juil
27-mars	27-avr	27-mai	27-juin	27-juil
28-mars	28-avr	28-mai	28-juin	28-juil
29-mars	29-avr	29-mai	29-juin	29-juil
30-mars	30-avr	30-mai	30-juin	30-juil
31-mars		31-mai		31-juil

	T max au-dessus de 0°C
	T max au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 45 Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour la fonte 2011

Période de la marée	Cycle lunaire 2011	Prédictions astronomiques (m)	Conditions climatiques
Vives-eaux (maximum)	3 mai (NL)	1,21-0,24	Gén, dégagé, O, 20 km/h, -5,6°C
	17 mai (PL)	1,33-0,11	Nuageux, NO, 15 km/h, -3,2°C
	1 juin (NL)	1,18-0,25	Nuageux, NE-E, 20 km/h, 4,9°C
Mortes-eaux (minimum)	25 avril (3 ^e)	1,25-0,29	Nuageux, SO, rafales 35 km/h, -1,4°C
	10 mai (1 ^e)	1,48-0,45	Gen, dégagé, SSO, 5 km/h, 1°C
	24 mai (3 ^e)	1,25-0,23	Neige, NNO-NNE, 20km/h, -1,4°C

Tableau 46 Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printanière 2011 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Ouest des îles Nastapoka	Détroit Nastapoka	Face à l'infrastructure	Infrastructure maritime
01-05-2011	F	- plaques de glace épaisses, parcourues de fissures plus ou moins larges - longue fissure parallèle aux îles	- banquise fixe et solide - apparitions de trous de fonte au nord d'Umiujaq le long des îles et à l'embouchure des rivières	- banquise côtière	Protégée par la glace
04-05-2011	UF	- beaucoup de crêtes de pression et de trous d'eau - champ de glace hétérogène + eau - élargissement des fissures à l'O des îles	- banquise homogène sauf trous d'eau en élargissement entre les îles, le long des îles et le long de la côte	- apparition de trous de fonte le long de la côte + accumulation d'eau douce à l'embouchure des ruisseaux	Protégée par la glace
11-05-2011	F	- plaques à la dérive vers le large - beaucoup de zones de pression et de fissures - champ de glace très hétérogène	- banquise homogène mais lisse (signifie qu'elle a fondue en surface) - trous d'eau entre les îles, le long des îles et le long de la côte encore agrandis	- mode Fin ne permet de voir les trous de fonte	Protégée par la glace
14-05-2011	F	- champ de glace se détache de la banquise - accumulation de floes et de glaçons part au large	- élargissement considérable des trous de fonte (1 fait connecte les îles et la côte) - apparition de trous et/ou de mares de fonte le long de la côte - banquise côtière encore majoritairement fixe	- tous d'eau les plus proches à plusieurs centaines de mètre de l'infrastructure	Protégée par la glace
18-05-2011	F	- champ de glace de retour contre les îles	- pas d'évolution depuis l'image précédente	- pas d'évolution depuis l'image précédente	Protégée par la glace
25-05-2011	F	- majoritairement eau libre avec quelques floes et glaçons très éparses - encore une langue de banquise accrochée aux îles	- recul de la banquise vers le nord - eau libre avec quelques petits glaçons isolés	- encore un peu de glace fixée au brise-lames	Vulnérable
28-05-2011	F	- mélange de grands floes et de grandes plaques à la dérive - formation de petites langues de sorbet - langue de banquise côtière toujours accrochée aux îles	- banquise encore fixe au nord d'Umiujaq - en face Umiujaq, glace à la dérive + sorbet	- morceaux de glace passent au large du brise-lames - distance : entre plusieurs 100aines de m et 1 km	Vulnérable
04-06-2011	F	- eau libre avec trace de glace - langue de banquise côtière toujours accrochée aux îles	- banquise au nord s'est détachée de la côte et commence à disparaître - glace accrochée à l'estran	- brise-lames libre de glace	Vulnérable
07-06-2011	UF	- eau libre au large des îles + quelques glaçons - langue de banquise côtière toujours accrochée aux îles	- eau libre + glace le long des côtes	- brise-lames libre de glace	Vulnérable
11-06-2011	F	- eau libre + mélange de glace dégradée à la dérive, au large - langue de banquise côtière le long des îles	- eau libre + glace le long des côtes	- brise-lames libre de glace	Vulnérable
14-06-2011	F	- eau libre + mélange de glace dégradée à la dérive, au large - glace le long des îles	- eau libre + glace le long des côtes	- brise-lames libre de glace	Vulnérable
18-06-2011	F	- eau libre + glace le long des îles	- eau libre	- brise-lames libre de glace - encore trace de glace sur les plages	Exposée
21-06-2011	UF	- eau libre + quelques petits floes au large des îles	- eau libre	- brise-lames libre de glace - encore trace de glace sur les plages	Exposée
28-06-2011	F	- eau libre	- eau libre	- eau libre	Exposée

Tableau 47 Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2011

Processus de dégradation de la glace	Reconyx Harbortronics	Courants/périodes	Conditions climatiques
1^{ers} signes de fonte ↓ neige	1 mai	Croissant	Dégagé, temps doux 30 km/m S-SSW, T 0°C
Apparition de trous et de mares de fontes	4 Mai	Vive-eau (3 mai) décroissant	Dégagé, > 10°C Vents sud et SE
Apparition de trous de fonte + glace noire (mince)	11 mai	Croissant Montant	Gen. nuageux et pluie, T < 10°C, Vent d'est
Petit zone d'eau libre au NO du brise-lames Couvert instable et très mince	18 mai	Décroissant Baissant et montant	Dégagé, Sud, 9 km/h T > 5 °C
Évacuation nocturne totale de la banquise côtière entre les îles et la côte Bande littorale solide	19 mai	Décroissant Baissant	Dégagé, Est 25 km/h T > 15°C
Évacuation complète de la glace de l'infrastructure maritime	30 mai	Vive-eau Baissant et Montant	Dégagé, ≈ 10°C N/D
Aucune glace à la dérive au large	19-27 mai	Décroissant	Gen. dégagé. Ven variables et chauds T ≈ 2 à 25°C
Glaces résiduelles Bande littorale dégradée	27-29 mai	Croissant Baissant	
Fin du régime annuel (dominance de la dégradation thermique)	Fin juin		

ENGLACEMENT, AUTOMNE-HIVER 2011-2012

Note : à cause de la présence de buée sur les caméras Reconyx au mois de décembre 2011, il n'y a pas de description des processus d'englacement à partir des photos.

Tableau 48 Variations des minimums de température à l'aéroport d'Umiujaq durant l'englacement 2011-2012

Automne 2011 / Umiujaq				
Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
01-oct	01-nov	01-déc	01-janv	01-févr
02-oct	02-nov	02-déc	02-janv	02-févr
03-oct	03-nov	03-déc	03-janv	03-févr
04-oct	04-nov	04-déc	04-janv	04-févr
05-oct	05-nov	05-déc	05-janv	05-févr
06-oct	06-nov	06-déc	06-janv	06-févr
07-oct	07-nov	07-déc	07-janv	07-févr
08-oct	08-nov	08-déc	08-janv	08-févr
09-oct	09-nov	09-déc	09-janv	09-févr
10-oct	10-nov	10-déc	10-janv	10-févr
11-oct	11-nov	11-déc	11-janv	11-févr
12-oct	12-nov	12-déc	12-janv	12-févr
13-oct	13-nov	13-déc	13-janv	13-févr
14-oct	14-nov	14-déc	14-janv	14-févr
15-oct	15-nov	15-déc	15-janv	15-févr
16-oct	16-nov	16-déc	16-janv	16-févr
17-oct	17-nov	17-déc	17-janv	17-févr
18-oct	18-nov	18-déc	18-janv	18-févr
19-oct	19-nov	19-déc	19-janv	19-févr
20-oct	20-nov	20-déc	20-janv	20-févr
21-oct	21-nov	21-déc	21-janv	21-févr
22-oct	22-nov	22-déc	22-janv	22-févr
23-oct	23-nov	23-déc	23-janv	23-févr
24-oct	24-nov	24-déc	24-janv	24-févr
25-oct	25-nov	25-déc	25-janv	25-févr
26-oct	26-nov	26-déc	26-janv	26-févr
27-oct	27-nov	27-déc	27-janv	27-févr
28-oct	28-nov	28-déc	28-janv	28-févr
29-oct	29-nov	29-déc	29-janv	29-févr
30-oct	30-nov	30-déc	30-janv	
31-oct		31-déc	31-janv	

	T min au-dessus de 0°C
	T min au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 49 Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement 2011-2012 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Ouest des îles Nastapoka	Détroit Nastapoka	Face à l'infrastructure	Infrastructure maritime
03-12-2011	F	- RAS	- RAS	- RAS	Exposée
20-12-2011	UF	- nouvelle glace + sorbet	- nouvelle glace + langues de sorbet	- nouvelle glace + sorbet	Vulnérable
23-12-2011	F	- couvert de glace gris avec eau libre par endroit	- nouvelle glace + glace grise	- nouvelle glace + glace grise	Protégée par la glace
27-12-2011	F	- grandes plaques épaisses séparées par des fissures - formation de la banquise côtière le long des îles	- banquise côtière fixe et solide dans tout le détroit	- banquise côtière	Protégée par la glace
02-01-2012	UF	- banquise côtière en élargissement au-delà des îles - eau libre + langues de sorbet	- banquise côtière fixe et solide dans tout le détroit	- banquise côtière	Protégée par la glace
06-01-2012	F	- grandes plaques épaisses séparées par des fissures - épaississement de la banquise côtière le long des îles	- banquise côtière fixe et solide dans tout le détroit	- banquise côtière	Protégée par la glace
09-01-2012	F	- grandes plaques épaisses séparées par des fissures - épaississement de la banquise côtière le long des îles	- banquise côtière fixe et solide dans tout le détroit	- banquise côtière	Protégée par la glace
13-01-2012	UF	- grandes plaques épaisses séparées par des fissures - épaississement de la banquise côtière le long des îles	- banquise côtière fixe et solide dans tout le détroit	- banquise côtière	Protégée par la glace
20-01-2012	F	- grandes plaques épaisses séparées par des fissures - épaississement de la banquise côtière le long des îles	- banquise côtière fixe et solide dans tout le détroit	- banquise côtière	Protégée par la glace
23-01-2012	UF	- grandes plaques épaisses séparées par des fissures - épaississement de la banquise côtière le long des îles	- banquise côtière fixe et solide dans tout le détroit	- banquise côtière	Protégée par la glace
26-01-2012	F	- une fissure importante - épaississement de la banquise côtière le long des îles	- banquise côtière fixe et solide dans tout le détroit	- banquise côtière	Protégée par la glace
02-02-2012	F	- une fissure importante - épaississement de la banquise côtière le long des îles	- banquise côtière fixe et solide dans tout le détroit	- banquise côtière	Protégée par la glace

FONTE, PRINTEMPS 2012

Tableau 50 Variations des maximums de température à l'aéroport d'Umiujaq durant la fonte printanière 2012

printemps 2012 / Umiujaq				
Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
01-mars	01-avr	01-mai	01-juin	01-juil
02-mars	02-avr	02-mai	02-juin	02-juil
03-mars	03-avr	03-mai	03-juin	03-juil
04-mars	04-avr	04-mai	04-juin	04-juil
05-mars	05-avr	05-mai	05-juin	05-juil
06-mars	06-avr	06-mai	06-juin	06-juil
07-mars	07-avr	07-mai	07-juin	07-juil
08-mars	08-avr	08-mai	08-juin	08-juil
09-mars	09-avr	09-mai	09-juin	09-juil
10-mars	10-avr	10-mai	10-juin	10-juil
11-mars	11-avr	11-mai	11-juin	11-juil
12-mars	12-avr	12-mai	12-juin	12-juil
13-mars	13-avr	13-mai	13-juin	13-juil
14-mars	14-avr	14-mai	14-juin	14-juil
15-mars	15-avr	15-mai	15-juin	15-juil
16-mars	16-avr	16-mai	16-juin	16-juil
17-mars	17-avr	17-mai	17-juin	17-juil
18-mars	18-avr	18-mai	18-juin	18-juil
19-mars	19-avr	19-mai	19-juin	19-juil
20-mars	20-avr	20-mai	20-juin	20-juil
21-mars	21-avr	21-mai	21-juin	21-juil
22-mars	22-avr	22-mai	22-juin	22-juil
23-mars	23-avr	23-mai	23-juin	23-juil
24-mars	24-avr	24-mai	24-juin	24-juil
25-mars	25-avr	25-mai	25-juin	25-juil
26-mars	26-avr	26-mai	26-juin	26-juil
27-mars	27-avr	27-mai	27-juin	27-juil
28-mars	28-avr	28-mai	28-juin	28-juil
29-mars	29-avr	29-mai	29-juin	29-juil
30-mars	30-avr	30-mai	30-juin	30-juil
31-mars		31-mai		31-juil

	T max au-dessus de 0°C
	T max au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 51 Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printemps 2012 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Ouest des îles Nastapoka	Détroit Nastapoka	Face à l'infrastructure	Infrastructure maritime
24-04-2012	F	- banquise fixe sur plusieurs kilomètres - eau libre au large	- banquise fixe et solide	-banquise côtière	Protégée par la glace
28-04-2012	F	- banquise fixe sur plusieurs kilomètres - eau libre + grandes plaques en mouvement au large	- banquise fixe et solide	- banquise côtière	Protégée par la glace
01-05-2012	F	- plaques en mouvement - apparition de trous de fonte entre les îles	- banquise fixe - apparition de trous de fonte le long de la côte	- banquise fixe + trous de fonte	Protégée par la glace
08-05-2012	UF	- plaques en mouvement - progression des trous de fonte entre les îles	- banquise fixe + trous de fonte éparses	- banquise fixe + trous de fonte	Protégée par la glace
15-05-2012	F	- eau libre + glaces en mouvement	- banquise fixe + progression des trous de fonte entre les îles	- banquise fixe	Protégée par la glace
18-05-2012	UF	- banquise fixe	- banquise fixe	- banquise fixe	Protégée par la glace
22-05-2012	F	- banquise fixe + eau libre	- banquise fixe - grands trous de fonte dont un très grand au nord du village	- banquise fixe	Protégée par la glace
29-05-2012	F	- eau libre + glaces en mouvement	- eau libre + certaines sections où il subsiste des ponts de glace fixe entre la côte et les îles	- eau libre au nord de l'IF - glace fixe vis-à-vis	Protégée par la glace
08-06-2012	F	- eau libre + différents types de glace en mouvement	- eau libre + quelques glaces en mouvement	eau libre	Vulnérable
11-06-2012	F	- eau libre + différents types de glace en mouvement	- eau libre + quelques glaces en mouvement	eau libre	Vulnérable
18-06-2012	F	- eau libre + différents types de glace en mouvement	- eau libre + quelques glaces en mouvement	eau libre + plaques en mouvement aux abords de l'IF	Vulnérable

Tableau 52 Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2012

Processus de dégradation de la glace	Reconyx Harbortronics	Conditions climatiques
1^{ers} épisodes de fonte ↓ neige, glace lisse, mares de fonte	21 et 28 mars	nuageux T entre 0 et 10 °C
Épisode précoce de fonte	7 au 11 avril	T monte jusqu'à 18 °C redescend jusqu'à -15 °C
Gros coup de fonte	23 avril	La température atteint 20 °C
Apparition de plus gros trous de fonte	24 et 25 avril	T >5 °C
Progression de la fonte thermique - Amincissement du couvert de glace - Élargissement des mares de fonte - Impact des marées plus hautes	26 avril au 12 mai	Temps doux et calme Températures en moyenne au dessus de 0°C Max atteint de 25°C le 11 mai
Apparition d'eau libre proche des îles	18 mai	Variable
Décrochement de la banquise côtière en face du village glace encore présente sur la plage	30-31 mai	T > 10 °C
Eau libre + passage de glace dans le détroit Nastapoka	1 au 12 juin	Variable
Accumulation de plaques de glaces contre l'infrastructure	13-14 juin	Beau temps T entre 15 et 17 °C
Eau libre + passage de glace Ensuite c'est la fin du régime annuel	15 au 25 juin	Alternance de beaux et nuageux + quelques tempêtes

ANNEXE 4

TABLEAUX SYNTHÈSES DES TEMPÉRATURES, DES
CONDITIONS CLIMATIQUES AINSI QUE
DES OBSERVATIONS DE GLACES POUR KUUJJUAQ
DE 2009 À 2012

Note : Avant même l'installation des caméras Reconyx et Harbortronics à Kuujuaq, une Netcam, transmettant des photos journalières, fournissait des informations sur les conditions de glace de la rivière Koksoak, au niveau du village. Ainsi, la description des processus d'englacement et de fonte a été faite à partir des photos des caméras, de la Netcam, d'images MODIS et des images RADARSAT-2, pour le printemps et l'automne 2009. Cette analyse a fait l'objet d'un mémoire de maîtrise sur les régimes glaciels de la rivière Koksoak (Bleau, 2011),

FONTE, PRINTEMPS 2009

Tableau 53 Variations des maximums de température à l'aéroport de Kuujuaq durant la fonte printanière 2009

printemps 2009 / Kuujuaq				
Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
01-mars	01-avr	01-mai	01-juin	01-juil
02-mars	02-avr	02-mai	02-juin	02-juil
03-mars	03-avr	03-mai	03-juin	03-juil
04-mars	04-avr	04-mai	04-juin	04-juil
05-mars	05-avr	05-mai	05-juin	05-juil
06-mars	06-avr	06-mai	06-juin	06-juil
07-mars	07-avr	07-mai	07-juin	07-juil
08-mars	08-avr	08-mai	08-juin	08-juil
09-mars	09-avr	09-mai	09-juin	09-juil
10-mars	10-avr	10-mai	10-juin	10-juil
11-mars	11-avr	11-mai	11-juin	11-juil
12-mars	12-avr	12-mai	12-juin	12-juil
13-mars	13-avr	13-mai	13-juin	13-juil
14-mars	14-avr	14-mai	14-juin	14-juil
15-mars	15-avr	15-mai	15-juin	15-juil
16-mars	16-avr	16-mai	16-juin	16-juil
17-mars	17-avr	17-mai	17-juin	17-juil
18-mars	18-avr	18-mai	18-juin	18-juil
19-mars	19-avr	19-mai	19-juin	19-juil
20-mars	20-avr	20-mai	20-juin	20-juil
21-mars	21-avr	21-mai	21-juin	21-juil
22-mars	22-avr	22-mai	22-juin	22-juil
23-mars	23-avr	23-mai	23-juin	23-juil
24-mars	24-avr	24-mai	24-juin	24-juil
25-mars	25-avr	25-mai	25-juin	25-juil
26-mars	26-avr	26-mai	26-juin	26-juil
27-mars	27-avr	27-mai	27-juin	27-juil
28-mars	28-avr	28-mai	28-juin	28-juil
29-mars	29-avr	29-mai	29-juin	29-juil
30-mars	30-avr	30-mai	30-juin	30-juil
31-mars		31-mai		31-juil

	T max au-dessus de 0°C
	T max au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 54 Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour l'englacement 2009

Période de la marée	Cycle lunaire	Prédictions astronomiques (m)	Conditions climatiques
Marées de vives-eaux (maximum)	9 mai	6,00-0,60	Neige, N
	24 mai	6,20-0,70	Neige, O
	7 juin	5,60-0,70	Nuageux, N
Marées de mortes-eaux (minimum)	17 mai	4,20-0,70	Gén. nuageux, E
	31 mai	5,20-0,80	Nuageux, NNO
	15 juin	4,50-0,50	Gén. nuageux, ONO

Tableau 55 Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte printanière 2009 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Amont de l'infrastructure	Aval de l'infrastructure	Face à l'infrastructure	Infrastructure maritime
22-05-2009	F	- glace fixe	- front de glace à 2 km en aval	-prise dans le pied de glace de l'estran	Protégée par la glace
25-05-2009	UF	- apparition des 1ers signes de fonte	- front de glace à 1 km en aval	-prise dans le pied de glace de l'estran	Protégée par la glace
29-05-2009	UF	- processus de fonte amorcée - agrandissement de la polynie	- eau libre en aval - pied de glace toujours présent	- eau libre + front de glace en vis à vis	Protégée par la glace
01-06-2009	F	- processus de fonte progresse mais couvert de glace encore intact - front de glace entre 2 et 3 km en amont de l'IF	- beaucoup de mouvement de glace - radeaux de glace mélangés	- grosses plaques de glace à la dérive	Vulnérable
05-06-2009	UF	- front de glace en face du village, passé elbow island	- eau libre + quelques floes éparses	- eau libre - pied de glace seulement en amont (petite crique)	Vulnérable
08-06-2009	UF	- front de glace a à peine progressé vers l'amont	- eau libre + quelques floes éparses	- eau libre - pied de glace seulement en amont (petite crique)	Vulnérable
12-06-2009	UF	- front de glace a rejoint la polynie - pied de glace en train de partir	- pied de glace presque disparu - quelques floes à la derive (taille : 75 m et moins)	- pied de glace presque disparu - quelques floes à la derive (taille : 75 m et moins)	Vulnérable
15-06-2009	F	- couvert de glace parti. - pied de glace en face du village (1,2 km) - beaucoup de glace à la dérive	- glaces à la dérive de toutes tailles	- gros radeau de glace en dérive devant le brise-lames (distance : 200 m)	Vulnérable

Tableau 56 Description du processus d'englacement selon les photos de la Netcam, les images MODIS et RADARSAT-2, printemps 2009

Processus de dégradation de la glace	Netcam/ RS2/MODIS	Courants/périodes	Conditions climatiques
1^{ers} signes de fonte en aval mares sur le couvert	21 avril	Croissant lunaire Montant	Dégagé, SE T > 5°C (pm)
Signes de fonte - taches noires en amont - trous de fonte - lacs et tributaires déglacés	4 juin	Vive-eau	Pluie, N T = -0,9°C (pm)
Indices de fonte Inondation et tâches noires sur le couvert	25 mai	Vive-eau Baissant	Nuageux, SSO
Démantèlement Début en aval de l'infrastructure	13 mai	Morte-eau Baissant	Neige humide, ONO
Démantèlement Début dans la section amont - feuillets de glace mobiles - inondation des berges	1 juin	Morte-eau Baissant	Nuageux, NO à NE T > 5°C (pm)
Évacuation de la glace du chenal Fin dans la section aval	1 juin (aval)	Morte-eau Baissant	Nuageux et neige humide, NO-NE
Glaces flottantes ↑ turbidité	5 et 8 juin 4 juin	Vive-eau Basse mer 13:00	Pluie et brouillard, N à NNE

Tableau 56 Description du processus d'englacement selon les photos de la Netcam, les images MODIS et RADARSAT-2, printemps 2009 (suite).

Processus de dégradation de la glace	Netcam/ RS2/MODIS	Courants/périodes	Conditions climatiques
Débris de glace en mouvement Amont du goulet au sud	11 juin	Morte-eau Baissant	Nuageux, vent nul T = 5°C
Crêtes de poussée - cordons glaciels - pustules (estrans)	Entre 16:00 le 11 et 06:00 le 12 juin	Morte-eau Baissant	Gén. nuageux, SE à nul T > 8°C (pm)
Évacuation du pied de glace en amont sur la rive est	15 juin	Morte-eau Baissant	Gén. nuageux, ONO, T > 15°C
Évacuation fluvial rive ouest, Pied de glace (aéroport)	16 juin	Vive-eau Baissant	Nuageux, pluie, S T > 12°C (pm)
Fin du régime annuel	18 juin	Vive-eau Baissant	Gén. nuageux, N

ENGLACEMENT, AUTOMNE-HIVER 2009-2010

Tableau 57 Variations des minimums de température à l'aéroport de Kuujuaq durant l'englacement 2009-2010

Automne 2009 / Kuujuaq				
Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
01-oct	01-nov	01-déc	01-janv	01-févr
02-oct	02-nov	02-déc	02-janv	02-févr
03-oct	03-nov	03-déc	03-janv	03-févr
04-oct	04-nov	04-déc	04-janv	04-févr
05-oct	05-nov	05-déc	05-janv	05-févr
06-oct	06-nov	06-déc	06-janv	06-févr
07-oct	07-nov	07-déc	07-janv	07-févr
08-oct	08-nov	08-déc	08-janv	08-févr
09-oct	09-nov	09-déc	09-janv	09-févr
10-oct	10-nov	10-déc	10-janv	10-févr
11-oct	11-nov	11-déc	11-janv	11-févr
12-oct	12-nov	12-déc	12-janv	12-févr
13-oct	13-nov	13-déc	13-janv	13-févr
14-oct	14-nov	14-déc	14-janv	14-févr
15-oct	15-nov	15-déc	15-janv	15-févr
16-oct	16-nov	16-déc	16-janv	16-févr
17-oct	17-nov	17-déc	17-janv	17-févr
18-oct	18-nov	18-déc	18-janv	18-févr
19-oct	19-nov	19-déc	19-janv	19-févr
20-oct	20-nov	20-déc	20-janv	20-févr
21-oct	21-nov	21-déc	21-janv	21-févr
22-oct	22-nov	22-déc	22-janv	22-févr
23-oct	23-nov	23-déc	23-janv	23-févr
24-oct	24-nov	24-déc	24-janv	24-févr
25-oct	25-nov	25-déc	25-janv	25-févr
26-oct	26-nov	26-déc	26-janv	26-févr
27-oct	27-nov	27-déc	27-janv	27-févr
28-oct	28-nov	28-déc	28-janv	28-févr
29-oct	29-nov	29-déc	29-janv	
30-oct	30-nov	30-déc	30-janv	
31-oct		31-déc	31-janv	

	T min au-dessus de 0°C
	T min au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 58 Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour l'englacement 2009-2010

Période de la marée	Cycle lunaire	Prédictions astronomiques	Conditions climatiques
Vives-eaux (maximum)	2 novembre	5,30-0,80	Gén. dégagé, SO
	16 novembre	5,60-0,60	Dégagé, vent nul
	2 décembre	5,90-0,90	Gén. nuageux, E-NE
	16 décembre	5,10-0,90	Nuageux, NO
	2 janvier	6,40-0,80	Neige/Faible à nul
	15 janvier	5,40-0,90	Poudrerie, SO
	30 janvier	6,20-0,90	Poudrerie, O et NO
	14 février	5,40-0,90	Neige, N
Mortes-eaux (minimum)	26 octobre	4,00-1,10	Gén. dégagé, ONO
	9 novembre	5,00-0,80	Neige, NO
	24 novembre	4,30-0,90	Nuageux, OSO-
	9 décembre	5,30-0,80	Neige, Dégagé, SSO
	24 décembre	4,50-0,60	Neige/bruine, O-NO
	7 janvier	5,30-0,70	Poudrerie, NO
	23 janvier	4,40-0,60	Dégagé, O
	5 février	5,40-0,80	Neige, N et NNO

Tableau 59 Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement 2009-2010 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Amont de l'infrastructure	Aval de l'infrastructure	Face à l'infrastructure	Infrastructure maritime
06-11-2009	F	- glace à la dérive - pied de glace dans petites baies	- glace à la dérive - pied de glace dans petites baies	- très forte densité de glace en dérive qui suit le chenal principal à environ 100 m du brise-lames	Vulnérable
09-11-2009	UF	- plus grande densité de radeaux de frasil à la dérive - le pied de glace n'a pas progressé	- plus grande densité de radeaux de frasil à la dérive - le pied de glace n'a pas progressé	- pied de glace commence à prendre - radeaux en dérive suit le courant principal à 200 m du brise-lames	Vulnérable
13-11-2009	UF	- densité de glace augmente - pied de glace en formation sur la rive est - sorbet à la dérive	- densité de glace augmente - pied de glace en formation sur la rive est - sorbet à la dérive	- agglutination a commencé autour de l'infrastructure - pied de glace pris sur la berge en face	Vulnérable
16-11-2009	F	- densité de glace augmente encore - sorbet à la dérive	- densité de glace augmente encore - sorbet à la dérive	- frasil en dérive	Vulnérable
20-11-2009	UF	- densité de glace augmente encore - sorbet à la dérive	- densité de glace augmente encore - sorbet à la dérive	- frasil en dérive	Vulnérable
23-11-2009	UF	- densité de glace augmente encore - sorbet à la dérive	- densité de glace augmente encore - sorbet à la dérive	- frasil en dérive	Vulnérable
27-11-2009	UF	- densité de glace augmente encore - sorbet à la dérive	- densité de glace augmente encore - sorbet à la dérive	- frasil en dérive - densité augmente	Vulnérable
30-11-2009	F	- densité de glace a augmenté - pied de glace commence à se fixer à la berge	- densité de glace augmente encore - sorbet à la dérive	- frasil en dérive - progression du pied de glace - densité augmente	Vulnérable
03-12-2009	F	- progression du pied de glace - densité de glace en augmentation mais toujours en mouvement	- progression du pied de glace - densité de glace en augmentation mais toujours en mouvement	- progression du pied de glace - densité augmente encore mais toujours mouvement	Vulnérable
07-12-2009	F	- progression du pied de glace - densité de glace en augmentation mais toujours en mouvement	- progression du pied de glace - densité de glace en augmentation mais toujours en mouvement	- progression du pied de glace - densité augmente encore mais toujours mouvement	Vulnérable
10-12-2009	F	- pied de glace s'élargit - le couvert commence à fusionner entre les deux villages	- densité de glace de + en + importante	- densité de glace de + en + importante	Vulnérable
14-12-2009	UF	- pied de glace s'élargit - le couvert commence à fusionner entre les deux villages	- densité de glace de + en + importante	- densité de glace de + en + importante - pied de glace progresse	Vulnérable
17-12-2009	UF	- pied de glace bien installé - chenal toujours ouvert au centre	- radeaux à la dérive	- pas encore prise dans le pied de glace	Vulnérable
21-12-2009	UF	- pied de glace bien installé - chenal toujours ouvert au centre	- radeaux à la dérive	- brise-lames pas pris dans la glace mais cordon de glace est visible et apporte une protection	Protégée par la glace
14-01-2010	UF	- couvert de glace fixe jusqu'au front de glace	- eau libre avec pied de glace sur chaque rive	- front de glace en face du brise-lames - partie amont prise dans la glace	Protégée par la glace

Tableau 60 Description du processus d'englacement selon les photos de la Netcam, des caméras Harbortronics et Reconyx ainsi que les images MODIS et RADARSAT-2, automne-hiver 2009-2010

Processus de formation de la glace	Netcam/Reconyx Harbortronics RS2/MODIS	Courant/période	Conditions climatiques
1^{ère} apparition sorbet-frasil aval de l'infrastructure	24 octobre 09:00	Fin du Baissant (1,30 mètre)	Dégagé vent faible T = -5,8°C
1^{ère} apparition de frasil amont infrastructure	27 octobre 07:00	Morte-eau Baissant	Dégagé, venteux NO T = -9,8°C
1^e radeau de frasil mince amont et aval	27 octobre 10:00	Morte-eau Baissant	Dégagé, vent faible de l'O, T = -3°C
Apparition du pied de glace (glace de rive sur les berges et dans les baies)	27 octobre 07:00 30 octobre 16:00	Mortes-eaux, BM Étale haute mer	Venteux, O-NO, Venteux, E
Accumulation de glace sur l'estran rive ouest, glace composite	30 octobre 12:00	Vive-eau	Vent faible de l'E T = -3,4°C
Radeaux de glace - émoussés et épais - fixation des radeaux	27 novembre 06:00 01 décembre 07:00 03 décembre 06:00	Marée haute Mi-montant BM-Croissant	Nuageux, NE-3,2°C Vent moy, -6,6°C Neige, vnul, -2,3°C
Comblement intertidale entre l'infrastructure et l'aéroport	21 décembre	Morte-eau Basse mer	Dégagé, NNE

Tableau 60 Description du processus d'englacement selon les photos de la Netcam, des caméras Harbortronics et Reconyx ainsi que les images MODIS et RADARSAT-2, automne-hiver 2009-2010 (suite).

Processus de formation de la glace	Netcam/Reconyx Harbortronics RS2/MODIS	Courant/période	Conditions climatiques
Densification du couvert de glace	Mi-décembre à jan	hautes et basses	Froid extrême
Couvert de glace fixe dans l'estuaire fluvial	10 janvier 2010 12:00	croissant Marée basse croissant	Dégagé, SO T = -25,8°C
Front de glace à la rampe de la marina	12 janvier 09:00	Vive-eau Marée Haute	Neige, venteux NO T = -32,3°C
Front en aval de l'infrastructure (hors du champ de vision des caméras)	21 janvier 09:00	Morte-eau Basse mer	Généralement dégagé, NO T = -20,4°C
Front au promontoire de Cap Whale (instable)	≈ fin février 2010	Marée Haute	Dégagé, SSO T = -10,5°C

FONTE, PRINTEMPS 2010

Tableau 61 Variations des maximums de température à l'aéroport de Kuujuaq durant la fonte printanière 2010

printemps 2010 / Kuujuaq				
Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
01-mars	01-avr	01-mai	01-juin	01-juil
02-mars	02-avr	02-mai	02-juin	02-juil
03-mars	03-avr	03-mai	03-juin	03-juil
04-mars	04-avr	04-mai	04-juin	04-juil
05-mars	05-avr	05-mai	05-juin	05-juil
06-mars	06-avr	06-mai	06-juin	06-juil
07-mars	07-avr	07-mai	07-juin	07-juil
08-mars	08-avr	08-mai	08-juin	08-juil
09-mars	09-avr	09-mai	09-juin	09-juil
10-mars	10-avr	10-mai	10-juin	10-juil
11-mars	11-avr	11-mai	11-juin	11-juil
12-mars	12-avr	12-mai	12-juin	12-juil
13-mars	13-avr	13-mai	13-juin	13-juil
14-mars	14-avr	14-mai	14-juin	14-juil
15-mars	15-avr	15-mai	15-juin	15-juil
16-mars	16-avr	16-mai	16-juin	16-juil
17-mars	17-avr	17-mai	17-juin	17-juil
18-mars	18-avr	18-mai	18-juin	18-juil
19-mars	19-avr	19-mai	19-juin	19-juil
20-mars	20-avr	20-mai	20-juin	20-juil
21-mars	21-avr	21-mai	21-juin	21-juil
22-mars	22-avr	22-mai	22-juin	22-juil
23-mars	23-avr	23-mai	23-juin	23-juil
24-mars	24-avr	24-mai	24-juin	24-juil
25-mars	25-avr	25-mai	25-juin	25-juil
26-mars	26-avr	26-mai	26-juin	26-juil
27-mars	27-avr	27-mai	27-juin	27-juil
28-mars	28-avr	28-mai	28-juin	28-juil
29-mars	29-avr	29-mai	29-juin	29-juil
30-mars	30-avr	30-mai	30-juin	30-juil
31-mars		31-mai		31-juil

	T max au-dessus de 0°C
	T max au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 62 Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour la fonte 2010

Période de la marée	Cycle lunaire 2010	Prédictions astronomiques (m)	Conditions climatiques
Vives-eaux (maximum)	27 avril (NL)	6,10-0,50	Neige, N, 25 km/h, -4°C
	14 mai (PL)	5,76-0,81	Gén, dégagé, O, 10 km/h, 5,9°C
	27 mai (NL)	5,60-0,82	Dégagé, NE, 10 km/h, 11°C
	12 juin (PL)	5,56-0,75	Pluie, SO, 22 km/h, 6°C
	26 juin (NL)	5,58-0,71	Pluie, NNO, 25 km/h, 7,9°C
Mortes-eaux (minimum)	6 mai (1 ^e)	4,27-1,09	Nuages, pluie, N, ≈ 15 km/h, 1,1°C
	20 mai (3 ^e)	5,20-0,40	Neige, SO, 20 km/h, 4,6°C
	4 juin (1 ^e)	4,47-0,83	Gén nuageux, N-NO, 8 km/h, 7°C
	19 juin (3 ^e)	5,39-0,60	Pluie, instable, 30 km/h, 14,5°C

Tableau 63 Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte 2010 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Amont de l'infrastructure	Aval de l'infrastructure	Face à l'infrastructure	Infrastructure maritime
30-04-2010	F	- front de glace à 2km en amont du brise-lames	- eau libre avec pied de glace encore en place - décrochement progressif du pied de glace	- brise-lames libéré du pied de glace - quelques morceaux de glace à la dérive - cordon encore présent	Protégée par la glace
03-05-2010	UF	- front de glace à 2km en amont du brise-lames	- eau libre avec pied de glace encore en place	- quelques morceaux de glace à la dérive	Protégée par la glace
07-05-2010	UF	- front de glace à 2km en amont du brise-lames	- amas de glace à la dérive - pied de glace en décomposition	- quelques morceaux de glace à la dérive	Protégée par la glace
10-05-2010	UF	- front de glace à 2km en amont du brise-lames	- pied de glace a disparu	- quelques morceaux de glace à la dérive - glace toujours présente dans l'enceinte du brise-lames	Protégée par la glace
14-05-2010	F	- front de glace à 2km en amont du brise-lames	- amas et plaques de glace à la dérive	- quelques morceaux de glace à la dérive - glace toujours présente dans l'enceinte du brise-lames	Protégée par la glace
17-05-2010	UF	- front de glace à 2km en amont du brise-lames	- amas et plaques de glace à la dérive	- quelques morceaux de glace à la dérive - glace toujours présente dans l'enceinte du brise-lames	Protégée par la glace
20-05-2010	UF	- front de glace rendu à 3 km	- eau libre + quelques plaques à la dérive	- eau libre + morceaux de glace en dérive	Vulnérable
24-05-2010	UF	- front de glace à elbow island - chenal commence à s'ouvrir en amont de kuujjuaq	- eau libre + quelques plaques à la dérive	- eau libre + morceaux de glace en dérive	Vulnérable
27-05-2010	UF	- front de glace à laché - plaques de glace en mouvement de l'amont vers l'aval	- évacuation des plaques du chenal	- eau libre + morceaux de glace en dérive	Vulnérable
31-05-2010	F	- eaulibre avec plaques à la dérive - pied de glace a disparu	- eaulibre + plaques	- eau libre + morceaux de glace en dérive	Vulnérable
03-06-2010	UF	- eau libre	- eau libre	- eau libre	Exposée

Tableau 64 Description du processus d'englacement selon les photos de la Netcam et des caméras Harbortronics et Reconyx, fonte 2010.

Processus de dégradation de la glace	Netcam/Reconyx Harbortronics	Courants/périodes	Conditions climatiques
1^{ers} signes de fonte (amont) eau libre au nord du brise-lames sur la rive Est	07 avril	Morte-eau Baissant	Ventoux, N-NNO 25 km/h, T > -3°C
Élargissement de l'eau libre - trous de fonte - décrochement d'une grande plaque - glaces agglutinées au front de glace qui reste intact	11 avril	Croissant (14 avr) Descendant Montant	Nuageux, tr ventoux du Nord, 2 km/h T = -4°C
Front stable (au niveau de la rampe de la marina)	24 avril	Début croissant	Dégagé, NO 2 km/h T ≈ 0°C
Progression vers l'amont et collision des débris au front	25 avril	Baissant Montant	Nuageux, tr ventoux N 32 km/ T ≈ -3°C
Morcellement démantèlement - ↑ concentration de débris dans le chenal - infrastructure englacée et impraticable	28 avril	Vive-eau (PL) Montant	Neige humide, N T ≈ -1°C, Niveau d'eau très élevé

Tableau 64 Description du processus d'englacement selon les photos de la Netcam et des caméras Harbortronics et Reconyx, fonte 2010. (suite)

Processus de dégradation de la glace	Netcam/Reconyx Harbortronics	Courants/périodes	Conditions climatiques
Évacuation dense fort brassage	31-1-2 mai	Baissant	N –NNE ≈ 30 km/h pendant qq jours
Pied de glace sur la rampe a régressé Brise-lames encore bien protégé par le cordon de glace	30 avril au 10 mai	Hautes et basses	T entre -5°C et 5°C
Dégradation thermique du cordon qui entoure le brise-lames	10 au 27 mai	Hautes et basses	T entre 5°C et 20°C ensoleillé
Dégradation du pied de glace à l'intérieur + disparition du cordon à l'extérieur du brise-lames	31 mai	Vive-eau (26 avr) Baissant et Montant	Dégagé, arrivée des vents S et SSE T > 7°C

ENGLACEMENT, AUTOMNE-HIVER 2010-2011

Tableau 65 Variations des minimums de température à l'aéroport de Quaqtaq durant l'englacement 2010-2011

Automne 2010 / Kuujuaq				
Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
01-oct	01-nov	01-déc	01-janv	01-févr
02-oct	02-nov	02-déc	02-janv	02-févr
03-oct	03-nov	03-déc	03-janv	03-févr
04-oct	04-nov	04-déc	04-janv	04-févr
05-oct	05-nov	05-déc	05-janv	05-févr
06-oct	06-nov	06-déc	06-janv	06-févr
07-oct	07-nov	07-déc	07-janv	07-févr
08-oct	08-nov	08-déc	08-janv	08-févr
09-oct	09-nov	09-déc	09-janv	09-févr
10-oct	10-nov	10-déc	10-janv	10-févr
11-oct	11-nov	11-déc	11-janv	11-févr
12-oct	12-nov	12-déc	12-janv	12-févr
13-oct	13-nov	13-déc	13-janv	13-févr
14-oct	14-nov	14-déc	14-janv	14-févr
15-oct	15-nov	15-déc	15-janv	15-févr
16-oct	16-nov	16-déc	16-janv	16-févr
17-oct	17-nov	17-déc	17-janv	17-févr
18-oct	18-nov	18-déc	18-janv	18-févr
19-oct	19-nov	19-déc	19-janv	19-févr
20-oct	20-nov	20-déc	20-janv	20-févr
21-oct	21-nov	21-déc	21-janv	21-févr
22-oct	22-nov	22-déc	22-janv	22-févr
23-oct	23-nov	23-déc	23-janv	23-févr
24-oct	24-nov	24-déc	24-janv	24-févr
25-oct	25-nov	25-déc	25-janv	25-févr
26-oct	26-nov	26-déc	26-janv	26-févr
27-oct	27-nov	27-déc	27-janv	27-févr
28-oct	28-nov	28-déc	28-janv	28-févr
29-oct	29-nov	29-déc	29-janv	
30-oct	30-nov	30-déc	30-janv	
31-oct		31-déc	31-janv	

	T min au-dessus de 0°C
	T min au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 66 Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour l'englacement 2010-2011

Période de la marée	Cycle lunaire 2010-2011	Prédictions astronomiques (m)	Conditions climatiques
Vives-eaux (maximum)	21 nov (NL)	5,60-0,70	Gén, dégagé, O, 21 km/h, $\approx -7^{\circ}\text{C}$
	5 déc (PL)	5,90-0,60	
	21 déc (NL)	5,70-0,80	Bruine, N-NE, 15 km/h, $\approx 2^{\circ}\text{C}$
	4 jan (PL)	5,80-0,70	Gén, nuageux, N, < 10 km/h, -6°C
	19 jan (NL)	5,70-0,70	Instable, NNO-N, 15 km/h, -5°C Dégagé, SSO, 12 km/h, -27°C
Mortes-eaux (minimum)	28 nov (1 ^e)	5,40-0,50	Neige, SO, 25 km/h, $\approx -3^{\circ}\text{C}$
	13 déc (3 ^e)	4,50-0,70	Nuageux, N, $\approx 10\text{ km/h}$, -18°C
	28 déc (1 ^e)	5,50-0,60	Instable, nul, 0-5 km/h, -14°C
	12 jan (3 ^e)	4,20-0,50	Gén nuageux/neige, Nul, -13°C
	26 jan (1 ^e)	5,40-0,70	Dégagé, S-SSO, < 10 km/h, -30°C

Tableau 67 Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement 2010-2011 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Amont de l'infrastructure	Aval de l'infrastructure	Face à l'infrastructure	Infrastructure maritime
08-11-2010	F	- eau libre	- eau libre	- eau libre	Exposée
15-11-2010		- eau libre + possibilité de radeaux de frasil	- eau libre + possibilité de radeaux de frasil	- eau libre + possibilité de radeaux de frasil	Vulnérable
22-11-2010		- forte densité de frasil en dérive - début de pied de glace dans petites baies sur la rive est	- forte densité de frasil en dérive - début de pied de glace dans petites baies sur la rive est	- forte densité de frasil en dérive - début de pied de glace dans petites baies sur la rive est	Vulnérable
25-11-2010		- forte densité de frasil en dérive - début de pied de glace dans petites baies sur la rive est	- forte densité de frasil en dérive - début de pied de glace dans petites baies sur la rive est	- forte densité de frasil en dérive - début de pied de glace dans petites baies sur la rive est	Vulnérable
02-12-2010		- moins grosse densité de frasil en dérive - pied de glace en formation le long des rives	- moins grosse densité de frasil en dérive - pied de glace en formation le long des rives	- pied de glace en épaissement	Protégée par la glace
05-12-2010		- eau libre	- eau libre	- eau libre + pied de glace toujours présent	Protégée par la glace
09-12-2010		- traces de frasil en surface	- traces de frasil en surface	- pied de glace dégradé depuis la dernière fois	Protégée par la glace
12-12-2010		- pied de glace en formation - mouvement de grands floes concentrés	- pied de glace en formation - mouvement de grands floes concentrés	- mouvement de grands floes	Protégée par la glace
16-12-2010		- pied de glace en formation - mouvement de grands floes concentrés	- pied de glace en formation - mouvement de grands floes concentrés	- mouvement de grands floes	Protégée par la glace
19-12-2010		- pied de glace en formation - mouvement de grands floes concentrés	- pied de glace en formation - mouvement de grands floes concentrés	- mouvement de grands floes	Protégée par la glace
26-12-2010		- front de glace en amont de kuujuaq (au goulet à environ 12 km)	- pied de glace en formation - mouvement de grands floes concentrés	- mouvement de grands floes	Protégée par la glace
29-12-2010	UF	- mouvement de grandes plaques de glace	- mouvement de grandes plaques de glace	- pied de glace assez épaissi	Protégée par la glace
02-01-2011		- front de glace se rapproche de l'aéroport - toujours glace en dérive	- pied de glace s'épaissit - mouvement de grandes plaques de glace	- pied de glace épaissit - mouvement de grandes plaques de glace	Protégée par la glace
09-01-2011		- pied de glace élargit - front de glace n'a pas progressé - mouvement de glace dans tout le chenal	- pied de glace élargit - mouvement de glace dans tout le chenal	- cordon autour du brise-lames rendu assez important	Protégée par la glace
15-01-2011		- pied de glace élargit - front de glace n'a pas progressé - mouvement de glace dans tout le chenal	- pied de glace élargit - mouvement de glace dans tout le chenal	- cordon autour du brise-lames rendu assez important	Protégée par la glace
22-01-2011		- front de glace en face de l'aéroport - pied de glace largement élargi - mouvements de glaces	- pied de glace a progressé	- infrastructure commence à être complètement prise dans le pied de glace	Protégée par la glace
29-01-2011		- front de glace a progressé d'environ 1,5 km	- mouvement de radeaux de glace	- pied de glace a progressé sur la rampe à côté du brise-lames	Protégée par la glace

Tableau 68 Description du processus d'englacement selon les photos de la Netcam et des caméras Harbortronics et Reconyx, englacement 2010-2011.

Processus de formation de la glace	Netcam/Reconyx Harbortronics	Courant/période	Conditions climatiques
1^{ère} apparition sorbet-frasil (aval de l'infrastructure)	15 nov	Morte-eau 18 nov	Nuage, venteux O 35km/h, T = -9,8°C
1^{ère} apparition de radeaux frasil - Recouvrement des rochers	20 nov	Morte-eau Baissant Montant	Neige, venteux O 26 km/h, T = -5°C
Pied de glace (glace de rive; mares et berges, radeaux)	23 nov	Vive-eau étaie haute mer	Venteux, O-NO, Venteux, E26 km/h
Accumulation de glace (depuis 1 semaine) - pied de glace épaissi sur la rive - cordon de glace en épaississement sur l'infrastructure	30 nov	Morte –eau Montant	Vent faible de l'E T = -3,4°C
Redoux + fonte massive Glaces résiduelles sur les rives	1 au 8 décembre	Morte-eau et vive-eau	Temps variable et pluie, vent faible, JEU du sud et du nord, T > 1°C

Tableau 68 Description du processus d'englacement selon les photos de la Netcam et des caméras Harbortronics et Reconyx, englacement 2010-2011. (suite)

Processus de formation de la glace	Netcam/Reconyx Harbortronics	Courant/période	Conditions climatiques
Collisions au brise-lames + dislocation + morcellement - cordon de glace sur l'infrastructure a fondu - accumulation de débris en amont	06 décembre	Vive-eau 5 déc	Redoux. Vents très variables S, E, N T = -1 à 4°C Pluie
Reprise de la formation de glace - cordon de glace sur le brise-lames devenu épais = rôle protecteur	9-10 déc 12 décembre	Croissant lunaire Haute et basse	Nuageux, vent fort O, 30 km/h T = -10°C
Radeaux coalescents, (émoussé et épais)	13-19 déc	Marée haute	Nuageux, NE -8,2°C
Progression vers l'aval du front de glace Refroidissement éolien	Mi-janvier à feb		N0 au SO
Gel rive à rive de la rivière en face de l'infrastructure Températures extrêmes	13 feb	Morte-eau étale HM nuit	Dégagé, cristaux de glace vent SO 10 km/h T = -32°C

FONTE, PRINTEMPS 2011

Tableau 69 Variations des maximums de température à l'aéroport de Kuujuaq durant la fonte printanière 2011

printemps 2011 / Kuujuaq				
Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
01-mars	01-avr	01-mai	01-juin	01-juil
02-mars	02-avr	02-mai	02-juin	02-juil
03-mars	03-avr	03-mai	03-juin	03-juil
04-mars	04-avr	04-mai	04-juin	04-juil
05-mars	05-avr	05-mai	05-juin	05-juil
06-mars	06-avr	06-mai	06-juin	06-juil
07-mars	07-avr	07-mai	07-juin	07-juil
08-mars	08-avr	08-mai	08-juin	08-juil
09-mars	09-avr	09-mai	09-juin	09-juil
10-mars	10-avr	10-mai	10-juin	10-juil
11-mars	11-avr	11-mai	11-juin	11-juil
12-mars	12-avr	12-mai	12-juin	12-juil
13-mars	13-avr	13-mai	13-juin	13-juil
14-mars	14-avr	14-mai	14-juin	14-juil
15-mars	15-avr	15-mai	15-juin	15-juil
16-mars	16-avr	16-mai	16-juin	16-juil
17-mars	17-avr	17-mai	17-juin	17-juil
18-mars	18-avr	18-mai	18-juin	18-juil
19-mars	19-avr	19-mai	19-juin	19-juil
20-mars	20-avr	20-mai	20-juin	20-juil
21-mars	21-avr	21-mai	21-juin	21-juil
22-mars	22-avr	22-mai	22-juin	22-juil
23-mars	23-avr	23-mai	23-juin	23-juil
24-mars	24-avr	24-mai	24-juin	24-juil
25-mars	25-avr	25-mai	25-juin	25-juil
26-mars	26-avr	26-mai	26-juin	26-juil
27-mars	27-avr	27-mai	27-juin	27-juil
28-mars	28-avr	28-mai	28-juin	28-juil
29-mars	29-avr	29-mai	29-juin	29-juil
30-mars	30-avr	30-mai	30-juin	30-juil
31-mars		31-mai		31-juil

	T max au-dessus de 0°C
	T max au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 70 Paramètres marégraphiques et conditions climatiques pour la fonte 2011

Période de la marée	Cycle lunaire 2011	Prédictions astronomiques (m)	Conditions climatiques
Vives-eaux (maximum)	18 avril (PL)	6,27-0,46	Neige, Nord, 18 km/h, -11,2°C
	3 mai (NL)	5,51-0,70	Gén, dégagé, O, 20 km/h, - 5,6°C
	17 mai (PL)	6,13-0,51	Nuageux, NO, 15 km/h, -3,2°C
	1 juin (NL)	5,32-0,71	Nuageux, NE-E, 20 km/h, 4,9°C
Mortes-eaux (minimum)	25 avril (3 ^e)	4,88-1,08	Nuageux, SO, rafales 35 km/h, - 1,4°C
	10 mai (1 ^e)	5,08-0,74	Gen, dégagé, SSO, 5 km/h, 1°C
	24 mai (3 ^e)	4,95-0,97	Neige, NNO-NNE, 20km/h, -1,4°C

Tableau 71 Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte 2011 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Amont de l'infrastructure	Aval de l'infrastructure	Face à l'infrastructure	Infrastructure maritime
28-04-2011	- couvert de glace fixe	- front de glace à Cap Whale	- couvert de glace fixe	Protégée par la glace
02-05-2011	- couvert de glace fixe	- front de glace à Cap Whale	- couvert de glace fixe	Protégée par la glace
05-05-2011	- couvert de glace fixe	- front de glace à Cap Whale	- couvert de glace fixe	Protégée par la glace
12-05-2011	- couvert de glace fixe	- front de glace a régressé d'1 km environ vers l'infrastructure	- couvert de glace fixe	Protégée par la glace
15-05-2011	- couvert de glace fixe	- glaces en mouvement (issues du couvert de glace)	- front de glace en face du brise-lames	Protégée par la glace
19-05-2011	- couvert de glace fixe	- glaces en mouvement (issues du couvert de glace)	- front de glace en face du brise-lames	Protégée par la glace
22-15-2011	- front de glace 1km en amont	- glaces en mouvement (issues du couvert de glace)	- cordon avec eau libre en avant - glace à l'intérieur de l'infrastructure	Protégée par la glace
26-05-12011	- front de glace 1km en amont	- glaces en mouvement (issues du couvert de glace)	- cordon avec eau libre en avant - glace à l'intérieur de l'infrastructure	Protégée par la glace
29-05-2011	- front de glace 1km en amont	- glaces en mouvement (issues du couvert de glace)	- cordon avec eau libre en avant - glace à l'intérieur de l'infrastructure	Protégée par la glace
02-06-2011	- front de glace 1km en amont - front commence à se désagréger	- glaces en mouvement (issues du couvert de glace)	- cordon avec eau libre en avant - glace à l'intérieur de l'infrastructure	Protégée par la glace
05-06-2011	- front de glace 3 km en amont	- glaces en mouvement (issues du couvert de glace)	- mouvement de glaces issues de front de glace	Vulnérable
12-06-2011	- front de glace à Elbow Island	- glaces en mouvement (issues du couvert de glace)	- glace a fondue dans l'enceinte du brise-lames - cordon a presque disparu	Vulnérable
15-06-2011	- eau libre	- eau libre	- cordon a disparu	Exposée
19-06-2011	- eau libre	- eau libre	- eau libre	Exposée

Tableau 72 Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2011

Processus de dégradation de la glace	Netcam/Reconyx Harbortronics	Courants/périodes	Conditions climatiques
Couvert de glace inondé rive ouest	18-20 avril	Vive-eau Étale	Venteux, N 30 km/h T > -10°C. Niveau d'eau élevés
Dégel (apparition des sédiments) sur le haut de la rampe	29 au 30 avril	Croissant	Dégagé et pluie, S T ≈ -1°C à 4°C
Apparition d'eau libre sur la rive est - taches noires, - trous de fonte	14 mai	Croissant	Nuageux, très venteux du Nord, 20 km/h T = -2°C
Front instable en face du brise-lames - progression vers l'amont - collision de débris - évacuation du couvert	15 au 17 mai	Vive-eau (17 mai) Montant Baissant	Pluie et neige, NO ONO 20 km/h Rafale à 37 km/h T 0°C
Morcellement et démantèlement - ↑ concentration des débris - brise-lames impraticable	18-24 mai	Décroissant Baissant	Dégagé et neige humide, N T ≈ -4°C à 1°C

Tableau 72 Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2011.
(suite)

Processus de dégradation de la glace	Netcam/Reconyx Harbortronics	Courants/périodes	Conditions climatiques
Débris peu denses dans le chenal	Entre le 25 mai- 2 juin	Baissant et montant	Gen, dégagé et vents variables, 10-15 km/h
Dégradation avancée du pied de glace, glaces flottantes salies	5 juin	Décroissant Baissant et Montant	Dégagé, arrivée des vents S et SSE, T entre 7°C et 15°C
Brise-lames et rampe en eau libre (praticable)	15 juin	Croissant Montant	Gen, dégagé T < 5°C

ENGLACEMENT, AUTOMNE-HIVER 2011-2012

Tableau 73 Variations des minimums de température à l'aéroport de Kuujuaq durant l'englacement 2011-2012

Automne 2011 / Kuujuaq				
Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
01-oct	01-nov	01-déc	01-janv	01-févr
02-oct	02-nov	02-déc	02-janv	02-févr
03-oct	03-nov	03-déc	03-janv	03-févr
04-oct	04-nov	04-déc	04-janv	04-févr
05-oct	05-nov	05-déc	05-janv	05-févr
06-oct	06-nov	06-déc	06-janv	06-févr
07-oct	07-nov	07-déc	07-janv	07-févr
08-oct	08-nov	08-déc	08-janv	08-févr
09-oct	09-nov	09-déc	09-janv	09-févr
10-oct	10-nov	10-déc	10-janv	10-févr
11-oct	11-nov	11-déc	11-janv	11-févr
12-oct	12-nov	12-déc	12-janv	12-févr
13-oct	13-nov	13-déc	13-janv	13-févr
14-oct	14-nov	14-déc	14-janv	14-févr
15-oct	15-nov	15-déc	15-janv	15-févr
16-oct	16-nov	16-déc	16-janv	16-févr
17-oct	17-nov	17-déc	17-janv	17-févr
18-oct	18-nov	18-déc	18-janv	18-févr
19-oct	19-nov	19-déc	19-janv	19-févr
20-oct	20-nov	20-déc	20-janv	20-févr
21-oct	21-nov	21-déc	21-janv	21-févr
22-oct	22-nov	22-déc	22-janv	22-févr
23-oct	23-nov	23-déc	23-janv	23-févr
24-oct	24-nov	24-déc	24-janv	24-févr
25-oct	25-nov	25-déc	25-janv	25-févr
26-oct	26-nov	26-déc	26-janv	26-févr
27-oct	27-nov	27-déc	27-janv	27-févr
28-oct	28-nov	28-déc	28-janv	28-févr
29-oct	29-nov	29-déc	29-janv	29-févr
30-oct	30-nov	30-déc	30-janv	
31-oct		31-déc	31-janv	

	T min au-dessus de 0°C
	T min au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 74 Analyse et description des images RADARSAT-2 : englacement 2011-2012 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Amont de l'infrastructure	Aval de l'infrastructure	Face à l'infrastructure	Infrastructure maritime
03-11-2011	F	- eau libre	- eau libre	- eau libre	Exposée
20-11-2011	F	- eau libre + radeaux de frasil dans le chenal principal - frasil dans les chenaux secondaires - estran commence à être gelé dans les petites baies	- eau libre + radeaux de frasil	- eau libre + radeaux de frasil	Vulnérable
30-11-2011	F	- eau libre + radeaux de frasil dans le chenal principal - frasil dans les chenaux secondaires - estran commence à être gelé dans les petites baies	- eau libre + radeaux de frasil	- eau libre + radeaux de frasil	Protégée par la glace
07-12-2011	F	- élargissement de la glace sur l'estran face au village	- eau libre + radeaux de frasil	- début de la formation du pied de glace (sur l'estran) sur la rive est de la Koksoak	Protégée par la glace
14-12-2011	UF	- élargissement de la glace sur l'estran face au village	- eau libre + radeaux de frasil	- pied de glace en épaissement sur rive est de la Koksoak	Protégée par la glace
21-12-2011	F	- chenal s'est refermé en amont du village	- eau libre + radeaux de frasil	- glace sur la rive de l'anse en amont de l'IM - radeaux de frasil + floes en dérive	Protégée par la glace
28-12-2011	F	- épaissement du pied de glace - front de glace en face de l'aéroport	- eau libre + radeaux de frasil	- disparition de la glace sur la rive de l'anse en amont de l'IM - radeaux de frasil + floes en dérive	Protégée par la glace
04-01-2012	UF	- front de glace a progressé face au village - chenal est de Elbow island gelé	- eau libre + grande densité de glace en mouvement (grands radeaux)	- épaissement des pieds de glace formés - radeaux de frasil + floes en dérive	Protégée par la glace
07-01-2012	F	- glace rive à rive avec un chenal ouvert à l'ouest de Elbow Island	- pied de glace en épaissement sur l'estran dans les anses	- front de glace très proche de l'IM en amont	Protégée par la glace
10-01-2012	F	- glace rive à rive avec un chenal ouvert à l'ouest de Elbow Island	- pied de glace en épaissement sur l'estran dans les anses	- front de glace très proche de l'IM en amont	Protégée par la glace
14-01-2012	UF	- chenal ouvert à l'ouest de Elbow Island s'est refermé	- pied de glace en épaissement sur l'estran dans les anses	- faible progression du pied de glace (200 m), se trouve direct en face de l'IM	Protégée par la glace
17-01-2012	F	- chenal ouvert à l'ouest de Elbow Island s'est rouvert	- pied de glace en épaissement sur l'estran dans les anses	- front de glace n'a pas progressé	Protégée par la glace
21-01-2012	F	- chenal ouvert à l'ouest de Elbow Island s'est refermé	- front de glace en aval de l'IM	- glace rive à rive	Protégée par la glace
24-01-2012	UF	- glace rive à rive	- front de glace à 1,7 km en aval de l'IF - rive ouest, de part et d'autre de Cap Whale, glace dans les anses	- glace rive à rive	Protégée par la glace
03-02-2012	F	- glace rive à rive	- front de glace à 1,7 km en aval de l'IF - rive ouest, de part et d'autre de Cap Whale, glace dans les anses	- glace rive à rive	Protégée par la glace

Tableau 75 Description du processus d'englacement selon les photos de la Netcam et des caméras Harbortronics et Reconyx, englacement 2011-2012.

Processus de formation de la glace	Reconyx Harbortronics	Courant/période	Conditions climatiques
1^{ère} apparition de glace - intérieur du brise lame + rampe d'accès	2 nov	baissant	Dégagé, faible vent -5°C
1^{ères} apparition de frasil - recouvrement de la rampe et intérieur brise-lames avant de fondre	5, 11 et 15 nov	Montant et baissant	Nuageux faible vent ≈ -5°C (en hausse)
1^{ère} apparition de radeaux de frasil en dérive - début de la formation du cordon de glace sur l'IF	17 nov	Montant	Nuageux, pas de vent ≈ -5°C (à la baisse)
Dérive de radeaux de frasil, de plaques de glace et de floes - épaissement du pied de glace sur la rive et du cordon de glace sur l'infrastructure	15 nov au 2 janv	Montant et baissant	Froid extrême Aucun redoux T = -5 à -30°C
Élargissement du pied de glace dans l'anse juste en amont de l'infrastructure	3 janv	Baissant	Froid, faible vent du N T à la baisse -5 à 25°C
Front de glace progresse face à l'infrastructure - disparaît du champ des caméras le 17/01	8 au 17 janv	Montant et baissant	Froid extrême T = -20°C ; -30°C
Gel rive à rive de la rivière en face de l'infrastructure - Températures extrêmes	à partir du 18 janv	Montant et baissant	Froid extrême T = -10°C à -40°C

FONTE, PRINTEMPS 2012

Tableau 76 Variations des maximums de température à l'aéroport de Kuujuaq durant la fonte printanière 2012

printemps 2012 / Kuujuaq				
Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
01-mars	01-avr	01-mai	01-juin	01-juil
02-mars	02-avr	02-mai	02-juin	02-juil
03-mars	03-avr	03-mai	03-juin	03-juil
04-mars	04-avr	04-mai	04-juin	04-juil
05-mars	05-avr	05-mai	05-juin	05-juil
06-mars	06-avr	06-mai	06-juin	06-juil
07-mars	07-avr	07-mai	07-juin	07-juil
08-mars	08-avr	08-mai	08-juin	08-juil
09-mars	09-avr	09-mai	09-juin	09-juil
10-mars	10-avr	10-mai	10-juin	10-juil
11-mars	11-avr	11-mai	11-juin	11-juil
12-mars	12-avr	12-mai	12-juin	12-juil
13-mars	13-avr	13-mai	13-juin	13-juil
14-mars	14-avr	14-mai	14-juin	14-juil
15-mars	15-avr	15-mai	15-juin	15-juil
16-mars	16-avr	16-mai	16-juin	16-juil
17-mars	17-avr	17-mai	17-juin	17-juil
18-mars	18-avr	18-mai	18-juin	18-juil
19-mars	19-avr	19-mai	19-juin	19-juil
20-mars	20-avr	20-mai	20-juin	20-juil
21-mars	21-avr	21-mai	21-juin	21-juil
22-mars	22-avr	22-mai	22-juin	22-juil
23-mars	23-avr	23-mai	23-juin	23-juil
24-mars	24-avr	24-mai	24-juin	24-juil
25-mars	25-avr	25-mai	25-juin	25-juil
26-mars	26-avr	26-mai	26-juin	26-juil
27-mars	27-avr	27-mai	27-juin	27-juil
28-mars	28-avr	28-mai	28-juin	28-juil
29-mars	29-avr	29-mai	29-juin	29-juil
30-mars	30-avr	30-mai	30-juin	30-juil
31-mars		31-mai		31-juil

	T max au-dessus de 0°C
	T max au-dessous de 0°C
	Données manquantes
	Cartes de glace (RS-2)

Tableau 77 Analyse et description des images RADARSAT-2 : fonte 2012 (UF : Ultra-fin et F : fin)

Date	Mode	Amont de l'infrastructure	Aval de l'infrastructure	Face à l'infrastructure	Infrastructure maritime
22-04-2012	F	- couvert de glace fixe	- front de glace 2 à 3 km en aval de l'infrastructure	- couvert de glace fixe	Protégée par la glace
26-04-2012	F	- couvert de glace fixe	- couvert de glace fixe	- couvert de glace fixe	Protégée par la glace
29-04-2012	F	- couvert de glace fixe	- couvert de glace fixe	- couvert de glace fixe	Protégée par la glace
06-05-2012	F	- couvert de glace fixe	- front de glace à 3 km en aval de l'infrastructure	- couvert de glace fixe	Protégée par la glace
09-05-2012	UF	- couvert de glace fixe	- front de glace a un peu progressé vers l'amont	- couvert de glace fixe	Protégée par la glace
13-05-2012	F	- couvert de glace fixe	- front de glace a un peu progressé vers l'amont	- couvert de glace fixe	Protégée par la glace
16-05-2012	F	- couvert de glace fixe - apparition de trous de fonte notamment dans le secteur de la polynie	- front de glace continue de remonter vers l'amont	- couvert de glace fixe	Protégée par la glace
23-05-2012	F	- couvert fixe + grand trou de glace dans le secteur des îles en face le village	- front de glace à proximité de l'infrastructure	- couvert de glace fixe + front de glace à quelques centaines de mètres	Protégée par la glace
27-05-2012	UF	- couvert de glace fixe + trou de glace dans le secteur des îles en face le village	- eau libre + pied de glace sur les rives	- front de glace en face l'infrastructure - cordon de glace toujours présent	Protégée par la glace
30-05-2012	F	- couvert de glace fixe en érosion thermique avec agrandissement du trou au niveau des îles - absence de glace au sud de	- eau libre + glace encore présente dans les anses et les baies	- front de glace progresse vers l'amont - cordon de glace toujours présent	Protégée par la glace
02-06-2012	F	- eau libre + glace en dérive et pied de glace sur les berges	- eau libre + glace en dérive et pied de glace sur les berges	- eau libre + glace en dérive et pied de glace sur les berges - cordon de glace toujours présent	Protégée par la glace
09-06-2012	F	- eau libre + glace en dérive	- eau libre + glace en dérive	- eau libre + glace en dérive - le cordon de glace a disparu	Vulnérable
16-06-2012	F	- eau libre + glace en dérive pied de glace présent par endroit	- eau libre + glace en dérive pied de glace présent par endroit	- eau libre + glace en dérive pied de glace présent par endroit	Vulnérable

Tableau 78 Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2012

Processus de dégradation de la glace	Reconyx Harbortronics	Conditions climatiques
1^{ers} signes de dégel (apparition des sédiments) sur le haut de la rampe	7-8 avril	Ensoleillé T atteint + de 15°C
2nd signe de dégel - la neige disparaît peu à peu sur la rampe - le couvert de glace se lisse	25 avril	Variable T atteint + de 15°C
Apparition des 1^{ères} tâches noires et des 1^{ères} mares de fonte	2 mai	Température à la hausse
Progression de la fonte - élargissement des mares de fonte - diminution de l'épaisseur du couvert de glace - eau visible à marée haute	3 au 18 mai	Nuageux, pluie + neige
Front de glace en face du brise-lames mais du côté de la rive opposée	18 mai	Pluie et neige T = 0°C
Progression du front de glace vers l'amont - évacuation du couvert - ↑ concentration des débris - brise-lames toujours plein de glace	24 mai au 1 ^{er} juin	Nuageux Températures stables autour de 0°C

Tableau 78 Description du processus de fonte selon les photos des caméras, printemps 2012 (suite)

Processus de dégradation de la glace	Reconyx Harbortronics	Conditions climatiques
Évacuation totale du couvert de glace restant. - passage de nombreux débris de glace au large de l'infrastructure - enceinte toujours pleine de glace - faible cordon de glace encore présent	1 ^{er} au 4 juin	Ensoleillé, Température à la hausse, jusqu'à 20 °C
Évacuation partielle des glaces dans le brise-lames. - Cordon extérieur quasi disparu mais cordon intérieur encore existant	6 juin	Ensoleillé et très chaud (jusqu'à 25°C)
Fin du régime annuel	12 juin	T aux alentours de 30°