Figure 3.36 Concentration mensuelle moyenne des banquises lorsqu'elles sont présentes en février

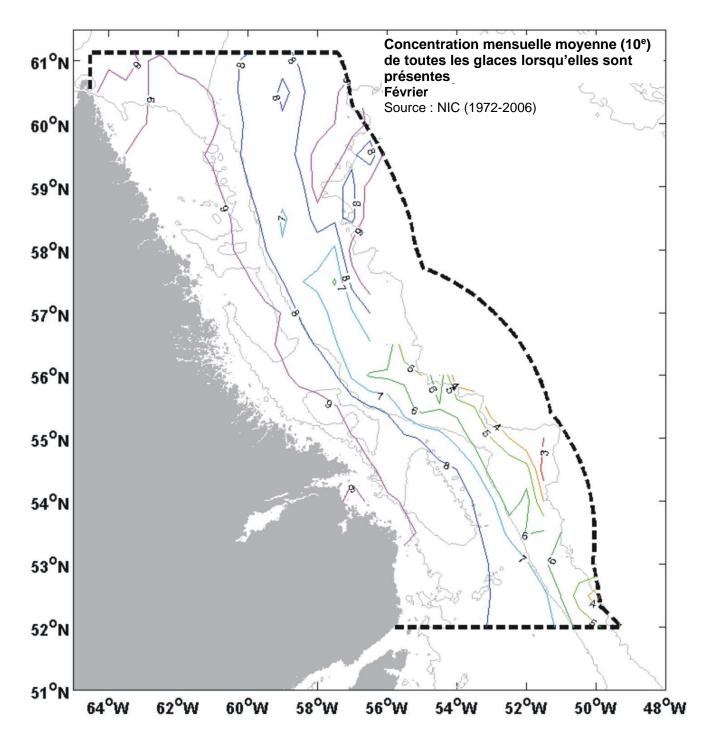


Figure 3.37 Concentration mensuelle moyenne des banquises lorsqu'elles sont présentes en mars

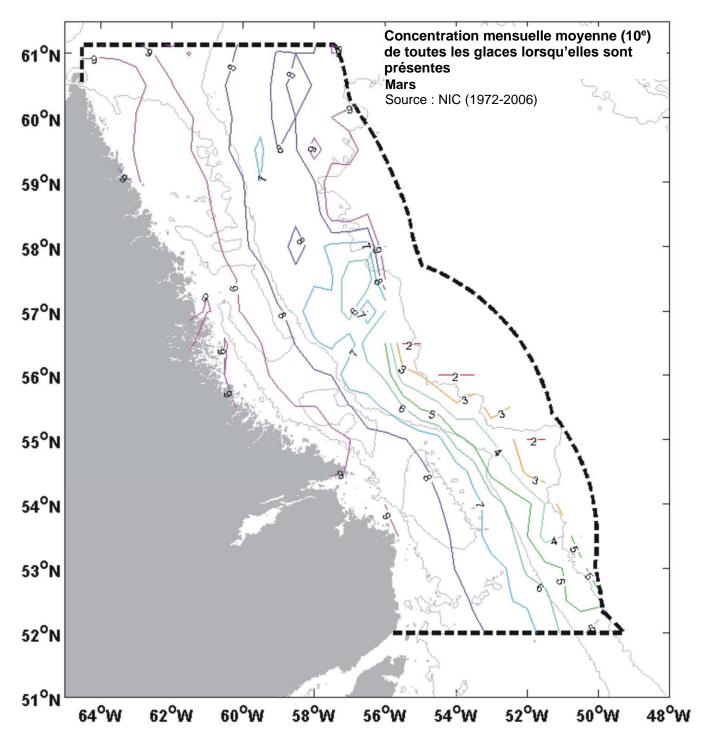


Figure 3.38 Concentration mensuelle moyenne des banquises lorsqu'elles sont présentes en avril

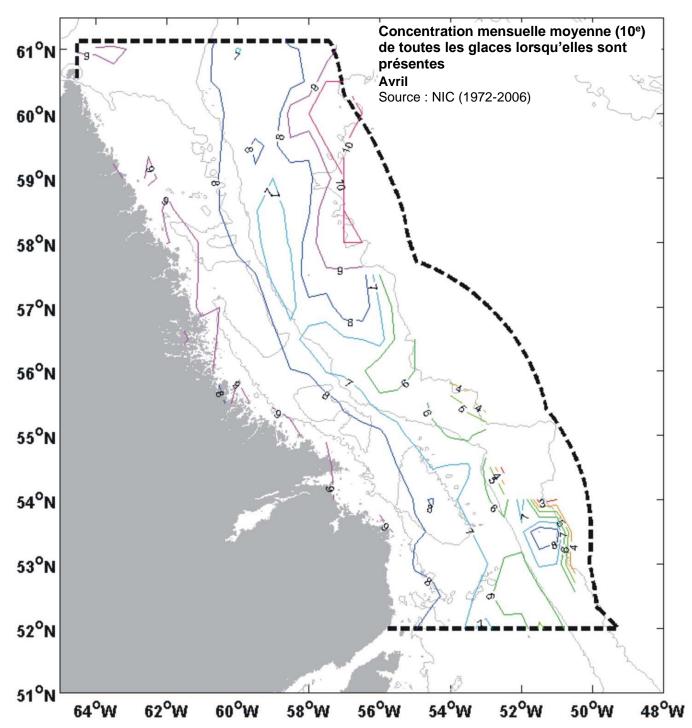


Figure 3.39 Concentration mensuelle moyenne des banquises lorsqu'elles sont présentes en mai

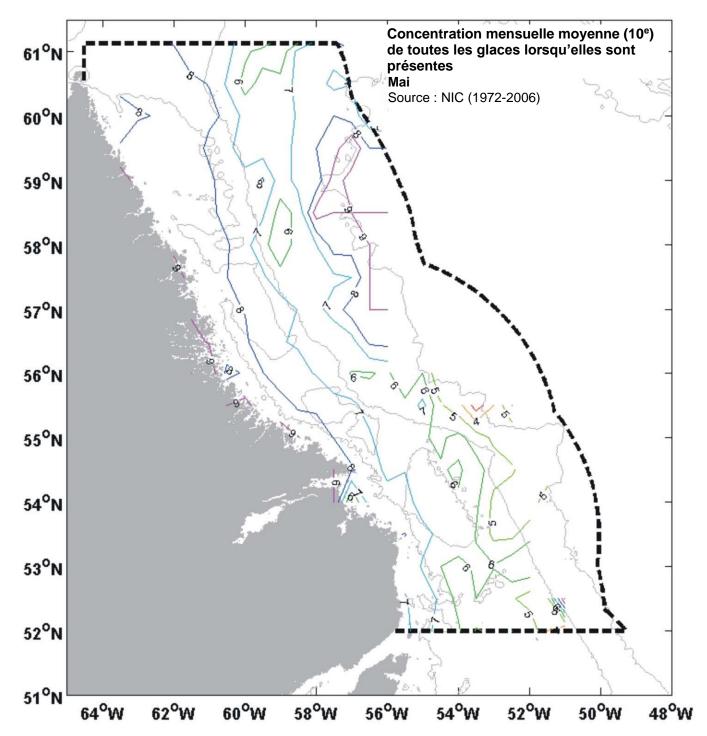


Figure 3.40 Concentration mensuelle moyenne des banquises lorsqu'elles sont présentes en juin

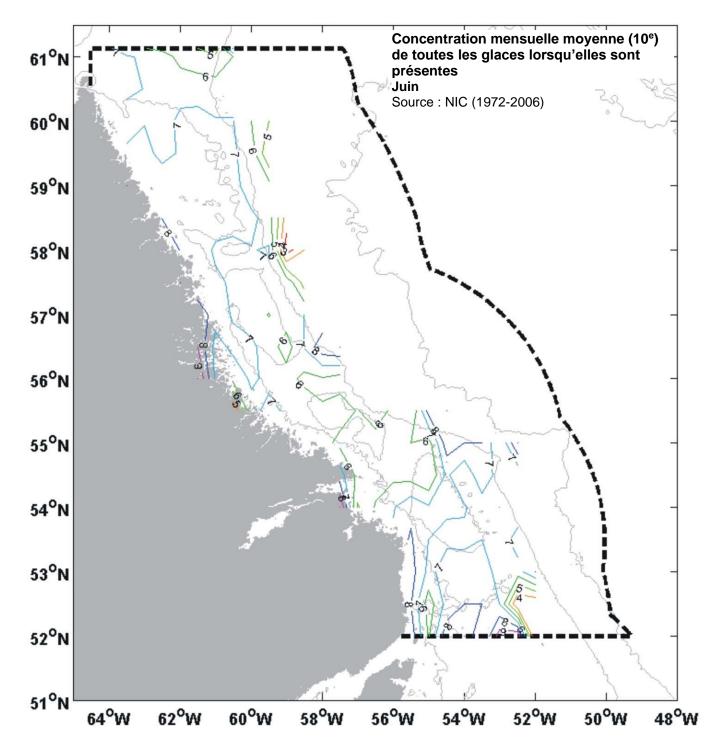


Figure 3.41 Concentration mensuelle moyenne des banquises lorsqu'elles sont présentes en juillet

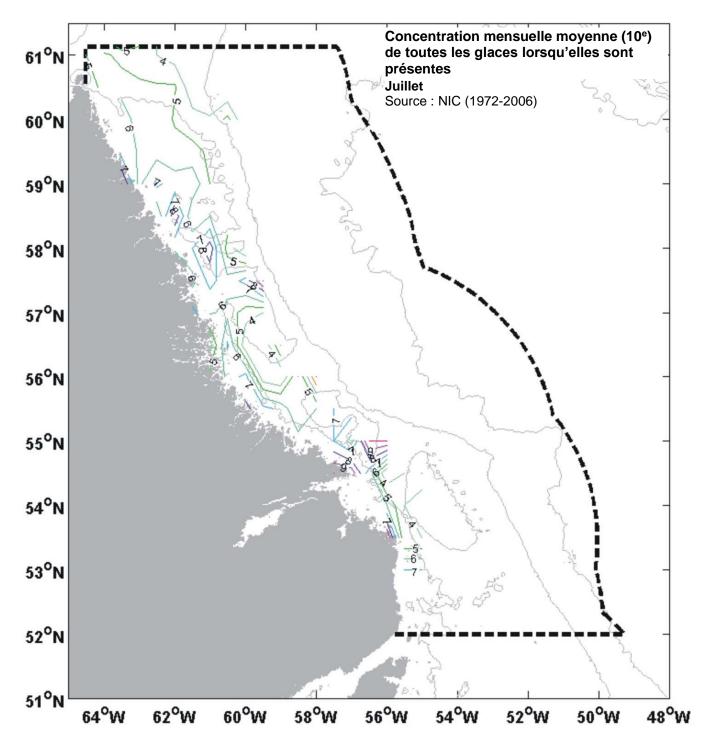


Figure 3.42 Concentration mensuelle moyenne des banquises lorsqu'elles sont présentes en août

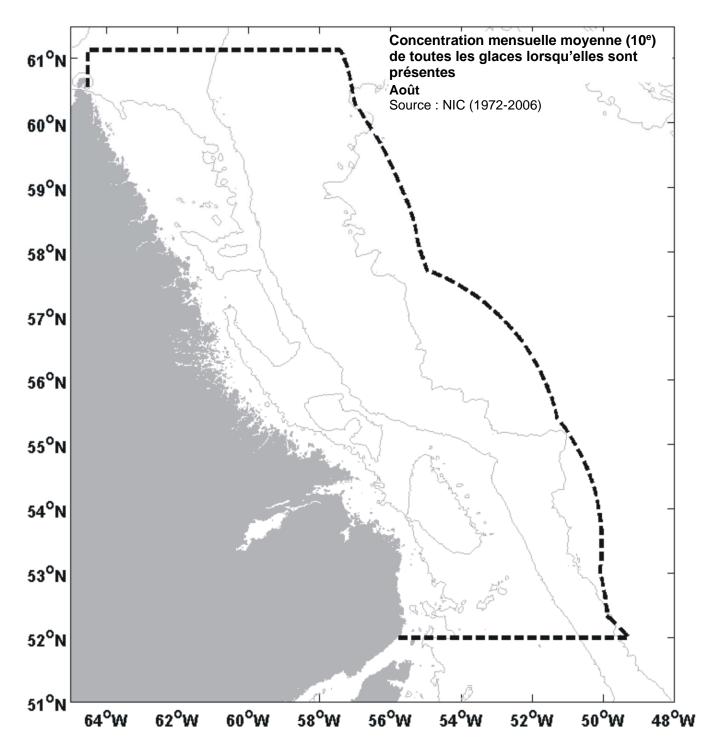


Figure 3.43 Concentration mensuelle moyenne des banquises lorsqu'elles sont présentes en septembre

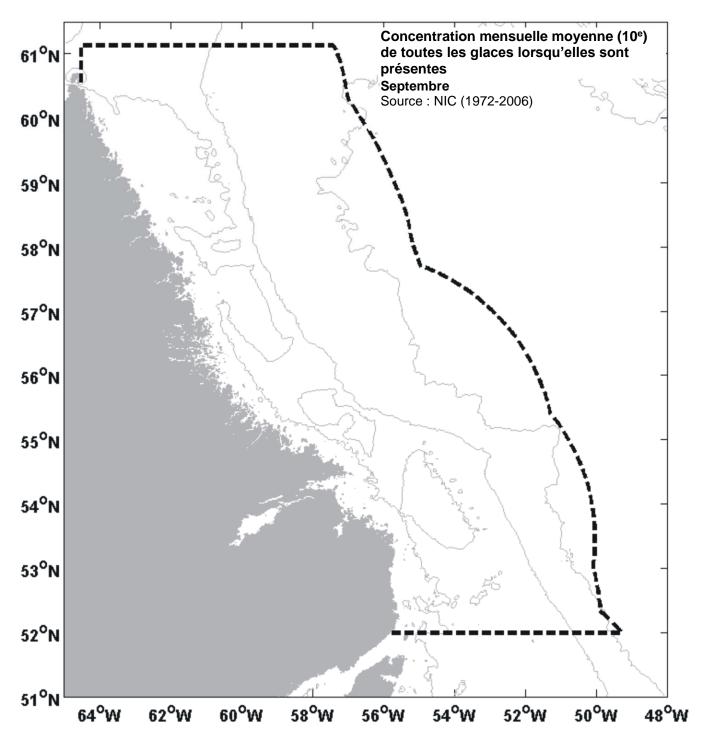


Figure 3.44 Concentration mensuelle moyenne des banquises lorsqu'elles sont présentes en octobre

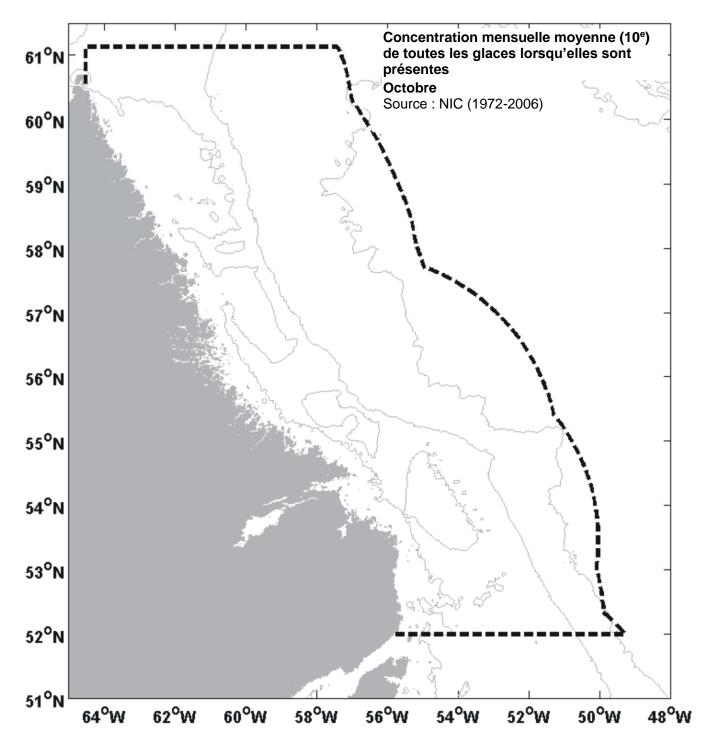


Figure 3.45 Concentration mensuelle moyenne des banquises lorsqu'elles sont présentes en novembre

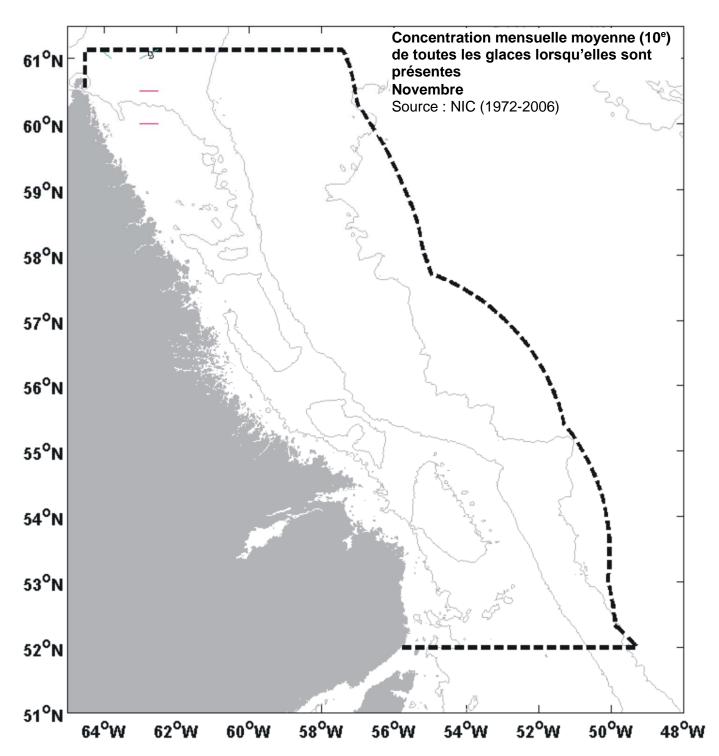
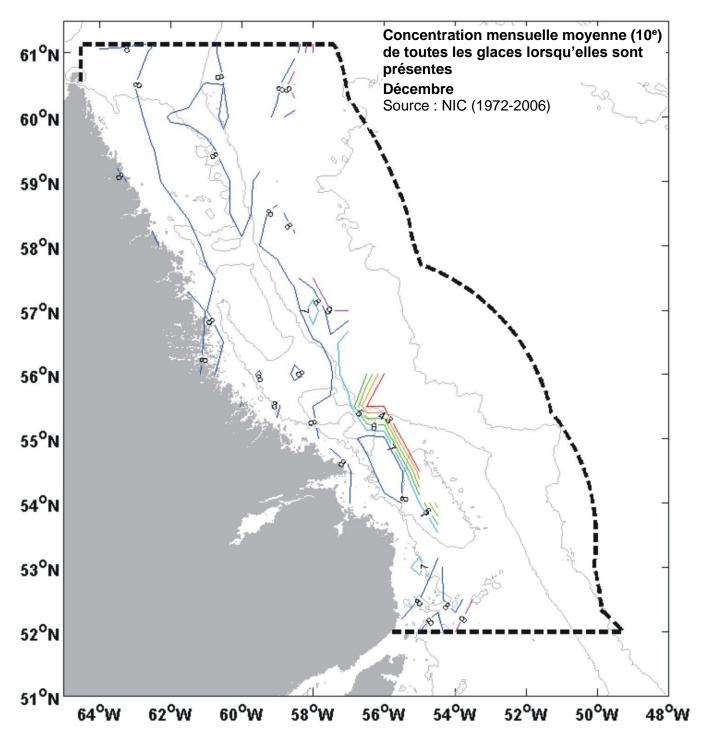


Figure 3.46 Concentration mensuelle moyenne des banquises lorsqu'elles sont présentes en décembre



3.6.2 Dérive des glaces de mer

Plusieurs sources de données ont été répertoriées pour la vitesse de dérive de la banquise sur la côte du Labrador. Un vaste programme a été mené au large de la côte du Labrador (Peterson et Symonds, 1988; Prinsenberg et Peterson, 1992; Prinsenberg et coll., 1993; Peterson et coll., 1995), afin de surveiller le mouvement des glaces au moyen de balises placées sur des floes individuels et suivies par satellite. Ces études ont été menées de janvier à avril, principalement dans les régions centrales et méridionales de la côte. Deux programmes distincts auxquels le personnel de C-CORE a participé (Ledrew et Culshaw, 1977; McKenna et coll., 1998) ont documenté les mesures de vitesse prises sur le terrain. D'autres études (McClain et DeRycke, 1974) ont utilisé les données du radiomètre à très haute résolution du satellite NOAA-2, et Dickins et coll. (1985) ont utilisé les images du programme Landsat et du radar aéroporté à antenne latérale (SLAR) pour produire des statistiques relatives à la côte du Labrador.

Le taux d'échantillonnage des données provenant de toutes les sources varie et a été converti en taux de vitesse quotidien. Ces données sont présentées en détail dans le tableau 3.35. La vitesse de dérive moyenne quotidienne (sur 24 heures), basée sur les mesures des différents floes, a été établie à 25 cm/s (0,45 nœud). La vitesse de dérive quotidienne maximale mesurée pour différents floes dans les différentes études a été établie à 94 cm/s (1,8 nœud). Par ailleurs, McKenna et coll. (1998) ont constaté que la vitesse sur six heures était en moyenne de 15 à 20 % supérieure à la valeur sur 24 heures. Il peut même arriver que certaines vitesses momentanées soient supérieures à ces valeurs.

Tableau 3-35 Données sur la vitesse de dérive de la glace de mer – diverses sources

Ensemble de données	Région	Туре	Direction	Moyenne (cm/s)	Écart type	Source
		6 heures	Le long de la côte	23	22,2	
		6 heures	Au large	-1*	11,6	
Sonde du CCGS Henry	Cambral	6 heures	Scalaire	26	20,4	Makanaa at aali (1000)
Larson à Voisey's Bay, C-CORE (1997)	Central	24 heures	Le long de la côte	22	19,3	McKenna et coll. (1998)
0 00KE (1001)		24 heures	Au large	0	7	
		24 heures	Scalaire	23	19	
		24 heures	Le long de la côte	19	25	
	Tous	24 heures	Au large	0	18,6	
Programme des balises		24 heures	Scalaire	28	23,6	Peterson et Symonds
de glace (1985-1987)	Rupture de pente continentale	24 heures	Scalaire (plages)	40 à 50		(1988)
	Près du rivage	24 heures	Scalaire (plages)	10 à 15		
Programme des balises de glace (1991)	Tous	24 heures	Scalaire	18		Prinsenberg et Peterson (1992)
Programme des balises de glace (1992)	Sud	24 heures	Scalaire	17		Prinsenberg et coll. (1993)
Programme des balises de glace (1993-1994)	Sud	24 heures	Scalaire	16		Peterson et coll. (1994)
	Au nord de 54° N	24 heures	Le long de la côte	40	38,1	
Projet Ship-In-The-Ice		24 heures	Au large	1	32,8	La Draw et Culabani (4077)
(1977)		24 heures	Scalaire	49	40,9	LeDrew et Culshaw (1977)
	Au nord de 54° N	24 heures	Le long de la côte	40	38,1	
D (1)///DD	Nord	24 heures	Scalaire	24		
Données du VHRR (1972-1973)	Central	24 heures	Scalaire	26		McClain et DeRycke (1974)
(1312-1313)	Sud	24 heures	Scalaire	27		7

^{*} Indique la direction de la dérive nette vers le littoral.

Remarque : 1 m/s = 1,944 nœud

Dans le cadre d'une étude océanographique menée par l'IOB, un profileur de courant à effet Doppler (ADCP) a été posé sur le banc Makkovik de décembre 2002 à juillet 2003 et de novembre 2004 à juin 2005 (Ross et coll., 2006). Pendant les deux périodes, la vitesse moyenne de la glace était d'environ 25 cm/s (0,45 nœud), et la vitesse maximale de 77 cm/s (1,5 nœud).

3.6.3 Données sur la taille des floes de la banquise

Fenco (1976) a effectué un certain nombre de levés aériens au large de la côte du Labrador pour déterminer la taille des floes près de Hopedale et de Cartwright. Six levés ont été effectués entre le 2 avril et le 1^{er} mai 1976. Des photos prises à une altitude de 609 m (2 000 pieds) et de 305 m (1 000 pieds) ont été analysées afin de déterminer le pourcentage et le type de couverture de glace et la distribution de l'extension des floes de glace de première année. Les résultats de l'analyse sont résumés dans le tableau 3.36.

Tableau 3-36 Distribution de l'extension des floes de glace de première année

Extension du floe	% de la superficie de première année
10 m à 50 m	17,5
50 m à 100 m	5,68
100 m à 150 m	1,60
150 m à 200 m	2,66
200 m à 300 m	5,07
Plus de 300 m	67,48
Source : Fenco (1976)	

Les effets de l'échelle dans la détermination de la répartition de l'extension des floes ont été examinés par Dickins et coll. (1985). Le 24 mars 1982, des photos aériennes de la mer du Labrador, l'une à une échelle de 1:20 000 et l'autre à une échelle de 1:20 000 ont été prises. Les photos à l'échelle de 1:20 000 couvraient une superficie de 1 km² et montraient 134 floes; celles à l'échelle de 1:2 600 couvraient 0,0169 km² et contenaient 159 floes. Sur les photos à l'échelle de 1:20 000, la superficie médiane des floes est d'environ 7 000 m². Sur les autres (1:2 600), les floes ont une superficie médiane de 30 m². Cela signifie que les résultats des levés sur la dimension des floes sont sensibles à l'échelle de l'imagerie de télédétection. En raison de la dynamique de la banquise dans la mer du Labrador et du regel constant de l'espace entre les floes, la notion de taille des floes dans la glace de première année n'est pas toujours pertinente.

3.6.4 Données sur l'épaisseur de la glace de mer

Des chiffres sur l'épaisseur des floes ont été signalés pour la mer du Labrador; cependant, ces valeurs ont tendance à être basées sur des échantillons partiaux (Fenco, 1978b) ou sont déterminées indirectement à partir de considérations volumétriques (Berenger et Wright, 1980). Les quelques rapports sur l'épaisseur de la glace dans la région du Labrador qui sont jugés utilisables sont des mesures effectuées durant des sondages par des brise-glace.

Les épaisseurs de la banquise ont été mesurées par Kirby (1997) pendant un sondage fait par le *NGCC Henry Larsen* à Voisey's Bay, à l'aide d'observations vidéo et sur la glace. La glace était généralement de première année, moyenne à épaisse, d'une épaisseur de 1,2 à 1,5 mètre. La descente en eau vive était courante sur la banquise. De vastes zones de glace cassée et reformée ayant une épaisseur de 2,5 à 5 m au maximum ont été observées. La hauteur des voiles a été estimée à 3 à 5 m dans certaines régions.

La Division des projets spéciaux du ministère du Développement et du Tourisme (1985) a produit un rapport sur la navigation hivernale au lac Melville. Les épaisseurs de glace dans le lac Melville et dans la banquise de la mer du Labrador sont résumées dans le tableau 3.37. Bien que les chiffres soient approximatifs, ils indiquent néanmoins la variabilité des conditions de la banquise.

Tableau 3-37 Épaisseur de la glace dans le lac Melville et la mer du Labrador

	Type de glace	Épaisseur (m)		
i ypo de glace		Moyenne	Maximum	
	– lisse	0,75	1,5	
Lac Melville	moutonnée	2,0	5,0	
	 tourmentée 	4,0	13,0	
	– lisse	1,0	1,5	
December de Labordon	moutonnée	2,0	5,0	
Banquise du Labrador	tourmentée	3,0	7,0	
	- pluriannuel	6-9	14-17	
Source : Ministère du Dévelop	pement et du Tourisme (1985).	0.0	14-17	

Un sonar profileur de glace (IPS), déployé sur le banc Makkovik (Ross et coll. 2006), a enregistré de nombreuses quilles de glace. Le tableau 3.38 présente un échantillon des quilles de glace les plus profondes ayant des tirants d'eau de 16 à 22 m pendant la saison 2002-2003. Les tirants d'eau les plus profonds enregistrés durant la saison 2004 à 2005 étaient de 12 à 16 mètres, comme l'illustre le tableau 3.39.

Tableau 3-38 Quilles de glace ayant les 25 plus grands tirants d'eau – saison des glaces 2002-2003, banc Makkovik

Date et heure de début	Date et heure de fin	Largeur (m)	Tirant d'eau maximum (m)
2003-04-14 01:47:07	2003-04-14 02:04:45	143	22,29
2003-04-16 00:01:14	2003-04-16 00:03:10	63	20,80
2003-04-15 15:52:39	2003-04-15 15:55:38	57	19,59
2003-05-27 18:42:57	2003-05-27 18:44:01	54	19,27
2003-04-14 01:23:07	2003-04-14 01:26:23	27	18,20
2003-04-15 23:59:38	2003-04-16 00:01:07	48	17,68
2003-04-14 09:46:17	2003-04-14 10:25:14	412	17,09
2003-05-18 21:22:05	2003-05-18 21:27:19	52	16,91
2003-04-21 16:31:06	2003-04-21 16:34:49	45	16,82
2003-04-18 11:37:01	2003-04-18 11:40:54	52	16,63
2003-04-21 12:55:34	2003-04-21 13:00:40	60	16,27
2003-04-28 06:18:07	2003-04-28 06:57:19	252	16,25
2003-04-25 12:14:45	2003-04-25 12:17:09	42	16,01
2003-04-14 08:34:11	2003-04-14 08:37:52	25	15,77
2003-04-15 13:42:11	2003-04-15 13:51:40	128	15,74
2003-04-21 19:41:21	2003-04-21 19:45:00	58	15,72
2003-04-15 09:21:12	2003-04-15 09:46:43	243	15,69
2003-04-24 14:31:57	2003-04-24 14:45:20	90	15,62
2003-04-16 23:41:47	2003-04-16 23:42:55	34	15,49
2003-04-16 13:09:53	2003-04-16 13:14:18	134	15,45
2003-04-18 20:57:04	2003-04-18 21:03:49	45	15,43
2003-04-21 22:50:11	2003-04-21 22:51:05	21	15,43
2003-04-20 05:04:28	2003-04-20 05:07:11	35	15,33
2003-04-19 20:46:33	2003-04-19 20:53:05	103	15,32
2003-04-22 04:48:23	2003-04-22 04:50:51	67	15,16
Source : Ross et coll. (2006)			

Tableau 3-39 Quilles de glace ayant les 25 plus grands tirants d'eau – saison des glaces 2004-2005, banc Makkovik

Date et heure de début	Date et heure de fin	Largeur (m)	Tirant d'eau maximum (m)
2005-04-05 06:30:28	2005-04-05 06:32:12	47	15,91
2005-04-06 08:04:33	2005-04-06 08:05:35	30	14,82
2005-03-05 08:15:33	2005-03-05 08:17:04	19	14,15
2005-04-10 06:23:47	2005-04-10 06:26:11	37	13,96
2005-04-09 22:38:51	2005-04-09 22:42:44	52	13,60
2005-04-10 06:50:03	2005-04-10 06:51:59	30	13,34
2005-03-08 17:14:22	2005-03-08 17:15:35	26	13,16
2005-05-04 04:24:24	2005-05-04 04:26:57	42	12,80
2005-05-04 04:21:04	2005-05-04 04:22:09	18	12,65
2005-03-26 21:36:15	2005-03-26 21:38:00	17	12,62
2005-05-03 09:13:40	2005-05-03 09:16:32	55	12,58
2005-03-04 13:33:46	2005-03-04 13:38:22	58	12,53
2005-04-10 11:05:27	2005-04-10 11:07:45	40	12,50
2005-04-10 05:53:33	2005-04-10 05:55:08	31	12,38
2005-03-12 23:42:17	2005-03-12 23:42:58	16	12,32
2005-04-10 17:57:04	2005-04-10 18:00:35	29	12,16
2005-03-28 05:17:01	2005-03-28 05:31:46	462	12,16
2005-05-05 15:55:18	2005-05-05 15:56:40	34	11,84
2005-05-02 21:15:51	2005-05-02 21:17:02	28	11,66
2005-05-09 11:51:56	2005-05-09 11:53:29	50	11,61
2005-04-10 04:58:27	2005-04-10 04:59:55	22	11,59
2005-05-04 20:44:30	2005-05-04 20:47:21	46	11,58
2005-05-02 20:37:48	2005-05-02 20:39:12	32	11,43
2005-04-10 06:17:11	2005-04-10 06:19:07	30	11,38
2005-04-01 07:58:33	2005-04-01 08:00:48	19	11,36

3.6.5 Glace pluriannuelle

L'information sur la glace pluriannuelle se limite principalement aux études menées par Fenco dans les années 1970 (Fenco, 1976, 1977, 1978a, 1978b). La couverture de glace au large de la côte du Labrador se compose principalement de glace de première année formée dans la région, mélangée à de petites quantités de glace pluriannuelle qui ont migré depuis les eaux du nord. Ces dernières ne représentent qu'une faible proportion de l'ensemble de la banquise (généralement moins de 10 %). Le tableau 3.40 présente le résumé d'une étude pluriannuelle de la distribution des floes près des emplacements de puits en mer, menée par Fenco en 1978. Les résultats révèlent que la superficie réunie des floes pluriannuels était de 0,12 % de la superficie totale étudiée. L'étude a conclu que la quantité de floes pluriannuels au large du Labrador varie considérablement en fonction du temps et de l'endroit. La surface moyenne des floes pluriannuels était généralement plus grande dans les régions du nord et dans les dernières parties du levé.

Tableau 3-40 Surfaces des floes de glace pluriannuels

Emplacement	Date	N°	Moyenne Surface (m²)	Écart type (m²)	Minimum Surface (m²)	Surface maximale (m²)
Fish Cove Point	10 mars	2	3 500	2 218	1 932	5 069
Fish Cove Point	14 mars	3	5 689	4 970	2 008	11 343
Fish Cove Point	22 mars	25	2 629	1 286	666	5 320
Fish Cove Point	28 mars	3	4 745	3 208	2 236	8 360
Fish Cove Point	7 avril	4	4 639	2 842	1 281	7 076
Kikkertavak Island	17 mai	7	2 773	1 208	1 740	4 453
Kikkertavak Island	15 mai	26	2 375	2 100	567	10 586
Kikkertavak Island	30 mai	8	3 805	1 702	1 840	6 643
Kikkertavak Island	7 juin	3	1 175	444	666	1 480

Emplacement	Date	N°	Superficie moyenne (m²)	Écart type (m²)	Superficie minimale (m²)	Surface maximale (m²)
Cape Kiglapait	9 mars	17	3 276	1 761	1 369	8 027
Cape Kiglapait	20 mars	1	1 115	=	-	-
Cape Kiglapait	30 mars	0	-	-	-	-
Cape Kiglapait	10 avril	0	-	=	-	-
Cape Kiglapait	23 avril	30	2 760	1 353	777	6 004
Cape Kiglapait	30 avril	5	11 344	7 488	5 824	24 522
Cape Kiglapait	17 mai	42	3 394	1 349	1 360	8 282
Cape Kiglapait	25 mai	7	4 926	3 094	1849	10 283
Cape Kiglapait	30 mai	6	5 470	3 933	2 200	12 769
Cape Kiglapait	7 juin	14	3 262	1 007	2 365	5 824
Saglek	8 mars	6	4 482	2 997	725	8 181
Saglek	19 mars	3	6 830	5 623	2 116	13 054
Saglek	29 mars	2	4 245	1588	3 222	5 368
Saglek	10 avril	1	4 288	-	-	-
Saglek	25 avril	91	3 458	1589	567	9 860
Saglek	1 ^{er} mai	206	3 232	1927	576	11 462
Saglek	12 mai	154	3 746	2000	576	13 936
Saglek	26 mai	56	3 521	1 316	540	6 916
Saglek	31 mai	13	4 261	1497	2 254	6 298
Saglek	7 juin	13	4 997	2 294	2 116	9 344
Source : Fenco (1978a)						

Bien que cela ne soit pas certain, on pense que la glace pluriannuelle provient de l'ouest du Groenland et de la baie de Baffin (Fenco, 1976). Entre août 2006 et mai 2007, un floe pluriannuel a été suivi depuis la mer de Lincoln dans l'océan Arctique jusque dans la baie Notre Dame sur la côte nord-est de Terre-Neuve (Baird, 2007), ce qui indique qu'au moins une partie de la glace pluriannuelle du plateau continental du Labrador provient de l'océan Arctique. Il semble que certains floes pluriannuels soient des vestiges de crêtes ou de parties de glace de première année empilée qui n'ont pas fondu pendant l'été. Les levés menés par Fenco dans les années 1970 relèvent les épaisseurs suivantes :

- de 4,67 à 11,02 m en 1976;
- de 5,3 à 28,8 m en 1977;
- de 4,3 à 32,2 m en 1978.

Des masses allant jusqu'à 793 000 tonnes ont été établies pour des floes pluriannuels sur le plateau continental du Labrador (Fenco, 1976).

Les concentrations de glace pluriannuelle dans la mer du Labrador sont très variables. La position plus au sud de la banquise arctique à des moments clés de l'année est une tendance qui a été observée. Si la glace provenant des îles de l'Arctique et de la baie de Baffin commence son périple vers le sud à la fin du printemps ou en été, les floes fondront probablement avant d'atteindre la côte du Labrador. Inversement, si la glace commence sa migration vers le sud à la fin de l'automne ou en hiver, la fonte est réduite et des concentrations plus élevées sont observées au large du Labrador.

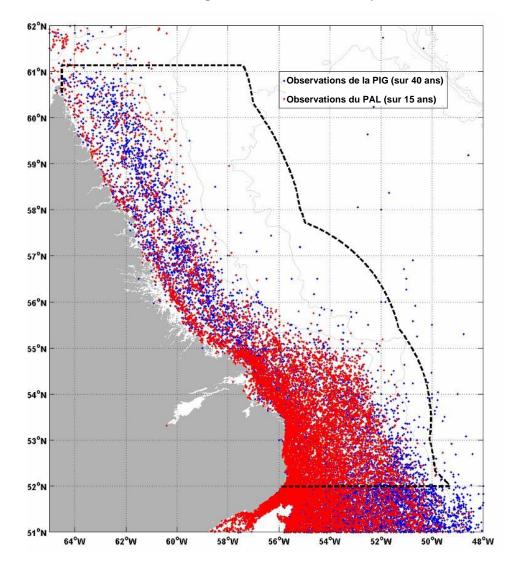
Les cartes des glaces indiquent la présence de glace pluriannuelle, surtout en quantités infimes, disséminées dans la banquise principale. On trouve des concentrations de 1/10 ou 2/10 de glace ancienne ou pluriannuelle le long de la côte du Labrador, mais seulement dans des petites « poches ». La présence de glace morcelée ou de bouillie de glace, formée généralement de morceaux de glace inférieurs à la résolution du Radarsat, rend très difficile la détermination très précise de la véritable concentration de glace pluriannuelle. En général, ces petites poches de concentrations plus élevées sont découvertes après qu'une patrouille des glaces de mer a exploré une région particulière à un moment donné de l'année (p. ex., durant la chasse aux phoques ou d'autres missions spéciales).

Les observateurs à bord sont mieux placés pour repérer les poches supérieures de glace pluriannuelle et ancienne, mais après quelques jours de dérive, la certitude liée à leur emplacement diminue. La glace est généralement réabsorbée dans une région plus vaste ne contenant que des traces (L. Desjardins, comm. pers.).

3.7 Présence d'icebergs

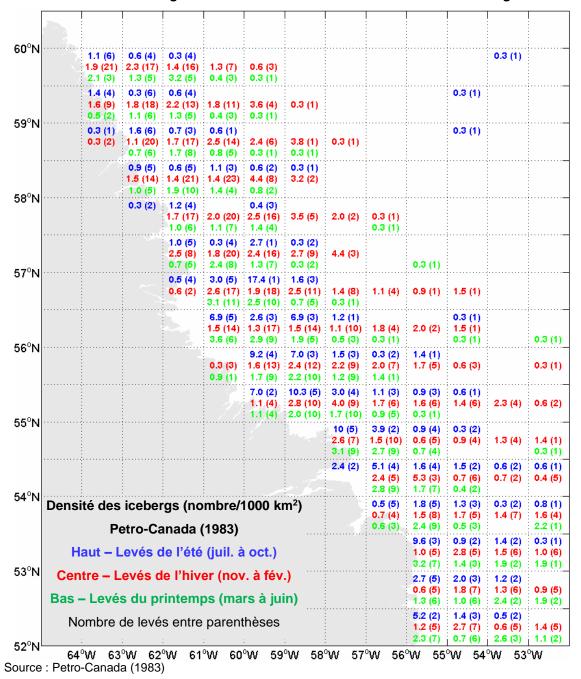
La présence d'icebergs peut être décrite en termes de flux (c'est-à-dire nombre d'icebergs traversant une latitude donnée), mais elle est plus souvent exprimée en termes de densité surfacique (nombre moyen d'icebergs par unité de surface). La densité surfacique des icebergs est nécessaire pour calculer la fréquence des impacts avec la surface des structures sous-marines. Alors qu'un graphique des observations brutes d'icebergs est utile pour avoir une idée qualitative de leur répartition (voir la figure 3.47), le calcul de la fréquence des icebergs nécessite une compréhension de la fréquence et de la couverture des levés connexes. Au cours d'un levé, il est important d'établir la présence (ou l'absence) d'icebergs, ainsi que leur nombre.

Figure 3.47 Observation des icebergs dans la zone d'évaluation environnementale stratégique – Patrouille internationale des glaces et Provincial Aerospace Ltd.



La société Petro-Canada (1983) a analysé les données de la Patrouille internationale des glaces (International Ice Patrol ou IIP) de 1963 à 1976 afin de produire des cartes de densité des icebergs (les données de vol originales utilisées pour produire ces cartes ne sont plus disponibles). Les observations ont été regroupées en cellules d'un degré de longitude sur un demi-degré de latitude. Le nombre total d'observations pour chaque cellule a été normalisé en fonction du nombre de vols au-dessus de la cellule, selon le nombre de cas où des icebergs ont été signalés. À noter qu'il n'y avait pas de méthode permettant de déterminer si le levé n'avait pas noté d'observations, ce qui signifie que les résultats sont conservateurs à cet égard. Les observations ont été réparties en trois saisons : été (juillet à octobre), hiver (novembre à février) et printemps (mars à juin). Les résultats de l'analyse sont présentés à la figure 3.48. Le nombre nominal de vols au-dessus de chaque cellule est également indiqué.

Figure 3.48 Densité des icebergs selon les levés de la Patrouille internationale des glaces



Août 2008

On a utilisé les cartes des icebergs du SCG de 1988 à 2006 pour calculer la densité des icebergs. Pour chaque degré au carré, il fallait d'abord calculer le nombre moyen d'icebergs par mois, puis utiliser ce nombre pour calculer la moyenne par année. Selon une comparaison entre les données d'observation d'icebergs enregistrées par le SCG et celles de Provincial Aerospace Limited (PAL) pour la période de 1992 à 2006 (C-CORE 2007) entre les latitudes 54°N à 58°N, le nombre d'icebergs du SCG a été multiplié par un facteur de 1,63. On a calculé le nombre mensuel moyen d'icebergs du SCG pour chaque degré au carré afin d'obtenir la densité moyenne, valeur qui a été augmentée selon le facteur 1,63 indiqué ci-dessus. En fonction de la répartition des observations brutes d'icebergs pour chaque degré au carré (voir la figure 3.47), les densités annuelles moyennes d'icebergs ont été décomposées en valeurs de demi-degré. Les résultats de cette analyse sont présentés à la figure 3.49. À titre de comparaison, la densité annuelle moyenne des icebergs sur le nord-est des Grands Bancs est d'environ 1×10⁻⁴/km².

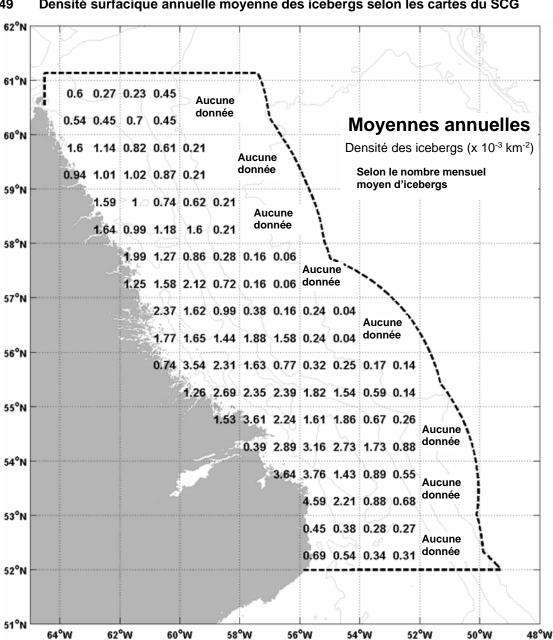


Figure 3.49 Densité surfacique annuelle moyenne des icebergs selon les cartes du SCG

3.7.1 Dérive des icebergs

La fréquence des contacts avec les structures est directement liée à la vitesse de dérive des icebergs et a une incidence importante sur les charges qui peuvent être engendrées durant les collisions. L'écart type de la vitesse de dérive des icebergs est lié à la différence entre la vitesse moyenne de dérive et la vitesse moyenne d'impact. Les données sur la dérive des icebergs provenant des rapports sur les puits (p. ex., Marine Environmental Services, 1977; MacLaren Marex, 1980; MacLaren Plansearch, 1981, 1982) peuvent être utilisées pour obtenir la vitesse de dérive moyenne pour certaines périodes ou à certains endroits précis, mais il importe également de comprendre les modèles de dérive des icebergs à plus grande échelle.

Les données d'observation des icebergs ont été regroupées manuellement à partir des rapports sur les emplacements des puits, et la distance et le relèvement ont été utilisés pour calculer la position des icebergs (kilomètres au nord et à l'est) par rapport aux différents puits. Le changement de l'emplacement des icebergs, associé au temps écoulé entre les observations successives, a permis de calculer la vitesse et la direction de la dérive. Les périodes pendant lesquelles les icebergs étaient échoués ou remorqués ont été exclues de l'analyse. La majorité des observations ont été recueillies à des intervalles d'une heure. Cependant, certaines observations ont été enregistrées à intervalles d'une minute seulement, et d'autres à intervalles de plusieurs jours. Pour prévenir les erreurs liées à la vitesse de dérive des icebergs basées sur des observations relevées à de courts intervalles (donnant lieu à une vitesse de dérive nulle ou une vitesse anormalement élevée en raison de problèmes de résolution des capteurs), ou encore les erreurs liées aux longs intervalles entre les observations (attribuables au mouvement méandreux des icebergs), les statistiques sur la dérive des icebergs ont été établies à partir d'observations successives d'icebergs sur des périodes écoulées de 40 minutes à 8 heures. La vitesse moyenne et la direction moyenne de dérive pour chaque emplacement de puits sont présentées dans le tableau 3.41. La direction moyenne de dérive a été calculée en additionnant les composantes est et nord de tous les vecteurs de dérive et en calculant l'orientation du vecteur résultant. Dans tous les cas, la répartition des vitesses de dérive était bien représentée à l'aide d'une distribution gamma. En réunissant les données des différents emplacements de puits, on obtient une vitesse de dérive moyenne de 0,25 m/s avec un écart type de 0,17 m/s.

Tableau 3-41 Caractéristiques de la dérive des icebergs tirées des rapports sur les emplacements de puits

Fundament de muite	Amméa	Vitesse de	dérive (m/s)	Dérive moyenne	Nombre	
Emplacement de puits	Année	Moyenne	Écart type	Relèvement (°)	d'observations	
Bjarni O-82	1979	0,24	0,16	156	4 289	
Bjarni O-82	1980	0,32	0,22	141	308	
Bjarni O-82	1981	0,25	0,19	155	3 240	
Bjarni H-81	1973	0,23	0,18	183	1 427	
North Bjarni F-06	1981	0,30	0,19	115	1 389	
Tyrk P-100	1979	0,23	0,14	138	5 010	
Herjolf M-92	1976	0,32	0,18	148	545	
Corte Real P-85	1982	0,23	0,17	85	1 338	
Corte Real P-85	1983	0,27	0,17	156	2 744	
Roberval C-02	1980	0,26	0,16	175	1 014	
Roberval K-92	1979	0,24	0,14	99	6 542	
Gudrid H-55	1975	0,24	0,18	122,6	7 102	

Le SGC est à la pointe de la technologie en matière de prévision de la dérive des icebergs. Le modèle dynamique tient compte des forces de traînée hydrodynamique et aérodynamique, de la contrainte due au rayonnement des ondes, du gradient de pression de l'eau et de la masse ajoutée. Le forçage est obtenu au moyen des données sur les courants océaniques du modèle couplé glaces-océan du SGC et sur les vents et vagues du Centre météorologique canadien. Des trajectoires de dérive d'une durée de deux jours ont été produites en mode rétrodiffusion à intervalles hebdomadaires, au cours de la période de 2000 à 2006 (période où les courants archivés sont disponibles pour être intégrés au modèle de base). L'emplacement initial des icebergs a été disposé sur une grille de 0,5 degré de longitude et 0,25 degré de latitude sur la zone d'étude. La vitesse de dérive moyenne et la direction de dérive nette générée par le modèle sont présentées à la figure 3.50. La vitesse de dérive moyenne varie de 0,13 à 0,46 m/s, avec une moyenne globale de 0,24 m/s.

Une comparaison entre les vitesses de dérive moyennes observées et modélisées pour les différents lieux révèle des résultats constants.

61°N
60°N
58°N
58°N
55°N

Figure 3.50 Vecteurs moyens de dérive des icebergs selon le modèle du Service canadien des glaces

3.7.2 Taille des icebergs

54°N

53°N

52°N

51°N

64°W

Échelle 0,25 m/s

62°W

60°W

58°W

La taille des icebergs est généralement caractérisée par la longueur de flottaison, laquelle est définie comme la dimension maximale de l'iceberg le long de la ligne d'eau. La distribution de la longueur de flottaison des icebergs est un paramètre important pour calculer le taux d'impact et la charge des icebergs sur les structures de surface, ainsi que pour évaluer l'efficacité de la gestion des icebergs et évaluer les risques pour les pipelines et les structures sous-marines. Il a été démontré que la distribution de la longueur de flottaison des icebergs aux Grands Bancs était bien représentée par une distribution exponentielle ayant une moyenne de 59 m (Jordaan et coll., 1995). À l'exclusion des îles de glace observées pendant les saisons des glaces de 2002 à 2004, les données récentes sur les icebergs recueillies aux Grands Bancs et aux alentours appuient cette évaluation. Les différents programmes d'étude des icebergs dans la zone d'EES sont présentés ci-dessous.

56°W

54°W

52°W

50°W

48°W

3.7.2.1 Programme de levés de 2006

Le programme de levés des icebergs au Labrador en 2006 a été réalisé dans le cadre d'une évaluation des capacités du radar bipolarisé à synthèse d'ouverture pour la détection et la classification des icebergs (C-CORE, 2006b). Un total de 325 icebergs ont été détectés dans la zone de levé, et sur ce nombre, 138 ayant des longueurs de flottaison supérieures ou égales (≥) à 16 m ont été examinés visuellement. La longueur moyenne des icebergs dont la ligne de flottaison était supérieure ou égale (≥) à 16 m était de 76,9 m (écart type de 46,3 m), avec une longueur maximale de 311 m.

3.7.2.2 Étude des dimensions physiques des icebergs

Les dimensions émergées de 607 icebergs ont été obtenues à partir de levés aériens effectués au-dessus de la mer du Labrador au printemps 1979 (Petro-Canada, 1983). Trente-cinq axes de passage ont été effectués perpendiculairement à la côte entre le 2 mars et le 11 juin à une altitude d'environ 900 m. Pour les 556 icebergs ayant une ligne de flottaison supérieure ou égale à 16 m, la longueur moyenne de la ligne de flottaison était de 37,5 m avec un écart type de 23 m. La longueur maximale de la ligne de flottaison enregistrée était de 204 m. La présence d'un si grand nombre de petits icebergs est inusitée et pourrait être une anomalie limitée à cette année et à cette saison en particulier.

3.7.2.3 Icebergs observés pendant les activités de forage

Les données recueillies sur la longueur de flottaison durant les activités de forage des années 1970 et du début des années 1980 ont été consignées dans les journaux de remorquage et les registres de suivi des icebergs. La longueur de flottaison a été signalée pour environ 26 % des icebergs enregistrés dans les rapports sur les puits. Un petit nombre d'entre eux ont été enregistrés comme des fragments d'icebergs ou des bourguignons et aucune longueur de flottaison ne leur a été attribuée. La longueur moyenne de flottaison pour l'ensemble des 350 icebergs ayant des longueurs de flottaison supérieures ou égales à 16 m est de 112,3 m avec un écart type de 72,5 m et un maximum de 568 m.

3.7.2.4 Levé sur les icebergs de Voisey's Bay

C-CORE a effectué des levés d'icebergs dans les environs de Voisey's Bay en 1998. Deux vols en hélicoptère (le 31 mars et le 2 avril) ont été utilisés pour localiser les icebergs, qui ont ensuite été enregistrés à l'aide d'une caméra vidéo. Les dimensions des icebergs ont été déterminées à partir d'une analyse de la bande vidéo. La hauteur de certains grands icebergs a été déterminée au moyen d'un vol stationnaire à côté de ceux-ci et en enregistrant les valeurs indiquées à l'altimètre. Au total, 89 icebergs ont été observés, dont trois appartenaient à la catégorie de fragment ou de bourguignon. La longueur moyenne de flottaison (supérieure ou égale à 16 m) était de 63,0 m, avec un écart type de 46.5 m et un maximum de 226 m.

3.7.2.5 Levés de la Patrouille internationale des glaces (PIG)

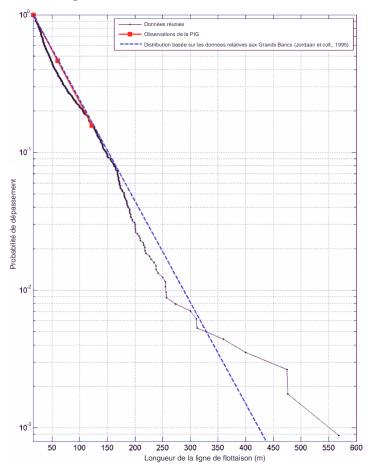
La PIG a effectué de nombreux levés aériens de la population d'icebergs sur le plateau continental du Labrador, où elle a attribué aux icebergs une classe selon la taille. Ces données font partie de la base de données PRDE (Verbit et coll., 2006) sur les observations d'icebergs. Le tableau 3.42 présente une ventilation du nombre d'icebergs observés dans la zone d'EES selon les différentes classes de taille, ainsi que des valeurs pour le nord des Grands Bancs. Ces observations sont strictement des observations aériennes effectuées par la PIG. Les classes de taille « grande » et « très grande » ont été réunies, car la classe « très grande » semble être une notion relativement récente (aucun iceberg « très grand » n'a été signalé avant 1993).

Tableau 3-42 Données sur les classes de taille provenant des levés aériens de la Patrouille internationale des glaces

Olassa da tallia	Grands	Bancs	Zone d'étude	
Classe de taille (longueur de flottaison – m)	Nombre	Proportion %	Nombre	Proportion %
Petit (16 à 60)	2 020	49,4	2 045	53,6
Moyen (61 à 122)	1 507	36,9	1 168	30,7
Grand et très grand (123 et plus)	561	13,7	597	15,7

Une comparaison entre les ensembles de données réunis, la distribution de la taille des icebergs dans les Grands Bancs (Jordaan et coll., 1995) et les données recueillies dans la zone d'EES est présentée à la figure 3.51. La distribution obtenue par la PIG (basée sur les nombres selon les différentes classes de taille) et les ensembles de données réunis sont raisonnablement cohérents avec la distribution dans les Grands Bancs. Bien que la distribution de la longueur de flottaison des icebergs des Grands Bancs soit caractérisée comme exponentielle avec une moyenne de 59 m (« exponentiel » signifie ici que la moyenne et l'écart type sont tous deux de 59 m), si un seuil minimal est appliqué (dans ce cas, 16 m), la moyenne se déplace d'une valeur égale au seuil (donnant une moyenne de 75 m), mais l'écart type reste inchangé. Pour l'ensemble des données réunies du Labrador, on obtient une moyenne de 67,4 m (pour les icebergs dont la longueur de flottaison est égale ou supérieure () à 16 m) et un écart type de 58,2 m. Étant donné que les données de l'industrie ont une tendance en faveur des plus gros icebergs, ce qui ferait de la moyenne combinée de 67,4 m un chiffre prudent, cela suggère que la même distribution de taille peut être utilisée pour les Grands Bancs et le plateau du Labrador. Cela n'inclut pas le cas des îles de glace, qu'on aborde dans la section 3.7.3.

Figure 3.51 Comparaison entre les ensembles de données sur la longueur de flottaison, les observations sur les classes de tailles de la Patrouille internationale des glaces et la distribution des longueurs de flottaison dans les Grands Bancs



La variabilité de certaines données, comme dans l'étude sur les dimensions physiques des icebergs de Petro-Canada (1983), peut être le résultat de fluctuations naturelles. Cela démontre la nécessité d'effectuer des levés continus des icebergs dans la zone d'étude.

3.7.3 Îles de glace

À l'occasion, des îles de glace sont observées au large des côtes de Terre-Neuve-et-Labrador. Les îles de glace sont une classe spéciale d'icebergs tabulaires caractérisés par leur grande taille (allant de centaines de mètres à plusieurs kilomètres), leur faible franc-bord (généralement moins de 20 m) et leur surface ondulée. Les îles de glace présentent un intérêt en raison des défis associés au remorquage de masses aussi importantes et aux charges élevées prévues en cas de collision avec une plateforme. Les îles de glace peuvent être difficiles à détecter, car elles n'apparaissent pas bien sur le radar des navires en raison de leur faible hauteur. Vues du ciel, on peut les confondre avec la banquise. De plus, si elles sont accompagnées de banquise lâche, elles peuvent être très difficiles à repérer.

Une description proposée par Newell (1993) définit les îles de glace de l'Atlantique comme un vaste iceberg bas, au sommet plat, dont la longueur dépasse 500 m au nord de la latitude 50 °N ou 300 m au sud de cette latitude et qui provient des plateaux de glace du nord de l'île d'Ellesmere ou de la côte est du Groenland.

Des îles de glace ont été vues au large de Terre-Neuve-et-Labrador. Newell (1993) a passé en revue les plus gros icebergs et les îles de glace observés entre 1900 et 1992. Plusieurs îles de glace répertoriées font plusieurs kilomètres de long et une longueur maximale d'environ 20 km. La base de données PRDE (2004) répertorie également un vaste iceberg tabulaire (de 1 370 m de longueur et 1 005 m de largeur), apercu en 1945 dans le sud de la passe flamande au large des Grands Bancs. Le franc-bord de cet iceberg était d'environ 15 m, ce qui correspond aux observations récentes de grands icebergs tabulaires. Une île de glace observée par la PIG (Robe et coll., 1977) en 1976 mesurait environ 600 à 700 m de long. Des îles de glace ont été observées dans les Grands Bancs ou à proximité en 2002, 2003 et 2004, avec une pointe en 2003. Les îles de glace observées en 2002 provenaient probablement d'une seule île de glace, qui a été observée au nord du Grand Banc par le MPO (vers la latitude 51 °N) et estimée à 7 km de longueur (Stoermer et Rudkin, 2003). De grandes îles de glace ont été observées au large du nord du Labrador en 2004 et 2005. Une île de glace a été observée à l'entrée de la baie d'Ungava. Selon les images recueillies le 19 août 2004, elle mesurait 3 km × 2,5 km (C-CORE, 2007). Cette île de glace a été suivie du 13 mai au 5 septembre par Luc Dejardins du SCG. Au cours de cette période, l'île de glace s'est déplacée dans le détroit d'Hudson, dans la baie d'Ungava et a fait plusieurs fois le tour de l'île d'Akpatok, après quoi elle se serait brisée. Une autre île de glace, mesurant 2,2 km x 1,5 km a été observée dans la baie d'Ungava en juillet et août 2005.

Bien qu'elles ne soient pas courantes, des îles de glace apparaissent parfois sur le plateau continental du Labrador. Les données sont insuffisantes pour déterminer avec précision la fréquence des îles de glace dans la zone d'EES. Selon les observations, on peut estimer qu'une île de glace traverse la zone d'étude tous les deux à cinq ans.

La distribution des îles de glace par taille basée sur des observations récentes des Grands Bancs ne serait pas appropriée, puisque de nombreuses îles de glace se fragmentent avant de dériver aussi loin vers le sud. Les observations d'îles de glace dans la baie d'Ungava (3 km et 2,2 km en 2004 et 2005, respectivement), au nord des Grands Bancs (7 km en 2003) et celles documentées par Newell (1993) sur le plateau du Labrador (environ 3,5 km en moyenne) suggèrent qu'une île de glace de plusieurs kilomètres doit être prise en compte pour la fréquence des collisions et les analyses de charge. Les masses en jeu deviennent énormes – de l'ordre de 500 millions de tonnes pour une île de glace de 5 km.

Une analyse des données sur la trajectoire des îles de glace provenant d'observations dans la région des Grands Bancs révèle que la vitesse de dérive des îles de glace peut être d'environ 10 % plus élevée que celle des icebergs en général. Ce phénomène est sans doute attribuable à la géométrie des îles de glace, qui, en présentant une plus grande surface pour la traînée du vent ou une faible profondeur de quille (par rapport à d'autres grands icebergs), augmente l'influence des courants de surface plus rapides et peu profonds.

3.8 Érosion par les icebergs

3.8.1 Introduction

L'érosion ou l'affouillement par les icebergs (voir la figure 3.52) est un enjeu important pour les pipelines et les installations sous-marines sur le plateau continental du Labrador. Les évaluations précédentes du risque d'érosion par les icebergs sur le plateau du Labrador (Petro-Canada, 1983) ont été très prudentes en raison des données limitées disponibles. Une analyse des données récentes recueillies sur le banc Makkovik (C-CORE, 2006b) indique que le risque posé par l'érosion par les icebergs est considérablement plus faible qu'on ne le pensait. Par conséquent, l'accent est mis ici sur la description de la collecte de données, les techniques d'analyse et les résultats les plus récents. Pour les pipelines et autres infrastructures soumises à l'érosion, le calcul des paramètres de conception de l'érosion en fonction du risque nécessite deux données essentielles : la fréquence des événements d'érosion et la distribution géométrique de celles-ci.

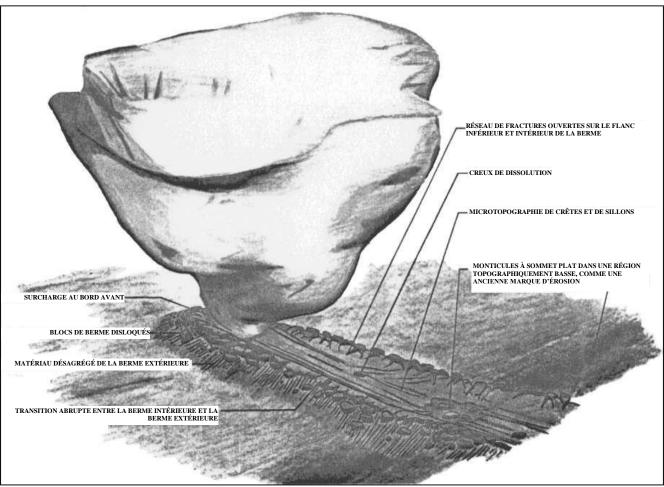
3.8.2 Programme de levé de Makkovik de 2003

Des données bathymétriques par sonar multifaisceaux ont été obtenues par Fugro Jacques Geosurveys Inc. (FJG) en septembre 2003, sur des zones du banc Makkovik sondées durant l'expérience DIGS de 1985 et des enquêtes sur l'emplacement du puits Bjarni (Hodgson et coll. 1988; Geomarine 1976, 1980). La zone totale de l'étude, illustrée à la figure 3.53, était d'environ 440 km² et l'espacement des lignes a été choisi de manière à fournir une couverture continue de secteurs se chevauchant à toutes les profondeurs d'eau étudiées. Le système multifaisceaux a été classé de façon à mesurer des profondeurs allant jusqu'à 300 m avec une résolution de 1,25 cm, et obtient une largeur de secteur allant jusqu'à 7,4 fois la profondeur de l'eau (FJG, 2005). Les données ont été traitées en vue de produire des données bathymétriques réparties sur une grille et des images rétrodiffusées.

3.8.3 Géométrie de l'érosion

Le processus d'extraction des données du levé a produit un important ensemble de données de haute qualité (voir C-CORE 2007 pour plus de détails). Le nombre de caractéristiques et de profils d'érosion est présenté dans le tableau 3.43. Chacune des caractéristiques a été décrite comme un affouillement (sillons linéaires), une fosse (éléments circulaires ou ovales) ou un affouillement avec fosse. Le tableau 3.44 présente une répartition du nombre d'affouillements, de fosses et d'affouillements avec fosses pour chacun des lieux de levés. On constate que la proportion de fosses isolées varie considérablement d'un lieu à l'autre, allant de moins de 10 % sur le lieu du Fonds pour l'étude de l'environnement (FEE) à plus de 40 % dans la partie sud de l'emplacement du puits Bjarni (voir la figure 3.53).

Figure 3.52 Érosion par les icebergs dans les sédiments à grain fin, avec indication de certaines caractéristiques



Source: Woodworth-Lynas et coll. (1992), avec modifications.

LEVÉS DU SITE DI BANC MAKKOVIK

CONTROL DE MAN CANCONI

SITE BERTHA

BANC MAKKOVIK

BUIL DOCTOR CONTROL

BUIL DOCT

Figure 3.53 Emplacement des levés de 2003 et des levés précédents

Source: C-Core (2006b)

Tableau 3-43 Caractéristiques de l'érosion dans l'analyse des données de Makkovik

Lieu	Caractéristiques documentées	Profils des caractéristiques
FEE	2 417	37 081
Gladys	1 308	31 018
Bertha	422	11 236
North Bjarni	290	11 953
South Bjarni	2 119	30 422
Total	6 556	121 710

Tableau 3-44 Types de caractéristiques d'érosion dans les données d'affouillement de Makkovik

Lieu	Caractéristiques totales	Affouillements	% d'affouillements	Fosses	% de fosses	Affouillements avec fosses	% d'affouillements avec fosses
FEE	2 417	1 925	79,6	233	9,6	259	10,7
Gladys	1 308	825	63,1	269	20,6	214	16,3
Bertha	422	255	60,4	131	31,0	36	8,5
North Bjarni	290	175	60,3	74	25,5	41	14,1
South Bjarni	2 119	1 006	47,5	869	41,0	244	11,5
Total	6 556	4 186	63,8	1 576	24,0	794	12,1

3.8.3.1 Profondeur de l'érosion

Dans l'ensemble, la profondeur de l'érosion a une moyenne de 0,77 m avec un écart type de 0,62 m et, dans la plage de profondeur de 145 m, la profondeur maximale est de 6 m. La distribution de la profondeur de l'érosion est illustrée à la figure 3.54. La profondeur de l'érosion en fonction de la profondeur de l'eau est indiquée dans le tableau 3.45, et une répartition supplémentaire par rapport au type de sédiment est fournie dans le tableau 3.46. La profondeur de l'érosion augmente avec la profondeur de l'eau et avec le talus du fond marin. Les tentatives de produire des équations propres au type de sol ont donné des résultats insatisfaisants, car la plupart des types de sols n'existent pas dans la plage des profondeurs d'eau et de talus du fond marin visée. Des distributions des profondeurs d'érosion ont été produites pour les différents lieux, réparties en fonction de la plage de profondeur de l'eau et du type de sol. La figure 3.55 montre la répartition des profondeurs d'érosion dans différents types de sols.

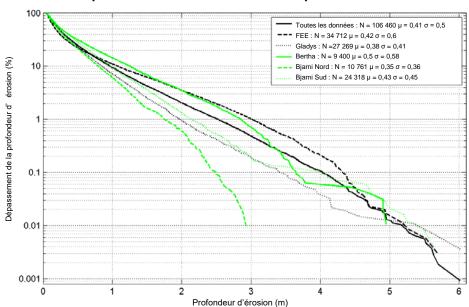


Figure 3.54 Distribution des profondeurs d'érosion réunies et par lieu

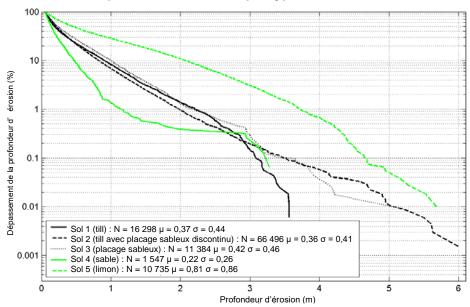
Tableau 3-45 Variation de la profondeur des profils d'érosion selon la profondeur de l'eau

Plage de profondeur de l'eau (m)	Nombre d'érosions	Nombre de profils	Profondeur d'érosion moyenne (m)	Écart type de la profondeur de l'érosion (m)
≥ 85 et < 95	437	5 343	0,17	0,17
≥ 95 et < 105	519	6 586	0,24	0,26
≥ 105 et < 115	650	9 207	0,34	0,48
≥ 115 et < 125	415	4 198	0,40	0,51
≥ 125 et < 135	1 022	17 434	0,39	0,42
≥ 135 et < 145	1 824	32 363	0,38	0,41
≥ 145 et < 155	1 267	21 151	0,39	0,41
≥ 155 et < 165	325	3 636	0,62	0,60
≥ 165 et < 175	159	2 220	0,78	0,69
≥ 175 et < 185	126	1 570	0,86	0,84
≥ 185 et < 195	82	1 018	1,17	0,97
≥ 195 et < 205	48	1 072	1,29	0,99
≥ 205 et < 215	20	549	1,98	1,24
≥ 215 et < 225	1	113	1,76	0,67
Total/Moyenne	6 895	106 460	0,77	0,62

Tableau 3-46 Variation de la profondeur moyenne des profils d'érosion selon la profondeur de l'eau et le type de sédiment

Plage de profondeur de l'eau (m)	Profondeur d'érosion moyenne (m) (m) – Nombre de profils d'affouillement (<i>en italique</i>)						
	Till	Till avec placage sableux discontinu	Placage sableux	Sable	Limon		
≥ 85 et < 95	0,16 (5 299)	0,31 (44)	S. O.	S. O.	S. O.		
≥ 95 et < 105	0,24 (1 337)	0,24 (4 944)	S. O.	0,29 (305)	S. O.		
≥ 105 et < 115	0,61 (<i>1 564</i>)	0,29 (6 914)	0,12 (43)	0,24 (686)	S. O.		
≥ 115 et < 125	0,50 (2 400)	S. O.	0,17 (573)	0,17 (513)	0,42 (712)		
≥ 125 et < 135	0,47 (5 662)	0,40 (6 743)	0,19 (2 444)	0,15 (<i>43</i>)	0,37 (2 542)		
≥ 135 et < 145	0,23 (36)	0,37 (28 898)	0,41 (2 301)	S. O.	0,53 (1 128)		
≥ 145 et < 155	S. O.	0,38 (17 860)	0,43 (3 291)	S. O.	S. O.		
≥ 155 et < 165	S. O.	0,52 (1 093)	0,66 (2 412)	S. O.	0,71 (131)		
≥ 165 et < 175	S. O.	S. O.	0,66 (320)	S. O.	0,80 (1 900)		
≥ 175 et < 185	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	0,86 (1 570)		
≥ 185 et < 195	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	1,17 (1 018)		
≥ 195 et < 205	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	1,29 (1 072)		
≥ 205 et < 215	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	1,98 (549)		
≥ 215 et < 225	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	1,76 (113)		
Toutes les profondeurs	0,37 (16 298)	0,36 (66 496)	0,42 (11 384)	0,22 (1 547)	0,81 (10 735)		

Figure 3.55 Distribution de la profondeur d'érosion par type de sédiment



3.8.3.2 Largeur de l'érosion

La plupart des discussions sur la largeur de l'érosion se limitent à la largeur de berme à berme, qui représente la distance entre les sommets des deux bermes de sol de chaque côté de l'érosion. Bien que ce paramètre soit facilement déterminé à partir des données du sonar à balayage latéral, il ne constitue pas une mesure aussi précise de la perturbation du fond marin que la largeur de l'incision, c'est-à-dire la largeur creusée dans le fond marin par la quille de l'iceberg pendant l'érosion. La largeur moyenne des incisions selon la profondeur de l'eau est présentée dans le tableau 3.47. La répartition de la largeur de l'incision d'affouillement est mieux représentée par une distribution log-normale.

Tableau 3-47 Variation de la largeur d'érosion en fonction de la profondeur de l'eau

			Largeur d'incision		
Plage de profondeur de l'eau (m)	Nombre d'érosions	Nombre de profils	Moyenne (m)	Écart type (m)	
≥ 85 et < 95	437	5 343	26,7	11,5	
≥ 95 et < 105	519	6 586	30,9	16,3	
≥ 105 et < 115	650	9 207	32,3	19,3	
≥ 115 et < 125	415	4 198	37,6	25,7	
≥ 125 et < 135	1 022	17 434	36,4	22,1	
≥ 135 et < 145	1 824	32 363	36,3	21,7	
≥ 145 et < 155	1 267	21 151	40,1	23,8	
≥ 155 et < 165	325	3 636	45,3	30,6	
≥ 165 et < 175	159	2 220	38,7	20,6	
≥ 175 et < 185	126	1 570	40,6	21,7	
≥ 185 et < 195	82	1 018	47,2	24,5	
≥ 195 et < 205	48	1 072	52,3	28,3	
≥ 205 et < 215	20	549	57,5	29,8	
≥ 215 et < 225	1	113	68,7	19,9	

3.8.3.3 Longueur de l'érosion

La longueur moyenne de toutes les érosions mesurées en 2003 est de 305 m (voir la figure 3.56) et la distribution correspond à une distribution log-normale. Une distribution log-normale caractérise également la distribution des longueurs considérée selon le lieu. La distribution des longueurs d'érosion par lieu est présentée dans le tableau 3.48. La longueur moyenne d'érosion déterminée pour les emplacements FEE et Bertha durant l'expérience DIGS était respectivement de 317 et 185 m (Hodgson et coll., 1988), ce qui est comparable aux valeurs obtenues ici. La longueur moyenne d'érosion pour North Bjarni et South Bjarni, calculée après une analyse des dessins linéaires obtenus par les des balayages latéraux, était de 281 et 542 m respectivement (King, 2002). À titre de comparaison, la longueur moyenne de l'érosion dans la région de White Rose des Grands Bancs, corrigée en fonction de la troncature de l'érosion au bord des zones de sondage, est d'environ 650 m (C-CORE, 2001a). Comme peu d'érosions dans l'ensemble de données de Makkovik ont été tronquées, la distribution de la longueur des érosions a été utilisée telle quelle.

Tableau 3-48 Statistiques sur la longueur des érosions par lieu

Lieu	Affouillements	Moyenne (m)	Écart type (m)	Maximum (m)
FEE	2 184	288	411	5 455
Gladys	1 039	283	364	4 167
Bertha	291	241	248	1 825
North Bjarni	216	528	671	3 832
South Bjarni	1 250	331	355	3 135

À l'exception de North Bjarni, la distribution des longueurs d'érosion dans les différents lieux est raisonnablement constante. La raison de l'écart à North Bjarni n'a pas été déterminée.

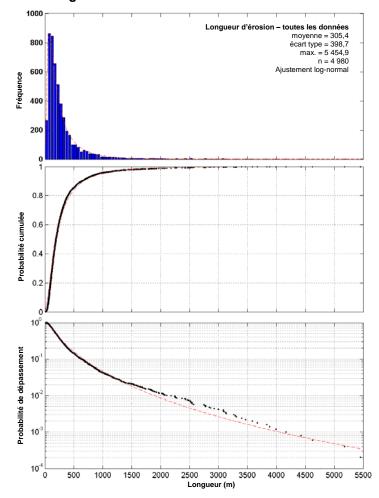


Figure 3.56 Distribution des longueurs d'érosion dans différents lieux

3.8.3.4 Orientation de l'érosion

L'orientation de l'érosion est un phénomène intéressant, car lorsqu'elle présente une forte tendance directionnelle, la fréquence d'érosion des pipelines est influencée par la direction des pipelines par rapport à l'orientation dominante de l'érosion. L'orientation de l'érosion pour chaque lieu est présentée à la figure 3.57. On constate qu'à FEE et Bertha, il y a une tendance directionnelle; que l'orientation de l'érosion à Gladys est essentiellement aléatoire et qu'à Bjarni Nord et Sud, il semble y avoir deux directions dominantes (bimodales). Bien que l'orientation de l'érosion n'ait pas été indiquée pour Gladys dans l'étude DIGS (Hodgson et coll., 1988), la distribution de l'orientation était très semblable à celle présentée à la figure 3.58 pour Bertha et FEE. L'étude de Geomarine (1976) a révélé une distribution bimodale semblable de l'orientation à South Bjarni.

Figure 3.57 Distribution de l'orientation de l'érosion pour différents lieux

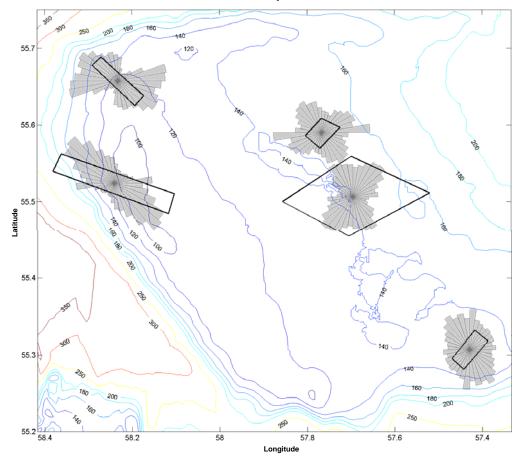
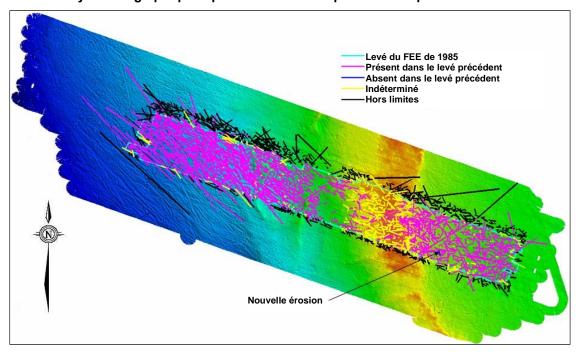


Figure 3.58 Analyse cartographique répétitive de la mosaïque du Fonds pour l'étude de l'environnement



3.8.3.5 Rampe d'érosion

La rampe d'érosion est la différence entre la profondeur d'eau maximale et minimale sur la longueur d'un affouillement, et est fonction de la pente du fond marin et de la longueur de l'érosion. Le tableau 3.49 présente les statistiques sur les rampes d'érosion pour chaque lieu. La distribution de la rampe d'érosion peut être utilisée pour évaluer la tendance des icebergs à éroder les excavations ouvertes comme les entonnoirs souterrains (C-CORE, 2001b). La distribution de la rampe d'érosion est log-normale. La moyenne, l'écart type et l'augmentation maximale de la rampe d'érosion dans cet ensemble de données sont respectivement de 1,5, 1,5 et 32,1 m. Par comparaison, à White Rose, ces valeurs sont respectivement de 0,46, 0,90 et 11 m (C-CORE, 2001c). La différence est attribuée à un certain nombre de facteurs, notamment des pentes de fond marin moins prononcées (environ 0,1 % contre 1 % environ, en moyenne) à White Rose.

Tableau 3-49 Rampe d'érosion par lieu

Lieu	Affouillements	Moyenne (m)	Écart type (m)	Maximum (m)
FEE	2 184	1,5	2,3	32,1
Gladys	1 039	1,3	1,2	11,9
Bertha	291	1,7	1,4	9,9
North Bjarni	216	1,5	1,2	7,3
South Bjarni	1 250	1,5	1,4	17,0

3.8.3.6 Profondeur des fosses

Les fosses sont rondes ou ovales en plan. Leur étendue considérablement réduite par rapport aux affouillements signifie que, pour chaque élément, les fosses sont moins susceptibles d'interagir avec l'infrastructure sous-marine. Les fosses sont également moins nombreuses, mais ce taux réduit est compensé en partie par leur distribution plus profonde. Les fosses peuvent se présenter comme des éléments isolés ou être associées à un affouillement, typiquement (mais pas nécessairement) sous la forme d'une fosse terminale. Sur les 6 556 caractéristiques d'affouillement de l'ensemble des données du banc Makkovik, 1 576 (24 %) étaient des fosses isolées et 794 (12 %) étaient des fosses liées à un affouillement. En général, les fosses associées à des affouillements ont tendance à être légèrement plus grandes que les fosses isolées. Les fosses isolées et celles associées à un affouillement ont été considérées comme un seul ensemble de données aux fins de l'analyse.

Comme pour l'extraction de la profondeur d'érosion, la profondeur des fosses a été extraite à intervalles réguliers le long de chaque caractéristique. Bien qu'il ait été possible de prendre en compte la variation de la profondeur maximale le long des différentes fosses, étant donné les dimensions limitées des fosses (par rapport aux affouillements), la profondeur maximale mesurée à l'intérieur d'une fosse donnée doit être prise en compte pour l'analyse des risques. La profondeur maximale moyenne des fosses est de 1,26 m avec un écart type de 1,02 m, et la distribution est bien représentée par une distribution log-normale. À titre de comparaison, la profondeur moyenne des fosses mesurée dans la région de White Rose est de 1,1 m (C-CORE, 2001a). La distribution de la profondeur des fosses en fonction de la profondeur d'eau et du type de sol est présentée les tableaux 3.50 et 3.51, respectivement. La profondeur des fosses est bien caractérisée par une distribution log-normales. Dans tous les cas, on a pris en compte la profondeur maximale de la fosse (c'est-à-dire la moyenne du maximum, l'écart type du maximum et la profondeur maximale).

Tableau 3-50 Distribution de la profondeur des fosses et des diamètres effectifs selon la profondeur de l'eau

Plage de profondeur de l'eau (m)	fosses	Moyenne (m)	Écart type (m)	Maximum (m)	Moyenne (m)	Écart type (m)	Maximum (m)
roud (III)				Profor		Diamètre effectif	
≥ 85 et < 95	64	0,65	0,55	3,34	52,5	25,3	130
≥ 95 et < 105	71	0,93	0,81	4,20	58,9	28,9	160
≥ 105 et < 115	165	1,10	0,97	5,79	57,1	28,2	144
≥ 115 et < 125	93	1,23	0,87	4,30	68,3	34,6	164
≥ 125 et < 135	475	1,14	0,84	5,93	58,6	30,4	164
≥ 135 et < 145	843	1,23	0,95	7,87	62,9	34,4	234
≥ 145 et < 155	490	1,38	1,08	6,48	71,7	41,4	212
≥ 155 et < 165	120	1,88	1,27	7,09	78,7	40,4	190
≥ 165 et < 175	12	2,58	1,79	5,25	72,6	36,2	126
≥ 175 et < 185	17	2,03	2,36	10,17	62,7	39,4	144
≥ 185 et < 195	12	2,81	1,10	4,91	78,2	17,6	106
≥ 195 et < 205	6	1,78	1,43	4,17	62,8	29,2	110
≥ 205 et < 215	1	2,85	0	2,85	90,0	0	90
≥ 215 et < 225	2	2,28	0,46	2,60	63,4	7,8	68,9

Tableau 3-51 Profondeur de la fosse par type de sol

Type de sol	fosses	Moyenne (m)	Écart type (m)	Maximum (m)
Till	279	1,19	0,90	5,93
Till avec placage sableux discontinu	1 641	1,19	0,94	7,87
Placage sableux	253	1,52	1,23	6,48
Sable	30	0,91	0,77	3,85
Limon	137	1,72	1,35	10,17

3.8.3.7 Dimensions des fosses

Les dimensions des fosses (longueur et largeur) influencent le taux d'interaction avec les pipelines et autres structures sous-marines de la même manière que la longueur et la largeur de l'érosion. Les fosses sont de forme circulaire ou ovale. En ce qui concerne les dimensions en plan, chaque fosse est caractérisée par sa longueur et sa largeur maximale. Pour les besoins de ce rapport, la dimension horizontale qui nous intéresse est désignée sous le nom de diamètre effectif. La moyenne et l'écart type du diamètre effectif sont respectivement de 64,2 et 35,3 m, et les données sont mieux caractérisées au moyen d'une distribution log-normale. Le diamètre effectif moyen de berme à berme est de 75 m. La variation des dimensions horizontales des fosses en fonction de la profondeur de l'eau (tableau 3.52) respecte le même schéma que celui observé pour la profondeur des fosses.

Tableau 3-52 Largeur des incisions de fosses par type de sol

Type de sol	fosses	Moyenne (m)	Écart type (m)	Maximum (m)
Till	279	64,3	33,6	164
Till avec placage sableux discontinu	1 641	64,5	36,1	234
Placage sableux	253	61,7	33,4	212
Sable	30	55,5	27,4	125
Limon	137	61,7	30,7	164

3.8.4 Taux d'érosion

Un certain nombre d'approches ont été utilisées pour estimer le taux d'érosion par les icebergs. Le taux d'érosion par les icebergs dans les Grands Bancs (C-CORE, 2001a) a été estimé à partir de la densité d'érosion du fond marin et de l'hypothèse selon laquelle l'érosion « moderne » a commencé dans les Grands Bancs il y a environ 2 500 ans, suivi d'un renforcement sur la branche intérieure du courant du Labrador. Le taux d'érosion a également été estimé à partir d'une analyse des données sur les trajectoires des icebergs (Banke, 1989a, 1989b), de la densité d'érosion observée et des taux de sédimentation induits (Gaskill et coll., 1985), ainsi que de la densité de l'érosion observée dans un champ de mégarides (Amos et Barrie, 1982). Des modèles numériques (d'Apollonia et Lewis, 1986; King, 2002) ont été employés pour estimer le taux d'échouage des icebergs en utilisant le nombre d'icebergs, la distribution du tirant d'eau, la dérive et les données bathymétriques. La seule mesure directe et pratique du taux d'érosion demeure toutefois la cartographie répétitive. Les sections suivantes présentent le résultat d'un exercice de cartographie répétitif et d'un modèle de taux d'échouage des icebergs (King, 2002).

Une analyse cartographique répétitive de la zone d'étude du FEE du banc Makkovik a été réalisée par FJG (2005). L'analyse a comparé l'ensemble des données multifaisceaux de 2003 aux données existantes du balayage latéral du DIGS (1985), en vue d'évaluer la fréquence des événements récents d'érosion par les icebergs (King et Sonnichsen, 2008). Il a été décidé que les analyses de cartographie répétitive seraient limitées à la zone d'étude du FEE, qui présente les meilleures données historiques de qualité et la plus grande variation de profondeur d'eau et de type de sédiments du fond marin de tous les sites d'étude de Makkovik. Une comparaison avec l'interprétation de l'érosion dessinée au trait et produite par les enquêtes sur les emplacements de puits Bjarni (Geomarine, 1976; 1980) a été tentée, mais aucune corrélation n'a été obtenue entre les caractéristiques cartographiées et les données de 2003. Cela est attribuable à des incertitudes de positionnement dans les levés de base qui ont empêché d'obtenir une corrélation précise avec les caractéristiques du levé de 2003. De plus, l'exactitude et l'exhaustivité des dessins linéaires de l'érosion produits à partir de l'interprétation des relevés originaux par balayage latéral sont incertaines, puisque la plupart des érosions peu profondes ont été omises. Les photomosaïques et les données linéaires de la CGC provenant d'autres sites DIGS étaient de moins bonne qualité ou ne montraient pas la même densité d'érosion bien définie et distinctive (que l'on suppose être en grande partie attribuables aux caractéristiques du fond marin). Au cours de l'exercice de cartographie répétitif du FEE, l'érosion cartographiée dans l'ensemble des données multifaisceaux de 2003 a été classée : comme ayant déjà existé, se trouvant en dehors de la zone de couverture précédente, indéterminée ou apparemment nouvelle.

Une comparaison approfondie et exhaustive a été menée dans le but de faire la corrélation entre les caractéristiques cartographiées à partir de l'imagerie multifaisceaux de 2003 et les caractéristiques observées dans la mosaïque par balayage latéral du FEE de 1985. La corrélation des caractéristiques individuelles était parfois difficile à faire en raison du caractère fortement érodé du fond marin et de préoccupations concernant la qualité et le positionnement des données historiques. Cependant, la distribution de l'érosion observée dans les ensembles de données de 1985 et 2003 était très similaire, de sorte que la corrélation entre les caractéristiques a pu être établie avec une confiance raisonnable dans la majeure partie de la zone d'étude du FEE.

Une forte proportion des caractéristiques de l'érosion par la glace (1482; 59,2 pour cent) a été interprétée comme présente dans la mosaïque de balayage latéral du FEE, et dans certaines régions, l'absence d'affouillements nouveaux ou indéterminés montre que les affouillements peuvent rester visibles pendant des siècles (figure 3.58). Certaines caractéristiques, représentant 16 % de l'ensemble de l'érosion cartographié en 2003, demeurent indéterminées en raison de leur subtilité et de leur manque de contraste et de continuité texturaux, et à cause des incertitudes quant à leur position par rapport aux données de 1985. La plupart des caractéristiques d'érosion classées comme indéterminées sont situées sur la face ouest de la crête de till la moins profonde, dans une zone exposée de substrat à gros grains, où la continuité de l'érosion et le contraste textural sont limités. Le type d'érosion observé dans cette région est similaire dans les ensembles de données de 1985 et 2003, mais il n'a pas été possible d'en faire la corrélation avec certitude. Il est possible (et même probable d'après la fréquence d'érosion globale) que la majorité de ces caractéristiques étaient présentes au moment de l'enquête de 1985.

On constate que 629 caractéristiques d'érosion par la glace dans l'ensemble des données de 2003 (soit 25,1 %) sont situées à l'extérieur de la zone couverte par la mosaïque de balayage latéral du FEE en 1985. Un seul élément (FEE, 2021) a été interprété provisoirement comme une nouvelle érosion.

La distribution du sable superficiel et des figures sédimentaires de fond s'est avérée très similaire après 18 ans, sans changement mesurable des figures sédimentaires brutes ni indication de migration nette des figures sédimentaires (dans les limites de la résolution du système). Dans les zones de placage sableux mince et discontinu recouvrant un substrat de gravier, le sonar latéral et l'imagerie de rétrodiffusion multifaisceaux montraient parfois des quantités différentes de couverture de sable, en fonction du contraste de la réflectivité acoustique. Cela peut être attribuable à des différences dans l'élévation du sonar, à l'empreinte acoustique et à la gamme dynamique davantage qu'à de réelles variations dans la quantité de sable.

Un seul élément d'érosion a été évalué comme nouveau, mais on a également relevé un certain nombre d'autres éléments indéterminés. Afin d'aborder la question de l'incertitude relative aux caractéristiques indéterminées, deux sous-sections de la mosaïque du FEE qui contournent la crête de till peu profonde et les bords de la mosaïque du FEE ont été examinées séparément. Ces deux zones se trouvent aux extrémités ouest et est de la mosaïque du FEE et couvrent respectivement 13,7 et 6,8 km². Comme il est peu probable que les 32 caractéristiques d'érosion indéterminées soient nouvelles, on suppose que la valeur se situe entre 1 et 33. En fonction de ces données, le taux moyen de formation des éléments d'érosion est évalué à entre 4,7×10-3 et 8,1×10-2/km² par an. Compte tenu de cette plage, même le taux d'érosion le plus faible est supérieur d'environ un ordre de grandeur au taux moyen pour le nord-est des Grands Bancs.

L'incertitude relative au taux d'érosion est en grande partie attribuable à la mauvaise qualité des données de référence de 1985. La meilleure façon d'obtenir un taux d'érosion fiable est d'utiliser les données de 2003 comme référence (zone totale de 440 km²) et d'effectuer une autre étude dans le futur. La taille de l'échantillon fourni par la cartographie répétitive correspond au multiple de la zone de levé et du temps écoulé, de sorte qu'un échantillon utilisant les données de 2003 comme base de référence serait au moins trois fois plus grand que celui obtenu à l'aide du levé du FEE (36,6 km² et 18 ans de période écoulée).

3.8.5 Modèle géométrique de l'échouage

Un modèle simple a été mis au point pour permettre d'estimer le taux d'échouage des quilles d'icebergs (King, 2002). Le modèle utilise les données sur la fréquence des icebergs, la distribution du tirant d'eau, la vitesse moyenne de dérive, la distribution de la direction de dérive, la profondeur de l'eau et le talus et l'orientation du fond marin. Le modèle a été mis à l'épreuve à l'aide de données provenant des Grands Bancs, dans des zones où les paramètres d'entrée pertinents sont bien établis, et on a constaté qu'il produisait des estimations raisonnables du taux d'échouage comparativement aux taux obtenus à l'aide d'autres méthodes (King et coll., 2003). Une analyse récente des données de cartographie répétitive du nord-est des Grands Bancs (C-CORE, 2006a) a donné des taux de formation de caractéristiques d'érosion qui concordent bien avec les taux d'échouage modélisés.

La figure 3.59 présente le taux de mise à la terre calculé à l'aide de l'équation simplifiée sur la partie centrale de la zone d'EES. Le taux moyen de formation des caractéristiques d'érosion obtenu à l'aide des données cartographiques répétitives dans les sous-sections est et ouest de la mosaïque FEE se situe entre 4,7×10⁻³ et 8,1×10⁻²/km² par an, selon les hypothèses utilisées pour désigner les caractéristiques indéterminées comme nouvelles. Selon le modèle, le taux d'échouage prévu est de 6×10⁻²/km² par an dans les parties concernées de la mosaïque du FEE.

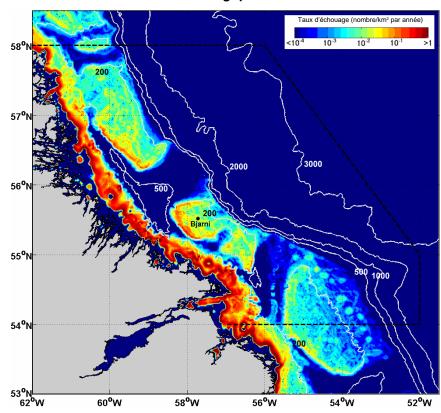


Figure 3.59 Modélisation du taux d'échouage des icebergs sur la partie centrale de la zone d'évaluation environnementale stratégique

Il faut noter que le modèle peut surestimer le taux d'échouage dans la partie centrale du banc Makkovik (Bjarni et North Bjarni), car il ne tient pas compte de l'effet d'abri d'une crête moins profonde sur les flancs ouest et nord du banc. Le modèle peut également surestimer le taux d'érosion sur les fonds marins abrupts, car il ne tient pas compte du fait que les bords des bancs influencent la direction du courant (et la dérive des icebergs) en l'acheminant le long du contour plutôt que transversalement. Néanmoins, à mesure que le modèle devient plus sophistiqué, il devrait constituer un moyen efficace d'exploiter les résultats des levés répétitifs.

3.9 Contraintes relatives aux données sur l'environnement physique

Les informations géologiques sont limitées à certaines zones et d'autres données géologiques détaillées s'avèrent nécessaires. La plupart des données disponibles sont basées sur des informations des années 1970 et 1980, et il y a peu de données portant sur la partie au-dessous des 100 premiers mètres. La plupart des données liées aux carottes sont limitées à 1 m de profondeur. Cela permet d'avoir une vue d'ensemble, mais des informations supplémentaires sont nécessaires. Des champs de blocs rocheux ont été enregistrés, mais il n'existe pas de cartographie détaillée à ce sujet.

La bathymétrie détaillée (échelle fine) et la cartographie peuvent faire défaut dans certaines zones. La base de données des mesures actuelles pour la région est limitée.

Les données sont insuffisantes pour déterminer la fréquence des îles de glace et cette mesure sera importante, car les îles sont difficiles à détecter et à suivre.

La trajectoire exacte (l'endroit, le moment et la quantité qui rejoindra le rivage) d'un déversement d'hydrocarbures dans la zone de l'EES du plateau continental du Labrador est inconnue. Une modélisation de la trajectoire des déversements d'hydrocarbures sera nécessaire pour tout projet de forage d'exploration proposé qui pourrait avoir lieu dans la zone de l'EES du plateau.

L'incapacité actuelle à détecter et à cartographier de manière fiable les hydrocarbures piégés dans, sous, sur ou entre la glace est une lacune critique, qui affecte tous les aspects de l'intervention en cas de déversement.

La capacité actuelle de nettoyage des déversements d'hydrocarbures en présence de glace de mer est extrêmement limitée (DeCola et coll., 2006). Les conditions de glace représentent un défi important pour la lutte contre les déversements en mer, car il existe très peu de matériel disponible dans le commerce adapté à une utilisation dans des eaux envahies par la glace. C'est un domaine qui fait actuellement l'objet de recherches et de développement.

3.10 Munitions non explosées

Il n'y a pas de sites potentiels connus de munitions non explosées dans la zone d'EES du plateau continental du Labrador.

3.11 Facteurs de planification relatifs à l'environnement physique

Les évaluations environnementales doivent comprendre une analyse des événements extrêmes, de la trajectoire des tempêtes, de la dépression polaire en mer du Labrador et des modèles océanographiques connexes. Elles doivent aussi inclure des projections relatives au changement climatique.